

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Konsep Pertahanan Negara dan Pengelolaan Energi

Undang-undang Nomor 3 Tahun 2002 pada Pasal 1 ayat (1) menyebutkan bahwa pertahanan negara merupakan segala usaha untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) dan keselamatan segenap bangsa dari segala ancaman serta gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara. Sistem pertahanan negara merupakan sistem pertahanan yg bersifat semesta yg melibatkan semua masyarakat negara, daerah, dan sumber daya nasional lainnya, dan dipersiapkan secara dini oleh Pemerintah dan diselenggarakan secara total, terpadu, terarah, serta berlanjut untuk menegakkan kedaulatan negara, keutuhan daerah, juga keselamatan segenap bangsa dari segala ancaman.

Sumber daya nasional dibagi menjadi sumber daya manusia, sumber daya alam, dan sumber daya buatan. Sumber energi terbarukan adalah potensi yang terkandung di bumi, air, dan dirgantara serta dapat dimanfaatkan dalam bentuk aslinya untuk pertahanan negara. Sumber energi yang melimpah merupakan sebagian dari sumber daya alam yang terdapat di Indonesia.

Sistem pertahanan negara mengacu Pasal 12 UU Nomor 3 Tahun 2002 menjadi salah satu fungsi pemerintahan negara yang ditujukan untuk melindungi kepentingan nasional dan mendukung kebijakan nasional. Kepentingan nasional dapat dicapai dengan memperhatikan tiga prinsip utama.

- (1) Tata kehidupan masyarakat berbangsa, bernegara dan bernegara Indonesia berdasarkan Pancasila dan UUD 1945.

- (2) Upaya pencapaian tujuan nasional dilakukan melalui pembangunan nasional yang berkelanjutan, berwawasan lingkungan, dan ketahanan nasional berwawasan nusantara.
- (3) Sarana yang digunakan adalah seluruh potensi dan kekuatan nasional yang didayagunakan secara menyeluruh dan terpadu.

Sumber energi merupakan suatu potensi sesuai dengan poin nomor 3 diatas. Pada Peraturan Pemerintah No 79 Tahun 2014 disebutkan bahwa pengelolaan energi sepenuhnya diarahkan untuk kepentingan nasional, menjamin bahwa energi, sumber energi, dan sumber daya energi dikelola dengan sebaik-baiknya untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat dengan mengutamakan kemampuan sumber daya manusia dan industri nasional yang sebesar-besarnya. Pengelolaan energi tertulis pada kebijakan energi nasional yang memiliki prinsip yang berkeadilan, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan agar tercipta kemandirian energi dan ketahanan energi nasional.

2.1.2 Konsep Ketahanan Energi Global

Segala kegiatan dalam kehidupan pada semua aspek sosial ataupun perekonomian membutuhkan pasokan energi yang stabil, dari berbagai sumber energi. Dunia mulai memperhitungkan keberlanjutan pasokan energi sejak tahun 1970an, dimana sempat terjadi krisis minyak akibat embargo oleh *Organization of Arab Petroleum Exporting Countries* (OAPEC) kepada negara-negara seperti Belanda, UK, USA, Portugal, Jepang, Canada, Rhodesia dan Afrika Selatan, dampak dari Perang Yom Kippur. Hal tersebut membuat dunia berfikir keras untuk mengantisipasi hal tersebut, sehingga terbentuklah *International Energy Agency* (IEA) pada tahun 1974. (Gasser, 2020).

Ketahanan energi dengan menyediakan pelayanan energi vital secara tidak terputus atau berkelanjutan merupakan prioritas tertinggi setiap negara. Kekhawatiran akan ketahanan energi menjadi acuan utama

kebijakan energi setiap negara. Perspektif tersebut erat kaitannya dengan *robustness* (sumber daya yang terpenuhi, kehandalan infrastruktur dan harga yang terjangkau dan stabil); *sovereignty* (perlindungan dari potensi ancaman dari eksternal) dan *resilience* (kemampuan untuk menahan berbagai macam gangguan pada sistem energi).

Lebih dari 130 negara menunjukkan bahwa terjadi kerentanan setidaknya satu dari 3 perspektif tersebut, seperti sebagian besar negara industri rawan akan ketergantungan impor dan infrastruktur yang semakin tua, sementara itu negara berkembang rentan terhadap kapasitas yang tidak memadai, intensitas energi yang tinggi dan pertumbuhan permintaan yang cepat. Di banyak negara berpenghasilan rendah, berbagai kerentanan saling tumpang tindih dan membuat ketahanan energinya menjadi lebih tidak aman. Berikut merupakan isu ketahanan energi di dunia dan dampaknya dalam jangka pendek dan panjang terhadap populasi.

Tabel 2. 1. Isu Keamanan Energi (Minyak, Gas dan Batubara) di Dunia (Cherp et.al, 2012)

No.	Energi dan pengaruhnya	Isu Ketahanan Energi dan Dampak	
		Jangka Pendek	Jangka Panjang
1.	Minyak Bumi (125 negara, 5,9 billion)*	>75% ketergantungan impor (3 billion) Pertumbuhan konsumsi > 5%/tahun (1,8 billion)	Cadangan/konsumsi <15 tahun (1,7 billion)
2.	Gas Bumi (78 countries, 2 billion)*	>75% ketergantungan impor (650 million)	Cadangan/konsumsi <16 tahun (780 million)
3.	Batubara (45 negara, 4,5 billion)**	>80% ketergantungan impor (300 million)	

Kebergantungan terhadap energi ini membuat setiap negara ataupun organisasi dunia mengukur atau menyusun dimensi yang terkait ketahanan energi suatu negara atau wilayah. IEA menyebutkan bahwa ketahanan energi adalah “ketersediaan sumber energi yang tidak terputus dengan harga yang terjangkau” (IEA,2014). Hal ini melihat ketahanan energi merupakan suatu dimensi jangka panjang yang terkait dengan investasi terhadap pasokan energi untuk mendukung perkembangan ekonomi dan memperhatikan lingkungan dan dalam dimensi jangka pendek terfokus pada kemampuan untuk memenuhi suatu perubahan dalam *supply demand* energi.

Asia Pasific Energy memformulasikan ketahanan energi dengan fokus yang lebih jauh, yaitu kemampuan ekonomi untuk memastikan pasokan sumber daya energi selalu tersedia, berkelanjutan dan tepat waktu dengan harga energi pada tingkat yang tidak mempengaruhi kinerja ekonomi. *Sustainability* yang tidak disebutkan pada definisi IEA secara eksplisit disebutkan oleh APERC. (APERC, 2007).

Sementara itu, European Commission menyebutkan bahwa definisi ketahanan energi adalah ketersediaan fisik produk energi yang tidak terputus di pasar dengan harga yang terjangkau bagi semua konsumen (swasta dan industri), dengan tetap menghormati kepedulian lingkungan dan melihat ke arah pembangunan berkelanjutan. (EC, 2000)

Dari ketiga oraganisasi tersebut memandang fokus dari ketahanan energi kepada tiga elemen, yaitu:

- a. Ketersediaan dan aksesibilitas dari pasokan energi
- b. Keterjangkauan secara ekonomi
- c. Keberlanjutan lingkungan dalam jangka panjang

Namun, perdebatan mengenai konsep ketahanan energi tersebut masih berlangsung. Hingga sudah lebih dari 40 tahun, belum ada konsensus global tentang definisi ketahanan energi. Setiap negara memiliki

karakteristik sistem energi dan situasi masing-masing sehingga terjadi perbedaan dalam mendefinisikan masalah ketahanan energi (Cherp & Jawel, 2014). Studi yang dilakukan oleh Energy Charter Secretariat (2015), menyebutkan bahwa negara eksportir, importir dan transit energi memiliki konsep ketahanan energi yang berbeda. Misalkan, pada negara eksportir seperti APERC, ketahanan energi lebih menitikberatkan kepada kelangsungan permintaan dan energi dibeli dengan harga yang pantas. Negara importir, seperti OECD, lebih mengarah kepada kelangsungan pasokan dan harga yang murah. Sementara negara-negara transit seperti Ukraina, Mesir berfokus untuk memaksimalkan *fee* transit. Sementara Indonesia, sejak tahun 2002 telah menjadi negara net-importir minyak.

Penilaian suatu indeks ketahanan energi dilakukan dengan menggunakan indikator-indikator yang menggambarkan dimensi ketahanan energi tersebut. Sehingga dapat dikuantitatifkan dengan menggunakan suatu formulasi.

Tabel 2.2 Dimensi Ketahanan Energi dan Penjelasan (Sovacool, 2011)

Dimension	Explanation	Underlying Values	Components
Availability	Having sufficient supplies of energy. Being energy independent. Promoting a diversified collection of different energy technologies. Harnessing domestically available fuels and energy resources. Ensuring prudent reserve to production ratios	Self sufficiency, resource availability, security of supply, independence, imports, variety, balance, disparity	Security of Supply and Production Dependency Diversification
Affordability	Producing energy services at the lowest cost, having predictable prices for energy fuels and services, and enabling equitable access to energy services.	Cost, stability, predictability, equity, justice, reducing energy poverty	Price Stability Access and Equity Decentralization Affordability
Technology Development and Efficiency	Capacity to adapt and respond to the challenges from disruptions, researching and developing new and innovative energy technologies, making proper investments in infrastructure and maintenance. Delivering high quality and reliable energy services.	Investment, employment, technology development and diffusion, energy efficiency, stockholding, safety and quality	Innovation and Research Safety and Reliability Resilience Efficiency and Energy Intensity Investment and Employment Land Use
Environmental and Social Sustainability	Minimizing deforestation and land degradation, possessing sufficient quantity and suitable quality of water, minimizing ambient and indoor pollution, mitigating GHG emissions associated with climate change, adapting to climate change.	Stewardship, aesthetics, natural habitat conservation, water quality and availability, human health, climate change mitigation, climate change adaptation.	Water Climate Change Pollution
Regulation and Governance	Having stable, transparent, and participatory modes of energy policymaking, competitive markets, promoting trade of energy technology and fuels, enhancing social and community knowledge about education and energy issues	Transparency, accountability, legitimacy, integrity, stability, resource curse, geopolitics, free trade, competition, profitability, interconnectedness, security of demand, exports	Governance Trade and Regional Interconnectivity Competition and markets Knowledge and Access to Information

Dari hasil sintesa yang dilakukan oleh Sovacool (2011), terdapat 320 indikator sederhana dan 52 indikator *complex* dalam lima dimensi yang dapat digunakan oleh pemangku kepentingan ataupun peneliti untuk

menganalisis, mengukur atau membandingkan peforma dari ketahanan energi. Kelima dimensi tersebut adalah ketersediaan, keterjangkauan, pengembangan dan efisiensi teknologi, kelestarian lingkungan dan sosial, regulasi dan tata kelola dengan masing-masing definisi, nilai dan komponen sesuai pada Tabel 2.2

Sovacool (2011) menyebutkan bahwa indikator dalam penilaian ketahanan energi dapat dibagi menjadi 3 kriteria, yaitu *simple*, *intermediate* dan *complex*. Klasifikasi ini ditunjukkan pada tabel 2.3.

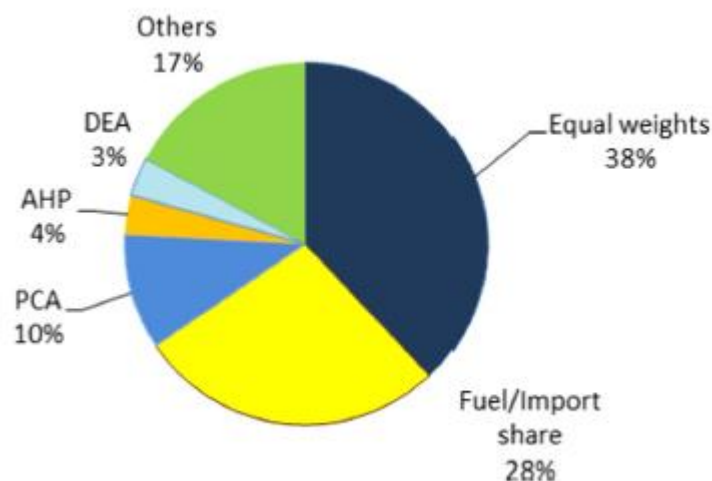
Tabel 2.3 Kriteria Indikator Ketahanan Energi (Sovacool, 2011)

Aspect of Energy Security	Quantity (Simple)	Quality (Intermediate)	Context (Complex)
Energy Imports	Share of imported energy in total energy balance, or made more specific by type of fuel (e.g. oil, coal, natural gas, uranium)	Nature of energy imports (type of imported energy and mode of import)	Specific context of energy imports for particular country or community
Energy Production and Infrastructure	Diversity of primary energy supply in domestic production	Domestic energy resources, reserve-to-production ratios	Country specific energy production and infrastructure challenges
Energy Production and Infrastructure	National power generation capacity (total or per capita)	Domestic energy infrastructure investments	Mitigation readiness and capacity
Vulnerability to Disruption	Energy consumption per capita	Costs of imports versus export earnings	Sectoral vulnerability for transport, residential, industry, tertiary, agriculture
Vulnerability to Disruption	Energy intensity of GDP	GDP intensity by type of energy or sector	
Vulnerability to Disruption	Fuel Economy	Fuel economy for on-road passenger vehicles, or new vehicles	
Equity and Access to Energy Services	Percentage of households with a reliable connection to the electricity grid	Share of household income spent on energy services	GINI coefficient of energy use
Diversification	Renewable share of energy fuel mix	Diversify of primary energy supply	Hirshman and Shannon indices of diversity
Greenhouse Gas Emissions	Total greenhouse gas emissions or per capita greenhouse gas emissions	Greenhouse gas emissions by sector	Carbon dioxide intensity of specific energy carriers

Ang et al. (2015) menyebutkan bahwa dalam mendefinisikan ketahanan energi beberapa peneliti fokus utamanya terhadap keamanan pasokan seperti *energy availability and price*, dan beberapa peneliti lainnya lebih mendefinisikan secara komprehensif mencakup dampak terhadap ekonomi dan kesejahteraan. Definisi dan dimensi dari ketahanan energi dinamis dan berkembang setiap waktu tergantung terhadap keadaan, contohnya seperti perkembangan teknologi pada sektor energi, perhatian terhadap perubahan iklim dan *sustainability* meningkat. Dalam penilaian ketahanan energi diperlukan tiga tahapan, yaitu:

- a. Normalisasi indikator, metode yang paling sering digunakan adalah min-max, *distance to reference (benchmarking)* dan *standardization*.
- b. Pembobotan indkator, dapat dilakukan berdasarkan *equal weight*, *expert judgement* seperti menggunakan *PrincipleComponent*

Analysis (PCA), Analytical Hierarchy Process (AHP), Data Envelope Analysis (DEA), Fuel/Import Share. Dari 30 studi yang dilakukan oleh Ang et al. (2015), mayoritas penilaian indeks ketahanan energi menggunakan *equal weight* (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Penggunaan Metode dalam Pembobotan
(Ang et al., 2015)

- c. Agregasi indikator, menghitung indeks dengan menggabungkan nilai dengan bobot masing-masing indikator kedalam indeks komposit. Dalam beberapa studi, indikator diturunkan menjadi subindeks yang selanjutnya diagregasikan menjadi indeks utama dengan dikalikan oleh bobotnya.

Tahapan pengukuran ketahanan energi nantinya akan digunakan dalam mengukur ketahanan energi dengan konsep 4A+1S sehingga tahapan yang dilakukan nantinya dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

2.1.3 Konsep Ketahanan Energi Indonesia

Konsep ketahanan energi di Indonesia tertuang pada PP No 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Pada peraturan tersebut dijelaskan definisi dari ketahanan energi adalah suatu kondisi terjaminnya ketersediaan energi dan akses masyarakat terhadap energi pada harga

yang terjangkau dalam jangka panjang dengan tetap memperhatikan perlindungan terhadap lingkungan hidup.

Pada Buku Ketahanan Energi Indonesia 2019 yang diterbitkan oleh Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional menilai kondisi keenergian berdasarkan lingkup 4 dimensi, yaitu ketersediaan atau *availability*, kemampuan akses terhadap energi atau *accessibility*, keterjangkauan harga energi atau *affordability* dan penerimaan masyarakat atau *acceptability*).

Aspek keterjangkauan harga didefinisikan menjadi keterjangkauan konsumen terhadap harga energi dengan empat indikator, yaitu produktivitas energi, harga BBM dan LPG, harga listrik; dan harga gas bumi.

Aspek kemampuan akses merupakan kemampuan masyarakat untuk mengakses sumber energi dan atau energi secara handal dan sesuai kebutuhannya. Aspek ini erat kaitannya dengan infrastruktur energi yang mempermudah akses masyarakat untuk memanfaatkan energi. Terdapat lima indikator dalam aspek ini, yaitu: penyediaan BBM dan LPG, penyediaan tenaga listrik, pelayanan listrik, penyediaan gas bumi, dan pelayanan distribusi gas bumi.

Aspek *Availability* merupakan ketersediaan sumber energi maupun energi yang dapat memenuhi kebutuhan energi domestik. Aspek ini memiliki delapan indikator, yaitu: cadangan BBM dan LPG, Cadangan Penyangga Energi atau CPE, impor BBM dan LPG, impor minyak bumi, DMO gas dan batubara, pencapaian *energy mix*, sumber daya dan cadangan migas, dan sumber daya dan cadangan batubara.

Sementara itu, yang kaspek *Acceptability* merupakan penerimaan masyarakat terhadap keharidan energi yang ramah lingkungan. Terdapat 3 indikator pada aspek ini, yaitu: efisiensi energi, peranan energi baru terbarukan (EBT), dan emisi GRK.

Penilaian keterkaitan dan tingkat kepentingan antara empat dimensi atau aspek tersebut terhadap ketahanan energi menggunakan dua puluh indikator sebagai pendekatannya. Penentuan dan pembobotan keseluruhan indikator tersebut menggunakan *Analytical Hierarchy Proccess* (AHP) yang dilakukan oleh *expert* di sektor energi. Penilaian terhadap empat dimensi ketahanan energi nasional dilakukan oleh Anggota DEN periode 2009 - 2014. Sedangkan pemutakhiran nilai pada indikator ketahanan energi Indonesia pada tahun selanjutnya, yaitu 2015 - 2019 telah melibatkan 46 *expert* sektor energi yang berasal dari Anggota DEN, mencakup unsur pemangku kepentingan dan wakil tetap dari kementerian yang ada di DEN, *stakeholder* di lingkungan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, dan kementerian/lembaga yang terkait dengan energi, anggota komite BPH Migas serta institusinya yang menguasai mengenai ketahanan energi. *Expert* tersebut memberikan nilai terhadap indikator berdasarkan pertimbangan sesuai keahlian/kepakaran/keprofesionalan melalui kuesioner yang telah diberikan data dan informasi pada setiap indikatornya periode 2014 - 2019.

Hasil penilaian ketahanan energi dengan menggunakan kuesioner tersebut menunjukkan bahwa nilai ketahanan energi pada tahun 2015 adalah 6,14, kemudian tahun 2016 memiliki nilai 6,38, pada tahun 2017 memiliki nilai 6,40 dan nilai pada tahun 2018 yaitu 6,44.

Penilaian Ketahanan Energi Indonesia memiliki skala nilai dari 0 sampai 10 yang diklasifikasikan menjadi lima tingkat kondisi energi, yaitu:

- (1) Nilai (0,00 - 1,99) = memiliki kondisi yang "Sangat Rentan",
- (2) Nilai (2,00 - 3,99) = memiliki kondisi yang "Rentan",
- (3) Nilai (4,00 - 5,99) = memiliki kondisi yang "KurangTahan",
- (4) Nilai (6,00 - 7,99) = memiliki kondisi yang "Tahan",
- (5) Nilai (8,00 - 10) = memiliki kondisi yang Sangat tahan,

Hasil penilaian Ketahanan Energi Indonesia periode 2014-2018 menunjukkan angka 6,16 (tahun 2015), kemudian 6,38 pada tahun 2016, 6,40 pada 2017 dan 6,44 pada tahun tahun 2018.

Sementara itu dalam salah satu misi dari program studi ketahanan energi Universitas Pertahanan adalah mengembangkan kegiatan penelitian baik nasional dan internasional dengan manajemen berkonsep *availability, affordability, acceptability* yang *sustainable* (4A+1S) terhadap sumber-sumber energi.

2.1.4. Sustainability

Konsep pembangunan berkelanjutan pertama kali secara formal dicetuskan pada tahun 1987 pada laporan *Our Common Future* oleh PBB, dimana peran energi untuk mencapai pembangunan berkelanjutan telah diakui. Pada tahun 2000, United Nation Development Programme (UNDP) mempresentasikan paradigma baru perkembangan pada laporan *World Energy Assessment*, yaitu konsep pengembangan energi berkelanjutan (*sustainable energy development*) merupakan dampak dari pengembangan energi terhadap ekonomi, masyarakat dan lingkungan, yang merupakan tiga pilar dalam pembangunan berkelanjutan. Hingga kemudian definisi dari *sustainable energy* lebih mengarah kepada lingkungan dan menipisnya sumber bahan bakar fosil. Untuk mencapai pembangunan berkelanjutan terdapat 4 tema yang saling berkaitan, yaitu *sustainable energy supply, energy security, access to affordable modern energy services* dan *sustainable energy consumption* (Gunnarsdottir, 2021)

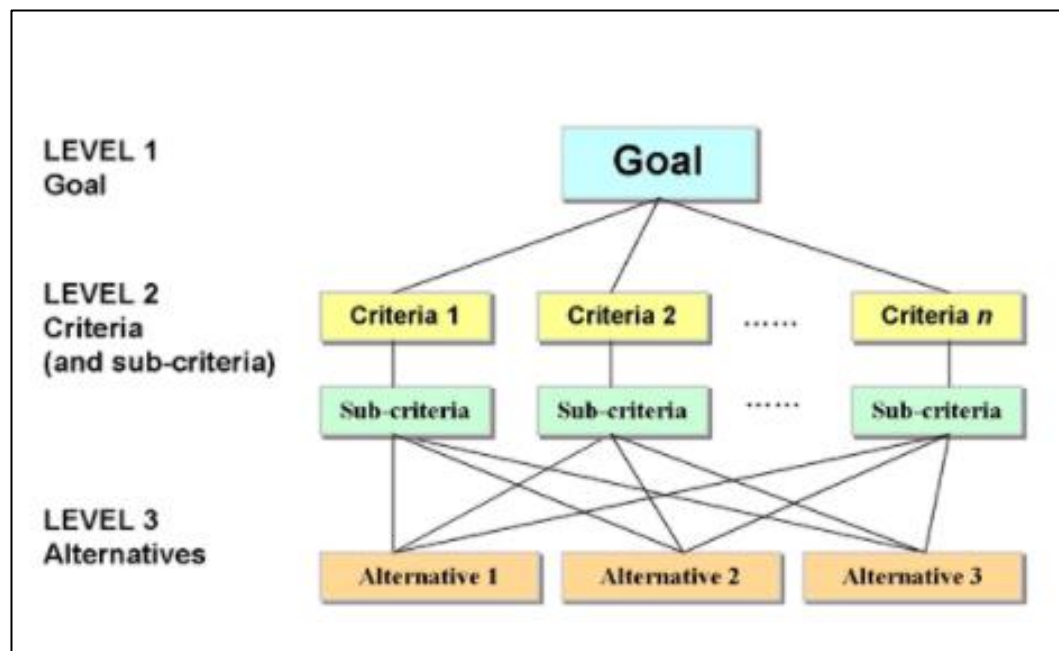
Sustainability dalam bidang energi berkaitan dengan performa lingkungan, ekonomi, *society* dan perkembangan teknologi. Berdasarkan Li et al. (2016), aspek *sustainability* dapat dihitung menggunakan indikator *Carbon intensity* (Emisi CO₂/kapita), *Total Primary Energy Consumption* (TPEC) per capita, *energy fossil share* pada *Total Primary Energy Supply* (TPES) pada pembangkitan. semakin kecil nilainya akan menunjukkan

tingkat sustainability yang semakin tinggi. Selain itu berbagai indikator *sustainability* dalam berbagai referensi tercantum pada Tabel 2.4.

2.1.5. Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan suatu metode yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1970-an, digunakan untuk pengambilan keputusan multikriteria yang sanggup membantu kerangka berfikir insan dalam mana faktor logika, pengalaman, pengetahuan, emosi dan rasa dioptimalisasikan ke dalam suatu proses sistematis. AHP adalah metode pengambilan suatu keputusan yang dikembangkan untuk menaruh prioritas beberapa cara lain saat terdapat beberapa kriteria yang wajib dipertimbangkan, dan mengizinkan pengambil keputusan untuk menyusun perkara yang kompleks ke pada suatu bentuk hirarki atau serangkaian level yang terintegrasi (Reny Rahmayati 2010).

Menurut Taylor (2014), AHP merupakan suatu metode untuk mengurutkan alternatif keputusan dan menentukan yang terbaik menggunakan dari beberapa kriteria. AHP berbagi satu nilai numerik untuk memeringkat setiap alternatif keputusan, dari dalam sejauh mana tiap-tiap alternatif memenuhi kriteria pengambil keputusan. Putri (2012) menyebutkan bahwa AHP adalah suatu analisis yang digunakan untuk mengambil suatu keputusan dengan pendekatan sistem, dimana *decision maker* berusaha memahami suatu kondisi sistem dan membantu melakukan prediksi untuk membuat keputusan. Gambar 2.2 menunjukkan alur penggunaan AHP untuk menentukan kriteria yang akan dipilih.



Gambar 2. 2. Alur Penggunaan Metode AHP

Pada penelitian ini, AHP hanya digunakan untuk menentukan bobot dalam bentuk persentase pada kriteria dan subkriteria pada dimensi dan indikator ketahanan energi. Hal ini juga mengacu pada referensi pembobotan yang dilakukan oleh DEN.

Tabel 2. 4. Referensi Penggunaan Sustainability dalam Perhitungan Ketahanan Energi

No	Referensi	Nama Index	Dimensi/Aspek	Indikator	Perhitungan
1.	<i>Sovacool, et al. (2011)</i>	<i>Energy Security Performance</i>	<i>Environmental Sustainability</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Luasan Hutan • Ketersediaan Air • Perubahan Iklim • Polusi 	<ul style="list-style-type: none"> • Luas hutan sebagai persen dari luas daratan • % Penduduk dengan akses ke air bersih • MTON CO2 per kapita • MTON SO2 per kapita
2	<i>Doukas, et al. (2012)</i>	<i>Energy Sustainability Index</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Kepadatan penduduk (Jumlah penduduk/km²) • Konsumsi energi per penduduk (TOE/kapita) • PDB per penduduk (Euro/kapita) • Produksi RES per penduduk (TOE/kapita) • Konsumsi bahan bakar fosil per penduduk (TOE/Capita) • Listrik dari Sumber ET (Energi Terbarukan)(%) • Sumber ET termal (%) • Sumber ET per produksi listrik bahan bakar (ET/bahan bakar fosil dalam produksi listrik) 	

				<ul style="list-style-type: none"> • Rasio penduduk lokal terhadap turis pada periode puncak (%)
3.	<i>Selvakkumaran, Sujeetha, and Bundit Limmeechokchai. (2013)</i>	<i>Energy Security Indicators</i>	<i>Sustainability</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Keanekaragaman Pangsa Bahan Bakar • Bagian Bahan Bakar Non-Karbon • Pembagian bahan bakar terbarukan • Intensitas emisi karbon • Emisi karbon per kapita
4.	<i>Kamsamrong, Jirapa, and Chumnong Sorapipatana (2014)</i>	<i>Energy Supply Security Index</i>	<i>Environmental Sustainability</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Emisi CO2</i> • Emisi CO2 per Tenaga Listrik (kg of CO2/kWh)
5.	<i>Iddrisu, Insah, and Subhes C. Bhattacharyya (2015)</i>	<i>Sustainability Energy Development Index</i>	<i>Sustainability Energy Development</i>	<p>Teknis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bagian depleksi yang tidak terbarukan pada TPES • Koefisien penipisan sumber daya energi lokal • Konversi sistem secara keseluruhan <p>Ekonomi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konsumsi energi komersial per kapita • Intensitas energi akhir • Bagian penggunaan energi yang produktif <p>Sosial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konsumsi energi bersih per kapita di perumahan

				<ul style="list-style-type: none"> • Pendapatan tidak merata Lingkungan • Pangsa bahan bakar kotor dalam konsumsi energi perumahan • Intensitas karbon Instusional • <i>Self Sufficiency</i> 				
6.	<i>Boccauthor, Roberto, and Arthur Hanna (2016)</i>	<i>Energy Architectur Performance Index (EAPI)</i>	<i>Environmental Sustainability</i>	<table border="1"> <tr> <td>Rasio sumber bahan bakar rendah karbon dalam bauran energi</td> <td>Penggunaan energi alternatif dan nuklir (%)</td> </tr> <tr> <td>Dampak dari Emisi</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Emisi CO2 dari produksi listrik (gCO2/kWh) • Emisi metana di sektor energi (mTon CO2eq/total populasi) • NO emisi di sektor energi (mTon CO2eq/total populasi) • PM 2.5, tingkat negara (microgr per meter kubik) • • Ekonomi bahan bakar rata-rata untuk </td> </tr> </table>	Rasio sumber bahan bakar rendah karbon dalam bauran energi	Penggunaan energi alternatif dan nuklir (%)	Dampak dari Emisi	<ul style="list-style-type: none"> • Emisi CO2 dari produksi listrik (gCO2/kWh) • Emisi metana di sektor energi (mTon CO2eq/total populasi) • NO emisi di sektor energi (mTon CO2eq/total populasi) • PM 2.5, tingkat negara (microgr per meter kubik) • • Ekonomi bahan bakar rata-rata untuk
Rasio sumber bahan bakar rendah karbon dalam bauran energi	Penggunaan energi alternatif dan nuklir (%)							
Dampak dari Emisi	<ul style="list-style-type: none"> • Emisi CO2 dari produksi listrik (gCO2/kWh) • Emisi metana di sektor energi (mTon CO2eq/total populasi) • NO emisi di sektor energi (mTon CO2eq/total populasi) • PM 2.5, tingkat negara (microgr per meter kubik) • • Ekonomi bahan bakar rata-rata untuk 							

					mobil penumpang (l/100km)
7.	<i>Li, Yingzhu, Xunpeng Shi, and Lixia Yao. (2016)</i>	<i>Energy Security Index</i>	<i>Sustainability</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Intensitas karbon • TPEC per kapita • Pangsa energi fosil di TPES 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisi CO2/PDB • TPEC/populasi • Output listrik yang dihasilkan bahan bakar fosil dasar/totat output listrik
8.	<i>Antanasijević, Davor, et al (201)</i>	<i>Sustainability Performance</i>	<i>Sustainability Performance</i>	<i>Perubahan iklim dan Energi</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Emisi Gas GRK (%)</i> • <i>Intensitas konsumsi energi emisi gas GRK (%)</i> • <i>Konsumsi energi primer (TOE/kapita)</i> • <i>Ketergantungan energi (%)</i> • <i>Persentase ET dalam konsumsi energi final bruto (%)</i>

Berbagai indikator terkait *sustainability* yang telah dirumuskan dari banyak penelitian. Indikator *sustainability* yang digunakan adalah yang relevan dan sesuai dengan kebijakan yang ada di Indonesia, dengan mempertimbangkan pendapat subjek dari penelitian ini.

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Berdasarkan studi literatur khususnya mengenai pengukuran ketahanan energi Indonesia, terdapat 3 penelitian terdahulu yang relevan yang tercantum pada tabel 2.4. Dari 3 penelitian terdahulu tersebut belum ada penelitian yang mencantumkan *sustainability* sebagai dimensi ketahanan energi Indonesia.

Tabel 2.5. Penelitian Terdahulu yang relevan Mengenai Penilaian Ketahanan Energi Indonesia

Judul	Penulis	Hasil Penelitian
Buku Ketahanan Energi 2019	Setjen DEN (2019)	Tujuan penelitian ini untuk menilai ketahanan energi nasional berdasarkan 4 aspek, yaitu <i>availability</i> , <i>acceptability</i> , <i>affordability</i> dan <i>acceptability</i> . Pembobotan pada penilaian ini menggunakan AHP yang dilakukan pada tahun 2014, data-data yang digunakan menggunakan data tahun 2015-2019. Penilaian/agregasi yang dilakukan melalui expert judgement dengan instrumen berupa kuesioner.
<i>An Assessment of Indonesia's Energy Security Index and</i>	Erahman, et al. (2016)	Jurnal ini menilai ketahanan energi Indonesia pada periode 2008-2013 menggunakan 5 dimensi: <i>availability</i> , <i>accessibility</i> , <i>acceptability</i> dan <i>efficiency</i> . Normalisasi indikator

<i>Comparison with Seventy Country</i>		dilakukan dengan metode min-max, pembobotan menggunakan PCA atau equal weighting. Hasil indeks menunjukkan Indonesia memiliki nilai 0.473 berada pada ranking 55 dari 71 negara
Analisis Ketahanan Energi di Indonesia	M. Sidik Boedoyo (2012)	Junrnal ini menganalisis ketahanan energi dengan dimensi 4A dengan 2 skenario (dasar dan MP3EI). Hasilnya berupa langkah penyelesaian atau strategi kebijakan dari indikasi permasalahan yang ada pada setiap dimensi

2.3 Kerangka Pemikiran

Definisi ketahanan energi masing-masing negara berbeda, tergantung sistem energi dan tujuan dari pembuat kebijakan di negara tersebut. Di Indonesia, ketahanan energi berdasarkan Peraturan Pemerintah No 79 tahun 2014 didefinisikan sebagai suatu kondisi terjaminnya ketersediaan energi dan akses masyarakat terhadap energi pada harga yang terjangkau dalam jangka panjang dengan tetap memperhatikan perlindungan terhadap lingkungan hidup.

Program studi ketahanan energi mendefinisikan ketahanan energi tersebut dalam 4A+1S, yaitu *availability*, *accessibility*, *affordability*, *acceptability* dan *sustainability*. Pada penelitian terdahulu telah dirumuskan indikator dari keempat aspek selain *sustainability*. Dalam penilaian ketahanan energi yang dilakukan oleh DEN, penentuan indikator dilakukan oleh *expert* pada dimensi 4A, pembobotan oleh AHP dan penilaian melalui kuesioner dengan *expert* sektor energi sebagai responden. Namun, dalam pengukuran tersebut belum terdapat dimensi *sustainability* sesuai dengan

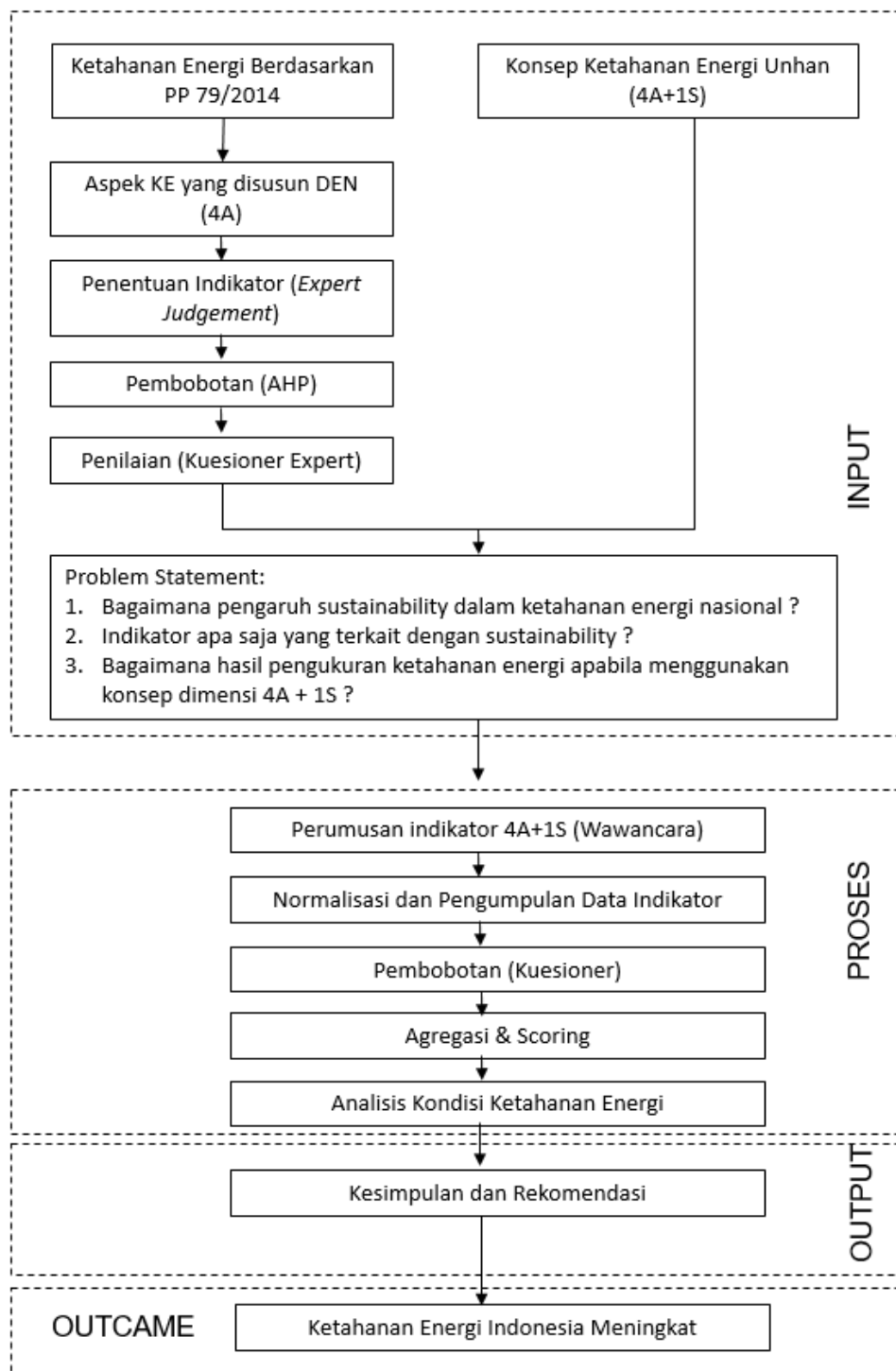
konsep ketahanan energi pada Universitas Pertahanan RI. Sehingga muncul beberapa pertanyaan:

- a. Bagaimana pengaruh sustainability dalam ketahanan energi nasional?
- b. Indikator apa saja yang terkait dengan sustainability?
- c. Bagaimana hasil pengukuran ketahanan energi apabila menggunakan konsep dimensi 4A + 1S?

Penelitian ini menyusun dan mengukur ketahanan energi nasional menggunakan aspek 4A+1S, dengan tambahan indikator pada aspek *sustainability* dengan wawancara terhadap pendiri program studi Ketahanan Energi, Bapak Purnomo Yusgiantoro dan kuesioner dengan responden sektor energi. Setelah mendapatkan indikator setiap aspek, kemudian dilakukan normalisasi terhadap indikator ketahanan energi dengan menggunakan *benchmark*-ing dan untuk memvalidasi ketersediaan data indikator tersebut. Kemudian setelah dilakukan normalisasi, aspek dan indikator tersebut dibobotkan menurut tingkat pengaruhnya saat ini terhadap ketahanan energi.

Pembobotan dilakukan menggunakan kuesioner AHP dengan responden yang berkecimpung di dunia energi. Setelah mendapatkan bobot hasil olahan kuesioner responden dilakukan agregasi untuk mendapatkan nilai masing-masing indikator, yang kemudian dijumlahkan sehingga mendapatkan nilai keseluruhan ketahanan energi nasional.

Dari hasil penilaian ketahanan energi tersebut, dilakukan analisis mengenai kondisi keenergian Indonesia kemudian pada akhirnya memberikan rekomendasi untuk meningkatkan ketahanan energi nasional.



Gambar 2. 3. Kerangka Berfikir Penelitian