

BAB 4

PEMBAHASAN

Dalam bab analisa ini akan dibahas mengenai hasil-hasil pengolahan data yang telah didapatkan. Untuk menganalisis pemanfaatan energi di tahun 2025 akan dibahas dua skenario yang pertama jika permintaan energi dipenuhi dengan pola biasa atau skenario dasar (tanpa ada substitusi energi terbarukan), dan yang kedua adalah pemanfaatan dengan skenario diversifikasi energi artinya ada intervensi bahwa harus ada substitusi pemanfaatan energi dengan catatan pemanfaatannya harus optimal.

4.1 Perkiraan Konsumsi Energi Final

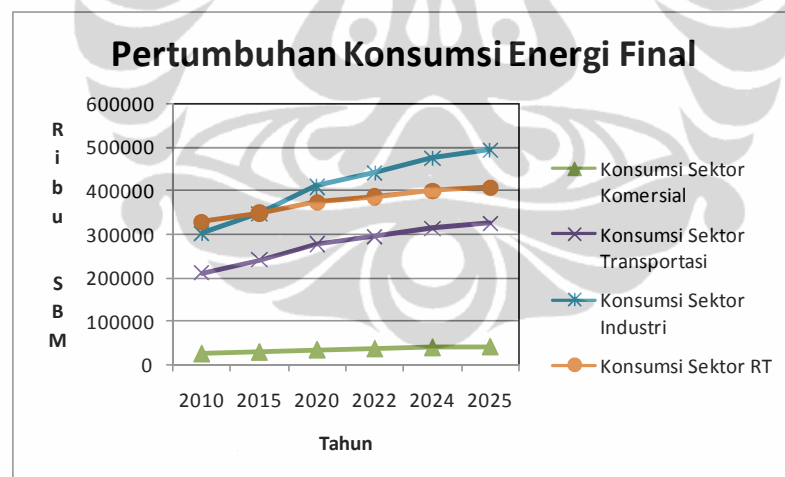
Cara paling sederhana memproyeksikan permintaan energi adalah dengan menghubungkan tingkat konsumsi energi saat ini dengan aktivitas dan tingkat pertumbuhan ekonomi. Namun PDB atau PDRB bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhi permintaan energi. Ada faktor lain yang mempengaruhi permintaan energi ke depan seperti inovasi teknologi selama periode perencanaan, kemungkinan substitusi, harga energi dunia dan sebagainya.

Faktor-faktor dominan perencanaan energi, diantaranya peranan harga relatif, pengaruh perubahan teknologi, potensi substitusi antar-energi, potensi substitusi antar-faktor dan dampak interaksi energi/ekonomi. Harga relatif mengukur kelangkaan berbagai barang dan jasa. Harga relatif pada akhirnya mencerminkan pilihan konsumen terhadap suatu kerangka kerja teknis dan biaya. Perubahan teknologi biasanya terkait dengan potensi penghematan dan substitusi perangkat pemakai akhir yang disempurnakan baik yang baru atau alternatifnya. Potensi substitusi antar-energi terkait dengan pengembangan alternatif sumber daya energi domestik dan impor yang murah atau potensi keseluruhan dalam jangka panjang seperti kebijakan diversifikasi. Dalam substitusi antar faktor diupayakan kombinasi faktor produksi yang efisien. Interaksi energi dengan ekonomi makro serta faktor-faktor dominan akan mempengaruhi permintaan energi di masa depan.

Universitas Indonesia

Pada perkiraan permintaan energi yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan parameter GDP yang diasumsikan akan berkorelasi dengan konsumsi energi per sektor. Untuk pemanfaatan energi yang dikonsumsi dipertimbangkan peranan energi substitusi, peranan harga dan pengaruh teknologi (efisiensi per konversi), sehingga dibuat pemanfaatan energi sektor pada tahun 2025 dalam dua skenario dasar, dan pemanfaatan energi per sektor dengan skenario diversifikasi energi (pemanfaatan energi terbarukan yang optimal). Skenario dasar artinya konsumsi berjalan dengan *business as usual* artinya tidak ada skenario pemanfaatan energi terbarukan. Dengan dua skenario tersebut akan dapat kita lihat pola pemanfaatan per jenis energi per sektor.

Dari gambar 4.1 konsumsi energi final dari pada tahun 2025 diperkirakan sebesar 1.286.620 ribu SBM yang berasal dari empat sektor pengguna yaitu sektor transportasi, komersial, rumahtangga, dan industri.



Gambar 4.1 Perkiraan Konsumsi Energi Final 2010-2025

Dapat kita lihat bahwa pemanfaatan energi untuk tahun 2025, sektor rumah tangga mengalami penurunan dari 37 % pada tahun 2007 mengalami penurunan sampai dengan 31% di tahun 2025, untuk sektor industri mengalami kenaikan dari 35% menjadi 38% tahun 2025, sedangkan untuk sektor transportasi terjadi kenaikan yang juga signifikan dari 20% tahun 2007

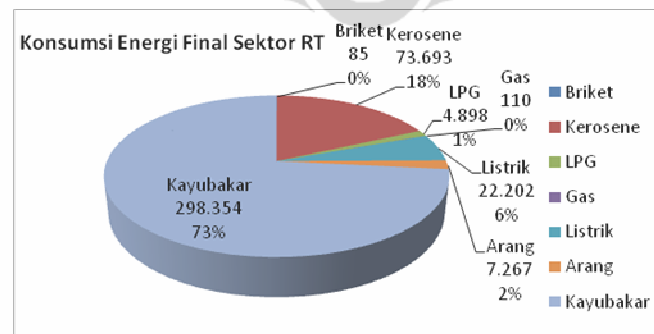
Universitas Indonesia

menjadi 25% di tahun 2025, sedangkan untuk sektor komersial naik dari 4% menjadi 6%.

Dari perkiraan pemanfaatan energi tahun 2025 di tiap sektor terlihat bahwa semua sektor mengalami kenaikan kecuali sektor rumah tangga yang justru mengalami penurunan, ini bisa dipahami di negara berkembang sektor rumah tangga menjadi pengkonsumsi energi yang paling besar yang nantinya akan berkurang jika menjadi negara maju/industri. Berikut pembahasan konsumsi energi final per sektor

4.1.1 Sektor Rumah Tangga.

Dari gambar 4.1 dapat kita lihat rata-rata pertumbuhan konsumsi energi di sektor rumah tangga sebesar 1,4% per tahun. Meskipun tingkat pertumbuhannya rendah akan tetapi secara total konsumsi energi final pada sektor rumah tangga di Indonesia adalah tinggi hal ini disebabkan jumlah penduduk yang besar dan intensitas pemanfaatan energi yang rendah. Pemanfaatan energi untuk di sektor rumah tangga biasanya terbagi menjadi tiga bagian yaitu memasak, penerangan dan listrik untuk peralatan elektronik lainnya. Sedangkan jenis energi yang untuk keperluan rumah tangga hampir sebagian besar mempergunakan minyak tanah/kerosene, LPG, kayu bakar, briket dan listrik untuk berbagai peralatan rumah tangga. Berikut komposisi jenis energi yang dikonsumsi sektor rumah tangga pada tahun 2025 skenario dasar:

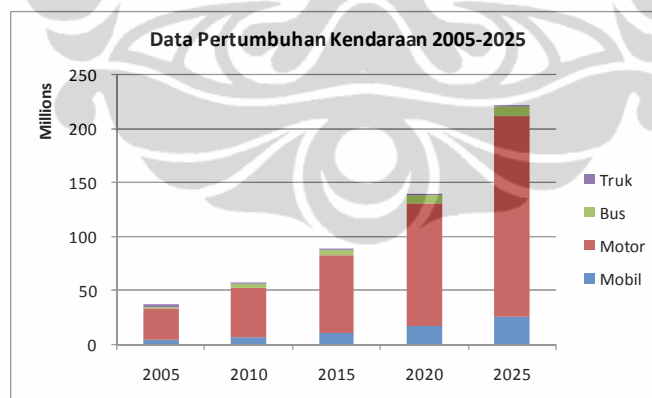


Gambar 4.2 Perkiraan Bauran Konsumsi Energi di Sektor Rumah Tangga Tahun 2025 Skenario Dasar

Dari gambar diatas dapat kita lihat bahwa jenis energi fosil yang mendominasi adalah kerosene, listrik dan gas adapun kayu bakar sebagai sumber energi khususnya memasak tetap memegang peranan penting, skenario yang paling mungkin terjadi adalah pergeseran pemanfaatan kayu bakar dengan biomasa dari limbah pertanian dan industri kayu. Selain itu proporsi pemanfaatan LPG juga lebih rendah jika dibandingkan dengan pemanfaatan minyak tanah, padahal cadangan dan emisi yang dikeluarkan oleh LPG masih lebih baik jika dibandingkan dengan kerosene.

4.1.2 Sektor transportasi

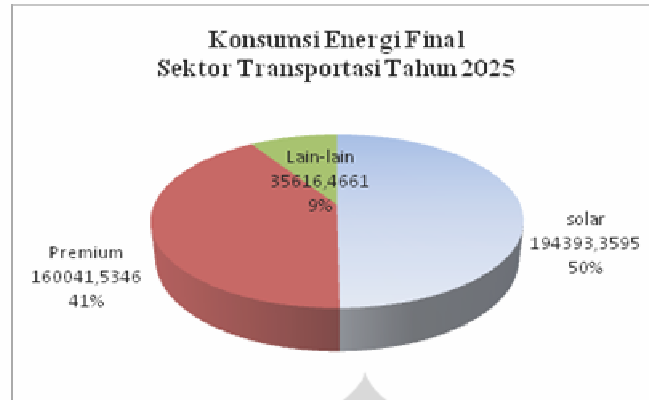
Dari gambar 4.1 dapat kita lihat tingkat pertumbuhan konsumsi energi di sektor transportasi rata-rata sebesar 2,9% pertahun. Tingginya konsumsi energi final yang terjadi di sektor transportasi adalah karena tingginya laju pertumbuhan moda transportasi terutama angkutan darat seperti kendaraan bermotor. Dari gambar dibawah ini terlihat prosentase peningkatan jumlah sepeda motor yang meningkat pesat sehingga energi yang dikonsumsi untuk sektor transportasi dalam hal ini jenis premium akan ikut meningkat, selain itu moda yang lain juga mengalami peningkatan jumlah yang juga signifikan.



Gambar 4.3 Perkiraan Pertumbuhan Jumlah Kendaraan

Pada tahun 2025 konsumsi energi final per jenis energi untuk sektor transportasi dapat digambarkan pada gambar , sangat jelas terlihat dominasi premium dan solar pada sektor ini, tanpa adanya kebijakan diversifikasi energi maka bahan bakar minyak jenis solar dan premium akan habis terserap untuk sektor ini.

Universitas Indonesia

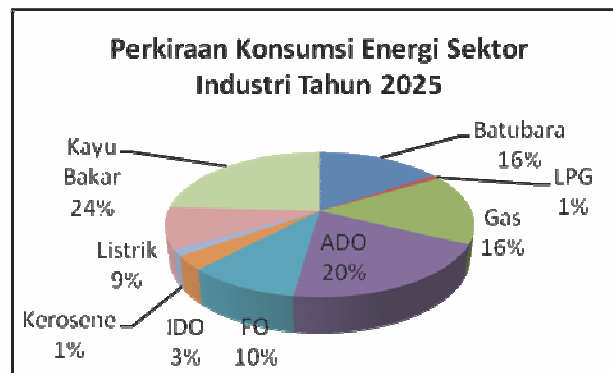


Gambar 4.4 Perkiraan Bauran Konsumsi Energi di Sektor Transportasi Tahun 2025 Skenario Dasar

Meskipun pemanfaatan biodiesel dan bioetanol sudah dirintis sejak tahun 2006 akan tetapi data konsumsi energi final yang diperoleh sampai dengan 2007 masih belum terlihat, kebijakan diversifikasi ini jika tidak dipaksakan maka bauran energi untuk tahun 2025 di sektor transportasi diperkirakan akan seperti pada gambar.

4.1.3 Sektor Industri

Dari hasil perkiraan energi final yang dikonsumsi pada tahun 2025 sektor industri adalah pengonsumsi energi yang paling tinggi, dari gambar 4.1 dapat kita lihat dengan tingkat pertumbuhan rata-rata mencapai 3,3% pertahun, artinya pada tahun 2025 konsumsi energi sektor ini bisa melampaui konsumsi energi di sektor lain, pada penelitian ini, industri pembangkitan juga dimasukkan kedalam sektor ini sehingga konsumsi bahan bakar fosil untuk bahan bakar pembangkit makin menambah besar konsumsi energi sektor ini.



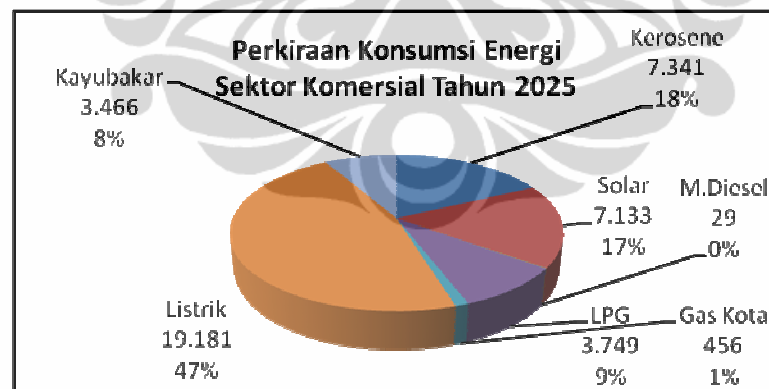
Universitas Indonesia

Gambar 4.5 Perkiraan Bauran Konsumsi Energi di Sektor Industri Tahun 2025 Skenario Dasar

Dari gambar diatas terlihat bahwa energi fosil yang mendominasi yaitu solar, batubara dan gas, dengan perkiraan konsumsi seperti ini kebijakan pemanfaatan energi panas bumi dan pembangkit energi terbarukan mutlak diperlukan sebagai pengganti bahan bakar fosil untuk pembangkit.

4.1.4 Sektor komersial

Sektor komersial terdiri dari Sektor Perdagangan, Hotel dan Restoran; Sektor Komunikasi; Sektor Keuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan; dan Sektor Jasa-jasa, seiring dengan kemajuan ekonomi maka sektor ini diprediksi akan mengalami peningkatan kegiatan sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi konsumsi energinya, dari gambar 4.1 terlihat sektor ini mengalami pertumbuhan rata-rata sebesar 3%. Jenis energi yang mendominasi pada sektor ini adalah listrik, solar dan kerosene. Kebutuhan listrik di sektor ini dicukupi oleh sambungan listrik dari PT.PLN dan juga pembangkitan listrik sendiri. Pemanfaatan energi terbarukan sebagai pembangkit listrik akan berdampak langsung ataupun tidak langsung terhadap konsumsi energi di sektor ini terutama konsumsi listrik.



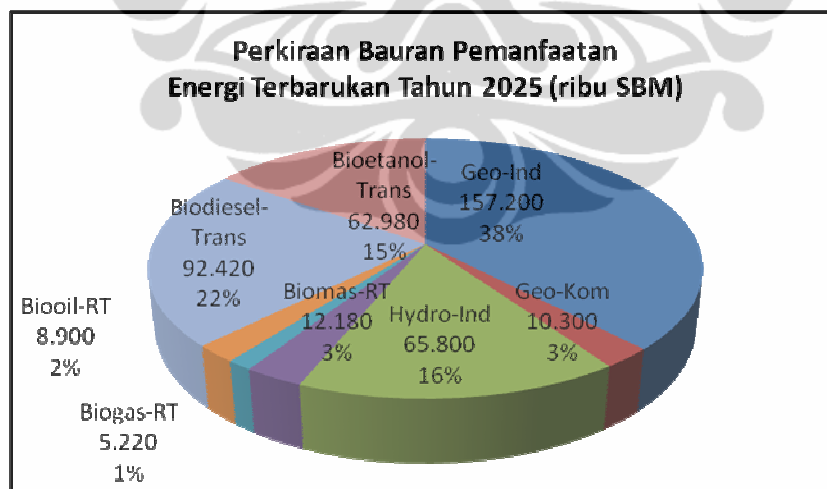
Gambar 4.6 Perkiraan Bauran Konsumsi Energi di Sektor Komersial Tahun 2025 Skenario Dasar

4.2 Optimasi Pemanfaatan Energi Terbarukan per Sektor

Pada bagian IV.1 telah diuraikan bagaimana perkiraan konsumsi energi di setiap sektor dalam penelitian ini dianggap sebagai skenario dasar artinya semua jenis energi yang dibutuhkan disuplai dengan jenis energi yang sama. Pada bagian ini akan dibahas pemanfaatan energi terbarukan yang optimal per sektor sesuai dengan skenario tabel 3. sehingga akan diperoleh komposisi pemanfaatan energi terbarukan yang optimal per sektor yang akan dibandingkan dengan pola pemanfaatan energi yang memanfaatkan energi terbarukan /skenario diversifikasi energi.

Tujuan dari pembuatan model program linier ini adalah mencari komposisi pemanfaatan energi terbarukan yang optimal sehingga energi terbarukan bisa dimanfaatkan untuk mensubstitusi energi dari bahan bakar fosil. Tolok ukur keberhasilan dari model ini adalah mencari bauran yang dapat memanfaatkan energi terbarukan sebanyak-banyaknya dengan biaya yang minimal.

Hasil keluaran model optimasi dari Lingo menghasilkan perhitungan dengan nilai global optimum sebesar Rp. $2.21 \cdot 10^{12}$ dengan iterasi sebanyak 16 kali dan menghasilkan bauran energi terbarukan untuk tahun 2025 (dalam prosentase) sebagai berikut:



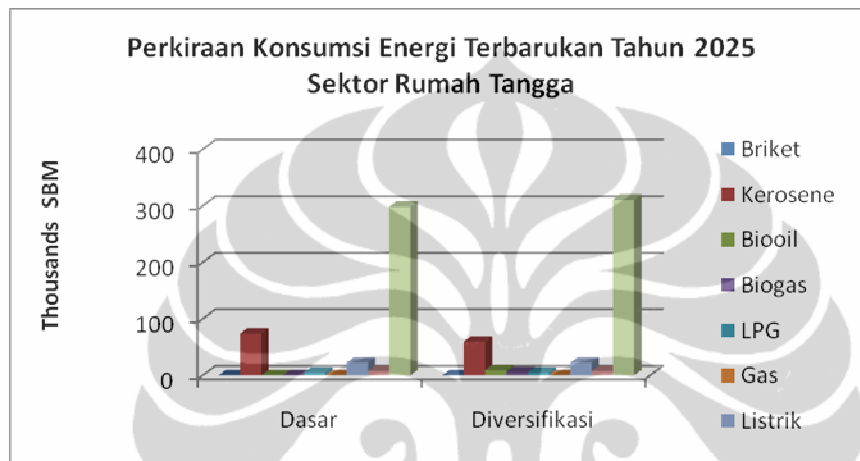
Gambar 4.7 Bauran Optimal Energi Terbarukan Tahun 2025

Dari bauran tersebut, hampir seluruh potensi energi terbarukan yang siap dimanfaatkan pada tahun 2025 seperti pada tabel 3. sebesar SBM dapat menggantikan jenis-jenis energi fosil di masing-masing sektor. Berikut akan

Universitas Indonesia

dibahas bauran energi terbarukan yang mensubstitusi pemanfaatan energi fosil di masing-masing sektor sesuai dengan pola tabel 3. Maka akan diperoleh bauran pemanfaatan energi per sektor skenario diversifikasi. Berikut analisa per sektor

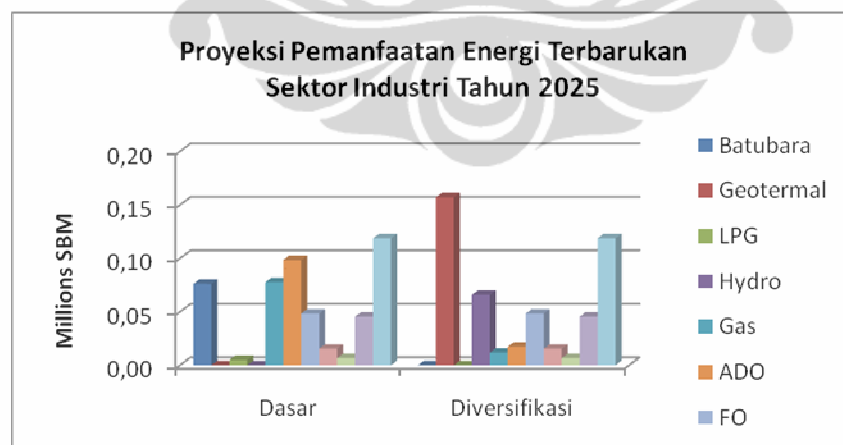
4.2.1 Sektor Rumah Tangga



Gambar 4.8 Perkiraan Bauran Energi Terbarukan Sektor Rumah Tangga Tahun 2025

4.2.2. Sektor Industri

Setelah dilakukan optimasi dan hasil optimasi disubstitusikan ke bauran skenario dasar maka akan diperoleh hasil sebagai berikut:



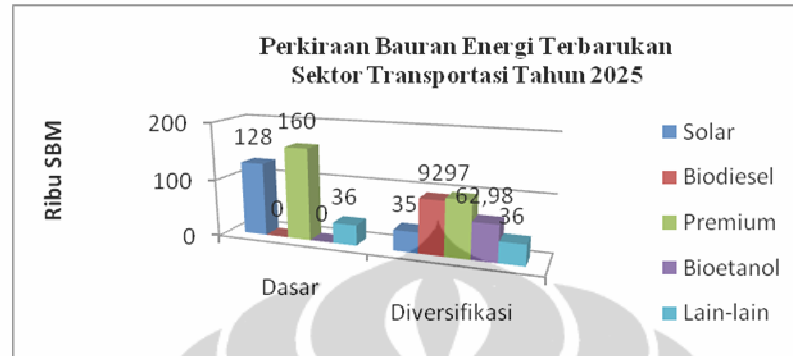
Gambar 4.9 Perkiraan Bauran Energi Terbarukan Sektor Industri Tahun 2025

Dari gambar diatas terlihat bahwa pemanfaatan energi terbarukan di sektor industri bisa signifikan, terutama panas bumi dan air untuk mengganti bahan bakar pembangkit yang berasal dari batubara dan gas.

Universitas Indonesia

4.2.3 Sektor Transportasi

Setelah dilakukan optimasi dan hasil optimasi disubstitusikan ke bauran skenario dasar maka akan diperoleh hasil sebagai berikut:



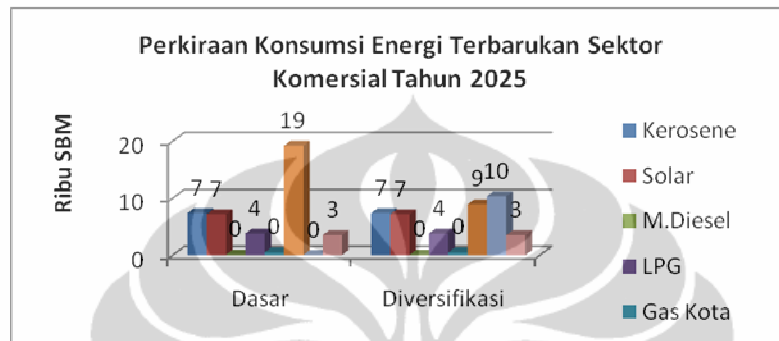
Gambar 4.10 Perkiraan Bauran Energi Terbarukan Sektor Transportasi Tahun 2025

Dari komposisi pemanfaatan energi sektor transportasi skenario diversifikasi diatas dapat kita lihat substitusi biodiesel dan bioetanol untuk solar dan premium dapat mencapai hasil yang optimal dengan volume biodiesel sebesar 92 ribu SBM atau 29 % dan bioetanol sebesar 62,3 SBM atau setara dengan 19% pemanfaatan. Jadi dengan kebijakan pemerintah yang sekarang menetapkan rencana pemanfaatan biodiesel sebesar B-5 atau 5 persen volume biodiesel bahkan sekarang berkurang lagi menjadi B-2.5 maka harus dipikirkan perencanaan bertahap agar pemanfaatan biodiesel di akhir tahun 2025 dapat mencapai 29%, langkah konkret adalah melakukan mandatory pemanfaatan biodiesel dan merencanakan secara bertahap bahwa pencampuran biodiesel pada solar bisa mencapai B-30 (batas aman penggunaan di mesin diesel tanpa konversi alat).

Demikian juga untuk etanol, jika diinginkan pemanfaatan bioetanol sesuai dengan potensi yang diproyeksikan di tahun 2025 maka pemerintah juga harus secara bertahap meningkatkan prosentase pemanfaatan dengan jalan menaikkan kadar biotenol dalam premium, dari hasil diatas bioetanol dapat dimanfaatkan sampai dengan 20 persen volume dari sekarang baru 5% volume.

4.2.4 Sektor Komersial

Pada gambar diatas dapat kita lihat bahwa pemanfaatan tenaga air dan panas bumi dapat dimanfaatkan untuk mensubtitusi bahan bakar pembangkitan untuk industri listrik dengan mensubtitusi batubara dan gas seperti PLN ataupun untuk industri lain yang membangkitkan listrik dengan solar dapat menerima listrik dari interkoneksi dengan pembangkit listrik geotermal.



Gambar 4.11 Perkiraan Bauran Energi Terbarukan Sektor Komersial Tahun 2025

4.3. Analisa Hasil dari Sisi Potensi dan Teknologi

Potensi energi terbarukan di Indonesia sangat melimpah, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral/DESDM dalam rancangan Pengelolaan Energi Nasional tahun 2006 membuat target pemanfaatan energi terbarukan berdasarkan untuk mengoptimalkan potensi yang ada. Dalam penetapan potensi untuk suatu jenis energi terbarukan perlu ketepatan dan informasi yang mendetail mengingat potensi energi terbarukan sifatnya tersebar dan “*intermittent source*”. Kurangnya informasi dan penghitungan potensi yang tidak tepat akan dapat mempengaruhi pencapaian target pemanfaatan karena ketersediaan dan strategi pemanfaatan juga tidak tepat.

Salah satu contoh analisis bahwa pencapaian pemanfaatan energi terbarukan yang optimal seperti dalam bauran adalah untuk jenis potensi biodiesel. Dari gambar 4. pemanfaatan biodiesel sebesar 92.420 ribu sbm atau setara dengan 14,4 juta kL dan biooil sebesar 8900 SBM atau setara dengan juta 1,5 juta kL, dengan total potensi biodiesel yang termanfaatkan sebesar 17,22 juta kilo liter harus diperhatikan dengan seksama apakah ketersediaan bahan baku yang

Universitas Indonesia

dipergunakan memang diperuntukkan untuk biodiesel, mengingat potensi yang dipakai dalam perhitungan adalah dari kelapa sawit dan jarak pagar. Jika ketersediaan bahan baku tidak bisa dipenuhi karena bertentangan dengan pemanfaatan lain maka pencapaian pemanfaatan yang optimal tidak akan terpenuhi.

Saat ini potensi biodiesel hanya berfokus pada Jarak Pagar dan Kelapa Sawit, akan tetapi tahun 2008 tanaman Jarak di Indonesia saat ini hanya 6000 Ha dan dengan kecenderungan menurun dari jumlah 9617 Ha di tahun 2002 akan sulit mencapai target Departemen Pertanian 3 juta hektar tanaman jarak pagar. Sehingga perlu usaha intensifikasi pertanian untuk tanaman jarak mulai dari pembibitan sampai pembinaan penanaman dan pengelolaan pasca panen.

Kurangnya bahan baku dari jarak mungkin masih bisa teratasi dengan intensifikasi dalam tanaman sawit yang produksinya mencapai 24 juta ton pada tahun 2025. Akan tetapi pemanfaatan sawit untuk kebutuhan pangan dan industri serta kebijakan ekspor minyak sawit /CPO juga harus sangat diperhatikan sehingga kebutuhan CPO untuk biodiesel bisa terpenuhi.

Tabel 4.1 Produksi Sawit Sebagai Bahan Baku Biodiesel

Jenis	Unit	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Hasil panen	Ton	22.446.764	22.814.614	23.182.463	23.550.312	23.918.161	24.286.010
Luas lahan	Ha	8.954.265	9.122.529	9.290.793	9.459.056	9.627.320	9.795.584

Sumber : Departemen Pertanian 2008, diolah.

Kasus yang sama untuk pemanfaatan bioetanol sebesar 62,98 juta SBM atau setara dengan 10,8 juta kL. Dalam skenario pengembangan bahan baku Bioetanol dalam rencana pengembangan BBN Departemen Pertanian bioetanol dari bahan baku singkong dan tebu, akan tetapi pada tahun 2020 Indonesia mencanangkan swasembada gula sehingga jika bahan baku bioetanol tergantung pada tebu maka dikhawatirkan tidak tercapai. Salah satu skenario yang dapat dijalankan adalah pengoptimalan bahan baku tetes tebu

untuk bioetanol, karena secara ekonomi pemanfaatan limbah pengolahan tebu menjadi gula ini tidak terlalu bersaing dengan bahan baku tebu sebagai gula. Dari penghitungan potensi bioetanol dari tetes tebu dan singkong hanya sebesar 2 juta kL maka harus dicari sumber energi lain yang siap pakai selain tebu seperti sorgum, jagung dan sumber lain yang tidak termasuk tanaman pangan.

Hasil optimasi menunjukkan pemakaian biomasa dari limbah pertanian dan limbah kayu sebesar 12,18 juta SBM yang optimal adalah di sektor rumah tangga akan tetapi perlu juga dipikirkan teknologi pemanfaatan yang lebih efisien seperti dengan gasifikasi biomasa sehingga kontribusi biomasa terhadap penyediaan energi primer dapat lebih ditingkatkan dan tentunya tidak merusak lingkungan.

4.4 Strategi Pemanfaatan Energi Terbarukan

4.4.1 Rencana Pengembangan

Pemanfaatan potensi geothermal sangat signifikan dalam bauran energi terbarukan tahun 2025, sehingga yang perlu diperhatikan adalah bagaimana mengatasi kendala-kendala dalam pemanfaatan potensi karena biaya eksplorasi yang mahal langkah yang perlu ditempuh adalah pengembangan teknologi PLTP dengan skala kecil dan efisien seperti yang sedang dikembangkan saat ini yaitu PLTP sistem binary cycle kapasitas kecil.

Potensi biogas yang besar belum dapat dimanfaatkan karena masih mahalnya peralatan biogas untuk ukuran rumah tangga dengan skala pemanfaatan 6m^3 biaya yang dikeluarkan hampir mencapai 7 juta rupiah jadi pemanfaatan biogas hendaknya juga diperhatikan skema bantuan seperti untuk sentra ternak seperti daerah-daerah Sumedang, Boyolali menerapkan bantuan dengan sistim mengangsur untuk pemasangan biogas. Sehingga masyarakat terpancing memanfaatkan biogas setelah melihat keuntungan dari pemanfaatannya.

4.4.2. Kalkulasi Emisi dari Pemanfaatan Energi Terbarukan

Secara global kenaikan suhu permukaan bumi dalam beberapa dekade terakhir ini telah menimbulkan kekhawatiran masyarakat dunia. Kenaikan suhu ini diyakini berkaitan dengan makin meningkatnya konsentrasi gas-gas penyebab efek rumah kaca di atmosfer. Gas-gas penyebab efek rumah kaca, atau biasa disebut sebagai gas rumah kaca, diantaranya adalah H₂O, CO₂, CH₄, O₃ (ozon), N₂O, CFC, SO₂ dan CCl₄. Diantara berbagai jenis gas rumah kaca, CO₂ merupakan gas rumah kaca yang terpenting karena yang paling banyak dihasilkan. Bahkan Indonesia telah meratifikasi protokol Kyoto yaitu perjanjian untuk pengurangan emisi yang kemudian diperbaharui dalam Bali Road Map tahun lalu. Selain itu sekarang dengan adanya mekanisme CDM (Clean Development Mechanism) dimungkinkan untuk melakukan penjualan CER (Certificate Emission Reduction) atas pengurangan emisi yang dilakukan.

Oleh karena itu pengurangan emisi juga menjadi daya tarik untuk pemanfaatan energi terbarukan. Salah satu contohnya adalah proyek-proyek panas bumi di Indonesia yang telah memanfaatkan mekanisme CDM ini. Dari pemanfaatan energi terbarukan berdasarkan skenario diversifikasi energi dengan menggunakan acuan dari Renewable Energy Technology Screen bahwa emisi untuk tiap pembangkitan listrik dari apapun bahan bakarnya tanpa menghitung rugi-rugi transmisi distribusi diambil nilai rata-rata 0,717 ton CO₂ per MWh. Maka dapat dihitung emisi per sektor sebagai berikut:

4.4.2.1 Sektor rumah tangga

Pemanfaatan energi sesuai skenario diversifikasi energi memberikan hasil bahwa pemanfaatan biogas, biooil di sektor rumah tangga dapat mengurangi sejumlah pemanfaatan energi fosil di sektor rumah tangga, dengan tidak memperhitungkan rugi-rugi transmisi distribusi karena energi dimanfaatkan secara langsung maka koefisien emisi CO₂ adalah sebesar 0,717 sehingga dapat dihitung pengurangan emisi CO₂ sebagai berikut:

Universitas Indonesia

Tabel 4.2 Pengurangan Emisi Sektor Rumah Tangga

Jenis	Dalam SBM	Dalam MWh	Coef Emisi	ton CO2
Biooil	8900	14833,33	0,717	10635,5
Biogas	5220	8700	0,717	6237,9
Total				16873,4

4.4.2.2 Sektor industri

Pemanfaatan energi sesuai skenario diversifikasi energi memberikan hasil bahwa pemanfaatan tenaga panas bumi dan tenaga air di sektor industri dapat mengurangi pemanfaatan batubara, gas dan solar yang dipergunakan untuk pembangkitan listrik dan kegiatan konsumsi listrik lainnya. Jika memperhitungkan rugi-rugi transmisi distribusi sebesar 10% maka koefisien emisi adalah sebesar $(1-0,1) \times 0,717$ atau sebesar 0,643 ton CO₂ per MWh. Sehingga dari sektor industri dapat dilakukan pengurangan emisi sebesar.

Tabel 4.3 Pengurangan Emisi Sektor Industri

Jenis	Dalam SBM	Dalam MWh	Coef Emisi	ton CO2
geothermal	157200	80615,38	0,6453	52021,11
hydro	65800	26320	0,6453	16984,3
Total				69005,4

4.4.2.3. Sektor transportasi

Pemanfaatan energi sesuai skenario diversifikasi energi memberikan hasil bahwa pemanfaatan biogas, biooil di sektor transportasi dapat mengurangi sejumlah pemanfaatan premium dan biolar. Di sektor transportasi tidak memperhitungkan rugi-rugi transmisi distribusi karena energi langsung dipakai jadi koefisien emisi adalah 0,717ton CO₂ per MWh. Sehingga dari sektor transportasi dapat dilakukan pengurangan emisi sebesar.

Tabel 4.4 Pengurangan Emisi Sektor Transportasi

Jenis	Dalam SBM	Dalam MWh	Coef Emisi	ton CO2
Biodiesel	92420	154033,3	0,717	110441,9
Bioetanol	62980	104966,7	0,717	75261,1
Total				185703

4.4.2.5 Sektor komersial

Pemanfaatan energi sesuai skenario diversifikasi energi memberikan hasil bahwa pemanfaatan listrik dari panas bumi di sektor komersial dapat mengurangi sejumlah pemanfaatan listrik yang kita asumsikan dari bahan bakar BBM

Tabel 4.5 Pengurangan Emisi Sektor Komersial

Jenis	Dalam SBM	Dalam MWh	Coef Emisi	ton CO2
Panas Bumi	10300	5282,051	0,6453	3408,508
Total				3408,508

4.5 Analisa Sensitifitas

Analisa sensitifitas model optimasi

Analisa perubahan parameter dan pengaruhnya terhadap solusi Program Linier disebut *Post Optimality Analysis*. Istilah *post optimality* menunjukkan bahwa analisa ini terjadi setelah diperoleh solusi optimal, dengan mengasumsikan seperangkat nilai parameter yang digunakan dalam model. Atau Analisis Postoptimal (disebut juga analisis pasca optimal atau analisis setelah optimal, atau analisis kepekaan dalam suasana ketidaktahuan) merupakan suatu usaha untuk mempelajari nilai-nilai dari peubah-peubah pengambilan keputusan dalam suatu model matematika jika satu atau beberapa atau semua parameter model tersebut berubah atau menjelaskan pengaruh perubahan data terhadap penyelesaian optimal yang sudah ada.

Analisa yang berkaitan dengan perubahan diskrit parameter untuk melihat berapa besar perubahan dapat ditolerir sebelum solusi optimal mulai kehilangan optimalitasnya, ini dinamakan *Analisa Sensitivitas*. Jika suatu perubahan kecil dalam parameter menyebabkan perubahan drastis dalam solusi, dikatakan bahwa solusi adalah sangat sensitif terhadap nilai parameter itu. Sebaliknya, jika perubahan parameter tidak mempunyai pengaruh besar terhadap solusi dikatakan solusi relatif insensitif terhadap nilai parameter tersebut.

1. Analisa sensitifitas terhadap nilai koefisien

Dalam penelitian ini nilai koefisien berarti adalah nilai biaya/efisiensi untuk setiap sumber daya ke pengguna akhir.

Beberapa nilai koefisien (biaya per efisiensi) mempunyai range tertentu yang jika nilai tersebut diluar range maka akan menyebabkan keoptimalan model ini berubah, seperti terlihat pada tabel dibawah contohnya:

- Besaran biaya per efisiensi untuk panas bumi yang dipergunakan di sektor komersial dalam kisaran (2800-450, 2800) artinya jika biaya per efisiensi nilainya diantara 2350-2800 maka keoptimalan model tidak berubah.

Tabel. 4.6 Analisis Sensitifitas untuk Koefisien

Ranges in which the basis is unchanged:

Variable	Objective Coefficient Ranges		
	Current Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
VOLUME (GEOTHERMAL, RT)	2800	0.0	0.0
VOLUME (GEOTHERMAL, TRA	0.1000000E+24	INFINITY	0.1000000E+24
VOLUME (GEOTHERMAL, KOM	2800	0.0	450
VOLUME (GEOTHERMAL, IND	2800	0.0	0.0
VOLUME (HYDRO, RT)	1200	INFINITY	0.0
VOLUME (HYDRO, TRANS)	0.1000000E+24	INFINITY	0.1000000E+24
VOLUME (HYDRO, KOM)	1200	INFINITY	0.0
VOLUME (HYDRO, IND)	1200	0.0	INFINITY
VOLUME (BIOMASA, RT)	1800	700	INFINITY
VOLUME (BIOMASA, TRANS)	0.1000000E+26	INFINITY	0.1000000E+26
VOLUME (BIOMASA, KOM)	2500	INFINITY	700
VOLUME (BIOMASA, IND)	2500	INFINITY	700
VOLUME (BIOGAS, RT)	1800	0.0	INFINITY
VOLUME (BIOGAS, TRANS)	0.1000000E+36	INFINITY	INFINITY
VOLUME (BIOGAS, KOM)	1800	INFINITY	0.0
VOLUME (BIOGAS, IND)	1800	INFINITY	0.0
VOLUME (BIODIESEL, RT)	3891	1442	1700
VOLUME (BIODIESEL, TRAN	9391	609	INFINITY
VOLUME (BIODIESEL, KOM)	5333	INFINITY	1442
VOLUME (BIODIESEL, IND)	5333	INFINITY	1442
VOLUME (BIOETANOL, RT)	0.1000000E+23	INFINITY	0.1000000E+23
VOLUME (BIOETANOL, TRAN	10000	INFINITY	609
VOLUME (BIOETANOL, KOM)	0.1000000E+14	INFINITY	0.1000000E+14
VOLUME (BIOETANOL, IND)	0.1000000E+14	INFINITY	0.1000000E+14

- Besaran biaya per efisiensi untuk biomasa yang dipergunakan di sektor rumah tangga dalam kisaran (1800, 1800+700) artinya jika biaya per efisiensi nilainya diantara 1800-2500 maka keoptimalan model tidak berubah.

- Besaran biaya per efisiensi untuk biomasa yang dipergunakan di sektor komersial dalam kisaran (2500-700, 2500) artinya jika biaya per efisiensi nilainya diantara 1800-2500 maka keoptimalan model tidak berubah.
- Besaran biaya per efisiensi untuk biomasa yang dipergunakan di sektor industri dalam kisaran (2500-700, 2500) artinya jika biaya per efisiensi nilainya diantara 1800-2500 maka keoptimalan model tidak berubah.
- Besaran biaya per efisiensi untuk biodiesel yang dipergunakan di sektor rumah tangga/biooil dalam kisaran (3891-1700, 3891+1442) artinya jika biaya per efisiensi nilainya diantara 2191 – 5333 maka keoptimalan model tidak berubah.

2. Analisa sensitifitas terhadap nilai batas sisi kanan

Perubahan permintaan dan potensi yang tidak merubah nilai optimal model yang sekarang adalah:

Row	Righthand Side Ranges		
	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
2	0.1017000E+09	3204000.	0.6237700E+08
3	0.1554170E+09	3204000.	0.2785350E+08
4	0.1030000E+08	1549000.	6180000.
5	0.1230280E+09	1549000.	0.6237700E+08
6	0.1675000E+09	0.6237700E+08	1549000.
7	0.6580000E+08	0.6237700E+08	1549000.
8	0.1218000E+08	0.6237700E+08	3204000.
9	5220000.	0.6237700E+08	3204000.
10	0.1013200E+09	0.6237700E+08	3204000.
11	0.6558100E+08	INFINITY	3204000.
12	0.1017000E+09	0.3514700E+09	INFINITY
13	0.1554170E+09	0.2785350E+08	INFINITY
14	0.1030000E+08	0.1545000E+08	INFINITY
15	0.1230280E+09	0.2214510E+09	INFINITY

- Baris ke 2 adalah permintaan sektor rumah tangga, jadi demand/permintaan tidak akan merubah nilai optimal jika dalam range tersebut

- Baris ke 3 adalah permintaan sektor transportasi, jadi demand/permintaan sektor transportasi tidak akan merubah nilai optimal jika dalam range tersebut
- Baris ke 4 adalah permintaan sektor komersial, jadi demand/permintaan sektor komersial tidak akan merubah nilai optimal jika dalam range tersebut
- Baris ke 5 adalah permintaan sektor industri, jadi demand/permintaan sektor industri tidak akan merubah nilai optimal jika dalam range tersebut
- Baris ke 6 adalah potensi panas bumi, jadi potensi panas bumi tidak akan merubah nilai optimal jika dalam range tersebut
- Baris ke 7 adalah potensi hydro, jadi potensi hydro tidak akan merubah nilai optimal jika dalam range tersebut
- Baris ke 8 adalah potensi biomas, jadi potensi biomas tidak akan merubah nilai optimal jika dalam range tersebut
- Baris ke 9 adalah potensi biogas, jadi potensi biogas tidak akan merubah nilai optimal jika dalam range tersebut
- Baris ke 10 adalah potensi biodiesel, jadi potensi biodiesel tidak akan merubah nilai optimal jika dalam range tersebut
- Baris ke 11 adalah potensi bioetanol, jadi potensi bioetanol tidak akan merubah nilai optimal jika dalam range tersebut