



UNIVERSITAS PERTAHANAN INDONESIA

**POTENSI DAN KONTRIBUSI HUTAN PRODUKSI
PROGRAM REDD+ DALAM MENDUKUNG
KETAHANAN ENERGI NASIONAL
(STUDI KASUS BEE BANGKALAN)**

TESIS

**SUMYARTONO
120120204022**

**FAKULTAS MANAJEMEN PERTAHANAN
PROGRAM STUDI KETAHANAN ENERGI**

ABSTRAK

Nama : Sumyartono
Program Studi : Ketahanan Energi
Judul : Potensi dan Kontribusi Hutan Produksi Program REDD+ dalam Mendukung Ketahanan Energi Nasional (Studi Kasus BEE Bangkalan)

Tesis ini membahas pemanfaatan hutan produksi untuk tujuan penyediaan energi. Hasil hutan kayu mengandung biomassa yang merupakan sumber energi, sehingga secara alamiah hutan adalah sumber energi biomassa. Biomassa kayu bisa menggantikan batubara pada pembangkit listrik tenaga uap. Pembakaran batubara menghasilkan emisi penyebab polusi udara. Konsentrasi emisi dari pembakaran biomassa kayu adalah lebih rendah dibanding batubara. Emisi biomassa kayu di atmosfer akan diserap secara alamiah oleh pepohonan melalui proses fotosintesis dan dibentuk menjadi biomassa kembali. Proses ini dikenal sebagai siklus karbon netral dan tidak terjadi pada sumber energi fosil. Sebagai sumber energi biomassa kayu lebih ramah lingkungan dibanding energi fosil, sehingga layak untuk dipertimbangkan sebagai solusi bagi permasalahan energi yang terkait dengan isu lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode gabungan kuantitatif dan kualitatif deskriptif dengan tipe studi kasus. Hasil analisis pada studi kasus dikembangkan pada kawasan hutan yang lebih luas dan tidak melanggar hukum dan peraturan apabila hasil hutan kayu dipanen. Kawasan hutan produksi memenuhi kriteria ini. Pengelolaan hutan produksi dan pemanfaatan hasil hutan kayu di masa depan adalah berbasis program REDD+. Program REDD+ bertujuan menurunkan emisi akibat deforestasi dan degradasi hutan, yang diperkuat dengan kegiatan konservasi, pengelolaan hutan lestari, dan menambah cadangan karbon hutan. Dalam pemanfaatan hutan produksi program REDD+ sebagai sumber energi terjadi sinergi kepentingan antara penyediaan energi, penurunan emisi, dan hutan untuk pembangunan dan ekonomi. Sinergi ini seharusnya tanpa merubah fungsi pokok hutan. Adanya kepentingan hutan untuk pembangunan dan ekonomi menjadikan hanya sebagian kecil hasil hutan kayu yang dapat dimanfaatkan untuk energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi energi biomassa kayu hutan produksi program REDD+ adalah sangat besar. Dari sudut pandang ketahanan energi, potensi ini akan memperkaya keanekaragaman jenis dan sumber energi (diversifikasi energi). Pengelolaan hutan secara lestari menjadikan cadangan biomassa kayu bersifat terbarukan. Proses pengolahan hasil hutan kayu menjadi sumber energi adalah relatif sederhana sehingga harga jualnya bisa murah dan terjangkau. Faktor-faktor ini merupakan aspek pendukung ketahanan energi nasional.

Kata kunci:

Biomassa, energi, hutan, ketahanan energi, REDD+

ABSTRACT

Name : Sumyartono
Study Program : Energy Security
Title : The Potential and Contribution of Production Forest
REDD+Program in supporting National Energy Security
(Case Study BEE Bangkalan)

This thesis discusses the utilization of production forest for the purpose of providing energy. Timber forest product contains biomass which is a source of energy, so naturally forest is a biomass energy source. Woody biomass may replace coal in a steam power plant. Burning coal produces emissions causing air pollution. The concentration of emissions of woody biomass is lower than coal. Woody biomass emissions in the atmosphere will be absorbed naturally by plants through photosynthesis process to be reformed into biomass. This process is known as the neutral carbon cycle that does not occur in fossil energy source. As an energy source woody biomass is environmentally more friendly than fossil energy source, so it deserves to be considered as a solution to the problematics of environmental issues related energy. This study applies mix method of quantitative and qualitative descriptive by case study type. The case study analysis results are developed onto a wider forest area that does not break the laws and regulations if timber forest product harvested. Production forest area suits these criterias. Production forest management and utilization of timber forest product in future will be REDD+ program based. The REDD+ program aims to reduce emissions from deforestation and forest degradation that reinforced through conservation, sustainable forest management, and increase forest carbon stocks activities. In the utilization of production forest REDD+ program as an energy source occurs synergy of interests among the purpose of providing energy, emission reduction, and forest for development and economics. This synergy should without changing the basic functions of forest. The existence of forest for development and economics interest makes only small portion of timber forest product that can be utilized for energy. The study results show the potential of woody biomass energy of production forest REDD+ program is enormous. From the energy security point of view, this potential enriches the diversity of energy type and source (energy diversification). Sustainable forest management makes woody biomass resource renewable. The process of timber forest product into energy source is relatively simple so the selling price will be cheap and affordable. These are factors of supporting aspects of the national energy security.

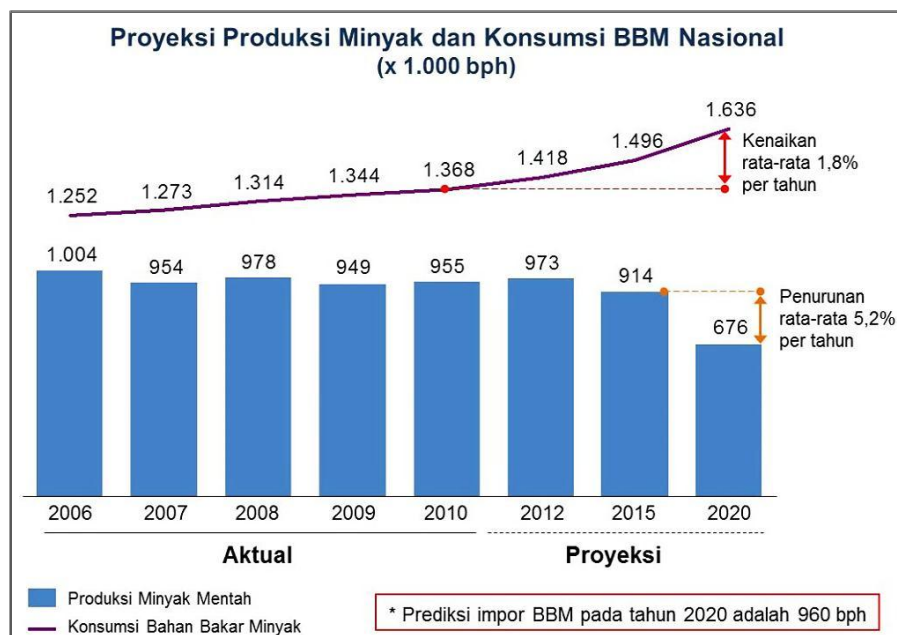
Key words:

Biomass, energy, energy security, forest, REDD+

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Salah satu pertimbangan Indonesia keluar dari keanggotaan OPEC (*Organization of the Petroleum Exporting Countries*) di tahun 2008 adalah produksi minyak Indonesia lebih kecil dibandingkan dengan impor minyak. Posisi Indonesia sudah menjadi *net oil importer country* (detik.com, 2008). Berdasarkan data Pertamina (2013) impor bahan bakar minyak (BBM) terus meningkat tetapi produksi minyak cenderung menurun. Menurut proyeksi Pertamina (Gambar 1.1) konsumsi BBM pada tahun 2020 akan mencapai 1,636 juta barel per hari (bph) sedangkan produksi minyak hanya sebesar 676 ribu bph. Kekurangan pasokan sebesar 960 bph, atau 58,68% dari total kebutuhan, dapat terpenuhi apabila dilakukan impor. Besarnya angka impor ini merupakan permasalahan yang perlu dicarikan solusi agar penyediaan energi nasional tidak tergantung pada negara lain.



Sumber : Pertamina (2013). Telah diolah kembali.

Gambar 1.1. Proyeksi Produksi Minyak dan Konsumsi BBM Nasional

Besarnya porsi impor BBM dalam neraca energi nasional berdampak pada kegiatan-kegiatan yang lain, sebagai contoh:

- Pada bulan September tahun 2013 pemerintah menambah kuota impor BBM sebesar 8,5% dari kuota tahun 2012 agar tidak terjadi kekurangan BBM untuk kebutuhan dalam negeri. Penambahan ini ternyata menyebabkan defisit neraca transaksi perdagangan bulan September 2013 sebesar 657,2 juta dolar Amerika Serikat. Penyebab utamanya adalah adanya defisit transaksi perdagangan di sektor minyak dan gas (migas) sebesar 1,2 miliar dolar Amerika Serikat (Liputan6.com, 2013).
- Naiknya konsumsi BBM secara otomatis berpengaruh terhadap anggaran program subsidi energi (BBM dan listrik). Pada Juni 2013 pemerintah melakukan revisi terhadap RAPBN (Rencana Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara) akibat naiknya konsumsi BBM. Melalui Undang-Undang Nomor 15 Tahun 2013 tentang RAPBN-P (Rencana Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara – Perubahan) anggaran subsidi energi direvisi dari 274,743 triliun rupiah menjadi 309,895 triliun rupiah. Seiring revisi RAPBN juga dikeluarkan kebijakan pengurangan subsidi pada BBM jenis premium dengan menaikkan harga jual dari 4.500 rupiah menjadi 6.500 rupiah dengan maksud untuk menekan kenaikan konsumsi BBM.

Kebutuhan terhadap energi tidak hanya berupa BBM tetapi juga listrik. Rasio elektrifikasi nasional Indonesia pada akhir tahun 2012 adalah sebesar 73,37%, dengan perincian di pulau Jawa sebesar 78% dan di luar pulau Jawa sebesar 66,47%. Perbedaan ini karena 78,38% pembangkit listrik Indonesia berlokasi di pulau Jawa (PLN, 2013, iii-iv). Menurut PLN (2012) pada periode tahun 2012 – 2021 permintaan pasokan listrik akan naik rata-rata sebesar 10% per tahun. Untuk dapat melayani kenaikan permintaan ini PLN membutuhkan tambahan kapasitas pembangkit listrik sebesar 57,2 Giga Watt (GW). Jenis pembangkit yang direncanakan akan

dibangun oleh PLN selama periode tersebut adalah PLTU (batubara) sebanyak 65,9%, PLTP (panas bumi) sebanyak 11,1%, PLTA (tenaga air) sebanyak 10%, dan sisanya adalah jenis lain kecuali nuklir (PLN, 2013). Rencana pembangunan pembangkit PLN ditampilkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Rencana Tambahan Kapasitas Pembangkit Listrik (MW)

Tahun	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Jumlah
PLTU	4.304	3.098	2.705	2.199	4.706	5.652	7.213	2.630	2.950	2.240	37.697
PLTP	110	5	63	188	660	1.375	1.260	1.588	1.045	55	6.348
PLTGU	740	160	90	550	250	0	0	0	0	750	2.540
PLTG/MG	304	412	652	1.963	138	131	181	180	30	85	4076
PLTD	4	4	4	8	3	1	9	10	5	3	49
PLTM	18	158	150	201	32	6	6	2	2	0	575
PLTA	130	85	0	78	546	694	660	936	482	183	3.795
PS	0	0	0	0	0	1.040	0	0	450	450	1.940
PLT lain	0	25	145	17	7	15	15	6	0	0	230
Jumlah	5.610	3.947	3.807	5.203	6.342	8.914	9.344	5.352	4.964	3.766	57.250

Sumber : PLN (2013). Telah diolah kembali.

Dominasi pembangkit jenis PLTU dalam rencana pembangunan tersebut perlu mendapat perhatian khusus karena bahan bakar batubara menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) relatif besar dan dapat mengganggu lingkungan (PLN, 2012, 16). Pelayanan listrik PLN di daerah terpencil, seperti di luar pulau Jawa, menggandalkan pembangkit jenis PLTD (diesel) yang mengkonsumsi bahan bakar minyak.

Kondisi-kondisi tersebut perlu dicermati dengan seksama karena dapat menimbulkan masalah serius di kemudian hari. Kebijakan yang tepat perlu disiapkan sebagai antisipasi. Kebijakan tentang penguasaan, pemanfaatan, pengelolaan, dan pengusahaan energi di Indonesia di antaranya diatur dengan Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi. Pasal 1, angka 25, dari undang-undang ini menyebutkan:

“Kebijakan energi nasional adalah kebijakan pengelolaan energi yang berdasarkan prinsip berkeadilan, berkelanjutan, dan berwawasan lingkungan guna terciptanya kemandirian dan ketahanan energi nasional”

Kebijakan energi nasional dirancang dan dirumuskan oleh Dewan Energi Nasional (DEN) yang merupakan suatu lembaga bersifat nasional, mandiri, dan tetap yang bertanggungjawab atas kebijakan energi nasional (UU Nomor 30/2007, pasal 1, angka 26). DEN dibentuk berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 26 Tahun 2008. Rancangan kebijakan energi nasional (R-KEN) ditetapkan oleh pemerintah dengan persetujuan DPR. R-KEN hasil rumusan DEN diserahkan pemerintah kepada DPR pada tanggal 28 Agustus 2013 (DEN, 2013). Arah dan sasaran kebijakan energi nasional dalam R-KEN adalah sebagaimana Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Arah dan Sasaran R-KEN Rumusan DEN

ARAH KEBIJAKAN ENERGI NASIONAL	SASARAN KEBIJAKAN ENERGI NASIONAL
1 Ketersediaan Energi	1 Terwujudnya paradigma baru bahwa energi sebagai modal pembangunan
2 Prioritas Pengembangan Energi	2 Tercapainya elastisitas energi lebih kecil dari 1 pada tahun 2025 yang diselaraskan dengan target pertumbuhan ekonomi
3 Pemanfaatan Sumber Daya Energi Nasional	3 Tercapainya penurunan intensitas energi final sebesar 1% pada tahun 2025
4 Cadangan Energi Nasional	4 Tercapainya rasio elektrifikasi sebesar 85% pada tahun 2015 dan mendekati sebesar 100% pada tahun 2020
5 Konservasi dan Diversifikasi	5 Tercapainya penggunaan gas rumah tangga pada 2015 sebesar 85%
6 Lingkungan dan Keselamatan	6 Terpenuhinya sasaran penyediaan dan pemanfaatan energi
7 Harga, Subsidi dan Insentif Energi	7 Tercapainya bauran energi primer yang optimal
8 Infrastruktur dan Industri Energi	
9 Penelitian dan Pengembangan Energi	
10 Kelembagaan dan Pendanaan	

Sumber : Agustiawan (2013). Telah diolah kembali.

Penelitian ini mengembangkan pemikiran untuk menemukan solusi yang secara akademik layak dipertimbangkan sebagai alternatif dalam mengatasi permasalahan energi nasional, khususnya terkait dengan ketersediaan sumber energi. Menurut pasal 1, UU Nomor 30/2007:

“Sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi” (angka 2).

”Sumber daya energi adalah sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan, baik sebagai sumber energi maupun sebagai energi” (angka 3).

Salah satu sumber daya alam Indonesia adalah hutan seluas 136,173 juta hektar, yang terdiri dari hutan konservasi (26,127 juta ha), hutan lindung (32,211 juta ha), dan hutan produksi (77,845 juta ha) (Kemenhut, 2012). Pada jaman dahulu hutan merupakan sumber penghasil makanan. Ketika peradaban manusia mulai mengenal api hutan digunakan sebagai sumber energi melalui pemanfaatan hasil hutan kayu sebagai kayu bakar atau arang kayu. Pemanfaatan ini terutama untuk pemenuhan energi domestik. Definisi hutan dalam UU Nomor 41/1999 tentang Kehutanan sebagaimana telah diubah dengan UU Nomor 19/2004 terdapat pada pasal 1, huruf b:

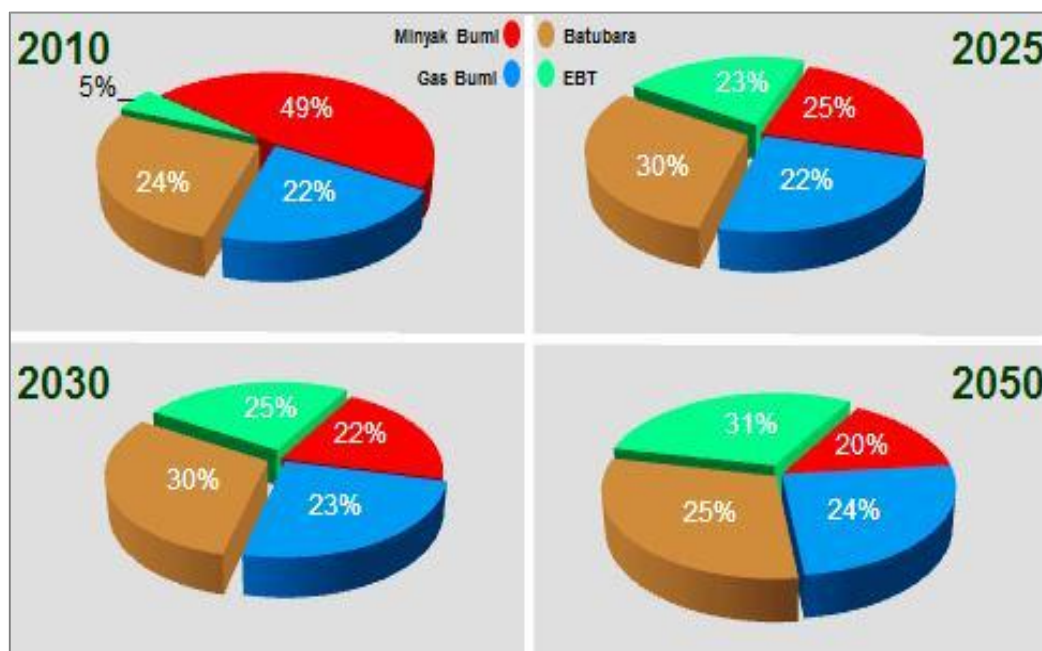
“Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan”.

Menurut undang-undang kehutanan fungsi pokok hutan adalah sebagai hutan konservasi, hutan lindung, dan hutan produksi (pasal 6). Sedangkan pemanfaatan hutan bertujuan untuk memperoleh manfaat yang optimal bagi kesejahteraan seluruh masyarakat secara berkeadilan dengan tetap menjaga kelestariannya (pasal 23). Pemanfaatan hutan dapat dilakukan pada semua kawasan hutan kecuali hutan cagar alam maupun zona inti dan zona rimba pada taman nasional (pasal 24).

Alternatif solusi dalam penelitian ini dikembangkan berdasarkan pemikiran menjadikan hutan sebagai sumber energi melalui pemanfaatan hasil hutan kayu. Terkait dengan ketentuan UU Nomor 19/2004, pasal 24, pemanfaatan hutan dalam penelitian ini menjadi terbatas pada kawasan

hutan produksi agar fungsi pokok hutan tetap terjaga. Penelitian ini memilih hutan sebagai sumber energi alternatif dengan maksud untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil. Hasil hutan kayu merupakan sumber energi biomassa dan bersifat terbarukan sehingga berbeda dengan sumber energi fosil yang terbatas. Penggunaan energi terbarukan adalah sejalan dengan arah dan sasaran R-KEN maupun kecenderungan global di masa depan.

Menurut *British Petroleum* (2012) pada tahun 2030 konsumsi energi primer di negara-negara berkembang akan mencapai 65% dari total konsumsi energi primer dunia atau naik 2,7% per tahun dibandingkan tahun 2010. Kebutuhan ini akan terpenuhi apabila pasokan dari sumber energi terbarukan (*renewable energy*) mencapai 34%. Selain kecenderungan global, arah dan sasaran R-KEN juga mengisyaratkan penggunaan energi baru terbarukan (EBT) di masa depan yang tercermin dalam target bauran energi primer (Gambar 1.2).



Sumber : Agustiawan (2013)

Gambar 1.2. Target Bauran Energi Primer (R-KEN)

Gambar 1.2 di atas memperlihatkan kondisi sebagai berikut:

- Dibanding tahun 2010, porsi penggunaan energi minyak bumi pada tahun 2025 turun 50% sedang EBT naik lima kali lipat.
- Dibanding tahun 2025, porsi penggunaan energi minyak bumi pada tahun 2050 turun sebesar 20% sedang EBT naik sekitar 35%.
- Porsi penggunaan batubara akan stagnan di tahun 2025 – 2030, tetapi pada tahun 2050 akan turun mendekati porsi di tahun 2010.

Kondisi di atas dirumuskan berdasarkan prediksi produksi energi tahun 2030 adalah dua kali lipat dari produksi tahun 2010 dan kebutuhan energi nasional naik 4,4% per tahun sehingga kebutuhan energi tahun 2030 menjadi tiga kali lipat dibanding tahun 2010 (DEN, 2013).

Secara lebih khusus hutan yang dipilih sebagai objek penelitian adalah hutan yang terkait dengan program kehutanan dan perubahan iklim (*REDD Plus* atau REDD+). Program REDD+ tentang perubahan iklim diperkuat dengan pengurangan emisi melalui kegiatan mengurangi kerusakan hutan, karbon konservasi, pengelolaan hutan lestari, dan peningkatan stok karbon di hutan negara berkembang. Konsep dan cakupan REDD+ disepakati oleh negara-negara anggota PBB (Perserikatan Bangsa Bangsa) dalam bentuk perjanjian *Bali Action Plan* pasal 1, huruf b, butir iii. Pemilihan hutan produksi program REDD+ sebagai sumber energi dalam penelitian ini didasari pemikiran melakukan sinergi antara program penyediaan energi dengan program pengurangan emisi tanpa menimbulkan konflik kepentingan termasuk tanpa merubah fungsi pokok hutan. Penyelenggaraan program REDD+ di Indonesia antara lain diatur dalam Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.20/Menhut-II/2012 tentang Penyelenggaraan Karbon Hutan. Penggunaan hutan untuk kepentingan ketahanan energi diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 24/2010 tentang Penggunaan Kawasan Hutan sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2012.

1.2 Rumusan Masalah

Peranan energi sangat penting artinya bagi peningkatan kegiatan ekonomi dan ketahanan nasional sehingga pengelolaan energi yang meliputi penyediaan, pemanfaatan, dan pengusahaan harus dilaksanakan secara berkeadilan, berkelanjutan, rasional, optimal, dan terpadu (UU Nomor 30/2007, konsideran huruf b). Konsumsi energi nasional diprediksi terus meningkat setiap tahun (Pertamina, 2013; PLN, 2012; DEN, 2013). Kebutuhan ini sangat tergantung pada sumber energi fosil terutama minyak dan batubara, padahal Indonesia adalah *net oil importer country*. Ketergantungan terhadap energi fosil harus dikurangi. Apabila tidak dikurangi maka impor BBM pada tahun 2020 diprediksi mencapai 960 bph (Pertamina, 2013). Dengan porsi sebesar ini berarti 58,68% kebutuhan energi Indonesia ditopang oleh pasokan dari impor.

Besarnya impor BBM secara langsung berpengaruh pada neraca transaksi perdagangan dan RABPN. Akibat secara tidak langsung dapat memicu kerentanan ketahanan sektor lainnya. Kebutuhan energi yang tidak terpenuhi dapat menyebabkan keadaan darurat energi ataupun krisis energi. UU Nomor 30/2007, pasal 6, menyebutkan:

“Krisis energi merupakan kondisi kekurangan energi” (ayat 1).

“Darurat energi merupakan kondisi terganggunya pasokan energi akibat terputusnya sarana dan prasarana energi” (ayat 2).

“Keadaan darurat energi dan krisis energi dapat mengakibatkan terganggunya fungsi pemerintahan, kehidupan sosial masyarakat, dan/atau kegiatan perekonomian” (ayat 3).

Terganggunya fungsi pemerintahan, kehidupan sosial masyarakat, dan kegiatan perekonomian merupakan indikasi kerentanan ketahanan nasional. Keadaan darurat energi dan krisis energi dapat dihindari apabila terdapat kepastian ketersediaan sumber energi. Risiko terhadap kepastian ketersediaan sumber energi lebih rendah apabila sumber energi ada di dalam negeri. Risiko terhadap kepastian ketersediaan energi juga akan

lebih rendah apabila konsumsi energi tidak tergantung pada salah satu jenis sumber energi. Ketersediaan jenis energi dari berbagai sumber mengurangi ketergantungan terhadap salah satu jenis sumber energi.

Dalam makalah yang berjudul “Ketahanan Energi dalam Perspektif Sistem Pertahanan Negara”, Sumari (2013) menyatakan:

“Salah satu elemen dari ketahanan nasional adalah Sumber Kekayaan Alam yang dapat menjadi sumber-sumber energi untuk menopang kehidupan bangsa Indonesia hingga generasi-generasi berikutnya”.

Apabila pernyataan ini dikaitkan dengan pengurangan ketergantungan terhadap sumber energi fosil maka sebagai solusi penggantinya adalah sumber daya alam non-fosil yang dapat dijadikan sebagai sumber energi. Sumber energi non-fosil yang dapat menggantikan peran sumber energi fosil adalah biomassa. Dengan kemajuan teknologi biomassa dapat diolah menjadi sumber energi dalam bentuk padat, cair, atau gas.

Biomassa terbentuk secara alami melalui proses fotosintesis yang melibatkan pepohonan. Hutan merupakan kawasan ekosistem yang didominasi pepohonan. Indonesia memiliki hutan darat seluas 131,279 juta hektar (Kemenhut, 2012) secara teoritis sangat potensial sebagai sumber biomassa. Pengelolaan hutan dan pemanfaatan hasil hutan kayu di masa depan adalah berbasis program REDD+. Apabila hutan produksi program REDD+ dijadikan sebagai sumber energi maka terjadi sinergi kepentingan penyediaan energi, pengurangan emisi, dan hutan untuk pembangunan dan ekonomi, tanpa merubah fungsi pokok hutan produksi. Sinergi kepentingan ini menjadi inspirasi jawaban perumusan masalah yang dinyatakan dalam bentuk pertanyaan penelitian berikut:

- Berapa potensi energi biomassa kayu hutan produksi program REDD+?
- Bagaimana kontribusi hutan produksi program REDD+ dalam mendukung ketahanan energi nasional?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

- Menganalisis potensi hutan produksi program REDD+ sebagai sumber energi biomassa kayu berdasarkan studi kasus.
- Menganalisis dan menjelaskan kontribusi hutan produksi program REDD+ sebagai sumber energi biomassa kayu dalam mendukung ketahanan energi nasional melalui pemanfaatan potensinya.

1.4 Batasan dan Keterbatasan Penelitian

1.4.1 Batasan penelitian

Batasan-batasan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah:

- Penelitian ini bukan merupakan kajian kelayakan keekonomian.
- Penelitian ini tidak membahas aspek-aspek dalam program REDD+ seperti perhitungan cadangan karbon, skema pendanaan, transaksi penjualan cadangan karbon, dan lain-lainnya.
- Potensi hutan produksi program REDD+ dalam penelitian ini adalah potensi teknis biomassa kayu dan potensi energi biomassa kayu yang dikembangkan dari hutan milik masyarakat atau di luar kawasan hutan yang disebut areal penggunaan lain (APL).
- Potensi energi biomassa kayu dalam penelitian ini difokuskan dalam bentuk pelet kayu untuk bahan bakar pembangkit listrik.

1.4.2. Keterbatasan penelitian

Keterbatasan dalam penelitian ini antara lain adalah:

- Program REDD+ di lokasi penelitian baru dimulai setelah konferensi Bali COP-13 tahun 2007 untuk melanjutkan Protokol Kyoto yang berakhir pada Oktober 2012 sehingga belum tersedia hutan program REDD+ yang ideal untuk objek penelitian.

- Program REDD+ jika dilaksanakan di hutan konservasi dan hutan lindung tidak diijinkan untuk dipanen hasil hutan kayunya sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.
- Areal penelitian adalah hutan tanaman di luar kawasan hutan atau di dalam tataruang yang disebut APL (areal penggunaan lain) dan kepemilikannya oleh masyarakat (hutan milik).
- Tanaman perlu waktu untuk mencapai kondisi siap panen. Pada saat penelitian tanaman belum mencapai kondisi siap panen.

Untuk mengatasi keterbatasan penelitian tersebut dalam penelitian ini diterapkan asumsi atau pendekatan berdasarkan referensi ilmiah maupun pertimbangan subyektif penulis, di antaranya adalah:

- Objek studi kasus telah memenuhi persyaratan program REDD+
- Dilakukan ekstrapolasi data atau variabel yang tidak tersedia dengan metode rata-rata tengah, triangulasi, atau perbandingan.
- Pengelolaan hutan khususnya hutan produksi dan APL di masa depan berbasis program REDD+ dan pemanfaatan hasil hutan kayu tidak merubah hutan untuk kepentingan pembangunan dan ekonomi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

- **Manfaat akademis:**
Memperkaya wacana akademik bidang studi ketahanan energi tentang konsep hutan sebagai sumber energi.
- **Manfaat praktis:**
Dapat digunakan sebagai referensi dalam kajian investasi energi maupun dalam penyusunan rencana pengelolaan energi di daerah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Program REDD+

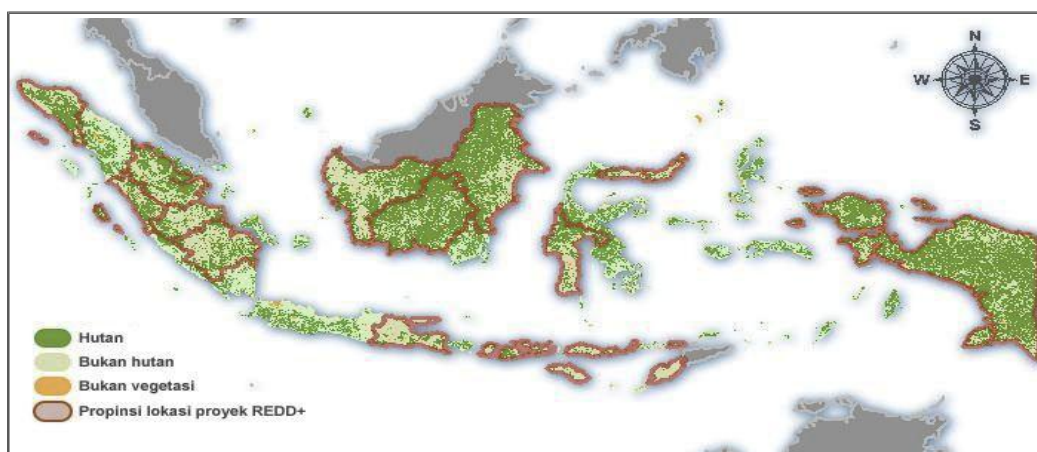
Program REDD+ merupakan kesepakatan dunia melalui Sidang Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) untuk Perubahan Iklim (UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*) ke 13 di Bali tahun 2007. Konferensi ini menghasilkan Rencana Aksi Bali (*Bali Action Plan* – BAP) untuk melanjutkan Protokol Kyoto yang berakhir pada tahun 2012. Menurut Protokol Kyoto negara-negara maju selama tahun 2008 – 2012 harus mengurangi emisi GRK secara kolektif sebesar 5,2% dari tingkat emisi tahun 1990 (CIFOR, 2010).

Selain pengurangan emisi melalui kegiatan rehabilitasi hutan, pada pasal 1, huruf b, butir iii dari BAP menyebutkan tentang pentingnya pengurangan emisi melalui kegiatan konservasi, pengelolaan hutan lestari, dan peningkatan cadangan karbon hutan di negara-negara berkembang. Ketiga aspek (pilar) ini dipertegas pada konferensi para pihak di Poznań, Polandia, tahun 2008. Program ini kemudian dikenal dengan nama *REDD Plus* (REDD+). Bagi negara-negara peserta ditawarkan insentif finansial termasuk mekanisme perdagangan cadangan karbon di pasar global. Sehingga implementasi dan kerangka kerja REDD+ menjadi lebih kompleks dan rumit (CIFOR, 2010).

Proyek percontohan REDD+ dilaksanakan di 48 negara peserta dengan tujuan mencapai Kesiapan Nasional REDD+. Dana untuk proyek percontohan adalah sebesar 172,4 juta dolar Amerika Serikat. Sebagian dana ini, yaitu 67,8 juta dolar Amerika Serikat, dialokasikan untuk 17 negara. Negara-negara tersebut adalah Bolivia, Kamboja, Kolombia,

Republik Demokratik Kongo, Ekuador, Indonesia, Nigeria, Panama, Papua Nugini, Paraguay, Filipina, Kongo, Kepulauan Solomon, Sri Lanka, Republik Persatuan Tanzania, Vietnam, dan Zambia (CIFOR, 2010).

Proyek percontohan REDD+ di Indonesia dimulai bulan Maret 2010 dan berlanjut sampai sekarang. Luas kawasan proyek percontohan REDD+ Indonesia mencapai 27,5 juta hektar lebih (CIFOR, n.d). Kawasan yang digunakan untuk proyek percontohan ini fokus pada lahan berhutan (hutan konservasi dan hutan lindung) termasuk hutan *mangrove*, dan lahan bergambut (Satgas REDD+, 2012). Daftar proyek percontohan REDD+ di Indonesia tersedia pada Lampiran 1, dengan peta sebaran kawasan sebagaimana ditunjukkan Gambar 2.1.



Sumber : REDD Indonesia (n.d)

Gambar 2.1. Peta Sebaran Proyek Percontohan REDD+ Indonesia

2.1.2 Biomassa

Menurut kamus Merriam – Webster, yang dapat diakses melalui laman <http://www.merriam-webster.com/dictionary>, biomassa didefinisikan sebagai: ¹⁾ sejumlah material hidup (dalam satuan luas atau volume suatu habitat); ²⁾ material tanaman dan kotoran hewan yang terutama digunakan sebagai sumber bahan bakar. Terjemahan bebas biomassa menurut publikasi *Biomass Energy Centre*, yang dapat diakses melalui laman

<http://www.biomassenergycentre.org.uk>, adalah bahan biologis berbasis karbon yang berasal dari makhluk hidup yang terdiri dari campuran molekul organik yang mengandung hidrogen, termasuk atom oksigen, nitrogen, dan sejumlah kecil atom lain termasuk alkali, alkali tanah dan logam berat. Karbon (dalam bentuk CO₂) yang membentuk biomassa diserap oleh tanaman dari atmosfer secara alamiah melalui proses fotosintesis dengan bantuan energi dari matahari.

Apabila tanaman dimakan oleh hewan maka biomassa dalam tanaman tersebut (dalam bentuk karbon padat) diubah menjadi biomassa hewan, tetapi penyerapan utama CO₂ adalah dilakukan oleh tanaman. Apabila tanaman tidak dimakan oleh hewan dan tanaman kemudian mati dan membusuk maka biomassa akan diurai oleh mikroorganisme sehingga karbon akan terlepas kembali ke atmosfer dalam bentuk gas CO₂ atau metana (CH₄) tergantung pada kondisi dan proses yang terlibat. Apabila tanaman dibakar maka pembakaran tersebut akan menghasilkan emisi gas CO₂ yang kembali ke atmosfer. Proses ini akan terus terjadi selama terdapat tanaman di bumi dan merupakan bagian dari apa yang dikenal sebagai siklus karbon (Biomass Energy Centre, 2013).

Dalam konteks biomassa untuk energi, biomassa digolongkan sebagai biomassa kayu (*woody biomass*) dan biomassa bukan kayu (*non-woody biomass*) walaupun tidak ada batas yang tegas mengenai hal ini. Secara prinsip biomassa kayu berasal dari tanaman atau pohon, baik berupa keseluruhan pohon (kecuali daun), residu hutan, produk samping pengolahan kayu, maupun limbah kayu olahan yang tidak terpakai lagi. Sumber utamanya adalah hasil kayu dari kehutanan (*forestry*), kegiatan budidaya tanaman (*arboricultural*), dan tanaman energi (*energy crops*). Semak, rerumputan, dan tanaman pertanian walaupun pohon tetapi digolongkan sebagai biomassa bukan kayu bersama-sama dengan sisa makanan, sampah, limbah industri, dan produk samping dari pabrik dan industri. Tabel 2.1 memperlihatkan klasifikasi dan sumber biomassa.

Tabel 2.1. Klasifikasi dan Sumber Biomassa

Classification		Biomass source	
Energy crops	Conventional crops	Annual crops: cereals, oil seed rape, sugar beet	
	Perennial energy crops	Short rotation coppice (willow or poplar); plantation tree crops e.g. eucalyptus; energy grasses: miscanthus, switch grass	
Primary residues	Forestry	Short rotation forestry	
	Forestry residues	Wood chips from branches, tips and poor quality stemwood	
	Agricultural crop residues	Straw from cereals, oil seed rape, and other crops	
	Secondary residues	Sawmill co-product	Wood chips, sawdust and bark from sawmill operations
	Arboricultural arisings	Stemwood, wood chips, branches and foliage from municipal tree surgery operations	
Wastes	Tertiary residues	Waste wood	Clean and contaminated waste wood
		Organic waste	Paper/card, food/kitchen, garden/plant and textiles wastes
		Sewage sludge	From Waste Water Treatment Works
		Animal manures	Manures and slurries from cattle, pigs, sheep and poultry
		Landfill gas	Captured gases from decomposing biodegradable waste in landfill sites

Sumber : Slade *et.al* (2011). Telah diolah kembali

2.1.2.1 Potensi biomassa

Untuk keperluan penaksiran biomassa dikenal empat klasifikasi potensi biomassa, yaitu Potensi Teoritis, Potensi Teknis, Potensi Ekonomis, dan Potensi Realistis. Potensi Teoritis mengasumsikan biomassa yang tidak digunakan untuk pangan akan digunakan untuk energi. Dengan asumsi ini maka faktor persaingan pemanfaatan lahan dapat diabaikan sehingga Potensi Teoritis cenderung lebih besar dibanding potensi lainnya. Potensi Ekonomis menggambarkan jumlah biomassa yang tersedia pada harga tertentu sehingga lebih kecil dibanding Potensi Teoritis. Sampai saat ini belum ada kesepakatan para ilmuwan tentang definisi Potensi Teknis sehingga faktor subyektifitas cukup dominan mempengaruhi potensi ini (Slade *et al*, 2011). Tabel 2.2 memperlihatkan klasifikasi dan definisi potensi biomassa.

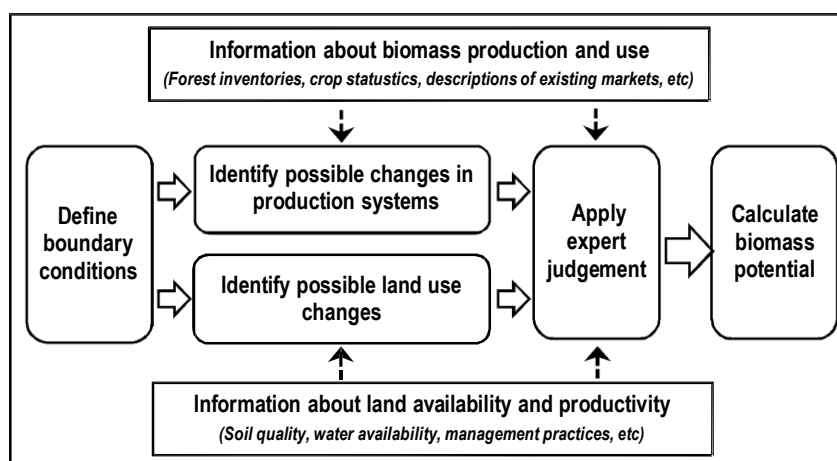
Table 2.2. Klasifikasi dan Definisi Potensi Biomassa

Nama	Definisi	Keterangan
Potensi Teoritis (<i>Theoretical potential</i>)	Jumlah biomassa yang dapat tumbuh/ berkembang setiap tahun dan dibatasi kondisi fundamental, baik fisik maupun biologi	<ul style="list-style-type: none"> ● Potensi biomassa akan berubah apabila kondisi berubah, misalnya perubahan iklim. ● Tidak digunakan untuk analisis produksi biomassa, kecuali komparasi produksi biomassa vs total produksi global.
Potensi Teknis (<i>Technical potential</i>)	Jumlah biomassa yang dapat diambil dari Potensi Teoritis setelah memperhitungkan kendala ekologi, lahan, agro-teknologi, topografi, dll.	Potensi biomassa akan berubah apabila teknologi semakin maju.
Potensi Ekonomis (<i>Economic potential</i>)	Biomassa yang tersedia pada harga tertentu (mempertimbangkan elastisitas harga pasar), yaitu potensi pada harga yang ditentukan oleh perpotongan kurva permintaan-pasokan (<i>supply-demand</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ● Sangat dipengaruhi oleh perubahan kondisi ekonomi setiap saat. ● Bisa terjadi: pasar tidak tersedia atau pasar tidak sempurna.
Potensi Realistis (<i>Realistic potential</i>)	Jumlah biomassa yang tersedia tanpa memperhitungkan isu dampak sosial, lingkungan, ekonomi, kemajuan teknologi maupun pasar.	Ditaksir dengan menggunakan faktor <i>recoverability</i> or <i>accessibility</i> , yang mencerminkan kecepatan maksimum pemakaian energi dari biomassa residu.

Sumber : Slade *et.al* (2011). Telah diolah kembali.

2.1.2.2 Penaksiran potensi biomassa

Penaksiran potensi biomassa tidak dapat dilakukan langsung tetapi melalui pendekatan pengukuran dimensi pohon dan hutan. Hal ini karena adanya kesulitan yang terkait dengan unsur fisik, satuan ukuran, dan penggunaan biomassa yang multiguna. Penaksiran potensi biomassa pada umumnya dilakukan berdasarkan skema berikut.



Sumber : Slade *et.al*. (2011). Telah diolah kembali.

Gambar 2.2. Tipikal Alur Penaksiran Potensi Biomassa

Dimensi hutan yang diperlukan dalam penaksiran potensi biomassa antara lain adalah luas hutan, luas basal, dan jenis tanaman. Sedangkan dimensi pohon meliputi umur, diameter batang (termasuk/tidak termasuk kulit), luas penampang, tinggi, bentuk, volume (termasuk/tidak termasuk kulit), lebar mahkota, dan berat jenis. Gambar 2.3 memperlihatkan dimensi dan bagian-bagian dari pohon.

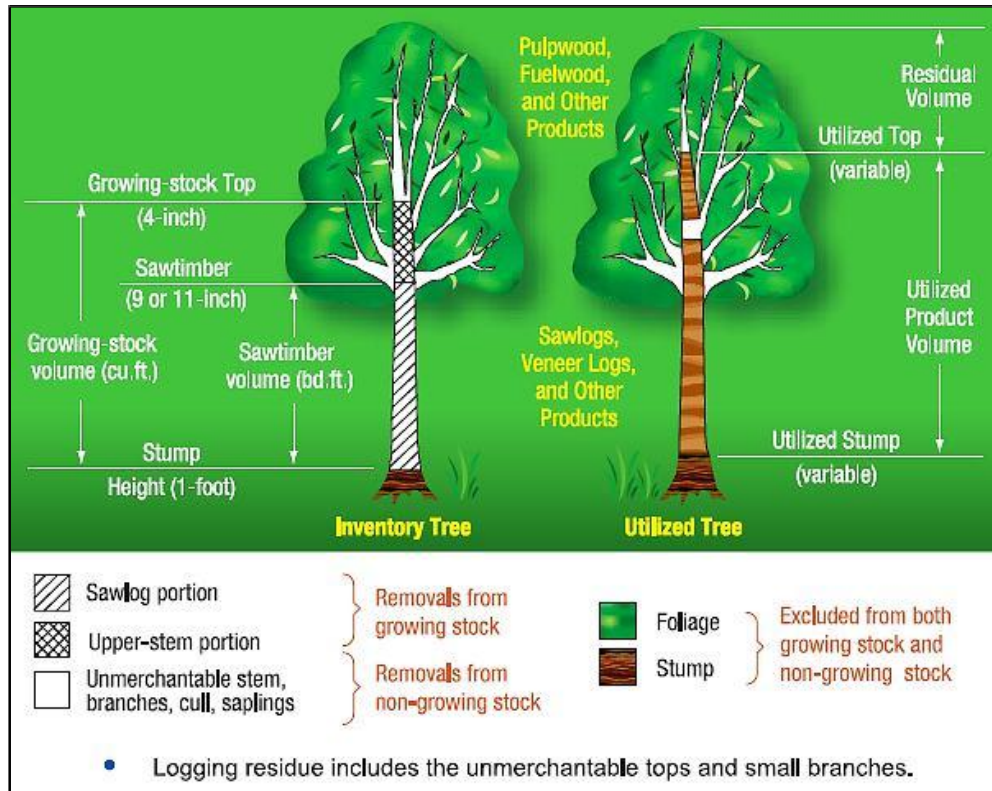
Rosillo-Calle (2007) dalam *the Biomass Assessment Handbook*, menjelaskan sebagai berikut:

a) Tinggi pohon

Pengukuran tinggi pohon di atas 10 meter dilakukan pembulatan ke ukuran meter (1 m) terdekat. Apabila kurang dari 10 meter dilakukan pembulatan ke bawah ke desimeter (0,1 m) terdekat. Pohon tumbang diukur sampai bagian atas yang berdiameter 7 centimeter. Terdapat beberapa definisi tentang tinggi/panjang pohon, yaitu:

- Tinggi total (*total height*) adalah jarak sepanjang sumbu batang pohon dari tanah sampai pucuk pohon.
- *Bole height* adalah jarak sepanjang sumbu batang pohon dari tanah sampai titik mahkota, yaitu sampai bagian yang ada percabangan.
- *Merchantable height* adalah jarak sepanjang sumbu batang pohon dari tanah sampai bagian batang terakhir (minimum diameter batang).
- *Stump height* adalah jarak dari tanah dan posisi basal pada batang utama yang dipotong (sekitar 30 cm).
- *Merchantable length* adalah jarak sepanjang sumbu batang pohon antara bagian atas tunggul dengan batang terakhir yang dipilih (minimum diameter batang).
- *Defective length* adalah jumlah total bagian-bagian dari *merchantable length* yang tidak dimanfaatkan karena cacat.

- *Sound merchantable length* adalah *merchantable length* dikurangi *defective length*.
- *Crown length* adalah jarak pada sumbu batang pohon antara titik mahkota dengan ujung pohon.



Sumber : Perlack *et al* (2005)

Gambar 2.3. Penampang dan Dimensi Pohon

b) Diameter pohon.

Merupakan panjang garis lurus yang menghubungkan dua titik pada lingkaran luar penampang pohon dan melalui titik pusat penampang. Diameter pohon dinyatakan sebagai angka bulat (pembulatan ke bawah). Diameter setinggi dada (*diameter at breast height - dbh*) adalah diameter yang diukur pada ketinggian setinggi dada (sekitar 1,3 m di atas tanah).

c) Tebal kulit pohon

Merupakan selubung pohon atau jaringan yang mengelilingi dan berada di luar kambium batang pohon.

d) Basal area

Adalah luas penampang pohon pada ketinggian setinggi dada.

e) *Roundwood* (kayu bulat)

Merupakan produk yang dihasilkan ketika sebuah pohon dipotong menjadi bagian berbentuk panjang, bisa berupa kayu gergaji (*sawlog*), kayu pulp (*pulpwood*), atau lainnya.

f) Volume pohon

Volume pohon dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$V = \pi r^2 h f$$

di mana : V - volume pohon

r - jari-jari pohon setinggi dada (0.5 dbh)

h - tinggi total (*total height*)

f - faktor pengurang kelancipan pohon.

Faktor pengurang (f) bervariasi antara 0,3 – 0,7 dan ditentukan dari beberapa pohon yang ditebang untuk pengukuran secara individual, termasuk menentukan rasio kayu pada batang dan mahkota. Dengan cara yang sama dapat dihitung volume kayu pada mahkota dari volume batang. Perhitungan ini kemudian digunakan untuk menaksir pohon-pohon lainnya hanya berdasarkan volume batang. Cara ini akan dipermudah lagi apabila tersedia tabel volume untuk jenis pohon yang sedang ditaksir.

g) Berat pohon

Berat pohon dapat diukur secara langsung atau melalui pengukuran volume pohon terlebih dulu. Dengan mengetahui volume, densitas rata-rata, dan berat kering maka berat pohon dapat ditentukan lebih akurat. Konversi dari volume menjadi berat digunakan persamaan berikut:

$$\text{Berat (kg)} = \text{Volume (m}^3\text{)} \times \text{Densitas (kg/m}^3\text{)}$$

Densitas kayu dapat diperoleh dari referensi yang tersedia sebagaimana dalam tabel berikut:

Tabel 2.3. Tipikal Berat Jenis Kayu

Wood Type	Density		
	kg/m ³	MJ/m ³	kWh/m ³
Wood chips (30% MC)	250	3.100	870
Log wood (stacked-air dry: 20% MC)	350 – 500	5200 – 7400	1400 – 2000
Wood (solid - oven dry)	400 – 600	7600 – 11400	2100 – 3200
Wood pellets	650	11000	3100

Sumber : Biomass Energy Center (2013). Telah diolah kembali.

h) Kadar air (*moisture content*)

Kadar air atau *moisture content* adalah volume air yang terkandung di dalam biomassa. Kadar air dinyatakan dalam prosen (%) dan besarnya akan berubah ketika terjadi pengeringan atau penguapan. Kadar air pada kayu segar (*green wood*) mencapai 50% – 60% dan pada kayu kering (*air-dry wood*) sekitar 15% – 20%, tergantung pada cara dan lama waktu penyimpanan setelah penebangan. Kadar air ditentukan berdasarkan:

- *moisture content dry basis* (mcdB), yaitu berat air dalam biomassa dibagi berat kering biomassa.

$$\text{Kadar air \% (dry basis)} = \frac{\text{Berat air dalam sampel}}{\text{Total berat sampel kering}} \times 100\%$$

- *moisture content wet basis* (mcwb), yaitu berat air dalam biomassa dibagi berat total biomassa (berat air dan berat kering biomassa).

$$\text{Kadar air \% (wet basis)} = \frac{\text{Berat air dalam sampel}}{\text{Total berat sampel}} \times 100\%$$

2.1.2.3 Nilai energi biomassa.

Energi yang terdapat di dalam biomassa, atau disebut bio-energi, dinyatakan dalam dua bentuk, yaitu:

- *Gross Heating Value (GHV)* atau *Higher Heating Value (HHV)*
- *Net Heating Value (NHV)* atau *Low Heating Value (LHV)*

GHV merupakan energi yang akan dilepaskan melalui pembakaran dibagi dengan berat bahan bakar. Sedangkan NHV adalah energi yang dihasilkan dari pembakaran setelah dikurangi susut energi (*energy losses*) untuk pembakaran dan penguapan air yang terkandung. Oleh karenanya NHV selalu lebih kecil dari GHV. Pada umumnya dalam statistik energi global digunakan NHV. Selain dipengaruhi kadar air, NHV dipengaruhi pula oleh material sisa pembakaran atau abu (*ash*) yang pada umumnya tidak mempunyai nilai energi. Kadar abu pada biomassa kayu relatif konstan, yaitu sekitar 1% untuk semua jenis tanaman. Dengan demikian kadar air lebih dominan dalam penentuan energi biomassa dibandingkan jenis kayu. Semakin tinggi kadar air semakin rendah nilai energi dan semakin tinggi kadar abu semakin rendah nilai energinya. Tipikal nilai kalori beberapa jenis kayu ditunjukkan tabel berikut.

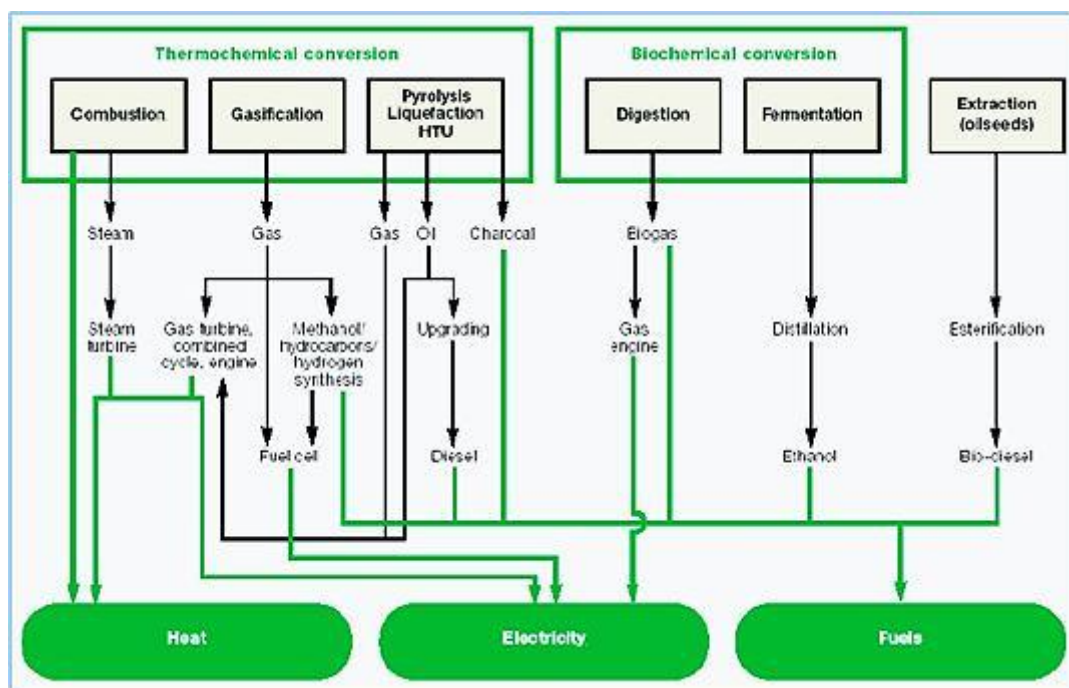
Tabel 2.4. Tipikal Nilai Kalor Beberapa Jenis Kayu

Jenis Kayu	Nama Lokal	Nilai Kalor (kcal/kg)
<i>Acacia decurens</i>	Bungur	4829
<i>Albizia falcataria</i>	Sengon	4464
<i>Calliandra calothyrsus</i>	Kaliandra	4617
<i>Cassia siamea</i>	Johar	4483
<i>Dalbergia latifolia</i>	Sonokeling	4722
<i>Gigantochloa apus</i>	Bambu	4407
<i>Glirisida maculate</i>	Gamal	4548
<i>Leucaena leucocephala</i>	Lamtoro	4464
<i>Schleichera oleosa</i>	Kesambi	4459
<i>Sesbania grandiflora</i>	Turi	4610
<i>Swietenia macrophylla</i>	Mahoni	4935

Sumber : Rostiwati, Heryati, dan Bustomi (2006). Telah diolah kembali.

2.1.2.4 Konversi biomassa menjadi energi

Biomassa yang mudah dan murah untuk dikonversi menjadi energi adalah biomassa kering dan tidak terkontaminasi (Rosillo-Calle, 2007). Konversi dilakukan melalui proses termokimia, biokimia, atau ekstraksi. Tetapi ekstraksi hanya dapat dilakukan untuk biomassa jenis tertentu. Hasil konversi bisa berupa energi panas (*heat*), listrik (*electricity*) atau bahan bakar cair (*fuel*) sebagaimana ditunjukkan Gambar 2.4. Proses termokimia dapat dilakukan melalui pembakaran (*combustion*), gasifikasi (*gasification*), dan pirolisis (*pyrolysis*). Sedangkan proses biokimia dapat dilakukan melalui pencernaan (*digestion*) dan fermentasi (*fermentation*). Pada proses biokimia diperlukan mikroorganisme untuk mengkonversi biomassa menjadi gas (IEA Bioenergy, 2007; Rosillo-Calle, 2007).



Sumber : IEA Bioenergy (2007)

Gambar 2.4. Alur Konversi Biomassa Menjadi Energi

a) Pembakaran (*combustion*)

Contoh paling sederhana pembakaran adalah pemakaian tungku untuk memasak. Biomassa yang dibakar bisa berupa kayu bakar, arang

kayu, atau pelet kayu. Energi yang dihasilkan bisa mencapai 90% dari kandungan biomasanya. Panas dari pembakaran biomassa apabila untuk memanaskan air akan menghasilkan uap air (*steam*). Uap air dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, misalnya untuk pemanas ruangan. Apabila uap air digunakan untuk menggerakkan turbin generator pembangkit listrik, efisiensi konversinya hanya sebesar 17% – 25%. Efisiensi ini bisa dinaikkan hingga 85% melalui teknologi *cogeneration*.

b) Gasifikasi (*gasification*)

Merupakan proses endotermal yang mengkonversi bahan baku padat menjadi gas. Gasifikasi melibatkan proses oksidasi biomassa pada temperatur tinggi (di atas 500°C). Proses ini menghasilkan campuran gas monokarbon oksida (CO) dan gas hidrogen (H₂), yang disebut *syngas*. Hasil ikutan berupa gas karbon, gas metana, air, dan nitrogen. Kualitas gas yang dihasilkan tergantung pada temperatur proses. Semakin tinggi temperatur makin banyak *syngas* dihasilkan dan sedikit unsur hidrokarbon beratnya. *Syngas* dapat dikonversi menjadi bahan bakar cair dan bahan kimia. Keunggulan gasifikasi adalah menghasilkan efisiensi kelistrikan lebih tinggi (sekitar 40%) dibanding pembakaran dan dapat menggantikan gas alam atau solar (*diesel*) pada boiler dan tungku industri.

c) Pirolisis (*pyrolysis*)

Merupakan proses penurunan panas hingga di bawah 500°C tanpa ada oksigen untuk menghilangkan komponen hidrokarbon yang mudah menguap. Hasilnya bisa berupa bahan bakar cair (*bio-oil*), gas, dan arang. *Bio-oil* bersifat asam dan korosif tetapi dapat diperbaiki untuk dijadikan bahan bakar transportasi yang mudah diangkut dan disimpan. Semua jenis biomassa dapat digunakan sebagai bahan baku pirolisis. Biomassa dengan kandungan selulosa tinggi memberikan hasil hingga 85% - 90%. Tipikal komposisi produk dari proses pirolisis ditunjukkan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5. Tipikal Komposisi Produk Pirolisis Biomassa Kering

Pyrolysis Process	Product Yield (%)		
	Liquid	Char	Gas
Fast pyrolysis (moderate temperatur and short residence time)	75	12	13
Carbonized (low temperatur and long residence time)	30	35	35
Gasification (high temperatur and long residence time)	5	10	85

Sumber : Mohan, Pittman and Steele (2006). Telah diolah kembali.

d) Pencernaan (*digestion*)

Proses pencernaan (*digestion*) pada umumnya dilakukan secara anaerobik (*anaerobic digestion*). Biomassa yang cocok untuk dikonversi adalah limbah basah yang mengandung lemak (*fat*) atau saripati (*starch*), misalnya sisa makanan. Hasil konversi berupa gas metana dan CO₂.

e) Fermentasi (*fermentation*)

Teknologi ini cukup sederhana yaitu melakukan fermentasi dengan ragi (*yeast*) pada bahan baku yang mengandung gula (*sugar*) dan pati (*starch*) untuk dijadikan alkohol. Biomassa kayu berpotensi sebagai bahan baku, baik pada pencernaan maupun fermentasi, tetapi diperlukan proses tambahan untuk mengambil gula atau pati yang terkandung di dalamnya.

f) Ekstraksi (*extraction*)

Ekstraksi merupakan teknologi yang paling sederhana karena dilakukan secara mekanik. Teknologi ini hanya digunakan untuk jenis tanaman tertentu yang khusus diambil minyaknya (*plant oil*), misalnya jarak pagar dan kelapa sawit. Minyak hasil ekstraksi apabila dicampur dengan alkohol dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar solar (*bio-diesel*) atau jenis bahan bakar lainnya.

2.1.3 Konsep ketahanan energi

Konsep ketahanan energi (*energy security*) pertama kali dikenal ketika Winston Churchill, Panglima Angkatan Perang Inggris dalam Perang Dunia II, memutuskan untuk mengganti bahan bakar armada lautnya dari batubara ke minyak supaya lebih cepat dibandingkan armada Jerman. Keputusan ini menjadikan armada laut Inggris tergantung pada pasokan minyak dan dipandang tidak aman (*insecure oil supplies*) karena pasokan minyak berasal dari negara-negara Persia. Sejak itu ketahanan energi menjadi bagian dari permasalahan strategi nasional (Yergin, 2006).

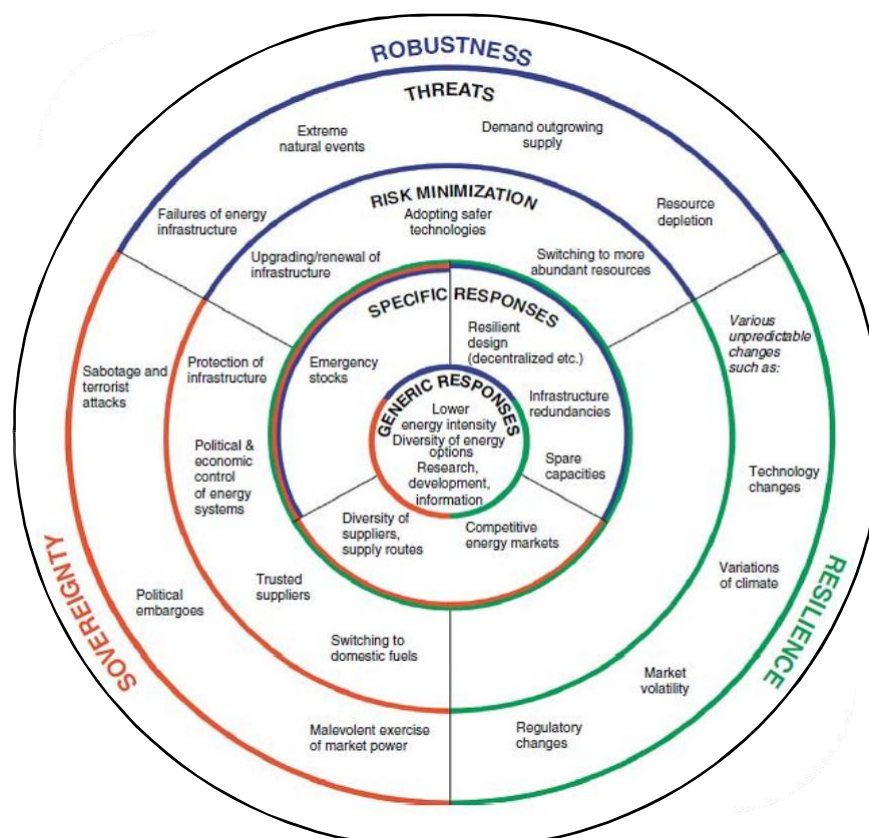
Definisi awal ketahanan energi adalah, “*Energy security refers to the uninterrupted availability of energy sources at an affordable price*” (IEA, 2013). Definisi ini terkait dengan embargo minyak negara Arab tahun 1973 yang mengakibatkan resesi ekonomi di negara maju. Negara maju kemudian membentuk *International Energy Agency* (IEA) dengan tugas membuat mekanisme kerjasama tentang keamanan pasokan minyak. Negara anggota IEA wajib memiliki cadangan penyangga minimal setara dengan impor minyak selama 90 hari dengan tujuan menjaga kemampuan kolektif mengatasi gangguan pasokan minyak yang membahayakan perekonomian negara anggota. Lingkup kerjasama saat ini termasuk pasokan gas dan listrik. Sebagai antisipasi agar minyak tidak digunakan sebagai alat politik (embargo) anggota IEA melakukan upaya penguasaan sumber-sumber energi di seluruh dunia dengan cara membangun kerjasama internasional.

Asia Pacific Energy Research Centre (APEREC) memperkenalkan konsep empat aspek ketahanan energi yang disebut *the four A's* (Qureshi dan Sonnsjö, 2011) sebagai berikut:

- *Availability* (ketersediaan)
Definisi *availability* menurut APERC adalah: “*amount of supply of a given primary energy resource in terms of known reserves.*”

- **Accessibility** (akses)
Accessibility digunakan untuk mendeskripsikan kemudahan dalam menjangkau sumber energi.
- **Affordability** (keterjangkauan)
Keterjangkauan terkait dengan harga energi dan daya beli. Harga energi dipengaruhi oleh ketersediaan dan biaya penyediaan energi.
- **Acceptability** (penerimaan)
Penerimaan terkait dengan pencemaran lingkungan dan kesediaan masyarakat menggunakan energi yang disediakan.

Menurut Cherp dan Jewell (2011) berdasarkan disiplin ilmu terdapat tiga perspektif ketahanan energi yaitu perspektif *sovereignty* (ilmu politik), *robustness* (ilmu alam dan teknik), dan *resilience* (ilmu ekonomi) seperti



Sumber: Cherp dan Jewell (2011)

Gambar 2.5. Diagram Perspektif Ketahanan Energi

diilustrasikan Gambar 2.5. Setiap disiplin ilmu fokus pada identifikasi ancaman, teknik mitigasi, dan strategi penanganan. Menurut perspektif *sovereignty* (kedaulatan) ancaman berasal dari faktor eksternal misalnya negara musuh, teroris, dan eksportir. Perspektif *robustness* (kekokohan) memandang ancaman sebagai faktor yang terukur seperti pertumbuhan kebutuhan, kelangkaan sumber daya, atau bencana alam. Sedangkan perspektif *resilience* (kelenturan) melihat ancaman sebagai ketidakpastian di masa depan seperti perubahan peraturan, pergantian penguasa, dan gangguan teknologi. Perpotongan ketiga perspektif bertemu pada pusat lingkaran sebagai strategi yang bersifat umum (*generic responses*).

Setiap negara mempunyai sudut pandang yang berbeda tentang ketahanan energi, tergantung pada kepentingan nasionalnya. Adanya perbedaan ini menjadikan definisi tentang ketahanan energi tidak baku dan tidak universal. Sebagai contoh, kepentingan negara-negara maju adalah keamanan pasokan minyak sehingga definisi ketahanan energinya terkait dengan ketersediaan dan kecukupan minyak pada harga yang terjangkau. Hal ini berbeda dengan negara-negara eksportir minyak yang kepentingannya fokus pada kepastian adanya permintaan ekspor minyak. Jepang, karena energinya sangat tergantung pada impor gas, maka ketahanan energinya difokuskan pada bagaimana mendapatkan pasokan gas dan pengelolaan yang baik untuk jangka panjang.

Sedangkan bagi Indonesia ketahanan energi merupakan ketahanan nasional yang ditinjau dari aspek energi. Berdasarkan hal ini oleh Sumari (2012) ketahanan energi didefinisikan sebagai:

“Kondisi dinamik adaptif bangsa Indonesia yang berisi daya tahan, keuletan, dan ketangguhan yang mengandung kemampuan mengembangkan kekuatan nasional dalam menghadapi dan mengatasi segala tantangan ancaman hambatan dan gangguan baik yang datang dari luar maupun dari dalam ditinjau dari aspek energi, yakni kapasitas untuk melakukan kerja yang dapat diberikan oleh sebuah entitas fundamental alami.”

2.1.4 Penelitian terdahulu

Penelitian ini memilih dua penelitian terdahulu sebagai pembanding khususnya tentang potensi energi biomassa hutan Indonesia, yaitu yang dilakukan Prastowo (2012) dan Suntana *et.al* (2012). Penelitian ini juga memilih penelitian Butcholz *et.al.* (2011) untuk menekankan bahwa di negara maju, seperti Amerika Serikat, pemanfaatan energi biomassa berbasis hutan sangat diperhatikan. Penelitian ini mengadopsi pemikiran Butcholz *et.al* khususnya dalam penyimpulan kontribusi energi biomassa dalam sistem penyediaan energi. Rangkuman hasil penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6. Rangkuman Penelitian Terdahulu

Nama peneliti, tahun, dan judul penelitian	Lokasi, fokus, dan data penelitian	Kesimpulan hasil penelitian	Keterangan
Prastowo (2012) <i>"Biomass Resource in Indonesia: Indonesia's Solid Biomass Energy Potential"</i>	Mengkaji potensi biomassa dan potensi energi dari residu tanaman energi dan residu hutan berdasarkan data statistik Kementerian Pertanian 2000-2010.	Potensi energi biomassa dari residu, <ul style="list-style-type: none"> ▪ tanaman energi: 614,600 juta GJ per tahun ▪ hutan: 141,483 juta GJ per tahun 	Tidak fokus pada salah satu sumber biomassa.
Suntana, <i>et al</i> (2012) <i>"Nontraditional Use of Biomass at Certified Forest Management Units: Forest Biomass for Energy Production and Carbon Emissions reduction in Indonesia"</i>	Mengkaji Potensi Teknis biomassa kering pada tiga jenis hutan bersertifikasi (CBFM, NPF, dan PF) secara <i>sampling</i> (Jateng, Kaltim, Riau, dan Jambi) berdasarkan data produksi hutan 2001-2005, konsumsi listrik dan penduduk 2009.	Apabila biomassa kering dimanfaatkan untuk pembuatan bio-metanol sebagai bahan bakar listrik (<i>fuel cell</i>), potensi listrik NPF dan PF adalah sebesar 459–12.079 MWh.	Produksi hutan tersebut tidak didedikasikan untuk pembuatan bio-metanol.
Buchholz, <i>et al</i> (2011) <i>"Forest Biomass and Bioenergy: Opportunities and Constraints in the Northeastern United State"</i>	Dilakukan di tujuh negara bagian Amerika Serikat untuk mengkaji potensi energi biomassa hutan dan memilih teknologi konversi yang lebih efisien. Menggunakan data dari FIA, TPO, dan EIA tahun 2004 – 2008.	Kontribusi potensi energi biomassa hutan 1,4% – 5,5% dari kebutuhan energi wilayah penelitian atau bisa menggantikan: <ul style="list-style-type: none"> • batubara hingga 6% di pembangkit listrik, • bahan bakar fosil hingga 28% di sektor industri dan komersial. 	Sangat kompleks, membutuhkan waktu lama untuk dapat melakukan penelitian serupa.

2.1.4.1 Penelitian Prastowo (2012)

Penelitian Prastowo merupakan *desk study* menggunakan data statistik produksi pertanian tahun 2000 – 2010. Fokus penelitian adalah potensi biomassa padat (*solid biomass*) pada kelapa sawit (tandan kosong dan cangkang), kelapa (batok dan sabut), karet (batang kecil), tebu (ampas), padi (sekam), dan jagung (bonggol) yang tergolong tanaman energi (*energy crops*). Prastowo juga melakukan kajian terhadap residu tebangan, penggergajian kayu, dan industri kayu lapis.

Skenarionya adalah pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebanyak 50% dari produksi rata-rata per tahun dan sisanya untuk pakan ternak. Hasil penelitian Prastowo (Tabel 2.7) menunjukkan Indonesia memiliki potensi teknis energi biomassa padat sebesar 756,083 juta Giga Joule (GJ) per tahun. Pemanfaatan potensi ini baru mencapai 3,25%.

Tabel 2.7. Hasil Penelitian Prastowo (2012)

Sumber Biomassa Padat		Luas Lahan (Ha)	Produksi Rata-rata (Ton/tahun)	Potensi Energi Biomassa MJ/Ha	Potensi Teknis Energi x 10 ⁶ GJ
A. Tanaman Energi					
Kelapa Sawit	Tandan kosong	8.430.026	19.760.011	32.800	138,300
	Cangkang			6.500	54,800
Kelapa	Batok/Cangkang	3.808.263	3.266.448	9.600	17,500
	Sabut			12.700	23,200
Tebu	Ampas tebu	448.745	2.694.227	288.800	129,800
Karet	Batang kecil	3.445.121	2.591.935		36,300
Padi	Sekam	12.147.637	66.411.469	11.800	143,300
Jagung	Bonggol	4.131.676	18.327.636	17.300	71,500
Sub-Total :					614,600
B. Residu Hutan					
Sisa tebangan	Cabang & ranting		3.705.000		15,643
Penggergajian kayu	Kulit & serbuk		4.200.000		42,000
Industri kayu	Sisa proses		7.860.000		83,840
Sub-Total :					141,483

Sumber : Prastowo (2012).

2.1.4.2 Penelitian Suntana *et al* (2012)

Fokus penelitian Suntana *et al* (2012) adalah potensi teknis biomassa kering pada tiga jenis hutan bersertifikasi, yaitu Hutan Berbasis Masyarakat (*community-based forest management* – CBFM), Hutan Tanaman Industri (*plantation forest* – PF), dan Hutan Produksi Alam (*natural production forest* – NPF). Analisis dilakukan berdasarkan data produksi hutan tahun 2001 – 2005 serta statistik konsumsi listrik dan kependudukan tahun 2009. Skenarionya adalah pemanfaatan 5% hasil produksi hutan (biomassa kering) sebagai bahan baku bio-metanol dengan efisiensi 50%. Bio-metanol kemudian digunakan untuk menghasilkan listrik melalui teknologi *fuel cell*.

Apabila setiap rumah mendapat jatah listrik 1 kilo Watt (kW) maka listrik dari NPF bisa untuk 138 rumah, dari PF untuk 2.762 rumah, dan dari CBFM untuk 19–27 rumah. Apabila seluruh produksi hutan dibuat bio-metanol, PF Tanjung Jabung Timur mampu menyediakan listrik bagi 52.200 – 72.600 rumah bahkan untuk seluruh kebutuhan listrik di Jambi.

Tabel 2.8. Hasil Penelitian Suntana *et al* (2012)

Jenis Hutan	Lokasi Penelitian	Luas (Ha)	Potensi Biomassa Kering Rata-rata			Bio-metanol (KL)	Listrik (MWh)
			M ³	Mg	Mg/Ha		
CBFM-1	Sukoharjo (Jateng)	1.179	754	377	2,16		
CBFM-2	Wonogiri (Jateng)	2.434	387	194	0,26		
NPF-1	Rokan Hilir (Riau)	90.956	55.925	27.962	8,35	440	459
NPF-2	Kutai Barat (Kaltim)	269.660	91.328	45.664	8,08	1.438	1.498
PF-1	Kampar (Riau)	235.140	1.246.385	736.232	63,55	11.596	12.079
PF-2	Tj. Jabung Timur (Jambi)	293.812	1.119.251	510.173	36,48	8.814	9.183

Sumber : Suntana (2012).

2.1.4.3 Penelitian Buchholz, *et al* (2011)

Penelitian dilakukan di tujuh negara bagian Amerika Serikat dengan tujuan: (1) menaksir potensi biomassa hutan untuk energi berkelanjutan,

(2) memilih teknologi konversi dan pemanfaatan akhir yang lebih efisien terkait pengurangan emisi GRK dan ketergantungan impor minyak serta pengembangan ekonomi pedesaan. Data berasal dari *the USDA Forest Service - Forest Inventory Analysis (FIA)*, *the Timber Products Output (TPO)*, dan *the Energy Information Administration (EIA)* selama periode tahun 2004 – 2008. Kesimpulan Thomas Bucholz adalah sebagai berikut:

- (a) apabila seluruh potensi biomassa dipakai untuk industri kertas akan terjadi peningkatan emisi di luar wilayah penelitian,
- (b) energi biomassa hutan mampu berkontribusi sebesar 1,4% – 5,5% dari total kebutuhan energi di wilayah penelitian,
- (c) potensi energi biomassa hutan mampu menggantikan batubara pada pembangkit listrik hingga 6%, atau menggantikan bahan bakar fosil hingga 28% di sektor industri dan komersial.

2.2 Kerangka Pemikiran

Skematis kerangka pemikiran dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.6 dan terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

A. Pengumpulan dan pengolahan data.

Pengumpulan data merupakan kegiatan untuk mengumpulkan data, baik primer maupun sekunder, yang diperlukan dalam penelitian. Metode yang digunakan adalah studi kepustakaan dan kunjungan ke lokasi objek penelitian. Studi kepustakaan dimaksudkan untuk mendapatkan referensi ilmiah sesuai dengan topik penelitian termasuk dasar teori, penelitian terdahulu, dan publikasi ilmiah terbaru. Kunjungan ke lokasi objek penelitian adalah untuk mendapatkan data lapangan secara langsung. Data dan informasi yang diperlukan antara lain tentang program REDD+, proyek BEE Bangkalan, statistik (energi, kelistrikan, dan kehutanan). Data yang terkumpul diolah untuk dianalisis.

B. Analisis potensi objek studi kasus.

(1) Potensi produksi kayu

Potensi produksi kayu diperkirakan melalui langkah berikut:

(a) Perkiraan jumlah pohon

i. Pada areal hektar ke-1:

Jumlah pohon = 10.000 m^2 : luas areal tanam

di mana, 10.000 m^2 = luas areal 1 hektar

Apabila jarak tanam adalah:

- 1 m x 1 m, maka luas areal tanam = 1 m^2
- 1 m x 2 m, maka luas areal tanam = 2 m^2
- 2 m x 2 m, maka luas areal tanam = 4 m^2

ii. Pada areal hektar ke-2 dan seterusnya:

Jumlah pohon per hektar =

$(10.000 \text{ m}^2 - \text{luas areal terpakai pada hektar ke-1})$:
luas areal tanam

di mana,

- luas areal terpakai pada hektar ke-1 merupakan pengurang luas hektar ke-2 dst, untuk menghindari duplikasi perhitungan pada areal yang sama.
- $10.000 \text{ m}^2 = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$, maka untuk jarak tanam:
 - 1 m x 1 m, pengurang luas areal = 100 m^2
 - 1 m x 2 m, pengurang luas areal = 200 m^2
 - 2 m x 2 m, pengurang luas areal = 400 m^2

iii. Total jumlah pohon:

Total jumlah pohon = i + ii x (luas areal (ha) – 1)

(b) Perkiraan produksi kayu

Dalam penelitian ini semua kayu hasil tebangan diasumsikan akan dimanfaatkan sehingga tambahan dari cabang dan ranting perlu dihitung.

i. Volume batang kayu per pohon:

$$\text{Volume batang kayu} = \pi r^2 h = \pi (d/2)^2 h$$

dimana,

$$\pi = 3,141$$

d = diameter batang

h = tinggi/panjang batang

Diameter batang termasuk tebal kulit pohon, panjang batang pohon = *merchantable length*, dan faktor pengurang kelancipan pohon (f) diabaikan.

ii. Volume tambahan dari cabang dan ranting:

Volume tambahan dari cabang dan ranting ditentukan sebagai prosentase tertentu dari volume batang kayu per pohon. Dalam penelitian ini digunakan 50%.

iii. Total volume kayu:

Total volume kayu =

total jumlah pohon x (volume batang kayu per pohon + volume cabang dan ranting)

iv. Total berat kayu:

Berat kayu = volume kayu x berat jenis kayu

(2) Potensi teknis biomassa

Potensi teknis biomassa ditentukan berdasarkan konsep bahwa batang kayu terdiri atas unsur kayu dan unsur air. Unsur kayu disebut biomassa kayu (*woody biomass*) dan

unsur air disebut kandungan air (*water content*) atau kadar air apabila dinyatakan dalam prosentase. Sehingga,

$$\begin{aligned}\text{Berat biomassa} &= \text{Berat kayu} - \text{Berat kandungan air} \\ &= \text{Berat kayu} \times (1 - \text{kadar air, \%})\end{aligned}$$

Kadar air tersebut adalah *moisture content wet basis, mcwb*.

(3) Potensi energi biomassa kayu

Potensi energi biomassa kayu diperkirakan berdasarkan berat biomassa dan nilai kalor (*calorific value*):

$$\text{Potensi energi biomassa kayu} = \text{Berat biomassa} \times \text{Nilai kalor}$$

Hasil analisis potensi energi biomassa objek studi kasus dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu untuk mengkaji beberapa aspek.

C. Analisis potensi hutan produksi program REDD+

Analisis dilakukan berdasarkan asumsi: (1) pengelolaan hutan dan pemanfaatan hasil hutan kayu kawasan hutan produksi di masa depan adalah berbasis program REDD+, (2) kondisi objek studi kasus dapat digandakan ke dalam kawasan hutan produksi.

(1) Penggandaan model BEE Bangkalan

Penggandaan model BEE Bangkalan dalam penelitian ini adalah metode pendekatan untuk memperkirakan potensi teknis biomassa dan energi biomassa kayu hutan produksi program REDD+ berdasarkan hasil analisis pada BEE Bangkalan sebagai objek studi kasus.

(2) Pengujian hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan untuk menentukan kelayakan hutan produksi program REDD+ sebagai sumber energi.

Kelayakan ditentukan berdasarkan kriteria sebagai berikut:

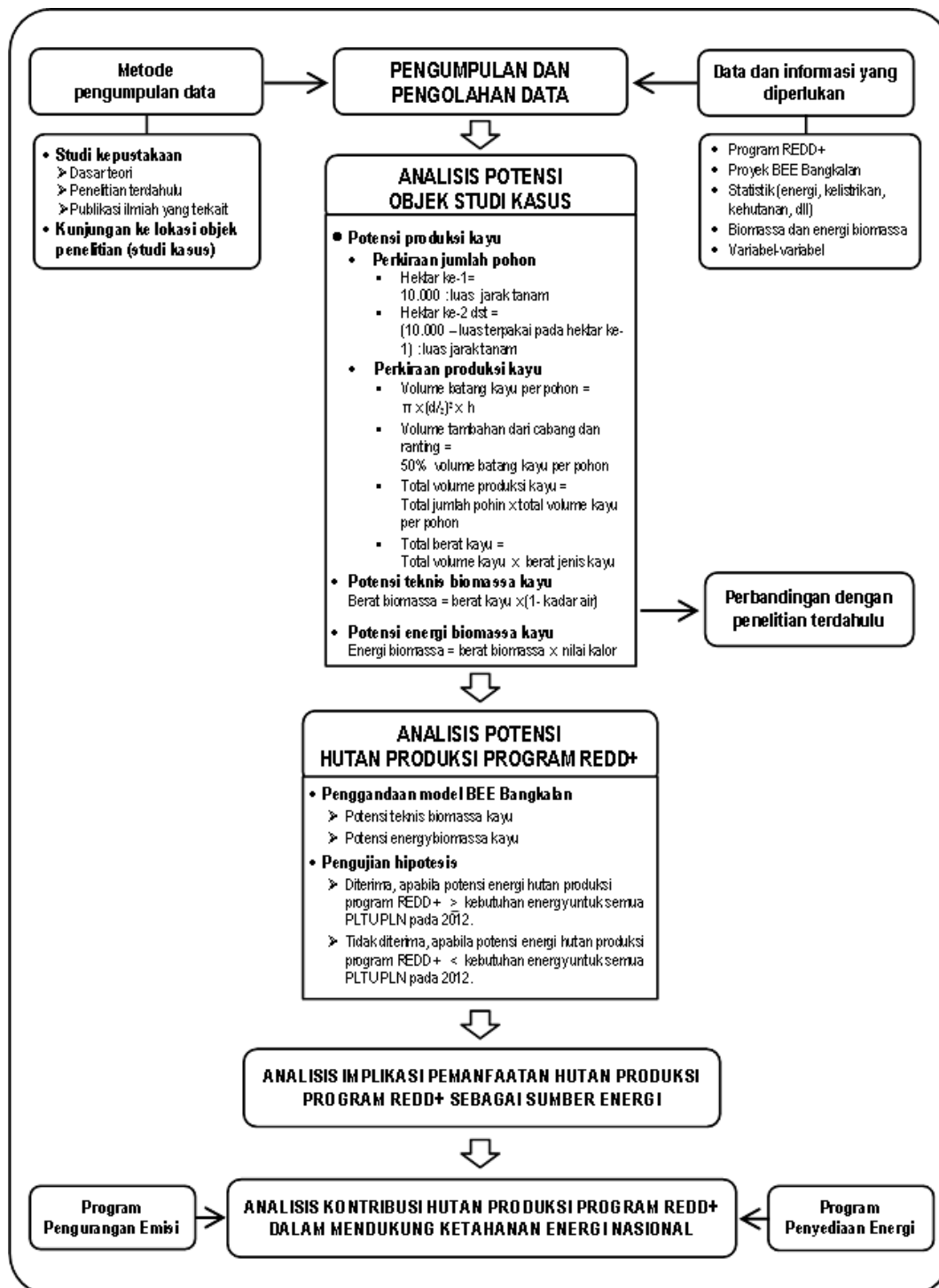
- Diterima, apabila
Potensi energi biomassa kayu hutan produksi program REDD+ lebih besar dari atau sama dengan kebutuhan energi untuk semua kapasitas terpasang PLTU milik PLN pada tahun 2012
- Tidak diterima, apabila
Potensi energi biomassa kayu hutan produksi program REDD+ lebih kecil dari kebutuhan energi untuk semua kapasitas terpasang PLTU milik PLN pada tahun 2012

D. Analisis implikasi pemanfaatan hutan produksi program REDD+ sebagai sumber energi.

Analisis dilakukan berdasarkan tinjauan aspek ketahanan energi (*the four A's*), yaitu aspek ketersediaan (*availability*), akses (*accessability*), keterjangkauan (*affordability*), dan penerimaan (*acceptability*), serta dilengkapi dengan aspek keamanan (*security*).

E. Analisis kontribusi hutan produksi program REDD+ dalam mendukung ketahanan energi nasional.

Analisis dilakukan secara kualitatif deskriptif terhadap beberapa aspek yang terkait dengan pemanfaatan potensi energi hutan produksi program REDD+. Berdasarkan kajian ini akan dapat diketahui kontribusi hutan produksi program REDD+ dalam mendukung ketahanan energi nasional.



Gambar 2.6. Kerangka Pemikiran Penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiawan, Herman. (2013, April). *Kebijakan Energi Nasional*. Makalah dipresentasikan dalam Rapat Koordinasi Pertahanan: Peran Pemda dalam Menunjang Ketahanan Energi Nasional. Jakarta.
- Asycarya, Daru. (2014, 17 – 27 Februari). Personal Correspondency.
- Biomass Energy Centre. (2014). *What is BIOMASS?*. 11 Januari 2014. <http://www.biomassenergycentre.org.uk>.
- British Petroleum. (2012, Januari). *BP Energy Outlook 2030*. London. 28 Maret 2013. <http://www.bp.com/liveassets/>
- Buchholz, Thomas *et al* (2011, Pebruari). *Forest Biomass and Bioenergy: Opportunities and Constraints in the Northeastern United States*. Cary Institute of Ecosystem Studies. 13 September 2013. http://www.caryinstitute.org/sites/downloads/news/report_biomass.pdf
- Center for International Forestry Research (CIFOR). (2010). *REDD: Apakah itu? Pedoman CIFOR tentang hutan, perubahan iklim dan REDD*. Bogor. 30 Mei 2013. http://www.cifor.org/publications/pdf_files/media/MediaGuide_REDD_Indonesian.pdf
- Center for International Forestry Research (CIFOR). (n.d). *REDD Global Comparative Study: Indonesia*. 30 April 2013. http://www.jifpro.or.jp/Activities/Information/I-PanelDiscussion_H21_P02_Daniel.pdf
- Cherp, Aleh and Jewell, Jessica. (2011). *The three perspectives on energy security: intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration*. Current Opinion in Environmental Sustainability. 3:1–11. Elsevier B.V. 26 Agustus 2013. <http://www.sciencedirect.com>
- Darmawan, Ujang W. (2012, Agustus). *Pengembangan Kaliandra (Calliandra calothyrsus) sebagai Kayu Energi (Potensial of Red Calliandra (Calliandra calothyrsus) as Energy Wood)*, Mitra Hutan Tanaman. Vol. 7 No. 2. 30 November 2013. <http://forplan.or.id>

- Dewan Energi Nasional. (2013, 28 Agustus). *DPR Segera Bahas Rancangan Kebijakan Energi Nasional Yang telah Dirumuskan DEN*. 30 Agustus 2013. <http://www.den.go.id>
- Detik Finance : Barometer Bisnis Anda. (2008, 10 September). *RI Resmi Keluar dari OPEC*. 4 Januari 2014. <http://finance.detik.com/read/2008/09/10/102654/1003563/4/ri-resmi-keluar-dari-opec>.
- Fahada, M. Firman. (2014, 13 – 19 Maret). Personal Correspondency.
- Google Maps. (2013). 1 Desember 2013. <https://maps.google.com>.
- International Energy Agency Bioenergy. (2007, September). *Potential Contribution of Bioenergy to the World's Future Energy Demand*. Rotorua. <http://www.ieabioenergy.com>
- International Energy Agency. (2013, n.d). *Energy Security*. 9 Juli 2013. <http://www.iea.org>
- International Energy Agency. (2013). *Unit Converter*. 11 Januari 2014 dan 14 Maret 2014. <http://www.iea.org/stats/unit.asp>.
- Ireland, Duncan; Hall, Andi; Jones, David H. (2004). *Forest Research. Woodfuel Information Pack*. Surrey. England. 4 Januari 2014. <http://www.biomassenergycentre.org.uk/>
- Ireland, Duncan (2006). *Forest Research. Woodfuel Meets the Challenge*. Surrey. England. 4 Januari 2014. <http://www.forestry.gov.uk/>
- Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Online. (2012 - 2014). 14 Februari 2014. <http://kbbi.web.id/>. 4 Maret 2014.
- KeeptheHabitat. (2009, 2 Oktober). *Mamuju Habitat*. 14 Agustus 2013. www.keepthehabitat.org.
- Kementerian Kehutanan (2012, Desember). *Data dan Informasi Pemanfaatan Hutan 2012*. Dirjen Planologi. Jakarta. 18 November 2013. <http://www.redd-indonesia.org>
- Lembaga Ekolabel Indonesia. (2010). *Hutan Rakyat di Probolinggo dan Bangkalan lulus Sertifikasi PHBML*. 21 Juli 2013. <http://www.lei.or.id>

- Liputan6. (2013, 6 November). *Diversifikasi Energi Atasi Defisit Energi Migas*. 20 November 2013. <http://bisnis.liputan6.com/read/739048/diversifikasi-energi-atasi-defisit-neraca-migas>.
- Mardiastuti, Ani. (2012, October). *The Role of UN-REDD in the Development of REDD+ in Indonesia. Vol. III: Highlight of REDD+ Related Projects in Indonesia*. 15 Juli 2013. www.unredd.net/.
- Merriam-Webster Dictionary Online. (2014). 4 Maret 2014. <http://www.merriam-webster.com/dictionary>.
- Mohan, Danesh; Pittman, Charles U.; and Steele Philip H. (2006). *Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review*. Energy and Fuels, Volume 20, 848-889. 10 Januari 2014. <http://www.che.ncsu.edu/ILEET/resources/biomass-biofuels/Pyrolysis-of-Wood.pdf>
- Ndayambaje, Jean Damascene. (2005, May). *Agroforestry for Wood Energy Production in Rwanda*. Presented in Workshop on Alternative Sources Energy in Rwanda. 19-20 May 2005. Institute des Science Agronomiques du Rwanda. 10 Desember 2013. <http://www.irst.ac.rw>
- Peraturan Presiden Nomor 26 Tahun 2008 tentang Dewan Energi Nasional
- Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2012 tentang Perubahan atas PP Nomor 24 Tahun 2010 tentang Penggunaan Kawasan Hutan
- Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.20/Menhut-II/2012 Tahun 2012 tentang Penyelenggaraan Karbon Hutan.
- Perlack, Robert D., et al. (2005, April). *Biomass as Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply*. Oak Ridge National Laboratory. Tennessee. 10 September 2013. <http://www1.eere.energy.gov>
- Pertamina (Persero), PT. (2013, Agustus). *Paparan Kilang Pertamina RU-V Balikpapan*. Makalah dipresentasikan dalam Kuliah Kerja Dalam Negeri. Program Studi Ketahanan Energi. Universitas Pertahanan Indonesia. Balikpapan. 26 Agustus 2013.

- PLN (Persero), PT. (2012, Desember). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2012-2021*. 13 Juni 2013. <http://www.pln.go.id>
- PLN (Persero), PT. (2013, Mei). *Statistik PLN 2012*. 13 Juni 2013. <http://www.pln.go.id>
- Prastowo, Bambang. (2012, September). *Biomass Resource in Indonesia: Indonesia's Solid Biomass Energy Potential*. Makalah dipresentasikan dalam Indonesia-German Seminar and Workshop on Biomass – Defining Our Last Resource. Institut Teknologi Bandung. 10 September 2013. <http://biomassourlastresource.files.wordpress.com>
- Qureshi, Bilal dan Sonnsjo, Hannes. (2011, Spring). *Securitizing Energy – An Integrated approach Towards a Secure Energy System*. School of Business, Economic and Law. University of Gothenburg. 5 Juli 2013. <https://gupea.ub.gu.se>
- REDD Indonesia, Kementerian Kehutanan R.I. (n.d), *Proyek Percontohan*. 3 Juli 2013. <http://www.redd-indonesia.org/proyek-percontohan>
- Roshetko, James M. (2000, November). *Calliandra calothyrsus* di Indonesia. Lokakarya Produksi Benih dan Pemanfaatan Kaliandra. International Centre for Reseach in Agroforestry and Winrock International. Bogor. 16 Juli 2013. <http://www.worldagroforestry.org>
- Rosillo-Calle, Frank. (2007). *The Biomass Assessment Handbook - Bioenergy for a Sustainable Environment*. Earthscan. London. 5 September 2013. <http://www.media.rmutt.ac.th>
- Rostiwati, T.; Heryati, Y.; Bustomi, S. (2006). *Riview Hasil Penelitian Kayu Ebergi dan Turunannya*. Pusat penelitian dan pengembangan Hutan Tanaman. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Rusli, Yetti. (2013, Desember). *Perubahan Iklim, Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca, Pohon dan Hutan: Peluang atau Bencana?*. Rimba Indonesia – Indonesian Journal of Forestry. Volume 52. 4-10.
- Rusli, Yetti. (2014, 17 Februari – 24 Maret). Personal Correspondency.

Satgas Persiapan Kelembagaan REDD+ Indonesia. (2012, Juni) *Strategi Nasional REDD+*. 25 April 2013. <http://www.satgasreddplus.org>

Slade, Raphael *et al.* (2011, Nopember). *Energy from biomass: the size of the global resource. An assessment of the evidence that biomass can make a major contribution to future global energy supply*. College Centre for Energy Policy and Technology and UK Energy Research Centre. 5 September 2011. <http://www.ukerc.ac.uk>

Sumari, Arwin D.W. (2013, 1 Juli). *Ketahanan Energi dalam Perspektif Sistem Pertahanan Negara*. dipresentasikan dalam Kursus Singkat Ketahanan Energi bagi Aparatur Pemda dan Entitas Bisnis di Kabupaten Pangajene Kepulauan, Sulawesi Selatan. Universitas Pertahanan Indonesia. Jakarta.

Suntana, S. Asep *et al.* (2012, Maret). *Nontraditional Use of Biomass at Certified Forest Management: A Case Study of Biomass for Energy Production and Carbon Emissions reduction in Indonesia*. International Journal of Forestry Research, Volume 2012, Article ID 59521, 12 pages, Hindawi Publishing Corporation. 13 September 2013. <http://www.hindawi.com>

Suwandi. (2011, Juli). Eksplorasi Buah Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) sebagai Bahan Bakar Alternatif. Informasi Teknis. Vol 9, No.1. 22 November 2013. <http://www.forda-mof.org>

Undang Undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan sebagaimana diubah dengan UU Nomor 19 Tahun 2004

Undang Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi

Undang Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2013 tentang Perubahan Rencana Anggaran dan Belanja Negara 2013.

Yergin, Daniel. (2006). *Ensuring Energy Security*. Foreign Affairs. Volume 85 No.2, p.69-82. 15 Nopember 2012. <http://ww.un.org>