



UNIVERSITAS PERTAHANAN

STUDI PEMANFAATAN THORIUM SEBAGAI *POWER PLANT* GUNA MENDUKUNG PERTAHANAN NEGARA

**CINTHIA DEWI MAHARANI
120190401005**

Tesis yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Magister Pertahanan

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTAHANAN
PROGRAM STUDI INDUSTRI PERTAHANAN**

JAKARTA

2021

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Nama	: Cinthia Dewi Mahrani		
NIM	: 120190401005		
Program Studi	: Industri Pertahanan		
Fakultas	: Teknologi Pertahanan		
Judul Tesis	: Studi Pemanfaatan Thorium Sebagai <i>Power Plant</i> Guna Mendukung Pertahanan Negara		
Pembimbing I,	Pembimbing II		
			
Dr. Sovian Aritonang, S.Si., M.Si Kolonel Kes / NRP. 519726	Dr. Drs. Khaerudin, M.M Kolonel Sus/NRP. 520732		
Tanggal : 05 Februari 2021	Tanggal : 05 Februari 2021		
Mengetahui, Dekan Fakultas Teknologi Pertahanan,  Romie Oktovianus Bura, B.Eng.(Hons.), MRAeS, Ph.D., CIQnR., CIQaR Penata Tk. I III/d NIP. 197300622006041001 Tanggal: 08 Februari 2021			

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

	Nama	: Cinthia Dewi Maharani
	NIM	: 120190401005
	Program Studi	: Industri Pertahanan
	Fakultas	: Teknologi Pertahanan
	Judul Tesis	: Studi Pemanfaatan Thorium Sebagai Power Plant Guna Mendukung Pertahanan Negara

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Pembimbing I: Dr. Sovian Aritonang, S.Si., M.Si Kolonel Kes / NRP. 519726		13 Februari 2021
2	Pembimbing II: Dr. Khaerudin, M.M Kolonel Sus / NRP. 520732		13 Februari 2021
3	Reviewer I: Dr. Timbul Siahaan, M.M		12 Februari 2021
4	Reviewer II: Dr. I Nengah Putra Apriyanto, S.T., M.Si(Han)., CIQaR., IPU Kolonel Laut (E) NRP. 9627/P		12 Februari 2021
5	Reviewer III: Dr. R. Djoko Andreas Nacalino, S.IP., M.AB Kolonel Arh NRP. 1910046130568		12 Februari 2021

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan dalam tesis ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun disuatu perguruan tinggi dan tesis ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri sepanjang sepengetahuan saya juga, tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan, kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila dikemudian hari, terbukti bahwa terdapat plagiat dalam tesis ini, Saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Jakarta, 01 Februari 2021

Cinthia Dewi Maharani

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran kepada Allah SWT karena dengan berkat rahmat dan hidayah-NYA, penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini dengan judul “Studi Pemanfaatan Thorium Sebagai *Power Plant* Guna Mendukung Pertahanan Negara” dengan baik. Tesis ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam memperoleh gelar Magister Pertahanan di Prodi Industri Pertahanan Fakultas Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan.

Peyusunan tesis ini tentu tidak lepas dari dukungan berbagai pihak yang senantiasa selalu memberikan dukungan dan bantuan baik secara moril juga materil. Dengan itu pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih yang sebesar- besanya kepada:

1. Laksamana Madya TNI Dr. Amarulla Octavian, S.T., M.Sc., DESD., CIQnR., CIQaR., IPU selaku Rektor Universitas Pertahanan RI;
2. Romie Oktovianus Bura, B.Eng.(Hons.), MRAeS, Ph.D., CIQnR., CIQaR selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan RI;
3. Kolonel Kes Dr. Sovian Aritonang, S.Si., M.Si selaku dosen Industri Pertahanan sekaligus Pembimbing 1 yang senantiasa sabar dan meluangkan waktu untuk membimbing dengan memberikan masukan gagasan dan koreksi pada saat penyusunan tesis;
4. Kolonel Sus Dr. Drs. Khaerudin, M.M selaku Sekertaris Program Studi Industri Pertahanan Universitas Pertahanan RI

sekaligus Pembimbing 2 yang senantiasa memberikan dorongan, meluangkan waktu dan memberikan arahan dalam menyelesaikan tesis;

5. Seluruh narasumber dari Dinas Penelitian dan Pengembangan TNI Angkatan Laut, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertahanan RI, Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN). Peneliti mengucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungannya dalam memberikan data informasi yang dibutuhkan pada saat penyusunan tesis;
6. Seluruh Dosen dan Staf Universitas Pertahanan RI khususnya Program Studi Industri Pertahanan, atas dukungan dan bantuannya dalam melancarkan kegiatan penelitian dengan memberikan motivasi dan ikhlas mengurus prosedur penelitian;
7. Kedua Orang Tua yang sudah memberikan kepercayaan kepada peneliti dalam menyelesaikan pendidikan jenjang pasca sarjana di Universitas Pertahanan RI dengan dukungan moril dan materil juga doa, motivasi dan kasih sayangnya peneliti ucapkan terimakasih;
8. Staff Prodi IP Koko Pujiyanto, A.Md., S.Kom dan Arifah Fikriya Z.M peneliti mengucapkan terimakasih karena sudah memberikan dukungan dan juga bersedia meluangkan waktu untuk membantu peneliti dalam melangsungkan kegiatan penelitian;
9. Rekan-Rekan Program Studi Industri Pertahanan, teman yang tidak ada duanya karena selalu memberikan dukungan, inspirasi, nuansa belajar yang berwarna dan semoga persahabatan selalu kompak terjaga hingga akhir hayat;

10. Rekan Cohort 11, rekan Fakultas Teknologi Pertahanan, dan jajaran alumni UNHAN, yang sudah memberikan masukan dan arahan juga motivasi bagi peneliti;
11. Seluruh Kerabat yang tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis yang sudah memberikan banyak dukungan dan bantuan dalam bentuk moril dan materil peneliti mengucapkan terimakasih dengan ini peneliti mampu menyelesaikan tesis ini dengan baik dan tepat waktu.

Semoga Allah SWT membalas seluruh kebaikan semua pihak atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada peneliti.

Dengan segala kerendahan hati, Peneliti menyadari bahwa penelitian ini jauh dari kata sempurna, maka dari itu peneliti mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak terutama pada pengembangan ilmu pertahanan dan bermanfaat bagi *stakeholder* terkait pengembangan industri pertahanan.

Jakarta, 01 Februari 2021

Cinthia Dewi Maharani

ABSTRAK

STUDI PEMANFAATAN THORIUM SEBAGAI POWER PLANT GUNA MENDUKUNG PERTAHANAN NEGARA

CINTHIA DEWI MAHARANI

Kebutuhan akan energi terus meningkat dari masa ke masa. Peningkatan kebutuhan ini membuat industri energi mencari energi alternatif yang efektif untuk digunakan. Hasil penelitian ini akan menghasilkan suatu riset sains dasar yang dapat dipakai sebagai landasan teori untuk mengembangkan pengolahan thorium sebagai energi alternatif. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pemanfaatan thorium sebagai *power plant* untuk mendukung industri pertahanan dalam negeri, analisis skema pemanfaatan thorium dan kebijakan industri pertahanan untuk diimplementasikan pada *power plant*, Identifikasi potensi persebaran thorium dan menentukan peta persebaran thorium dan analisis tingkat efisiensi thorium di bandingkan dengan penggunaan energi fosil sebagai *power plant*. Penelitian menggunakan metode kuasi kualitatif. Hasil penelitian dari ini adalah, pembangkit listrik thorium lebih efisien dibanding batu bara, gas bumi, dan uranium sekalipun. Sumber energi yang berasal dari thorium memiliki efisiensi paling tinggi yaitu mencapai 90% disusul uranium dengan 82% gas alam 73% dan batu bara antara 70-72% dengan berbagai sistem yang digunakan. Kesimpulannya Pemanfaatan Thorium di Indonesia berada dalam tahap pengembangan, akan dijadikan PLTT (Pembangkit Listrik Tenaga Thorium) melalui kerjasama Indonesia dengan ThorCon International Pte. Ltd dan telah bersiap menandatangani nota kesepahaman. Pemanfaatan Thorium di Indonesia telah memperoleh izin dari pemerintah pada RPJMN 2020-2024 (Pembangunan PLTN paska 2024, periode 2020-2024).

Kata Kunci: Pemanfaatan Thorium, *Power Plant*, Tingkat Efisiensi.

ABSTRACK

STUDY THE UTILIZATION OF THORIUM AS A POWER PLANT TO SUPPORT NASIONAL DEFENSE

CINTHIA DEWI MAHARANI

The need for energy continues to increase from time to time. This increasing need makes the energy industry look for alternative energy that is effective for use. The results of this study will produce a basic scientific research that can be used as a theoretical basis for developing thorium processing as an alternative energy. The purpose of this research is analyzing the use of thorium as a power plant to support the domestic defense industry, analyzing thorium utilization schemes and defense industry policies to be implemented in a power plant, identifying the potential for thorium distribution and determining the thorium distribution map and analyzing the efficiency level of thorium compared to the use of fossil energy as a power plant . The research used a quasi qualitative method. The results of this research show that thorium power generation is more efficient than coal, natural gas and uranium though. The energy source derived from thorium has the highest efficiency, reaching 90%, followed by uranium with 82% natural gas 73% and coal between 70-72% with various systems used. In conclusion, the use of Thorium in Indonesia is in the development stage, it will be turned into a PLTT (Thorium Power Plant) through Indonesian collaboration with ThorCon International Pte. Ltd and have prepared to sign a MOU (memorandum of understanding). The use of Thorium in Indonesia has obtained a permit from the government in the 2020-2024 RPJMN (PLTN Development post 2024, 2020-2024 period).

Keywords: Utilization of Thorium, Power Plant, Level of Efficiency.

DAFTAR ISI

	Halaman
Cover	I
Lembar Persetujuan Proposal Tesis	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
BAB 1 Pendahuluan	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	8
1.3 Pembatasan Masalah	8
1.4 Rumusan Masalah	8
1.5 Tujuan Penelitian	8
1.6 Manfaat Penelitian	9
BAB 2 Tinjauan Pustaka	
2.1 Landasan Teori	11
2.1.1 Sistem Pertahanan Negara	10
2.1.2 Teknologi Pertahanan	15
2.1.3 Industri Pertahanan	17
2.1.4 Potensi Sumber Daya Energi	22
2.1.5 Thorium.....	25
2.1.6 Material Thorium	28

2.1.7	Sistem Tenaga Listrik.....	30
2.1.7.1	Pengertian Sistem Tenaga Listrik.....	30
2.1.7.2	Operasi Sistem Tenaga Listrik.....	32
2.1.7.3	Tujuan Operasi Sistem Tenaga Listrik.....	33
2.1.7.4	Karakteristik Pembangkit Listrik.....	34
2.1.7.5	Pembangkit Listrik.....	35
2.1.7.6	Peluang Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir di Indonesia.....	36
2.2	Hasil Penelitian Terdahulu	39
2.3	Kerangka Berpikir	45
BAB 3 Metodologi Penelitian		
3.1	Metode dan Desain Penelitian	48
3.1.1	Metode Penelitian	49
3.1.2	Desain Penelitian	49
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	50
3.3	Subjek dan Objek Penelitian.....	52
3.3.1	Subjek Penelitian	52
3.3.2	Objek Penelitian	53
3.4	Teknik Pengumpulan Data	54
3.5.1	Studi Literatur	55
3.5.2	Wawancara	55
3.5.3	Observasi	55
3.5.4	Dokumentasi.....	5
3.5	Pemeriksaan Keabsahan Data	57
3.6	Teknik Analisis Data	59
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Gambaran Umum Objek Penelitian.....	64

4.1.1	Dinas Penelitian dan Pengembangan Angkatan Laut (Dislitbangal).....	64
4.1.2	Badan Penelitian dan Pengembangan Kementrian Pertahanan RI (Balitbang Kemhan RI).....	71
4.1.3	Badan Tenaga Nuklir Indonesia (BATAN).....	79
4.1.4	Gambaran Informan.....	84
4.2	Hasil Penelitian	85
4.2.1	Pemanfaatan Thorium di Indonesia Sebagai Sumber Energi.....	85
4.2.1.1	Pemanfaatan dan Sumber Energi.....	85
4.2.1.2	Kelebihan Thorium Sebagai <i>Power Plant</i>	96
4.2.1.3	Thorium Untuk Mendukung Pertahanan Negara...	96
4.2.2	Skema Pemanfaatan Thorium Untuk Diimplementasikan Pada Power Plant.....	103
4.2.2.1	Skema dan Metode Eksplorasi.....	103
4.2.2.2	Implementasi Pemanfaatan.....	107
4.2.3	Potensi Persebaran Thorium Dan Peta Persebaran Thorium.....	115
4.2.3.1	Potensi Persebaran Thorium.....	115
4.2.3.2	Daerah Penelitian.....	122
4.2.4	Kebijakan Industri Pertahanan Indonesia Terhadap Potensi Thorium	136
4.2.4.1	Sejarah Hukum.....	136
4.2.4.2	Kebijakan Negara Terkait Perkembangan Industri Pertahanan Masa Pertama.....	138
4.2.4.3	Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian.....	139
4.2.4.4	Kebijakan Negara terkait Revitalisasi Industri Pertahanan.....	140

4.2.5	Perbandingan Efisiensi Penggunaan Thorium di Bandingkan energi Fosil.....	154
4.2.5.1	Perbandingan kebutuhan dan Efisiensi Biaya	156
4.2.5.2	Tingkat Perbandingan Polusi CO ₂	159
4.2.5.3	Tingkat Perbandingan Keamanan dan Limbah.....	160
4.3	Pembahasan	163
4.3.1	Pemanfaatan Thorium di Indonesia Sebagai Sumber Energi Untuk Power Plant Untuk Mendukung Industri Pertahanan Dalam Negeri	163
4.3.2	Skema Pemanfaatan Thorium Untuk Diimplementasikan Pada Power Plant Guna Mendukung Pertahanan Negara.....	165
4.3.3	Potensi Persebaran Thorium Dan Peta Persebaran Thorium.....	167
4.3.4	. Kebijakan Industri Pertahanan Indonesia Terhadap Potensi Thorium.....	171
BAB 5 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI		
5.1	Kesimpulan.....	174
5.2	Rekomendasi.....	175
Daftar Pustaka		177
Lampiran		185

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel.2.1. Penelitian Terdahulu Yang Relevan	42
Tabel.2.2. Ketersediaan Thorium dan Pemanfaatannya.....	46
Table 3.1. <i>Time Schedule</i> Kegiatan Penelitian.....	51
Table 3.2. Subjek Penelitian.....	53
Tabel 4.1. Data Informan Peneliti.....	84
Tabel 4.2. Stratigrafi Bangka Barat.....	127
Tabel 4.3. Kadar Granit di bangka Barat.....	128
Tabel 4.4. Uji Perbandingan Powerplant Dengan Berbagai Sumber Energi	155
Tabel 4.5. Uji Efisiensi Thorium dengan Sumber Energi Uranium.....	158

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tiga Dimensi <i>Trilemma Energy</i>	23
Gambar 2.2 <i>Global Transport Model</i>	24
Gambar 2.3. Kapal Induk USS <i>Enterprise</i>	30
Gambar 2.4. Rangkaian Sistem Tenaga Listrik	30
Gambar 2.5 Tujuan Operasi Sistem Tenaga Listrik.....	34
Gambar 2.6 Kerangka Berpikir	38
Gambar 2.7 Operasi Sebagai Inti Teknikal	33
Gambar 2.8 Kerangka Pemikiran	43
Gambar 3.1 Triangulasi Teknik	58
Gambar 3.2 Triangulasi Sumber	59
Gambar 3.3 Model Analisis Interaktif Miles dan Huberman	60
Gambar 4.1 Bagan Organisasi Dislitbangal	66
Gambar 4.2 <i>Autonomous Underwater Vehicle (AUV)</i>	67
Gambar 4.3 Swamp Boat.....	68
Gambar 4.4 Combat Boat... ..	69
Gambar 4.5 <i>Armoured personnel carrier</i>	70
Gambar 4.6 Contoh Hasil Penelitian Senjata dan Amunisi	71
Gambar 4.7 Bagan Struktur Organisasi Puslitbang Alpalhan	76
Gambar 4.8 Bagan Struktur Organisasi Puslitbang Sumdahan	77

Gambar 4.9 Bagan Struktur Organisasi Puslitbang Iptekhan	79
Gambar 4.10 Metode Eksplorasi	103
Gambar 4.11 Konversi Thorium.....	108
Gambar 4.12 Detail Kontstruksi dan Rancang Bangun	114
Gambar 4.13 Peta Persebaran Thorium di Indonesia.....	119
Gambar 4.14 Peta Persebaran Thorium dan Uranium di Indonesia.....	119
Gambar 4.15 Peta Geologi Bangka Barat	123
Gambar 4.16 Peta Penelitian Bangka Barat	124
Gambar 4.17 Peta Persebaran Granit.....	125
Gambar 4.18 Peta Persebaran Granit tipe S dan I	126
Gambar 4.19 Peta Kadar Thorium pada Batuan Granit Bangka Barat.....	128
Gambar 4.20 Peta Iso Kadar thorium	129
Gambar 4.21 Peta persebaran thorium di Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat	130
Gambar 4.22 Peta geologi Mamuju.....	131
Gambar 4.23 Peta geologi Mamuju (Litologi)	131
Gambar 4.24 Peta Persebaran Thorium Dari Metode Radiometrik.....	132
Gambar 4.25 Peta Persebaran Thorium Dari Metode Geomagnetik.....	133
Gambar 4.26 Diagram Batang Kebutuhan dalam Ribuan Ton.....	156
Gambar 4.27 Diagram Tingkat Efisiensi.....	157
Gambar 4.28 Diagram Biaya Operasional dalam Dollar	158

Gambar 4.29 Diagram Faktor Emisi CO ₂	160
Gambar 4.30 Rancangan PLTT PT ThorCon	167

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Surat Izin Penelitian	185
Lampiran 2 Pedoman Wawancara.....	190
Lampiran 3 Transkrip Wawancara.....	195
Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian	240
Riwayat Hidup Peneliti	242

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pembangunan nasional, khususnya pada bidang pertahanan negara, kegiatan produksi alutsista merupakan aspek yang sangat penting yaitu berperan sangat signifikan pada pertumbuhan perekonomian nasional dalam sektor moneter ataupun sektor riil. Untuk mewujudkan kemandirian bangsa Indonesia dalam memproduksi alat utama sistem persenjataan (Alutsista) merupakan agenda yang harus mendapatkan dukungan dari berbagai industri dan teknologi. Perlu adanya kesinergisan antara Lembaga, industri dan Pemerintah dalam mengembangkannya. Dalam melakukannya perlu di upayakan peningkatan kemampuan pertahanan melalui pembangunan dan penguatan sistem personil, materil dan fasilitas. Maka dari itu, Indonesia sendiri harus memanfaatkan Sumber Daya Alam yang ada di dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan produk bahan baku dan material yang digunakan untuk membuat memasok kebutuhan energi atau membuat alutsista dengan menggunakan bahan baku dari dalam negeri. Karna yang diketahui selama ini, bahan baku maupun material masih sangat bergantung dari Import.

Indonesia sendiri memang sudah mampu untuk memproduksi sendiri SDA dari dalam negeri. Namun terkadang kegagalan masih sering menghampiri misalnya saja kegagalan karna kualitas pada material yang tidak memenuhi standard. Ini artinya perlu di dukung juga oleh Sumber Daya Manusia yang mumpuni. Demi terwujudnya penguasaan teknologi material local yang baik dan dapat berdaya saing dengan melalui alih teknologi seperti *Forward engineering* atau *Reverse Engineering*.

Pada penelitian tesis ini, penulis mengambil tema mengenai pemanfaatan thorium sebagai energi terbarukan untuk mendukung pertahanan negara. Kebutuhan akan energi terus meningkat dari masa ke masa. Peningkatan kebutuhan ini membuat industri energi mencari energi

alternatif yang efektif untuk digunakan. Hasil penelitian ini akan menghasilkan suatu riset sains dasar yang dapat dipakai sebagai landasan teori tentang terapan suatu ilmu pengetahuan dalam skala industri, terutama sangat bermanfaat untuk mengembangkan pengolahan thorium sebagai energi alternatif.

Thorium merupakan hasil pemurnian dari timah, monazite, titanium dan zirkon dan merupakan limbah radioaktif yang hanya ditimbun dan belum dimanfaatkan. Thorium sendiri dapat digunakan sebagai bahan baku energi dengan efisiensi sebesar 90%. Jika ini terjadi, pemerintah telah mampu mewujudkan implementasi paradigma *waste to energy*, yang mana, batubara hanya memiliki efisiensi 70% dengan menghasilkan pencemaran udara, kerusakan lingkungan dan pencemaran air tanah. Terdapat efek pengganda bagi ekonomi nasional melalui industri, baik di hulu maupun di hilirnya yang nantinya mampu diberikan oleh ketahanan energi ini. Dalam rangka memperbaiki iklim usaha, meningkatkan investasi, dan menciptakan peluang usaha baru dibutuhkan negara dengan kemampuan penyediaan energi yang baik. Disamping itu, dalam melihat sumber energi fosil seperti batubara dan gas bumi, yang sebelumnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar menjadi pemanfaatannya sebagai bahan baku dengan nilai tambah yang lebih tinggi akan dapat mengubah paradigma keamanan energi. Dalam rangka pembangunan industri prioritas 2015 s/d 2035, Indonesia membutuhkan energi listrik yang tidak cukup dipenuhi hanya dengan batubara dan gas, yang cadangannya sangat terbatas. Oleh karena itu, sudah waktunya Indonesia memanfaatkan sumber daya alam lainnya seperti thorium sebagai bahan baku sumber energi bagi pembangunan industri prioritas.

Kawasan perairan Asia Tenggara merupakan perkembangan lingkungan strategis yang dinamis dan menuntut Indonesia untuk meningkatkan kualitas pertahanan negara sesuai dengan Pasal 1 ayat 1 Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2002 yang menyatakan bahwa pertahanan negara diselenggarakan untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah negara kesatuan republik Indonesia dan

keselamatan segenap bangsa dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara (Verantika, Boedoyo & Yusgiantoro, 2018; Darmawan, Alkadrie & Sudirman, 2020). Keamanan maritim di wilayah laut sangat dibutuhkan dalam penggunaan dan pengelolaan sumber daya maritim guna memberikan suatu keyakinan akan dapat tetap terpenuhinya kebutuhan hidup mereka ataupun nilai investasi pengelolaan kekayaan maritim yang dapat menjamin masa depan mereka ataupun bagi generasi penerus.

Salah satu *alternative* pemenuhan sumber energi sebagai pengganti bahan bakar minyak adalah Energi baru dan Terbarukan (EBT). Energi nuklir adalah salah satu sumber EBT yang sudah digunakan sejak cukup lama dan kemungkinan akan menjadi pilihan menarik. Energi nuklir berpotensi menghasilkan energi yang jauh lebih besar dalam jangka waktu yang lebih panjang dibandingkan pembangkit energi lainnya, serta aman bagi lingkungan serta kehidupan manusia dengan limbah dan biaya operasi yang lebih rendah. Tidak hanya sebagai pembangkit listrik, energi nuklir juga telah digunakan pada kapal. Pemanfaatan sistem propulsi nuklir pada kapal telah diterapkan pada kapal induk (*aircraft carrier*) dan kapal selam (*submarine*) (Carlton, Aldwinkle & Aderson, 2013; Irfan, Bura & Wahyudi, 2020). Propulsi nuklir juga digunakan pada beberapa armada angkatan laut dengan propulsi yang secara khusus mengacu pada kapal perang dan sudah didesain khusus pada medan pertempuran contohnya pada kapal selam thypon di Rusia dan Jin di China (TJP,2020).

Penyerap energi terbesar di Indonesia, yaitu mencapai 39% dari total penggunaan energi nasional merupakan sektor industri. Dalam rangka memenuhi energi untuk industri tersebut mustahil dapat dipenuhi oleh sumber energi fosil yang diperkirakan akan habis pada 60 tahun mendatang. Setiap negara harus mampu bersaing secara internasional. Industri merupakan sektor yang berada di barisan paling depan dalam kompetisi tersebut dan daya saing industri menjadi indikator utama bagi kesiapan industri terutama pada era perdagangan bebas saat ini. Indonesia telah berkomitmen melalui Undang-undang No.3 tahun 2014

tentang Perindustrian, yang menjelaskan bahwa negara yang unggul harus memiliki daya saing industri kuat dengan didukung pengadaan bahan baku dan energi yang memadai.

Pada umumnya di Indonesia deposit Thorium ditemukan pada asosiasi granit. sehingga mayoritas endapan thorium ditemukan pada jalur timah. Adapun cebakan monasit primer terbentuk melalui beberapa fase, yaitu pertama fase pneumatolitik, selanjutnya fase kontak pneumatolitik–hidrotermal tinggi dan fase terakhir adalah hipotermal–mesotermal. Fase yang terakhir ini merupakan fase terpenting dalam penambangan karena mempunyai arti ekonomis dimana larutan yang mengandung timah dan monasit dengan komponen utama silika (SiO_2) mengisi perangkap pada jalur sesar, kekar, dan zona lemah lainnya. Sedangkan untuk cebakan monasit sekunder terbentuk dari cebakan monasit primer yang mengalami pelapukan, tererosi, tertransportasi, dan terendapkan sebagai endapan koluvial, kipas aluvial, aluvial sungai, maupun aluvial lepas pantai. Pada umumnya endapan monasit primer terdapat pada batuan granit sedangkan endapan monasit sekunder terdapat pada sungai-sungai tua dan dasar lembah baik yang terdapat di darat maupun di laut. Granit merupakan batuan sumber dan endapan aluvial merupakan tempat akumulasi monasit sekunder.

Pada beberapa batuan dan tanah, Thorium ditemukan dalam jumlah kecil. Di kerak bumi jumlah thorium tiga kali lebih banyak dari pada timah. Tanah umumnya mengandung thorium rata-rata sekitar 12 ppm. Thorium terdapat pada beberapa mineral antara lain thorite (ThO_2), thorianite ($\text{ThO}_2 + \text{UO}_2$), monasit $(\text{Ce, La, Th})\text{PO}_4$, zirkon (ZrSiO_2), xenotim (YPO_4) dan alanit $(\text{Ca, Ce, La, Y})_2(\text{Al, Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$. Thorianite adalah mineral yang mengandung sekitar 12% thorium oksida. Monasit mengandung thorium 2,5%, alanit 0,1-2% dan zirkon 0,4%. Keberadaan thorium dalam kerak bumi pada kondisi umum beberapa kali lebih berlimpah dari semua isotop uranium, bahkan kelimpahan thorium ^{232} beberapa ratus kali lebih banyak daripada uranium-235. Untuk itu perlu adanya perhitungan cadangan thorium dan menentukan peta

persebarannya.

Penggunaan uranium secara terus menerus menyebabkan jumlah cadangannya semakin menipis sehingga dalam rangka menjaga keamanan energi dan keberlanjutan (*sustainability*) energi nuklir, maka akhir-akhir ini perhatian dunia mulai mengarah pada penggunaan thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif. Dampak negative dari uranium yang ditimbulkan terhadap lingkungan dan dapat digunakan sebagai senjata pemusnah masal, maka penggunaan bahan bakar Uranium sudah mulai ditinggalkan. Jumlah cadangan thorium dunia cukup besar yaitu 3-4 kali lebih banyak dibanding uranium dan terdistribusi secara merata. Cadangan bahan nuklir thorium lebih besar dari pada uranium yang dimiliki Indonesia yaitu sekitar 70.000 ton untuk Uranium dan 117.000 ton Thorium yang sebagian besar cadangan Uranium tersebar di Kalimantan Barat, sebagian lagi ada di Papua, Bangka Belitung dan Sulawesi Barat, sedangkan untuk Thorium kebanyakan di Bangka Belitung dan sebagian di Kalimantan Barat. Selain sumber daya thorium yang lebih besar dibanding uranium, thorium memiliki beberapa keunggulan dibanding uranium, diantaranya rasio konversi thorium menjadi isotop U-233 lebih tinggi dibanding dengan U-238 menjadi Pu-239. Penggunaan bahan bakar nuklir basis thorium diharapkan bermanfaat untuk menjaga keberlanjutan energi nuklir dan keamanan dari senjata nuklir (Dewita, 2012; BATAN, 2015; BATAN, 2016).

Energi thorium dapat menjamin ketersediaan kebutuhan listrik Nasional dan pertahanan negara termasuk dalam sumber energi guna mendukung operasional alutsista matra laut. Aplikasi thorium dilaporkan sudah digunakan pada beberapa negara. Selain itu, potensi material thorium dalam mendukung operasional alutsista sudah diprogramkan oleh Balitbang Kemhan pada tahun 2018. Thorium merupakan bahan bakar yang masuk pada harapan kriteria Reaktor Nuklir dari Balitbang Kemhan RI dan merupakan konsep reaktor nuklir yang ditawarkan oleh Thorcon (Irfan, Bura & Wahyudi, 2020). Thorium akan mengakhiri penggunaan bahan bakar berbasis fosil seperti minyak dan batubara secara

berkelanjutan.

Puslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan telah menyelenggarakan seminar Peningkatan Kemampuan Sumber Daya Alam dan Teknologi Berbasis Thorium untuk Pengembangan Energi Alternatif Masa Depan Dalam Negeri. Penyiapan kebutuhan sumber energi di tengah masyarakat yang semakin meningkat dan realita pasokan energi fosil dunia semakin menipis ini sangat penting bagi pengembangan pembangkit daya berbasis thorium. Kegiatan pengembangan pembangkit daya berbasis thorium ini sedang dilaksanakan oleh Balitbang Kemhan antara lain pada inventarisasi dan verifikasi bahan baku, penguasaan teknologi thorium dan implementasi pada aplikasi pemanfaatan, pembuatan baterai dan thorgen. Hasil penelitian mengenai thorium juga telah dipaparkan pada Forkom Litbang tahun 2019 dengan tema “Pemanfaatan Thorium Sebagai Alternatif.

Sumber Energi Untuk Kepentingan Pertahanan Negara”. Penguasaan teknologi thorium ini sangat penting agar dapat mendorong dan mendukung kekuatan pertahanan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan oleh pemerintah (Kemhan, 2017; Kemhan, 2019). Balitbang Kemhan juga bekerjasama dengan BATAN dan pihak lainnya dalam rangka penelitian dan pengembangan material thorium sebagai sumber energi sebagai wujud meningkatkan pertahanan negara.

Oleh karena itu, penulis bertujuan untuk meneliti topik ini adalah untuk mengetahui ketersediaan thorium untuk meningkatkan penyediaan bahan bakar nuklir. Metode yang digunakan dalam penyusunan tesis ini adalah metode kuasi kualitatif, dimana data didapatkan dari hasil wawancara, data statistik, obeservasi dan kajian literatur. Hasil studi diharap dapat menjadi masukan penyediaan bahan bakar nuklir dam pemanfaatan thorium sebagai *power plant* guna menyongsong pertahanan negara.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian dan pemanfaatan thorium menjadi sumber energi

guna mendukung pertahanan negara menjadi langkah awal dalam mencapai kemandirian di bidang energi dan pertahanan. Untuk pemanfaatan serta implementasinya membutuhkan studi dan analisis dari thorium itu sendiri dari mulai persebarannya ada dimana saja dan seberapa besar potensi persebaran tersebut, kemudian setelah hal itu diketahui barulah fokus pada pemanfaatannya sebagai sumber energi pengganti energi fosil lainnya sebagai pembangkit listrik (*power plant*).

Permasalahan ini dikaji dengan tujuan mendukung pertahanan negara Indonesia yang mana selama ini, untuk sumber energi sendiri menggunakan energi fosil (batubara, gas alam, gheothermal dan lainnya).

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah digambarkan sebelumnya, maka peneliti merumuskan permasalahan pokok dalam tesis ini dalam pertanyaan penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana pemanfaatan thorium di Indonesia sebagai *power plant* untuk mendukung industri pertahanan?
2. Bagaimana skema pemanfaatan thorium dan kebijakan industri pertahanan untuk diimplementasikan pada *power plant*?
3. Bagaimana potensi persebaran thorium dan peta persebaran thorium guna mendukung pertahanan negara?
4. Bagaimana tingkat efisiensi thorium di bandingkan dengan penggunaan energi fosil lainnya sebagai *power plant*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis pemanfaatan thorium sebagai *power plant* untuk mendukung industri pertahanan dalam negeri.
2. Analisis skema pemanfaatan thorium dan kebijakan industri pertahanan untuk diimplementasikan pada *power plant*.
3. Identifikasi potensi persebaran thorium dan menentukan peta persebaran thorium guna mendukung pertahanan negara.

4. Analisis tingkat efisiensi thorium di bandingkan dengan penggunaan energi fosil sebagai *power plant*.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan penelitian dan memperluas wawasan bagi kajian Industri Pertahanan sebagai penerapan teori–teori yang didapatkan oleh peneliti selama perkuliahan. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi berbagai pihak, diantaranya:

a. Bagi objek penelitian

Melalui penelitian ini, peneliti berharap dapat memberikan sumbangan kepada Dislitbangal ataupun perusahaan lain mengenai pemahaman tentang pemanfaatan dan perhitungan cadangan thorium sebagai energi terbarukan. Selain itu peneliti juga berharap bisa membantu memecahkan masalah-masalah yang tengah dihadapi dan diharapkan dapat memberikan gambaran peta cadangan thorium yang tepat sehingga dapat membantu Dislitbangal dalam menghitung cadangan dan pemanfaatan thorium tersebut.

b. Bagi peneliti selanjutnya

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan, pengetahuan dan memberikan pengalaman di dunia kerja yang berhubungan dengan Industri Pertahanan, terutama pada penelitian untuk menghitung ketersediaan bahan baku thorium untuk pertahanan negara. Serta menjadikannya sebagai dasar pemahaman lebih lanjut terhadap teori yang telah diperoleh dan dipelajari.

c. Bagi Akademisi

Melalui penelitian ini, diharapkan pembahasan atas studi industri

pertahanan berkembang dengan cabangnya ke pelaksanaan pemanfaatan thorium dan perhitungan cadangan thorium. Hubungan yang saling mendukung juga diharapkan dari para akademisi dengan objek-objek penelitian serupa demi keberlanjutan penelitian dan manfaat yang dapat diciptakan bersama.

d. Bagi Pemerintah

Peneliti berharap hasil dari penelitian ini dapat memberikan pemahaman, wawasan, dan referensi kepada pemerintah tentang apa yang dihadapi oleh BUMN sehingga dapat mendukung pengembangan industri pertahanan dengan dukungan peraturan-peraturan yang mendorong ke perubahan yang lebih baik.

e. Bagi Masyarakat

Peneliti berharap hasil dari penelitian ini dapat memberikan pemahaman, wawasan baru dan menjadi referensi bagi yang ingin mendalami kajian yang sama sehingga ilmunya dapat terus berkembang serta memberikan semangat kepada masyarakat pembaca untuk ikut mengembangkan ilmu yang dibacanya untuk terus diperdalam atau tertarik dengan cabang lain yang disentuh oleh penelitian ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sistem Pertahanan Negara

Berdasarkan Undang-undang Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara disebutkan bahwa pertahanan negara merupakan salah satu fungsi pemerintahan negara yang dilaksanakan melalui Sistem Pertahanan Rakyat Semesta. Pada hakikatnya pertahanan yang bersifat semesta merupakan suatu pertahanan yang didalamnya melibatkan seluruh warga negara sesuai peran dan fungsinya masing-masing. Hal ini bertujuan untuk menjaga dan melindungi kedaulatan negara, keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI), serta keselamatan segenap bangsa dari segala bentuk ancaman. Sistem pertahanan Negara yang bersifat semesta dibentuk dengan melibatkan seluruh warga Negara, wilayah, segenap sumberdaya, dan sarana prasarana nasional (Buku Putih Kementrian Pertahanan tahun 2015).

Indonesia mencangkup wilayah yang luas dan tentu saja memerlukan adaptasi terkait dengan tantangan di bidang pertahanan. Doktrin pertahanan terdiri dari perspektif bangsa tentang perang, pemegang kendali perang, komponen negara yang terlibat perang, strategi perang, terminasi perang, dan mekanisme pertanggung jawaban. Dalam doktrin tersebut juga terdapat substansi dasar strategi pertahanan, yaitu tujuan dan sasaran yang ingin dicapai (*ends*), sumber daya yang digunakan (*means*), serta cara mencapai tujuan (*ways*). Pada masa damai, doktrin tersebut digunakan sebagai pedoman pelaksanaan pertahanan nasional dalam rangka untuk mempersiapkan daya tangkal pada ancaman dari dalam maupun luar. Sedangkan pada masa perang, doktrin tersebut juga digunakan sebagai petunjuk penggunaan dan pengalokasian seluruh sumber daya dan kekuatan

nasional untuk mempertahankan keamanan nasional.

Ancaman non militer menurut Mely & Cook (2013) dalam Alfajri Setiawan & Wahyudi (2019) bersumber dari beberapa isu seperti kesehatan, pangan, air, bencana alam, konflik internal, migrasi, energi, kejahatan transnasional, dan keamanan siber. Menurut J. Peter Burgess dalam Alfajri Setiawan & Wahyudi (2019) juga menyatakan bahwa tantangan yang berkaitan dinamika Ancaman Non-militer antara lain adalah hubungan antar individu, sosial, migrasi, iklim, sumber daya alam dan air, energi serta kejahatan transnasional. Dampak yang ditimbulkan meliputi segala aspek kondisi sosial seperti ideologi, politik, ekonomi, sosial-budaya, pertahanan, dan keamanan. Komersialisasi, penyedia, teknologisasi, globalisasi dan intensitas dapat menjadi acuan pemangku kebijakan dalam mengembangkan "*production insecurity*" sebagai *center of gravity* dalam melihat penyelesaian masalah ancaman-ancaman nonmiliter.

Sistem pertahanan negara pada hakikatnya merupakan segala upaya pertahanan yang bersifat semesta, yang melibatkan seluruh warga negara, wilayah, dan sumber daya nasional lainnya serta dipersiapkan secara dini oleh pemerintah dan diselenggarakan secara total, terpadu, terarah, dan berlanjut untuk menegakkan kedaulatan negara, keutuhan wilayah, dan keselamatan segenap bangsa dari segala ancaman. Perkembangan lingkungan strategis, baik pada tataran global, regional maupun nasional sangat dinamis, kompleks dan multidimensional. Perubahan ini memunculkan berbagai bentuk ancaman, yang sewaktu-waktu akan timbul berupa ancaman aktual dan potensial. Maka dari itu, sistem pertahanan negara melibatkan seluruh komponen pertahanan negara, yang terdiri atas komponen utama, komponen cadangan, dan komponen pendukung dalam menghadapi ancaman tersebut.

Salah satu perwujudan komponen cadangan adalah sumber daya manusia, sumber daya alam dan sarana prasarana (Khotimah, 2018). Kekayaan alam Indonesia yang melimpah di darat, laut dan

udara merupakan potensi nasional yang dapat digunakan untuk kepentingan pembangunan. Teknologi pemanfaatan energi alternatif terbaru banyak didominasi produk buatan luar negeri sehingga teknologi tersebut harus diperoleh secara impor sehingga banyak dana yang harus mengalir keluar negeri. Dana tersebut seharusnya menjadi investasi pengembangan dan penelitian teknologi energi didalam negeri. Penyiapan sumber daya alam sebagai komponen pertahanan negara juga harus mengedepankan faktor pengamanan contohnya terjaganya kerahasiaan terhadap kontur dan karakteristik sumber energi dari pantauan asing/pihak luar, namun bermanfaat bagi ekonomi dan pertahanan negara Indonesia. Selain itu, pengelolaan sumber daya juga harus dimanfaatkan untuk meningkatkan kemampuan komponen utama dan komponen cadangan secara terintegrasi.

Indonesia seharusnya saat ini memfokuskan pada pembangunan kekuatan melalui sumber daya nasional berupa sumber daya manusia maupun sumber daya alam yang dapat mendukung komponen utama dan cadangan dalam pertahanan negara. Energi sebagai bagian dari sumber daya alam dengan potensi yang terkandung dalam bumi, air, dan dirgantara yang dalam wujud asalnya dapat didayagunakan untuk kepentingan pertahanan negara. Kekayaan alam Indonesia seharusnya menjadi perhatian untuk menjaga stabilitas keamanan energi. Lingkup pertahanan dan keamanan seharusnya tidak hanya terbatas pada substansi kewilayahan (*territorial security*), tetapi juga menjadi isu spesifik seperti keamanan energi, keamanan lingkungan, keamanan ekonomi, dan istilah-istilah lain yang kelak di kemudian hari menjadi semakin luas (Indrawan, 2018).

Konsep sistem pertahanan negara pada penelitian ini digunakan untuk menganalisis potensi thorium dalam mendukung logistik dan operasional alutsista matra laut. Thorium merupakan salah satu dari sumber daya alam nasional yang dapat berperan sebagai komponen pendukung pertahanan negara terutama sebagai salah satu bentuk perwujudan sumber energi alternatif sehingga menghasilkan daya

tangkal guna mewujudkan sistem pertahanan negara sesuai dengan prinsip yang bersifat semesta. Pengelolaan sumber daya alam tersebut perlu dipersiapkan sejak dini secara terpadu dan menyeluruh sehingga penguasaan teknologi dan kemandirian dalam penelitian serta pengembangan potensi sumber daya alam dapat dicapai dengan maksimal.

Undang-undang Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara pasal 1 ayat 3 juga menyatakan bahwa penyelenggaraan pertahanan Negara adalah segala kegiatan untuk melaksanakan kebijakan pertahanan negara. Kebijakan pertahanan negara diimplementasikan melalui berbagai upaya dalam pengelolaan Sumber Daya dan Sarana Prasarana Nasional. Pembangunan pertahanan negara diperlukan untuk membangun kekuatan pertahanan tangguh yang memiliki kemampuan penangkalan yang dilaksanakan secara terpadu, dan diarahkan pada pembangunan postur pertahanan negara. Salah satu kebijakan dalam pembangunan pertahanan negara yaitu kebijakan pembangunan industri pertahanan. Buku Putih Kementerian Pertahanan tahun 2015 menyatakan bahwa kebijakan pembangunan industri pertahanan dibentuk untuk mewujudkan industri pertahanan yang kuat.

Indonesia menganut sistem pertahanan semesta atau total defence yang mencakup konsep pertahanan militer (*military defence*) dan pertahanan non militer (*nonmilitary defence*). Indonesia mencakup wilayah yang luas dan tentu saja memerlukan adaptasi terkait dengan tantangan di bidang pertahanan. Pembangunan pertahanan negara dilakukan melalui pembangunan postur pertahanan negara militer maupun nirmiliter. Postur pertahanan adalah salah satu hal juga penting dalam sistem pertahanan negara. Kementerian Pertahanan menyebutkan bahwa postur pertahanan Indonesia meliputi tiga komponen utama yaitu kemampuan, kekuatan, dan gelar (Darmawan, Alkadrie & Sudirman, 2020). Pembangunan postur pertahanan militer dilakukan dengan pemenuhan kekuatan pokok

minimum (*Minimum Essential Force*) sebagai komponen utamanya yang tertuang pada buku putih pertahanan Indonesia tahun 2015 (Verantika, Boedoyo & Yusgiantoro, 2018).

Menurut Darmawan, Alkadrie & Sudirman (2020) Pembentukan strategi pertahanan negara terdapat dalam tujuh landasan sebagai berikut.

1. Landasan idiil yaitu Pancasila sebagai dasar, falsafah, dan ideologi negara.
2. Landasan konstitusional, yaitu UUD 1945 yang dimana adalah sumber hukum dan pedoman dalam proses pelaksanaan pertahanan negara.
3. Landasan yuridis seperti UU RI No.3 Tahun 2002 mengenai pertahanan negara, dimana peranan TNI adalah sebagai pusat komponen yang paling utama dalam pertahanan negara pada ancaman militer juga lembaga pemerintahan di luar bidang pertahanan sebagai komponen utama untuk menghadapi berbagai ancaman nonmiliter.
4. Landasan historis yang sifatnya psikologis terkait dengan pembentukan identitas serta semangat juang yang muncul akibat kenangan sejarah kolonialisasi serta perjuangan bangsa Indonesia di masa lampau untuk memperebutkan kemerdekaan.
5. Landasan visional di mana kita memandang rakyat Indonesia terhadap diri dan lingkungannya sebagai kesatuan yang utuh dan kemudian diwujudkan dalam wawasan nusantara sebagai konsep geopolitik Indonesia.
6. Landasan konseptual yang merupakan konsep strategi Indonesia dengan diwujudkannya ketahanan nasional yang bertujuan membentuk daya tangkal nasional yang juga berpengaruh terhadap ketahanan regional dan supra regional.

Landasan doktrinal yang diwujudkan menggunakan doktrin pertahanan negara dengan nilai mengenai ajaran serta prinsip

fundamental yang ditunjukkan dari pengalaman bangsa Indonesia berdiri sendiri setara dengan bangsa lain di dunia. Doktrin pertahanan terdiri dari perspektif bangsa tentang perang, pemegang kendali perang, komponen negara yang terlibat perang, strategi perang, terminasi perang, dan mekanisme pertanggungjawaban. Dalam doktrin tersebut juga terdapat substansi dasar strategi pertahanan, yaitu tujuan dan sasaran yang ingin dicapai (*ends*), sumber daya yang digunakan (*means*), serta cara mencapai tujuan (*ways*). Pada masa damai, doktrin tersebut digunakan sebagai pedoman pelaksanaan pertahanan nasional dalam rangka untuk mempersiapkan daya tangkal pada ancaman dari dalam maupun luar. Sedangkan pada masa perang, doktrin tersebut juga digunakan sebagai petunjuk penggunaan dan pengalokasian seluruh sumber daya dan kekuatan nasional untuk mempertahankan keamanan nasional.

2.1.2 Teknologi Pertahanan

Penerapan strategi pertahanan yang bersifat semesta tetap mengacu pada pembangunan sistem pertahanan negara yang dibangun dalam skala prioritas salah satunya adalah teknologi pertahanan (Buku Putih Pertahanan, 2015). Percepatan penguasaan teknologi dan penentuan program prioritas dibidang pertahanan dilaksanakan melalui pengembangan teknologi pertahanan dan penguatan inovasi teknologi.

Modernisasi kekuatan militer juga dipengaruhi oleh kemajuan teknologi pertahanan. Beberapa negara di kawasan telah memanfaatkan teknologi tersebut untuk memodernisasi sistem persenjataan konvensional strategis maupun sistem penginderaan modern terintegrasi seperti Komando, Kendali, Komunikasi, Komputer, Intelijen, Pengamatan dan Pengintaian (K4IPP), dan sistem pertahanan siber.

Teknologi pertahanan dianggap mewakili perkembangan zaman karena karena senantiasa didorong oleh kemampuan penangkalan. Hal

tersebut merupakan jawaban dari tuntutan dan respon perubahan ancaman. Produk pertahanan selalu menjadi *state of the art* dalam mempertahankan sebuah negara (Rachmat, 2016). Lingkungan strategis global maupun regional saat ini banyak mengadopsi teknologi terbaru kepentingan militer untuk kepentingan nasional dari berbagai ancaman. Kondisi ini membuat Indonesia harus terus beradaptasi terhadap penguasaan teknologi dalam sistem alutsista pendukung pertahanan sehingga dapat menghadapi berbagai potensi ancaman yang akan muncul.

Perkembangan teknologi semakin cepat dan akan terus berlanjut. Menurut Shenoj dkk. (2015) dalam *Global Marine Technology Trends*, Indikasi percepatan perkembangan teknologi diprediksi tidak akan melambat dalam kurun waktu kurang lebih 15 tahun mendatang termasuk dalam revolusi teknologi pengiriman komersial, angkatan laut, dan sektor ruang laut. Adopsi penemuan bidang militer yang bertujuan untuk memperkuat sistem pertahanan negara juga harus mempertimbangkan faktor *political, economic, sociocultural, technological, legal, and environmental* (PESTEL) atau dapat diartikan menjadi politik, ekonomi, sosial budaya, teknologi, hukum, dan lingkungan. Sumber daya nasional menjadi prioritas sumber daya dalam proses penguasaan teknologi pertahanan. Pencapaian kemandirian teknologi pertahanan dapat menjadi maksimal apabila dapat memanfaatkan sumber daya nasional dengan maksimal.

Pada sektor angkatan laut berdasarkan *Global Marine Technology Trends 2030*, terdapat 8 teknologi mencetak skor tertinggi dalam jaring penilaian dalam kelayakan teknis. Teknologi tersebut adalah *big data analytics* (1), *advanced materials* (2), *autonomous systems* (3), *advanced manufacturing* (4), *energy management* (5), *cyber and electronic warfare* (6), *human-computer interaction* (7) dan *human augmentation technologies* (8). Perkembangan teknologi dalam faktor tersebut akan meningkatkan kemampuan Angkatan laut dalam memproteksikan kekuatan militer yang bergantung pada akses ruang

pertempuran spektrum penuh termasuk dalam dunia maya, kapasitas serta aktivitas dalam melindungi kepentingan nasional. Teknologi ini juga akan meningkatkan kapasitas pengiriman angkatan laut dalam proyek bantuan kemanusiaan dan bantuan bencana saat krisis.

Penelitian berfokus pada pemanfaatan thorium sebagai power plant dan sumber energi alternatif dalam mendukung operasional alutsista matra laut. Teknologi dan manajemen mengenai energi menjadi salah satu *trend* pengembangan yang harus diprioritaskan dalam menciptakan kemandirian teknologi pertahanan. Pengembangan industri pertahanan tidak lepas dari skema kerja sama (Buku Putih Pertahanan, 2015). Skema kerja sama yang saling menguntungkan merupakan salah satu kriteria industri pertahanan kerja sama diarahkan bagi percepatan peningkatan penguasaan teknologi pertahanan serta guna menekan biaya pengembangan teknologi kerja sama ini dilaksanakan antar industri dalam negeri atau antara industri dalam negeri dan luar negeri dalam bidang pendidikan, pelatihan, alih teknologi, penelitian dan pengembangan, perekayasa, produk, pemasaran, dan pembiayaan.

2.1.3 Industri Pertahanan

Di dunia sejauh ini, pemanfaatan sistem propulsi nuklir pada kapal baru diterapkan pada kapal induk (*aircraft carrier*) dan kapal selam (*submarine*) (Royal Academy of Engineering, 2013). Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pemanfaatan thorium untuk mendukung industri pertahanan dan juga Identifikasi potensi persebaran thorium serta menentukan peta persebaran thorium guna mendukung pertahanan negara. Penelitian ini karena munculnya tema dari Balitbangal yang membahas mengenai pemanfaat thorium. Maka dari itu, diharapkan kepada BUMN Industri Pertahanan yang terlibat langsung dengan sumber daya thorium sebagai power plant ini seperti PT. PAL Indonesia yang bekerja sama dengan Balitbangal dan Kemhan.

Diumana, Thorcon International Pte, Ltd., telah mengidentifikasi beberapa tantangan dalam membangun Thorium Molten Salt Reactor 500MW (TMSR500) Power Plant atau reaktor desain pembangkit listrik tenaga thorium (PLTT), yang rencananya akan dibangun PT PAL Indonesia. Tantangan tersebut meliputi aspek *detail design engineering* termasuk *special material selection* dan aspek *fabrication* dan *testing*. Thorcon International adalah *Independent Power Producer* (IPP) yang telah menyatakan keseriusan kepada pemerintah untuk melakukan investasi sebesar US\$1,2 miliar atau sekitar Rp17 triliun untuk membangun PLTT di Indonesia. Tantangan dari aspek detail design engineering untuk *primary heat exchanger* dapat disolusikan dengan bekal pengalaman keberhasilan PT PAL melakukan *reverse engineering heat exchanger power plant*. Oleh sebab itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan rekomendasi bagi Balitbangal, PT. PAL Indonesia, Batan dan Kemhan, maupun berbagai pemangku kepentingan, terkait implementasi thorium sebagai reaktor nuklir untuk sistem keenergian pada *power plant* guna mendukung pertahanan negara.

Perlombaan senjata pasca perang dingin mengiringi kemajuan teknologi dan industri pertahanan. Pasar yang kompetitif terbangun sehingga membuat industri pertahanan mendapatkan konsumen. *Revolution in Military Affairs* (RMA) yang didasari kondisi liberalisasi serta perubahan ruang lingkup pertahanan menuntut negara-negara besar dalam mengembangkan persenjataan dan aplikasi teknologi canggih dalam produk industri pertahanan (Rachmat, 2016). Perkembangan industri dikombinasikan dengan perubahan doktrin, operasional dan konsep organisasi militer yang terkait operasi militer sehingga sesuai dengan kebutuhan konsumen. Teknologi canggih diaplikasikan untuk memenuhi tuntutan konsumen yang menginginkan persenjataan sehingga dapat mengatasi munculnya ancaman-ancaman baru terhadap negara mereka. Industri pertahanan yang mapan

menjadi keuntungan sebuah negara secara strategis dalam tatanan global.

Industri pertahanan merupakan industri utama pemasok sarana pertahanan kepada militer. Industri Pertahanan menurut Undang-undang No. 16 tahun 2012 tentang Industri Pertahanan adalah industri nasional yang terdiri atas badan usaha milik negara dan badan usaha milik swasta baik secara sendiri maupun berkelompok yang ditetapkan oleh pemerintah untuk sebagian atau seluruhnya menghasilkan alat peralatan pertahanan dan keamanan, jasa pemeliharaan untuk memenuhi kepentingan strategis dibidang pertahanan dan keamanan yang berlokasi di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. Pengelompokan atau clusterisasi industri pertahanan menurut UU No. 16 tahun 2012 tentang industri pertahanan terdiri dari industri alat utama, komponen utama dan atau penunjang, komponen dan atau pendukung (perbekalan) serta industri bahan baku. Perkembangan industri pertahanan dan industri nasional berfungsi untuk mendukung pemenuhan kebutuhan alutsista dan alat pertahanan lainnya sesuai dengan UU Pertahanan negara pasal 20, ayat (2) yang menyatakan bahwa segala sumber daya nasional yang berupa sumber daya manusia, sumber daya alam dan buatan, nilai-nilai, teknologi dan dana dapat di dayagunakan untuk meningkatkan kemampuan pertahanan negara.

Sinergitas dalam membangun industri pertahanan yang memiliki daya saing harus terbentuk sehingga penguasaan teknologi maupun pemetaan kebutuhan dapat diidentifikasi. Lembaga Litbang harus diberdayakan untuk dapat menghasilkan alutsista yang dapat digunakan bagi pembangunan pertahanan negara (Anwar, 2018). Industri pertahanan merupakan industri nasional yang pengembangannya harus dilakukan secara komprehensif, agar terjadi sinergi dan efisiensi secara nasional. Pengembangan iptek dalam industri pertahanan bertujuan untuk pemenuhan kebutuhan Alutsista, mewujudkan kemandirian industri pertahanan, mengejar perkembangan

teknologi serta memenuhi perkembangan perubahan dinamika lingkungan strategis.

Proyeksi pengembangan alutsista TNI telah mencapai sasaran pembentukan kemampuan pertahanan pada skala kekuatan pokok minimum baru mencapai kesiapan alutsista rata-rata 45% dari kebutuhan ketersediaan industri material dalam negeri. Ketersediaan material dan kemampuan industri material seharusnya diupayakan peningkatkan kemampuan pertahanan melalui pembangunan dan penguatan sistem, personil, materil, dan fasilitas dengan melibatkan industri utama misalnya PT DI, PT Pindad, PT DAHANA dan PT PAL serta industri pendukung contohnya PT INTI, PT Timah dan PT BARATA. Kegagalan pengembangan umumnya terjadi karena kualitas serta ketersediaan material. Potensi serta sumber daya manusia dan sarana/prasarana diharapkan dapat dielaborasikan dengan para pemangku kepentingan sehingga terwujud strategi dan peta jalan penguasaan teknologi material lokal.

Teori industri pertahanan pada penelitian digunakan untuk menganalisis proyeksi sinergitas maupun kerjasama antara Dislitbangal dengan BUMN yang tergolong Industri Pertahanan serta kementerian pertahanan sebagai pemangku kebijakan dalam hal pemenuhan kebutuhan bahan baku dan proses pengembangan thorium. Sinergitas antara industri pertahanan, pemangku kebijakan, lembaga penelitian dan user mendukung terwujudnya kemandirian penguasaan teknologi serta meningkatkan daya saing industri pertahanan. Pengembangan sumber daya alam thorium juga menjadi salah satu langkah memaksimalkan potensi kandungan lokal dalam negeri sehingga dapat meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.

Program Pengembangan Teknologi Industri Pertahanan (Bangtekindhan) adalah program pemberdayaan dan pendayagunaan industri pertahanan yang bertujuan untuk menghasilkan Alpalhankam yang berkualitas dalam rangka memenuhi kebutuhan pengguna (Buku Putih Pertahanan, 2015). Kegiatan Bangtekindhan dapat mewujudkan

kelanjutan dari pekerjaan prototipe hasil institusi Litbang/Industri maupun dari hasil rekayasa ulang terhadap produk yang sudah terbukti.

Berdasarkan Undang-undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan menyatakan bahwa industri pertahanan merupakan industri nasional yang terdiri dari badan usaha milik Negara (BUMN) dan Badan Usaha Milik Swasta (BUMS) baik secara sendiri maupun berkelompok yang telah ditetapkan oleh pemerintah untuk sebagian atau seluruhnya menghasilkan alat peralatan pertahanan dan keamanan, jasa pemeliharaan untuk memenuhi kepentingan strategis di bidang pertahanan dan keamanan yang berlokasi di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Pengertian ini memberikan definisi lain yaitu:

- a. Industri pertahanan masuk ke dalam industri strategis nasional.
- b. Industri pertahanan merupakan industri nasional baik milik pemerintah (BUMN) maupun swasta (BUMS).
- c. Industri pertahanan merupakan industri yang ditetapkan pemerintah untuk menghasilkan sebagian atau seluruh komponen senjata, peralatan pertahanan, sistem senjata, jasa perbaikan dan pemeliharaan, dukungan logistik, serta mampu menghasilkan produk-produk komersial untuk mendukung pertumbuhan ekonomi nasional.
- d. Industri pertahanan berkembang secara bertahap sesuai peningkatan postur pertahanan nasional dan perkembangan teknologi sistem senjata.
- e. Industri pertahanan berperan penting dalam memenuhi alutsista secara mandiri serta mengurangi ketergantungan dari luar Negeri.
- f. Industri pertahanan wajib untuk melakukan kegiatan Research, Development, Test, and Evaluation (RDT & E) yang sesuai dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.

Sesuai dengan yang tertulis di dalam Undang-undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan pasal 24 ayat 1 menyatakan

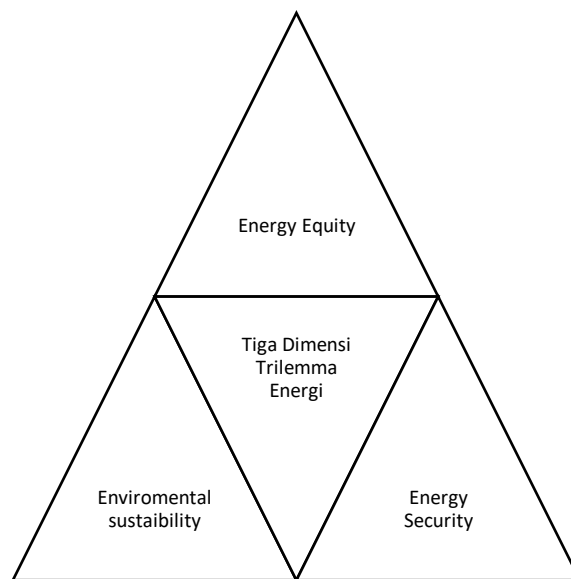
bahwa pemerintah dalam membangun dan mengembangkan Industri Pertahanan diperlukan perumusan dan pelaksanaan kebijakan pengelolaan yang salah satunya yaitu perencanaan pembangunan dan pengembangan Industri Pertahanan.

2.1.4 Potensi Sumber Daya Energi

Energi merupakan salah satu kebutuhan yang tidak bisa lepas dari kehidupan sehari-hari termasuk dalam kehidupan berbangsa dan bernegara. Gangguan pasokan energi secara langsung akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan pembangunan suatu negara. Tiap negara memiliki strategi energi khusus untuk mengamankan pembangunan nasionalnya termasuk daya dukungnya dalam konteks pertahanan negara. Strategi energi Indonesia terdapat pada Undang-Undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi pasal 2 yaitu strategi pengelolaan energi yang pada prinsipnya didasarkan pada asas-asas manfaat, nasionalitas, efisiensi yang setara, nilai tambah ekonomi, keberlanjutan, kesejahteraan masyarakat, pelestarian lingkungan, keamanan nasional, dan integritas. Pengelolaan energi seperti yang tercantum pada pasal 1 adalah penyelenggaraan kegiatan penyediaan, pengusahaan, dan pemanfaatan energi serta penyediaan cadangan strategis dan konservasi sumber daya energi dari hulu hingga ke hilir.

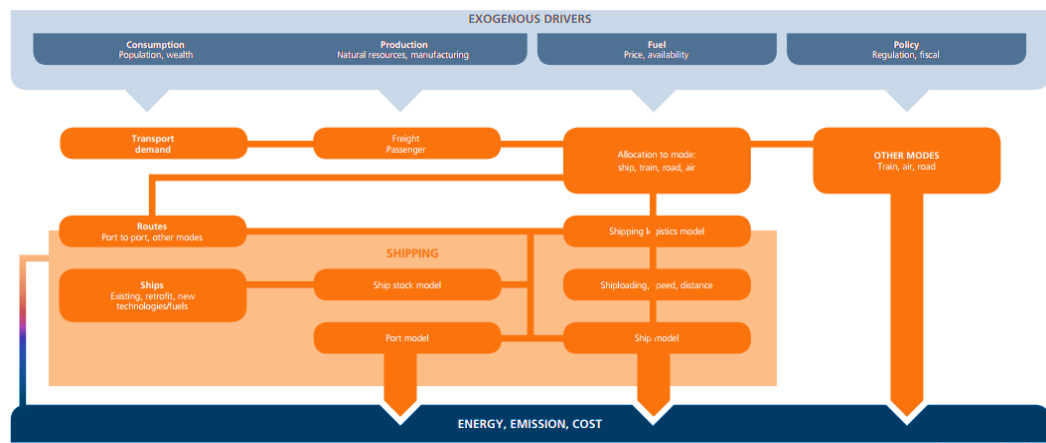
Pengelolaan energi di sisi penyediaan meliputi sumber daya energi tak terbarukan yang akan habis jika dieksploitasi secara terus menerus, antara lain minyak bumi, gas bumi, batubara, gambut, dan serpih bitumen. Pengelolaan juga memanfaatkan sumber daya energi terbarukan (ET) yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut serta sumber energi baru yang dapat dihasilkan oleh teknologi baik yang berasal dari sumber energi tak terbarukan maupun sumber energi terbarukan, antara lain nuklir, hydrogen, gas metana batu bara (*coal bed methane*),

batu bara tercairkan (*liquefied coal*), dan batubara tergaskan (*gasified coal*). Tujuan pengelolaan energi untuk mendukung pembangunan nasional baik sebagai bahan baku industri maupun sebagai bahan bakar secara berkelanjutan sehingga menjamin penyediaan dan pemanfaatan energi untuk generasi sekarang dan yang akan datang (Yandri, Ariati & Ibrahim, 2018). Keberlanjutan energi (*energy sustainability*) menjadi tujuan keamanan energi suatu negara sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tiga Dimensi Trilemma Energy
(Sumber: World Energy Council, 2017)

Teori tiga dimensi trilemma energi pada penelitian ini digunakan dalam memetakan potensi thorium sebagai sumber energi alternatif. Potensi thorium dipetakan dan dibandingkan dengan sumber energi lain yang biasa digunakan dalam mendukung operasional alutsista matra laut. Kelebihan maupun kelemahan thorium sebagai sumber energi dapat diketahui dengan jelas menggunakan indikator trilemma energi tersebut sehingga dapat diketahui potensi thorium serta rekomendasi dalam strategi pengembangannya. Potensi sumber energi dalam mendukung operasional alutsista matra laut dapat dirumuskan menggunakan *Global Transport Model* (GloTraM). Model tersebut dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Global Transport Model

(Sumber: UCL Energy Institute, 2014)

Minyak bumi seharusnya dapat diandalkan sebagai energi untuk keperluan tertentu yang secara teknologi harus menggunakan bahan bakar minyak. Perkembangan teknologi menunjukkan bahwa hampir seluruh peralatan menggunakan energi listrik yang bergantung pada bahan bakar minyak. Ketergantungan pemanfaatan kepada minyak bumi harus diperhitungkan mengingat kebutuhan energi terus meningkat. Komposisi penggunaan energi dengan bahan bakar minyak harus disubstitusikan dengan sumber daya energi (diversifikasi energi) berbasis pada potensi dan kebutuhan. Sumber energi baru dan terbarukan perlu dikembangkan seiring dengan peran dan harga BBM yang terus meningkat dan melambung tinggi. Tiga ancaman serius ketergantungan energi fosil khususnya minyak bumi adalah menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui (bila tanpa temuan sumur minyak baru), kenaikan/ketidakstabilan harga karena laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak, dan Polusi gas rumah kaca (terutama CO₂). Minyak merupakan sumber energi fosil yang potensinya paling kecil karena hanya bisa dimanfaatkan sekitar 12 tahun apabila tidak ditemukan cadangan baru (Kholiq, 2015).

Potensi energi nuklir diprediksi dapat menjadi sumber energi alternatif yang lebih baik daripada minyak. Tenaga nuklir dapat digunakan sebagai pembangkit listrik yang mengurangi emisi rumah

kaca (GHC) secara signifikan. Limbah yang dihasilkan oleh nuklir memiliki kapasitas lebih sedikit daripada limbah bahan bakar minyak. Tenaga nuklir juga merupakan salah satu alternatif bentuk penghematan penggunaan sumber daya energi nasional. Pengembangan konsep reaktor nuklir telah dikembangkan namun kegiatan pendukung tetap dibutuhkan berupa penelitian pengembangan teknologi, daur ulang dan perizinan.

Energi merupakan salah satu elemen yang diperhitungkan dalam biaya operasional dan menjadi pendukung agar alutsista bisa beroperasi maksimal di daerah operasi maupun daerah latihan. Jenis energi yang lebih diperhitungkan dalam hal ini adalah bahan bakar minyak (BBM) dan listrik. Hasil penelitian Verantika, Boedoyo & Yusciantoro (2018) menunjukkan bahwa konsumsi BBM jenis HSD untuk Alutsista jenis kapal di TNI AL mengalami kecenderungan (*Trend*) yang meningkat. Kecenderungan tersebut dipengaruhi oleh meningkatnya jumlah alutsista jenis kapal dan harga BBM jenis HSD itu sendiri sedangkan kehadiran Alutsista jenis kapal hingga tahun 2024 akan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Sumber energi alternatif diperlukan dalam menanggulangi keterbatasan bahan bakar alutsista matra laut sehingga tetap dapat dioperasikan dalam jangka waktu yang lama, biaya yang rendah dan minim limbah. Maka dari itu, pada penelitian ini digambarkan potensi thorium sebagai sumber energi alternatif dalam mendukung operasi dan logistik alutsista matra laut sehingga diperoleh sumber energi yang lebih baik daripada bahan bakar minyak bumi.

2.1.5 Thorium

Thorium ditemukan dalam jumlah kecil di beberapa batuan dan tanah. Beberapa kelebihan thorium sebagai bahan bakar dibanding uranium adalah thorium tidak perlu pengkayaan, limbah aktivitas tinggi dan berumur panjang lebih rendah dibandingkan bahan bakar uranium, ketersediaan thorium lebih banyak 3-4 kali dibanding endapan uranium.

Thorium terdapat dalam mineral thorianit, ytrokrafit, zirkolit, zirkon, thorit, thalenit, thortveit, gadolinit, alanit, schelkinit, xenotim dan monasit. Sifat-sifat kimia dari thorium dan logam tanah jarang (Rare Earth Element) pada dasarnya sama, sehingga pemisahannya sulit dan memakan waktu. Konsentrat tanah jarang harus diproses secara kimia untuk memisahkan dari komponen lain dari mineral pembentuk dan pengotor. Karakteristik Endapan Thorium Deposit Thorium biasanya berasosiasi dengan unsur-unsur tanah jarang lainnya. Seperti U,Ce,Y,Li dan unsur tanah jarang lainnya.

Ada beberapa model keterdapat deposit U-Th, diantaranya yang berhubungan dengan proses magmatisme dan model deposit yang berhubungan dengan sedimentasi. Tipe deposit yang berhubungan dengan proses magmatisme diantaranya adalah IOCG (Iron Oxide Copper Gold), Intrusive – pegmatite hosted dan Volcanic – Caldera hosted, batuan tersebut dapat menjadi batuan induk atau batuan sumber mineral Thorium. Batuan induk yang mengandung thorium kemudian tererosi dan tersaring secara alamiah, endapan thorium akan terakumulasi pada endapan-endapan sungai dan pantai. Tipe deposit Uranium-Thorium sedimen diantaranya Sedimentary Phosphorite (disebut sebagai tipe Phosphorite), Tipe Black Shale, dan tipe Sandstone Host. Deposit ini kebanyakan berasal dari cekungan-cekungan sedimen tua.

Di Indonesia deposit Thorium pada umumnya ditemukan pada asosiasi granit. sehingga mayoritas endapan thorium ditemukan pada jalur timah. Cebakan monasit primer terbentuk melalui beberapa fase, yaitu pertama fase pneumatolitik, selanjutnya fase kontak pneumatolitik–hidrotermal tinggi dan fase terakhir adalah hipotermal–mesotermal. Fase yang terakhir ini merupakan fase terpenting dalam penambangan karena mempunyai arti ekonomis dimana larutan yang mengandung timah dan monasit dengan komponen utama silika (SiO_2) mengisi perangkap pada jalur sesar, kekar, dan zona lemah lainnya. Sedangkan untuk cebakan monasit sekunder terbentuk dari cebakan

monasit primer yang mengalami pelapukan, tererosi, tertransportasi, dan terendapkan sebagai endapan koluvial, kipas aluvial, aluvial sungai, maupun aluvial lepas pantai.

Endapan monasit primer pada umumnya terdapat pada batuan granit, sedangkan endapan monasit sekunder terdapat pada sungaisungai tua dan dasar lembah baik yang terdapat di darat maupun di laut. Granit merupakan batuan sumber dan endapan aluvial merupakan tempat akumulasi monasit sekunder. Cebakan endapan Thorium membentang sepanjang Malaysia, Pulau Bangka, Belitung, dan Kalimantan Barat. Mineralisasi thorium dipengaruhi oleh proses geologi sebagai berikut:

1. Alterasi hidrotermal, yaitu perubahan mineralogi dan komposisi kimia yang terjadi ketika batuan berinteraksi dengan larutan hidrotermal. Sehingga mineralisasi granit berubah dan muncul kandungan thorium.
2. Proses Pelarutan dan pengendapan thorium akibat air meteoric
3. Proses Supergene, yaitu anomali kandungan thorium pada tanah laterit sedangkan pada batuan sekitarnya tidak terlalu tinggi.

Monasit merupakan mineral yang mengandung unsur-unsur tanah jarang (REE) yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Thorium, uranium, scandium, yttrium dan 15 unsur-unsur yang termasuk dalam lantanida bisanya terdapat dalam mineral monasit. Monasit memiliki kandungan thorium berbeda-beda, tergantung dari proses terbentuknya, batuan sumber penyusun endapan monasit, dan proses yang bekerja selama endapan monasit tersebut terbentuk. Secara umum terdapat 3 (tiga) jenis monasit dengan perbedaan komposisi, yang tidak selalu mengandung unsur radioaktif seperti thorium, yaitu: monasit-(Ce) dengan formula $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th}, \text{Y})\text{PO}_4$, monasit-(La) dengan formula $(\text{La}, \text{Ce}, \text{Nd})\text{PO}_4$, dan monasit- (Nd) dengan formula $(\text{Nd}, \text{La}, \text{Ce})\text{PO}_4$.

Monasit selain diperoleh dari batuan, juga diperoleh dari produk

samping tambang timah. Di Indonesia terutama diperoleh dari hasil tailing penambangan timah. Dikarenakan Indonesia berada pada jalur Tin Belt, maka cadangan bijih timah beserta material ikutanya termasuk Monasit juga melimpah. Untuk memperoleh thorium dari monasit dilakukan proses pelindihan, pemisahan dan pengendapan. Selanjutnya dilakukan kalsinasi pada temperatur 1100°C untuk memperoleh serbuk thorium oksida. Sedangkan untuk meningkatkan serbuk thorium oksida menjadi grade nuklir dilakukan lagi proses ekstraksi, stripping, pengendapan dan kalsinasi. Selanjutnya dibentuk menjadi pellet dan bahan bakar, yang kemudian dirakit menjadi bahan bakar. Penggunaan bahan bakar nuklir berbasis thorium oksida umumnya berkisar antara 60-70% yang digunakan sebagai campuran dengan bahan bakar uranium oksida (UO₂) di dalam bahan bakar nuklir reaktor eksperimental maupun reaktor daya (Purwadi, 2010).

2.1.6 Material Thorium

Material yang biasa digunakan sebagai bahan bakar nuklir adalah Thorium. Bahan bakar Thorium semakin menarik perhatian karena lebih aman dan lebih murah. Bahan bakar Thorium telah dikaji sebagai alternatif bahan bakar nuklir pada reaktor jenis PWR dan CANDU untuk menghemat sumber daya uranium dan menyediakan sumber energi yang mandiri. Thorium juga dapat dioperasikan pada reaktor BWR dan Reaktor Garam cair. Reaktor tersebut dapat digunakan sebagai sumber energi untuk kemudian menjadi energi panas dan menjadi penggerak pada PLTN maupun mesin (Utami & Yulianti, 2013).

Thorium merupakan unsur yang mempunyai sifat reaktif dan dapat bereaksi dengan oksigen, hidrogen, halogen dan sulphur. Thorium bereaksi secara lambat dengan air, tetapi tidak mudah larut dalam hampir semua asam, kecuali asam khlorida. Thorium dapat larut dalam asam nitrat pekat yang mengandung sejumlah kecil katalis ion fluoride. Serbuk thorium bersifat *pyrophoric* (terbakar secara spontan dengan udara), karena itu harus berhati-hati dalam penanganannya.

Thorium murni merupakan logam bersifat radioaktif, berwarna putih keperakan yang relatif stabil dalam udara dan dapat mempertahankan warnanya selama beberapa bulan. Bila terkontaminasi dengan oksida, thorium bereaksi secara perlahan menjadi berwarna abu-abu dan akhirnya menjadi hitam. Sifat fisika thorium sangat dipengaruhi oleh derajat kontaminasi dengan oksida. Thorium oksida mempunyai titik leleh sekitar 3.300°C , yang merupakan nilai tertinggi dibanding titik leleh oksida lainnya serta titik didih 5063 K (4790°C). Hanya beberapa unsur seperti tungsten dan beberapa senyawa seperti tantalum carbide yang mempunyai titik leleh lebih tinggi. Thorium murni lembut, sangat ulet dan dapat di cold-rolled, swaged, dan drawn. Isotop thorium yang paling stabil adalah thorium-232 dengan waktu paruh 14.05 juta tahun.

Thorium maupun uranium dapat digunakan sebagai bahan bakar nuklir contohnya pada kapal milik amerika pada Gambar 2.3. Meskipun, bukan merupakan bahan fisil, thorium-232 (^{232}Th) akan menyerap neutron lambat untuk menghasilkan uranium-233 (^{233}U) yang merupakan bahan fisil. Satu sifat yang menarik dari Th-232 adalah thorium-232 merupakan bahan fertil yang lebih unggul dibanding U-238 karena tampang lintang serap neutron Th-232 dalam reaktor termal 3 kali tinggi dibanding U-238 dimana untuk Th-232 (7.4 barns) dan U-238 (2.7 barns). Sehingga, konversi Th-232- ^{233}U lebih efisien dibanding U-238 – Pu-239 dalam spektrum neutron termal. Selanjutnya dalam spektrum termal, proses fisi isotop U-233 dengan neutron lambat (termal) akan menghasilkan neutron lebih tinggi per neutron yang diserap dibanding uranium-235 dan plutonium-239 (Dewita, 2012).

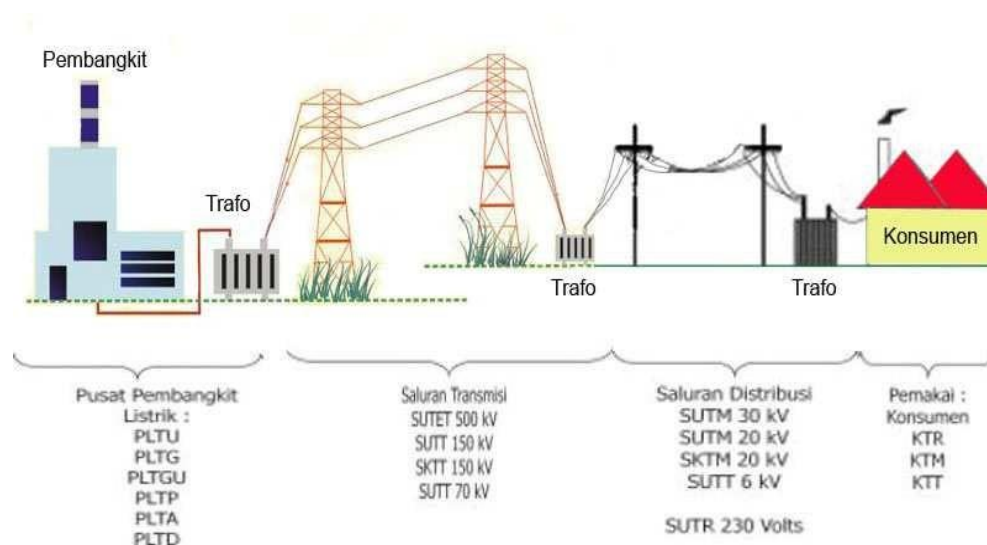


Gambar 2.3 Kapal Induk USS Enterprise
(Sumber: Hirdaris *et.al*, 2014)

2.1.7 Sistem Tenaga Listrik

2.1.7.1 Pengertian Sistem Tenaga Listrik

Secara umum sistem tenaga listrik terdiri atas komponen tenaga listrik yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Ketiga bagian ini merupakan bagian utama pada suatu rangkaian sistem tenaga listrik yang bekerja untuk menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat- pusat beban. Rangkaian sistem tenaga listrik dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah berikut :



Gambar 2.4 Rangkaian Sistem Tenaga Listrik
(Sumber: Joko *et al*, 2010)

Energi listrik yang dihasilkan di pusat pembangkit listrik akan disalurkan melalui saluran transmisi kemudian melalui saluran distribusi akan sampai ke konsumen. Berikut ini penjelasan mengenai bagian utama pada sistem tenaga listrik pada umumnya, yaitu :

1) Pusat Pembangkit Listrik (*Power Plant*)

Pusat pembangkit listrik merupakan tempat energi listrik pertama kali dibangkitkan, dimana terdapat turbin sebagai penggerak awal (*PrimeMover*) dan generator yang membangkitkan listrik dengan mengubah tenaga turbin menjadi energi listrik. Biasanya dipusat pembangkit listrik juga terdapat gardu induk. Peralatan utama pada gardu induk antara lain : transformer, yang berfungsi untuk menaikkan tegangan generator (11,5kV) menjadi tegangan transmisi atau tegangan tinggi (150kV) dan juga peralatan pengaman dan pengatur. Secara umum, jenis pusat pembangkit dibagi kedalam dua bagian besar yaitu pembangkit *hidro* yaitu PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dan pembangkit *thermal* diantaranya yaitu PLTU (Pusat Listrik Tenaga Uap), PLTG (Pusat Listrik Tenaga Gas), PLTN (Pusat Listrik Tenaga Nuklir), dan PLTGU (Pusat Listrik Tenaga Gas Uap).

2) Transmisi Tenaga Listrik

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkitan listrik hingga saluran distribusi listrik sehingga nantinya dapat tersalurkan pada pengguna listrik.

3) Sistem Distribusi

Sistem distribusi ini adalah sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pengguna listrik dan pada umumnya berfungsi dalam hal penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat. Sub sistem ini terdiri dari: pusat pengatur atau gardu induk, gardu hubung, saluran tegangan menengah atau jaringan primer (6 kV dan 20 kV) yang berupa saluran udara atau kabel bawah tanah, saluran tegangan rendah atau jaringan sekunder (380 V dan 220 V), gardu distribusi tegangan yang terdiri dari panel-panel pengatur tegangan baik tegangan menengah ataupun tegangan rendah, dan trafo.

2.1.7.2 Operasi Sistem Tenaga Listrik

Pada bagian sebelumnya bisa dilihat pada gambar bagaimana sistem tenaga listrik yang mendeskripsikan hubungan antara masing-masing sistem listrik. Pembangkit listrik memiliki lokasi yang saling berjauhan satu sama lain dan terhubung satu sama lain melalui sistem transmisi yang luas untuk mendistribusikan tenaga listrik pada beban yang tersebar. Ini bisa dapat dikatakan sebagai sistem interkoneksi. Melalui adanya sistem interkoneksi tersebut menyebabkan:

1. Keandalan sistem yang semakin tinggi
2. Efisiensi pembangkitan tenaga listrik dalam sistem meningkat
3. Mempermudah penjadwalan pembangkit

Sebuah sistem tenaga listrik merupakan sebuah unit usaha dimana selain faktor teknis, faktor ekonomis juga diperhatikan karena pengaruhnya sangat dominan. Dalam pengeoperasian sistem tenaga listrik ini, pendapatan dan pengeluaran harus dijaga agar tercipta kondisi yang seimbang sehingga dapat mencapai keuntungan yang layak. Pendapatan dalam sistem tenaga listrik ini berdasarkan jumlah penjualan listrik ke konsumen dan biasanya dalam bentuk pemakaian energi (kWh) serta harganya yang diatur dalam sistem tarif tertentu (di Indonesia menggunakan Keppres). Sedangkan pengeluaran dalam mengoperasikan sistem tenaga listrik ini meliputi: belanja pegawai, belanja barang dan jasa, pemeliharaan dan penyusutan, penelitian atau pengembangan, pajak, bahan baku energi (BBM, Batubara, Nuklir, Air, dsb), *Losses*, dan lain-lain.

Dalam pembangkitan tenaga listrik ada empat komponen biaya yang biasanya harus diperhitungkan, yaitu:

1. Komponen A merupakan *fixed cost*, yakni biaya yang harus tetap dikeluarkan terlepas dari pembangkit listrik tersebut dioperasikan atau tidak, misalnya: pekerjaan sipil, biaya pembelian turbin, generator, dan lain-lain.
2. Komponen B merupakan *fixed cost*, yakni biaya yang tetap dikeluarkan untuk operasi dan pemeliharaan pembangkit, seperti gaji pegawai, biaya pemeliharaan, dan lain-lain.

3. Komponen C merupakan *fuel cost* atau biaya bahan bakar yakni biaya bahan bakar yang berubah-ubah tergantung dari beberapa faktor. Beberapa faktor yang mempengaruhi harga komponen ini misalnya banyaknya konsumsi bahan bakar yang diperlukan, jenis bahan bakarnya, lama waktu penyalaan pembangkit, dan beberapa hal lainnya.
4. Komponen D merupakan *variable cost* yakni biaya dapat berubah-ubah. Misalnya, biaya untuk pelumas. Semakin sering dan berat kerja suatu pembangkit, semakin juga dibutuhkan banyak pelumas. Maka, biaya komponen D ini akan meningkat.

Bagian terbesar dari pembiayaan dalam pembangkitan tenaga listrik adalah komponen C atau biaya bahan bakar yang mencakup hampir 70% dari total pembiayaan. Naik atau turunnya biaya bahan bakar tergantung pada penggunaan listrik oleh konsumen. Oleh karena itu, sangat diperlukan cara pengoperasian yang optimal. (Nadjamuddin, 2011:141)

2.1.7.3 Tujuan Operasi Sistem Tenaga Listrik

Tujuan utama dari operasi sistem tenaga listrik ini adalah untuk memenuhi kebutuhan beban listrik secara efisien (beban terpenuhi dengan biaya yang minimum), dengan mempertimbangkan sasaran operasi tenaga listrik yaitu sistem harus dapat memenuhi standar dalam keamanan lingkungan, memiliki keandalan yang baik, dan dapat melayani permintaan secara berkala dari waktu ke waktu (Nadjamuddin, 2011:142).

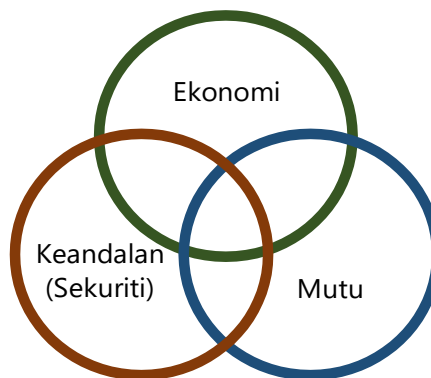
Dalam mencapai tujuan dari operasi sistem tenaga listrik maka perlu diperhatikan tiga hal berikut ini, yaitu:

1. Ekonomi (*economy*) berarti listrik harus dioperasikan secara ekonomis, tetapi dengan tetap memperhatikan keandalan dan kualitasnya.
2. Keandalan (*security*) merupakan tingkat keamanan sistem terhadap kemungkinan terjadinya gangguan. Jika terjadi gangguan pada pembangkit maupun transmisi dapat diatasi tanpa

mengakibatkan pemadaman di sisi konsumen.

3. Kualitas (*quality*) tenaga listrik yang diukur dengan kualitas tegangan dan frekuensi yang dijaga sedemikian rupa sehingga tetap pada kisaran yang ditetapkan (Wikarsa, 2010:4).

Sebagai gambaran dari tujuan operasi sistem tenaga listrik dapat dilihat seperti pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Tujuan Operasi Sistem Tenaga Listrik
(Sumber: Wikarsa, 2010)

2.1.7.4 Karakteristik Pembangkit Listrik

Sangat penting untuk mengenal karakteristik pembangkit listrik yang berguna untuk meminimalisir pembiayaan bahan baku energi. Ketika sudah mengenal karakteristik pembangkit listrik maka pengaturan output pembangkit dapat diatur dengan baik. Berdasarkan karakteristik pembangkit listrik, dapat dibuat model secara matematis untuk proses optimasi agar dihasilkan biaya pembangkitan yang ekonomis.

Ada berbagai macam jenis pembangkit listrik yaitu Pembangkit Listrik Tenaga air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas Alam (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU).

Pembangkit listrik tersebut dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian besar berdasarkan karakteristiknya yaitu pembangkit *hidro* (PLTA)

dan pembangkit *thermal* (PLTU, PLTG, PLTP, PLTD, PLTGU).

Pengoptimasian pada kedua klasifikasi pembangkit tersebut sangatlah penting untuk memenuhi kebutuhan beban dengan biaya minimum. Namun, di antara dua karakteristik pembangkit tersebut, pembangkit *thermal* cukup menjadi perhatian dikarenakan biaya bahan bakar dan sering berubah. Oleh karena itu, untuk lebih lanjutnya akan banyak dibahas mengenai pembangkit *thermal* ini.

2.1.7.5 Pembangkit Listrik

Mengoperasikan suatu sistem tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pusat pembangkit listrik memerlukan suatu koordinasi yang tepat dalam melakukan penjadwalan pembebanan besarnya daya listrik yang dibangkitkan oleh masing-masing pembangkit listrik, sehingga diperoleh biaya pembangkit yang minimum.

Terdapat dua pokok permasalahan yang harus dipecahkan dalam operasi ekonomis pembangkitan pada sistem tenaga listrik yaitu :

1. Pengaturan Unit Pembangkit (*Unit Commitment*)

Penanganan biaya operasi pembangkit tenaga listrik bisa diminimalkan dengan cara mencari kombinasi yang tepat dari unit pembangkit yang ada. Hal ini dikenal dengan pengaturan unit pembangkit. Pada pengaturan unit akan dibuat skema urutan prioritas, yaitu metode pengoperasian unit pembangkit berdasarkan total biaya rata-rata bahan bakar yang paling murah.

Pengaturan unit ini dilakukan untuk menentukan unit mana saja yang beroperasi dan tidak beroperasi pada jam tertentu sehingga dapat dibuat kombinasi operasi dari unit-unit yang ada. Dalam mengatur unit-unit tersebut digunakan pertimbangan teknis dan ekonomis.

2. Penjadwalan Ekonomis (*Economic Dispatch*)

Penjadwalan ekonomis merupakan suatu usaha untuk menentukan besar daya yang harus disuplai dari tiap unit generator untuk

memenuhi beban tertentu dengan cara membagi beban tersebut pada unit-unit pembangkit yang ada dalam sistem secara optimal ekonomis dengan tujuan meminimumkan biaya operasi pembangkitan. (Nadjamuddin, 2011:186-187)

2.1.7.6 Peluang Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir di Indonesia.

Energi merupakan suatu kekuatan suatu bangsa (*power of nation*), terpenuhinya kebutuhan energi akan menjamin pertumbuhan ekonomi, ketahanan dan kemandirian suatu bangsa. Peningkatan jumlah penduduk, standar hidup dan ekonomi berdampak pada pertumbuhan kebutuhan energi suatu negara.

Peluang yang juga didapatkan dari Indonesia, Malaysia dan Vietnam dalam rencana pembangunan PLTN adalah adanya Zona Perdamaian, Kebebasan dan Netralitas atau *Zone of Peace Freedom and Neutrality (ZOPFAN)* dimana pernyataan yang ditandatangani oleh Menteri Luar Negeri negara-negara ASEAN secara terbuka menyatakan niat mereka untuk menjaga Asia Tenggara bebas dari segala bentuk atau cara campur tangan oleh kekuatan luar dan memperluas bidang kerjasama, kemudian Kawasan Bebas Senjata Nuklir Asia Tenggara atau *Southeast Asia Nuclear Weapon Free Zone (SEANWFZ)*, dimana SEANWFZ merupakan suatu kesepakatan di antara negara-negara Asia Tenggara yang terdiri dari Brunei Darussalam, Kamboja, Indonesia, Laos, Malaysia, Myanmar, Filipina, Singapura, Thailand dan Vietnam dengan tujuan mengamankan kawasan Asia Tenggara dari persenjataan nuklir.

Pada tanggal 29 Juli 2007 ASEAN sepakat untuk mengadopsi rencana aksi SEANWFZ untuk mempercepat pembentukan kawasan bebas senjata nuklir di Asia Tenggara. Dalam kesepakatan SEANWFZ ini negara-negara anggota berkewajiban untuk: Tidak mengembangkan, memproduksi, membeli, mempunyai atau menguasai senjata nuklir, pangkalan senjata nuklir ataupun melakukan uji coba atau menggunakan senjata nuklir dimanapun juga baik di dalam maupun luar kawasan Asia Tenggara; Tidak meminta ataupun menerima bantuan berkenaan dengan

nuklir; Tidak melakukan segala suatu kegiatan pemberian bantuan pembuatan ataupun pengambil alihan peralatan nuklir apapun juga oleh negara manapun juga; Tidak menyediakan sumber daya kepada negara persenjataan non nuklir dimanapun ataupun negara persenjataan nuklir; Serta mencegah wilayah laut kawasan Asia Tenggara dari pembuangan sampah radioaktif dan ataupun bahan-bahan radioaktif lainnya oleh siapapun juga.

Dari kesepakatan yang terurai diatas, dapat dikatakan bahwa pembentukan SEANWFZ menunjukkan adanya keseriusan upaya negara-negara di kawasan Asia Tenggara untuk meningkatkan perdamaian dan stabilitas kawasan dan dalam rangka ikut serta mendukung upaya tercapainya suatu pelucutan dan pelarangan senjata nuklir secara umum dan menyeluruh. Kesepakatan SEANWFZ sangatlah penting mengingat kesepakatan ini merupakan sesuatu komitmen dari masing-masing negara di kawasan Asia Tenggara yang dapat dijadikan jaminan dari negara yang memiliki senjata nuklir yaitu Amerika, Cina, Rusia, Prancis dan Inggris bahwa mereka negara yang berstatus NWS (*Nuclear Weapons State*) akan menghormati kesepakatan SEANWFZ tersebut dan tidak akan menyerang negara-negara di kawasan Asia Tenggara. Kesepakatan SEANWFZ telah diakui keberadaannya di tingkat internasional melalui resolusi umum majelis PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) yang didukung penuh oleh Rusia dan China pada tanggal 10 Januari 2008.

ZOPFAN dapat dilihat dari dua pandangan yang berbeda, disatu sisi ZOPFAN masih relevan walaupun perang dingin telah berakhir, namun disisi lain mengatakan bahwa ZOPFAN sudah tidak relevan lagi, yang dimaksudkan disini adalah hubungan yang terjalin di ZOPFAN ini merupakan hubungan yang terjalin berdasarkan dari rasa persahabatan sampai pada ekspektasi akan mendapatkan dukungan atau perlindungan satu sama lain, sedangkan dilihat dari sisi lain hubungan yang terjalin di ZOPFAN berjalan dikarenakan atas dasar kecurigaan dan rasa takut, namun berdasarkan hal tersebut ASEAN tentunya akan tetap pada cita-

cita semula dalam menjaga stabilitas politik dan keamanan Asia Tenggara. Berpegang pada cita-cita ASEAN itulah yang membuat adanya peluang pembangunan PLTN di Indonesia.

Negara Indonesia memiliki Undang-Undang no. 10 tahun 1997 mengenai Ketenaganukliran dan didukung oleh Undang-Undang no. 9 tahun 1997 mengenai pengesahan *Traety on the South East Asia Nuclear Free Zone* (Traktat Kawasan Bebas Senjata Nuklir di Asia Tenggara). Undang-Undang No.17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional, tahun 2005 – 2025 pada Bab IV: Arah, Tahapan dan Prioritas Pembangunan Jangka Panjang telah mengamanatkan pada butir IV.2.3. RPJM ke 3 (2015 – 2019) “mulai dimanfaatkannya tenaga nuklir untuk pembangkit listrik dengan mempertimbangkan faktor keselamatan secara ketat”

Di Indonesia juga sudah membentuk Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) dimana memiliki tugas melaksanakan tugas pemerintahan di bidang penelitian, pengembangan dan pendayagunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Didukung dengan pusat pengembangan pengkajian energi nuklir dengan tiga reactor riset yang berkapasitas 100 Kwt yang masing-masing berada di Yogyakarta, Bandung dan Serpong merupakan suatu persiapan menuju pembangunan PLTN.

Pengusaha Rusia berminat mengembangkan nuklir di Indonesia dengan menawarkan tongkang PLTN-nya (akademik Lomonosov), yang sesuai dengan kontur kepulauan di Indonesia, mengingat kondisi Indonesia masuk dalam “*ring of fire*”. Kelebihan tongkang PLTN (PLTN terapung) adalah dapat berpindah-pindah, dan limbah nuklirnya dibawa pulang ke Rusia.

Pemerintah Indonesia telah melakukan studi kelayakan sesuai dengan standard-standard yang telah ditentukan oleh IAEA, dan IAEA telah memberikan perijinan pembangunan PLTN berdasarkan dari data yang diberikan oleh BATAN dimana data tersebut telah memenuhi

standar kelayakan yang telah ditentukan oleh IAEA. (IAEA,2007).

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang ditemui juga mengkaji mengenai potensi thorium sebagai sumber energi serta kebutuhan logistik dan operasional matra laut. Adapun uraian dari penelitian tersebut antara lain:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Irfan, Bura & Wahyudi (2020) berjudul "Konsep Teknologi Reaktor Nuklir Sebagai Sistem Propulsi Kapal Perang Logistik Landing Platform Dock". Penelitian ini bertujuan untuk memaparkan konsep teknologi reaktor nuklir sebagai sistem propulsi yang tepat untuk diterapkan pada kapal LPD TNI AL. Setelah studi literatur berbagai klasifikasi reaktor nuklir dan referensi desain reaktor nuklir yang telah ada, ditentukan konsep teknologi reaktor nuklir yang sesuai dengan standar kebutuhan tersebut sehingga dikerucutkan menjadi beberapa konsep teknologi reaktor nuklir yang dipilih, dan akhirnya ditentukan satu sebagai konsep teknologi reaktor nuklir dengan metode AHP. Reaktor nuklir tipe MSR yang merupakan reaktor daya cepat pembiak modular kecil yang mampu menghasilkan daya termal sekurang-kurangnya 33 MWth, berbahan bakar Thorium-Uranium233 dan berpendingin garam cair sehingga memanfaatkan tekanan rendah serta mampu beroperasi pada suhu yang sangat tinggi
2. Penelitian oleh Revol (2015) dengan judul "*Thorium: An energy source for the world of tomorrow*" menjelaskan kelebihan thorium dibandingkan uranium sebagai sumber energi nuklir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa thorium berpotensi sebagai sumber energi di masa depan dan memiliki mekanisme pengolahan limbah yang lebih baik. Thorium dikembangkan di berbagai negara sebagai elemen strategi dalam pemenuhan energi.
3. Penelitian oleh Hoque, Salahuddin & Khondoker (2018) dengan

judul "*Design and Comparative Analysis of Small Modular Reactors for Nuclear Marine Propulsion of a Ship*" menjelaskan mengenai desain reaktor nuklir merupakan penggerak mesin yang ideal untuk angkatan laut. Pada penelitian ini dijelaskan konsep desain propulsi reaktor nuklir yang unggul dengan ukuran kecil serta sesuai pada kapal.

4. Penelitian oleh Yazul & Fahri (2019) yang berjudul "Strategi Bagian Penelitian dan Pengembangan Dalam Meningkatkan Kualitas Produk Hasil Litbang Yang Bermanfaat Bagi Tni Angkatan Darat (Studi Di Ditpalad)" bertujuan menganalisis penelitian dan pengembangan dalam meningkatkan kualitas produk bagi TNI Angkatan Darat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi penguatan organisasi penelitian dan pengembangan, peningkatan kemampuan sumber daya manusia manusia, dan memahami kendala pada produk hasil litbang yang belum dikembangkan lebih lanjut dengan harapan didapat produk hasil litbang yang berkualitas dan bermanfaat bagi TNI Angkatan Darat.
5. Penelitian oleh Erlan Dewita (2012) dengan judul "Analisis Potensi Thorium Sebagai Bahan Bakar Nuklir Alternatif PLTN" menjelaskan mengenai Penelitian ini menganalisis potensi thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif untuk PLTN ditinjau dari aspek sumber daya alam dan proses pemisahan thorium dari monazite.
6. Penelitian oleh Megawati, Prasetiawan, H, Triwibowo, B. and Hisyam (2018) dengan judul "A. Simulation Study of Thorium Separation from Monazite Mineral" menjelaskan mengenai Studi pendahuluan tentang pemisahan torium dari mineral monasit telah dilakukan. Produk akhir dari penelitian ini adalah desain pabrik untuk proses pemisahan torium.
7. Penelitian oleh Menik Ariani, Supardi, Fiber Monado, Zaki Su'ud (2015) dengan judul "Potensi Thorium Sebagai Bahan Bakar Pada

Reaktor Cepat Berpendingin Gas Untuk PLTN” menjelaskan mengenai Penelitian ini menganalisis sistem reaktor berpendingin gas yang digabungkan dengan skema pembakaran CANDLE yang dimodifikasi, untuk reaktor berukuran kecil dan berumur panjang, dengan thorium alam sebagai input dalam setiap siklus bahan bakarnya.

8. Penelitian oleh Abimanyu Bondan, Siti Alimah, Hadi Suntoko (2017) dengan judul “Studi Ketersediaan Thorium Untuk Meningkatkan Keamanan Energi Nuklir” menjelaskan mengenai Kajian ketersediaan thorium untuk meningkatkan penyediaan bahan bakar nuklir dilakukan. Tujuan studi ini adalah mengetahui ketersediaan thorium untuk meningkatkan penyediaan bahan bakar nuklir.

Adapun persamaan dan perbedaan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan

NO	NAMA, JUDUL, & METODE PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
1	Peneliti: Irfan, Bura & Wahyudi (2020) Judul: Konsep Teknologi Reaktor Nuklir Sebagai Sistem Propulsi Kapal Perang Logistik Landing Platform Dock	-Mengetahui konsep teknologi reaktor nuklir pada kapal perang. - Potensi thorium seabagai pembangkit reaktor nuklir	Penelitian Irfan, Bura & Wahyudi (2020): - Penelitian ini mengkaji mengenai konsep desain reactor nuklir pada kapal LPD Penelitian yang akan dilakukan: - Membahas lebih detail mengenai potensi thorium sebagai power plant - Produk dalam penelitian ini khusus membahas bahan bakar thorium sebagai sumber energi power plant untuk mendukung pertahanan negara
2	Peneliti: Revol (2015) Judul: Thorium: An energy source for the world of tomorrow	-Membahas potensi dan kelebihan thorium dibandingkan uranium seabagai sumber energi	Penelitian Revol (2015): - Penelitian ini berfokus pada potensi thorium sebagai strategi pemenuhan sumber energi secara umum Penelitian yang akan dilakukan: - Penelitian ini membahas mengenai potensi thorium sebagai sumber energi power plant guna mendukung pertahanan negara

3	Peneliti: Hoque, Salahuddin & Khondoker, 2018 Judul: Design and Comparative Analysis of Small Modular Reactors for Nuclear Marine Propulsion of a Ship	- Mengetahui potensi thorium sebagai energy alternatif	Penelitian Hoque, Salahuddin & Khondoker (2018): - Penelitian ini menjelaskan desain propulsi reactor nuklir secara umum, tidak berfokus pada thorium Penelitian yang akan dilakukan: - Penelitian ini membahas mengenai potensi thorium sebagai energi power plant untuk pertahanan negara
4	Peneliti: Yazul & Fahri (2019) Judul: Strategi Bagian Penelitian dan Pengembangan Dalam Meningkatkan Kualitas Produk Hasil Litbang Yang Bermanfaat Bagi Tni Angkatan Darat (Studi Di Ditpalad)	- Mengetahui strategi penelitian dan pengembangan produk	Penelitian Yazul & Fahri (2019): - Penelitian ini menganalisis objek pada ditpalad Penelitian yang akan dilakukan: - Penelitian ini dilakukan pada dislitbang AL dan Balitbang Kemhan
5	Peneliti: Erlan Dewita (2012) Judul: Analisis Potensi Thorium Sebagai Bahan Bakar Nuklir Alternatif PLTN	- Mengetahui potensi thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif untuk PLTN ditinjau dari aspek sumber daya alam	Penelitian Erlan Dewita (2012): - Penelitian ini menganalisis potensi thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif untuk PLTN ditinjau dari aspek sumber daya alam dan proses pemisahan thorium dari monazite. Penelitian yang akan dilakukan: - Penelitian ini hanya di fokuskan untuk mengetahui potensi thorium sebagai bahan bakar nuklir alternanatif untuk PLTN.

6	Peneliti: Megawati, Prasetiawan, H, Triwibowo, B. and Hisyam (2018) Judul: A. Simulation Study of Thorium Separation from Monazite Mineral. (In Proceedings of the 7th Engineering International Conference on Education, Concept and Application on Green Technology (EIC 2018)).	- Studi pendahuluan tentang torium dari mineral monasit untuk keperluan penyediaan pembangkit listrik bertenaga nuklir dengan memanfaatkan thorium sebagai bahan bakar.	Penelitian Megawati, Prasetiawan, H, Triwibowo, B. and Hisyam (2018): Studi pendahuluan tentang pemisahan torium dari mineral monasit telah dilakukan. Produk akhir dari penelitian ini adalah desain pabrik untuk proses pemisahan torium. Penelitian yang akan dilakukan: - Penelitian ini hanya di fokuskan untuk mengetahui potensi thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif untuk PLTN.
7	Peneliti: Menik Ariani, Supardi, Fiber Monado, Zaki Su'ud (2015) Judul: Potensi Thorium Sebagai Bahan Bakar Pada Reaktor Cepat Berpendingin Gas Untuk PLTN	- Membahas mengenai penggunaan bahan bakar basis thorium yang akan mengurangi jumlah limbah radioaktif. Penggunaan pembangkit listrik tenaga nuklir ini dapat memanfaatkan energi nuklir secara optimal tanpa masalah proliferasi nuklir.	Penelitian Menik Ariani, Supardi, Fiber Monado, Zaki Su'ud (2015): - Penelitian ini menganalisis sistem reaktor berpendingin gas yang digabungkan dengan skema pembakaran CANDLE yang dimodifikasi, untuk reaktor berukuran kecil dan berumur panjang, dengan thorium alam sebagai input dalam setiap siklus bahan bakarnya. Penelitian yang akan dilakukan: - Penelitian ini hanya di fokuskan untuk mengetahui potensi thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif untuk PLTN.

8	Peneliti: Abimanyu Bondan, Siti Alimah, Hadi Suntoko (2017) Judul: Studi Ketersediaan Thorium Untuk Meningkatkan Keamanan Energi Nuklir	- Studi pendahuluan tentang torium dari mineral monasit untuk keperluan penyediaan pembangkit listrik bertenaga nuklir dengan memanfaatkan thorium sebagai bahan bakar.	Penelitian Abimanyu Bondan, Siti Alimah, Hadi Suntoko (2017): - Kajian ketersediaan thorium untuk meningkatkan penyediaan bahan bakar nuklir dilakukan. Tujuan studi ini adalah mengetahui ketersediaan thorium untuk meningkatkan penyediaan bahan bakar nuklir. Penelitian yang akan dilakukan: - Penelitian ini hanya di fokuskan untuk mengetahui potensi thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif untuk PLTN.
---	---	--	---

(Sumber: Diolah Peneliti, 2020)

2.3 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir dari penelitian ini dimulai dengan peraturan Pemerintah No.14 tahun 2015 tentang Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) juga memperjelas peran pemerintah dalam penyiapan energi untuk industri secara berkelanjutan. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh banyaknya laporan penelitian yang telah dilakukan dan potensi mengenai thorium sebagai sumber energi. Hal tersebut juga sangat potensial untuk dikembangkan sebagai sumber energi dalam mendukung pertahanan negara.

Namun demikian, kontribusi energi baru dan terbarukan ini masih belum optimal. Apabila penyediaan dan kontribusi energi tersebut terlambat dilakukan, Indonesia akan terjebak dalam middle income trap di kurun waktu 2020-2030. Dengan semakin menurunnya daya saing industri, Indonesia akan terancam menjadi negara yang tertinggal dan

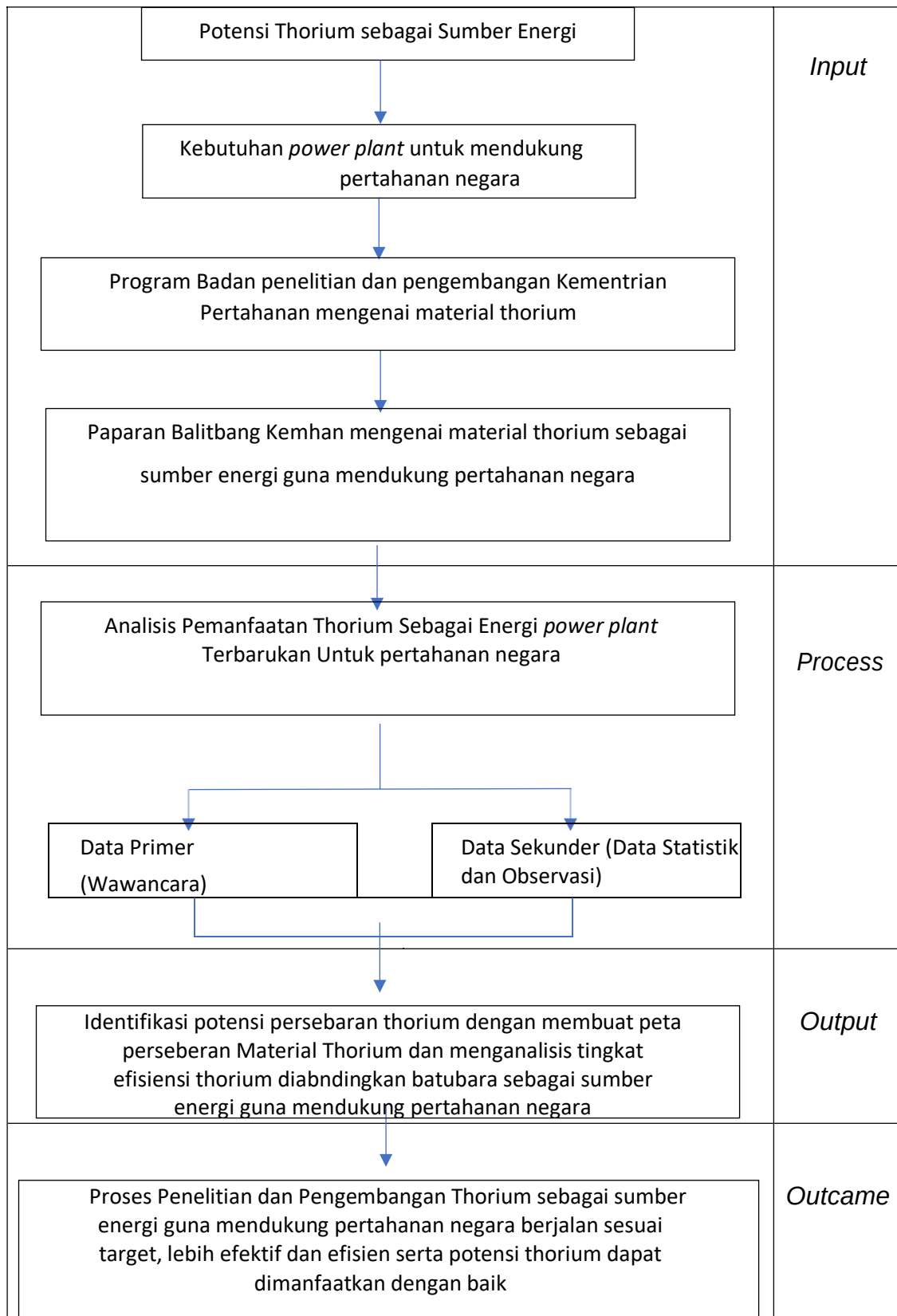
tidak lagi menjadi negara tujuan investasi. Namun dengan thorium, kebutuhan tersebut dapat dipenuhi hanya dengan volume sebesar 7 ton.

Tabel 2.2 Ketersediaan Thorium dan Pemanfaatannya

NO	NEGARA	PEMANFAATAN
1	Indonesia	Indonesia punya resource Thorium dan bisa dimanfaatkan untuk PLTN. Karena Thorium memiliki densitas energi yang lebih tinggi dari Uranium.
2	Amerika Serikat	Amerika Serikat (AS) sejak tahun 60-an sudah melakukan riset. Riset yang dilakukan yakni untuk PLTN Thorium.
3	Jerman	Jerman sejak tahun 60-an sudah melakukan riset. Riset yang dilakukan yakni untuk PLTN Thorium.
4	China, Kanada, Brazil dan Norwegia	China sudah melakukan riset namun teknologinya belum ada yang komersial.
5	India	India adalah negara yang sudah melakukan riset selama 20 tahun, baru akan merencanakan memiliki PLTN Thorium komersial pada 2035-2040 mendatang.

(Sumber: Diolah Peneliti, 2020)

Adapun kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk skema dapat dilihat pada Gambar 2.11 sebagai berikut:



Gambar 2.6 Kerangka Berpikir
(Sumber: Diolah Peneliti, 2020)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode dan Desain Penelitian

Pada penelitian ini peneliti menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif. Menurut Burhan Bungin (2008) bahwa, deskriptif kualitatif biasa disebut pula dengan kuasi kualitatif atau desain kualitatif semu karena format desain deskriptif kualitatif banyak memiliki kesamaan dengan desain deskriptif kuantitatif. Artinya, karena bentuknya masih dipengaruhi oleh tradisi kuantitatif, maka desain ini belum benar-benar kualitatif, terutama dalam menempatkan teori pada data yang diperolehnya.

Karena sifatnya yang tidak terlalu mengutamakan makna. Itulah mengapa dikatakan kuasi kualitatif. Sebaliknya, penekanannya pada deskriptif menyebabkan format deskriptif kualitatif hanya memerhatikan proses-proses kejadian suatu fenomena, bukan kedalaman data ataupun makna data dan lebih banyak menganalisis permukaan data. Walaupun demikian, deskriptif kualitatif mengadopsi cara berpikir induktif untuk mengimbangi cara berpikir deduktif. Hal inilah juga yang banyak dilakukan dalam penelitian dengan berbagai format penelitian kuantitatif.

3.1.1 Metode Penelitian

Penelitian kualitatif adalah pengumpulan data pada suatu latar alamiah dengan maksud menafsirkan fenomena yang terjadi dimana peneliti adalah sebagai instrumen kunci, pengambilan sampel sumber data dilakukan secara purposive dan *snowball*, teknik penumpukan dengan triangulasi (gabungan), analisis data bersifat induktif/kualitatif dan hasil penelitian lebih menekankan makna dari generalisasi.

Penelitian kualitatif berisi usaha dalam mendapatkan pencerahan, pemahaman terhadap suatu fenomena dan ekstrapolasi pada situasi yang sama. Pendekatan induksi digunakan pada penelitian kualitatif dengan tujuan penyusunan konstruksi teori atau hipotesis

melalui pengungkapan fakta. Penelitian deskriptif kualitatif mengemukakan data dan fakta yang dihimpun berbentuk kata atau gambar daripada angka. kutipan data dan fakta yang diperoleh dilapangan digunakan untuk memberikan dukungan terhadap hasil yang disajikan (Anggito & Setiawan, 2018).

Penelitian ini bersifat analisis eksplanasi yang menjabarkan penjelasan dari tujuan penelitian berdasarkan data yang diperoleh melalui studi literatur, observasi, dan wawancara. Penelitian deskriptif dirancang untuk mengumpulkan informasi tentang keadaan-keadaan nyata sekarang. Tujuannya adalah untuk menggambarkan sifat suatu keadaan yang berlangsung pada saat penelitian dilakukan, dan memeriksa sebab-sebab gejala tertentu. Hasil yang diperoleh adalah data yang representatif, guna mengambil tindakan atau keputusan lebih lanjut.

Metode penelitian yang dipakai termasuk di dalam penelitian penilaian atau *Evaluation Research*. Penelitian Penilaian bertujuan untuk memberikan informasi (*useful feedback*) guna pengambilan keputusan. Hasil penelitian evaluasi dapat dipergunakan untuk memperbaiki atau meningkatkan sebuah program atau kebijakan. Metode ini dapat digunakan untuk melihat apakah suatu aktivitas telah atau belum mencapai tujuan-tujuan seperti yang ditetapkan sebelumnya.

Dalam penelitian ini, peneliti akan mengidentifikasi dan akan menganalisis pemanfaatan thorium untuk mendukung pertahanan negara. Maka dari itu, diperlukan perhitungan dan perbandingan, kemudian mencari seberapa besar potensi dari sebaran thorium tersebut. Sehingga dihasilkan sebuah gambaran dan peta persebaran dari lapangan yang akan diteliti yang selanjutnya akan diinterpretasikan.

3.1.2 Desain Penelitian

Pengumpulan data pada penelitian deskriptif kualitatif tidak berbeda dengan pelaksanaan penelitian kuantitatif, yaitu menyiapkan schedule penelitian, termasuk pengumpulan data di lapangan. Karena

penelitian kualitatif ini tidak membutuhkan tim peneliti atau pembantu lapangan, maka tidak membutuhkan banyak peneliti di lapangan dan juga tidak membutuhkan instrument penelitian yang ketat karena penelitian tidak membutuhkan uji coba instrument. Namun tetap membutuhkan schedule penelitian untuk mengendalikan penelitian.

Metode kualitatif ini merupakan serangkaian observasi dimana tiap observasi pada sample tergolong salah satu dari kelas eksklusif secara bersama-sama dan Sebagian dapat dinyatakan dalam angka. Data-data yang telah diperoleh diolah dengan cara merancang sistem secara terperinci agar diperoleh *alternative* pemecahan masalah alat-alat yang digunakan. Alat yang dimaksud adalah fakta yang diperoleh dan diagram yang menggambarkan hubungan antar sistem maupun data (Rizkiyani, 2014).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Dislitbangal yaitu yang berada di Jl. RS Fatmawati No.1, Pondok Labu, Jakarta. Dislitbangal merupakan lembaga penelitian dan pengembangan yang dimiliki TNI AL dalam mengembangkan/penelitian peralatan keangkatan lautan berupa persenjataan, material pendukung dan bidang manajemen serta melakukan presentasi peralatan yang akan di gunakan TNI AL.

Dalam perkembangan Dislitbangal mengalami banyak perubahan nama sejak 1961 pertama kali didirikan lembaga penelitian diberi nama LP2AL (Lembaga Penyelidikan dan Pengembangan AL) berdasarkan Surat Keputusan Menteri/Panglima Angkatan Laut nomer : Kep/KSAL 3900.1 tanggal 6 Maret 1961 kemudian berubah menjadi Ditlitbangal (Direktorat Litbang Angkatan Laut) berdasarkan Skep Menteri/Pangal nomer : 5401.29 tanggal 9 Mei 1966 dengan perkembangan teknologi dan semakin jelas peran serta lembaga

penelitian maka dibentuklah Dislitbangal (Dinas Penelitian dan Pengembangan TNI AL) berdasarkan Skep Kasal nomer : 484/III/1975 tanggal 24 Maret 1975, dengan disebutnya Dislitbangal maka tanggal 24 Maret 1975 ditetapkan sebagai hari jadi Dislitbangal.

Sudah banyak hasil karya penelitian dan pengembangan Dislitbangal dalam mengembangkan Alussista TNI AL diantaranya Sea Raider, Combat Boat, Sepatu tank PT 76, Senjata Serbu bawah Air, Sono Bouy dan masih banyak lagi dan sudah banyak yang digunakan dalam menunjang tugas operasi anggota TNI AL dalam menjalankan tugas negara. Dengan selaras perkembangan waktu diharapkan bahwa Dislitbang TNI AL menjadi pusat penelitian pengembangan alutsista TNI AL di masa yang akan datang sehingga kemandirian alustsista dapat tercapai sesuai harapan pemimpin dan bangsa indonesia.

2. Waktu Penelitian

Di bawah ini disajikan tabel *Time Schedule* dari kegiatan penelitian yang di lakukan di Dislitbangal (**Tabel 3.1**).

Tabel 3.1 *Time schedule* kegiatan penelitian di Dislitbangal

NO	KEGIATAN	2020				2021		
		AGT	SEP	OKT	NOV	DES	JAN	FEB
1	Penyusunan Draft Pra-proposal							
2	Penyusunan Draft Proposal							
3	Sidang Ujian Proposal							
4	Perbaikan proposal							
5	Pengumpulan, pengolahan dan analisa data							

6	Penyusunan Naskah Tesis							
7	Ujian Tesis							
8	Perbaikan tesis							

(Sumber: Diolah Peneliti, 2020)

3.3 Subjek dan Objek Penelitian

3.3.1 Subjek Penelitian

Menurut Arikunto (2006), subyek penelitian adalah benda, hal atau orang yang menjadi tempat data untuk variable penelitian yang melekat dan merupakan pokok dari permasalahan dalam penelitian. Subjek penelitian juga mencakup seluruh informan atau narasumber yang ditunjuk atas kapasitasnya sebagai sumber data primer dalam penelitian.

Subyek penelitian merupakan sesuatu (orang, benda, lembaga/organisasi), yang sifat keadaannya (atributnya) akan diteliti atau sesuatu yang di dalam dirinya melekat atau terkandung obyek penelitian. Subjek Penelitian yang ditentukan adalah Dislitbangal dan Balitbang Kemhan. Sesuai dengan teknik pemilihan subyek yaitu teknik penarikan sampel berdasarkan kriteria tertentu, kriteria subyek yang dipilih adalah struktural dan orang-orang *expert* yang terlibat dalam penelitian dan pengembangan material thorium sebagai power plant untuk mendukung pertahanan negara.

Subyek penelitian ini dipilih berdasarkan *purposive* dengan pertimbangan dan tujuan tertentu sesuai dengan topik yang akan diteliti. Teknik pengambilan sampel sumber data dengan pertimbangan tertentu disebut dengan *Purposive sampling*. Pertimbangan tertentu yang dimaksud adalah pertimbangan akan seseorang yang dianggap paling tahu tentang apa yang kita harapkan, atau seseorang tersebut sebagai pemangku kepentingan sehingga akan memudahkan peneliti menjelajahi obyek/situasi sosial yang diteliti (Sugiyono, 2017). Berikut adalah daftar dari subyek penelitian yang akan menjadi narasumber dalam penelitian ini:

Tabel 3.2 Subjek Penelitian

No	Jabatan	Instansi
1	Kepala Bidang Iptekhan Balitbang Kemhan	Badan Penelitian dan Pengembangan Kementrian Pertahanan (Balitbang Kemhan)
2	Peneliti Dislitbang AL bidang Alutsista Matra Laut	Dislitbangal
3	Kepala Bidang Iptek Dislitbang AL	Dislitbangal
4	Kepala Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN)	Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN)
5	Kepala Peneliti Thorium PTBGN	Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN)
6	Kepala Divisi Eksplorasi PTBGN	Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN)
7	Staff Divisi Eksplorasi PTBGN	Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN)

(Sumber: Diolah Peneliti, 2020)

3.3.2 Objek Penelitian

Menurut Spradley dalam Sugiyono (2017), obyek penelitian dalam penelitian kualitatif yang diobservasi terdiri atas tiga komponen, yaitu sebagai berikut:

- Place*, atau tempat dimana interaksi dalam situasi sosial sedang berlangsung.
- Actor*, pelaku atau orang-orang yang sedang memainkan peran tertentu.
- Activity*, atau kegiatan yang dilakukan oleh aktor dalam situasi sosial yang sedang berlangsung

Obyek penelitian adalah sifat keadaan (atribut) dari suatu benda, orang atau keadaan, yang menjadi pusat perhatian atau sasaran

penelitian. Sifat keadaan bisa berupa sifat, kuantitas dan kualitas (benda, orang dan lembaga), bisa berupa perilaku, kegiatan, pendapat, pandangan, penilaian, sikap pro-kontra, dan sebagainya. Obyek penelitian ini adalah seberapa besar potensi thorium dan efisiensi thorium sebagai power plant beserta faktor yang mempengaruhi penelitian dan pengembangan material thorium sebagai sumber energi guna mendukung pertahanan negara.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini data yang diperlukan merupakan data primer dan sekunder. Dimana data primer dalam penelitian ini dapat diperoleh pada saat penelitian di lapangan baik secara langsung dari pengamatan peneliti atau hasil dari wawancara secara langsung dengan narasumber yang kompeten dibidang yang sesuai dengan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Sedangkan data sekunder merupakan data yang dapat diperoleh melalui observasi dan dokumentasi atau studi literatur secara tertulis resmi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan khususnya mengenai seberapa besar potensi thorium dan efisiensi thorium sebagai power plant beserta faktor yang mempengaruhi penelitian dan pengembangan material thorium sebagai sumber energi guna mendukung pertahanan negara.

Peneliti dalam melakukan pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan studi literatur, wawancara, observasi dan dokumentasi. Peneliti bertindak sebagai pengumpul data dan sebagai instrumen aktif dalam upaya mengumpulkan data di lapangan. Peneliti sebagai instrumen melakukan “Validasi” terkait kesiapan melakukan penelitian sebelum terjun ke lapangan penelitian. Validasi terhadap peneliti sebagai instrumen penelitian meliputi validasi terhadap pemahaman metode penelitian kualitatif dan penguasaan mengenai obyek yang diteliti. Alat bantu dan dokumen akan digunakan untuk menunjang keabsahan hasil penelitian. Kehadiran peneliti dalam proses penelitian dan pengumpulan data menjadi salah satu tolak ukur keberhasilan untuk memahami kasus yang

diteliti, sehingga keterlibatan peneliti secara langsung dan aktif dengan informan kunci dan pendukung dan atau sumber data lainnya di sini mutlak diperlukan.

3.4.1 Studi Literatur

Peneliti menggunakan studi literatur dan penelusuran data online sebagai perbandingan data dari hasil temuan yang ditemukan. Serta dilengkapi dengan buku, jurnal, skripsi, tesis, disertasi, artikel dan sebagainya yang membahas mengenai pemanfaatan thorium. Sehingga mampu menunjang data yang dihasilkan dalam penelitian ini.

3.4.2 Wawancara

Wawancara digunakan untuk menemukan data dari partisipan yang terlibat dalam bahasan mengenai thorium, dengan demikian peneliti mengutamakan kemampuan sosialnya dalam proses wawancara untuk mendapatkan data yang lengkap dan mendalam. Pada metode wawancara, peneliti melakukan wawancara secara langsung dari sumbernya yang dilakukan dengan teknik wawancara bebas terpimpin di mana peneliti bertindak sebagai wawancara.

Hal tersebut sejalan dengan pendapat dari Bungin (2012:11) yang menyatakan bahwa pada suatu aktivitas masyarakat membutuhkan peran aktif dari pewawancara agar wawancara dapat dilaksanakan dan berjalan dengan baik pada saat melakukan wawancara mendalam. Peran pewawancara terutama dalam mengendalikan wawancara. Peran pewawancara jika wawancara dilakukan secara tersamar, maka selain melakukan dan menjaga penyamaran juga harus melakukan peliputan terhadap semua proses wawancara. Wawancara yang dilakukan Pada proses wawancara peneliti akan dilakukan dengan partisipan yang memiliki keahlian sesuai dengan bahasan yang diteliti yaitu mengenai studi pemanfaatan thorium.

3.4.3 Observasi

Dalam melakukan observasi, panca indera peneliti harus jeli dalam melihat, mendengar, merasakan kondisi saat proses penelitian, karena

penelitian kualitatif berdasarkan studi kuasi kualitatif. Pada saat melakukan observasi dengan melakukan suatu pengamatan sebuah obyek yang akan diteliti terkait thorium, maka penelitian ini peneliti akan meninjau dari berbagai sudut baik meninjau langsung, via media ataupun lainnya yang mendukung pengerjaan sistem yang dilakukan.

Pada observasi, peneliti melakukan observasi data-data sekunder pada sumber- sumber yang berhubungan dengan penelitian seperti data statistik dari perusahaan, literatur-literatur dan dokumen-dokumen terkait.

3.4.4 Dokumentasi

Dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data berupa dokumen-dokumen seperti gambar, video atau rekaman. Hasil pengumpulan data akan lebih kreadibel atau dapat dipercaya dengan menggunakan dokumentasi. Peneliti menggunakan dokumentasi pada penelitian ini sebagai penguatan dalam menghimpun data mengenai pemanfaatan thorium sebagai bukti dari apa yang didapatkan seperti pada saat mewawancarai berbagai pihak yang terlibat lalu didokumentasikan dengan menggunakan foto atau rekaman pada saat proses wawancara atau observasi. Sehingga data yang dikumpulkan akan lebih akurat dan dapat dipertanggung jawabkan.

Proses dokumentasi dilakukan selama wawancara menggunakan rekaman gambar dan suara. Hasil dari wawancara ini didapatkan data-data primer yang kemudian dianalisis kembali dalam pembahasan.

Pengumpulan data dapat dilakukan dalam berbagai sumber dan berbagai cara serta berbagai setting. Data dapat dikumpulkan pada setting alamiah (natural seting), pada laboratorium dengan metode eksperimen, di rumah dengan berbagai responden, dan lain-lain, bila dilihat dari settingnya. Sumber dan jenis data pada penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder sebagai berikut.

Data Primer

Kata-kata dan tindakan merupakan sumber data yang diperoleh dari wawancara dan. Peneliti menggunakan data ini untuk mendapatkan informasi langsung tentang analisis pemanfaatan thorium dan

pengembangan material thorium sebagai sumber energi guna mendukung logistik dan operasional alutsista matra laut beserta faktor yang mempengaruhinya. Dalam penelitian ini subjek penelitian dipilih berdasarkan teknik purposive sampling dengan kriteria subyek yang dipilih adalah struktural dan orang-orang expert yang terlibat pada program penelitian dan pengembangan.

Data Sekunder

Data kuantitatif merupakan jenis data berbentuk numerik hasil perhitungan atau membilang (data diskrit) atau data dari hasil pengukuran terhadap variabel penelitian (data kontinu). Analisis kepustakaan digunakan sebagai data sekunder penelitian. Data sekunder diperoleh dari perusahaan dan instansi terkait dapat berupa studi pustaka, jurnal resmi, publikasi dari berbagai organisasi, lampiran- lampiran dari badan-badan resmi seperti kementerian- kementerian, hasil- hasil studi, tesis, hasil survey, studi historis, dan sebagainya. Untuk memperkuat penemuan dan melengkapi informasi yang telah dikumpulkan melalui wawancara, maka peneliti menggunakan data sekunder ini. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini dapat diperoleh dari lapangan penelitian dan studi literature baik yang diperoleh dari pengamatan langsung maupun literatur dan data-data dari perusahaan terkait yang berpengaruh dalam proses perolehan data.

3.5 Pemeriksaan Keabsahan Data

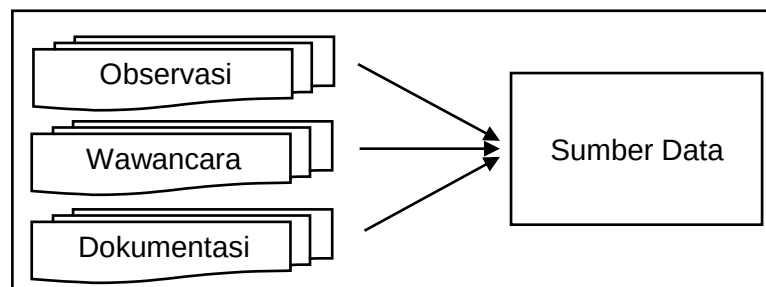
Menurut Sugiono (2017), pengujian keabsahan data menggunakan empat kriteria yaitu: kredibilitas (*credibility*), keteralihan (*transferability*), kbergantungan/reliabilitas (*dependability*), dan kepastian/dapat dikonfirmasi (*confirmability*). Selanjutnya digunakan model analisis triangulasi dalam menilai keabsahan data dalam penelitian ini. Triangulasi merupakan kombinasi dari berbagai sumber data, tenaga peneliti, teori, dan teknik metodologi dalam suatu penelitian atas gejala sosial. Menurut

Denzin (2006), metode triangulasi memiliki empat tipe yang diantaranya meliputi:

- 1) Triangulasi sumber, yaitu penggunaan beragam sumber data dalam suatu penelitian;
- 2) Triangulasi peneliti, yaitu penggunaan beberapa peneliti yang berbeda disiplin ilmunya dalam suatu penelitian;
- 3) Triangulasi teori, yaitu penggunaan sejumlah perspektif dalam menafsir satu set data;
- 4) Triangulasi teknik, yaitu penggunaan sejumlah teknik dalam suatu penelitian.

Dalam penelitian ini, analisis data akan dilakukan menggunakan dua tipe metode triangulasi yaitu triangulasi teknik dan triangulasi sumber seperti yang diterangkan pada penjelasan berikut ini:

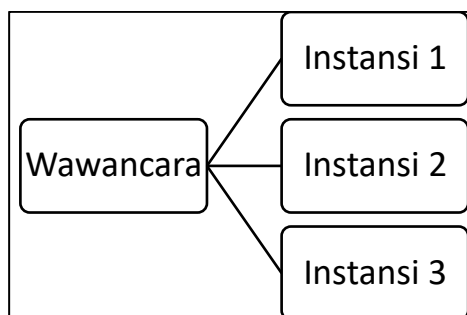
- 1) Analisis data dengan metode triangulasi teknik yaitu memanfaatkan data yang diperoleh dari hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi. Metode yang dilakukan dalam triangulasi teknik ini diperjelas dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Triangulasi Teknik

(Sumber: Sugiyono, 2017)

- 2) Analisis data dengan metode triangulasi sumber yaitu dengan mendapatkan data dari sumber yang berbeda-beda dengan teknik yang sama. Metode yang dilakukan dalam triangulasi sumber ini diterangkan lebih jelas dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Triangulasi Sumber

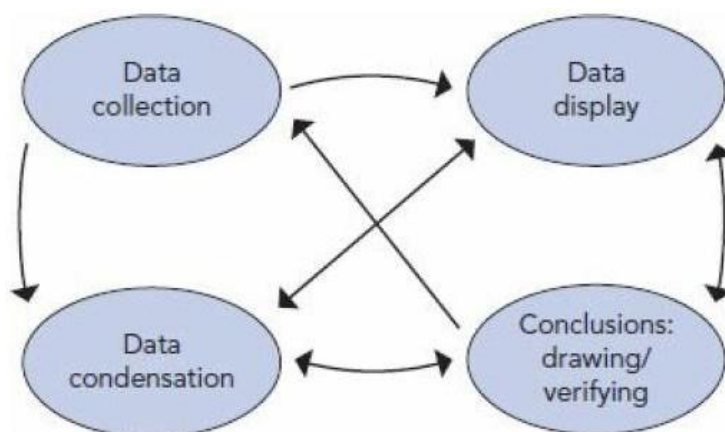
(Sumber: Sugiyono, 2017)

3.6 Teknik Analisis Data

Analisis data dimulai dengan menelaah seluruh data yang tersedia dari berbagai sumber, yaitu studi literatur, data kuantitatif dari lapangan (perusahaan) dan sebagainya. Setelah dilakukan pemrosesan data, dipelajari, dan ditelaah, langkah berikutnya ialah mengadakan reduksi data yang dilakukan dengan jalan rangkuman yang inti, proses dengan pernyataan dan output berupa peta yang perlu di analisis dan di interpretasi. Langkah selanjutnya adalah menyusunnya dalam satuan-satuan. Satuan-satuan itu dikategorisasikan pada langkah berikutnya. Kategori-kategori itu dibuat sambil melakukan koding. Tahap akhir dari analisis data ini adalah mengadakan pemeriksaan keabsahan data. Setelah tahap ini mulailah kini tahap penafsiran data dalam mengolah hasil sementara menjadi teori substantif dengan menggunakan metode tertentu.

Analisis data dilakukan dengan mendasarkan diri pada penelitian yang telah dilakukan. Pada proses analisa data harus telaah terlebih dahulu apakah pengumpulan data yang telah dilakukannya satu situs atau lebih. Kemudian dilakukan Robert K. Yin. Yin (1989) membagi tiga teknik analisis untuk studi kasus antara lain penjodohan pola, pembuatan eksplanasi, dan analisis deret waktu. Analisis data akan dilakukan dengan melakukan pengerucutan data (*data reduction*) yang dilanjutkan dengan penyajian data (*data display*) dan terakhir adalah penggambaran simpulan (*conclusion drawing*).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis studi mengenai thorium sebagai power plant. Untuk itu, data akan di analisis menggunakan teknik analisis Miles and Huberman. Analisis data kualitatif dilakukan secara interaktif dan berlangsung secara terus menerus sampai tuntas, sehingga datanya jenuh. Penelitian ini menggunakan metode analisis data model Miles dan Huberman dengan beberapa tahapan. Terdapat empat hal yang utama dalam menganalisis data menggunakan analisis Miles and Huberman yaitu; pengumpulan data, kondensasi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan sebagai sesuatu yang saling berhubungan pada saat sebelum, selama, dan sesudah pengumpulan data dalam bentuk sejajar. Skema model interaktif Miles and Huberman dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Model Analisis Interaktif Miles dan Huberman

(Sumber: Miles, Matthew B; Huberman A. Michael; Saldana Johnny)

Berdasarkan Gambar 3.3, dapat dijelaskan bahwa langkah-langkah analisis data menurut Miles dan Huberman (2014) adalah sebagai berikut.

a. Pengumpulan Data (*Data Collection*)

Pengumpulan data atau *data collection* di lokasi penelitian dengan melaksanakan observasi, wawancara, dan dokumentasi dengan menentukan strategi yang tepat dalam mengumpulkan data dan untuk menentukan fokus dan pendalaman data untuk proses pengumpulan data selanjutnya.

b. Kondensasi Data (*Data Condensation*)

Kondensasi data atau *data condensation* merujuk pada proses memilih, menyederhanakan, mengabstrakkan, dan atau mentransformasikan data yang mendekati keseluruhan bagian dari catatan-catatan lapangan secara tertulis, transkrip wawancara, dokumen-dokumen dan materi empiris lainnya.

c. Penyajian Data (*Data Display*)

Penyajian data atau data display, merupakan rangkaian organisasi informasi yang memungkinkan penelitian dilaksanakan. Data yang diperoleh dapat disajikan dengan berbagai jenis penyajian.

d. Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi (*Conclusion/ Verifying*)

Penarikan kesimpulan atau *conclusion* adalah kegiatan akhir peneliti dalam pengumpulan data, peneliti harus memahami hal yang diteliti langsung di lapangan dengan cara membuat pola-pola pengarah sesuai dengan apa yang ada di lapangan.

Langkah-Langkah Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan beberapa data yang diolah dan dianalisis antara lain sebagai berikut:

1) Persiapan dan Pengumpulan Data

Persiapan dan pengumpulan data dilakukan setelah sidang proposal dilakukan. Adapun data yang di olah berupa data statistik (data peta yang belum di olah). Data ini berasal dari lembaga terkait (Dislitbang AL, BATAN, Kemhan). Berikut dibawah ini merupakan data yang di butuhkan untuk melakukan pengolahan peta menggunakan software (ArcGis, Surfer).

Penelitian ini menggunakan beberapa data utama seperti Raw data untuk pengolahan peta.

2) Pengolahan Data

a) Pengolahan dan Input Data Raw Peta

Menginput data Raw dan memeriksa kelengkapan data lapangan yang dibutuhkan dimulai dari elevasi, penempatan posisi cebakan thorium, serta penentuan satuan parameter. Penentuan satuan parameter sangat penting agar pada proses selanjutnya perbedaan satuan tidak menjadi masalah.

3) Koreksi Data

Menghilangkan nilai *noise/null* pada nilai data Raw. Mengganti nilai pembacaan pada interval yang tidak digunakan dalam analisis terutama interval harga yang tidak valid.

Analisis Data

Dilakukan analisis terhadap data Raw untuk melihat daerah prospek yang mengandung Thorium. Analisis ini berpatokan pada zona prospek dari data *marker*, dimana pada daerah tersebut telah terbukti adanya Thorium. Analisis dilihat dari respon korelasi dari peta persebaran yang berada pada masing-masing lapangan.

Pengolahan dan Input Data Raw Peta

Pengolahan data Raw dilakukan dengan tahapan pemodelan 2D sebagai peta kedalaman, lalu melakukan interpretasi kualitatif yakni zonasi formasi dan analisis area prospek Thorium. Selanjutnya yakni melakukan perhitungan properti fisika yakni menghitung kandungan *Thorium*, *Uranium* dan *Monasit*.

Dilakukan juga perhitungan permeabilitas dan densitas sebagai data pendukung dalam interpretasi Cebakan. Akhirnya, diperoleh peta persebaran Thorium.

1) Perhitungan Statistik dan *Map Analysis*

Perhitungan statistik dilakukan untuk mendapatkan gradien korelasi antara Permeabilitas dan Densitas sebagai fungsi dalam penyebaran nilai densitas dalam peta persebaran Thorium. Korelasi yang dilakukan menggunakan metode *Product moment pearson*.

Map analysis dilakukan untuk menyebarkan properti agar peta sebaran properti di cebakan didapatkan. Analisis ini bertujuan untuk menentukan lineasi pada peta. Lineasi ini bertujuan untuk menentukan garis batas cebakan produktif pada peta.

2) Interpretasi Data

Analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif dan berdasarkan data kuantitatif yang didapatkan dari perusahaan. Penggunaan thorium sebagai bahan bakar, adalah dalam bentuk thorium oksida (berkisar 60-70%) yang dicampur dengan bahan fisil uranium (U-235) diperkaya, plutonium (Pu-239) atau U-233 yang diperoleh dari olah ulang bahan bakar thorium. Karena thorium merupakan bahan dapat biak, yang apabila menyerap neutron akan dikonversi menjadi bahan fisil (bahan dapat belah).

Oleh karena itu, penulis bertujuan untuk meneliti topik ini adalah mengetahui ketersediaan thorium untuk meningkatkan penyediaan bahan bakar nuklir. Metode yang digunakan dalam penyusunan thesis ini adalah kajian literatur dan analisis. Hasil studi diharap dapat menjadi masukan penyediaan bahan bakar nuklir, guna menyongsong pertahanan negara.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

4.1.1 Dinas Penelitian dan Pengembangan Angkatan Laut (Dislitbangal)

Lokasi peneltian yang pertama dilakukan di Dislitbangal yaitu yang berada di Jl. RS Fatmawati No.1, Pondok Labu, Jakarta. Dislitbangal merupakan lembaga penelitian dan pengembangan yang dimiliki TNI AL dalam mengembangkan/penelitian peralatan keangkatan lautan berupa persenjataan, material pendukung dan bidang manajemen serta melakukan presentasi peralatan yang akan di gunakan TNI AL.

a. Sejarah Dislitbang TNI AL

Dislitbangal merupakan lembaga penelitian dan pengembangan yang dimiliki TNI AL dalam mengembangkan/penelitian peralatan keangkatan lautan berupa persenjataan, material pendukung dan bidang manajemen serta melakukan presentasi peralatan yang akan di gunakan TNI AL.

Dalam perkembangan Dislitbangal mengalami banyak perubahan nama sejak 1961 pertama kali didirikan lembaga penelitian diberi nama LP2AL (Lembaga Penyelidikan dan Pengembangan AL) berdasarkan Surat Keputusan Menteri/Panglima Angkatan Laut nomer : Kep/KSAL 3900.1 tanggal 6 Maret 1961 kemudian berubah menjadi Ditlitbangal (Direktorat Litbang Angkatan Laut) berdasarkan Skep Menteri/Pangal nomer : 5401.29 tanggal 9 Mei 1966 dengan perkembangan teknologi dan semakin jelas peran serta lembaga penelitian maka dibentuklah Dislitbangal (Dinas Penelitian dan Pengembangan TNI AL) berdasarkan Skep Kasal nomer : 484/III/1975 tanggal 24 Maret 1975, dengan disebutnya

Dislitbangal maka tanggal 24 Maret 1975 ditetapkan sebagai hari jadi Dislitbangal.

Dislitbangal dalam mengembangkan Alusista TNI AL diantaranya Sea Raider, Combat Boat, Sepatu tank PT 76, Senjata Serbu bawah Air, Sono Bouy merupakan hasil karya penelitian dan pengembangan Dislitbangal dan masih banyak lagi dan sudah banyak yang digunakan dalam menunjang tugas operasi anggota TNI AL dalam menjalankan tugas negara.

Kemandirian alustsista dapat tercapai sesuai harapan pemimpin dan bangsa Indonesia dengan adanya selaras perkembangan waktu diharapkan bahwa Dislitbang TNI AL menjadi pusat penelitian pengembangan alutsista TNI AL di masa yang akan datang.

b. Tugas dan Fungsi Dislitbang TNI AL

Tugas

Membantu Kasal menyelenggarakan pembinaan fungsi dan pelaksana kegiatan penelitian dan pengembangan yang meliputi penelitian, pengembangan, pengujian dan evaluasi perangkat keras dan lunak serta pengkajian dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi termasuk melaksanakan presentasi, demonstrasi dan uji coba dalam rangka pembinaan kemampuan TNI Angkatan Laut. Hal itu merupakan tugas dari Dislitbangal.

Fungsi

Dislitbangal menyelenggarakan fungsi-fungsi sebagai berikut:

1. Merumuskan dan menyiapkan kebijakan Kasal dalam bidang penelitian dan pengembangan;
2. Menyusun perkiraan teknologi keangkatan lautan dalam rangka perencanaan strategik TNI Angkatan Laut di bidang penelitian dan pengembangan;
3. Mengembangkan, merumuskan, menyiapkan dan melaksanakan petunjuk-petunjuk dalam bidang penelitian dan

pengembangan perangkat keras maupun perangkat lunak serta pengkajian dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi;

4. Merekayasa suatu komponen alutsista melalui adaptasi, modifikasi dan inovasi dengan memanfaatkan pengalaman dan teknologi maju;
5. Mengawasi, mengendalikan, mengkoordinasi dan mengevaluasi program litbang di lingkungan TNI Angkatan Laut serta mengadakan koordinasi dan Kerjasama litbang dengan industri dalam negeri, lembaga pendidikan tinggi dan sesama lembaga litbang;
6. Melaksanakan presentasi, demonstrasi dan uji coba materiil dan non materiil yang ditawarkan kepada TNI Angkatan Laut. Menganalisis dan menyimpulkan hasilnya yang disahkan dengan sertifikat dan surat keterangan; dan
7. Mengajukan pertimbangan dan saran kepada Kasal khususnya mengenai hal-hal yang berhubungan dengan bidang tugasnya.

c. Bagan Organisasi Dislitbang TNI AL



Gambar 4.1 Bagan Organisasi Dislitbangal

(Sumber: Dislitbang TNI AL, 2020)

d. Penelitian

a) Subdislitbang Iptek

Tugas

Sub Dinas Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi disingkat Subdislitbang Iptek adalah unsur pelaksana Dislitbangal yang bertugas merencanakan dan melaksanakan program penelitian dan pengembangan Iptek.

Fungsi

Menyusun rencana dan program litbang bidang Iptek serta melaksanakan kegiatan litbang bidang Iptek.

Hasil-hasil penelitian dan pengembangan subdis Iptek :



Gambar 4.2 *Autonomous Underwater Vehicle (AUV)* atau Robot Otomatis Bawah Air

(Sumber: Dislitbang TNI AL, 2020)

AUV dapat mengirimkan data *payload* yaitu data-data sensor dan kamera ke *ground station center* yang berada didarat atau permukaan air, mode pengendalian AUV dengan menggunakan *remote control*.

b) Penelitian Subdislitbang Wahana

Hasil-hasil penelitian subdislitbanga wahana antara lain:

- Penelitian dan Pembuatan *Swamp Boat*

Swamp boat mampu beroperasi tanpa memerlukan dukungan mekanisme dari lingkungan, seperti air untuk pendingin, tidak memerlukan dukungan pendorong (*waterjet propulsion*), serta tidak membutuhkan kedalaman air untuk mengakomodir *propeller*. *Swamp Boat* dapat melaju di air yang amat dangkal dan keruh. Selain rawa-rawa, swamp boat juga cocok dioperasikan di danau dan sungai.



Gambar 4.3 *Swamp Boat*

(Sumber: Dislitbang TNI AL, 2020)

- Penelitian dan Pembuatan *Combat Boat*

Combat Boat merupakan kendaraan tempur yang digunakan pada operasi khusus yang dilakukan pasukan khusus seperti Den Jaka, Kopaska dan Taifib yang merupakan pasukan elit TNI AL dan sudah menjadi salah satu alutsisata yang digunakan di Lanal-Lanal.



Gambar 4.4 *Combat Boat*

(Sumber: Dislitbang TNI AL, 2020)

- Penelitian dan Pembuatan AVC

Pengangkut personel lapis baja (bahasa Inggris: *Armoured personnel carrier* atau APC) adalah kendaraan tempur lapis baja ringan yang dibuat untuk mentransportasikan infanteri di medan perang. APC biasanya hanya dipersenjatai senapan mesin, tapi varian-variannya bisa saja dipersenjatai meriam, peluru kendali anti-tank, atau mortir. Kendaraan ini sebenarnya tidak dirancang untuk melakukan pertarungan langsung, melainkan untuk membawa tentara secara aman dilindungi dari senjata ringan dan pecahan-pecahan ledakan. APC bisa menggunakan roda biasa maupun roda rantai.



Gambar 4.5 *Armoured personnel carrier*

(Sumber: Dislitbang TNI AL, 2020)

e. **Laboratorium Dislitbang TNI AL**

1) Laboratorium Induk Kimia Dan Material (Labinkimat)

Laboratorium Induk Kimia dan Material disingkat Labinkimat adalah unsur pelaksana teknis Dislitbangal dalam penelitian, pengembangan, pengujian dan evaluasi material secara kimia maupun fisika; dalam rangka menunjang kebutuhan unsur-unsur operasional dan pembinaan kemampuan TNI Angkatan Laut.

Labinkimat dipimpin oleh Kepala Labinkimat disingkat Kalabinkimat, dalam melaksanakan tugasnya bertanggung jawab kepada Kadislitbangal.

2) Laboratorium Senjata dan Amonisi

Hasil-hasil penelitian dan pengembangan Labinsen Dislitbangal:



Gambar 4.6 Contoh Hasil Penelitian Senjata dan Amunisi

(Sumber: Dislitbang TNI AL, 2020)

Laboratorium Induk Senjata disingkat Labinsen adalah unsur pelaksana teknis Dislitbangal dalam penelitian, pengujian dan pengembangan material senjata dan amunisi, dalam rangka menunjang kebutuhan unsur-unsur operasional dan pembinaan kemampuan TNI Angkatan Laut.

Labinsen dipimpin oleh Kepala Labinsen disingkat Kalabinsen, dalam melaksanakan tugasnya bertanggung jawab kepada Kadislitbangal.

4.1.2 Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertahanan RI (Balitbang Kemhan RI)

Lokasi penelitian yang kedua dilakukan di Balitbang Kemhan RI yaitu yang berada di Jl. Jati No. 1 Pondok Labu Jakarta Selatan 12450 Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Telp: (021) 7502086 Fax. (021) 7504466. Kabalitbang Kementerian Pertahanan RI adalah Dr. Ir. Anne Kusmayati, M.Sc.

a. Sejarah Balitbang Kemhan RI

Sejarah Singkat Balitbang Kemhan

Pemerintah mengeluarkan surat keputusan Presiden RI No. 132 tahun 1967 tanggal 24 agustus 1967 tentang pokok-pokok Organisasi dan Prosedur Bidang Pertahanan Keamanan. Dalam Keputusan itu Organisasi ABRI dibagi atas dua tingkat, yaitu tingkat departemen dan angkatan. Pemegang kekuasaan

tertinggi Angkatan Bersenjata dan pimpinan Hankamnas adalah Presiden dibantu oleh Menteri Pertahanan Keamanan/ Panglima Angkatan Bersenjata.

Disamping membawahi Angkatan, Menhankam/ Pangab juga membawahi komando utama operasional Hankam/ABRI. Badan Pelaksana/ Pembina Utama Hankam ada dua macam ialah sebagai Komando/ Lembaga Utama dan sebagai Badan Pelaksana Pusat ABRI. Yang berkedudukan sebagai Badan Pelaksana Pusat ABRI salah satunya adalah ***Lembaga Penelitian dan Pengembangan Hankam (Lalitbang Hankam)***.

Organisasi ABRI berdasarkan Keppres RI No. 132 tahun 1967 dianggap belum berhasil menciptakan organisasi yang kompak. Pada tanggal 4 oktober 1969 dikeluarkan surat keputusan Presiden RI No. 79 tahun 1969 yang menyatakan bahwa ABRI merupakan unsur organik Departemen Hankam dan inti kekuatan Hankamnas. Selain Eselon Angkatan, juga dibantu oleh Eselon pelaksana pusat diantaranya adalah ***Pusat Penelitian dan Pengembangan(Puslitbang)***.

Tanggal 18 Februari 1974 dikeluarkan Keputusan Presiden RI No. 7 tahun 1974 yang menyebutkan bahwa fungsi Hankamnas pada dasarnya diselenggarakan oleh Departemen Pertahanan Keamanan (Dephankam). Eselon yang ada adalah Eselon staf, Eselon Pelayanan, Eselon Markas Besar Angkatan dan Kepolisian dan Eselon Pelaksana Pusat. Salah satu organisasi dalam Eselon Pelaksana Pusat adalah ***Pusat Penelitian dan Pengembangan Hankam (Puslitbang Hankam)***.

Undang- Undang Nomor 20/1982 tentang Pokok-Pokok Pertahanan Keamanan Negara, telah mengubah struktur organisasi Dephankam/ABRI yaitu dengan dilikuidasinya beberapa Kodam dan satuan setingkat komando lainnya dan dibentuknya Dephankam. Salah satu Badan yang dibentuk di

lingkungan Dephankam adalah **Badan Penelitian dan Pengembangan Industri dan Teknologi (BPPIT)** sesuai Keputusan Menhankam Nomor 05/M/X/1983 tanggal 5 oktober 1983. Pada saat itu personel yang mengawaki BPPIT Dephankam sebagian besar berasal dari Puslitbang Hankam dan Biro Pullahta Setjen Dephankam (kini Pusdatin Kemhan).

Memasuki era kabinet Pembangunan VII (1997) telah terjadi penyatuan kembali antara Dephankam dan Mabes ABRI dibawah satu pimpinan yaitu Menhankam/Pangab.

Sesuai Keputusan Presiden RI Nomor 355/M, tahun 1999 tanggal 26 Oktober 1999 tentang Pembentukan Kabinet Periode 1999-2004, jabatan Menhankam/Pangab dipisah kembali menjadi Departemen Pertahanan (tanpa Keamanan) dan Mabes ABRI. BPPIT Dephankam berubah pula menjadi BPPIT Dephan.

Seiring dengan laju dinamika organisasi, maka turunlah Keputusan Menhan Nomor: Kep/19/M/XII/2000 dan Kep/20/M/XII/2000, tanggal 29 Desember 2000, tentang organisasi dan tata kerja Departemen Pertahanan, dimana BPPIT Dephan berubah menjadi **Balitbang Dephan**.

Berdasar Peraturan Presiden Nomor 47 tahun 2009 semua istilah departemen, kantor menteri negara dan kantor menteri koordinator menjadi Kementerian Negara. Dengan demikian Balitbang Dephan juga mengalami perubahan nomenklatur menjadi **Balitbang Kemhan**.

Dari hasil penelusuran sejarah singkat Balitbang Kemhan dapat disimpulkan bahwa Balitbang Kemhan sudah mulai terbentuk pada tanggal 24 agustus 1967 dengan nama **Lembaga Penelitian dan Pengembangan Hankam (Lalitbang Hankam)**.

Sejarah Kepala Balitbang Kemhan RI

Berdasarkan Keputusan Menhankam Nomor: KEP/05/M/X/1983 tanggal 5 Oktober 1983 tentang Organisasi

dan Tata Kerja Departemen Pertahanan Keamanan, antara lain pembentukan Badan Pengkajian dan Pengembangan Industri dan Teknologi, Departemen Pertahanan Keamanan disingkat BPPIT Dephankam. Pejabat Kepala BPPIT Dephankam periode pertama adalah Brigjen TNI Hardijono – masa bakti 01 Oktober 1983 s/d 31 Maret 1988.

Kemudian periode kedua BPPIT Dephankam dipimpin oleh Brigjen TNI Ir. Suratman, MBA – masa bakti 1 April 1988 s/d 30 Nopember 1992.

Periode ketiga BPPIT Dephankam dipimpin oleh Brigjen TNI Ir. Gunadi – masa bakti 01 Desember 1992 s/d 31 Januari 1997.

Periode keempat BPPIT Dephankam dipimpin oleh Mayjen TNI I.G.N. Arsana, SE, MM. – masa bakti 01 Pebruari 1997 s/d 31 Desember 1998.

Periode kelima BPPIT Dephankam dipimpin oleh Mayjen TNI Soemarno, SIP – masa bakti 01 Januari 1999 s/d 13 Pebruari 2001. Sehubungan dengan pemisahan Polri dari TNI, maka Dephankam diubah namanya menjadi Dephan dan BPPIT Dephankam menjadi BPPIT Dephan.

Selanjutnya periode keenam di era reformasi dan sebagai pelaksanaan Keppres RI Nomor 147 Tahun 1999 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Susunan Organisasi dan Tata Kerja Departemen sebagaimana diubah dengan Keppres RI Nomor 165 Tahun 2000, tentang Organisasi dan Tata Kerja Departemen Pertahanan, maka Dephan melakukan penataan kembali organisasi (reorganisasi) berdasarkan Kepmen Nomor: Kep/19/M/XII/ 2000 tanggal 29 Desember 2000 tentang Susunan Organisasi dan Tata Kerja Departemen Pertahanan. Maka BPPIT Dephan diganti namanya menjadi Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertahanan (Balitbang Dephan).

Organisasi baru Balitbang Dephan dipimpin oleh DR. H. Soefjan Tsauri, MSc, APU, mulai menjabat pada tanggal 13 Pebruari 2001. Balitbang Dephan dengan susunan organisasi, tugas pokok dan fungsi yang baru dan dengan semangat untuk

mengubah anekdot bahwa “litbang adalah sulit berkembang” menjadi “litbang adalah elit yang patut dibanggakan”.

Periode ketujuh Balitbang Dephan dipimpin oleh Prof. Ir. Lilik Hendrajaya, MSc, PhD.

Periode kedelapan Balitbang Kemhan dipimpin oleh Dr. Ir. Pos M Hutabarat. M.A.

Periode kesembilan Balitbang Kemhan dipimpin oleh Prof. Dr. Ir. Eddy S Siradj, Msc

Periode kesepuluh Balitbang Kemhan dipimpin oleh Dr. Anne Kusmayati

Periode kesepuluh atau periode saat ini, Balitbang Kemhan dipimpin oleh Marsda TNI Julexi Tambayong.

b. Struktur Organisasi Balitbang Kemhan RI

1) Puslitbang Alpalhan

KAPUSLITBANG ALPALHAN BALITBANG KEMHAN

Brigjen TNI Rosidin, M.Si. (Han).

TUGAS POKOK

Melaksanakan dan mensinergikan penelitian, pengkajian dan pengembangan di bidang alat peralatan utama matra darat, laut dan udara yang mengarah ke prototipe dan produksi

FUNGSI

1. Perencanaan, perumusan, sinergitas dan pelaksanaan penelitian, pengkajian dan pengembangan di bidang alat peralatan utama matra darat, laut dan udara;
2. Pelaksanaan pengendalian, evaluasi dan laporan penelitian, pengkajian dan pengembangan di bidang alat peralatan utama matra darat, laut dan udara serta memberikan rekomendasi;
3. Pemberian pelayanan penelitian, pengkajian dan pengembangan serta informasi ilmiah di bidang

pengembangan alat peralatan utama matra darat, laut dan udara;

4. Pelaksanaan kerjasama penelitian dan pengembangan dengan Badan Litbang Angkatan sesuai matra;
5. Pembinaan kelompok jabatan fungsional peneliti dan perekayasa di lingkungan Pusat; dan
6. Pengelolaan ketatausahaan dan kerumahtanggaan Pusat.



Gambar 4.7 Bagan Struktur Organisasi Puslitbang Alpalhan
(Sumber: Balitbang Kemhan, 2020)

2) Puslitbang Sumdahan

KAPUSLITBANG SUMDAHAN BALITBANG KEMHAN

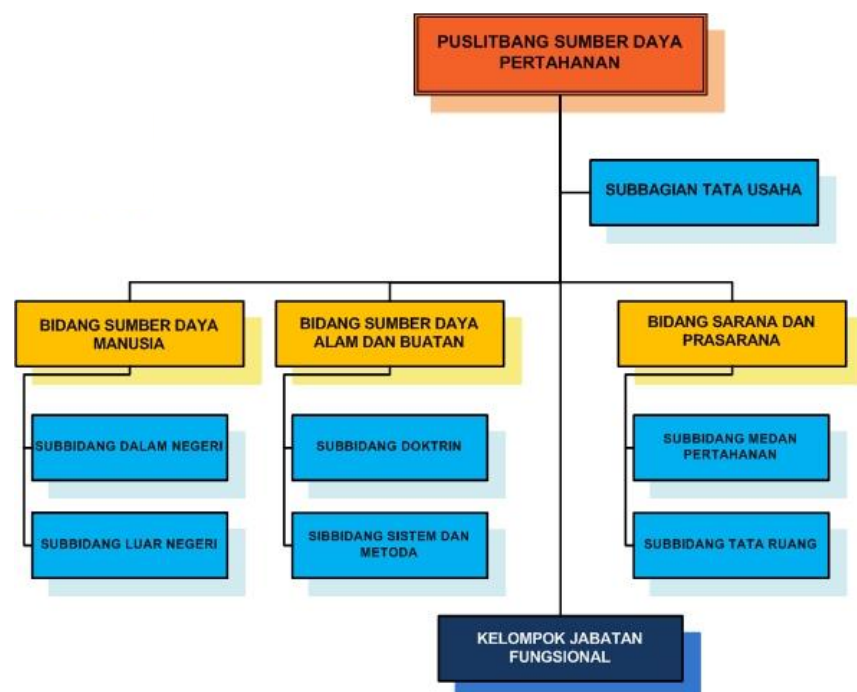
Kolonel Cpl Hezron Herman H.S., SIP.

TUGAS POKOK

Melaksanakan penelitian, pengkajian dan pengembangan di bidang sumber daya pertahanan

FUNGSI

1. Perencanaan, perumusan dan pelaksanaan penelitian, pengkajian dan pengembangan di bidang sumber daya manusia, sumber daya alam dan buatan serta sarana dan prasarana pertahanan;
2. Pelaksanaan pengendalian, evaluasi dan laporan penelitian, pengkajian dan pengembangan di bidang sumber daya manusia, sumber daya alam dan buatan serta sarana dan prasarana pertahanan, serta memberikan rekomendasi;
3. Pemberian pelayanan penelitian, pengkajian dan pengembangan, informasi ilmiah di bidang sumber daya manusia, sumber daya alam dan buatan serta sarana dan prasarana pertahanan;
4. Pembinaan kelompok jabatan fungsional peneliti di lingkungan Pusat; dan
5. Pengelolaan Ketatausahaan dan kerumahtanggaan Pusat.



Gambar 4.8 Bagan Struktur Organisasi Puslitbang Sumdahan

(Sumber: Balitbang Kemhan, 2020)

3) Puslitbang Iptekhan

KAPUSLITBANG IPTEKHAN BALITBANG KEMHAN

Marsekal Pertama TNI Bambang Wijanarko, SE., ST.,
M.SI (Han)

TUGAS POKOK

Melaksanakan penelitian, pengkajian dan pengembangan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi pertahanan yang bersifat riset dasar dan difusi teknologi serta melaksanakan presentasi, demonstrasi, materiil dan atau jasa, dalam rangka pengadaan alat peralatan pertahanan dan transfer teknologi

FUNGSI

1. Perencanaan, perumusan dan pelaksanaan penelitian, pengkajian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pertahanan di bidang daya gerak, daya tempur, perbekalan dan komunikasi serta elektronika;
2. Pelaksanaan pengendalian, evaluasi dan laporan penelitian, pengkajian dan pengembangan di bidang daya gerak, daya tempur, perbekalan dan komunikasi serta elektronika, serta memberikan rekomendasi;
3. Pemberian pelayanan penelitian, pengkajian dan pengembangan serta informasi ilmiah di bidang daya gerak, daya tempur, perbekalan dan komunikasi serta elektronika;
4. Pelaksanaan presentasi, demonstrasi dan uji coba materiil dan atau jasa, dalam rangka pengadaan alat peralatan pertahanan dan transfer teknologi;
5. Pembinaan kelompok jabatan fungsional peneliti di lingkungan Pusat; dan
6. Pengelolaan ketatausahaan dan kerumahtanggaan Pusat.



Gambar 4.9 Bagan Struktur Organisasi Puslitbang Iptekhan

(Sumber: Balitbang Kemhan, 2020)

4.1.3 Badan Tenaga Nuklir Indonesia (BATAN)

a. Kedudukan, Tugas Pokok dan Fungsi

Tugas pokok BATAN sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 46 Tahun 2013 adalah melaksanakan tugas pemerintahan di bidang penelitian, pengembangan dan pendayagunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir sesuai dengan ketentuan peraturan perundangundangan. Penelitian, pengembangan dan pendayagunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir di Indonesia hanya diarahkan untuk tujuan damai dan sebesar-besarnya untuk kesejahteraan rakyat Indonesia.

Komitmen ini secara tegas dilaksanakan oleh Pemerintah Indonesia dengan meratifikasi Traktat Pencegahan Penyebaran Senjata Nuklir dengan Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1978, dan meratifikasi Traktat mengenai Kawasan Asia Tenggara Bebas dari Senjata Nuklir dengan Undang-Undang Nomor 9 Tahun 1997.

Kemudian sesuai dengan Pasal 3 Peraturan Presiden Nomor 46 Tahun 2013, dalam melaksanakan tugasnya tersebut BATAN menyelenggarakan fungsi:

1. Pengkajian dan penyusunan kebijakan nasional di bidang penelitian, pengembangan dan pendayagunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir;
2. Koordinasi kegiatan fungsional dalam pelaksanaan tugas BATAN;
3. Pelaksanaan penelitian, pengembangan dan pendayagunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir;
4. Fasilitasi dan pembinaan terhadap kegiatan instansi pemerintah dan lembaga lain di bidang penelitian, pengembangan dan pendayagunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir;
5. Pelaksanaan pembinaan dan pemberian dukungan administrasi kepada seluruh unit organisasi di lingkungan BATAN;
6. Pelaksanaan pengelolaan standardisasi dan jaminan mutu nuklir;
7. Pembinaan pendidikan dan pelatihan;
8. Pengawasan atas pelaksanaan tugas BATAN; dan
9. Penyampaian laporan, saran, dan pertimbangan di bidang penelitian, pengembangan, dan pendayagunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir.

b. Kedudukan, Tugas Pokok dan Fungsi

Visi

BATAN Unggul di Tingkat Regional, Berperan dalam Percepatan Kesejahteraan Menuju Kemandirian Bangsa

Misi

1. Merumuskan kebijakan dan strategi nasional iptek nuklir
2. Mengembangkan iptek nuklir yang handal, berkelanjutan dan bermanfaat bagi masyarakat
3. Memperkuat peran BATAN sebagai pemimpin di tingkat regional, dan berperan aktif secara internasional
4. Melaksanakan layanan prima pemanfaatan iptek nuklir demi kepuasan pemangku kepentingan
5. Melaksanakan diseminasi iptek nuklir dengan menekankan pada asas kemanfaatan, keselamatan dan keamanan

Tujuan

Tujuan pembangunan iptek nuklir adalah memberikan dukungan nyata dalam pembangunan nasional dengan peran

- Meningkatkan hasil litbang energi nuklir, isotop dan radiasi, dan pemanfaatan/pendayagunaanya oleh masyarakat dalam mendukung program pembangunan nasional
- Meningkatkan kinerja manajemen kelembagaan dan penguatan sistem inovasi dalam rangka mendukung penelitian, pengembangan dan penerapan energi nuklir, isotop dan radiasi

Sasaran

Sasaran pembangunan iptek nuklir yang ingin dicapai adalah:

- Peningkatan hasil litbang enisora berupa bibit unggul tanaman pangan, tersedianya insfrastruktur dasar pembangunan PLTN, pemahaman masyarakat terhadap teknologi nuklir, pemanfaatan aplikasi teknologi isotop dan radiasi untuk kesehatan; dan

- Peningkatan kinerja manajemen kelembagaan dan penguatan sistem inovasi meliputi kelembagaan iptek, sumber daya iptek dan penguatan jejaring iptek dalam rangka mendukung pemanfaatan hasil penelitian, pengembangan dan penerapan energi nuklir, isotop dan radiasi di masyarakat

c. Sejarah Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir

Pada awalnya PTBGN merupakan suatu proyek di bawah Lembaga Tenaga Atom berdasarkan Kepres No. 225 Tahun 1963 dengan nama proyek adalah Proyek Bahan-bahan Tenaga Atom yang berkantor di Pasar Jumat. Kemudian pada tanggal 20 April 1964 keluar SK Dirjen LTA no. UP. 10/5/12 tentang pengangkatan Ir. Corputy menjadi Kepala Proyek Survey Geologi/Eksplorasi pada Bahan-bahan Tenaga Atom, Lembaga Tenaga Atom mulai 1 Mei 1963. Pada tahun 1968 keluar Kepres RI No. 299 tahun 1968 tentang unsur-unsur pelaksana BATAN yang salah satunya adalah Direktorat Survey Geologi (DSG). Untuk kelancaran tugas BATAN dipandang perlu menyempurnakan organisasi DSG sesuai dengan perkembangannya, maka surat keputusan DIRJEN BATAN No. 27/DD/VII/1969 tanggal 12 Juli 1969 ditetapkan struktur organisasi serta tugas kewajiban para pejabat DSG.

DSG telah beberapa kali mengalami perubahan nama sesuai dengan perkembangan dan tuntutan kebutuhan perkembangan bahan galian nuklir. Perubahan nama DSG antara lain: Pusat Eksplorasi Pengolahan Bahan Nuklir (PEPBN) tahun 1980, Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir (PPBGN) tahun 1986, Pusat Pengembangan Bahan Galian dan Geologi Nuklir (P2BGGN) tahun 2003, Pusat Pengembangan Geologi Nuklir (PPGN) tahun 2005, dan tahun 2013 hingga saat ini menjadi Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN). Berdasarkan uraian tentang berbagai Keputusan Presiden Republik Indonesia dan Keputusan Direktur Jenderal BATAN No. 27/DD/VII/1969

tanggal 12 juli 1969 disepakati sebagai hari kelahiran direktorat survey geologi (dsg), sehingga tanggal 12 juli merupakan hari ulang tahun PTBGN.

d. Tentang PTBGN

PTBGN adalah merupakan salah satu unit di lingkungan Badan Tenaga Nuklir Nasional di bawah Deputy Bidang Teknologi Energi Nuklir (TEN) dengan tugas pokok melaksanakan perumusan dan pengendalian kebijakan teknis, pelaksanaan, dan pembinaan dan bimbingan di bidang pengembangan teknologi eksplorasi, penambangan dan pengolahan bahan galian nuklir.

Latar Belakang

PTBGN terletak dikawasan Pusat Penelitian Tenaga Nuklir (PPTN) Ps. Jumat, Jakarta Selatan. Kegiatan litbang mulai dilakukan di Jawa tahun 1963 dan dalam perkembangannya selanjutnya litbang tersebut diperluas di Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, dan Irian Jaya. Disamping itu untuk meningkatkan peranannya dalam masyarakat, PTBGN melakukan kerjasama dengan instansi lain yaitu instansi pemerintah atau swasta dalam bidang pemanfaatan teknologi nuklir untuk pencarian sumber air tanah di beberapa daerah yang sulit air.

e. Visi dan Misi PTBGN

Visi

Rencana Strategis PTBGN (2015 – 2019) "Peningkatan teknologi eksplorasi, penambangan dan pengolahan Bahan Galian Nuklir (BGN) bagi kesejahteraan masyarakat"

Misi

Rencana Strategis Misi PTBGN (2015-2019)

1. Melaksanakan eksplorasi BGN

2. Meningkatkan pengembangan teknologi litbang penambangan dan pengolahan BGN
3. Melaksanakan pemantauan keselamatan kerja dan pengelolaan instalasi penambangan
4. Melaksanakan jaminan mutu
5. Melaksanakan pengamanan nuklir
6. Melaksanakan tugas lain yang diberikan oleh Deputi Bidang TEN

4.1.4 Gambaran Informan

Sebelum Peneliti mendeskripsikan hasil analisis mengenai fenomena pemanfaatan thorium sebagai power plant guna mendukung pertahanan negara, Peneliti akan menyampaikan data informan. Pada penelitian ini informan diperoleh sebanyak 7 orang, dimana 3 diantaranya merupakan informan kunci dan 4 lainnya adalah informan pendukung. Berikut data informan secara umum pada penelitian ini:

Tabel 4.1 Data Informan Penelitian

No	Nama Informan	Jenis Kelamin	Jabatan	Keterangan
1	Bapak Hevry	Laki Laki	Staff Iptekhan Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertahanan (BALITBANG KEMHAN)	Informan Kunci - Pemanfaatan Thorium untuk Power Plant guna mendukung pertahanan dan kemanan negara -Persebaran Thorium -Skema Pemanfaatan Thorium
2	Bapak Anwar	Laki-Laki	Anggota Subdislitbang Iptek Dinas Penelitian dan Pengembangan Angkatan Laut (DISLITBANGAL)	

3	Bapak Suprpto	Laki-Laki	Anggota Tata Usaha Dinas Penelitian dan Pengembangan Angkatan Laut (DISLITBANGAL)	
4	Bapak Yarianto	Laki-laki	Kepala Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN)	
5	Ibu Erlan	Perempuan	Kepala Peneliti Thorium PTBGN	
6	Bapak Syaeful	Laki-Laki	Kepala Divisi Eksplorasi PTBGN	
7	Bapak Tommy	Laki-Laki	Staff Divisi Eksplorasi PTBGN	

(Sumber: Diolah Peneliti, 2020)

Informan kunci pada penelitian ini merupakan informan yang berkaitan secara langsung dan mengetahui berbagai informasi mengenai objek penelitian, yang dalam hal ini adalah staff Balitbang Kemhan, staff Dislitbang TNI AL dan staff BATAN, serta beberapa diantaranya yang pernah mengetahui pemanfaatan thorium. Sedangkan informan kunci dan pendukung pada penelitian ini merupakan informan yang digunakan untuk mendukung pernyataan yang disampaikan informan kunci serta memperjelas data yang didapatkan, yang mana dalam penelitian ini adalah seorang staaf ahli BATAN yang memahami pemanfaatan thorium sebagai *power plant* guna mendukung pertahanan negara.

4.2 Hasil Penelitian

4.2.1 Pemanfaatan Thorium di Indonesia Sebagai Sumber Energi

4.2.1.1 Pemanfaatan dan Sumber Energi

Penggunaan thorium untuk bahan bakar pembangkit listrik membuka peluang pemanfaatan produk sampingan dari penambangan bijih timah. Djarot S Whisnubroto, Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), mengatakan Thorcon adalah

perusahaan yang berbasis di Amerika Serikat yang ingin membangun pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) dengan bahan bakar utamanya thorium, di Indonesia.

Energi merupakan salah satu kebutuhan yang tidak bisa lepas dari kehidupan sehari-hari termasuk dalam kehidupan berbangsa dan bernegara. Pertumbuhan ekonomi dan pembangunan suatu negara akan dipengaruhi oleh gangguan pasokan energi secara langsung. Tiap negara memiliki strategi energi khusus untuk mengamankan pembangunan nasionalnya termasuk daya dukungnya dalam konteks pertahanan negara. Strategi energi Indonesia terdapat pada Undang-Undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi pasal 2 yaitu strategi pengelolaan energi yang pada prinsipnya didasarkan pada asas-asas manfaat, nasionalitas, efisiensi yang setara, nilai tambah ekonomi, keberlanjutan, kesejahteraan masyarakat, pelestarian lingkungan, keamanan nasional, dan integritas. Penyelenggaraan kegiatan penyediaan, pengusahaan, dan pemanfaatan energi serta penyediaan cadangan strategis dan konservasi sumber daya energi dari hulu hingga ke hilir seperti yang tercantum pada pasal 1 yaitu Pengelolaan energi seperti.

Sumber daya energi tak terbarukan yang akan habis jika dieksploitasi secara terus menerus, antara lain minyak bumi, gas bumi, batubara, gambut, dan serpih bitumen merupakan Pengelolaan energi di sisi penyediaan. Pengelolaan juga memanfaatkan sumber daya Energi Terbarukan (ET) yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut serta sumber energi baru yang dapat dihasilkan oleh teknologi baik yang berasal dari sumber energi tak terbarukan maupun sumber energi terbarukan, antara lain nuklir, *hydrogen*, gas metana batu bara (*coal bed methane*), batu

bara tercairkan (*liquefied coal*), dan batubara tergaskan (*gasifiedcoal*). Tujuan pengelolaan energi untuk mendukung pembangunan nasional baik sebagai bahan baku industri maupun sebagai bahan bakar secara berkelanjutan sehingga menjamin penyediaan dan pemanfaatan energi untuk generasi sekarang dan yang akan datang (Yandri, Ariati & Ibrahim, 2018).

Teori tiga dimensi trilemma energi pada penelitian ini digunakan dalam memetakan potensi Thorium sebagai sumber energi alternatif. Potensi Thorium dipetakan dan dibandingkan dengan sumber energi lain yang biasa digunakan dalam mendukung operasional alutsista matra laut. Kelebihan maupun kelemahan Thorium sebagai sumber energi dapat diketahui dengan jelas menggunakan indikator trilemma energi tersebut sehingga dapat diketahui potensi Thorium serta rekomendasi dalam strategi pengembangannya. Thorium sendiri masih tergolong baru. Informasi ini disampaikan oleh Bapak Yarianto selaku staff BATAN

“Sumber daya hipotetik atau spekulatik didapatkan dari analogi saja atau hanya diatas kertas saja. Misal jika keadaan buminya seperti ini maka eksplorasi yang bisa dilakukan seperti apa. Jika sudah dilakukan survei dan masih terbatas maka sumber dayanya sudah terekam. Jika sudah dilakukan pemboran secara massive dengan jarak sekitar 10 meteran dengan memasukkan ilmu geofisika maka itu sudah bisa dikatakan terukur jika dipresentasekan 90%. Setelah terukur kemudian dilakukan studi kelayakan. Bisakah jika ditambang memenuhi nilai ekonomi, antara nilai produksi dan penjualan apakah bisa tercover. Nah itu lah yang dinamakan sumber daya cadangan. Kalau cadangan belum siap diambil. Nah kita emang perlu tanya ya

hipettik tadi sebelum sampai di kegiatan perekam. Kalau thorium memang masih tergolong baru”

(Wawancara, 07 November 2020)

Berdasarkan wawancara tersebut Thorium masih termasuk energi yang belum sepenuhnya bisa dimanfaatkan keberadaannya di Indonesia. Indonesia sendiri memiliki Logam Tanah Jarang (LTJ) atau *Rare Earth Element* merupakan 17 unsur tambang paling langka yang ada di muka bumi. Karena tingkat konsentrasi endapannya yang rendah, sehingga keberadaannya kerap tersebar secara acak di permukaan bumi, tidak seperti unsur atau mineral tambang lainnya seperti nikel, timah dan emas maka, unsur-unsur ini menjadi sulit didapatkan.

LTJ kerap ditemukan sebagai material bawaan pada material tambang tertentu. Salah satu contohnya adalah Thorium (Th) yang sering ditemukan pada galian timah di Kepulauan Bangka dan Belitung. Thorium adalah salah satu LTJ yang memiliki potensi sebagai bahan pembangkit tenaga listrik bertenaga nuklir dan tergolong unsur radioaktif. Bahkan, pengolahan thorium diklaim jauh lebih bersih dari pada listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik lain, seperti PLTU atau PLTG dari segi energi listrik yang dihasilkan. Mineral monasit yang berasosiasi dengan endapan timah inilah yang berbentuk Thorium dan banyak dijumpai di Indonesia. Mengingat tambang timah terbesar di Indonesia terdapat di Kepulauan Babel, maka anggapan bahwa Babel memiliki cadangan thorium dalam jumlah besar tampaknya cukup menjanjikan untuk diuji.

Kadar thorium yang terdapat dalam endapan monasit dapat mencapai 4,738% hal disebutkan oleh Situs jejaring BATAN. Saat ini, jumlah cadangan thorium dunia diperkirakan mencapai 6.355.000 ton. India menempati posisi teratas dengan

cadangan sebesar 846.000 ton dari 16 negara di dunia yang memiliki cadangan thorium tinggi, Saat ini, BATAN sudah memiliki teknologi pemisahan thorium dari mineral monasit termasuk teknologi pengolahan bijih thorium. Terdapat cadangan thorium hingga sebesar 130.974 ton di tanah air, ditambah 74.397 ton cadangan uranium hal ini tercatat dari data penelitian tahun 2015. Selain di Kepulauan Babel, potensi thorium Indonesia juga terdapat di Pulau Singkep, Kalimantan Barat dan Mamuju.

Dalam satu dekade terakhir, potensi energi baru dan terbarukan (EBT) kerap menyedot perhatian pemimpin-pemimpin dunia. Salah satu jalan untuk mengurangi emisi carbon adalah dengan beralih ke penggunaan EBT yang lebih ramah lingkungan. Karena, emisi karbon yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil mulai dipandang sebagai sesuatu yang harus ditekan semaksimal mungkin.

Pemerintah Babel sudah mulai melakukan perencanaan pembangunan Pembangkit Listrik tenaga Thorium (PLTT) hal ini dinyatakan oleh, Gubernur Kepulauan Babel, Erzaldi Rosman pada Juli lalu. Mereka bahkan telah menjalin kerjasama dengan ThorCon International Pte. Ltd dan bersiap menandatangani nota kesepahaman. Masuknya ThorCon ke dalam usaha pengelolaan thorium di Babel disertai dengan surat rekomendasi dari Menko Kemaritiman dan Investasi Indonesia, Luhut Binsar Panjaitan.

Saat ini pengelolaan PLTN, termasuk yang ditenagai dengan thorium sudah memperoleh lampu hijau dari pemerintah, hal ini dikatakan oleh Bob S. Effendi, CEO ThorCon International. Hal tersebut tampak pada regulasi-regulasi pemerintah, antara lain Kepmen 39K/20/MEM/2019 (persiapan pembangunan PLTN) dan Perpres No.18 tahun 2020-RPJMN 2020-2024 (Pembangunan PLTN paska 2024, periode 2020-2024 dimulai dengan beberapa kajian). Secara teoritis, teknologi

ThorCon MSR memiliki tingkat keselamatan yang tinggi, hal ini disimpulkan oleh banyak ahli nuklir.

Lebih lanjut, jika potensi thorium Babel benar-benar dapat dikelola dengan baik menjadi PLTT, maka tarif listrik di wilayah Babel yang ditenagai oleh PLTT juga dapat diturunkan. ThorCon berencana mengembangkan dan membangun PLTT bertenaga 500 MW tanpa bantuan APBN, kemudian menjual listrik kepada PLN dengan kisaran harga yang kompetitif dengan listrik hasil PLTU. Dengan pasokan thorium langsung dari PT. Timah, biaya produksi listrik tersebut dinilai akan jauh lebih terjangkau daripada memproduksi listrik dengan PLTU yang menggunakan batubara.

Di Indonesia deposit Thorium pada umumnya ditemukan pada asosiasi granit. sehingga mayoritas endapan Thorium ditemukan pada jalur timah. Secara umum terdapat 3 (tiga) jenis monasit dengan perbedaan komposisi yang tidak selalu mengandung unsur radioaktif seperti thorium atau uranium, yaitu: monasit- (Ce) dengan formula $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th}, \text{Y})\text{PO}_4$, monasit-(La) dengan formula $(\text{La}, \text{Ce}, \text{Nd})\text{PO}_4$, dan monasit-(Nd) dengan formula $(\text{Nd}, \text{La}, \text{Ce})\text{PO}_4$. Cebakan monasit primer terbentuk melalui beberapa fase, yaitu pertama fase *pneumatolitik*, selanjutnya fase kontak *pneumatolitik-hidrotermal* tinggi dan fase terakhir adalah hipotermal-mesotermal. Fase yang terakhir ini merupakan fase terpenting dalam penambangan karena mempunyai arti ekonomis dimana larutan yang mengandung timah dan monasit dengan komponen utama silika (SiO_2) mengisi perangkap pada jalur sesar, kekar, dan zona lemah lainnya.

Pemetaan potensi thorium sendiri, BATAN membutuhkan anggaran dana sebesar Rp. 3 miliar per tahun. Penelitian thorium hingga siap digunakan kemungkinan akan menelan biaya hingga USD299 juta (sekitar Rp.4,35 triliun). Setelah pemetaan potensi, masih perlu dilakukan kajian lebih dalam lagi pada berbagai

segmen, mulai dari pembangunan teknologi pengelolaan thorium hingga uji kelayakan proyek pembangunan PLTT. BATAN meramalkan jika Indonesia akan membutuhkan waktu setidaknya 30 tahun sebelum benar-benar bisa mengelola PLTT secara komersial.

Penggunaan thorium sebagai alternatif sumber energi sudah dikaji oleh banyak negara di dunia dalam 50 tahun terakhir, termasuk Amerika Serikat, Jerman, India, Jepang, Tiongkok, Belanda, Norwegia dan lain-lain. Beberapa negara tersebut bahkan sempat berhasil menggunakan energi dari hasil pembakaran thorium, tetapi tidak berlangsung lama, biasanya karena masalah teknis atau keterbatasan teknologi yang ada pada masanya. Pengelolaan thorium sebagai alternatif energi di dunia pun mundur kembali ke tahap riset dan pengujian.

Saat ini belum ada PLTT yang beroperasi secara komersial di dunia. Jika Pemprov Babel dan Thorcon dapat merealisasikan PLTT, maka Indonesia bukan hanya akan memiliki PLTT pertama di dunia, tetapi juga berpotensi menjadi pusat kajian dan pengembangan pemanfaatan thorium sebagai sumber energi alternatif, meski akan dibutuhkan waktu sangat lama untuk mewujudkan cita-cita tersebut. Hal ini seperti yang diungkapkan oleh Bapak Yarianto selaku Staf BATAN

“Thorium ini sendiri masih termasuk dalam kategori riset. Jadi belum sepenuhnya ada yang menjalankan. Cina sendiri pun masih melakukan penelitian akan hal ini. Bangka Belitung sebagai salah satu daerah yang memiliki potensi Thorium cukup besar dan juga Mamuju. Akan menjadi harapan kedepannya bagi pensuplai energi Indonesia”

(Wawancara, 07 Noember 2020))

Industri pertahanan Indonesia sebagai pemasok sarana pertahanan pada militer memiliki kebutuhan yang berbeda dari pelanggannya. Industri pertahanan adalah organisasi yang diciptakan berdasarkan prinsip ekonomi mikro, dimana setiap penggunaan sumber daya harus dibiayai oleh pemasukan. Dalam upaya membangun industri militer yang besar, maka penguatan kompetensi inti harus diidentifikasi terlebih dahulu kemudian didukung dengan kebijakan pemerintah yang tepat guna. Pemanfaatan Thorium di Indonesia masih dalam tahap pengembangan, artinya belum ada produk yang benar benar diciptakan Indonesia juga negara negara lain belum ada yang mengaplikasikan penuh untuk tujuan komersil (Batan, 2016).

Industri pertahanan nasional memerlukan dukungan pemerintah pusat dan pihak militer sebagai penggunaanya. Tanpa dukungan pemerintah sebagai sumber dana dan militer sebagai konsumen maka industri pertahanan nasional tidak mampu membuat produk yang kompetitif dan Indonesia akan bergantung dari produk impor. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan yang disampaikan oleh Ibu Erlan selaku Kepala Peneliti Thorium PTBGN yang menyatakan bahwa:

“Sebetulnya sangat mahal kita mau menambang itu (Thorium) Karena kita dana murni dari pemerintah ditambah dengan kondisi pandemi ini, akhirnya berefek pada dana penelitian yang dikurang kurangi.”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

Pernyataan tersebut didukung oleh Bapak Anwar selaku Staff Iptek di Dislitbangal yang menyatakan bahwa:

“karakteristik nuklir itu memang investasi di awal karena butuh membangun yang betul-betul save atau selamat. Untuk membangun desain yang save perlu

dana yang lebih. Misal pompa pendingin. Kalau PLTU cukup satu, kalau PLTN dia butuh minimal 3 pompa. 1 yang beroperasi 2 cadangan. Kalau yang satu mati yang 2 harus segera dinyalakan. Itu baru yang sejenis saja. Nah kalau misal energi yang sama itu sama-sama mati harus ada yang membackup dari energi lain yang bisa menggantikan. Seperti tenaga baterai. Nah inilah yang menjadikan PLTN mahal untuk investasinya. Namun bisa lebih murah untuk operasionalnya karena bahan bakarnya tidak banyak. 20 gram thorium setara dg 2 ton batu bara. Dari situ memang hemat., bisa sekali supply bahan bakar untuk 2 tahun. Jika diitung keseluruhan memang agak mahal sedikit dari batu bara. Itu harga saat ini ya, batu bara mungkin suatu saat langka dan mahal”

(Wawancara, 09 Desember 2020)

Berdasarkan pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan thorium di Indonesia memiliki kendala, terutama dalam hal pendanaannya. Untuk dapat dimanfaatkan Thorium harus dikonversi menjadi uranium sehingga membutuhkan adanya reaktor nuklir. Berbeda dengan Uranium yang selama ini telah banyak digunakan sebagai bahan bakar *power plant*. Informasi terkait hal ini dijelaskan secara rinci oleh Pak Yariantio dalam catatan wawancara berikut ini

“Thorium dulu memang pernah digunakan sebagai reactor di tahun 1965-1969 di Laboratorium Nasional Oak Ridge Amerika Serikat dengan teknologi molten solve, reactor molten solve itu berupa bahan cair dengan bentuk torium flour. Tapi torium sendiri sebenarnya tidak bisa langsung digunakan sebagai bahan bakar nuklir karena dia

disebut sebagai bahan vertil. Bahan vertil itu tidak bisa membelah oleh netron. Yang bisa membelah langsung oleh netron itu uranium 235. Di alam sendiri ada uranium 235 dan uranium 238. Yang bisa membelah hanya uranium 235 karena kecil cuma 0.7% dibandingkan yang 238. Nah torium demikian juga kayak uranium 238 dia gabisa membelah langsung. Dia bisa membelah setelah setelah mentransformasi dulu. Jadi dia dirubah dulu menjadi uranium 233 melalui menangkap netron. Jadi netrannya dari mana, jadi netrannya itu dari reaksi antara U235 dg netron. Netron pertama dikasih dulu atau sebagai pemantik HEDE. NEtron tidak ada di alam dia harus diciptakan dulu. Netron menumbuhkan uranium u235 menjadi unsur-unsur lain lebih kecil kemudian dia menghasilkan lagi netron yang lebih kecil dari situ. Netron itulah yang dimanfaatkan untuk membela uranium berikutnya lagi. Namun untuk menjadi reaktor netrannya dikendalikan terus supaya tidak menjadi bom. Nah netron tadi lah yang kemudian menjadi dimanfaatkan juga untuk mengubah toirium menjadi uranium 233. Prosesnya tidak langsung berubah harus melalui beberapa tahapan dulu baru bisa menjadi uranium 233. Setelah itu dia bisa membelah dan menghasilkan netron baru menghasilkan 2 atau 3 unsur baru yang lebih kecil dan menghasilkan energi. Nah energi ini yang digunakan untuk menghasilkan uap atau energi panas yang selanjutnya digunakan untuk turbin dan listrik. Jadi dengan kata lain, Thorium butuh uranium juga,

tidak bisa berdiri sendiri. Jadi memang tidak bisa dibandingkan lebih unggul mana torium dan uranium karena torium juga butuh uranium. Tapi kelimpahan di alam lebih banyak torium, jumlahnya itu bisa 4x. Permasalahannya adalah bagaimana mentransformasikan torium menjadi uranium nah efektifitasnya seberapa besar. Kalau misal 1:1 itu memang bagus sekali itu bisa untuk cadangan ribuan tahun katanya. Tapi kan kenyataan tidak semanis teori. Kadang ada namanya protactinium dan sebagainya itu yang membuat racun netron ada efisiensinya. Tapi kalau 1:1 memang sangat bagus karena jumlahnya berlipat. Kalaupun U235 hanya 0.7% dari uranium alam itu aja udah berapa kali lipat Thorium terhadap uranium 235 karena torium disini sifatnya itu saja, dia bisa dipakai hanya jika berinteraksi dengan uranium.”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

Pemanfaatan thorium untuk mendukung sistem pertahanan negara diimplementasikan pada pengembangan Thorium untuk PLTT. PLTT diciptakan oleh adanya ketidak seimbangan beban versus lokasi pembangkit dimana 40-50% beban pulau jawa ada di bagian berat. Beban itu dipasok oleh pembangkit yang 60 persennya berada di 900 kilo meter bagian timur Jawa—melalui transmisi 500 kilovolt yang sudah overload. Ditambah dengan beban 500 kilovolt yang sudah overload. Hal ini dapat berdampak pada kolapsnya perekonomian nasional.

Pengembangan Thorium merupakan salah satu solusi atas minimnya cadangan energi batu bara dan uranium yang ada di Indonesia. Ketersediaan energi merupakan hal vital untuk menjamin keberlanjutan pembangunan. Oleh karena itu, pemerintah harus

mendorong penggunaan sumber energi baru untuk mensubstitusi penggunaan minyak bumi dan batu bara, salah satunya dengan pemanfaatan Thorium. Prediksi bahwa sumber energi primer, yaitu minyak bumi dan batubara akan habis dalam jangka waktu menengah, atau sekitar tahun 2050. Pandangan ini diperkuat dengan kesulitan membangun infrastruktur distribusi sumber energi primer. Sebagai contoh, distribusi batubara selama ini mengalami kesulitan akibat pengangkutan dalam bentuk padat. Sistem pengangkutan benda padat membutuhkan alat transportasi yang mahal dan kapasitas per pengangkutan terbatas. Belum lagi kesulitan untuk membawa batubara dari daerah pertambangan, yang biasanya berlokasi di daerah pedalaman, menuju konsumen industri yang berlokasi di daerah perkotaan.

Indonesia memiliki cadangan Thorium yang berada di Kalimantan Barat, Mamuju dan Bangka Belitung yang melimpah. Sebelum nantinya Indonesia mengalami krisis listrik akibat tidak adanya bahan bakar yang digunakan, maka pemanfaatan Thorium untuk pembangkit listrik dapat digunakan sebagai cara untuk menganggulangi krisis energi di masa mendatang. Ketersediaan energi harus selalu dijaga, mengingat energi merupakan sumber daya vital yang dapat mempengaruhi semua bidang kehidupan. Perekonomian dunia yang ditopang oleh produksi dan transportasi akan terganggu akibat tidak tersedianya sumber energi.

4.2.1.2 Kelebihan Thorium Sebagai *Power Plant*

Reaktor Riset dan Reaktor daya atau yang disebut juga dengan (PLTN) memakai Uranium dan Thorium sebagai bahan bakar nuklir. Beberapa negara diketahui sedang memanfaatkan Thorium sebagai bahan bakar reaktor pembangkit listrik diantaranya India, Rusia, Jepang, Amerika Serikat dan Kanada. Beberapa Kelebihan Thorium dibandingkan dengan Uranium adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan bakar reaktor, Thorium tidak perlu pengkayaan
2. Produk limbah yang dihasilkan Thorium dapat luruh dalam waktu yang lebih pendek dibandingkan Uranium
3. Potensi Thorium di kerak bumi lebih melimpah dibandingkan Uranium dengan rasio 4:1
4. Ditinjau dari segi kemanan, Thorium lebih aman dari pada Uranium karena hasil percobaan dalam reaktor air ringan tradisional, uranium-235 berinteraksi dengan uranium-238 menghasilkan plutonium-239 sebagai produk sampingan-isotop radioaktif yang dapat berubah menjadi Plutonium-240 untuk digunakan dalam 2 (dua) tujuan yang berbeda yaitu sebagai bahan bakar reaktor plutonium, dan bahan baku senjata nuklir (bom plutonium).
5. Jumlah thorium yang digunakan untuk bahan bakar reaktor lebih sedikit dibanding uranium yaitu sekitar 1 berbanding 10.

Hal ini sebagaimana yang diungkapkan Oleh Ibu Erlan selaku Kepala Peneliti Thorium PTBGN:

“Karena dari sisi penggunaan thorium memang bagus jenis reaktor jenis msr dibandingkan reaktor lain. Karena kalau thurium ditembak dengan neutron menghasilkan ta multiprotaktin yang lebih dari 3 itu sangat neutron ansorbwer.sangat menyerap neutron. Kalau seandainya dia digunakan dalam reaksinya ta tidak dihilangkan. Nyerap neutron terus kan mati reaktornya habis akhirnya shut down sendiri. Itu kelemahan thorium. Kalau di moltonsof reaktor dia punya areprosising yang online”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

4.2.1.3 Thorium Untuk Mendukung Pertahanan Negara

Pembangunan nasional, khususnya pada bidang pertahanan negara, kegiatan produksi alutsista merupakan aspek yang sangat

penting yaitu berperan sangat signifikan pada pertumbuhan perekonomian nasional dalam sektor moneter ataupun sektor riil. Untuk mewujudkan kemandirian bangsa Indonesia dalam memproduksi alat utama sistem persenjataan (Alutsista) merupakan agenda yang harus mendapatkan dukungan dari berbagai industri dan teknologi. Perlu adanya kesinergisan antara Lembaga, industri dan Pemerintah dalam mengembangkannya. Dalam melakukannya perlu di upayakan peningkatan kemampuan pertahanan melalui pembangunan dan penguatan sistem personil, materil dan fasilitas. Maka dari itu, Indonesia sendiri harus memanfaatkan Sumber Daya Alam yang ada di dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan produk bahan baku dan material yang digunakan untuk membuat memasok kebutuhan energi atau membuat alutsista dengan menggunakan bahan baku dari dalam negeri.

Disisi lain, produk pertahanan dalam negeri tidak bisa diandalkan secara sepenuhnya. Industri pertahanan nasional memiliki kekurangan dalam hal sumber daya manusia, finansial, teknologi dan lain lain yang menjadikan mereka harus menyeleksi produk apa saja yang bisa memberikan pemasokan yang signifikan (Montratama,. 2018).

Dari sisi pengolahan, yang kurang adalah masalah dana dan SDM. Karena diketahui bahwa, SDM batan hanya sedikit. Jadi, jika memang ingin serius pemerintah harus mendukung. Tapi jika mendukung tidak ada dana, maka sama saja tidak bisa terjadi. Thorium di Batan diarahkan ke arah energi. BATAN menambah peta sebaran supaya kita dapat mencapai kemandirian energi nuklir. Karena selama ini hanya impor. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan yang disampaikan oleh Ibu Erlan selaku Kepala Peneliti Thorium PTBGN yang menyatakan bahwa”

“Baik itu research, impornya dalam bentuk yellow kit.

Jadi Indonesia impor tidak bisa menghasilkan sendiri.

Tapi kalau sudah dapat yellow kit kita mencoba mengembangkannya sendiri. Kalau di sini. Kita sudah mengekstraksi thorium dari batuan. Namun belum diperoleh thorium yang grand nuklir. Karena kalau grand nuklir kemurniannya di atas 90 persen. Selama ini kita hanya dapatkan 60%-65% jadi kita belum dapatkan yang grand nuklir. Semua kita kembangkan untuk mencapai kemurnian yang tinggi. Dan pengaruh terhadap mekanisme yang ada dalam reaktor nuklir. Untuk mencapai kemurnian 90% nenbutuhkan pabrik pengolahan. Untuk mendapatkan kemurnian tinggi banyak yang harus dimodifikasi dalam suatu penelitian.
(Wawancara, 07 Desember 2020)

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan thorium di Indonesia masih belum maksimal. Hal tersebut terlihat dalam pengolahan, Indonesia masih terkendala pada sarana yang masih belum memadai, sehingga masih mengimpor thorium *yellow kit*.

Dalam usaha mempertahankan negara tidak melulu mengenai usaha dimedan perang. diamanatkan dalam undang-undang nomor 3 tahun 2002 tentang pertahanan negara, bahwa pertahanan negara sifatnya semesta melibatkan unsur sumber daya alam dan buatan yang ditransformasikan menjadi cadangan materiil strategis. Akhir-akhir ini pemerintah mngalami keresahan mengenai sedikitnya cadangan batu bara menjasi suatu hal yang krusial. Dikarenakan potensinya yang semakin sedikit. Oleh karena itu, harus segera dirumuskan solusi terbaik untuk menangani permasalahan ini.

Kaitannya dengan cadangan sumber daya alam sebagai komponen pendukung pertahanan negara, saat ini uranium yang notabene merupakan bahan baku pada pembangkit tenaga listrik memiliki jumlah cadangan yang sedikit. Berdasarkan data statistik

2013 kapasitas pembangkit listrik Indonesia hanya 47 GWe yang menghasilkan 17 miliar kWh untuk melayani 250 juta penduduk. Dan ditahun 2025 mendatang kebutuhan listrik Indonesia diprediksi meningkat hingga 115 GWe (Batan). Saat ini pemerintah mulai melakukan pengembangan terkait bahan pengganti uranium yang dilakukan dengan memanfaatkan torium. Salah satu pertimbangan pemerintah mengenai pemanfaatan torium adalah jumlahnya yang sangat banyak dan belum dieksploitasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ibu Erlan selaku Kepala Peneliti Thorium PTBGN yang menyatakan bahwa:

“Jadi kalau ada yang bilang kelimpahan thorium bisa 4x, 5x itu yang ada di dalam bumi itu yang belum kita apa apakan”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

Hal ini juga didukung oleh pendapat Bapak Syaeful, selaku Kepala Divisi Eksplorasi PTBGN.

“Kalau saya pikir bisa juga thoriumnya. Namun tetap harus di ubah ke uranium. Kalau thorium kan di kerak bumi lebih banyak bisa 2 kali lipat 3x lipat.”

(Wawancara, 14 Desember 2020)

Sehingga dapat disimpulkan berdasarkan keunggulan thorium dapat dimanfaatkan dengan baik, karena memiliki jumlah yang melimpah yang terdapat dalam bumi dan banyak tersebar di Indonesia. Pemanfaatan torium untuk menyokong pertahanan dan keamanan negara tidak bisa dilakukan murni tanpa merubah unsur di dalamnya, hal ini dapat siasati dengan merubah thorium dalam bentuk uranium. Banyak manfaat yang dapat dirasakan ketika dapat mengolah thorium secara optimal, salah satu menjadi bahan baku ramah lingkungan. Karena di Indonesia sendiri bahan baku *power plant* hanya berasal dari uranium. Hal tersebut dengan

pernyataan yang disampaikan oleh Bapak Syaeful, selaku Kepala Divisi Eksplorasi PTBGN yang menyatakan bahwa:

“Kenapa PLTN pakai Uranium karena uranium sifatnya fertil artinya ketika dia ditembak oleh neutron dia akan menghasilkan uranium yang lain. jadi akan terjadi reaksi berantai, reaksi berantai akan menghasilkan energi, energi akan menghasilkan panas yang kemudian dipakai untuk menghasilkan uap. Uapnya yang menggerakkan turbin”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

Pendapat tersebut didukung oleh Bapak Yarianto selaku Kepala Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN) yang menyatakan mengenai kebermanfaatan thorium di negara-negara lain, sebagai berikut:

“Negara yang saat ini fokus ke torium itu memang 2 itu hanya cina dan india. Tapi modelnya lain. india akan menggunakan builder sendiri, dia membuat reaktor menghasilkan u233 dari thorium, kemudian u233 ini yang akan dimasukkan kedalam reaktor yang lain lagi. Jadi membuat u233 dari thorium. Cina, itu yang dibuat dari barang cair sekarang lagi membangun reaktor demonya 2 mega watt. Tahun 2035 targetnya untuk reaktor demo yang kaspasitanya 100 an”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

Pengolahan thorium di Indonesia masih belum di kembangkan secara optimal, hal tersebut terjadi karena beberapa kendala yang salah satunya adalah sarana dan prasarana yang belum terpenuhi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bapak Tommy selaku Staff Divisi Eksplorasi PTBGN.

“Beberapa PLTN di Indonesia pernah mencoba menggunakan thorium tapi hanya sebagai suplemen saja. Intinya reaktornya adalah uranium, kemudian dimasukkan thorium beberapa kilo saja. Mungkin hanya sebgiaan kecil saja di negara maju seperti Jerman, Amerika, India itu juga sudah dilakukan tapi dalam bentuk yaitu mengikuti reaktornya”

(Wawancara, 14 Desember 2020)

Postur pertahanan dan keamanan negara perlu memadukan sistem pertahanan dan keamanan nasional. sistem ini merupakan usaha mempertahankan keutuhan wilayah NKRI dengan melakukan upaya nasional secara terpadu dan terus menerus. Hal ini juga berkaitan dengan ketahanan nasional yang dimiliki Indonesia. Ketahanan nasional didefinisikan sebagai sebuah integrasi dan keuletan bangsa dalam menjaga keberlangsungan hidup untuk mencapai tujuan nasional.

Rancangan penataan sumber daya alam dan sumber daya buatan adalah komponen pendukung sekaligus acuan untuk merumuskan kebijakan pendayagunaan potensi sumber daya alam dan sumber daya buatan melalui penataan-penataan untuk mendukung komponen pertahanan negara. Dalam hal ini kementerian pertahanan telah menyusun Rancangan Induk Penataan Sumber Daya Alam Untuk Komponen Pendukung Pertahanan Negara sebagai acuan pengelolaan sumber daya alam negara. Hal ini sesuai dengan yang termasuk dalam buku putih pertahanan negara, bahwa pertahanan negara bertujuan untuk menciptakan kesiapsiagaan peran Sumber Daya Alam dan Sumber Daya Buatan dalam peranannya sebagai komponen pendukung serta potensi dan kapasitas kekuatan Pertahanan Negara.

Pada dasarnya thorium memiliki sifat fisik yang baik serta memiliki resiko kecil jika digunakan untuk persenjataan nuklir rendah. Namun, thorium memiliki kelemahan dalam hal pemicunya yang harus menggunakan pengayaan tinggi sehingga penggunaannya dibatasi oleh peraturan internasional.

4.2.2 Skema Pemanfaatan Thorium Untuk Diimplementasikan Pada Power Plant

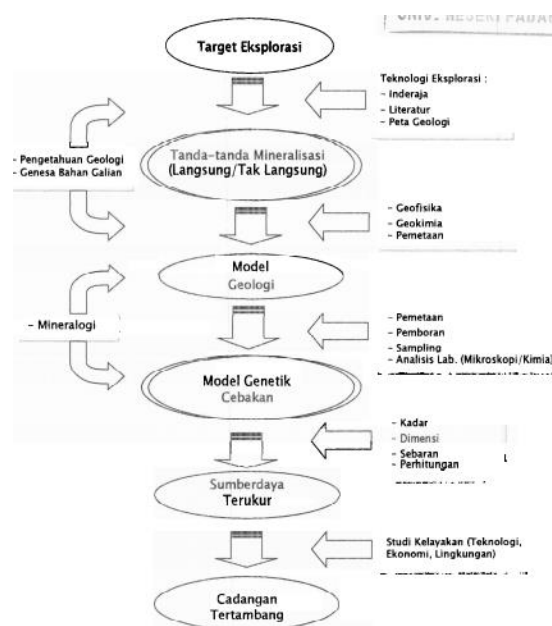
4.2.2.1 Skema dan Metode Eksplorasi

Pemanfaatan thorium untuk bahan baku *power plant* merupakan usaha pemerintah dalam rangka menyiapkan cadangan sumber daya uranium yang menipis dikarenakan penggunaannya yang terus menerus. Thorium sebagai bahan tambang diperoleh melalui beberapa tahapan yang terdiri dari 6 tahapan yaitu, pertama tahap penyelidikan umum (*general survey*), tahap eksplorasi (*exploration*), dilanjutkan tahap studi kelayakan, yang dilakukan dengan analisis dampak lingkungan (AMDAL) kemudian tahap konstruksi (*construction*) dengan membangun prasarana dan sarana usaha pertambangan, kemudian tahap operasi dan produksi (*operation & production*) yang dikenal dengan tahap eksploitasi dan tahap penutupan tambang (*mine closure*) termasuk didalamnya reklamasi, rehabilitasi dan revegetasi. Secara garis besar metode eksplorasi dapat kita bedakan menjadi dua kelompok besar yaitu metode eksplorasi tak langsung dan metode eksplorasi langsung (Notosiswoyo Sudarso dkk, 2000). Hal ini sebagaimana yang disampaikan Bapak Tommy selaku Staff Divisi Eksplorasi PTBGN.

“Dari beberapa metode, metode langsung dan tidak langsung. tidak langsung kan pakai geolistrik, secara regional juga ada”

(Wawancara, 14 Desember 2020)

Metode eksplorasi langsung didefinisikan sebagai pengamatan yang dilakukan dengan kontak visual dan fisik dengan kondisi permukaan/ bawah permukaan, terhadap endapan yang dicari, serta dapat dilakukan deskripsi megaskopis/mikroskopis, pengukutan dan sampling terhadap objek yang dianalisis. Sedangkan metode eksplorasi tidak langsung. Metode eksplorasi tidak langsung dilakukan melalui mengamati atau menganalisis kelainan kelainan sifat sifat baik itu sifat fisik maupun sifat kimia dari batuan.



Gambar 4.10 Metode Eksplorasi

(Sumber: Mulya Gusman, 2010)

Eksplorasi merupakan suatu upaya untuk mencari, menemukan dan mendapatkan suatu barang tambang yang secara ekonomi dapat dikembangkan untuk diusahakan. Eksplorasi dijadikan sebagai dasar dalam perencanaan aktivitas industri pertambangan, dalam proses ini nantinya dihasilkan tingkat kepastian dari penyebaran endapan, geometri, badan bijih(endapan), jumlah cadangan serta kualitas hasil tambang. Hal

ini juga diungkapkan oleh Bapak Tommy selaku Staff Divisi Eksplorasi PTBGN.

“Kalau untuk ditambang butuh proses yang Panjang. Kalau Batan itu instansi pemerintah, jika di eksplorasi paling satu titik 10x10+ 100 km persegi. Waktunya mungkin sedikit susah juga terkait dengan anggaran. Setelah di eksplorasi, jadi dibiarkan saja di sana, karena kita memang tidak mengambil apa apa. Batan hanya mengambil sample aja untuk analisis. Thoriumnya tetap ada di situ. Kalau hasilnya bagus nanti biasanya bisa dilanjutkan ke kegiatan pertambangan”

(Wawancara, 14 Desember 2020)

Apabila kegiatan eksplorasi diperoleh hasil yang menjanjikan, barulah kegiatan pertambangan dilaksanakan. Beberapa tujuan diadakannya kegiatan eksplorasi adalah

1. Bagi pemerintah, kegiatan eksplorasi ditujukan untuk pendapatan potensi sumberdaya bahan galian sehingga kegiatan eksplorasi sifatnya inventarisasi sumberdaya
2. Bagi perusahaan eksplorasi, eksplorasi dilakukan untuk mendapatkan data endapan selengkap selengkapnya
3. Bagi perusahaan pertambangan, eksplorasi dilakukan untuk mengumpulkan data endapan tersebut untuk mendapatkan nilai ekonominya sehingga layak untuk ditambang dan dipasarkan sebagai komoditi tambang

Hal ini sebagaimana diungkapkan oleh Bapak Tommy selaku Staff Divisi Eksplorasi PTBGN.

“Dikarenakan Batan bukan swasta, mungkin jika Batan adalah perusahaan swasta bisa di target. Thorium sendiri marketnya belum ada. Kalau

pengeboran itu lebih ke swasta, karena kalau di eksplorasi kan survei tinjau- prospeksi-eksplorasi umum-eksplorasi kecil”

(Wawancara, 14 Desember 2020)

Pendapat ini juga didukung oleh Bapak Anwar selaku Kepala Bidang Iptek Dislitbang AL

“Misal jika keadaan buminya seperti ini maka eksplorasi yang bisa dilakukan seperti apa. Jika sudah dilakukan survei dan masih terbatas maka sumber dayanya sudah terekam. Jika sudah dilakukan pemboran secara massive dengan jarak sekitar 10 meteran dengan memasukkan ilmu geofisika maka itu sudah bisa dikatakan terukur jika dipresentasikan 90%. Setelah terukur kemudian dilakukan studi kelayakan. Bisakah jika ditimbang memenuhi nilai ekonomi, antara nilai produksi dan penjualan apakah bisa tercover. Itu lah yang dinamakan sumber daya cadangan. Kalau cadangan belum siap diambil. Nah kita memang perlu tanya ya hipotetik tadi sebelum sampai di kegiatan perekam. Kalau thorium memang masih tergolong baru”

(Wawancara, 24 November 2020)

4.2.2.2 Implementasi Pemanfaatan

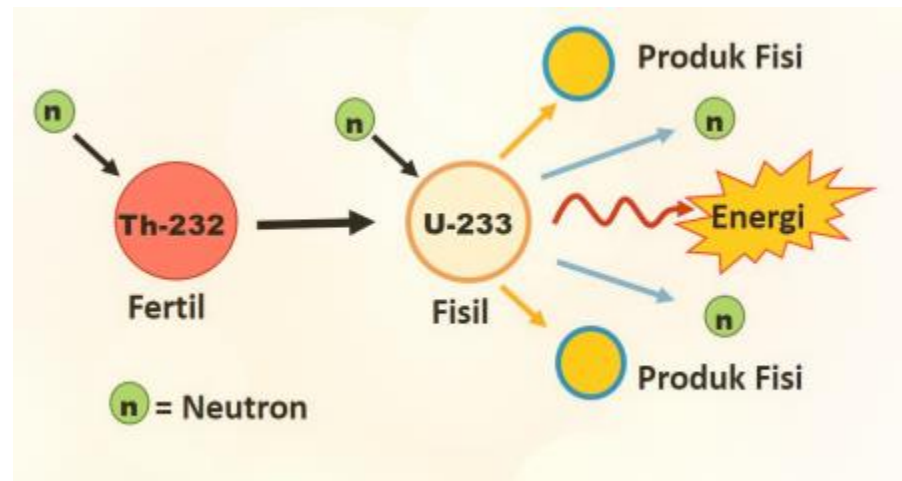
Diketahui bahwa sejak tahun 1960 thorium telah diujicobakan di beberapa negara seperti Amerika, Jepang, Jerman, India dan Tiongkok. Beberapa reaktor yang memungkinkan untuk menggunakan thorium sebagai bahan bakar diantaranya adalah *Pressurized Heavy Water Reactor (PHWR)*, *High Temperature Reactor (HTR)*, *Boiled Water Reactor (BWR)*, *Pressurized Water Reactor (PWR)*, *Fast Neutron Reactor (FNR)*, *Molten Salt Reactor (MSR)*, *Liquid Fluoride*

Thorium Reactor (LFTR), dan Aqueous Homogeneous Suspension Reactor (AHSR). Jenis reaktor yang paling banyak diuji coba menggunakan bahan bakar thorium adalah PHWR, HTR, dan MSR.

Sebagaimana yang telah dipaparkan sebelumnya, penggunaan thorium untuk diimplementasikan pada *power plant* sebagai salah satu usaha mendukung pertahanan negara harus terlebih dahulu dirubah dalam bentuk uranium. Pada dasarnya thorium alam thorium-232 (Th-232) merupakan bahan fertile yang sulit dibakar, namun thorium dapat diubah menjadi uranium U-233 bila menangkap neutron. Oleh karena itu, PLTT hanya dapat dioperasikan bila terdapat bahan fisil, seperti: U-233, U-235 dan plutonium-239 (Pu-239). Uranium inilah yang nantinya digunakan sebagai bahan bakar *power plant*. Hal ini sebagaimana pernyataan Bapak Tommy selaku Staff divisi eksplorasi PTBGN:

“Thorium, thorium itu infertile dia di tembak neutron tidak akan membelah diri. Kedua panjang energinya rendah, berbeda dengan uranium. Sebagai bahan bakar yang di uji coba, itu bukan thoriumnya langsung. itu thoriumnya diubah ke U233. Uraniumnya itu yang kemudian dijadikan reaksi berantai. Oleh karena itu harus ada fast brider reactor untuk mengubah thor-uranium. Baru uraniumnya di pakai sebagai bahan bakar. Oleh karena itu di dunia tidak ada pemakai listrik berbahan thorium. Semua masih menggunakan uranium”

(Wawancara, 14 Desember 2020)



Gambar 4.11 Konversi Thorium
(Sumber: Oktadiansyah, Azhar Sodik, 2012)

Konversi Thorium menjadi Uranium agar dapat dimanfaatkan juga diungkapkan oleh Bapak Syaeful selaku Kepala Divisi eksplorasi PTBGN

“Untuk kepentingan lain amerika memutuskan untuk memakai uranium, baru dipakai untuk eksperimen. Dan itu sudah terbukti ceritanya, kemudian berkembang akhirnya kita punya masalah perombakan senjata, emisi karbon dan mencari yang aman, cari yang murah, karena bahan bakarnya akan habis. Akhirnya ada yang kembali, kita kembali ke tahun 60 an, kita kembali ke beberapa negara, kita kembangkan lagi thorium ini. Mungkin beda-beda ada yang bikin trader nya saja, tapi ada juga yang sudah mencoba dengan laboratorium untuk menghasilkan energi nantinya”

(Wawancara, 14 Desember 2020)

Pernyataan tersebut juga didukung oleh pendapat Bapak Yarianto selaku Kepala Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN)

“Tapi thorium sendiri sebenarnya tidak bisa langsung sebagai bahan bakar nuklir karena dia disebut sebagai bahan vertil. Bahan vertil itu tidak bisa membelah oleh neutron. Yang bisa membelah langsung oleh neutron itu uranium 235. Di alam sendiri ada uranium 235 dan uranium 238. Yang bisa membelah hanya uranium 235 karena kecil Cuma 0.7% dibandingkan yang 238. thorium demikian juga seperti uranium 238 dia tidak bisa membelah langsung. Dia bisa membelah setelah setelah mentransformasi dulu. Jadi dia dirubah dulu menjadi uranium 233 melalui menangkap neutron. Jadi neutronnya itu dari reaksi antara U235 dengan neutron. Neutron pertama diberi dulu atau sebagai pemantik HEDE. Neutron tidak ada di alam dia harus diciptakan dulu. Neutron menumbuhkan uranium u235 menjadi unsur-unsur lain lebih kecil kemudian akan menghasilkan lagi neutron yang lebih kecil dari situ. Neutron itulah yang dimanfaatkan untuk membelah uranium berikutnya lagi. Namun untuk menjadi reaktor neutronnya dikendalikan terus supaya tidak menjadi bom. Nah neutron tadi lah yang kemudian menjadi dimanfaatkan juga untuk mengubah thorium menjadi uranium 233. Prosesnya tidak langsung berubah harus melalui apa apa apa baru jadi uranium 233. Setelah itu dia bisa membelah dan menghasilkan neutron baru menghasilkan 2 atau 3 unsur baru yang lebih kecil dan menghasilkan energi”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

Saat ini Indonesia fokus mengembangkan reaktor dengan bekerjasama dengan Thorcon. Untuk mengembangkan komponen TMSR *Power Plant* atau reaktor desain pembangkit listrik tenaga thorium (PLTT) berkapasitas 500 megawatt (MW) dan *Test Bed Platform*. Reaktor nuklir tersebut adalah desain dari Thorcon International, perusahaan energi nuklir asal Amerika Serikat, dikabarkan bahwa, PT PAL Indonesia diperkirakan menanamkan investasi sebesar Rp50 miliar-Rp100 miliar terkait proyek pembangunan reaktor desain *Thorium Molten Salt Reactor* (TMSR) Thorcon. PAL Indonesia telah menandatangani nota kesepahaman (*Memorandum Of Understanding/MoU*) dengan Thorcon International Pte, Ltd. Hal ini sebagaimana yang diungkapkan oleh Tommy selaku Bapak Tommy selaku Staff divisi eksplorasi PTBGN

“Di tahun 2019 saya melaksanakan untuk pembuatan reaktor nuklir. Hal itu dilakukan dengan kebanyakan orang Batan atau pensiunan batan. Artinya begini, kita udah punya planning”
(Wawancara, 14 Desember 2020)

Pemanfaatan Thorium untuk menyokong pertahanan dan keamanan negara bukan tanpa alasan, Menurut kementerian pertahanan republik Indonesia, alasan dikembangkannya thorium sebagai sumber energi alternatif adalah 1) ketersediaan thorium yang melimpah kurang lebih terdapat 140.000 ton, 2) Ketersediaan thorium dapat mencapai 1000 tahun lagi, 3) thorium lebih efektif dan efisien dibandingkan uranium dan bahan baku fosil yang lain, 4) thorium dapat dimanfaatkan untuk pertahanan dan umum, 5) thorium lebih ekonomis, dan 6) thorium lebih aman dibandingkan uranium.

Pemikiran mengenai pemanfaatan energi harus dipikirkan tidak hanya untuk saat ini saja tapi juga untuk 10 tahun kedepan.

Hal senada juga diungkapkan dalam wawancara yang dilakukan dengan Pak Yarianto selaku staff BATAN

“Negara yang saat ini fokus ke thorium itu memang ada 2 yaitu hanya Cina dan India. Tapi model yang dikembangkan 2 negara itu lain. India akan menggunakan builder sendiri, dia membuat reaktor menghasilkan u_{233} dari thorium, kemudian u_{233} ini yang akan dimasukkan kedalam reaktor yang lain lagi. Jadi membuat u_{233} dari thorium. Cina, itu yang dibuat dari barang cair sekarang lagi membangun reaktor demonya 2 mega watt. Tahun 2035 targetnya untuk reaktor demo yang kapasitasnya 100an. Skrg kecil dulu untuk mebuktitian teori-teori itu di eksperimenkan di reaktor yang sedang dibangun. Jadi konsepnya kayak kontes gitu untuk TMSR (Thorium Molten Salt Reactor). Nah ini diharapkan tahun 2035 sudah selesai di bangun dan beroperasi. Ini hanya untuk eksperimen saja untuk menguatkan teorinya nanti sebagai dasar jika punya data baru dia bangun yang besar. Karena reaktor itu memang seperti itu meskipun desainnya sudah bagus namun masih harus diuji cobakan, karena jika ada yang tidak sesuai bisa bahaya. Kalau Cina pakai bahan cair, torium fluroid yang dimix pakai uranium. Nah yang pertama kali membangkitkan reaksi nuklirnya adalah uranium 235 dierkaya dari 0.7% sampai 17% supaya dia mendapatkan netron yang banyak disitu. nah neutronnya itu digunakan untuk mereaksikan thorium, nanti menghasilkan u_{233} itu bisa berlangsung sendiri tanpa uranium 235 lagi yang penting sudah ada uranium u_{233} itu bisa mandiri.”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

Kalau soal energi kita harusnya berpikir bukan hanya untuk saat ini saja tapi juga untuk 10 tahun kedepan. Mungkin jika sudah bisa membuktikan di tahun 2035 itu bagus dan bisa menjadi loncatan. Tapi tinggal Indonesia sendiri mau mengikuti atau tidak, karena tidak ada teknologi yang diberikan dengan gratis. Semuanya harus pakai usaha. Kalau Cina sendiri pemerintahannya tidak main-main, negara betul-betul support. Mereka diberi biaya oleh pemerintah dan tidak berpikir balik modal atau tidak. Tapi memang itu adalah modal awal untuk masa depan.

Kementerian pertahanan telah merilis rencana penelitian dan pengembangan terkait pemanfaatan thorium yang terangkum dalam roadmap penelitian dan pengembangan Pembangkit Daya Berbasis Thorium Renstra 2020 – 2024. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan Thorium di Indonesia masih berada pada tahap pengembangan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ibu Erlan selaku Kepala Peneliti Thorium PTBGN

“Saya sebagai tim ketua, kepala batan meminta untuk dikaji dulu bersama teman-teman satu tim. Hasilnya sama saya pernah ekspor dari Austria wine, mereka memberikan rekomendasi bahwa thorium masih memerlukan research and development mungkin sampai 5 tahun. Jadi saat ini belum dikembangkan. Itu menurut expert”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

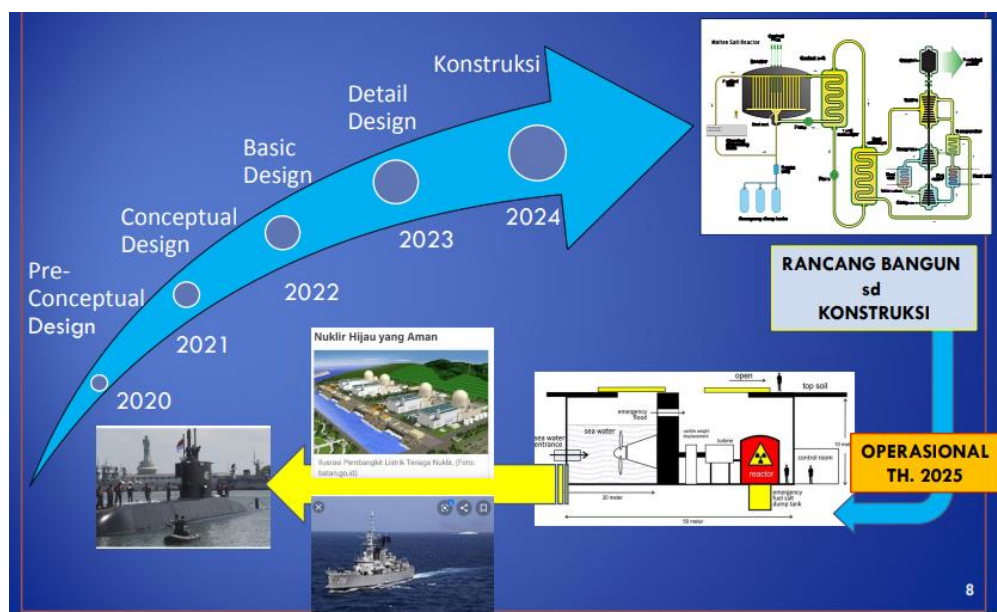
Hal ini didukung oleh pernyataan ThorCon sendiri saat ini masih konseptual desain, belum dilakukan validasi untuk keselamatan.

Pengembangan Pembangkit Daya Berbasis Thorium Renstra 2020 – 2024 telah direncanakan oleh Kementerian Pertahanan yang dilakukan dengan beberapa tahapan diantaranya.

- 1) Prekonseptual design tahun 2020. Prekonseptual design dilakukan sebagai bentuk rancangan awal pengembangan thorium sebagai tenaga alternatif dengan fokus utama mengkontruksi reaktor. Hal ini mengisyaratkan bahwa Beberapa hal yang dilakukan dalam prekonseptual design adalah pembuatan terak reaktor, sistem pendingin, perisai radiasi, instrumentasi dan kendali, catu daya, fitur keselamatan, gedung dan layout.
- 2) Conceptual design, tahun 2021. Konseptual desain merupakan langkah lanjutan dari prakonseptual desain yang telah direncanakan pada tahun 2020. Pada tahap ini fokus tujuannya adalah mewujudkan desain di darat dengan melakukan beberapa upaya seperti integrasi seluruh parameter prekonseptual desain dengan kapal, analisis awal untuk transien dan dinamika reaktor selama kapal beroperasi serta survei kandidat calon tapak.
- 3) Basic Desain, tahun 2022. Pada tahun ini penelitian dan pengembangan dilakukan untuk tujuan penentuan parameter reaktor statis dan dinamis. Pembuatan *basic desain* dilakukan dengan merancang teras reaktor, sistem pendingin, perisai radiasi, instrumentasi dan kendali, catu daya dan gardu induk, pembangkit tenaga Uap dan Turbin sistem bantu, dokumen gambar teknik tiap basic desain serta *software desain*.
- 4) Detail Desain, tahun 2023. Detail desain tahun 2023 dilakukan dengan fokus tujuan yaitu desain detail, perkiraan biaya (EPC), dokumen izin tapak, keselamatan reaktor, kriteria tapak, desain dan fasilitas lainnya. Beberapa hal yang menjadi fokus dalam pembuatan detail desain adalah keselamatan reaktor, penanganan bahan bakar, limbah, HVAC, batasan operasi,

gedung dan fasilitas pendukung, balance of plant (BOP) tiap bagian sistem, melakukan detail *engineering* desain serta penyiapan dokumen konstruksi.

- 5) Konstruksi, pada tahun 2024. Tahap konstruksi merupakan tahapan final dari seluruh perencanaan yang dilakukan. Pada tahap ini kegiatan di fokuskan untuk konstruksi *miniplant* di daratan, hal hal yang dilakukan adalah konstruksi, *cold test*, *hot test*, dan *comissioning*. Berikut gambaran pemanfaatan thorium sebagai power plant guna mendukung pertahanan negara.



Gambar 4.12 Detai Kontstruksi dan Rancang Bangun

(Sumber: Kapuslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan, 2019)

Pengembangkan komponen TMSR *Power Plant* atau reaktor desain pembangkit listrik tenaga thorium (PLTT). Untuk membangun pembangkit listrik thorium di Indonesia, diketahui ThorCon sebelumnya telah menyatakan keseriusannya untuk berinvestasi US\$ 1,2 miliar atau sekitar Rp17 triliun. Dengan menggunakan desain struktur kapal sepanjang 174 meter yang setara dengan kapal tanker kelas Panamax akan di bangun oleh *Daewoo Shipyard & Marine Engineering* (DSME) di Korea Selatan, yang merupakan galangan kapal nomor dunia terbesar di dunia,

merupakan PLTT yang akan dibangun dari kerja sama dengan Thorcon. Pendapat ini sebagaimana yang dijelaskan oleh Bapak Syaeful Kepala Divisi Eksplorasi PTBGN.

“Indonesia sebenarnya sudah cocok untuk menggunakan thorium karena pulaunya cukup banyak sekitar belasan ribuan. Energi di pulau-pulau itu juga sebetulnya sangat dibutuhkan. Nelayan yang habis melaut perlu menyimpan hasil tangkapannya dilemari pendingin. Konsep nuklir itu bisa dibangun disana menerapkan bahan bakar nuklir saat itu saja tanpa tergantung pada cuaca seperti apa. Kemudian terkait pertahanan dengan adanya listrik yang stabil itu bisa dipakai sebagai pangkalan listrik. Jika disana ada PLTN disitu entah uranium atau thorium artinya kapal-kapal untuk pertahaan bisa terlayani dengan baik seperti kapal selam itu kalau bahan bakar nuklir itu dia bisa bertahun-tahun seperti amerika dan rusia. Kedepannya Indonesia harusnya bisa juga seperti itu. Tapi saya kurang tau terkait militer di Indonesia sekarang apa ada rencana ke arah sana.

(Wawancara, 14 Desember 2020)

4.2.3 Potensi Persebaran Thorium Dan Peta Persebaran Thorium Guna Mendukung Pertahanan Negara

4.2.3.1 Potensi Persebaran Thorium

Potensi dalam bahasa latin memiliki kata asli *potential* yang memiliki arti kemampuan. Berdasarkan arti kata tersebut maka dapat diartikan bahwa potensi memiliki kemampuan yang memiliki kemungkinan untuk dilakukan pengembangan. Sementara itu, potensi dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia dijelaskan sebagai kemampuan atau kesanggupan yang memiliki kemungkinan untuk dikembangkan, memiliki kekuatan, kesanggupan, daya, serta wilayah

yang melingkupi suatu wilayah yang diatur oleh pemerintah baik daerah provinsi, kabupaten, atau kecamatan. Potensi menjadi sebutan bagi sumber yang memiliki kekuatan besar yang bisa dimanfaatkan. Potensi juga bisa dikatakan sebagai kemampuan yang belum terekspos atau dibuktikan kemudian kuasa yang belum diberi kesempatan untuk dipublikasikan. Berdasarkan dari pengertian tersebut potensi memiliki arti sebagai kemampuan dasar yang terpendam dan dapat dirasakan hasilnya hanya jika kemampuan tersebut diungkap atau diterapkan.

Potensi yang dimiliki thorium menjadi salah satu variable yang dibahas dalam penelitian ini. Potensi thorium tersebar di bagian-bagian wilayah Indonesia namun masih berupa data mentah saja. Dalam kaitannya antara potensi persebaran dan peta persebaran yang dimiliki thorium adalah tercatatnya rekaman data dalam bentuk visual peta yang bisa dijadikan sebagai bahan rujukan untuk mempermudah penyampaian informasi.

Untuk mencerminkan fenomena geografikal yang dilakukan secara sistematis dan memerlukan kecakapan untuk membuat dan membacanya yaitu adalah peta, dimana menggunakan simbol dua dimensi. Peta merupakan teknik komunikasi yang untuk efisiensinya harus mempelajari atribut atau elemen-elemen dasarnya dan tergolong dalam cara grafis. Peta yang menggambarkan fenomena geografikal tidak hanya pengecilan suatu fenomena saja, tetapi lebih dari itu, jika peta dibuat dan didesain dengan baik akan merupakan alat yang baik untuk kepentingan melaporkan (*recording*), memperagakan (*displaying*), menganalisis (*analyzing*), dan secara umum untuk pemahaman saling hubungan (*interrelation*) dari bendabenda (*obyek*) secara keruangan (*spatial relationship*).

Untuk menambah pengetahuan keruangan (*spasial*) bagi penggunaannya merupakan tujuan umum dari semua peta. Peta dapat digunakan sebagai dasar analisis dalam pengambilan

keputusan, misalnya dibidang perencanaan pembangunan. Peta juga dapat digunakan sebagai suatu alat untuk menjelaskan rencana yang diajukan, menarik kesimpulan dari satu penelitian dan lain-lain. Dari pengertian peta di atas maka dapat disimpulkan bahwa pengecilan dari permukaan bumi atau benda angkasa yang digambarkan menurut ukuran geometris pada suatu bidang datar dengan simbol yang digeneralisir untuk mewakili kenampakan-kenampakan sebenarnya antara lain dengan penyederhanaan, klasifikasi, penghilangan, dan pembesaran inilah disebut peta.

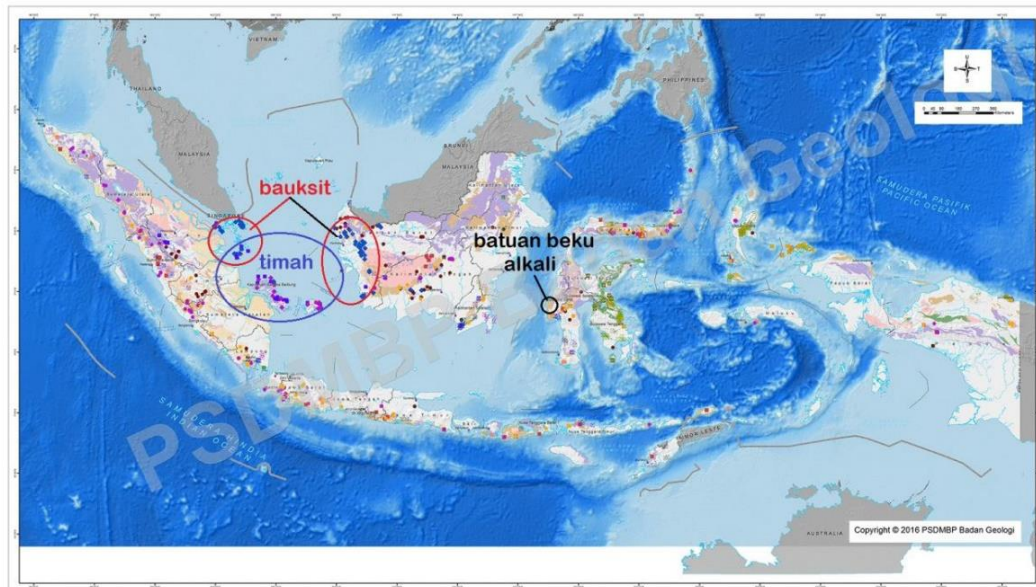
Saat ini sedang dikembangkan bahan bakar reaktor nuklir pengganti uranium oksida (UO_2) salah satunya dengan penggunaan senyawa thorium oksida. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi ketersediaan bahan baku uranium oksida yang lambat laun semakin menipis karena penggunaannya yang terus menerus untuk kebutuhan bahan bakar PLTN di dunia.

Thorium menjadi salah satu unsur kimia yang memiliki harapan besar untuk menjadi energi terbarukan. Mengingat saat ini di Indonesia mengalami kelangkaan sumber energi terutama yang berasal dari bahan bakar fosil semacam minyak bumi, gas, serta batu bara yang menjadi *supply* utama pembangkit tenaga listrik. Saat ini thorium sudah dikembangkan sebagai bahan bakar reaktor riset yang dikembangkan beberapa negara seperti China, India, Rusia, Jepang, Amerika dan Kanada. Sama dengan Indonesia, saat ini thorium masih dalam tahap pengembangan. Negara negara tersebut berusaha menjadikan thorium sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga nuklir yang nantinya diharapkan dapat mengganti uranium. Hal ini senada dengan yang diungkapkan oleh Bapak Hevry selaku Staff Bidang Iptekhan Balitbang Kemhan dalam wawancaranya

“Cina, itu yang dibuat dari barang cair sekarang lagi membangun reaktor demonya 2 megawatt. Tahun 2035 targetnya untuk reaktor demo yang kapasitasnya 100 an.

Sekarang kecil dulu untuk membuktikan teori-teori itu di eksperimenkan di reaktor yang sedang dibangun seperti kontes gitu untuk TMSR (Thorium Molten Salt Reactor). Nah ini diharapkan tahun 2035 sudah selesai dibangun dan beroperasi. Ini hanya untuk eksperimen saja untuk menguatkan teorinya nanti sebagai dasar jika punya data baru dia bangun yang besar.”

Dari informasi tersebut di dapatkan informasi bahwa Thorium terdapat pada lapisan granit tepatnya pada granit atas dari lithosfir dan berdasarkan proses pembentukannya sangat dipengaruhi oleh erosi geologis. Deposit thorium paling besar berada di daerah tropis dan sub tropis. Batuan mineral yang biasanya bergabung dengan uranium dan elemen tanah jarang inilah yang disebut Sumber thorium. Mineral seperti *monazite*, *thorite* dan *thorianite* merupakan kandungan terbesar yang ada pada thorium. Thorium yang berasal dari mineral *monazite*, *thorite* dan *thorianite* diperoleh melalui tahap eksplorasi, penambangan, pengolahan biji thorium dan pemurnian, serta lebih lanjut dipersiapkan untuk proses elemen bahan bakar nuklir. Kemudian, yang tersebar dalam lapisan bumi dalam bentuk batuan dan mineral, biasanya bercampur dengan uranium adalah uranium. Thorium jarang bercampur dengan unsur-unsur tanah, niobium dan tantalum oksida, silikat dan fosfat. Dalam deposit jenis vein, thorium berada sebagai *thorite* (*thorium silicate*) atau *thorianite* (thorium oksida). Peta keterdapatan thorium pada beberapa cebakan mineral dan batuan di Indonesia bisa dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 4.13 Peta Persebaran Thorium di Indonesia

(Sumber: BATAN, 2020)

Sementara peta persebaran mengenai torium dan uranium bisa dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.14. Peta Persebaran Thorium dan Uranium di Indonesia

(Sumber: BATAN, 2020)

Berdasarkan peta tersebut, persebaran thorium dan uranium paling banyak terdapat di Pulau Bangka dan Belitung. Provinsi Kepulauan Bangka Belitung ditetapkan sebagai provinsi ke-31 oleh Pemerintah Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang No. 27 Tahun 2000 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang sebelumnya merupakan bagian dari Provinsi Sumatera Selatan. Wilayah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung terdiri dari dua pulau besar yaitu Pulau Bangka dan Pulau Belitung serta pulau-pulau kecil. Ibukota provinsi ini adalah Pangkalpinang.

Provinsi Bangka Belitung terletak pada 104°50' sampai 109°30' Bujur Timur dan 0°50' sampai 4°10' Lintang Selatan, dengan batas-batas wilayah sebagai berikut: 1) Di sebelah Barat dengan Selat Bangka; 2) Di sebelah Timur dengan Selat Karimata; 3) Di sebelah Utara dengan Laut Natuna; 4) Di sebelah Selatan dengan Laut Jawa. Wilayah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung terbagi menjadi wilayah daratan dan wilayah laut dengan total luas wilayah mencapai 81.725,14 km². Luas daratan lebih kurang 16.424,14 km² atau 20,10 persen dari total wilayah dan luas laut kurang lebih 65.301 km² atau 79,90 persen dari total wilayah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

Kabupaten Bangka sendiri kaya akan SDA yang dapat diperbaharui maupun yang tidak dapat diperbaharui. Sumber daya alam (SDA) yang tidak dapat diperbarui antara lain timah dan kaolin, dan sumber tambang lainnya. Sedangkan SDA yang dapat diperbaharui meliputi hutan, pertanian (persawahan), perkebunan, perikanan dan peternakan. Berdasarkan hasil wawancara dari Bapak Syaeful Kepala Divisi Eksplorasi PTBGN diperoleh informasi sebagai berikut:

“Thorium ini kan sebenarnya inovasi di bidang sumber energi, entah itu nanti di bidang listrik ataupun dikembangkan di proposi. Di Indonesia sendiri ini belum

ada peminatnya. Sehingga terus terang saat itu kita memulainya dari bisnis study karena kita tau Indonesia mempunyai kandungan thorium yang ada di Bangka Belitung. Awalnya disitu di tahun 2015-2016. Di tahun 2015 sudah melaksanakan survei, tetapi tidak melulu tentang thorium, thorium hanya bagian-bagian saja sebenarnya. Sementara untuk informasi baru disurvei di pulau Bangka Belitung yang kurang lebih 170.000 ton. Cuma itu hanya asumsi belum melaksanakan eksplorasi.”

(Wawancara, 14 Desember 2020)

Berdasarkan data Badan tenaga nuklir dan nasional, Potensi thorium di Bangka mencapai 210.000-270.000 namun pemanfaatan thorium sebagai bahan bakar membutuhkan waktu yang lama. Sampai saat ini pemerintah hanya fokus pada pemanfaatan uranium. Kebijakan pemerintah Kabupaten Bangka dalam pembangunan berdasarkan Renstra (Rencana Strategi) Tahun 2010-2023 ke depan adalah dengan pengembangan sektor unggulan yang meliputi industri perikanan (terpadu), agro industri, industri maritim (perkapalan), serta industri pertambangan. Menjadikan wilayah kecamatan sebagai "basis pembangunan wilayah" dengan memanfaatkan SDA, SDM, sumber daya lingkungan dan sumber daya buatan (infra struktur), hal ini merupakan kebijakan pembangunan menurut visi dari Kabupaten Bangka dalam lima tahun ke depan. Kebijakan tersebut diharapkan menjadi pusat pertumbuhan ekonomi regional dan berkembang sesuai dengan karakteristik wilayah. Adapun jenis bahan tambang dan luas penambangan (konsesi) pada Kabupaten Bangka terbagi menjadi 8 poin, yaitu: 1) Timah darat 237.123,74; 2) Timah Laut 111.503,00; 3) Pasir Kuarsa 2.033,17; 4) Pasir Bangunan 602,48; 5) Kaolin 1.150,60; 6) Batu Granit 81,40; 7) Batu Diabas 24,00.

Thorium, dapat diperoleh dari pasir monasit yang merupakan limbah dari pertambangan timah di Kepulauan Bangka-Belitung. Sudah selayaknya pemisahan thorium dari logam tanah jarang (hidroksida) perlu dilakukan, selain dapat meningkatkan nilai tambah juga mengurangi bahan buangan. Hal ini mengingat nilai ekonomis dan cukup tersedianya cadangan pasir monasit di Indonesia. Kebijakan pembangunan dapat menciptakan kesinambungan pembangunan dengan memanfaatkan potensi sumber daya ekonomi daerah dan perlu berorientasi pada pertumbuhan ekonomi, pemerataan. Untuk kepentingan masyarakat yang dalam jangka panjang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat/penduduk. Maka, potensi sumber daya Kabupaten Bangka merupakan aset daerah yang harus dikelola dan dimanfaatkan secara arif, bijaksana dan seoptimal mungkin.

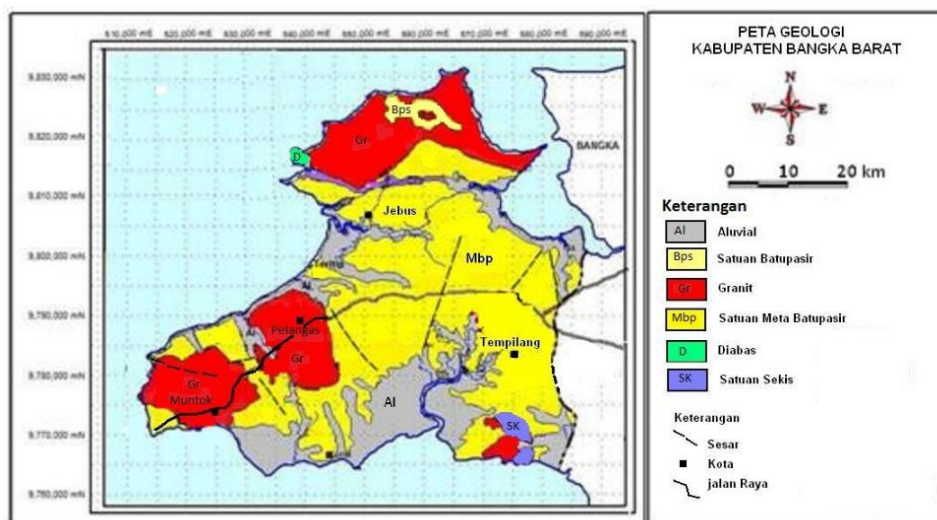
Pada tahun 2003 berdasarkan Undang-Undang Nomor 5 Tahun 2003 tanggal 23 Januari 2003 dilakukan pemekaran wilayah dengan penambahan 4 kabupaten yaitu Bangka Barat, Bangka Tengah, Bangka Selatan dan Belitung Timur. Thorium yang terdapat di Kepulauan Bangka tersebar dalam wilayah Bangka Barat. Hal ini senada dengan informasi yang disampaikan oleh narasumber seperti dalam catatan wawancara berikut

“Thorium memang benar ditemukan salah satunya di Bangka, tepatnya Kabupaten Bangka Barat. Bangka barat ini memang banyak juga sudah dilakukan pengambilan data. Seperti yang saya bilang di awal tadi kalau adanya di temukan di mineral monasit”

(Wawancara, 14 Desember 2020)

4.2.3.2 Daerah Penelitian

Adapun Peta geologi Bangka Barat dapat dilihat pada gambar berikut:



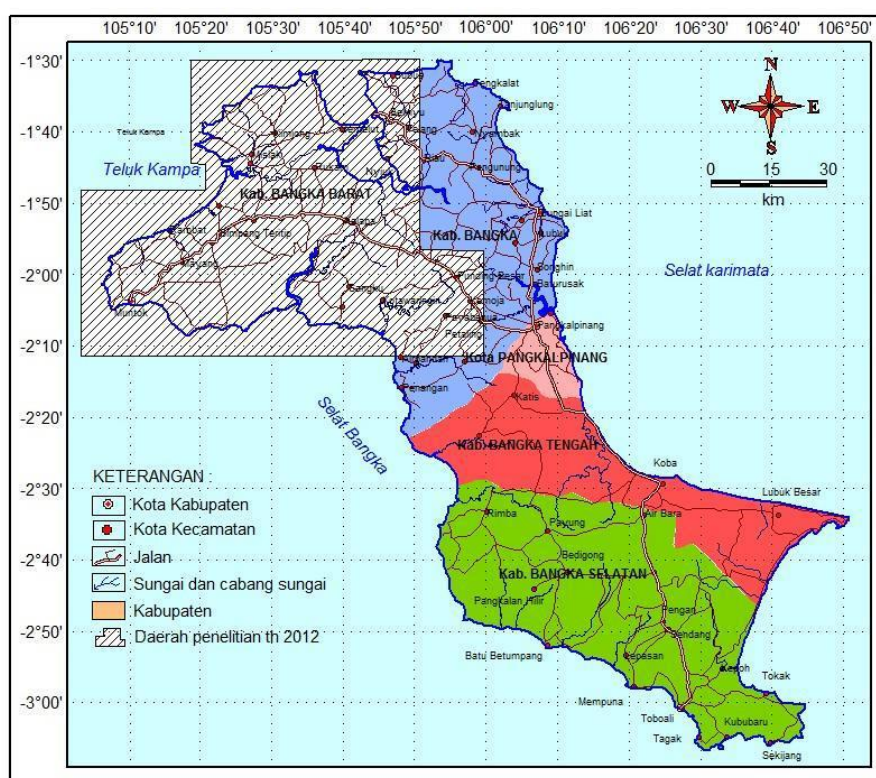
Gambar 4.15 Peta Geologi Bangka Barat

(Sumber: BATAN, 2020)

Secara topografi wilayah Kabupaten Bangka Barat terdiri dari rawa-rawa dengan hutan bakau, wilayah pantai landai berpasir, daratan rendah dan bukit-bukit dengan hutan lebat. Secara geografis, Kabupaten Bangka Barat terletak pada 1050 sampai 1060 bujur timur dan 10 sampai 20 lintang selatan. Daerah ini terletak di bagian barat Pulau Bangka dengan batas-batas wilayah sebagai berikut: 1) sebelah barat dengan Selat Bangka; 2) sebelah timur dengan Kab Bangka; 3) sebelah utara dengan Laut Natuna; 4) sebelah selatan dengan Selat Bangka.

Kabupaten Bangka Barat merupakan daerah yang strategis ditinjau dari sudut geografisnya serta menjadi pintu gerbang masuknya barang dan penumpang dari Pulau Sumatera yang melewati laut. Hal ini dikarenakan posisi Kabupaten Bangka Barat dekat dengan Pulau Sumatera. Seluruh wilayah daratan Kabupaten Bangka Barat berada di Pulau Bangka dengan total luas wilayah lebih kurang 2.883,70 Km² atau 288.370 Ha. Wilayah daratan terbagi dalam enam kecamatan, yaitu Kecamatan Kelapa dengan luas wilayah 573,80 Km², Kecamatan Tempilang dengan luas wilayah 461,02 Km², Kecamatan Muntok dengan luas wilayah

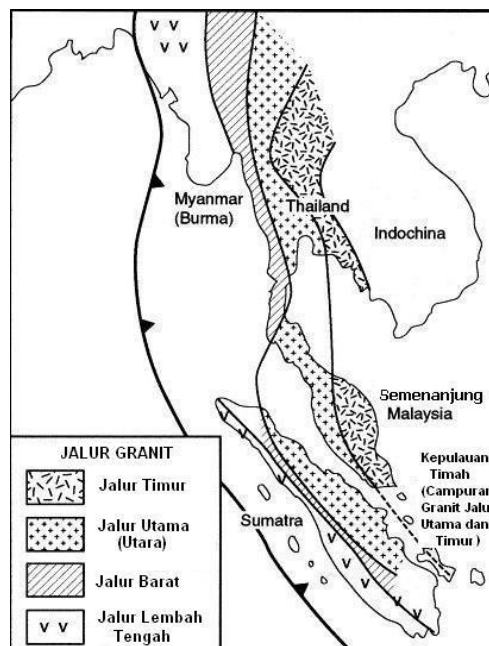
505,94 Km², Kecamatan Simpang Teritip dengan luas wilayah 637,35 Km², Kecamatan Jebus dengan luas wilayah 351,93 Km² dan Kecamatan Parittiga dengan luas wilayah 354,11 Km². Kecamatan Simpang Teritip merupakan wilayah kecamatan terluas di Kabupaten Bangka Barat dengan persentase mencapai 22,10 persen, sedangkan kecamatan yang memiliki luas terkecil adalah Kecamatan Jebus dengan persentase sebesar 12,20 persen. Peta penelitian pada Bangka Barat bisa dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.16. Peta Penelitian Bangka Barat

(Sumber: BATAN, 2020)

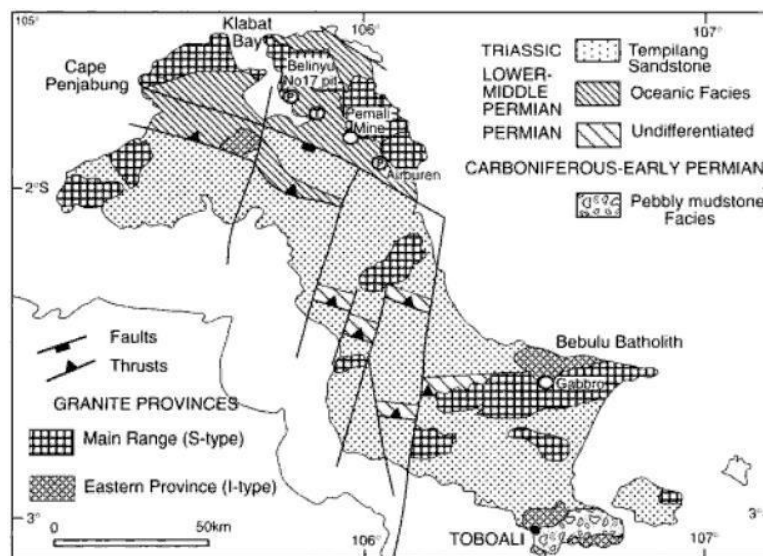
Di Kabupaten Bangka Barat sendiri potensi terbesarnya adalah Granit. Di dalam granit terdapat monasit sementara dalam monasit terkandung thorium. Penyebaran granit pada jalur timah bisa dilihat pada peta berikut ini:



Gambar 4.17 Peta Persebaran Granit
(Sumber: BATAN, 2020)

Di Pulau Bangka terdapat cukup banyak singkapan batuan granit, yaitu granit Menumbing, Pelangas, Jebus yang terdapat di Kabupaten Bangka Barat, granit Pemali terdapat di Kabupaten Bangka, Mangol di Pangkal Pinang, granit Bebuluh di Kabupaten Bangka Tengah, dan granit Gadung di Kabupaten Bangka Selatan. Pulau Bangka pada saat ini membentuk suatu morfologi yang hamper datar atau peneplain dikarenakan penyebaran granit-granit tersebut cukup luas dan tingkat pelapukan pada granit-granit tersebut berjalan sangat intensif. Dengan dua kondisi granit tersebut yaitu pelamparan granit cukup luas dan telah mengalami pelapukan tingkat lanjut maka diharapkan granit-granit di pulau Bangka menjadi granit potensial thorium. Berdasar teori tektonik lempeng dan perbedaan komposisi geokimia batuan, granit dapat dibedakan 2 tipe yaitu granit tipe I (*igneous*) dan tipe S (*sedimentary*). Granit tipe S umumnya mengandung uranium lebih tinggi dari pada tipe I karena kerak benua pembentuk granit tipe S mengandung material lempung dan sisasisa organik yang dapat

menyerap uranium. Berikut disajikan peta persebaran granit tipe S dan I:



Gambar 4.18 Peta Persebaran Granit tipe S dan I

(Sumber: BATAN, 2020)

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa kadar thorium pada batuan granit Gadung (Bangka Selatan) 76 ppm, granit Bebuluh (Bangka Tengah) 23,33 ppm, granit Mangol (Pangkal Pinang) 42 ppm dan granit Pemali (Bangka) 35,40 ppm, granit Jebus 85,96 ppm, granit Pelangas 66,73 ppm dan granit Menumbing 67,03 ppm (dari Bangka Barat). Secara umum granit telah mengalami pelapukan tingkat lanjut yang dicirikan oleh tanah hasil pelapukan granit yang berwarna abu-abu kecoklatan hingga coklat kemerahan sangat tebal (mencapai 20 meter), seperti yang dijumpai di daerah desa Menjelang Bangka Barat. Hal ini merupakan hasil pengamatan kondisi fisik seluruh batuan granit di lapangan. Morfologi pulau Bangka yang telah berbentuk morfologi hampir datar hingga bergelombang rendah atau disebut peneplain yang terbentuk karena proses pelapukan, erosi dan denudasi selama beberapa juta tahun yang lalu. Hal tersebut jika ditinjau secara regional tingkat pelapukan di pulau Bangka dianggap sangat lanjut. Berikut ini disajikan data mengenai kolom stratigrafi Bangka

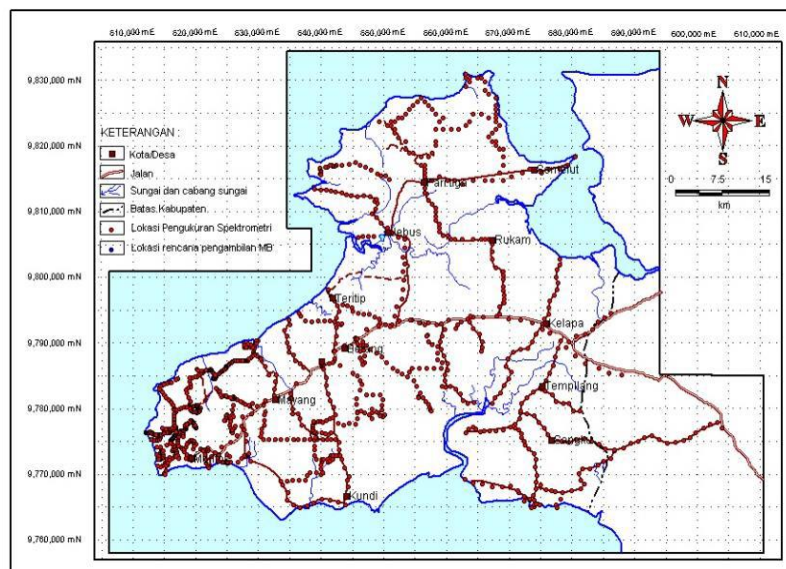
Barat:

Tabel 4.2 Stratigrafi Bangka Barat

Era	Jaman	Kala	Batuan Sedimen	Batuan Malihan	Batuan Beku	Keterangan
K E N O Z O I K U M	K U A R T E R	Holosen	Al			Ahrial Tersusun oleh material lepas berukuran bongkah, kerakal, kerikil, pasir, lempung serta gambut.
		Plistosen				
	T E R S I E R	Pliosen	Bps			Satuan Batupasir Satuan ini tersusun oleh perselingan batupasir, batulempung, batulempung tufan dengan sisipan tipis batulanau.
		Miosen				
		Oligosen				
		Eosen				
		Paleosen				
	M E S O Z O I K U M	KAPUR				Terobosan Granit Terdiri dari granit Memumbing, granit Pelangas, granit Jebus dan granit Tempilang.
		YURA			Gr	
		TRIAS	Mbp			Satuan Meta Batupasir Satuan meta batupasir tersusun oleh perselingan meta batupasir, batupasir, batupasir lempungan dan batulempung.
P A L E O Z O I K U M		PEREM			D	Terobosan Diabas Diabas berwarna abu-abu kehijauan
		KARBON		SK		Satuan Sekis Satuan sekis terdiri dari sekis dan filit

(Sumber: BATAN, 2020, dimodifikasi dari Andi Mangga dan Djamal),2014

Berdasarkan tabel tersebut didapatkan informasi mengenai letak susunan granit pada material tanah yang anda di Bangka Barat. Granit yang didalamnya terkandung thorium berada pada susunan batuan beku dan terdiri dari granit, menumbing, granit pelangas, granit jebus, dan granit tempilang. Granit pada Kabupaten Bangka Barat memiliki beragam kadar. Kadar Thorium pada Batuan Granit dari Kabupaten Bangka Barat bisa dilihat pada peta berikut ini:



Gambar 4.19 Peta Kadar Thorium pada Batuan Granit Bangka Barat
(Sumber: BATAN, 2020)

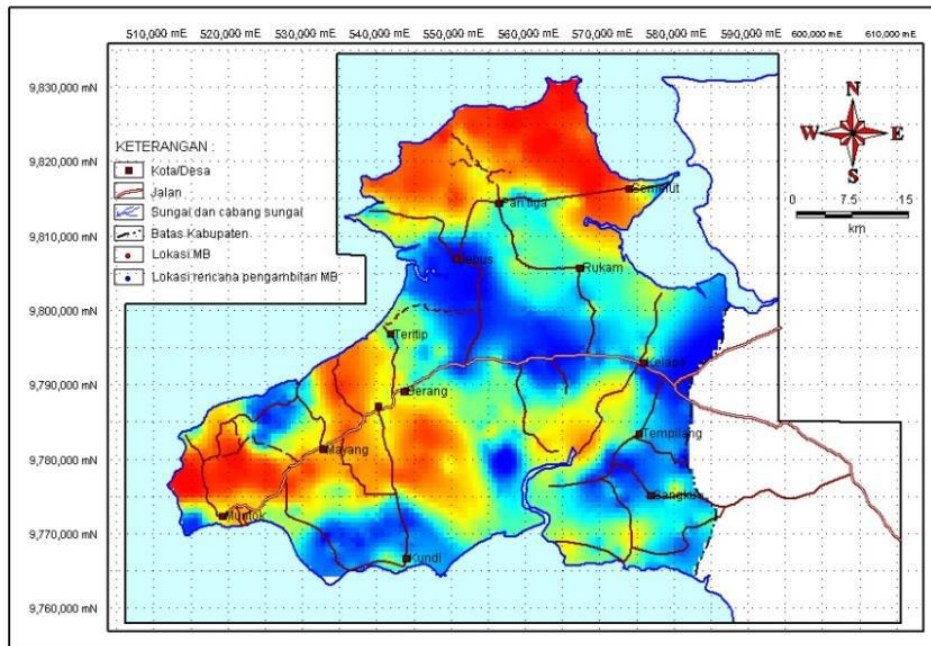
Hasil analisis laboratorium dari 25 sampel mineral berat granit Jebus diperoleh kadar thorium berkisar antara 22,6 - 142,2 ppm dan kadar rata-rata 82,95 ppm

Tabel 4.3 Kadar Granit di Bangka Barat

Kode	Th (ppm)	Kode	Th (ppm)	Kode	Th (ppm)	Kode	Th (ppm)
1	82,2	8	97,8	15	104,8	22	64,8
2	92,2	9	118	16	71,4	23	61,8
3	88,0	10	95,8	17	74,4	24	46,2
4	90,6	11	96,8	18	64,0	25	50,4
5	96,4	12	94,8	19	45,6		
6	142,2	13	95,6	20	45,0		
7	102,6	14	129,6	21	22,6		
Kadar Rata-rata							82,95

(Sumber: BATAN, 2020)

Peta Iso Kadar thorium bisa dilihat pada gambar berikut ini:

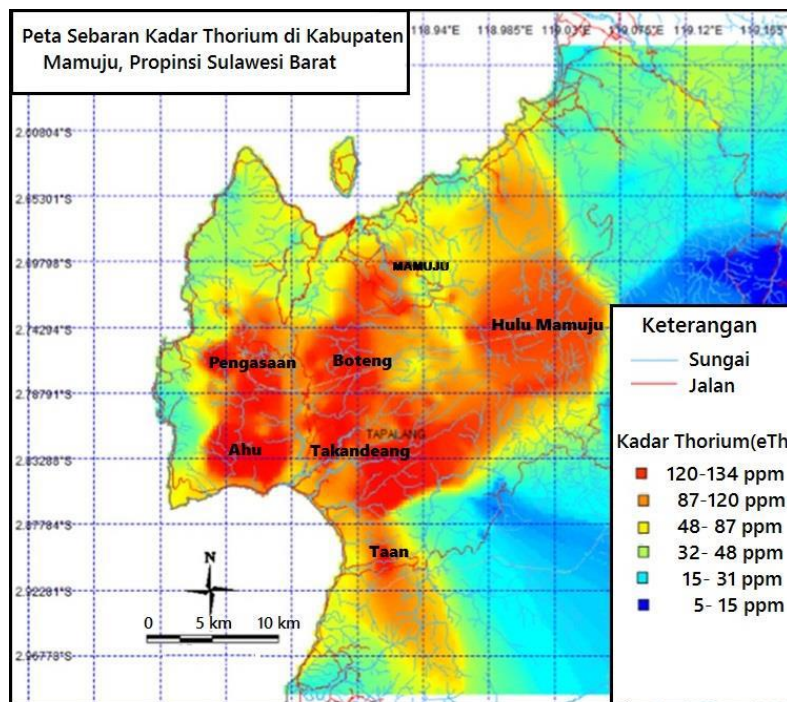


Gambar 4.20. Peta Iso Kadar thorium
(Sumber: BATAN, 2020)

Selain di Bangka Barat potensi yang besar mengenai thorium diperoleh dari Kabupaten Mamuju. Hal ini senada dengan yang diungkapkan dalam wawancara pada pihak PTBGN:

“Selain Bangka Barat, potensi daerah yang dinilai cukup mampu memenuhi kebutuhan thorium sejauh ini adalah Mamuju. Disana kami sudah melakukan riset mengenai keberadaan thorium dengan pemboran di beberapa titik”

Mamuju merupakan ibukota Provinsi Sulawesi Barat hasil pemekaran dari Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2004 berdasarkan UU No. 26 Tahun 2004, dengan luas daerah sekitar 16.796,19 km². Beberapa kecamatan di Kabupaten Mamuju merupakan daerah yang memiliki nilai laju dosis radiasi (radioaktivitas) tinggi, yaitu antara 100-2.800 nSv/jam. Berikut ini disajikan peta persebaran thorium di Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat:

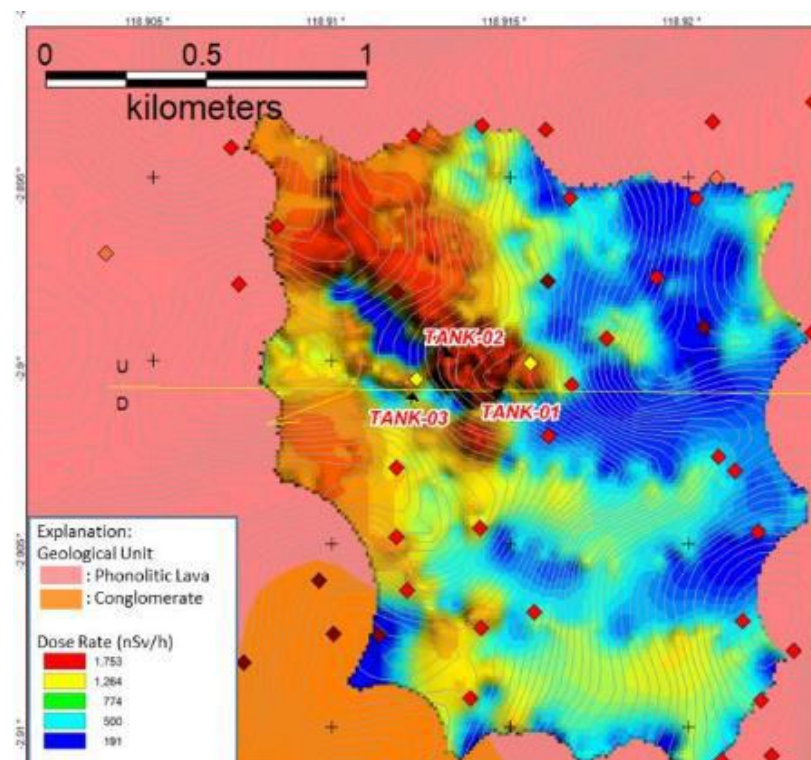


Gambar 4.21. Peta persebaran thorium di Kabupaten Mamuju
Sulawesi Barat

(Sumber: BATAN, 2020)

Berdasarkan peta geologi daerah Mamuju (Gambar 4.21), daerah penelitian secara umum tersusun oleh kelompok batuan gunung api dan batuan sedimen muda. Berdasarkan data geologi regional, sebagian besar batuan gunung api yang terdapat di daerah penelitian adalah kelompok batuan gunung api Adang kompleks Tapalang berupa lava dan breksi vulkanik. Batuan sedimen muda didominasi oleh produk klastika gunung api dan batuan karbonat. Satuan tertua adalah satuan batugamping kristalin yang diperkirakan memiliki umur hampir sama dengan batuan gunung api. Sedimen yang lebih muda adalah batuan konglomerat gunung api yang terbentuk dari hasil rombakan atau longsoran batuan gunung api yang bersifat grain supported. Selanjutnya dalam satuan batugamping terumbu yang mudah dijumpai di daerah dekat pantai. Batuan yang tersingkap dengan elevasi yang cukup tinggi merupakan penciri terjadinya pengangkatan. Satuan selanjutnya merupakan endapan sedimen muda yang belum

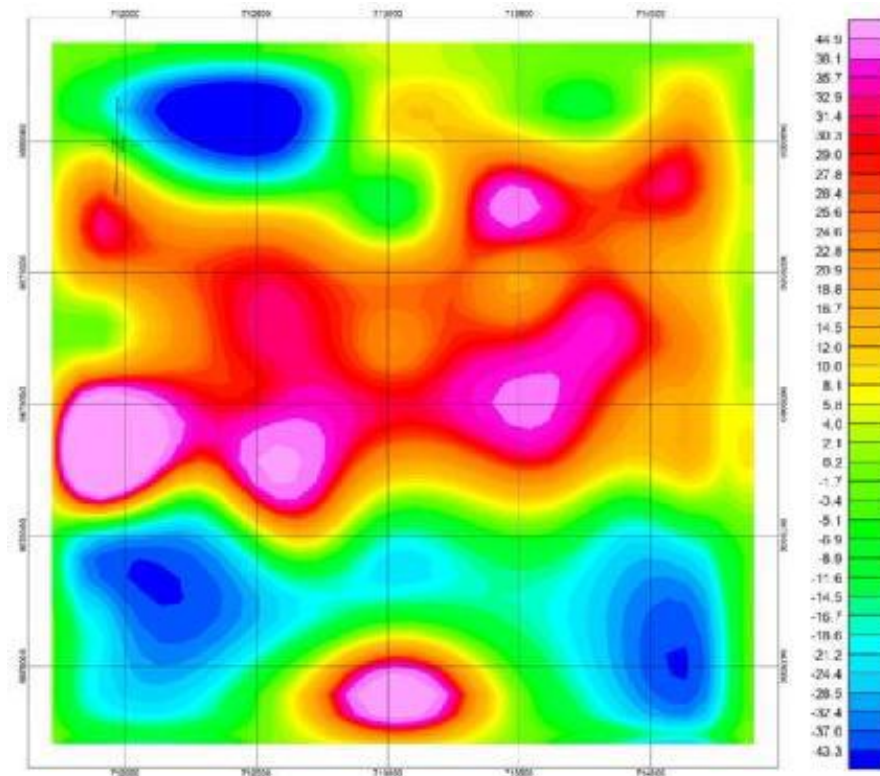
merupakan langkah awal yang dilakukan saat mengolah data citra satelit. Untuk menghilangkan gangguan yang ditimbulkan oleh kesalahan sistem optik pada sensor, gangguan atmosfer, dan pengaruh sudut elevasi matahari, maka dilakukan koreksi radiometrik. Kalibrasi radiometrik untuk mengubah data pada citra yang disimpan dalam bentuk digital number (DN) menjadi *radiance* atau *reflectance*. Berikut ini disajikan gambar mengenai peta persebaran thorium dari metode radiometrik:



Gambar 4.24 Peta Persebaran Thorium dari Metode Radiometrik
(Sumber: BATAN, 2020)

Selain radiometrik, persebaran thorium juga bisa dilihat menggunakan metode geomagnetik. Metode geomagnetik merupakan metode geofisika yang memanfaatkan sifat kemagnetan bumi. Pada metode ini, bumi diyakini sebagai batang magnet raksasa tempat medan magnet bumi dihasilkan. Adanya medan magnet bumi pada bagian bumi tertentu disebut anomali magnet yang dipengaruhi oleh suseptibilitas batuan dan remanen

megnetiknya. Menurut sifat kemagnetannya, batuan terbagi atas batuan *diamagnetik*, *paramagnetik*, *ferromagnetik*, *ferrimagnetik*, *antiferromagnetic*.



Gambar 4.25 Peta Persebaran Thorium Dari Metode Geomagnetik
(Sumber: BATAN, 2020)

Dalam rangka pertahanan dan keamanan Negara, Thorium digadang gadang dapat menggantikan peran batu bara yang dalam persediannya beberapa tahun lagi akan habis. Salah satu langkah nyata yang telah diambil pemerintah adalah melakukan kerjasama dengan ThorCon International, Pte. Ltd untuk mengembangkan *Thorium Molten Salt Reactor* (TMSR) untuk pertahanan negara. Hal ini juga senada yang diungkapkan oleh narasumber dalam catatan wawancara

“Saya rasa pemerintah Indonesia juga menyadari potensi ini. Mereka juga tidak hanya berdiam diri kan. Pemerintah mengambil keputusan untuk bekerja sama

dan melakukan riset dengan Thorcon. Yang mana Thorcon ini sendiri basisnya di Amerika ya. Rencananya Thorcon akan memperkenalkan tenaga yang bentuknya cair melalui 2 tahap. Jadi nggak langsung di pakai gitu. Pertama nantinya di uji dulu 500 MW kemudian pengurusan izin lisensi. Langkah keduanya nantinya setelah disetujui bakalan ada bantuan supply 3 GW tenaga listrik yang murah tapi bisa diandalkan. Tujuannya apa? Ya supaya perekonomian Indonesia ini maju dan mendukung pertahanannya”
(Wawancara, 14 Desember 2020)

Pertahanan negara merupakan segala usaha untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah sebuah negara dan keselamatan segenap bangsa dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara. Upaya mempertahankan keamanan negara membutuhkan peran 3 komponen yang terdiri dari komponen utama yakni TNI, komponen cadangan serta komponen pendukung yang terdiri dari sumber daya nasional yakni SDM, sumber daya alam dan sumber daya buatan. Ryamizard Ryacudu menyatakan bahwa ancaman nyata bagi Indonesia bukanlah perang melainkan ancaman dari dalam yakni terorisme dan bencana alam.

Kaitanya dengan bencana alam, hampir setiap tahun di Indonesia terjadi bencana alam entah itu banjir, tanah longsor, maupun gunung Meletus. Dalam hal ini pemerintah memerlukan peran TNI untuk membantu para korban bencana. faktor kecepatan penanganan menjadi penentu dan penting untuk diperhitungkan. Mulai dari pengiriman bantuan berupa personel guna evakuasi, hingga penyaluran logistik, makanan, minuman dan obat-obatan akan ditunggu-tunggu kedatangannya untuk penanganan bencana. Faktor kecepatan inilah yang perlu di dukung oleh alat transportasi

baik dari darat, laut dan udara yang sangat canggih dan memadai, sehingga kiriman bantuan bisa di salurkan tanpa menunggu waktu yang lama.

Keberadaan Thorium di Balitbang Kemhan telah sejalan dengan kebijakan kementerian ESDM yang mengamanatkan perlunya langkah nyata menyiapkan proyek pembangunan PLTN mengingat sumber energi fosil semakin langka. Hal ini juga sempat diisnggung narasumber dalam wawancara yang dilakukan

“Saya rasa Indonesia di masa depan jika Thorium ini memang betul-betul dikembangkan dan diberikan akses untuk semakin diperluas diberbagai daerah. Dalam artiannya itu gini ya mbak, Thorium tidak hanya didirikan di lokasi yang memang banyak didapatkan Thorium saja, melainkan merata. Di hampir tiap pulau ada. Maka dengan begitu kita tidak akan lagi bergantung dengan batu bara. Soalnya gimana ya mbak. Batu bara itu tidak ramah lingkungan. Banyak permainan politinya dibelakang. Lalu jika menyinggung soal ongkos produksi ya batu bara itu mahal mbak. 2 ton itu setara dengan 2 gram nya uranium. Itu murah sekali kan mbak jika dihitung. Ini juga nantinya bisa bertahan hingga 2 tahun. Murah pokoknya. Tapi yang memang harus invest di awal. Mahal pembangunan reaktornya itu.”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

TMSR yang dikembangkan merupakan salah satu upaya pemerintah melakukan pertahanan negara, karena nantinya pengembangan reactor TSMR akan ditempatkan secara khusus di wilayah Indonesia tertinggal, terdepan terluar. Melalui hal ini harapannya Indonesia bisa menjadi negara besar dan kuat mengingat Indonesia juga memiliki kekayaan sumber daya yang berlimpah seperti pulau yang jumlahnya belasan ribu.

4.2.4 Kebijakan Industri Pertahanan Indonesia Terhadap Potensi Thorium

4.2.4.1 Sejarah Hukum

Sejarah mencatat industri strategis di Indonesia telah berkembang sejak masa pemerintahan kolonial Belanda. Pada waktu itu, ada beberapa industri strategis milik Pemerintah Kolonial Belanda yang bertugas memasok kebutuhan senjata mereka, di antaranya NV de Broom (1865), NV de Vulcaan (1913), NV de Industrie (1887), NV Braat (1901), dan NV Molenvliet (1920). Setelah Indonesia memproklamasikan kemerdekaan, sebagian besar perusahaan tersebut dinasionalisasi menjadi perusahaan nasional (PN) pada masa Kabinet Djuanda, di antaranya adalah PN Boma, PN Bisma, PN Indra, PN Barata, PN Sabang Merauke, PN Peprida. Pada tahun 1960-an, pemerintah menggalakkan pengembangan industri dan manufaktur, di mana kemudian perusahaan-perusahaan nasional tersebut berkembang menjadi BBI (Boma Bisma Indra) (1971), Barata Indonesia (1971), Krakatau Steel (1971), Inti (1974), PAL Indonesia (1980), Pindad (1983), LEN Industri (1992), Dahana (1973), dan sebagainya. Hal serupa juga diungkapkan dalam keterangan yang disampaikan narasumber

“Indonesia sejak tahun 65 itu sudah mengembangkan industry strategis. Tapi waktu Indonesia masih berada dalam cengkaman bangsa asing pun, bangsa asing disini Belanda ya. Itu sebenarnya sudah ada semacam perusahaan milik Belanda yang fungsinya memasok keperluan senjata. Nah perusahaan milik Belanda tersebut lalu di ubah menjadi perusahaan nasional. Informasi tentang perusahaannya bisa lah nanti dicek di internet ya”

(Wawancara, 07 Desember 2020)

Sepanjang tahun 1980-an, pola manajemen industri strategis yang lebih terintegrasi mulai dibangun pemerintah. Awal tahun 1980-an, dibentuklah TPIH (Tim Pengkajian Industri Hankam), dilanjutkan dengan TPPIS (Tim Pelaksana Pengkajian Industri Strategis). Kedua tim ini kemudian menghasilkan rekomendasi pembentukan BPIS (Badan Pengelola Industri Strategis) melalui Keppres No 44/1989 untuk melakukan pembinaan dan pengembangan 10 industri strategis nasional yang terdiri dari DI, PAL, Pindad, Dahana, LEN, Krakatau Steel, INKA, Inti, dan Barata BBI. Setelah krisis moneter 1998, melalui Peraturan Pemerintah No 35/1998, industri strategis nasional itu dilebur dalam holding company PT Bahana Pakarya Industri Strategis (BPIS) untuk mengonsolidasikan orientasi bisnis dan korporasi. Akhirnya, PT BPIS dibubarkan pemerintah pada tahun 2002 dan industri strategis nasional tersebut berubah menjadi perseroan yang berada di bawah Kementerian BUMN.

Fungsi pertahanan dan keamanan dengan dukungan alutsista belum memadai dari segi kualitas maupun kuantitas. Alutsista TNI jauh dari kondisi memadai. Kemampuan pertahanan matra darat saat ini bertumpu pada kendaraan tempur (Ranpur) berbagai jenis, dengan kondisi siap operasi sekita 60%, dan pesawat terbang sekitar 50%. Kebutuhan alat komunikasi juga masih rawan penyadapan. Kemampuan matra laut masih kurang ditambah dengan kondisi Kapal Republik Indonesia (KRI), kekuatan pemukul yaitu kapal selam, kapal perusak kawal rudal, kapal cepat roket, kapal cepat torpedo, kapal penyapu ranjau, relatif telah berusia tua. Usia pakai perusaka kawal rudal dan kapal cepat roket melebihi usia 22 tahun. Sementara kapal cepat torpedo dan kapal buru ranjau relatif muda yaitu 16 tahun. Kondisi KRI kekuatan patroli relatif dengan usia pakai 20 hingga 40 tahun. Jumlah alutsista TNI AU juga terbatas dengan kondisi kesiapan yang rendah. Hanya 11 pesawat dari 23 pesawat angkut udara yang

dimiliki TNI AU. Kekuatan pesawat tempur hanya 28% secara keseluruhan dalam kondisi siap beroperasi. Ruang radar Indonesia yang belum terpantau radar (blank spot) juga masih sangat luas. Kondisi tersebut berakibat pada penyelesaian kasus-kasus sengketa wilayah perbatasan, pelanggaran kedaulatan wilayah udara maupun pelanggaran wilayah batas perairan laut oleh kapal perang maupun kapal lain negara asing. Demikian juga terhadap economic international crime yang belum bisa diatasi secara maksimal. Sebagian besar alusista bergantung pada produk negara lain yang berpengaruh pada optimalisasi operasional dan kerawanan embargo maupun larangan politik negara produsen.

4.2.4.2 Kebijakan Negara Terkait Perkembangan Industri Pertahanan Masa Pertama

Keputusan Presiden Nomor 59 Tahun 1983 tentang Pembentukan Dewan Pembina dan Pengelola Industri-Industri Strategis dan Industri pertahanan Keamanan menjadi tonggak pembentukan industry pertahanan di Tanah Air. Bernaung di dalamnya suatu wadah yang disebut badan usaha milik negara industry strategis (BUMNIS), yng mandiri dan secara politis padanya termaktub kepentingan pertahanan. Beleid ini menetapkan industry pertahanan bidang kedirgantaraan ditangani PT Dirgantara Indonesia (dulu PT IPTN), bidang kemaritiman ditangani PT PAL, bidang persenjataan dan amunisi ditangani PT PIndad, dan bidang bahan peledak ditangai PT Dahana. Keempat industry strategis terssebut merupakan bagian dri sepuluh industry strategi, yang juga meliputi PT Inka (Industri Kereta Api), PT Inti di bidang telekomunikasi, PT Kraktau Steel (baja), PT Boma Bisma Indra (container dan peralatan ekspor), PT Barata (mesin disesel), dan PT LEN (elektronik) (Karim, 2014:98).

4.2.4.3 Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian

Menurut Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian, dijelaskan bahwa industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan/atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri. Rancang bangun industri adalah kegiatan industri yang berhubungan dengan perencanaan pendirian industri / pabrik secara keseluruhan atau bagian-bagian. Perekayasaan industri adalah kegiatan industri yang berhubungan dengan perancangan dan pembuatan mesin/peralatan pabrik dan peralatan industri lainnya.

Istilah industri sering diidentikkan dengan semua kegiatan ekonomi manusia yang mengolah barang mentah atau bahan baku menjadi barang setengah jadi atau barang jadi. Dari definisi tersebut, istilah industri sering disebut sebagai kegiatan manufaktur (manufacturing). Padahal, pengertian industri sangatlah luas, yaitu menyangkut semua kegiatan manusia dalam bidang ekonomi yang sifatnya produktif dan komersial. Karena merupakan kegiatan ekonomi yang luas maka jumlah dan macam industri berbeda-beda untuk tiap negara atau daerah. Pada umumnya, makin maju tingkat perkembangan perindustrian di suatu negara atau daerah, makin banyak jumlah dan macam industri, dan makin kompleks pula sifat kegiatan dan usaha tersebut. Cara penggolongan atau pengklasifikasian industri pun berbeda-beda. Tetapi pada dasarnya, pengklasifikasian industri didasarkan pada kriteria yaitu berdasarkan bahan baku, tenaga kerja, pangsa pasar, modal, atau jenis teknologi yang digunakan. Selain faktor-faktor tersebut, perkembangan dan pertumbuhan ekonomi suatu negara juga turut menentukan keanekaragaman industri negara tersebut, semakin besar dan kompleks kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi, maka semakin beranekaragam jenis industrinya.

4.2.4.4 Kebijakan Negara terkait Revitalisasi Industri Pertahanan

Perumusan kebijakan nasional yang bersifat strategis di bidang industri pertahanan yang meliputi kebijakan dalam penelitian, pengembangan dan perekayasaan, pendanaan, strategi pemasaran, pembinaan pemberdayaan, peningkatan sumber daya manusia, dan kerjasama luar negeri dalam industri pertahanan.

Berdasarkan Peraturan Presiden No. 42 tahun 2010 tentang KKIP pada pasal 3 ayat 1 berisi: komite kebijakan industri pertahanan bertugas untuk (a) merumuskan kebijakan nasional yang bersifat strategis di bidang industry pertahanan, (b) mengoordinasikan pelaksanaan dan pengendalian kebijakan nasional industry pertahanan, (c) mengoordinasikan kerja sama luar negeri dalam rangka memajukan dan mengembangkan industri pertahanan, dan (d) melaksanakan pemantauan dan ebaluasi pelaksanaan kebijakan industri pertahanan. Dalam ayat 2 berbunyi: perumusan kebijakan nasional bersifat strategis di bidang industri pertahanan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf (a) meliputi kebijakan dalam penelitian, pengembangan dan perekayasaan, pendanaan, strategi pemasaran, pembinaan, pemberdayaan, peningkatan SDM dan kerja sama luar negeri dalam industri pertahanan (Hartanto, 2013:25).

Pemerintah melakukan percepatan pemenuhan kebutuhan kekuatan alutsita TNI yang merupakan prasyarat agar dapat melaksanakan tugas pokoknya. Dalam rangka hal tersebut Menteri Pertahanan menyusun kerangka kebutuhan tambahan pendanaan untuk tahun anggaran 2010-2014 paling banyak sebesar 57 triliun rupiah. Dari jumlah tersebut, sebesar 7 triliyn rupiah telah dialokasikan dalam Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran Kementerian Pertahanan tahun anggaran 2010.

Kerangka pemenuhan kebutuhan alutsista disusun dengan berpedoman pada peraturan perundang-undangan serta prinsip-prinsip transparansi, akuntabilitas, efisiensi, dan kehati-hatian. Pemenuhan kebutuhan alutsista TNI dilakukan dengan mengutamakan penggunaan produk nasional dalam rangka revitalisasi industri pertahanan dalam negeri.

Menteri Pertahanan menyusun daftar kebutuhan alutsista TNI dan disampaikan kepada Menteri Keuangan dan Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala Bappenas, yang sekurang-kurangnya memuat informasi mengenai:

1. Jenis dan spesifikasi teknis/jumlah pengadaan barang dan jasa;
2. Harga untuk setiap unit pengadaan barang dan jasa;
3. Negara produsen barang dan jasa;
4. Alih teknologi/produksi Bersama untuk kepentingan pengembangan industri pertahanan dalam negeri;
5. Sifat pengadaan barang dan jasa; dan
6. Rencana pengadaan dan perkiraan kebutuhan anggaran dalam setiap tahun.

Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala Bappenas menilai daftar kebutuhan sebagai bagian dari RKP dan RPJMN yang kemudian disampaikan kepada Menteri Keuangan. Menteri Keuangan menetapkan sumber pendanaan untuk membiayai pemenuhan kebutuhan tersebut. Hal ini dilakukan melalui mekanisme APBN dan menjadi bagian dari indikasi bagi Kemhan pada setiap tahun anggaran. Menteri Pertahanan mengatur tata cara penelenggara pemenuhan kebutuhan alutsista TNI, baik yang berasal dari produksi dalam negeri maupun produksi luar negeri, dengan mempertimbangkan upaya perbaikan mekanisme perencanaan, peningkatan kemampuan penyerapan anggaran, dan akuntabilitas pengelolaan anggaran. Menteri

Pertahanan menyampaikan laporan kepada Presiden mengenai pencapaian kekuatan pokok minimal alutsista setiap semester pada tahun anggaran berjalan dengan tembusan kepada Menteri Keuangan dan Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala Bappenas. Selanjutnya laporan tersebut dievaluasi guna memproyeksikan kesinambungan pemenuhan kebutuhan pada tahun anggaran berikutnya (Hartanto, 2013:25).

1) Undang-Undang RI Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan

Industri pertahanan merupakan bagian dari Industri nasional (pemerintah maupun swasta) yang produknya baik secara sendiri maupun kelompok, termasuk jasa pemeliharaan dan perbaikan, atas penilaian pemerintah dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pertahanan negara. Industri pertahanan, juga disebut industri militer, terdiri dari pemerintah dan industri komersial yang terlibat dalam penelitian, pengembangan, produksi, dan pelayanan peralatan dan fasilitas militer.

Industri pertahanan adalah sebagian dari tatanan industri nasional yang secara khusus memiliki kemampuan ataupun potensi yang dapat maupun dikembangkan untuk menghasilkan produk berupa sistem senjata, peralatan dan perlengkapan, dukungan administrasi/logistik ataupun jasa-jasa bagi kepentingan penyelenggaraan pertahanan negara.

Kriteria Industri Pertahanan yang telah ditetapkan oleh KKIP adalah sebagai berikut:

1. Industri pertahanan merupakan bagian dari industri nasional dan tergolong dalam kelompok industri strategis;
2. Industri pertahanan bersumber dari potensi industri nasional, baik milik pemerintah maupun swasta;
3. Industri pertahanan berkemampuan menghasilkan sistem senjata, peralatan dan dukungan logistik serta jasa-jasa bagi

kepentingan pertahanan, disamping itu mampu menghasilkan produk-produk komersial dalam rangka mendukung pertumbuhan ekonomi nasional;

4. Industri pertahanan dalam pengelolaannya tidak terlepas dari prinsip-prinsip ekonomi yang berlaku;
5. Industri pertahanan harus mampu mengkonversikan/menstransformasikan kapasitas dan kapabilitas produksinya secara cepat selaras dengan tuntutan kebutuhan pertahanan khususnya dalam keadaan darurat/perang;
6. Industri pertahanan merupakan sandaran utama penyelenggaraan mobilitas industri dalam keadaan darurat perang;
7. Industri pertahanan atau setidaknya industri pendukung administrasi dan logistik harus diupayakan tersebar diseluruh wilayah nasional;
8. Industri pertahanan dikembangkan secara bertahap sesuai perkembangan postur Angkatan Bersenjata (TNI/Polri) dan tuntutan perkembangan teknologi sistem senjata;
9. Industri pertahanan harus mampu berperan dalam mengurangi ketergantungan dari luar negeri dibidang pemenuhan kebutuhan sarana pertahanan (Alpalhankam).
10. Industri pertahanan harus didukung oleh kemampuan RDT & E (Research Development Test & Evaluation) yang tangguh dan konsisten terhadap perkembangan iptek.

Industri pertahanan dapat terdiri dari industri milik pemerintah (BUMN) maupun milik swasta. Kelompok industri adalah bagian-bagian utama kegiatan industry, yaitu:

1. Kelompok industri hulu atau juga disebut kelompok industri dasar;
2. Kelompok industri hilir kelompok industri kecil.

Industri pertahanan harus mengembangkan dua jalur produksi, yaitu jalur memproduksi barang-barang umum dan memproduksi kebutuhan pertahanan negara. Perbandingan kapasitas antara jalur pertama dengan jalur kedua tergantung pada situasi yang dihadapi. Dalam keadaan damai jalur pertama lebih besar, sedangkan pada keadaan darurat/perang harus mampu dikembangkan dengan cepat melalui konvensi atau transformasi sejalan dengan tuntutan kebutuhan pertahanan negara yang meningkat. Karena industri pertahanan bergerak di bidang pemenuhan kebutuhan pertahanan, maka diperlukan institusi pembina yang menjembatani kepentingan Angkatan Bersenjata sebagai konsumen dengan industri sebagai produsen. Dalam menghadapi keadaan darurat/perang, industri pertahanan merupakan sandaran utama bagi pelaksanaan mobilitas industri. Karena itu harus sudah terinventarisasi dan teridentifikasi sedini mungkin pada waktu damai, hal ini diwujudkan dengan memanfaatkan Thorium sebagai salah satu cadangan pendukung pertahanan dan keamanan negara. Hal ini sebagaimana yang dijabarkan oleh Erlan selaku Kepala Peneliti Thorium PTBGN.

"Eksplorasi thorium. Thorium di Batan diarahkan ke arah energi. Batan menambah peta sebaran supaya kita dapat mencapai kemandirian energi nuklir

(Wawancara, 07Desember 2020)

Pada Undang-undang RI nomor 16 tahun 2012 dikatakan bahwa Industri Pertahanan (Indhan) adalah industri nasional yang terdiri atas badan usaha milik Negara (BUMN) dan badan usaha milik swasta (BUMS) baik secara sendiri maupun berkelompok yang ditetapkan oleh pemerintah untuk sebagian atau seluruhnya menghasilkan menghasilkan alat peralatan pertahanan dan keamanan, jasa pemeliharaan untuk memenuhi kepentingan strategis di bidang pertahanan dan keamanan yang berlokasi di

wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Oleh karena itu, dibentuk suatu organisasi yang berfungsi merumuskan dan mengevaluasi kebijakan mengenai pengembangan dan pemanfaatan industri pertahanan yang bernama KKIP (Komite Kebijakan Industri Pertahanan) melalui Peraturan Presiden RI nomor 59 tahun 2013. KKIP merupakan organisasi pemerintah, khususnya pada kementerian pertahanan (Kemhan) yang bertugas untuk mengkoordinasikan kebijakan nasional dalam perencanaan, perumusan, pelaksanaan, pengendalian, sinkronisasi dan evaluasi yang terkait industri pertahanan. KKIP diharapkan bisa mewujudkan kemandirian industri pertahanan di Indonesia, khususnya untuk menyuplai kebutuhan internal TNI, termasuk merebut pasar regional maupun luar negeri lainnya, sehingga KKIP sebagai perencana penyelenggara Indhan bersifat strategis dengan mengakomodasikan kepentingan pengguna dan Indhan.

2) *Potential of Indonesia Nasional Alternative Energy*

Dari permasalahan diatas kita dapat mengasumsikan bahwa perkembangan terbarukan dan tidak terbarukan sumber energi penting untuk penelitian. Energi alternatif bisa dimanfaatkan sebagai pengganti fosil energi di Indonesia. Fosil ini energi semakin terbatas pada keduanya quantity dan cadangannya. Ini akan menjadi masalah di masa depan, karena energi pengganti dari fosil energi, yang sangat diharapkan menjadi energi alternatif pada tahun 2025, belum bisa bertemu nasional kebutuhan energi di masa depan. Karena dari peran strategis energi, sehingga suatu negara memiliki banyak cadangan energi akan mendominasi dunia. Oleh karena itu Indonesia harus tidak tinggal diam dalam pemberian tersebut kebutuhan energi dalam negeri dan mencari sumber energi alternatif untuk kemakmuran bangsa dan Negara sesuai dengan amanat UUD 1945.

Dalam hal bauran energi, besar tantangan muncul dari ketinggian ketergantungan pada bahan bakar fosil (terutama

minyak bumi). Ini berarti itulah pangsa energi terbarukan *utilization* masih rendah dan diandalkan bahan bakar fosil bisa menimbulkan pertanyaan keberlanjutan (Perencanaan, 2014: Edisi kedua). Cadangan minyak di Asia terus menurun selama ini dua puluh tahun, minyak terbesar dan cadangan gas didominasi oleh Timur Tengah, Rusia, Amerika dan Afrika. Cadangan minyak Indonesia menurut Direktorat Jenderal minyak dan gas terus berlanjut menurun dari tahun 2000 hingga 2012 jadi yang pada tahun 2012 tercatat 7,92 MBSD.

Berdasarkan kenyataan inilah Indonesia membutuhkan untuk melakukan penelitian tentang alternatif strategi keamanan energi, jika minyak dan cadangan gas mulai menurun sampai habis.

Bagaimana negara lain melakukan energi mereka keberlanjutan? Sebagai contoh Malaysia, kebijakan energi nasionalnya memiliki tiga tujuan: Pasokan, Penggunaan dan Lingkungan. Orang Malaysia pemerintah menyediakan insentif bagi investor yang terlibat energi terbarukan, pembebasan pajak 70% dari pajak penghasilan atau grating investasi untuk tunjangan pajak 60% dari belanja modal selama 5 tahun. Saat Jerman memasuki tahun 2000, peran energi terbarukan dua kali lipat selama 10 tahun berikutnya, itu alokasi anggaran penelitian untuk energi terbarukan meningkat, itu dukungan dari pihak politik tinggi cukup di Jerman untuk kebijakan tersebut menemukan energi alternatif, dan Biofuel (Biotanol) menjadi yang utama pilihan, (Noor Aisyah Kotamoralos, LIPI, 2008).

Adapun di Indonesia sendiri sebenarnya itu memiliki sumber Energi Terbarukan (EBT) tersebar di nusantara. Energi baru terbarukan ini tidak hanya terkait jumlah dan kapasitas, tetapi juga dengan nya perbedaan. Banyak energi alternatif sumber di Indonesia seperti solar energi, energi panas bumi, hidro energi,

energi biomassa, laut energi (gelombang), energi angin dan uranium dapat digunakan sebagai primer sumber energi pengganti energi minyak bumi (fosil). Itu sangat berpotensi untuk dimanfaatkan secara optimal masa depan. Energi ini memiliki potensi sebagai sumber *alternative* banyak energi dengan jumlah yang besar (*quantity*) dan menyebar ke seluruh wilayah Republik Indonesia. Pemerintah berupaya untuk mendiversifikasi pasokan dan pemanfaatan berbagai sumber energi untuk mengoptimalkan penyediaan energi alternatif di Indonesia. ini perlu untuk mendiversifikasi penggunaan energi dari energi tak terbarukan sumber daya untuk energi terbarukan sumber daya.

Energi alternatif telah diterapkan di Indonesia dalam skala kecil di untuk memenuhi energi nasional kebutuhan seperti tenaga panas bumi pabrik beroperasi di beberapa daerah di Indonesia seperti Komajang PLTP di Jawa Barat, PLTP Sibayak di Sinabung Sumatera Utara dan PLTP Lahendong Sulawesi Utara. Kekurangan bahan bakar dalam negeri saat ini adalah waktu yang tepat untuk mengatur dan terapkan dengan serius potensi-potensi ini. Meskipun sangat sulit membuat subsituion total dari fosil bahan bakar hari ini, implementasi sumber energi alternatif sangat penting untuk memulai saat ini.

3) UU No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran

Undang Undang no 10 tahun 1997 merupakan pengganti Undang undang nomor 31 tahun 1964 tentang ketentuan ketentuan pokok tenaga atom,hal ini dilakukan atas subtransinya tang sudah tidak sesuai dengan perkembangan zaman. Adapun tujuan UU no 10 tahun 1997 mengenai ketenaganukliran adalah seluruh hal mengenai pemanfaatan, pengembangan, dan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir serta pengawasan kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir. Tenaga nuklir diartikan sebagai tenaga dalam bentuk yang beragam dan memiliki kebebasan dalam

melakukan transformasi inti, termasuk di dalamnya tenaga yang berawal dari sumber radiasi pengion, misalnya tenaga dalam bentuk sinar-X. Maka, UU 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran berlaku juga untuk pengaturan pemanfaatan pesawat sinar-X. Beberapa hal lain turut melatar belakangi terciptanya UU 10 tahun 1997 diantaranya: 1) Pemanfaatan tenaga nuklir berkaitan dengan kehidupan dan keselamatan banyak orang, oleh karena itu negara memiliki hak penuh dalam hal pemanfaatan tenaga nuklir. Penggunaan tenaga nuklir dilakukan sebagai langkah untuk mewujudkan masyarakat adil dan makmur yang merata dalam hal materiil dan spiritual berlandaskan Pancasila dan Undang Undang Dasar. 2) Tenaga nuklir Bukan merupakan suatu hal yang baru oleh karena itu demi menunjang keselamatan, keamanan, ketenteraman, kesehatan pekerja dan masyarakat perlu dilakukan perlindungan secara tepat agar tujuan damai dan laba yang sebesar besarnya dapat mengikuti proses pemanfaatan tenaga nuklir, 3) Kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir menimbulkan efek radiasi, sehingga segala hal yang berkaitan dengan kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir perlu diawasi pemerintah 4) dan isi UU nomor 31 tahun 1964 sudah kurang sesuai dengan ketentuan ketentuan pokok tenaga atom dengan mempertimbangkan perkembangan keadaan yang ada. Oleh karena itu perlu revitalisasi UU mengenai ketenaganukliran.

Beberapa poin pokok terkait pemanfaatan Thorium yang selaras dengan yang diamanatkan oleh Undang Undang nomor 10 tahun 1997 adalah

- a. Penelitian dan pengembangan mengenai keselamatan nuklir perlu diperhatikan untuk mengurangi dampak negatif pemanfaatan tenaga nuklir.
- b. Dalam menyelenggarakan penelitian dan pengembangan sebagaimana dimaksud pada ayat (1), Badan Pelaksana dapat bekerja sama dengan instansi dan badan lain.

Thorium relatif sama dengan jalur uranium, hanya saja dalam jalur Thorium tidak memerlukan pengkayaan. Pada fabrikasi bahan bakar. Proses pemanfaatan U dan Th pada ujung depan DBBN akan menimbulkan limbah terutama limbah yang mengandung Uranium dan Thorium yang keduanya merupakan pemancar alfa dan berumur sangat Panjang. Diketahui bahwa Thorium memiliki kuantitas yang melimpah namun belum mampu dimanfaatkan secara komersil, peralihan pemanfaatan Uranium ke Thorium mempertimbangkan beberapa alasan diantaranya adalah limbah yang dihasilkan Thorium jauh lebih kecil daripada uranium, Thorium tidak menghasilkan plutonium sehingga mampu meminimalisir tindak kejahatan nuklir Karena karakternya yang kurang cocok digunakan untuk persenjataan, Thorium juga dikenal lebih stabil dibandingkan uranium, serta Pemanfaatan Thorium yang bisa digunakan lebih panjang

4) UU No. 17 tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) Tahun 2005-2025 yang mengamanatkan penggunaan PLTN pada tahun 2025

Pemanfaatan Thorium yang mulai dikembangkan di Indonesia merupakan salahsatu wujud dari pelaksanaan Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) Tahun 2005-2025PP No. 14 Tahun 2015 tentang Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) Tahun 2015-2035. Dalam tersebut beberapa poin penting diantaranya adalah

- a. Bahwa perkembangan dan pemanfaatan tenaga nuklir dalam berbagai bidang kehidupan manusia di dunia sudah demikian maju sehingga pemanfaatan dan pengembangannya bagi pembangunan nasional yang berkesinambungan dan berwawasan lingkungan perlu ditingkatkan dan diperluas untuk ikut meningkatkan kesejahteraan dan daya saing bangsa;

- b. Bahwa demi keselamatan, keamanan, ketenteraman, kesehatan pekerja dan anggota masyarakat, dan perlindungan terhadap lingkungan hidup, pemanfaatan tenaga nuklir dilakukan secara tepat dan hati-hati serta ditujukan untuk maksud damai dan keuntungan sebesar-besarnya bagi kesejahteraan dan kemakmuran rakyat;
- c. Bahwa karena sifat tenaga nuklir selain dapat memberikan manfaat juga dapat menimbulkan bahaya radiasi, maka setiap kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir harus diatur dan diawasi oleh Pemerintah.

Pengembangan Thorium sebagai sumber energi alternative memerlukan penguasaan teknologi dan disiplin yang tinggi dalam penyelenggaraannya. Negara negara yang memiliki persediaan energi yang sedikit mulai meninjau enrgi nuklir sebagai energi alternative.

Pemanfaatan energi Nuklir dengan keuntungan sebesar besarnya disamping tetap memperhatikan keadaan lingkungan sekitar memerlukan proses yang Panjang.

5) PP Nomor 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN)

KEN diciptakan sebagai wujud kesadaran pemerintah atas permasalahan energi di negeri kita. Oleh karena itu sebagai bentuk penjaminan energi yang ada dalam negeri, pemerintah menciptakan Kebijaksanaan Energi Nasional (KEN). KEN sebagai acuan upaya mewujudkan keamanan pasokan energi dalam negeri dengan menetapkan bauran energi (energy mix) yang optimal pada tahun 2025, dan kontribusi energi baru dan terbarukan lainnya lebih besar dari 17%. Khusus untuk energi biomassa, nuklir, tenaga air, tenaga surya, dan tenaga angin menjadi lebih besar dari 5%.

KEN merupakan kebijakan pengelolaan yang berpaduan pada prinsip berkeadilan, berkelanjutan dan berwawasan

lingkungan demi terciptanya kemandirian energi dan ketahanan energi nasional. KEN dibentuk agar mampu dijadikan payung hukum mengenai keputusan pemerintah di bidang energi. 3 Prinsip yang melandasi kebijakan energi adalah ketersediaan energi, pemanfaatan energi yang efisien dan terjangkau. Skenario pemanfaatan KEN dibuat berdasarkan sumberdaya yang dimiliki Indonesia dan berdasarkan analisis supply dan demand yang tersedia sehingga nantinya banyak penggunaan energi yang menyusut. KEN menginginkan energi tidak dijadikan sebagai komoditas ekspor melainkan digunakan sebagai model pembangunan nasional. Dalam hal penggunaannya pengelolaan energi dilaksanakan secara optimum dan berkelanjutan. KEN membuat sasaran penyediaan dan pemanfaatan energi primer dan final pada 2025 dan 2050. KEN juga mengamanatkan pencapaian bauran energi primer yang optimal. Target pertama, pada 2025 nanti, peran energi baru dan energi terbarukan paling sedikit harus mencapai 23 persen dari total konsumsi energi nasional, dan pada 2050 paling sedikit naik menjadi 31 persen sepanjang keekonomiannya terpenuhi. Hal ini didukung oleh pendapat Hatta Radjasa bahwa scenario KEN mengacu pada tahun 2025 akan terjadi pergeseran antar penggunaan minyak yang pada tahun 2010 masih sekitar 49,7%, gas 20,1%, batubara 24,5% sedangkan energi baru dan terbarukannya baru 5,7%. Pada tahun 2025 nanti terjadi pergeseran yang besar, dimana minyak tinggal 23% saja, gas 19,7% batubara 30,7% dan energi baru terbarukan meningkat dari sebelumnya 5,7% meningkat menjadi 25,9%. KEN juga mengamanatkan untuk mengurangi emisi karbon dan untuk memenuhi permintaan energi nasional yang mendesak maka energi nuklir dapat dimanfaatkan sebagai pasokan energi dengan kondisi harus dioperasikan pada tingkat keselamatan tinggi dengan harga terjangkau.

Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, banyak ahli

yang menyebut bahwa secara teoritis pengembangan Thorium yang dilakukan pemerintah Indonesia dan Thorcon TMSR 500 memiliki keselamatan titinggi dengan system keselamatan pasif dan struktur yang sederhana, karena Thorium dalam beroperasi pada tekanan rendah dan hemat biaya serta menghasilkan energi listrik yang bersih.

a) Undang-Undang Nomor 3 tahun 2014

Berdasarkan undang undang Nomor 3 tahun 2014 mengenai perindustrian, Pemerintah pusat dan daerah perlu berkolaborasi dalam melakukan percepatan penyebaran dan pemerataan pembangunan industry ke seluruh wilayah Indonesia. Bunyi Undang undang Nomor 3 tahun 2014 mengenai Perwilayahan Industri

- a. Pemerintah dan/atau Pemerintah Daerah melakukan percepatan penyebaran dan pemerataan pembangunan Industri ke seluruh wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia melalui perwilayahan Industri.
- b. Perwilayahan Industri sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan dengan paling sedikit memperhatikan: rencana tata ruang wilayah; pendayagunaan potensi sumber daya wilayah secara nasional; peningkatan daya saing Industri berlandaskan keunggulan sumber daya yang dimiliki daerah; dan peningkatan nilai tambah sepanjang rantai nil

b) UU Cipta Kerja Halaman 182 Pasal 39

Dalam UU Cipta Kerja Halaman 182 Pasal 39 terdapat beberapa ketentuan dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 4, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4959) sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang

Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Pertambangan Mineral dan Batubara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 147, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6525) diubah:

1. Di antara Pasal 128 dan 129 disisipkan 1 (satu) pasal yakni Pasal 128A yang berbunyi sebagai berikut:
 - (1) Pelaku usaha yang melakukan peningkatan nilai tambah batubara sebagaimana dimaksud dalam Pasal 103, dapat diberikan perlakuan tertentu terhadap kewajiban penerimaan negara sebagaimana dimaksud dalam Pasal 128.
 - (2) Pemberian perlakuan tertentu terhadap kewajiban penerimaan negara sebagaimana dimaksud pada ayat (1) untuk kegiatan peningkatan nilai tambah batubara dapat berupa pengenaan royalti sebesar 0% (nol persen).
 - (3) Ketentuan lebih lanjut mengenai perlakuan tertentu sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diatur dengan Peraturan Pemerintah.
2. Ketentuan Pasal 162 diubah sehingga berbunyi sebagai berikut: Setiap orang yang merintangi atau mengganggu kegiatan usaha pertambangan dari pemegang IUP, IUPK, IPR atau SIPB yang telah memenuhi syarat-syarat sebagaimana dimaksud dalam Pasal 86F huruf b dan Pasal 136 ayat (2) dipidana dengan pidana kurungan paling lama 1 (satu) 183 tahun atau denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).

3. UU Cipta Kerja pasal 129

- (1) Kapal berdasarkan jenis dan ukuran tertentu wajib diklasifikasikan pada badan klasifikasi untuk keperluan persyaratan keselamatan kapal. (2) Badan klasifikasi nasional atau badan klasifikasi asing yang diakui dapat ditunjuk melaksanakan pemeriksaan dan pengujian terhadap kapal untuk memenuhi persyaratan keselamatan kapal. (3)

Pengakuan dan penunjukan badan klasifikasi sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan oleh Pemerintah Pusat. (4) Badan klasifikasi yang ditunjuk sebagaimana dimaksud pada ayat (2) wajib melaporkan kegiatannya kepada Pemerintah Pusat.

4.2.5 Tingkat Perbandingan Efisiensi Thorium Sebagai Power Plant Dibandingkan Dengan Sumber Energi Lain

Pengembangan dan penguatan industri harus didukung pengadaan bahan baku dan energi memadai untuk menggerakkan aktivitas pengolahan sehingga menciptakan nilai tambah dan mewujudkan Indonesia sebagai negara industri berdaya saing. Sebuah terobosan atau inovasi energi mutlak diperlukan untuk dapat menjamin perencanaan penyediaan energi yang aman, bersih, ramah lingkungan, berkelanjutan, berskala besar, murah dan dapat dibangun dalam waktu yang singkat. Salah satunya ialah melalui pembangunan pembangkit listrik tenaga thorium yang lebih unggul daripada PLTU batubara karena biaya produksi lebih murah, dibangun lebih cepat, lebih aman, lebih ramah lingkungan, jauh lebih efisien, dan mempunyai kapasitas jauh lebih besar.

Ditinjau dari ketersediaan bahan sendiri, thorium lebih banyak lagi dari uranium. Kandungan logam berat ini di kerak bumi kira-kira 3-4x lebih banyak dari uranium (10 ppm berbanding 2,5 ppm). Pada tahun 2015, cadangan thorium teridentifikasi di seluruh dunia sebesar 6,3 juta ton, dan tidak seperti uranium, penyebarannya lebih merata. India, Cina, Brazil, Amerika Serikat, Australia, Mesir dan Turki memiliki cadangan thorium lebih dari 300 ribu ton. Berdasarkan estimasi BATAN, Indonesia memiliki cadangan thorium 130 ribu ton.

Teknologi baru itu ampuh membuang satu dari bahan-bahan radioaktif berbahaya. Teknologi itu juga menghasilkan panas dan pembangkit listrik; serta membantu produksi hidrogen; air dapat didesalinasi pada reaktor-reaktor thorium. Para peneliti TPU itu

menyatakan bahwa keunggulan reaktor-reaktor thorium ialah tingkat keamanannya tinggi, jika dibanding desain reaktor tradisional, efisiensi berkisar 40-50%, tanpa transisi fase pendingin, dan daya-tahan terhadap korosi meningkat. Reaktor thorium juga dapat menggunakan bahan bakar berbeda dan menyederhanakan manajemen penggunaan bahan bakar nuklir. Adapun uji perbandingan powerplant dengan berbagai energi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Adapun Uji Perbandingan Powerplant Dengan Berbagai Sumber Energi

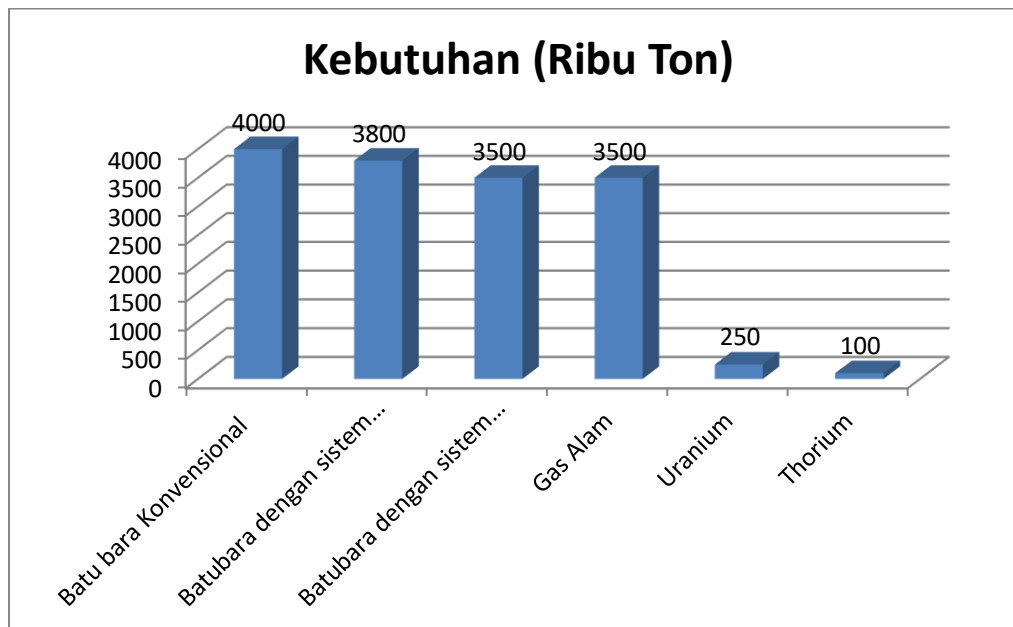
Jenis Pembangkit	1 Giga Watt/tahun				Faktor Emisi CO₂ (kg/kWh)
	Sumber Energi	Kebutuhan (Ribu Ton)	Tingkat Efisiensi	Biaya Operasional	
PLTU	Batu bara Konvensional	4000	70%	\$ 35000	1.140
PLTU	Batubara dengan sistem IGCC	3800	72%	\$ 39000	0.986
PLTU	Batubara dengan sistem IGCC & CCS	3500	72%	\$ 49000	0.877
PLTG	Gas Alam	3500	73%	\$ 51000	0.678
PLTN	Uranium	250	82%	\$ 26000	0.000
PLTT	Thorium	100	90%	\$ 24000	0.000

(Sumber: Diolah Peneliti, 2021)

4.2.5.1 Perbandingan Kebutuhan dan Efisiensi Biaya

Pembangkit listrik thorium juga lebih efisien dibanding batu bara, gas bumi, dan uranium sekalipun. Kalkulasinya, untuk menghasilkan 1.000 Mega Watt atau 1 Giga Watt per tahun

diperlukan batu bara sebesar 3,5 - 4 juta ton, sedangkan uranium sebesar 200- 250 ton. Sementara thorium mampu menghasilkan kapasitas produksi listrik hanya dengan volume sebesar 100 ton.



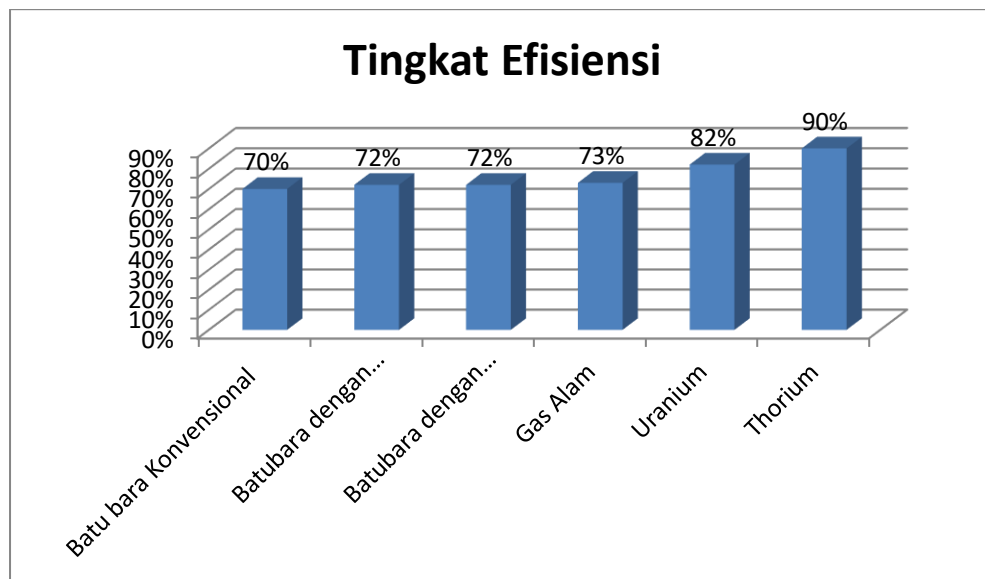
Gambar 4.26 Diagram Batang Kebutuhan dalam Ribuan Ton

(Sumber: Diolah Peneliti, 2021)

Dari data di atas menunjukkan bahwa dari segi volume untuk menghasilkan 1 Giga Watt dibutuhkan Thorium 100 ton dan jauh lebih sedikit dengan sumber energi lainnya. Dari sisi operasional thorium sebagai power plant memiliki beberapa sisi keunggulan rancangan teknologi baru itu antara lain pabriknya dapat beroperasi pada kapasitas rendah (dari 60 MW). Reaktor thorium inti membutuhkan sedikit bahan bakar dan prosentase pembakarannya lebih tinggi, jika dibanding dengan reaktor-reaktor lain saat ini. Sisa pemrosesan plutonium kualitas senjata sebesar 3% tidak lagi memicu bahaya nuklir. Hasilnya, perbauran grafit, plutonium dan produk-produk yang membusuk, terbentuk, yang tidak bermanfaat. Limbah-limbah ini hanya dapat dikubur.

Dari sisi efisiensi pembakaran dan kemampuan menghasilkan tenaga Thorium juga paling tinggi dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Thorium dapat digunakan sebagai

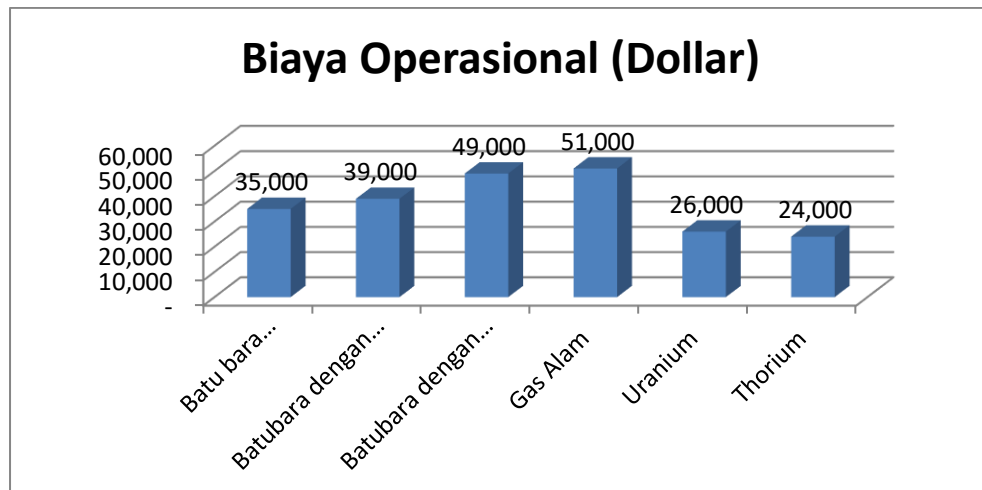
bahan baku energi dengan efisiensi sebesar 90%. Di sisi lain, batubara hanya memiliki efisiensi 70% dengan menghasilkan pencemaran udara, kerusakan lingkungan dan pencemaran air tanah. Jika ini terjadi, pemerintah telah mampu mewujudkan implementasi paradigma waste to energi. Berikut ini perbandingan tingkat efisiensi berdasarkan berbagai sumber energi:



Gambar 4.27 Diagram Tingkat Efisiensi

(Sumber: Diolah Peneliti, 2021)

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui sumber energi (*power plant*) yang berasal dari thorium memiliki efisiensi paling tinggi yaitu mencapai 90% disusul uranium dengan 82% gas alam 73% dan batu bara antara 70-72% dengan berbagai sistem yang digunakan.



Gambar 4.28 Diagram Biaya Operasional dalam Dollar

(Sumber: Diolah Peneliti, 2021)

Selanjutnya jika membandingkan tingkat efisiensi biaya operasional yang dikeluarkan untuk menghasilkan 1 Giga Watt per tahun terbukti thorium lebih murah dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Dimana thorium hanya membutuhkan \$24.000 sedangkan sumber bahan energi lain seperti batu bara antara \$35.000-\$51.000. Hal ini menunjukkan thorium sebagai sumber energi yang murah dan ramah lingkungan.

Berikut hasil uji beda nilai efisiensi thorium dibandingkan dengan dengan sumber energi uranium, batubara, dan gas alam.

Tabel 4.5 Uji Efisiensi Thorium dengan Sumber Energi Uranium

Independent Samples Test						
		t-test for Equality of Means				
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Efisiensi	Equal variances assumed	5.429	4	.006	.14250	.02625
	Equal variances not assumed	3.519	1.050	.167	.14250	.04049

(Sumber: Diolah Peneliti, 2021)

Hasil uji t menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0.006 < 0.05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan nilai efisiensi thorium dibandingkan dengan sumber energi lainnya, artinya thorium memiliki potensi sebagai sumber energi yang paling efisien baik dari sisi biaya maupun jumlah energi yang dihasilkan.

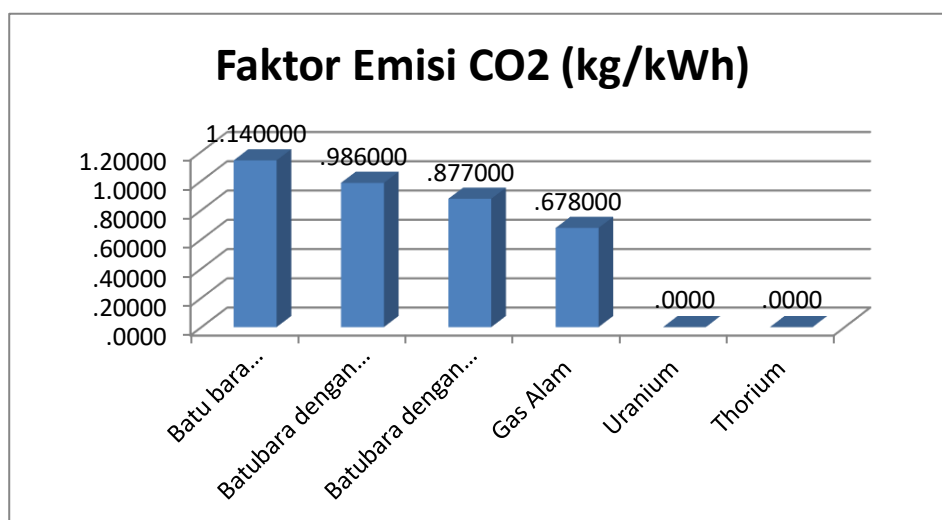
4.2.5.2 Tingkat Perbandingan Polusi CO₂

Isu tentang pemanasan global (peningkatan temperatur permukaan bumi) hangat dibicarakan saat ini. Fenomena yang ditandai dengan peningkatan temperatur permukaan bumi ini disebabkan oleh meningkatnya kandungan gas rumah kaca (karbon dioksida, metan, nitrogen oksida, sulfur heksafluorida, HFC, dan PFC). Dari keenam gas rumah kaca tersebut, karbon dioksida (CO₂) memberikan kontribusi terbesar terhadap pemanasan global diikuti oleh gas metan (CH₄). Lebih dari 75% komposisi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer adalah CO₂ sehingga apabila kontribusi CO₂ dari berbagai kegiatan dapat dikurangi secara signifikan, maka ada peluang bahwa dampak pemanasan global terhadap perubahan iklim akan berkurang.

Apabila tidak ada usaha untuk mengendalikannya pencemaran udara tersebut diperkirakan akan bertambah. Salah satu cara untuk mengurangi polusi udara khususnya kandungan CO₂ dalam udara adalah dengan menggunakan pembangkit listrik yang rendah emisi CO₂. Emisi yang dihasilkan setiap pembangkit berbeda-beda tergantung faktor emisinya. Semakin besar faktor emisi pembangkit tersebut semakin besar emisi CO₂ yang dihasilkan. Pembangkit listrik berbahan bakar fosil mempunyai emisi CO₂ yang cukup besar karena dalam menghasilkan energi listrik dilakukan pembakaran rantai karbon. Data faktor emisi suatu pembangkit listrik sangat penting untuk menghitung besarnya emisi CO₂ per pembangkitan energi listrik yang satuannya adalah kg/kWh.

Dengan diketahuinya faktor emisi CO₂ sebuah pembangkit, akan dengan cepat diketahui banyaknya kg emisi CO₂ yang dihasilkan ketika pembangkit tersebut memproduksi energi listrik (kWh) pada level tertentu, yaitu dengan cara mengkalikan faktor emisi tersebut dengan energi yang dibangkitkan. Jika faktor emisinya tidak diketahui, maka diperlukan perhitungan energi bahan bakar yang dipakai dan laju bahan bakarnya. Namun sangat disayangkan bahwa data mengenai faktor emisi CO₂ setiap pembangkit di Indonesia sulit diperoleh dan walaupun data itu ada hanyalah data rata-rata dari beberapa pembangkit yang ada di Indonesia.

Pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar batu bara menghasilkan antara 0.877- 1.140 Emisi CO₂ (kg/kWh). Sedangkan untuk energi nuklir yang bersumber dari thorium maupun uranium tidak menghasilkan pencemaran CO₂. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4.29 Diagram Faktor Emisi CO₂

(Sumber: Diolah Peneliti, 2021)

4.2.5.3 Tingkat Perbandingan Keamanan dan Limbah

Salah satu penentangan terhadap energi nuklir umumnya menggunakan alasan “limbah umur panjang”, dalam hal ini elemen dengan nomor atom yang lebih tinggi dari uranium (transuranik).

Kekhawatiran ini karena elemen transuranik membutuhkan waktu ribuan tahun sebelum meluruh menjadi isotop stabil. Walau begitu, secara teknis, alasan ini sebenarnya tidak masuk akal. Sebabnya, metode penanganan elemen transuranik sudah ada dan sangat minim risiko.

Thorium memastikan alasan “limbah umur panjang” tidak berlaku lagi. Ketika digunakan di reaktor nuklir, thorium menghasilkan sedikit sekali elemen transuranik. Thorium memiliki nomor massa 232. Untuk bertransmutasi menjadi elemen transuranik terdekat, neptunium-237, thorium perlu menangkap lima neutron. Dengan kata lain, jalannya jauh lebih panjang dan sulit daripada uranium-238, yang hanya butuh menangkap satu neutron untuk menjadi plutonium-239.

Sebagai perbandingan, reaktor nuklir berbahan bakar thorium menghasilkan ± 1 kg elemen transuranik per GWe-tahun. Sementara, reaktor nuklir berbahan bakar uranium menghasilkan hingga 300 kg elemen transuranik per GWe-tahun, sebagian besarnya berupa plutonium. Pengelolaan limbah radioaktif umur panjang yang tidak benar-benar sulit akan jauh lebih mudah lagi dilakukan. Sisa limbah radioaktif dari “pembakaran” thorium akan meluruh dengan cepat dan sudah meluruh ke level aman dalam waktu 300 tahun. Sebagai perbandingan, limbah beracun batubara, panel surya dan turbin angin akan tetap beracun selamanya.

Penggunaan pertama teknologi energi nuklir adalah untuk keperluan militer. Lebih tepatnya adalah sebagai senjata untuk menghancurkan kota Hiroshima dan Nagasaki pada Perang Dunia II. Kandungan energi yang sangat tinggi dalam material yang sangat sedikit menjadi anugerah sekaligus potensi kekhawatiran, seandainya disalahgunakan menjadi senjata nuklir. Istilahnya adalah proliferasi. Reaktor nuklir uranium menghasilkan plutonium, yang merupakan bahan baku peledak *Fat Man* yang menghancurkan Nagasaki. Dari segi kemurnian, sebenarnya plutonium pada bahan bakar bekas

reaktor uranium tidak cukup untuk standar senjata nuklir, IAEA tetap memberlakukannya sebagai *proliferation concern*. Sehingga, pengelolaannya agak problematik. Thorium lebih aman dari proliferasi dibandingkan uranium. Uranium-233, hasil transmudasi thorium, adalah bahan baku senjata nuklir yang potensial. Namun, produksi uranium-233 selalu disertai dengan produksi sejumlah kecil uranium-232. Isotop ini meluruh dengan cepat menjadi thallium-208, isotop pemancar radiasi gamma berkekuatan tinggi (2,6 MeV).

Kontaminasi 50 ppm uranium-232 cukup untuk mempersulit hidup perakit senjata nuklir, karena pancaran radiasi gamma-nya mengharuskan mereka menggunakan perisai radiasi ekstra tebal dan sistem handling yang mahal. Radiasi gamma yang dipancarkan juga dapat merusak perangkat elektronik dalam senjata nuklir, membuatnya tidak bisa digunakan. Jauh lebih mudah menggunakan metode produksi plutonium-239 weapon-grade untuk membuat senjata nuklir daripada menggunakan thorium. Tidak ada alasan mengapa pihak-pihak tertentu harus repot-repot menggunakan thorium untuk proliferasi nuklir. Empat poin keunggulan di atas cukup menunjukkan beberapa keunggulan thorium dibandingkan uranium. Namun, tentu saja thorium memiliki beberapa kendala tersendiri.

Kendala paling utama dari thorium adalah bahan bakar ini tidak bisa langsung digunakan di dalam reaktor nuklir. Pasalnya, thorium bersifat fertil, bukan fisil, sehingga perlu ditransmutasikan terlebih dahulu. Jika dimisalkan, thorium adalah kayu basah. Tidak bisa terbakar langsung, tetapi harus dipicu dengan kayu kering. Pembakaran kayu kering akan mengeringkan kayu basah, barulah kayu basah tersebut dapat terbakar. “Kayu kering” untuk memicu “pembakaran” thorium adalah uranium. Jadi, pada kondisi awal, pemanfaatan thorium akan terikat dengan uranium.

Kontaminasi uranium-232 membuat thorium resisten terhadap proliferasi. Namun, hal ini menjadi pedang bermata dua karena

mempersulit *reprosesing* bahan bakar. Tidak hanya pembuat senjata nuklir yang dibuat kerepotan dengan kontaminasi uranium-232, tetapi juga fasilitas *reprosesing* bahan bakar nuklir. Sehingga, biaya *reprosesing* thorium kemungkinan sedikit lebih mahal daripada biaya *reprosesing* uranium.

Kendala-kendala di atas bukan tidak bisa dihadapi, walau mungkin membutuhkan waktu. Terlepas dari itu, thorium memang menawarkan keunggulan-keunggulan menarik sebagai bahan bakar nuklir masa depan, sebagai pendamping uranium.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pemanfaatan Thorium di Indonesia Sebagai Sumber Energi Untuk Power Plant Untuk Mendukung Industri Pertahanan Dalam Negeri

Pertahanan negara diartikan sebagai pertahanan yang melibatkan seluruh seluruh warga negaranya sesuai dengan peran dan fungsinya masing masing. Pertahanan negara yang bersifat semesta tidak hanya mempertahankan warga negara sebagai komponen perahanan negara melainkan juga mempertahankan wilayah dan sumber daya nasional serta persiapan persiapan yang terpadu dan terarah untuk menjaga keutuhan dan keselamatan segenap bangsa dari segala ancaman.

Ancaman pertahanan negara dapat muncul sewaktu waktu dalam bentuk ancaman aktual maupun potensial. Oleh karena itu ancaman negara diupayakan untuk ketahanan semua komponen baik warga negara maupun persediaan sumber daya alam. Pertahanan negara terbagi dalam 3 komponen yakni komponen utama, komponen cadangan dan komponen pendukung. Komponen Utama terdiri dari tentara nasional Indonesia yang menjadi garda terdepan dalam usaha mempertahankan kedaulatan negara. Komponen cadangan merupakan sumber daya nasional yang dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kemampuan komponen utama dan komponen cadangan. Sedangkan komponen pendukung merupakan sumber daya nasional yang dapat digunakan

untuk meningkatkan kemampuan komponen utama dan komponen pendukung. Maka, diketahui bahwa usaha pertahanan negara tidak hanya usaha usaha di medan perang melainkan juga usaha menjaga kesejahteraan warga negara dan ketersediaan sumber daya alam. Usaha pertahanan negara di Indonesia diupayakan dalam konsep militer dan non militer. Pemanfaatan Thorium sebagai tenaga alternatif adalah salah satu upaya pemerintah mempertahankan pertahanan negara.

Thorium merupakan salah satu, jenis energi baru terbarukan dan termasuk bahan bakar energi nuklir alternatif selain uranium. Indonesia sendiri mulai mengembangkan Thorium sebagai pemasok bahan bakar nuklir. Hal ini dilatar belakangi oleh menipisnya kuantitas batu bara, selain itu batu bara juga termasuk dalam sumber daya energi tak terbarukan yang akan habis jika dieksploitasi secara terus menerus.. Ketersediaan Thorium juga sangat banyak dengan karakternya yang dapat digunakan sebagai bahan bakar nuklir, namun kendalanya adalah pemanfatannya yang tidak bisa digunakan secara langsung sehingga perlu di konversi menjadi uranium. Kurang lebih ada 140.000 ton Thorium dalam permukaan Bumi dan cadangan ini mampu digunakan hingga 1000 tahun lagi. Alasan lainnya adalah thorium tidak perlu pengkayaan, limbah aktivitas tinggi dan berumur panjang lebih rendah dibandingkan bahan bakar uranium, Thorium juga dikenal sebagai bahan bakar nuklir yang aman, murah dan ramah lingkungan.

Thorium hanya bisa digunakan pada power plant yang berbahan dasar nuklir. Hal ini dikarenakan thorium berperan sebagai reaktor nuklir yang bisa digunakan ketika dipantik dengan uranium. Thorium sendiri merupakan unsur kimia yang berada dalam tabel periodik dengan lambang Th dan memiliki nomor atom 90. Thorium merupakan logam yang memiliki kepadatan cukup tinggi. Thorium memiliki warna keperakan dan bernoda hitam saat terkena udara.

Keuntungan penggunaan torium ada pada kelimpahannya yang lebih besar daripada uranium, sehingga dapat memenuhi permintaan

energi dunia dalam jangka waktu lebih lama. Penggunaan bahan bakar torium berdampak pada kinerja sekaligus keselamatan inti reaktor yang lebih baik karena torium dioksida memiliki titik lebur yang lebih tinggi, konduktivitas termal yang lebih tinggi, dan koefisien pemuaian termal yang lebih rendah. Kemudian juga secara kimiawi lebih stabil daripada uranium dioksida yang sekarang umumnya dipakai. Ini karena uranium dioksida dapat teroksidasi menjadi triuranium oktoksida (U_3O_8) yang secara substansial berkurang kepadatannya.

Pemanfaatan Thorium di Indonesia berada dalam tahap pengembangan, terdapat Thorium rencananya akan dijadikan PLTT (Pembangkit Listrik Tenaga Thorium) melalui kerjasama Indonesia dengan ThorCon International Pte. Ltd dan telah bersiap menandatangani nota kesepahaman. Pemanfaatan Thorium di Indonesia telah memperoleh izin dari pemerintah yang terwujud pada Kepmen 39K/20/MEM/2019 (persiapan pembangunan PLTN) dan Perpres No.18 tahun 2020-RPJMN 2020-2024 (Pembangunan PLTN paska 2024, periode 2020-2024. Indonesia terdiri dari 260.000.000 menyebabkan adanya desakan kebutuhan energi Listrik. PLTT yang direncanakan adalah upaya menanggulangi kebutuhan listrik. Listrik di Jawa dan Bali dibebankan bagian timur dengan jarak 900 km melalui transmisi 500 kilovolt, dan hal ini dinilai sudah overload sehingga terjadi ketidakseimbangan beban dengan lokasi pembangkit. PLTT hadir untuk menjaga ketersediaan energi listrik yang mulai mengancam.

4.3.2 Skema Pemanfaatan Thorium Untuk Diimplementasikan Pada Power Plant Guna Mendukung Pertahanan Negara

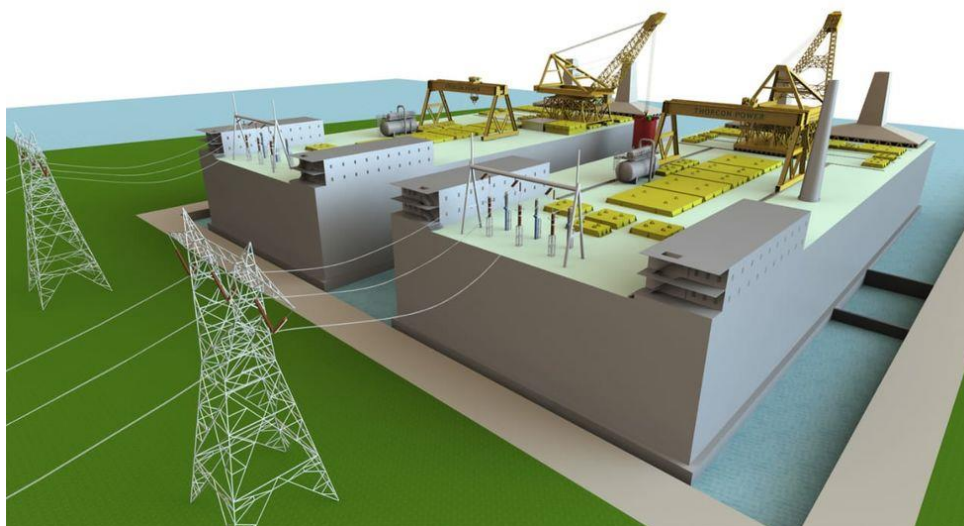
Sebelum dimanfaatkan sebagai bahan tambang, Thorium yang ada di permukaan bumi diperoleh melalui 6 tahapan yang terdiri dari penyelidikan umum (*general survey*), tahap eksplorasi (*exploration*), dilanjutkan tahap studi kelayakan, yang dilakukan dengan analisis dampak lingkungan (AMDAL) kemudian tahap konstruksi (*construction*), kemudian

tahap operasi dan produksi (*operation & production*) yang dikenal dengan tahap eksploitasi dan tahap penutupan tambang (*mine closure*). Setelah dilakukan kegiatan penambangan, Thorium perlu dirubah menjadi Uranium agar dapat digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Hal ini dikarenakan karakteristik Thorium yang infertil. Berbeda dengan Uranium yang dapat melakukan reaksi berantai. thorium alam thorium-232 (Th-232) merupakan bahan fertile yang sulit dibakar, namun thorium dapat diubah menjadi uranium U-233 bila menangkap neutron. Oleh karena itu, PLTT hanya dapat dioperasikan bila terdapat bahan fisil, seperti: U-233, U-235 dan plutonium-239 (Pu-239). Uranium inilah yang nantinya digunakan sebagai bahan bakar power plant. Hal ini menyebabkan belum adanya pembangkit listrik berbahan Thorium, pembangkit listrik yang ada hanya menggunakan bahan bakar uranium.

Berdasarkan rencana pengembangan Pemerintah dengan PT. Thorcon, nantinya akan menggunakan desain struktur kapal sepanjang 174 meter yang setara dengan kapal tanker kelas Panamax akan di bangun oleh *Daewoo Shipyard & Marine Engineering* (DSME) di Korea Selatan. Salah satu alasan mengapa konsep PLTT berpaduan pada konsep kapal selam adalah pembangunannya yang direncanakan di dasar laut, hal ini dikarenakan minimnya lahan dan kontruksi sipilnya yang sangat besar. Rencananya Kapal tongkang akan dibuat di *Daewoo Shopard dan Marine Engineering* (DSME) di Korea Selatan.

Kerjasama ThorCon dengan PT PAL saat ini berada pada tahap *test bed platform*. Ini adalah fasilitas uji, testing dan lainnya. Tahapan ini menguji sistem keselamatan, termohidrolik dan memvalidasi desainnya. Reaktor ThorCon ini dirancang untuk menghasilkan daya sebesar 500megawatt *electrical* yang dihasilkan dari dua modul. Bahan bakarnya terdiri dari larutan garam kimia NaF-BeF₂-ThF₄-UF₄ yang beroperasi pada suhu sekitar 700°C. Oleh karena itu reaktor berbahan bakar ini dikenal dengan istilah reaktor bahan bakar garam cair atau *molten salt reactor* (MSR). Panas yang dihasilkan di dalam teras reaktor diangkut oleh MSR itu ke sistem penukar panas. Kemudian, pada alat penukar panas

diubah menjadi uap untuk kemudian diubah lagi jadi tenaga mekanik oleh turbin. Pada turbin, tenaga mekanik ini diubah menjadi tenaga listrik yang seterusnya masuk ke grid PLN melalui jaringan atau saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET). Berikut disajikan rancangan PLTT oleh PT ThorCon.



Gambar 4.30 Rancangan PLTT PT ThorCon

(Sumber: Diolah Peneliti, 2021)

Ditinjau dari segi keamanannya, ThorCon menjamin bahwa desain ini akan aman Karena disimpan dalam satu casing silinder dari baja. PLTT yang dikembangkan dapat mengurangi emisi karbon, dan hampir 50 persen ekonomi dunia digerakkan PLTU batu bara. Jikalau hal ini terus berlangsung, target-target *climate change* tidak akan tercapai. Oleh karena itu nuklir dianggap sebagai satu-satunya pembangkit listrik yang tidak memiliki emisi yang dapat menggantikan batu bara.

4.3.3 Potensi Persebaran Thorium Dan Peta Persebaran Thorium

Kebutuhan akan pemenuhan energi tidak bisa dilepaskan dari kehidupan. Energi yang digunakan bisa dimanfaatkan untuk beragam kebutuhan yang utamanya memiliki dampak secara ekonomi. Ketidaktercapaian pemenuhan energi akan memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap pembangunan negara. Pemenuhan energi bisa

diperoleh dari berbagai sumber kekayaan alam. Sumber kekayaan alam tersebut bisa berasal dari pertambangan atau energi alternatif. Di alam memang sudah banyak energi yang dieksplor. Indonesia memiliki sumber kekayaan alam yang bisa berperan sebagai pemenuh energi seperti batu bara, minyak bumi, dan lain sebagainya. Namun disamping beragam sumber daya yang sudah dieksplor masih ada beberapa energi yang potensial.

Potensi yang dimiliki sebuah energi memiliki makna jika potensi tersebut masih belum banyak digunakan. Bisa jadi karena energi tersebut masih melalui tahap pengkajian dan belum memiliki sarana dan prasarana yang memadai untuk dioperasikan. Salah satu sumber energi yang potensial tersebut adalah Thorium. Pemetaan Thorium sebagai sumber energi alternatif dilakukan melalui teori tiga dimensi *Trilemma Energy* yang dipublikasikan oleh *World Energy Council* (2017). Thorium saat ini menjadi harapan baru bagi energi terbarukan. Hal ini juga dilatar belakangi oleh kelangkaan dari sumber energi berbahan bakar fosil yang berupa minyak bumi, gas, serta batu bara. Di Indonesia sendiri Thorium bisa ditemukan dalam mineral monasit yang terdapat pada batuan granit.

Potensi sebaran thorium diartikan sebagai kemampuan atau kemungkinan yang bisa dikembangkan melalui persebaran thorium yang ada di Indonesia. Kemungkinan yang bisa dikembangkan ini menjadi harapan masa depan sebagai pengganti sumber daya yang sebelumnya ada seperti batu bara dan minyak. Potensi yang dimiliki Thorium menjadi salah satu sumber daya terbarukan yang memiliki nilai berharga di masa depan. Keberadaan Thorium yang melimpah di Indonesia bisa dialokasikan untuk pembangkit listrik berdaya nuklir melalui pembangunan power plant.

Adapun output yang bisa dihasilkan dari potensi persebaran thorium ini diantaranya adalah adanya peta mengenai persebaran thorium di Indonesia. Peta tersebut bisa menjadi sumber informasi yang mudah dimengerti dan dipahami oleh banyak khalayak luas. Selain itu, keberadaan peta potensi thorium juga bisa menjadi acuan bagi rencana

pembangunan power plant di banyak daerah di Indonesia. Output berikutnya mengenai persebaran thorium adalah adanya pemerataan energi di daerah-daerah yang tertinggal dan sulit dijangkau oleh energi sebelumnya seperti batu bara dan minyak. Mengingat thorium menjadi bahan produksi yang murah. 2 gram thorium bisa setara dengan 2 ton batu bara. hal ini juga bisa berdampak pada kelestarian alam karena akan berkurangnya proses penambangan batu bara. Melalui potensi ini kedepannya Indonesia akan menjadi negara yang memiliki daya energi terbarukan yang ramah lingkungan, murah, dan bisa mencukupi kebutuhan dalam negeri bahkan ekspor energi ke negara-negara lain sehingga bisa memperkuat perekonomian Indonesia.

Monasit merupakan mineral yang mengandung unsur-unsur tanah jarang (REE) yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Thorium, uranium, scandium, yttrium dan 15 unsur-unsur yang termasuk dalam lantanida bisanya terdapat dalam mineral monasit. Monasit memiliki kandungan thorium berbeda-beda, tergantung dari proses terbentuknya, batuan sumber penyusun endapan monasit, dan proses yang bekerja selama endapan monasit tersebut terbentuk. Secara umum terdapat 3 (tiga) jenis monasit dengan perbedaan komposisi, yang tidak selalu mengandung unsur radioaktif seperti thorium, yaitu: monasit-(Ce) dengan formula $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th}, \text{Y})\text{PO}_4$, monasit-(La) dengan formula $(\text{La}, \text{Ce}, \text{Nd})\text{PO}_4$, dan monasit- (Nd) dengan formula $(\text{Nd}, \text{La}, \text{Ce})\text{PO}_4$.

Monasit selain diperoleh dari batuan, juga diperoleh dari produk samping tambang timah. Di Indonesia terutama diperoleh dari hasil tailing penambangan timah. Dikarenakan Indonesia berada pada jalur *Tin Belt*, maka cadangan bijih timah beserta material ikutanya termasuk Monasit juga melimpah. Thorium yang diperoleh melalui mineral monasit diperoleh melalui tahap eksplorasi, penambangan, pengolahan biji thorium dan pemurnian, serta lebih lanjut dipersiapkan untuk proses elemen bahan bakar nuklir.

Pada tahun 2015-2016 sudah dilaksanakan riset di Bangka Belitung karena disana terdapat kandungan yang cukup melimpah dari Thorium. Namun riset yang dilakukan belum melulu tentang Thorium hanya bagian-bagian saja sebenarnya. Sementara untuk informasi baru disurvei di pulau Bangka Belitung yang kurang lebih 170.000 ton. Cuma itu hanya asumsi belum melaksanakan eksplorasi. Berdasarkan data Badan tenaga nuklir dan nasional, Potensi thorium di Bangka mencapai 210.000-270.000 namun pemanfaatan thorium sebagai bahan bakar membutuhkan waktu yang lama. Sampai saat ini pemerintah hanya fokus pada pemanfaatan uranium.

Thorium yang terdapat di Kepulauan Bangka tersebar paling banyak dalam wilayah Bangka Barat. Di Kabupaten Bangka Barat sendiri potensi terbesarnya adalah Granit. Di dalam granit terdapat monasit sementara dalam monasit terkandung thorium. Di Pulau Bangka terdapat cukup banyak singkapan batuan granit, yaitu granit Menumbing, Pelangas, Jebus yang terdapat di Kabupaten Bangka Barat, granit Pemali terdapat di Kabupaten Bangka, Mangol di Pangkal Pinang, granit Bebuluh di Kabupaten Bangka Tengah, dan granit Gadung di Kabupaten Bangka Selatan.

Penyebaran granit-granit tersebut cukup luas dan tingkat pelapukan pada granit-granit tersebut berjalan sangat intensif sehingga pulau Bangka pada saat ini membentuk suatu morfologi yang hamper datar atau peneplain. Dengan dua kondisi seperti tersebut di atas yaitu pelamparan granit cukup luas dan telah mengalami pelapukan tingkat lanjut maka diharapkan granit-granit di pulau Bangka menjadi granit potensial thorium. Berdasar teori tektonik lempeng dan perbedaan komposisi geokimia batuan, granit dapat dibedakan 2 tipe yaitu granit tipe I (igneous) dan tipe S (sedimentary). Granit tipe S umumnya mengandung uranium lebih tinggi dari pada tipe I karena kerak benua pembentuk granit tipe S mengandung material lempung dan sisasisa organik yang dapat menyerap uranium.

Selain di Bangka Barat potensi Thorium yang cukup dinilai tinggi berada pada Mamuju. Mamuju merupakan ibukota Provinsi Sulawesi Barat hasil pemekaran dari Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2004 berdasarkan UU No. 26 Tahun 2004, dengan luas daerah sekitar 16.796,19 km². Beberapa kecamatan di Kabupaten Mamuju merupakan daerah yang memiliki nilai laju dosis radiasi (radioaktivitas) tinggi, yaitu antara 100-2.800 nSv/jam. Daerah penelitian Mamuju secara umum tersusun oleh kelompok batuan gunung api dan batuan sedimen muda. Batuan gunung api di daerah penelitian memiliki variasi yang beragam baik dari jenis maupun komposisi.

Thorium sendiri merupakan unsur yang mempunyai sifat reaktif dan dapat bereaksi dengan oksigen, hidrogen, halogen dan sulphur. Thorium bereaksi secara lambat dengan air, tetapi tidak mudah larut dalam hampir semua asam, kecuali asam klorida. Thorium dapat larut dalam asam nitrat pekat yang mengandung sejumlah kecil katalis ion *fluoride*. Serbuk thorium bersifat *pyrophoric* (terbakar secara spontan dengan udara), karena itu harus berhati-hati dalam penanganannya.

4.3.4 Kebijakan Industri Pertahanan Indonesia Terhadap Potensi Thorium

Pada tahun setelah kemerdekaan banyak peninggalan Belanda yang kemudian di nasionalisasi menjadi perusahaan nasional (PN) pada masa Kabinet Djuanda, di antaranya adalah PN Boma, PN Bisma, PN Indra, PN Barata, PN Sabang Merauke, PN Peprida. Kemudian pada tahun 1960-an, pemerintah menggalakkan pengembangan industri dan manufaktur, di mana kemudian perusahaan-perusahaan nasional tersebut berkembang menjadi BBI (Boma Bisma Indra) (1971), Barata Indonesia (1971), Krakatau Steel (1971), Inti (1974), PAL Indonesia (1980), Pindad (1983), LEN Industri (1992), Dahana (1973), dan sebagainya.

Baru pada tahun 1980 an, pola manajemen industri strategis di bidang pertahanan lebih di integrasikan. Darmawan, dkk (2020) menyebutkan bahwa pembentukan strategi pertahanan disebutkan dalam

tujuh landasan, diantaranya yaitu landasan idiil, landasan konstitusional, landasan yuridis, landasan historis, landasan visional, serta landasan doctrinal.

Industri pertahanan merupakan industri utama pemasok sarana pertahanan kepada militer. Industri Pertahanan menurut Undang-undang No. 16 tahun 2012 tentang Industri Pertahanan adalah industri nasional yang terdiri atas badan usaha milik negara dan badan usaha milik swasta baik secara sendiri maupun berkelompok yang ditetapkan oleh pemerintah untuk sebagian atau seluruhnya menghasilkan alat peralatan pertahanan dan keamanan, jasa pemeliharaan untuk memenuhi kepentingan strategis dibidang pertahanan dan keamanan yang berlokasi di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Jalur dari industri pertahanan pun sebenarnya harus dikembangkan dari dua arah, yakni jalur memproduksi barang-barang umum dan memproduksi kebutuhan pertahanan negara. Alasan perlunya institusi yang berperan sebagai perantara untuk menjembatani kepentingan Angkatan bersenjata sebagai konsumen dan produsen karena industri pertahanan bergerak dibidang pemenuhan kebutuhan akan pertahanan. Dalam menghadapi keadaan darurat/perang, industri pertahanan merupakan sandaran utama bagi pelaksanaan mobilitas industri. Karena itu harus sudah terinventarisasi dan teridentifikasi sedini mungkin pada waktu damai, hal ini diwujudkan dengan memanfaatkan Thorium sebagai salah satu cadangan pendukung pertahanan dan keamanan negara.

Indonesia sendiri status fungsi pertahanan dan keamanan dengan penggunaan alutsista masih belum memadai. Kondisi kendaraan siap tempur hanya sekitar 60%, pesawat terbang sekitar 50% serta alat komunikasi yang masih sangat rawan untuk disadap. Selain itu jumlah alutsista yang ada masih sangat terbatas yakni hanya sekitar 11 pesawat yang benar-benar dimiliki oleh TNI AU. Persentase kekuatannya hanya sebesar 28% saja. Sementara itu kerangka dalam pemenuhan kebutuhan

diatur dalam peraturan perundang-undangan yang berpedoman pada prinsip transparansi, akuntabilitas, efisiensi, serta kehati-hatian.

Perkembangan industri pertahanan dan industri nasional berfungsi untuk mendukung pemenuhan kebutuhan alutsista dan alat pertahanan lainnya sesuai dengan UU Pertahanan negara pasal 20, ayat (2) yang menyatakan bahwa segala sumber daya nasional yang berupa sumber daya manusia, sumber daya alam dan buatan, nilai-nilai, teknologi dan dana dapat di daya gunakan untuk meningkatkan kemampuan pertahanan negara.

BAB 5

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari pembahasan dalam menjawab rumusan masalah yang ada, sebagai berikut:

1. Pemanfaatan Thorium di Indonesia berada dalam tahap pengembangan, terdapat Thorium rencananya akan dijadikan PLTT (Pembangkit Listrik Tenaga Thorium) melalui kerjasama Indonesia dengan ThorCon International Pte. Ltd dan telah bersiap menandatangani nota kesepahaman.
2. Pemanfaatan Thorium di Indonesia telah memperoleh izin dari pemerintah yang terwujud pada RPJMN 2020-2024 (Pembangunan PLTN paska 2024, periode 2020-2024).
3. Berdasarkan data Badan tenaga nuklir dan nasional, Potensi thorium di Bangka mencapai 210.000-270.000. Pembangkit listrik thorium juga lebih efisien dibanding batu bara, gas bumi, dan uranium. Kalkulasinya, untuk menghasilkan 1.000 Mega Watt atau 1 Giga Watt per tahun diperlukan thorium dengan volume sebesar 100 ton.
4. Sumber energi (power plant) yang berasal dari thorium memiliki efisiensi paling tinggi yaitu mencapai 90% disusul uranium dengan 82% gas alam 73% dan batu bara antara 70-72% dengan berbagai sistem yang digunakan.

5.2 Rekomendasi

Berdasarkan kesimpulan yang diberikan oleh peneliti, dapat diberikan rekomendasi sebagai berikut:

1. Pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar batu bara

menghasilkan antara 0.877- 1.140 Emisi CO₂ (kg/kWh). Sedangkan untuk energi nuklir yang bersumber dari thorium maupun uranium tidak menghasilkan pencemaran CO₂. Maka, pembangkit listrik dari thorium sebagai pengganti energi fosil dapat dijadikan alternatif.

2. Biaya operasional yang dikeluarkan untuk menghasilkan 1 Giga Watt per tahun terbukti thorium lebih murah dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Dimana thorium hanya membutuhkan \$24.000 sedangkan sumber bahan energi lain seperti batu bara antara \$35.000-51.000. Hal ini menunjukkan thorium sebagai sumber energi yang murah dan ramah lingkungan.
- Adapun rekomendasi dan saran peneliti untuk menambahkan hal-hal baru yaitu:
1. Bagi industri pertahanan, karena sudah diketahui bahwasannya kerjasama ThorCon dengan PT PAL saat ini berada pada tahap *test bed platform*. Kemudian rencana pengembangan Pemerintah dengan PT. ThorCon, nantinya akan menggunakan desain struktur kapal sepanjang 174 meter yang setara dengan kapal tanker kelas Panamax. Itu artinya, Industri Pertahanan sangat berperan penting dalam pembangunan PLTT. Karna, tanpa adanya Kerjasama dan pihak yang menangani, PLTT tersebut tidak akan bisa dimanfaatkan
 2. Bagi peneliti selanjutnya , penelitian dengan tema yang sama dapat dilakukan di perusahaan lain dengan metode yang sama atau diubah serta ditambahkan untuk menambah keakuratan penelitian. Jika melakukan penelitian yang sama maka disarankan menggunakan teknik analisis yang berbeda.
 3. Bagi akademisi, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pengajaran sebagai salah satu riset di bidang industri pertahanan, khususnya pada studi pemanfaatan thorium.

4. Bagi pemerintah, dari sisi efisiensi pembakaran dan kemampuan menghasilkan tenaga Thorium paling tinggi dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Thorium dapat digunakan sebagai bahan baku energi dengan efisiensi sebesar 90%. Di sisi lain, batubara hanya memiliki efisiensi 70% dengan menghasilkan pencemaran udara, kerusakan lingkungan dan pencemaran air tanah. Bila ini terjadi, industri pertahanan akan mampu mewujudkan implementasi paradigma *waste to energy*. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi kebijakan untuk meningkatkan kegunaan thorium sebagai *power plant* pada bidang pertahanan.
5. Bagi pengguna, penelitian ini dapat meningkatkan sinergitas dengan instansi terkait material thorium untuk mewujudkan hubungan saling bertukar pemikiran.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Afifudin. 2009, "*Metodologi Penelitian Sosial*". Jakarta: Bumi Aksara.
- ANZSRC. (2008). *Australian and New Zealand Standard Research Classification*. Australia : Australian Bureau of Statistics
- BATAN. (2016). *Prospek Pembangkit Listrik Tenaga Thorium Di Masa Depan*. Jakarta : BATAN
- Burhan Bungin, Penelitian Kualitatif (Komunikasi, Ekonomi, Kebijakan Publik, dan Ilmu Sosial Lainnya), (Jakarta: Kencana, 2008), hal. 68
- Carlton, J., Aldwinkle, J., & Anderson, J. (2013). *Future ship powering options: exploring alternative methods of ship propulsion*. London: Royal Academy of Engineering.
- Harun, Nadjamuddin. 2011. Perancangan Pembangkit Tenaga Listrik. Program studi teknik elektro jurusan fakultas teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Lufri. *Kiat Memahami Metodologi dan Melakukan Menelitian*. Padang: UNP Press (2007)
- Miles, Matthew B; Huberman A. Michael; Saldana Johnny (2014). *Qualitative Data Anallysis A Methodes Sourcebook*. Sage Publications. California.
- Royal Academy of Engineering. (2013). *Future Ship Powering Option: Exploring Alternative Methods of Ship Propulsion*. UK: Royal Academy of Engineering.
- Setiadji, A. (2016). *Alutsista dan poros maritim dunia*. Tangerang: Indotech Dharma Digdaya.
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Pendidikan hlm. 409*. Bandung: Alfabeta
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Administrasi*, Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan*

Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: ALFABETA.

Yin, R. K. (1989). *Case Study Research (revised edition)*. Beverly Hills: Sage.

Yusgiantoro, Poernomo. (2014) *Ekonomi Pertahanan*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Wikarsa, Mohamad Tresna. 2010. Studi Analisis Program Percepatan 10.000 MW Tahap 1 pada Operasi Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali. Jurnal. Depok. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Jurnal dan Prosiding

Abimanyu Bondan, dkk (2017) Studi Ketersediaan Thorium Untuk Meningkatkan Keamanan Energi Nuklir. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2017, ISSN: 2355-7524.

Ahmadi, A., Wirjodirdjo, B., & Maulana, A. (2015). Analisa Pemilihan Alutsista Tni Al Dengan Metode *Life Cycle Cost* (LCC) dan *Analytic Network Process* (ANP) (Studi Kasus Kapal Layar Latih). *Journal Asro Vol.4*, pp.20-27.

Carlton, J. S., Smart, R., & Jenkins, V. (2011). The nuclear propulsion of merchant ships: aspects of engineering, science and technology. *Journal of Marine Engineering & Technology Vol.10(2)*, pp.47-59.

Dakhi, Y. (2016). Implementasi Poac terhadap Kegiatan Organisasi dalam Mencapai Tujuan Tertentu. *Warta Dharmawangsa Vol.50*.

Darmawan, W., Alkadrie, J., & Sudirman, A. (2020). Kerjasama Kementerian Pertahanan Republik Indonesia Daewoo Shipbuilding Marine Engineering dalam Pengadaan Kapal Selam sebagai Upaya Pemenuhan Minimum Essential Force Militer Republik Indonesia. *Padjadjaran Journal of International Relations Vol.1(4)*, pp.303-325.

- Dewita, E. (2012). Analisis Potensi Thorium sebagai Bahan Bakar Nuklir Alternatif PLTN. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol.14(1)*.
- Erlan Dewita (2012) Analisis Potensi Thorium Sebagai Bahan Bakar Nuklir Alternatif Pltn. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 14 No. 1, Juni 2012*.
- Haras, Y. M. (2017). Peran TNI AL dalam Mendukung Terwujudnya Indonesia Sebagai Poros Maritim Dunia Perspektif Manajemen Pertahanan. *Manajemen Pertahanan Vol.3(2)*.
- Hartanto, Y. A. (2016). Manajemen Logistik Dalam Meningkatkan Kesiapan Tempur Alutsista Tni Al. *Jurnal Pertahanan & Bela Negara Vol.6(1)*, pp. 193-212.
- Hirdaris, S. E., Bai, W., Dessi, D., Ergin, A., Gu, X., Hermundstad, O. A., ... & Fonseca, N. (2014). Loads for use in the design of ships and offshore structures. *Ocean engineering Vol.78*, pp. 131-174.
- Hoque, M., Salauddin, A. Z. M., & Khondoker, M. R. H. (2018). Design and Comparative Analysis of Small Modular Reactors for Nuclear Marine Propulsion of a Ship. *World Journal of Nuclear Science and Technology Vol. 8(3)*, pp. 136-145.
- Irfan, M., Bura, R. O., & Wahyudi, D. (2020). Konsep Teknologi Reaktor Nuklir Sebagai Sistem Propulsi Kapal Perang Logistik Landing Platform Dock. *Teknologi Daya Gerak Vol.3(1)*.
- Kholiq, Imam. 2015. Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM. Surabaya: *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. Vol. 19. No. 2. Hal 75—91
- Lumbanraja, S. M., & Rijanti, A. P. (2017). Kapal Laut Berpropulsi Nuklir Di Indonesia. *In Proceedings Of National Colloquium Research And Community Service Vol. 1*.
- Menik Ariani, dkk (2015) Potensi Thorium Sebagai Bahan Bakar Pada Reaktor Cepat Berpendingin Gas Untuk Pltn. Prosiding

- Semirata 2015 bidang MIPA BKS-PTN Barat Universitas Tanjungpura Pontianak Hal 39 – 45.
- Nugraha, P., Armawi, A., & Martono, E. (2016). Studi Kelayakan PT PAL INDONESIA (PERSERO) Dalam Pembangunan Kapal Perusak Kawal Rudal (PKR) Guna Mendukung Ketahanan Alutsista TNI AL. *Jurnal Ketahanan Nasional Vol.22(3)*, pp. 255-266
- Purwadi Kasino Putro, dkk., (2010). Pembuatan Serbuk Thorium Oksida dari Pasir Monasit sebagai Bahan Bakar Nuklir. Laporan Teknis Program Intensif Peneliti dan Perekayasa, Ristek.
- Rachmat, A. N. (2016). Tantangan dan Peluang Perkembangan Teknologi Pertahanan Global Bagi Pembangunan Kekuatan Pertahanan Indonesia. *Transformasi Global Vol.1(2)*.
- Revol, J. P. (2015). Thorium: An energy source for the world of tomorrow. *In EPJ Web of Conferences EDP Sciences Vol. 98*
- Schaffer, M. B. (2013). Abundant thorium as an alternative nuclear fuel: Important waste disposal and weapon proliferation advantages. *Energy Policy Vol. 60*, pp.4-12.
- Suharyo, S. (2019). Penegakan Keamanan Maritim dalam NKRI dan Problematikanya. *Jurnal Penelitian Hukum De Jure Vol.19(3)*, pp. 285-302.
- Supandi, A. (2018). Pembangunan Kekuatan TNI AL dalam Rangka Mendukung Visi Indonesia sebagai Poros Maritim Dunia. *Jurnal Pertahanan & Bela Negara Vol.5(2)*, pp.1-24.
- Utami, R., & Yulianti, Y. (2013). Desain Reaktor Air Superkritis (Super Critical Water Reactor) dengan Bahan Bakar Thorium. *Jurnal Ilmu Dasar Vol.14(1)*, pp. 1-6.
- Verantika, D., Boedoyo, M. S., & Yusgiantoro, P. (2018). Analisis Kebutuhan Bahan Bakar Minyak Jenis Hsd Untuk Kapal Tni Al Guna Memenuhi Minimum Essential Force (MEF) Hingga

Tahun 2024. *Ketahanan Energi Vol.4(2)*

Widyoutomo, A. (2020). Pengamanan Laut Mewujudkan Keamanan Maritim Indonesia. *23 rd Asia Pacifik Naval College Seminar 2020 di Tokyo Jepang Tanggal 25 Februari 2020*

Yazul, M. A., Ali, Y., & Fahri, M. (2019). Strategi Bagian Penelitian Dan Pengembangan Dalam Meningkatkan Kualitas Produk Hasil Litbang Yang Bermanfaat Bagi TNI Angkatan Darat (Studi di Ditpalad). *Strategi Pertahanan Darat Vol.5(1)*.

Peraturan dan Undang-Undang

SNI ISO 9001:2008 Sistem Manajemen Mutupersyaratan Badan Standardisasi Nasional.

Undang-undang (UU) No. 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara

Undang-Undang (UU) No. 30 Tahun 2007 tentang Energi untuk mengatur penyediaan dan pemanfaatan energi secara berkelanjutan.

Undang-undang (UU) No. 16 tahun 2012 tentang Industri Pertahanan

Internet

Adjie, H. (2016). *RIMPAC 2016: Pimpin Misi Buru Kapal Selam, KRI Diponegoro 365 Andalkan Sonar Thales UMS 4132 Kingklip* (Online) <https://www.indomiliter.com/rimpac-2016-pimpin-misi-buru-kapal-selam-kri-diponegoro-365-andalkan-sonar-thales-ums-4132-kingklip/>, diakses 24 Juli 2020.

BATAN. (2015). *Thorium Melimpah di Indonesia* (Online),

<http://www.batan.go.id/index.php/id/kedeputan/manajemen/hk/1886-audiensi-wantimpres>, diakses 18 Juli 2020.

Erdianto, K. (2017). *Ini Kehebatan Kapal Selam Baru KRI Nagapasa 403 Milik TNI AL* (Online),

<https://nasional.kompas.com/read/2017/08/28/20422671/ini-kehebatan-kapal-selam-baru-kri-nagapasa-403-milik-tni-al> , diakses 25 Juli 2020.

Gusti Ayu Agung Utari Triandani. *Perkembangan Pemanfaatan Energi Nuklir di Prancis*. FIB. 2002

IAEA. *Managing the First Nuclear Power Plant Project* (IAEA-TECDOC-1555). IAEA. Vienna. 2007.

Indomiliter. (2014). *FPB-57 Nav V TNI AL: Varian Kapal Cepat Dengan Bekal Senjata dan Sensor Maksimal* (Online).

<https://www.indomiliter.com/fpb-57-nav-v-tni-al-varian-kapal-cepat-dengan-bekal-senjata-dan-sensor-maksimal/comment-page-1/>, diakses 25 Juli 2020.

Kemhan. (2017). *Seminar Peningkatan Kemampuan Sumber Daya Alam Dan Teknologi Berbasis Thorium Untuk Pengembangan Energi Alternatif Masa Depan Dalam Negeri* (Online), <https://www.kemhan.go.id/balitbang/2017/11/28/seminar-peningkatan-kemampuan-sumber-daya-alam-dan-teknologi-berbasis-thorium-untuk-pengembangan-energi-alternatif-masa-depan-dalam-negeri.html>, diakses pada 18 Juli 2020.

Kemhan. (2019). *Forum Komunikasi Litbang Ke-30 Tahun 2019* (Online), <https://www.kemhan.go.id/balitbang/2019/12/04/forum-komunikasi-litbang-ke-30-tahun-2019.html>, diakses tanggal 18 Juli 2020.

Perdana, G. (2014). *Landing Platform Dock TNI AL: Peran Dari Kapal Markas Hingga Rumah Sakit* (Online),

http://sanzanelektronik.com/?gclid=CjwKCAjwsO_4BRBBEiwAyagRTeU-NS3ljtR3EiCrujGEv7mFMQPyACzDy-YVZSZnmsnyG_cZiJ4xiBoCXicQAvD_BwE, diakses 25 Juli 2020..

- Perdana, G. (2017). *Eneco Plasma Fusion, Teknologi Baru Sumber Tenaga Kapal Perang TNI AL* (Online), <https://www.indomiliter.com/eneco-plasma-fusion-teknologi-baru-sumber-tenaga-kapal-perang-tni-al/>, diakses 25 Juli 2020
- Royal Navy. (2012). *Ships: Naval Power and Prowess* (Online), <http://www.royalnavy.mod.uk/theequipment/ships> diakses tanggal 23 Juli 2020.
- Saragih, A. (2019). *Dua Kapal Cepat Rudal KCR-60 Dibangun PT PAL Indonesia* (Online), <https://jakartagreater.com/244110/dua-kapal-cepat-rudal-kcr-60-dibangun-pt-pal-indonesia/>, diakses 25 Juli 2020.
- Setiawan, H. (2020). *Indonesia Memiliki Lautan Hampir 6 Juta Km², TNI AL Hanya memiliki 221 Kapal Perang* (Online), <https://portaljember.pikiran-rakyat.com/nasional/pr-16390102/indonesia-memiliki-lautan-hampir-6-juta-km2-tni-al-hanya-memiliki-221-kapal-perang>, diakses pada 16 Juli 2020.
- Sutianto, F.D. 2016. *TNI AL Pembeli Pertama Kapal 'Perusak' Buatan PAL* (Online), <https://finance.detik.com/industri/d-3121763/tni-al-pembeli-pertama-kapal-perusak-buatan-pal>, diakses 25 Juli 2020.
- Suzetta, P., Nasional, M. N. P. P., & BAPPENAS, K. (2007). *Perencanaan Pembangunan Indonesia. Indonesian Development Planning* (Online), <http://ditpolkom.bappenas.go.id/basedir/Artikel/094.%20Perencanaan%20Pembangunan>, diakses 25 Juli 2020.
- Wahyono. (2019). *Melihat Kekuatan Alutsista TNI AL* (Online), <https://nasional.sindonews.com/berita/1470841/14/melihat-kekuatan-alutsista-tni-al>, diakses pada 15 Juli 2020.
- Warta Ekonomi Online. (2020). *Bersiap di Natuna, Begini Kekuatan Militer Indonesia yang Dikerahkan*

(Online),

<https://www.wartaekonomi.co.id/read265643/bersiap-di-natuna-begini-kekuatan-militer-indonesia-yang-dikerahkan>, diakses pada 17 Juli 2020.

Ziyadi, A. (2019). *Jerman Resmikan Kapal Pertama Fregat Kelas F125* (Online), <https://militermeter.com/jerman-resmikan-kapal-pertama-fregat-kelas-f125/>, diakses 24 Juli 2020.

LAMPIRAN 1

SURAT IZIN PENELITIAN

1. Surat Penelitian ada tiga Instansi

 **KEMENTERIAN PERTAHANAN RI**
UNIVERSITAS PERTAHANAN
Terakreditasi BAN-PT "A"

Nomor : B/ 2733 /XI/2020
Klasifikasi : Biasa
Lampiran : Satu Lembar
Hal : Permohonan Surat Izin dan Rekomendasi Pelaksanaan Penelitian.

Jakarta, 5 November 2020

Kepada
Yth. Pejabat tersebut dalam lampiran
di
Tempat

1. Dasar:

- Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2011 tentang Universitas Pertahanan sebagai Perguruan Tinggi yang diselenggarakan oleh Pemerintah.
- Keputusan Rektor Universitas Pertahanan Nomor: KEP/155/XII/2019 tanggal 18 Desember 2019 tentang Program Kerja dan Anggaran Universitas Pertahanan TA. 2020.
- Kalender Akademik Program Studi Industri Pertahanan Fakultas Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan Tahun Akademik 2019/2020.

2. Sehubungan dasar di atas, dengan hormat disampaikan bahwa:

- Sebagai syarat kelulusan Program Pascasarjana Universitas Pertahanan, bagi mahasiswa diwajibkan menyusun tesis yang terkait dengan bidang program studinya.
- Mahasiswa Program Studi Industri Pertahanan Fakultas Teknologi Pertahanan Unhan atas nama Cinthia Dewi Maharani, NIM: 120190401005, nomor HP: 082268726084 cinthiamaharani55@gmail.com, bermaksud menyusun tesis dengan judul: "Studi Pemanfaatan Thorium Sebagai Power Plant Guna Mendukung Pertahanan Negara."

3. Berkenaan dengan hal tersebut mohon diizinkan mahasiswa dimaksud untuk melaksanakan penelitian dalam rangka mendapatkan data dan keterangan termasuk melakukan wawancara dengan pejabat yang ditunjuk.

4. Demikian mohon menjadi periksa.

a.n. Rektor
Universitas Pertahanan
Warek I Bid. Akademik dan Kemahasiswaan,


Dr. Jermi Mahroza, S.I.P., M.A., M.Sc., CIQnR., CIQaR
Mayor Jenderal TNI

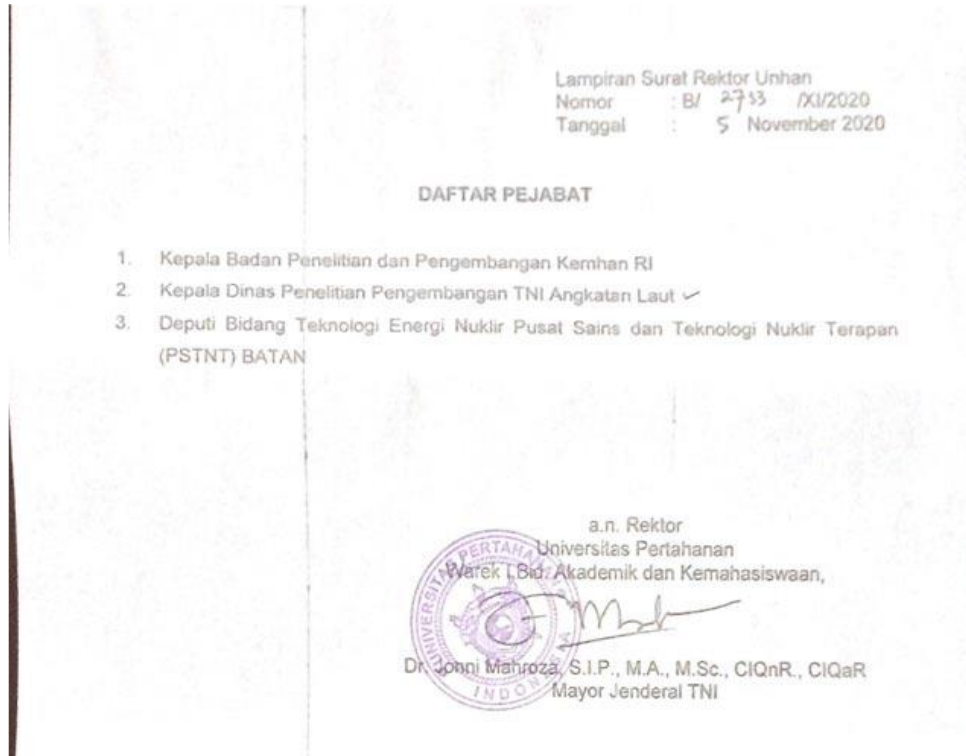
Tembusan:

- Sekjen Kemhan
- Rektor Unhan
- Kepala BATAN
- Warek II, Warek III Unhan
- Kasatwas Unhan
- Ka. LPPM Unhan
- Dekan Fakultas Teknologi Pertahanan Unhan
- Sesprodi Industri Pertahanan FTP Unhan.

Jalan Salemba Raya No.14 Jakarta Telepon 021-3927459

Daftar Pejabat dan Instansi yang di tuju, yakni:

1. Dinas Penelitian dan Pengembangan TNI Angkatan Laut
2. Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertahanan RI
3. Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN)



2. Surat izin penelitian untuk Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir (PTBGN)

 KEMENTERIAN PERTAHANAN RI UNIVERSITAS PERTAHANAN Terakreditasi BAN-PT "A"		
Nomor	: BI 2733 /XI/2020	Jakarta, 5 November 2020
Klasifikasi	: Biasa	
Lampiran	: -	
Hal	: Permohonan Surat Izin dan Rekomendasi Pelaksanaan Penelitian.	Kepada Yth. Kepala Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir BATAN ✓ di Jakarta
1. Dasar: a. Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2011 tentang Universitas Pertahanan sebagai Perguruan Tinggi yang diselenggarakan oleh Pemerintah. b. Keputusan Rektor Universitas Pertahanan Nomor: KEP/155/XII/2019 tanggal 18 Desember 2019 tentang Program Kerja dan Anggaran Universitas Pertahanan TA. 2020. c. Kalendar Akademik Program Studi Industri Pertahanan Fakultas Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan Tahun Akademik 2019/2020. 2. Sehubungan dasar di atas, dengan hormat disampaikan bahwa: a. Sebagai syarat kelulusan Program Pascasarjana Universitas Pertahanan, bagi mahasiswa diwajibkan menyusun tesis yang terkait dengan bidang program studinya. b. Mahasiswa Program Studi Industri Pertahanan Fakultas Teknologi Pertahanan Unhan atas nama Cinthia Dewi Maharani, NIM: 120190401005, nomor HP: 082268726084 cinthiamaharani55@gmail.com, bermaksud menyusun tesis dengan judul: "Studi Pemanfaatan Thorium Sebagai Power Plant Guna Mendukung Pertahanan Negara." 3. Berkenaan dengan hal tersebut mohon diizinkan mahasiswa dimaksud untuk melaksanakan penelitian dalam rangka mendapatkan data dan keterangan termasuk melakukan wawancara dengan pejabat yang ditunjuk. 4. Demikian mohon menjadi periksa.		
		a.n. Rektor Universitas Pertahanan Warek I Bid. Akademik dan Kemahasiswaan,  Dr. Jonni Mahroza, S.I.P., M.A., M.Sc., CIQnR., CIQaR Mayor Jenderal TNI
Tembusan: 1. Sekjen Kemhan 2. Rektor Unhan 3. Kepala BATAN 4. Warek II, Warek III Unhan 5. Kasatwas Unhan 6. Ka. LPPM Unhan 7. Dekan Fakultas Teknologi Pertahanan Unhan 8. Sesprodi Industri Pertahanan FTP Unhan.		
Jalan Salemba Raya No. 14 Jakarta Telepon 021-3927459		

LAMPIRAN 2

PEDOMAN WAWANCARA

1. Pedoman Wawancara

Hari / Tanggal :

Waktu :

Tempat :

Informan :

2. Aturan Wawancara

- Peneliti memperkenalkan diri terlebih dahulu sebelum memulai wawancara serta menjelaskan maksud dan tujuan dilakukannya penelitian.
- Sebelum wawancara dimulai, peneliti memohon izin untuk melakukan perekaman dan melakukan pencatatan saat wawancara sedang berlangsung.
- Peneliti juga meminta dokumen yang terkait dengan penelitian untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif.

3. Pertanyaan Wawancara

No.	Pertanyaan
1.	Bagaimanakah menurut pendapat bapak awal mula mengenai penggunaan torium di Indonesia?
2.	Dalam bidang pertahanan pertama yang menggunakan thorium ini?
3.	Mulai sejak kapan penggunaan thorium ini mulai di terapkan?
4.	Berapakah kira-kira cadangan thorium yang ada di Indonesia?

5.	Apakah solusi yang dapat diajukan dalam pengembangan penggunaan thorium tersebut?
6.	Hal apa yang membedakan dalam penggunaan thorium?
7.	Apakah target yang diterapkan dalam penggunaan thorium?
8.	Permasalahan BATAN yang menyebabkan kesulitan dalam mengembangkan thorium?
9.	Apa usaha dari pihak BATAN untuk menanggulangi permasalahan tersebut?
10.	Kerjasama apa yang sudah di jalin dengan pihak luar negeri?
11.	Bagaimanakah menurut pendapat bapak awal mula mengenai penggunaan torium di Indonesia?
12.	Dalam bidang pertahanan pertama yang menggunakan thorium ini?
13.	Mulai sejak kapan penggunaan thorium ini mulai di terapkan?
14.	Berapakah kira-kira cadangan thorium yang ada di Indonesia?
15.	Apakah solusi yang dapat diajukan dalam pengembangan penggunaan thorium tersebut?
16.	Hal apa yang membedakan dalam penggunaan thorium?
17.	Apakah target yang diterapkan dalam penggunaan thorium?
18.	Permasalahan BATAN yang menyebabkan kesulitan dalam mengembangkan thorium?
19.	Apa usaha dari pihak BATAN untuk menanggulangi permasalahan tersebut?
20.	Kerjasama apa yang sudah di jalin dengan pihak luar negeri?

Aspek	No	Pertanyaan
Sistem Pertahanan Negara	1)	Bagaimana peran serta TNI sebagai komponen utama dalam sistem pertahanan negara ?
	2)	Bagaimana wujud pemanfaatan sumber daya manusia sebagai komponen cadangan dalam sistem pertahanan negara ?
	3)	Bagaimana wujud pemanfaatan sumber daya alam atau buatan sebagai komponen pendukung dalam sistem pertahanan negara ?
	4)	Bagaimana seharusnya pembangunan sumber daya nasional agar dapat mendukung komponen utama dalam pertahanan negara ?
	5)	Bagaimana integrasi ketiga elemen (komponen utama, pendukung dan cadangan) dalam sistem pertahanan negara ?
Teknologi Pertahanan	1)	Bagaimana peran teknologi dalam mendukung pertahanan negara
	2)	Bagaimana tren kebutuhan alutsista matra laut masa kini dan masa yang akan datang ?

Industri Pertahanan	1)	Bagaimana Keterkaitan industri dengan pertahanan negara ?
	2)	Bagaimana kontribusi industri dalam pertahanan negara?
	3)	Bagaimana seharusnya sinergitas industri dalam membangun sebuah teknologi pertahanan ?
Potensi Sumber Energi Alternatif		
Dimensi Trilemma Energy	1)	Bagaimana kriteria sumber energi alternatif ditinjau dari ekuitasnya?
	2)	Bagaimana kriteria sumber energi alternatif ditinjau dari keamanannya?
	3)	Bagaimana kriteria sumber energi alternatif ditinjau dari ketahanan atau keberlangsungannya di lingkungan ?
	4)	Bagaimana kebutuhan sumber energi bagi alutsista matra laut ?
Thorium		

Tiga Dimensi Trilemma Energy	1)	Bagaimana ekuitas thorium sebagai sumber energi alternatif ?
	2)	Bagaimana keamanan thorium sebagai sumber energi alternatif ?
	3)	Bagaimana ketahanan dan keberlangsungan thorium sebagai sumber energi alternatif ?
	4)	Bagaimana potensi thorium sebagai sumber energi alutsista matra laut ?
Potensi Thorium	1)	Bagaimana potensi thorium dan persebaran thorium di indonesia?
	2)	Bagaimana kebutuhan energi alutsista matra laut ?
	3)	Bagaimana potensi cadangan thorium di indonesia?

KEBIJAKAN	
Politik	Bagaimana situasi politik mempengaruhi organisasi ?
Ekonomi	Bagaimana pengaruh situasi ekonomi terhadap pencapaian dan kinerja organisasi ?
Sosial	Bagaimana pengaruh situasi sosial terhadap pencapaian dan kinerja organisasi ?
Teknologi	Bagaimana pengaruh perkembangan teknologi terhadap pencapaian dan kinerja organisasi ?

Hukum	Bagaimana pengaruh situasi hukum dan peraturan perundangan terhadap pencapaian dan kinerja organisasi ?
Lingkungan	Bagaimana pengaruh situasi lingkungan terhadap pencapaian dan kinerja organisasi ?

Strategy	1)	Bagaimana strategi dalam membangun keunggulan organisasi ?
	2)	Bagaimana cara organisasi dalam mencapai tujuan ?
	3)	Bagaimana cara organisasi menghadapi tekanan lingkungan kompetisi ?
	4)	Bagaimana cara menangani perubahan permintaan proyek ?
	5)	Bagaimana menyesuaikan strategi yang disusun dan diterapkan dengan isu lingkungan ?
Sistem	1)	Bagaimana sistem utama yang menjalankan organisasi ?
	2)	Bagaimana letak peran dan kontrol dalam organisasi ? Bagaimana peran dan kontrol tersebut dievaluasi ?
	3)	Bagaimana aturan dan proses agar sistem organisasi teta berjalan dengan baik ?
Shared Value	1)	Bagaimana nilai-nilai inti organisasi ? (care values)
	2)	Bagaimana budaya organisasi ?
	3)	Bagaimana penerapan nilai-nilai tersebut ? (kuat/tidak)
	4)	Bagaimana aturan dan proses yang digunakan agar nilai-nilai tersebut dapat diterapkan ?
Style	1)	Bagaimana gaya kepemimpinan yang digunakan ?
	2)	Bagaimana efektifitas gaya kepemimpinan yang digunakan ?
	3)	Bagaimana efek penerapan gaya kepemimpinan bagi bawahan ? (kooperatif/kompetitif)
Staff	1)	Bagaimana spesialisasi yang dibutuhkan dalam tim ?
	2)	Bagaimana kesenjangan kompetensi yang dibutuhkan dalam tim ? (Ada/tidak)
Skill	1)	Keterampilan apa yang paling kuat dalam organisasi ?
	2)	Bagaimana penilaian dan monitor kemampuan organisasi ?
	3)	Bagaimana kesesuaian kemampuan anggota dengan pekerjaan yang diberikan ?

LAMPIRAN 3

TRANSKRIP WAWANCARA

HASIL WAWANCARA 1

Hari/Tanggal. : Selasa, 24 November 2020
 Waktu : 11.00 WIB
 Tempat : Kantor
 Informan : Bapak Hevry
 Jabatan : Staff Iptekhan Badan Penelitian dan
 Pengembangan Kementerian
 Pertahanan (BALITBANG KEMHAN)

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Bagaimanakah menurut pendapat bapak awal mula mengenai penggunaan torium di Indonesia?	Mulai mengetahui mengenai banyak nya cadangan yang terdapat di Indonesia mengenai thorium yang berada di dalam tanah Indonesia. Namun selama ini masih hanya asumsi saja karena untuk proses pengembangan sama dengan bahan jadi yang akan digunakan membutuhkan dana yang banyak. Namun permasalahan BATAN belum mempunyai program, dan kesulitan lain mengenai izin penggunaan, dalam bidang teknologi torium juga masih belum bisa di jak bekerjasama memang beberapa proses panjang.
2.	Dalam bidang pertahanan pertama yang menggunakan thorium ini?	Dalam penggunaannya thorium ini yang pertama dulu malah pernah di laksanakan pada pesawat terbang.
3.	Mulai sejak kapan penggunaan thorium	Mulai diajukan di tahun 2015 thorium, namun berubah ketika orang

	ini mulai di terapkan?	mengandeng UGM mengajukan membuat baterai, namun terdapat beberapa bahan baku yang mahal.
4.	Berapakah kira-kira cadangan thorium yang ada di Indonesia?	Sementara untuk informasi baru disurvei di pulau Bangka Belitung yang kurang lebih 170.000 ton itu kan? Cuma itu kan hanya asumsi-asumsi belum melaksanakan eksplorasi. Nah itu pun kana da di SDM. Kalo timah yang berkaitan dengan timah kan di PT Timah. Nah sementara kalo ada kandungan radiasi/radioaktif atau yang mengandung itu kewenagannya di BATAN.
5.	Apakah solusi yang dapat diajukan dalam pengembangan penggunaan thorium tersebut?	Dialihkan dalam penggunaan digunakan nuklir, dengan menciptakan listrik tenaga Nuklir karena hasil listrik dapat digunakan dalam berbagai bidang termasuk pertahanan.

HASIL WAWANCARA 2

Hari/Tanggal. : Senin, 07 Desember 2020
 Waktu : 09.00 WIB
 Informan : Bapak Anwar
 Tempat : Kantor
 Jabatan : Anggota Subdislitbang Iptek Dinas
 Penelitian dan Pengembangan
 Angkatan Laut (DISLITBANGAL)

1.	Hal apa yang membedakan dalam penggunaan thorium?	Bila thorium mau dijadikan listrik tenaga nuklir, sehingga saya harus memikirkan hal lain, sehingga untuk pengaplikasian membuat sederhana dengan menggunakan pembangkit kapal selam sehingga digunakan di laut dalam menyusun roadmap nya harus berulang-ulang dan dana yang seminimal mungkin.
2.	Apakah target yang diterapkan dalam penggunaan thorium?	Tahun ini adalah fokus pada roadmaps nya terlebih dahulu, sebelum itu pembangunan infrastruktur yang sesuai dan sehingga mempunyai dua lapis khusus
3.	Bagaimana pengolongan Thorium masih termasuk dalam sumber daya hipotetik?	Thorium masih termasuk dalam sumber daya hipotetik. Tingkatan cadangan sumber daya yaitu: 1. Resource dibagi menjadi sumber daya hipotetik atau spekulatif didapatkan dari analogi saja atau

		hanya diatas kertas saja. Missal jika keadaan buminya seperti ini maka eksplorasi yang bisa dilakukan seperti apa. Jika sudah dilakukan survei dan masih terbatas maka sumber dayanya sudah terekam. Jika sudah dilakukan pemboran secara massive dengan jarak sekitar 10 meteran dg memasukkan ilmu geofisika maka itu sudah bisa dikatakan terukur jika dipresentasekan 90%. Setelah terukur kemudian dilakukan studi kelayakan. Bisakah jika ditambang memenuhi nilai ekonomi, antara nilai produksi dan penjualan apakah bisa tercover. Nah itu lah yang dinamakan sumber daya cadangan. Kalau cadangan belum siap diambil. Nah kita emang perlu tanya ya hipettik tadi sebelum sampai di kegiatan perekam. Kalau torium memang masih tergolong baru.
4.	Bagaimanakah pemanfaatan thorium yang digunakan dan seberapa efektivitasnya?	Jadi kalau soal cadangan kan butuh data mentah ya kalau nggak gitu kan gabisa ya. Banyak parameter untuk ke arah. Kalau pemanfaatan ini lebih ke hulu nya, bukan hilirnya. Kalau dari judul poinnya apa untuk pemanfaatan torium nanti kan dari peta persebaran potensinya itu saya bikin pemodelan kemudian saya itung cadangan pasarnya. Mungkin untuk lapangan itu berapa. Saya buat pemodelan 2D dan

		3D nya. Dari situ saya nanti ada perbandingan dengan energi batu bara dan torium.
5.	Apakah termasuk dan terkait dengan pertahanan apanya itu?	Jadi nanti bisa digunaka untu kemana saja jika nanti sudah diaplikasikan masalahnya gini ya, mungkin saya perlu cerita juga tentang torium.
6.	Bagaimanakah cara dalam menggunakan dalam pengembangan pemurniannya?	Torium dulue emmang pernah digunakan sebagai reactor di tahun 1965-1969 di Laboratorium Nasional Oak Ridge Amerika Serikat dengan teknologi molten solve, reactor molten solve itu bahan cair dg bentuk torium flour. Tapi torium sendiri sebenarnya tidak bisa langsung sebagai bahan bakar nuklir karena dia disebut sebagai bahan vertil. Bahan vertil itu tidak bisa membelah oleh netron. Yang bisa membelah langsung oleh netron itu uranium 235. Di alam sendiri ada uranium 235 dan uranium 238. Yang bisa membelalah hanya uranium 235 karena kecil Cuma 0.7% dibandingkan yang 238. Nah torium demikian juga kayak uranium 238 dia gabisa membelaha langsung. Dia bisa membelah setelah setelah mentransformasi dulu. Jadi dia dirubah dulu menjadi uranium 233 melalui menangkap netron. Jadi netronnya dari mana, jadi netronnya itu dari reaksi

		antara U235 dg neutron. Neutron pertama dikasih dulu atau sebagai pemantik HEDE. Neutron tidak ada di alam dia harus diciptakan dulu. Neutron menumbuhkan uranium u235 menjadi unsur-unsur lain lebih kecil kemudian dia menghasilkan lagi neutron yang lebih kecil dari situ. Neutron itulah yang dimanfaatkan untuk membela uranium berikutnya lagi. Namun untuk emnajdi reaktir neutronnya dikendalikan terus supaya tidak menjadi bom. Nah neutron tadi lah yang kemudian menjadi dimanfaatkan jga untuk mengubah torium menjadi uranium 233. Prosesnya tidak langsung ebrubah harus melalui apa apa apa baru ajdi uranium 233. Setelah itu dia bisa membelah dan menghasilkan neutron baru menghasilkan 2 atau 3 unsur baru yang lebih kecil dan mebghasilkan energi. Nah energi ini yang digunakan untuk menghasilkan iuap atua energi panas yang senajutnya digunakan untuk turbin dan listrik. Jadi dengan kata lain, torium butuh uranium juga tidka bisa berdiir sendiri. Jadi memang tidak bisa dibandingkan lebih unggul mana torium dan uranium karena torium juga butuh uranium. Tapi kelimpahan di alam lebih banyak torium itu bisa 4x. Permasalahannya adalah
--	--	--

		bagaimana mentransformasikan torium menjadi uranium nah efektifitasnya seberapa besar. Kalau misal 1:1 itu memang bagus sekali itu bisa untuk cadangan ribuan tahun katanya. Tapi kan kenyataan tidak semanis teori. Kadang ada namanya protactinium dsb itu yang membuat racun neutron ada efisienssinya. Tapi kalau 1:1 memang sangat bagus karena jumlahnya berlipat. Kalaupun U235 hanya 0.7% dari uranium alam itu aja udah berapa kali lipat torium thd uranium 235 karena torium disini sifatnya itu saja, dia bisa dipakai hanya jika berinteraksi dg uranium.
7.	Lembaga mana yang sudah menerapkan Thorium tersebut?	Di beberapa PLTN pernah mencoba menggunakan torium tapi hanya sbg suplemen saja. Intinya reaktornya adalah uranium nah ia kemudian dimaksikkan torium beberapa kilo saja. Mungkin hanya sebagian kecil saja di Jerman, Amerika, India itu juga sudah dilakukan tapi dalam bentuk yang itu mengikuti reaktornya
8.	Negara manakah yang sudah menerapkan penggunaan thorium?	Nah negara yang saat ini fokus ke torium itu memang 2 itu hanya Cina dan India. Tapi lainnya lain. India akan menggunakan builder sendiri, dia membuat reaktor menghasilkan U233 dari torium, kemudian U233 ini yang

		akan dimasukkan kedalam reactor yang lain lagi. Jadi membuat u_{233} dari torium. Cina, itu yang dibuat dari barang cair sekarang lagi membangun dia membangunr eaktor demonya 2 mega watt. Tahun 2035 targetnya untuk reaktir demo yang kapasitasnya 100 an. Skrg kecil dulu untuk mebuktitian teori” itu di eksperimenkan di reactor yang sdg dibangun kayak kontes gitu untuk TMSR (<i>Thorium Molten Salt Reactor</i>). Nah ini diharapkan th 2035 sudah seesa di bangun dan beroperasi. Ini hanya untuk eksperimen saja untuk menguatkan teorinya nanti sbg dasar jika punya data baru dia bangun yang besar. Karena reaktir itu meman spt itu meskipun desiannya sudah bagus namun mmasih harus diuji cobakan, karena jika ada yang tidak sesuai bisa bahaya. Kalau cina pakai bahan cair, torium fluroid yang dimix pakai uranium. Nah yang ertama kali membangkitkan reaksi nuklirnya adal uranium 235 dierkaya dari 0.7% sampai 17% supaya dia mendapatkan netron yang banyak disitu. Netronnya itu digunakan untuk mereaksikan torium, nanti meghasilka u_{233} itu bisa berlangsung sendiri tanpa uranium 235
--	--	---

		lagi yang penting sudah ada uranium u233 itu bisa mandiri.
9.	Bagaimana menurut pendapat bapak mengenai penggunaan teknologi yang berbasis thorium?	Jadi memang teknologi torium ini skrg belum mapan masih dlm tingkat eksperimental tapia da harapa besar kedepan. Karena kita punya rumagh torium yang banyak. Apabila teknologi itu suidha matang kita bisa memanfaatkan torium nya lebih besar. Nanti kalau untuk militer atau pertahanan sebenarnya kita sudah mendatangani perjanjian bahwa kita tidak akan mengembangkan senjata nuklir. Bagaimana jika teknolgi nuklir digunakan untuk mendukung ketahanan itu akan di awasi secara ketat dan itu mausk ke geo politik bukan geo fisik lagi.
10.	Bagaimana bila penggunaan energy thorium digunakan di Indonesia?	Indonesia sebenarnya udah cocok untuk menggunakan torium karena pulaunya ckup banyak sekitar belasan ribuan. Energi di pulau-pulau itu juga sebetulnya sangat dibutuhkan. Nelayan yang habis melaut kan perlu mengimpan hasil tangkapannya dilemari pendingin. Nah konsep nuklir itu kan bisa dibangun disana menerapkan bahan bakar nuklir sat aitu saja tanpa tergantung pada cuaca spt apa. Kemudian terkait pertahanan dengan adnaya listrik yang stabil itu

		bisa dipakai sbg pangkalan listrik. Jika dsana ada PLTN idisitu entah uranium atua torium artinya akapal-kapal untuk pertahanan bisa terlayani dengan baik seperti kapal selam itu kalau bahan bakar nuklir itu dia bisa bertahun-tahun seperti amerika dan rusia. Kedepannya Indonesia harusnya bisa juga spt itu. Tapi saya kurang tau terkait militer di Indonesia skrg apa ada rencana ke arah sana.
11.	Bagaimanakah dalam proses mengembang energi nuklir ini apakah Indoensia sendiri sudah mampu atau belum?	Penggunaan tersebut relatifnya, dikatakan mampu kita sudah punya 3 reaktor nuklir di jogja bandung dan serpong dan bisa mengoperasikan secara save. Bahan bakar kita uda bikin sendiri, control volte juga kta rancang sendiri. Dari sisi tsb sebenarnya mengoperasikan PLTn dan reactor research prinsipnya sama yaitu megendalikan nnetron saja supaya tidak naik. Sebenarnya rekator research juag lebih sulit karena mati hidup mati hidup butuh asupan daya berapa nah itukan manuvernya lebih unik. Nah kalau PLTN kan sekali hidup dia terus hidup terus aja. 2 tahun katakanlah nanti mati terus diisi lagibahan bakarnya lalu kemudian akan stabil lagi. Cuma ambil daya nya aj ayang leih besar kayar tekanan, panas,

		uap. Kalau dari sisi nuklirnya sendiri kita menguasai spt itu. Negara negara yang dulu belajar sama kita seperti iran, korea selatan kan belajar nuklir di reactor research. Kita kan udah membangun duluan tahun 60 an di bandung pada masa pemerintahan pak karno dulu. Jadi mestinya kita dulu leading ya paling maju tapi kita agak stagnan. Yang lainnya duluan belajar sama kita sudah maju sekarang. Iran udah punya PLTN sendiri. Korea sudah punya 23, dia sekarang ekspor. Cuma Bangladesh yang masih belajar dia uda membangun duluan. Politikanya disana lebih solid. Kalau kita kan tengkar terus. Ini kan batu bara memang sudah mau di stop terakit eksplorasinya. Terus spt kasus di sumsel ada propaganda dari keluarga ana gaboleh lewat, nah itu kan menghambat listrik dari batu bara.
--	--	---

HASIL WAWANCARA 3

Hari/Tanggal. : Senin, 07 Desember 2020
 Waktu : 13.00 WIB
 Informan : Yarianto
 Tempat : Kantor
 Jabatan : Staff Badan Teknologi Nuklir Nasional
 (BATAN)

1.	Ada kah pengajuan di BATAN untuk bikin PLNTN dari torium?	iya sudah, kita pernah mengajukan persiapan untuk emmbangun PLTn tapi menurut politik belum perlu. Dulu jaman gus dur dia mbentuk tim khusus untuk mengkaji mengenai PLTN. Tapi hanya sebatas gus dur saja. PERjuangan melalui KEN (Kebijakan Energi Nasional) itu sudah matia matian berjuang tapi dianggap belum perlu karena kita masih punya energi yang banyak. Itu kan banyak kepentingan.
----	---	--

2.	Berapakah saja memang membutuhkan modal yang agak besar?	Karakteristik nuklir itu memang investasi di awal karena butuh membangun yang betul-betul save atau selamat. Untuk membangun desain yang save perlu dana yang lebih. Misal pompa pendingin. Kalau PLTU cukup satu, kalau PLTN dia butuh minimal 3 pompa. 1 yang beroperasi 2 cadangan. Kalau yang satu mati yang 2 harus segera dinyalakan. Itu baru yang sejenis saja. Nah kalau misal yang misal energi yang sama itu sama-sama matikan harus ada yang membackup dari energi lain yang bisa menggantikan. Seperti tenaga baterai. Nah inilah yang menjadikan PLTN mahal untuk investasinya. Namun bisa lebih murah untuk operasionalnya karena bahan bakarnya nggak banyak. 20gram uranium setara dg 2 ton batu bara. Dari situ memang hemat, bisa sekali supply bahan bakar untuk 2 tahun. Jika diitung keseluruhan memang agak mahal sedikit dari batu bara. Itu harga saat ini ya, batu bara mungkin suatu saat langka dan mahal.
3.	Bagaimana pandangan mengenai penggunaan energy untuk ke depannya?	Kalau soal energi kita harusnya berpikir bukan hanya untuk saat ini saja tapi juga untuk 10 tahun kedepan. Mungkin cina jika sudah bisa membuktikan di tahun 2035 itu bagus dan bisa menjadi

		loncatan. Tapi tinggal kita mau mengikuti apa engga, karea tidak ada teknologi yang diberikan dg gratis. Semuanya harus pakai usaha. Cina itu pemerintahannya gak main-main dia, dia betul-betu support. Dia betul" dibiayai oleh pemrintah. Nggak mikir balik modal atau engga. Tapi memang itu adalah modal awal untuk masa depan. Kalau Indonesia mikirnya masih balik modalnya kapan? Pemikiran spt itu seharusnya tidak boleh karena itu sebenarnya untuk eksperimen. Kesalahannya, karena memang diindonesia, orag yang punya kebijakan itu kebanyakan dari orang ekonomi.
4.	Kira-kira perusahaan mana yang bisa jadi mitra untk PLTN?	secara parsial kita punya cukup banyak ya perusahaan baik BUMN maupun investasi asing itupunya kemampuan seperti di Indoensia ada Barata, PT PAL, PT pindad mereka bisa bikin kayak turbin, simon bahkan bisa membuat condenser untuk PLTN di ekspor ke Finlandia ukurannya 1300 mega watt itu kan mampu. Yang pelu bagaimana pmerintah bisa mengintegrasikan seluruh kemampuan untuk PLTN tapi dg argumen yang jelas, kan mereka perlu kontinuitas produksi. Sedangkan missal untuk reactor in ikan perlu ketebalan

		sekian itu kan dia harus mendatangkan alat pabrik untuk mmebuat cetakan itu.
5.	Bagaimana pilihan bisa menggunakan proporsi atau baterai yang pertama digunakan?	Kalau baterai kan terbatas, harus selalu muncul dan chargernya. Itu kan tidak mudah. Kelemahannya distu, tapi dari sisi keamananan ya gak terlalu dijaga ketat kalau baterai jika hilang ya tidak ada yang ditakutkan juga, segi keselamatan baterai tidak menjadi ancaman. Kalau proporsi nuklir dia bisa beratahan di saudera epas bertahun tahun tanpa harus mendarat. Resikonya juga jika terjadi kecelakaan di kapal tsb itu kan bisa menyebabkan bahaya radiasi di seleuruh kapal. Tapi sejauh ini tidak ada kejadian spt itu. Tapi dulu ada kapal pemecah es di arktik karena memang dia tugasnya menghancurkan es itu da pake nuklir. Kalau dari lama waktu pemanfaatannya nuklir itu menjadi jawaban yang tepat. Nah soal kejadian gempa bumi yang terjadi itu kan cuam satu segmen saja. Saat terjadi gempa itu listrik mati semua namun tidak masalah karena pada waktu terjadi gempa reactor otomatis padam.
6.	Berapa lama mengatasi dampak dari radiasi nuklir?	ya cukup lama kalau kecelakaannya di fukushima karena faktor radiasinya bisa keluar. Itukan tahun 2011. Yang penting

		prevense jangan sampai terjadi kecelakaan. Tapi kalau di laut akan berbeda karakter, itu kan gak langsung ke laut tapi ke biota. Gatau ya itu sampe kedalaman berapa. Tapi itu pasti dihitung. Sebetulnya fuskushima itu agak sial juga karena PLTN itu didirikan tahun 1969 memang tinggal operasinya hanya berapa bulan memang harus ditutup, tapi sbelum samai ditutup sudah kejadian.
7.	Bagaimana pengolahan limbah yang ada di BATAN? Apakah di olah sendiri atau bagaimana?	Kalau limbah radioaktif kita punya tugas untuk mengolah limbah itu, kita sudah mampu. Tapi untuk bahan bakar bekas reactor kita memang kembalikan ke amerika sementara ini, karena perjanjian aja. Kalau limbah radioaktif kita bisa saja, kalau bakar bakar bekas itu kah perlu penanganan khusus. Opsinya bisa langsung di casting lalu ditempatkan di repository tapi kan kita belum punya. Tapi jumlahnya tidak banyak. Kalau dar PLTN 1000 mega wat itu hanya 1 tahun sekitar 8 tahun ga sampe 1 truk. Yang banyak itu limbah tingkat rendah. Kalau yang tingkat tinggi memang perlu penangana nkhusus karena didalamnya tidak semata-mata limbah karena di dalamnya ada bahan bakar uranium 235 dan juga bahan bakar baru plutonium. Plutonium dari u238 kena

		netron jadi plutonium. Seperti torium 239 kena netron jadi uranium 233. Negara yang punya PLTN bahan bakar bekas itu masih disimpan saja, karena belum tau kepeakan mau dipungut ulag pa engga. Karena jika tidak ada minya tidak ada batu bara nah itu sebenarnya bisa jadi simpanan energi. Spt korea selatan itu dia bikin semacam interim disposal. Itu nanti harus dibuat kebijakan apakah di kubur atau di pungut lagi.
8.	Bagaimana kerjasama yang dilakukan dengan melaksanakan kemitraan dari PT Torkon mengajak kerja sama, nah dari BATAN sendiri bagaimana pak?	Kalau dari batan sebenarnya netral-netral saja ya walaupun ada secara peraturan itu boleh saja. Jika ada pihak swasta yang mau membangun PLTN. Ya silahkan saja selama dia memenuhi peraturan keselamatan. Apakah dia sudah proven atau belum untuk komersial. Kalau belum proven berarti dia harus bangun yang non komersial untuk demo, research, bukan untuk jualan. Definisi dari proven sendiri itu sebenarnya belum jelas, tapi dari sisi torkon ingin membangun ya batan tidak ada unsur melarang, mendukung atau tidak mendukung. Tapi jika diminta untuk research ya ditingkatkan. Thorcon sendiri masih konseptual desain, belum dilakukan validasi untuk keselamatan. Kalau ayak cina tadi kalau dia sudah yakin melalui demo baru dia berani

		membuat. Kalau torkon hanya megambil desain saja padahal juga harus sesuai kenyataan bukan hanya sbetas teori saja. Batan juga siap membantu jika diminta karena kita juga harsus mengetahui jangan sampai dibangun terus gak save.
9.	Sebelumnya untuk eksplorasi sudah dimana saja?	Baru daerah mamuju saja, kemudian bangka Belitung.
10.	Apakah sudah diambil toriumnya atau baru di bor saja?	Mamuju sudah di bor, dianalisis dulu saja corenya itu untuk embetahui kadar toriumnya. Kita belum bisa membangun estimasi keseluruhan hanya spot spot saja.

HASIL WAWANCARA 4

Hari/Tanggal. : Senin, 07 Desember 2020
 Waktu : 09.00 WIB
 Tempat : Kantor
 Informan : Erlan
 Jabatan : Staff Badan Teknologi Nuklir Nasional
 (BATAN)

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apakah BATAN memiliki data-data mengenai thorium?	Gini ya dek, kalau data itu kan, data primer. Artinya kalau data itu belum di publish seperti dijadikan buku, atau dijadikan KTI. itu biasanya mereka tidak mau memberikan. Nah, kalau Pak syaifulnya bilang boleh, yaaa. Tapi logikanya kalau belum di publish biasanya belum. Karena itu kan menghabiskan dana yang banyak gitu, makanya terserah bidang sana. Kalau di sini kan teknologi penambangan dan pengolahan. Jadi kalau kita udah dapat mineral batuan. Misalnya kita dapat batuan Thorium, nah itu bukan hanya Thorium, wah bukan cuman thorium. Berasosiasi unsur unsurnya di dalam situ. Nanti di ekstraksi disini dipisah pisahkan, apakah thoriumnya. Jadi saran saya, yang namanya sumber daya itu ada 2 macam Untuk sintya, namanya sumber daya konvensional dan konvensional. Konvensional:

		dari batu batuan di lapisan bumi. Tapi Kalau yang batuan unkonvensional itu biasanya diambil dari mineral di Misalnya timah. di Pt TIMAH itu kan dia ngambil timah tapi tidak semua timah, terus disana sudah diambil batuannya, di ambil timahnya. sisanya Kan dibuang tuh, itu yang kita olah lagi thoriumnya, uraniumnya dan logam tanah jarangnya, itu namanya unkonvensional. Jadi kalau menghitung misalnya berapa sumber dayanya? Jadi tidak hanya dihitung dari timahnya, dari batu bara yang di bakar itu kan ada yang di dalam situ Artinya kalau yang dari lapisan bumi itu besar sih, cuman kan ada dari yang lain lain juga. Tapi kalau yang peta sebaran nanti diberi catatan ini dari sumber daya yang konvensional. Supaya orang membayangkannya ooo ini yang dari konvensional. Kalau yang Pemanfaatan thurium di bidang energi pasti ya, dibidang nergi sebagai aa thurium itu. Thorium sebagai bahan bakar reaktir nuklir.
2.	Bagaimana pemanfaatan Thorium dalam bidang energy di BATAN?	Thorium dalam bidang energi digunakan sebagai bahan bakar/nuklir. Bicara tentang bidan energy/nuklir sangat banyak yang harus di ceritakan. Jika saya bicarakan scr langsung akan susah memahaminya. Jadi kalau misal

		apa beda uranium, thorium, sbg bahan bakar atau plutonium, pernah denger gak?
3.	Dalam kegiatan ekstraksi Thorium BATAN menjadi Uranium?	Uranium itu isotopnya ada 3 u 238, u 233, u 234, u 235. Jadi uraniun isotop tadi yang digunakan sebagai bahan bakar adalah uranium 235. Kenapa itu? Kenapa tidak u 234, kenapa tidak uranium 238? Karena ini saya jelaskan dulu ya, biar gak bingung. Nanti kalau ke penggunaannya pasti bingung. Pada uranium 235 ini kalau d teras reaktor/ inti reaktor itu terjadi reaksi fisik. Apa itu reaksi fisik? Reaksi fisik adalah reaksi pembelahan. Inti dari 235 ini, kalau di tambah neutron. Ini akan berubah menjadi produk fisik (ex) x1, produk fisik x2, ditambah 2atau3 neutron di tambah energy. Nah energy ini yang besar sampai 200 ton volt. Kalau kita samakan, kita bandingkan dengan energi yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara. Kan kita tahu kalau pltu kita melihatnya batu bara ya sebagai bahan bakanya pakai batu bara ya. 1gram uranium 235 itu equal dengan membakar 1 ton batu bara, bayangin! Ini 1 gram uranium 235 panas yang dihasilkan sama dengan membakar 1 ton batu bara. Jadi kalau dibandingkan misal P LTN dengan PITU itu tidak bisa dibandingkan karena

		memang sangat2 berbeda di energy yang dihasilkan. Nah, energy ini dari mana ya? Ini tadi ditambah neutron. Neutronnya ada di dalam teras akanMenghasilkan x1, x2, ini produk fisik namanya ditambah 2,3 neutron ditambah energy sebesar 200 mega elektronvolt. Nah, 2,3 neutron ini akan kemana? 2,3 neutron ini akan menembak lagi isotop yang ada di sini terjadilah reaksi yangterus menerus yang kita sebut reaksi berantai. Kalau reaktor beroperasi, efektifnya nanti itu neutron yang ditangkap itu tadi atau neutron yang diserap dibagi neutron yang dihasilkan itu harus lebih besar sama dengan 1. Kalau dia kurang dari 1 pelan pelan reaktor itu akan mati sendiri. Tapi Kalau lebih besar juga tidak boleh. Yang diinginkan koefektifnya sama dengan 1. Caranya bagaimana kalau lebih dari 1, sudah terlalu banyak tidak terkendali. Dia ada dalam reaktor ada batang kendali, batang kendali fungsinya adalah yang menyerap neutron. Jadi ketika diserap nanti nembak nembak ininya akan berkurang. Biasanya yang digunakan itu yang digunakan bahannya itu adalah kagnium. Jadi prinsip daripada penggunaan Thorium ini belum
--	--	--

4.	Bagaimana kegiatan ekstraksi Thorium menjadi Uranium?	Kalau misalnya mau mempelajari ini, sebenarnya harus banyak yang dilewati. Karena kalau langsung menuju bidang energi itu kayaknya susah, harus dari awal baru kita masuk di dalamnya. Nah sekarang saya tanya lagi. Kira kira apa yang mau difokuskan di sini.
5.	Apakah mungkin thorium ini menjadi pengganti bahan bakar minyak yang ada di kapal, dengan cara dia dikonversi ke baterai?	Sebenarnya, yang saya atahu itu sudah dikembangkan. Kepala balitbang itu teman saya, Bu Anne. Kalau setau saya, Bu ane udah bekerja sama dengan ugm untuk membuat baterai thorium. Sementara di luaran itu, saya juga gak kenal ya. Katanya Pak diki pak diki yang pernah muncul di Tv itu dia juga mengembangkan Thorium. Nah Di Batan, di batan itu baru mau mulai mengembangkan baterai thorium. Kalau saya sendiri nggak punya ilmunya sih. Tapi kalau Arifah mau belajar di situ, bagus. Saya terus terang belum menggeluti baterai.
6.	Tapi untuk perhitungannya secara riil sendiri belum ada sampai sekarang. Mungkinkah material ini bisa menggantikan bahan bakar minyak yang	nanti di ini aja, berapa inti atom yang ada di dalam misalkan kita masukkan 1 gr uranium, kira kira di sampling aja, 1 gr uranium itu ada berapa inti atom. Nanti 1 inti atom akan menghasilkan 200 mega elektronvolt. Kalau itu 1 gram berapa jumlah energi yang dihasilkan. Kemudian Kalau kita membakar batu bara, atau minyak juga

	selama ini digunakan di kapal? Kan seperti tadi 1 ton batu bara sama sengan 1 gram uranium kan membutuhkan bahan bakar dengan jumlah yang sangat sedikit. Kira kira konversinya seberapa itu bu?	bisa sih, Untuk menghasilkan energi yang sebanyak itu tadi, misalnya kita sampling dulu. Kita menghitungnya dari belakang misal 1 gram uranium akan menghasilkan sekian energi. Nah sekian energi ini kalau di konversi menjadi membakar minyak atau batu bara, berapa batu bara yang diinginkan. Nanti akan ketahuan berapa yang dibutuhkan nanti bisa ketahuan perbandingannya seperti itu.
7.	Makanya januari harus selesai. Selanjutnya yang disini, informasi yang saya ingin tahu. Eksplorasi thorium di Batan ini arahnya seperti apa bu?	Pasti ke arah energy lah. Nggakada nggak kemana mana karena gini batan itu membuat peta sebaran tujuannya supaya kita itu untuk kemandirian energy nuklir karena gini selama ini kita itu selalu impor, belum pernah dari Sd indonesia itu belum pernah kita gunakan. Jadi selama ini selalu impor Baik itu research, impornya dalam bentuk yellow yang sudah diperkaya. Jadi kita tu impor. Nggak bikin sendiri. Cuma ketika kita dapat yellow kit kita bisa kembangkan. Kita cobak rakit dalam bentuk rakitan bahan bakar itu memang sudah kalau itu. Tapi yellow kitnya out selalu impor nggak bikin sendiri
8.	Kalau Yellow Kit itu Uranium ya?	Iya uranium

9.	Kalau thoriumnya sendiri selama ini bagaimana bu?	Kalau di sisni. Kita sudah menekstraksi thurium dari batuan. sedang di proses cuman belum diperoleh thurium yang grand nuklir. Karena kalau grand nuklir kemurniannya di atas 90 persen. Selama ini kita hanya dapatnya 60%-65% jadi kita belum dapatkan thurium uranium yang grand nuklir. Oleh karena itu terus kita kembangkan terus untuk didapatkan kemurnian yang tinggi. Nanti kalau kemurniannya rendah pengaruh kepada mekanisme yang ada dalam reaktor nuklir.
10.	Jadi untuk grand nuklir selama ini masih di impor ya bu?	iya masih di impor
11.	Kalau misalnya suatu saat thurium di indonesia nih ekplor thurium untuk mendapatkan kemurniasn 90% otomatis kita harus kirim ke luar gutu bu?	iya jadi kalau thurium kita yang katanya kelimpahan 4x atau 3-4x yang lebih banyak daripada uranium. Itu kelimpahan yang ada di permukaan bumi yang belum kita apa apakan. Sebenarnya mahal banget menambang itu. Apalagi kondisi negara masih pandemi. Kan kita dana dari pemerintah nggak dana yang kita dapat dari industri apa profit keuntungan. kalau pemerintah kondisi andemi gini yang fokus menangani covid jadi dana penelitian dikuang kurangi jadi tidak bisa jalan dengan baik.

12.	Untuk mencapai kemurnian 90% ini membutuhkan pabrik pengkayaan atau bgmn?	Enggak, bukan pengkayaan. Pabrik pengolahan atau ekstraksi. Untuk mendapatkan grade kemurnian tinggi banyak yang harus dimodifikasi dalam suatu penelitian. Kita itu ekstraktanya sudah menggunakan macem macem. Sudah macem macem, tinderplate buruh fosfor, pakai TOA sekarang lagi di coba pakai primer gnt. Itu sedang kami kembangkan bersama mahasiswa mahasiswa yang dari UIN, atau dari jayabaya. Sedang melakukan itu dengan menggabungkan variasi eksrakta variabel dengan PH, SUHU. Kita sedang mnecari iuntuk kondisi operasi yang optimum dimana dengan meghasilkan uranium atau thurium dengan kemurnian tinggi ini sedang. Ekstraktan Itu juga menyesuaikan dengan unsur yang mau di ekstraksi. Jadi untuk thurium sedang di coba, tapi kalau dengan TOA ituu yaa efektif tapi kemurniannya belum sesuai keinginan.
13.	Untuk ekstraksinya batan sudah melakukan ya bu?	Macem-macam itu ada ngirimsample, terus kita disuruh mencoba apa, kadang itu di ajuga mencoba apa.
14.	Kalau Pt Timah kan juga disisni thorium selama ini mash di ekspor. Kalau misalnya selama ini kan masih di ekspor.	Jadi saya jug abaru tahu ya kalau ada yang mengekspor. Kalau ada yang mengekspor berarti itu diluar kemampuan kita ya. Kita nggak tahu, tapi kalau yang berkerja sama dengan sini sih kita ndak tahu. Kan ada aja

	Kenapa indonesia tidak melakukannya sendiri?	yang kaya gitu walaupun scr uu gak boleh.
15.	Kalau untuk mengembangk thorium selain dari anggaran dan material kira kira kesulitannya apa nih buk?	Dari sisi pengolahan yah bukan dari eksplorasi. Dari sisi pengolahan, yang kurang adalah masalah dana dan sdm. Sdm batan kan sedikit. Jadi kalau kita mau serius pemerintah harus mendukung kita. Tapi mendukung ga ada dananya kan ga bisa juga. Kenyatannya kan seperti itu.
16.	Kalau infrastruktur berarti sudah ya bu?	Itu ada sudah. Bahkan itu ada power plant itu. Pluto adalah salah satu bentuk thorium ekstraksi.
17.	Jadi tantangan untuk thorium ini terletak di pemerintah ya bu?	Tergantung pemerintah pasti Saya juga mengkaji thurium moltoson realtor. Sudah saya publishkemana mana sih h ke beberapa. Karena dari sisi penggunaan thurium memang bagus jenis reaktor jenis msr dibandingkan reaktor lain. Karena kalau thurium ditembak dengan neutron menghasilkan ta multiprotaktin yang lebih dari 3 itu sangat neutron ansorbwer sangat menyerap neutron. kalau seandainya dia digunakan dalam reaksinya ta tidak dihilangkan. Nyerap neutron terus kan mati reaktornya habus akhitnya shut down sendiri. Itu kelemahan thurium. Kalau di moltonso reaktor dia punya reprosising yang online.

18.	Kalau dari limbah sendiri bagaimana buk? perbandingan limbah uranium dengan thorium?	Uranium kan ada 235. Uranium 235 itu di alam hanya 0,7 %. Sisanya yang besar 90% uranium 238 sisanya yang sedikit uranium 234. Padahal kita menggunakannya u 235 dia nggak murni ada u 238nnya, u 238 kalau di tambah neutron akan menjadi plutonium 239 ini juga sama sama fissil. Ini lebih sensitif untuk digunakan senjata nuklir. Ini kan bisa dijadikan senjata nuklir. Dari sisi keramahannya lebih bagus thurium daripada yang ini. Kalau thurium, kan di tembak menghasilkan ini. Ini sangat non poliferaation. Ini jauh dari penggunaannya sebagai senjata nuklir. Sehingga penggunaan ke arah senjata ini akan ebih susah. Dibandingkan ini. Kalau dari sisi radioaktivitas, limbah bahan bakar bekas pasti akan tergolong dalam radioaktivitas tinggi High level risk. Kalau namany abahan bakar itu high level risk
19.	Pada proses limbah radioaktif membutuhkan waktu berapa lama untuk luruh/hilang antara thurium uranium?	Thurium lebih cepat karena thurium bisa membakar aktimida longlife yang untuk tahun thaun panjang. Sedangkan u 235 itu banyak menghasilkan limbah aktimida yang lebih panjang. Jadi daOri sis limbah lebih bagus thurium ya daripada uranium
20	Pada kegiatan mengembangkan ke	Kalau dana ada ya, semuanya sudah ada tinggal bangun, membutuhkan

	arah misaljkkan TMSR butuh waktu berapa tahun?	waktu 5-6 tahun makanya kalau kita. Kan kita cadangan batu bara id presdiksi akan habis 10tahun ke depan. Setelah itu kita tidak punya apa apa. Tapi pemrintah belum memberikan lampu hijau. Itu untuk bangun aj alo. Gimana nantik kalau sampai itu sudah habis bisa bisa kita gak punya listrik. Ya kaya gitu. Jadi begini menurut saya banyak orang yang tidak tahu jadinya takut kan ya. Tergantung pemerintahnya sebenarnya kalau oemerintah ngasih kampu hijau ya akan berangkat juga.
--	---	---

HASIL WAWANCARA 5

Hari/Tanggal. : Senin, 07 Desember 2020
 Waktu : 14.00 WIB
 Tempat : Kantor
 Informan : Syaeful
 Jabatan : Kepala Divisi Eksplorasi PTBGN

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apakah bapak mengetahui mengenai eksplorium?	Sudah banyak tulisan tentang thorium. Disitu sebenarnya udah ada tentang thorium. Mungkin kalau dari tahap awal belum banyak yang di publish. Terkait yang di bangka, di mamuju ada juga yang udah publish. Kalau kita juga bukan masalah mau di publish 2. Kalau data juga ga terlalu masalah. Thorium itu yang paling penting kan secara marketnya dia belum ada yah? Kalau secara pemerintah an kita gak sampai ke arah sana sebernnya apalagi kalau kita liat dari arah peraturan, yang sekarang ini kan ada uu yang sebelumnya uu thn 2009 dan terakhir undang undang cipta kerja. Pemerintah kan sebenarnya bukan di ranah sana Jadi sebenarnya tugas kita semakin ringan atau semakin gak jelas. Jadi kalau pemboran lebih ke arah swasta. Karena kalau di eksplorasi kan di

		survei tinjau, peninjauan umum, prospeksi, eksplorasi umum -eksplorasi kecil. Kalau pemerintah lebih ke survei tinjau ini aja. Kalau pemboan paling 1 lokasi di mamuju itu 1 titik per 10x10 km ² . Nggak banyak sih kalau survei tinjau. Jadi waktunya agak susah, terkait anggaran juga sih.
2.	Bagaimana tahapan setelah di eksplorasi thoriumnya dibiarkan di sana atau ada tempat khusus untuk di ambil?	Eksplorasi ya. Kalau eksplorasi kan kita cuma ngambil data aja kan? Jadi semuanya masih di dalam di tanah. saya akan sudah wawancara, kalau di Indonesia ini memang masih kurang begitu, itu kan sudah direkom untuk menggantikan PLTN.
3.	Tapi dari pemerintahnya kan belum mendukung?	Kalau secara bahasa, kita sudah menetapkan PLTT kan kalau yang uranium kan PLTN. PLTN yang uranium saja kan belum jadi jadi, bahkan itu saja yang teknologinya tidak bermasalah, pemakainnya sudah banyak udah dari 80 tahun yang lalu. Itu saja belum jadi jadi di Indonesia. Belum gak dilirik, tapi memang susah.

HASIL WAWANCARA

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Thorium masih termasuk dalam sumber daya hipotetik. Apa saja tingkatan cadangan sumber daya	Thorium masih termasuk dalam sumber daya hipotetik. Tingkatan cadangan sumber daya yaitu: 2. Resource dibagi menjadi a. sumber daya hipotetik atau spekulatif didapatkan dari analogi saja atau hanya diatas kertas saja. Missal jika keadaan buminya seperti ini maka eksplorasi yang bisa dilakukan seperti apa. Jika sudah dilakukan survei dan masih terbatas maka sumber dayanya sudah terekam. Jika sudah dilakukan pemboran secara massive dengan jarak sekitar 10 meteran dg memasukkan ilmu geofisika maka itu sudah bisa dikatakan terukur jika dipresentasikan 90%. Setelah terukur kemudian dilakukan studi kelayakan. Bisakah jika ditambang memenuhi nilai ekonomi, antara nilai produksi dan penjualan apakah bisa tercover. Nah itu lah yang dinamakan sumber daya cadangan. Kalau cadangan belum siap diambil. Nah kita emang perlu tanya ya hipotetik tadi sebelum sampai di kegiatan perekam. Kalau torium memang masih tergolong baru.

	Bagaimana menurut bapak mengenai thorium digunakan sebagai <i>power plant</i>?	Masalahnya gini ya, mungkin saya perlu cerita juga tentang torium. Thorium dulu memang pernah digunakan sebagai reactor di tahun 1965-1969 di Laboratorium Nasional Oak Ridge Amerika Serikat dengan teknologi molten solve, reactor molten solve itu bahan cair dg bentuk torium flour. Tapi torium sendiri sebenarnya tidak bisa langsung sebagai bahan bakar nuklir karena dia disebut sebagai bahan vertil. Bahan vertil itu tidak bisa membelah oleh netron. Yang bisa membelah langsung oleh netron itu uranium 235. Di alam sendiri ada uranium 235 dan uranium 238. Yang bisa membelah hanya uranium 235 karena kecil Cuma 0.7% dibandingkan yang 238. Nah thorium demikian juga kayak uranium 238 dia gabisa membelah langsung. Dia bisa membelah setelah setelah mentransformasi dulu. Jadi dia dirubah dulu menjadi uranium 233 melalui menangkap netron. Jadi neutronnya dari mana, jadi neutronnya itu dari reaksi antara U235 dg netron. Neutron pertama dikasih dulu atau sebagai pemantik HEDE. Neutron tidak ada di alam dia harus diciptakan dulu. Netron menumbuk uranium u235 menjadi unsur-unsur lain lebih kecil kemudian dia menghaslkan lagi netron yang lebih kecil dari situ. Netron itulah yang dimanfaatkan untuk membela uranium berikutnya lagi. Namun untuk menjadi reaktor neutronnya dikendalikan terus supaya tidak menjadi bom. Nah neutron tadi lah yang kemudian menjadi dimanfaatkan juga untuk mengubah thorium menjadi uranium 233. Prosesnya tidak langsung berubah harus melalui apa apa apa baru jadi uranium 233. Setelah itu dia bisa
--	---	---

		membelah dan menghasilkan neutron baru menghasilkan 2 atau 3 unsur baru yang lebih kecil dan menghasilkan energi. Nah energi ini yang digunakan untuk menghasilkan uap atau energi panas yang selanjutnya digunakan untuk turbin dan listrik. Jadi dengan kata lain, thorium butuh uranium juga tidak bisa berdiri sendiri. Jadi memang tidak bisa dibandingkan lebih unggul mana thorium dan uranium karena thorium juga butuh uranium. Tapi kelimpahan di alam lebih banyak thorium itu bisa 4x. permasalahannya adalah bagaimana mentransformasikan thorium menjadi uranium nah efektivitasnya seberapa besar. Kalau misal 1:1 itu memang bagus sekali itu bisa untuk cadangan ribuan tahun katanya. Tapi kan kenyataan tidak semanis teori. Kadang ada namanya protactinium dsb itu yang membuat racun neutron ada efisiensinya. Tapi kalau 1:1 memang sangat bagus karena jumlahnya berlipat. Kalaupun U235 hanya 0.7% dari uranium alam itu aja udah berapa kali lipat thorium thd uranium 235 karena thorium disini sifatnya itu saja, dia bisa dipakai hanya jika berinteraksi dg uranium. Di beberapa PLTN pernah mencoba menggunakan thorium tapi hanya sbg suplemen saja. Intinya reaktornya adalah uranium nah ia kemudian dimaksimalkan thorium beberapa kilo saja. Mungkin hanya sebagian kecil saja di Jerman, Amerika, India itu juga sudah dilakukan tapi dalam bentuk yaitu mengikuti reaktornya
3.	Apakah Indonesia sudah bisa fokus ke energi thorium?	Negara yang saat ini fokus ke thorium itu memang 2 itu hanya Cina dan India. Tapi modelnya lain. India akan menggunakan builder sendiri, dia membuat reaktor menghasilkan U233 dari thorium,

		kemudia u233 ini yang akan dimasukkan kedalam reactor yang lain lagi. Jadi membuat u233 dari thorium. Cina, itu yang dibuat dari barang cair sekarang lagi membangun dia membangun reaktor demonya 2 mega watt. Tahun 2035 targetnya untuk reakt demo yang kapasitasnya 100 an. Skrg kecil dulu untuk mebuktikan teori-teori itu di eksperimenkan di reactor yang sdg dibangun kayak kontes gitu untuk TMSR (Thorium Molten Salt Reactor). Nah ini diharapkan th 2035 sudah selesai di bangun dan beroperasi. Ini hanya untuk eksperimen saja untuk menguatkan teorinya nanti sbg dasar jika punya data baru dia bangun yang besar. Karena reaktir itu meman spt itu meskopun desiannya sudah bagus namun masih harus diuji cobakan, karena jika ada yang tidak sesuai bisa bahaya. Kalau cina pakai bahan cair, thorium fluroid yang dimix pakai uranium. Nah yang pertama kali membangkitkan reaksi nuklirnya adal uranium 235 dierkaya dari 0.7% sampai 17% supaya dia mendapatkan neutron yang banyak disitu. nah neutronnya itu digunakan untuk mereaksikan thorium, nanti meghasilkan u233 itu bisa berlangsung sendiri tanpa uranium 235 lagi yang penting sudah ada uranium u233 itu bisa mandiri. Jadi memang teknologi thorium ini skrg belum mapan masih dlm tingkat eksperimental tapia da harapa besar kedepan. Karena kita punya rumagh thorium yang banyak. Apabila teknologi itu sudah matang kita bisa memanfaatkan thorium nya lebih besar. Nanti kalau untuk militer atau pertahanan
--	--	---

		sebenarnya kita sudah mendatangi perjanjian bahwa kita tidak akan mengembangkan senjata nuklir. Bagaimana jika teknologi nuklir digunakan untuk mendukung ketahanan itu akan diawasi secara ketat dan itu masuk ke geo politik bukan geo fisik lagi. Indonesia sebenarnya udah cocok untuk menggunakan thorium karena pulaunya cukup banyak sekitar belasan ribuan. Energi di pulau-pulau itu juga sebetulnya sangat dibutuhkan. Nelayan yang habis meleut kan perlu mengimpor hasil tangkapannya dilemari pendingin. Nah konsep nuklir itu kan bisa dibangun disana menerapkan bahan bakar nuklir sat aitu saja tanpa tergantung pada cuaca spt apa. Kemudian terkait pertahanan dg adanya listrik yang stabil itu bisa dipakai sbg pangkalan listrik. Jika disana ada PLTN idisitu entah uranium atau thorium artinya kapal-kapal untuk pertahanan bisa terlayani dg baik spt kapal selam itu kalau bahan bakar nuklir itu dia bisa bertahan-tahun spt amerika dan rusia. Kedepannya Indonesia harusnya bisa juga spt itu. Tapi saya kurang tau terkait militer di Indonesia skrg apa ada rencana ke arah san.
4.	secara sumber daya manusia sendiri, untuk mengembangkan energi nuklir ini apakah Indonesia sendiri sudah mampu atau belum?	itu relatifnya, dikatakan mampu kita sudah punya 3 reaktor nuklir di jogja bandung dan serpong dan bisa mengoperasikan secara save. Bahan bakar kita uda bikin sendiri, control volte juga kta rancang sendiri. Dari sisi tsb sebenarnya mengoperasikan PLTN dan reactor research prinsipnya sama yaitu mengendalikan neutron saja supaya tidak naik. Sebenarnya reaktor research juga

		lebih sulit karena mati hidup mati hidup butuh asupan daya berapa nah itu kan manuvernya lebih unik. Nah kalau PLTN kan sekali hidup dia terus hidup terus aja. 2 tahun katakanlah nanti mati terus diisi lagi bahan bakarnya lalu kemudian akan stabil lagi. Cuma ambil daya nya aja yang lebih besar kayak tekanan, panas, uap. Kalau dari sisi nuklirnya sendiri kita menguasai spt itu. Negara negara yang dulu belajar sama kita seperti iran, korea selatan kan belajar nuklir di reactor research. Kita kan udah membangun duluan tahun 60 an di bandung pada masa pemerintahan pak karno dulu. Jadi mestinya kita dulu leading ya paling maju tapi kita agak stagnan. Yang lainnya duluan belajar sama kita sudah maju sekarang. Iran udah punya PLTN sendiri. Korea sudah punya 23, dia sekarang ekspor. Cuma Bangladesh yang masih belajar dia udah membangun duluan. Politiknya disana lebih solid. Kalau kita kan tengkar terus.
5.	Batu bara memang sudah mau di stop terakhir eksplorasinya. Adakah pengajuan di batan untuk membuat PLTN dari thorium?	iya sudah, kita pernah mengajukan persiapan untuk membangun PLTN tapi menurut politik belum perlu. Dulu jaman gus dur dia membentuk tim khusus untuk mengkaji mengenai PLTN. Tapi hanya sebatas gus dur saja. Perjuangan melalui KEN (Kebijakan Energi Nasional) itu sudah matia matian berjuang tapi dianggap belum perlu karena kita masih punya energi yang banyak. Itu kan banyak kepentingan.
6.	Jika soal ekonomi sendiri. Nuklir dibandingkan minyak dia lebih	karakteristik nuklir itu memang investasi di awal karena butuh membangun yang betul-betul save atau selamat. Untuk membangun desain yang save perlu

	ekonomis, Apakah memang membutuhkan modal yang agak besar?	dana yang lebih. Misal pompa pendingin. Kalau PLTU cukup satu, kalau PLTN dia butuh minimal 3 pompa. 1 yang beroperasi 2 cadangan. Kalau yang satu mati yang 2 harus segera dinyalakan. Itu baru yang sejenis saja. Nah kalau missal yang missal energi yang sama itu sama-sama mati harus ada yang membackup dari energi lain yag bisa menggantikan. Seperti tenaga baterai. Nah inilah yang menjadikan PLTN mahal untuk investasinya. Namun bisa lebih murah untuk operasionalnya karena bahan bakarnya nggak banyak. 20gram uranium setara dg 2 ton batu bara. Dari situ memang hemat, bisa sekali supply bahan bakar untuk 2 tahun. Jika diitung keseluruhan memang agak mahal sedikit dari batu bara. Itu harga saat ini ya, batu bara mungkin suatu saat langka dan mahal. Kalau soal energi kita harusnya berpikir bukan hanya untuk saat ini saja tapi juga untuk 10 tahun kedepan. Mungkin cina jika sudah bisa membuktikan di tahun 2035 itu bagus dan bisa menjadi loncatan. Tapi tinggal kita mau mengikuti apa engga, karea tidak ada teknologi yang diberikan dg gratis. Semuanya harus pakai usaha. Cina itu pemerintahannya gak main-main dia, dia betul-betu support. Dia betul” dibiayai oleh pemerintah. Nggak mikir balik modal atau engga. Tapi memang itu adalah modal awal untuk masa depan. Kalau Indonesia mikirnya masih balik modalnya kapan? Pemikiran spt itu seharusnya tidak boleh karena itu sebenarnya untuk eksperimen. Kesalahannya, karena memang diindonesia, orag yang punya
--	---	--

		kebijakan itu kebanyakan dari orang ekonomi.
7.	kalau di lihat dari perusahaan atau industrinya. Kira” perusahaan mana yang bisa jadi mitra untk PLTN?	secara parsial kita punya cukup banyak ya perusahaan baik BUMN maupun investasi asing itupunya kemampuan seperti di Indoensia ada Barata, PT PAL, PT pindad mereka bisa bikin kayak turbin, simon bahkan bisa membuat condenser untuk PLTN di ekspor ke Finlandia ukurannya 1300 mega watt itu kan mampu. Yang perlu bagaiman pemerintah bisa mengintegrasikan seluruh kemampuan untuk PLTN tapi dg argumen yang jelas, kan mereka perlu kontinuitas produksi. Sedangkan missal untuk reactor in ikan perlu ketebalan sekian itu kan dia harus mendatangkan alat pabrik untuk mmebuat cetakan itu.
8.	untuk kapal kan biasanya ada dua pilihan bisa menggunakan proporsii atau baterai?	kalau baterai kan terbatas, harus selalu muncul dan chargernya. Itu kan tidak mudah. Kelemahannya distu, tapi dari sisi keamananan ya gak terlalu dijaga ketat kalau baterai jika hilang ya tidak ada yang ditakutkan juga, segi keselamatan baterai tidak menjadi ancaman. Kalau proporsi nuklir dia bisa beratahan di saudera epas bertahun tahun tanpa harus mendarat. Resikonya juga jika terjadi kecelakaan di kapal tsb itu kan bisa menyebabkan bahaya radiasi di seleuruh kapal. Tapi sejauh ini tidak ada kejadian spt itu. Tapi dulu ada kapal pemecah es di arktik karena memang dia tugasnya menghancurkan es itu da pake nuklir. Kalau dari lama waktu pemanfaatannya nuklir itu menjadi jawaban yang tepat.

		Nah soal kejadian gempa bumi yang terjadi itu kan cuam satu segmen saja. sAat terjadi gempa itu listrik mati semua namun tidak masalah karena pada waktu terjadi gempa reactor otomatis padam.
9.	berapa lama mengatasi dampak dari radiasi nuklir?	ya cukup lama kalau kecelakaannya di fukushima karena faktor radiasinya bisa keluar. Itukan tahun 2011. Yang penting prevense jangan sampai terjadi kecelakaan. Tapi kalau di laut akan berbeda karakter, itukan gak langsung ke lanut tapi ke biota. Gatau ya itu sampe kedalaman berapa. Tapi itu pasti dihitung. Sebetunlnya fuskushima itu agak sial juga karena PLTN itu diidrikan tahun 1969 memang tinggal operasinya hanya berapa bulan memang harus ditutup, tapi sbelum samai ditutup sudah kejadian.
10.	bagaimana pengolahan limbah yang ada di batan? Apakah di olah sendiri atau bagaimana?	kalau limbah radioaktif kita punya tugas untuk mengolah limbah itu, kita sudah mampu. Tapi untuk bahan bakar bekas reactor kita memang kembalikan ke amerika sementara ini, karena perjanjian aja. Kalau limbah radioaktif kita bisa saja, kalau bakar bakar bekas itu kah perlu penanganan khusus. Opsinya bisa langsung di casting lalu ditempatkan di repository tapi kita belum punya. Tapi jumlahnya tidak banyak. Kalau dar PLTN 1000 mega wat itu hanya 1 tahun sekitar 8 tahun ga sampe 1 truk. Yang banyak itu limbah tingkat rendah. Kalau yang tingkat tinggi memang perlu penangana nkhusus karena didalamnya tidak semata-mata limbah karena di dalamnya ada bahan bakar uranium 235 dan juga bahan bakar baru plutonium. Plutonium dari u238 kena netron jadi plutonium. Seperti torium 239

		kena neutron jadi uranium 233. Negara yang punya PLTN bahan bakar bekas itu masih disimpan saja, karena belum tau kedepan mau dipungut ulang atau tidak. Karena jika tidak ada minyak tidak ada batu bara nah itu sebenarnya bisa jadi simpanan energi. Spt Korea Selatan itu dia bikin semacam interim disposal. Itu nanti harus dibuat kebijakan apakah di kubur atau di pungut lagi.
11.	Bagaimana misal ada mitra dari PT Torchon mengajak kerja sama, dari BATAN sendiri bagaimana?	Kalau dari batan sebenarnya netral-netral saja ya walaupun ada secara peraturan itu boleh saja. Jika ada pihak swasta yang mau membangun PLTN. Ya silahkan saja selama dia memenuhi peraturan keselamatan. Apakah dia sudah proven atau belum untuk komersial. Kalau belum proven berarti dia harus bangun yang non komersial untuk demo, research, bukan untuk jualan. Definisi dari proven sendiri itu sebenarnya belum jelas, tapi dari sisi Torchon ingin membangun ya batan tidak ada unsur melarang, mendukung atau tidak mendukung. Tapi jika diminta untuk research ya diberangkatkan. Torchon sendiri masih konseptual desain, belum dilakukan validasi untuk keselamatan. Kalau seperti Cina tadi kalau dia sudah yakin melalui demo baru dia berani membuat. Kalau Torchon hanya mengambil desain saja padahal juga harus sesuai kenyataan bukan hanya sebatas teori saja. Batan juga siap membantu jika diminta karena kita juga harus mengetahui jangan sampai dibangun terus gak save.
12.	sebelumnya untuk eksplorasi sudah dimana saja?	baru daerah Mamuju saja, kemudian Bangka Belitung,

13.	apakah sudah diambil toriumnya atau baru di bor saja?	di mamuju sudah di bor, dianalisis dulu saja corenya itu untuk embetahui kadar toriumnya. Kita belum bisa membangun estimasi keseluruhan hanya spot spot saja.

No.	Pertanyaan	Jawaban
1	Bagaimana pemanfaatan thorium itu sendiri?	Namanya sumber daya ada 2. konvensional dan konvensional. Konvensional: dari batu batuan dalam bumi. Kalau konvensional dari mineral di luar. Misalnya timah tapi tidak semua timah, diambil batuanannya, di ambil timahnya. Kan masih ada sisanya tuh, itu yang kita olah. Pemanfaatan thorium di bidang energi. Thorium dalam bidang energi digunakan sbg bahan bakar/nuklir. Bicara tentang bidang energy/nuklir sangat banyak yang harus di ceritakan. Jika saya bicarakan scr langsung akan susah memahaminya. Jadi kalau misal apa beda uranium, turium, plutonium sbg bahan bakar. Uranium: isotopnya ada 3 u 238, u 233, u 234, u 235. Jadi uraniun isotoptadi yang digunakan sebagai bahan bakar adalah uranium 235. Kenapa begitu? Kenapa tidak u 234, kenapa tidak uranium 238? Pada uranium 235 di teras reaktor/ inti reaktor terjadi reaksi fisik. Apa itu reaksi fisik? Reaksi fisik adalah reaksi pembelahan. Inti dari 235 ini, ini ada neutron. Ini akan menjadi produk fisik x1, produk fisik x2, ditambah 2/3 neutron di tambah energy. Nah energy ini yang besar sampai 200 ton. Kalau kita samakan, kita

		bandingkan dengan energi yang dihasilkan batu bara. Kan kalau pltu pakai batu bara ya. Nah 1gram uranium 235 equal dengan membakar 1 ton batu bara. Jadi kalau misal dibandingkan PLTN dengan PITU itu tidak bisa dibandingkan karena memang sangat2 berbeda di energy yang dihasilkan. Nah, energy ini dari mana ya? Ini tadi ditambah neutron. Neutronnya ada di dalam teras, Menghasilkan x1, x2 atau disebut juga dengan produk fisik ditambah 2,3 neutron ditambah energy 200 mega elektronvolt. 2,3 neutron ini akan menembak isotop yang ada di sini jadilah reaksi yang terus menerus yang disebut reaksi berantai. Kalau reaktor beroperasi, neutron yang diseran dibagi neutron yang dihasilkan harus lebih besar sama dengan 1. Kalau dia kurang dari 1 pelan pelan reaktor itu akan mati sendiri. Kalau lebih besar juga tidak boleh. Yang diinginkan harus sama dengan 1. Caranya bagaimana kalau lebih dari 1, dalam reaktor ada batang kendali, batang kendali fungsinya adalah yang menyerap neutron. Biasanya yang digunakan itu yang digunakan bahannya kadmium. Kalau misalnya mau mempelajari ini, sebenarnya harus banyak yang dilewati. Karena kalau langsung menuju bidang energi harus dari awal.
2.	Apakah mungkin thorium menjadi bahan bakar minyak yang ada di kapal?	Sebenarnya, itu sudah dikembangkan. Kalau setau saya, Bu ane udah bekerja sama dengan ugm untuk membuat baterai thorium. Di Batan, baru mau mulai mengembangkan baterai thorium. Kalau saya sendiri tidak ada ilmunya sih. Tapi kalau mau belajar di situ, bagus. Saya

	belum menggeluti baterai. Konversi panasnya. Nanti ada perhitungannya. Misalnya kita masukkan 1 gr uranium, di sampling aja, 1 gr uranium berapa inti atom. Kalau itu 1 gr berapa jumlah energi yang dihasilkan. Misal kita sampling Eksplorasi thorium. Thorium di Batan diarahkan ke arah energy. Batan menambah peta sebaran supaya kita dapat mencapai kemandirian energy nuklir. Karena selama ini kita hanya impor. Baik itu research, impornya dalam bentuk yellow kit. Jadi Indonesia impor ga bisa menghasilkan sendiri. Tapi kalau sudah dapat yellow kit kita mencoba mengembangkannya sendiri. Kalau di sini. Kita sudah mengekstraksi thorium dari batuan. Namun belum diperoleh thorium yang grade nuklir. Karena kalau grade nuklir kemurniannya di atas 90persen. Selama ini kita hanya dapatkan 60%-65% jadi kita belum dapatkan uranium atau thorium yang grade nuklir. Semua kita kembangkan untuk mencapai kemurnian yang tinggi. Dan pengaruh terhadap mekanisme yang ada dalam reaktor nuklir. Untuk mencapai kemurnian 90% membutuhkan pabrik pengolahan/Ekstraksi. Untuk mendapatkan grade kemurnian tinggi banyak yang harus dimodifikasi dalam suatu penelitian. Kita itu ekstraknya sudah menggunakan macam macam. Sudah macam macam, tinderplate buruh fosfor, pakai TOA, TBT sekarang lagi di coba pakai primer gnt. Itu sedang kami kembangkan bersama mahasiswa mahasiswa UIN, atau dari jayabaya. Sedang melakukan itu dengan di menggunakan variasi ekstrak variabel dengan PH, SUHU. Kita sedang mencari untuk kondisi yang optimum / dengan
--	--

		uranium atau thurium dengan kemurnian tinggi. Itu juga menyesuaikan dengan unsur yang mau di ekstraksi. Jadi untuk thurium sedang di coba,
3.	Bagaimana ekstraksi dari thorium, apakah sudah dilakukan?	Kalau untuk ekstraksinya dan penelitiannya. Dari sisi pengolahan, yang kurang adalah masalah dana dan sdm. Sdm batan kan sedikit. Jadi kalau kita mau serius pemerintah harus mendukung kita. Tapi mendukung ga ada dananya kan ga bisa juga. Kenyatannya kan seperti itu. Bahkan itu ada power plant itu. Pluto adalah salah satu bentuk thorium ekstraksi. Kebijakan juga. Dulu kita fokus ke uranium. Thorium itu kita 5 tahun terakhir. Kenapa kita ke thurium. Di luaran itu sudah kaya apa. Pernah denger pak bob sulaiman. Saya sebagai tim ketua, kepala batan meminta untuk dikaji dulu bersama temen temen satu tim. Hasilnya Sampe saya pernah ekspor dari austria wina, mereka memberikan rekom bahwa thurium masih memerlukan rnd mungkin sampai 5 tahun. Jadi saat in belum dikembangkan. Itumenurut expert. Tapi pak bob itu terus, sama dikti, ugm, kemlu , ugm sampai ke kemenhan. Sementara saya sebagai pelaksana ya ayo.
		Akhirnya sampai sekarang pak bob sudah bekerja sama dengan ugm lah,uns segala macam. Memang sih dari sisi keilmiahannya, jangankan di Indo, diamerika saja sampai saat ini belum ada yang punya komersiel baru pada tahapan eksplornya. Dulu inggris punya nama thtl. Tapi itu juga hanya berjalan 4 tahun terus di tutup. Di negara lain juga begitu, hvl jerman tutup juga. Sampai saat ini belum

		tau penyebab tutupnya. Melihat sifat sifat positif yang dimiliki thorium. Jadi tantangan untuk thorium ini terletak di pemerintah ya buu. Saya juga mengkaji thorium moltonson reaktor. Sudah saya publish juga sih ke beberapa. Karena dari sisi penggunaan thorium memang bagus jenis reaktor jenis msr dibandingkan reaktor lain. Karena kalau thorium ditembak dengan neutron menghasilkan ta multiprotaktin yang lebih dari 3 itu sangat neutron ansorbwer. sangat menyerap neutron. kalau seandainya dia digunakan dalam reaksinya ta tidak dihilangkan. Nyerap neutron terus kan mati reaktornya habus akhithnya shut down sendiri. Itu kelemahan thurium. Kalau di moltonsof reaktor dia punya areprosising yang online.
3.	Bagaimana sifat limbah uranium?	Uranium kan ada 235. Uranium 235 itu di alam hanya 0,7 %. Sisanya yang besar 90% uranium 238 sisanya yang sedikit uranium 234. Padahal kita menggunakannya u 235 dia nggak murni ada u 238nnya, u 238 kalau di tambah neutron akan menjadi plutonium 239 ini juga sama sama fissil. Ini lebih sensitif untuk digunakan senjata nuklir. Ini kan bisa dijadikan senjata nuklir. Dari sisi keramahannya lebih bagus thurium daripada yang ini. Karena itu tadi ia o Kalau thorium, kan di tembak menghasilkan ini. Ini sangat non poliferation. Ini jauh dari penggunaannya sebagai senjata nuklir. Sehingga penggunaan ke arah senjata ini akan lebih susah. Dibandingkan ini. Jadi dari sisi radioaktivitas, limbah bahan bakar bekas pasti akan tergolong dalam radioaktivitas tinggi (High level risk).

		untuk proses limbah radioaktif membutuhkan waktu lama untuk luruh/hilang Thorium lebih cepat karena thorium bisa membakar aktimida longlife yang untuk tahun tahun panjang. Sedangkan u 235 itu banyak menghasilkan limbah aktimida yang lebih pinjang. Untuk mengembangkan ke arah misaljian pnsi. Kalau dana ada ya, semuanya sudah ada tinggal bangun, membutuhkan waktu 5-6 tahun. Kan kita cadangan batu bara id presdiksi akan habis 10tahun ke depan. Itu Sebetulnya sangat mahal kita mau menambang itu. Karena kita dana murni dari pemerintah ditambah dengan kondisi pandemi ini, akhirnya berefek pada dana penelitian dikurang kurangi.
4.	Bagaimana mengenai SDM, dana dan kebijakan.	Thorium masih memerlukan rnd mungkin sampai 5 tahun. .

LAMPIRAN 4
DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1. Wawancara dengan Bapak Hevry dan Ibu Herlina
Balitbang Kemhan



Gambar 2. Wawancara dengan Bapak Anwar
Peneliti Bidang Iptek Dislitbang AL



Gambar 3. Wawancara dengan Ibu Erlan Kepala Peneliti Thorium
PTBGN



Gambar 4. Wawancara dengan Ibu Erlan Kepala Peneliti Thorium
PTBGN

RIWAYAT HIDUP PENELITIAN



Cinthia Dewi Maharani, lahir di Bandung pada tanggal 24 Agustus 1996. Merupakan putri pertama dari pasangan Bapak Yudian Gunarsah dan Ibu Aisyah. Menyelesaikan pendidikan pada SD Negeri 1 Pagar Alam lulus tahun 2008, SMP Negeri 1 Pagar Alam lulus tahun 2011, SMA Negeri 4 Pagar Alam lulus tahun 2014, Sarjana (S-1) lulus Tahun 2018 dan pada tahun 2019 melanjutkan program magister (S-2) di Universitas pertahanan.

Peneliti ketika semester akhir pada saat S-1 di Universitas Pendidikan Indonesia dan awal kuliah S-2 di Universitas Pertahanan, berpengalaman bekerja sebagai *Purchasing Staff* di PT Honda Trading Indonesia selama 6 bulan lebih pada tahun 2019. Selain itu berpengalaman menjadi Asisten dosen proyek/Freelance pada tahun 2018-2019.