

BAB I PENDAHULUAN

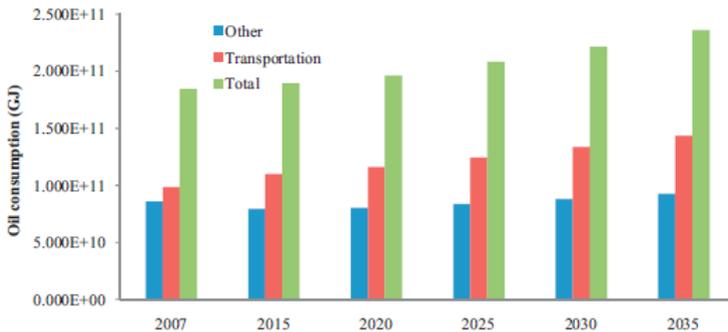
1.1 Kondisi dunia saat ini

Perubahan iklim yang sangat ekstrim saat ini disebabkan oleh akumulasi karbondioksida yang dilepaskan dari hasil pembakaran bahan bakar fosil dan menjadi masalah global yang paling mendesak. Akumulasi karbondioksida adalah salah satu faktor naiknya suhu bumi yang menyebabkan es di kutub utara mencair. Es yang mencair tentunya akan menyebabkan permukaan air laut naik. Kenaikan suhu juga dapat menghambat kehidupan spesies di bumi dan diperkirakan jika suhu global rata-rata meningkat lebih dari 2°C, satu juta spesies bisa punah.

Dari tahun 2007 sampai 2020 sekitar 4,1 miliar metrik ton karbon dioksida dilepaskan ke atmosfer dan 8,6 miliar metrik ton karbon dioksida dilepaskan ke atmosfer dari 2020 sampai 2035. Diperkirakan naik sekitar 43% untuk periode tersebut.

Secara global, sektor transportasi menyumbang sekitar 23% dan 22% dari total emisi CO₂ dunia pada tahun 2007 dan

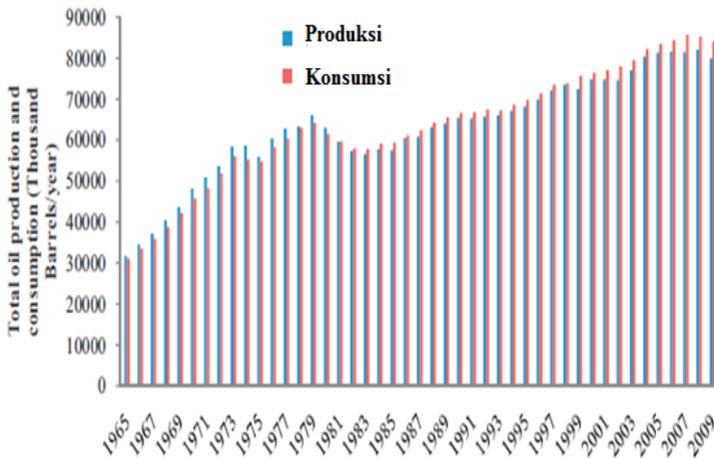
2008. Di sektor ini, transportasi jalan, menyumbang 10% dari emisi gas rumah kaca global. Menurut Perserikatan Bangsa-Bangsa Panel Antar pemerintah tentang perubahan Iklim, transportasi adalah sektor yang menyumbang 23% penyebab terjadinya rumah kaca terkait emisi gas buang pada tahun 2004. Kendaraan penumpang mencapai sekitar 45% dari total gas rumah kaca.



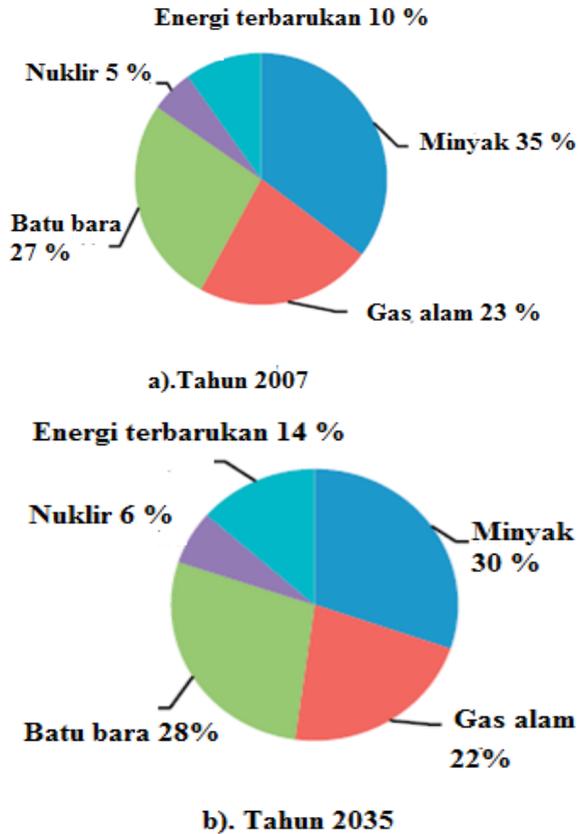
Gambar 1.1. Perkiraan konsumsi bahan bakar minyak total untuk transportasi dan untuk sektor lain dalam satuan Giga Joule (GJ) antara tahun 2007-2035 (Atabani et al, 2012)

Di Eropa, sektor transportasi menyumbang lebih banyak emisi gas rumah kaca. Antara tahun 1990 dan 2001, hampir 30% dari total gas rumah kaca A.S. Gas rumah kaca berasal dari sektor transportasi, menjadikan transportasi sebagai sumber terbesar kedua emisi gas rumah kaca di

United States setelah sektor tenaga listrik (35%). Perkiraan konsumsi bahan bakar sampai dengan tahun 2035 ditampilkan pada Gambar 2.1. Perkiraan gap antara produksi dan konsumsi bahan bakar sampai dengan 2009 ditampilkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Produksi minyak (bahan bakar) total dan konsumsi antara tahun 1965 sampai dengan 2009 (Atabani et al, 2012)



Gambar 1.3. Gambaran perkiraan sumber energi dunia pada tahun 2007 dan tahun 2035 (Atabani et al, 2012)

Gambar 1.3 menampilkan pergeseran sumber energi dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2035. Pada tahun 2035 energi terbarukan akan berkontribusi sebesar 14 %. Untuk

gambaran negara negara yang akan berkontribusi untuk menggeser persentase energi terbarukan, tabel 2.1 menampilkan 10 negara yang dipertimbangkan penghasil biodiesel di dunia dengan urutan seperti ditampilkan pada Tabel 1.1. Negara Malaysia adalah penghasil biodiesel terbesar di dunia. Indonesia adalah negara penghasil terbesar nomer 2.

Tabel 1.1. Sepuluh negara penghasil Biodiesel di dunia (Atabani et al, 2012)

No	Negara	Potensi produksi biodiesel (ML)	Harga per liter (\$/L)
1	Malaysia	14.540	0,53
2	Indonesia	7595	0,49
3	Argentina	5255	0,62
4	USA	3212	0,70
5	Brazilia	2567	0,62
6	Belanda	2496	0,75
7	Jerman	2024	0,79
8	Pilipina	1234	0,53
9	Belgia	1213	0,78
10	Spanyol	1073	1,71

Efek rumah kaca membuat kehidupan di bumi terus berlangsung dengan menjaga bumi tetap hangat (sekitar 30°C). Namun, jumlah gas yang berlebih ini mengganggu

keseimbangan karena terlalu banyak energi yang tertahan, yang menyebabkan suhu rata-rata bumi meningkat dan iklim di beberapa lokasi berubah. Konsekuensi-konsekuensi yang tidak diinginkan ini efek rumah kaca ini disebut sebagai pemanasan global atau perubahan iklim global).

Perubahan iklim global terjadi karena penggunaan yang berlebihan dari bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam di pembangkit tenaga listrik, transportasi, bangunan, dan pabrik, dan telah menjadi perhatian dalam beberapa dekade terakhir. Pada tahun 1995, sebanyak 6,5 miliar ton karbon terlepas ke atmosfer sebagai CO₂. Konsentrasi CO₂ di atmosfer sekarang ini adalah sekitar 360 ppm (atau 0,36%). Konsentrasi ini adalah 20% lebih tinggi dari satu abad yang lalu, dan diperkirakan akan meningkat sampai lebih dari 700 ppm pada tahun 2004). Pada kondisi normal, tumbuh-tumbuhan mengkonsumsi CO₂ dan melepaskan O₂ pada saat proses fotosintesis, dengan demikian konsentrasi CO₂ di atmosfer tetap terjaga pada kondisi aman. Pohon yang tumbuh besar mengkonsumsi CO₂ sekitar 12 kg tiap tahunnya dan mengeluarkan cukup oksigen dan dapat menunjang kebutuhan bernapas untuk empat keluarga. Akan tetapi, penebangan hutan dan meningkatnya

produksi CO₂ dalam beberapa dekade terakhir mengganggu keseimbangan ini.

Dalam laporan tahun 1995, ilmuwan terkemuka di dunia menyimpulkan bahwa suhu di bumi meningkat sekitar 0.5°C selama beberapa abad terakhir, dan mereka memperkirakan bahwa suhu di bumi akan meningkat sekitar 2°C lagi pada tahun 2100. Kenaikan sebesar ini dikhawatirkan dapat menyebabkan perubahan besar pada pola cuaca dengan badai dan hujan lebat serta banjir di beberapa tempat dan kemarau di tempat lain, banjir besar karena akibat mencairnya es di kutub, hilangnya lahan basah dan wilayah pesisir karena meningkatnya permukaan laut, perubahan ekosistem diakibatkan ketidakmampuan beberapa spesies hewan dan tanaman untuk menyesuaikan diri dengan perubahan cuaca, meningkatnya wabah penyakit karena kenaikan suhu, dan efek samping yang merugikan kesehatan manusia dan kondisi sosial ekonomi di beberapa daerah.

Ancaman yang serius ini telah menggerakkan PBB untuk membentuk sebuah komite mengenai perubahan iklim. Pertemuan dunia dilakukan pada tahun 1992 di Rio de Janeiro, Brazil, dan menarik perhatian dunia terhadap masalah tersebut. Perjanjian yang dibuat oleh komite pada

tahun 1992 untuk mengontrol emisi gas rumah kaca itu telah ditandatangani oleh 162 negara. Pada pertemuan tahun 1997 di Kyoto (Jepang), negara-negara industri di dunia mengikuti hasil yang dikeluarkan dan berkomitmen untuk mengurangi emisi CO₂ dan gas rumah kaca sebesar 5% dibawah level tahun 1990, pada tahun 2008 sampai tahun 2012. Hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan upaya konservasi dan meningkatkan efisiensi konversi, saat pertemuan tersebut permintaan atas energi baru dengan menggunakan energi yang diperbarui (seperti tenaga air, tenaga surya, angin, dan energi panas bumi, gelombang air laut) ditingkatkan.

Amerika Serikat merupakan penghasil gas rumah kaca terbesar, yakni lebih dari 5 ton karbon yang dihasilkan tiap orang tiap tahun. Sumber terbesar dari emisi gas rumah kaca adalah transportasi. Tiap liter bensin yang terbakar oleh kendaraan bermotor memproduksi sekitar 2,5 kg CO₂. Rata-rata mobil di Amerika Serikat dikendarai sekitar 20.000 km tiap tahun dan mengkonsumsi sekitar 2300 liter bensin. Oleh karena itu, mobil menghasilkan sekitar 5500 kg CO₂ ke atmosfer tiap tahun, yaitu sekitar empat kali berat mobil khusus. Emisi ini dan lainnya dapat dikurangi secara signifikan dengan cara membeli sebuah mobil hemat energi

yang membakar lebih sedikit bahan bakar dengan jarak yang sama, dan dengan mengemudi secara wajar. Menghemat bahan bakar, sama dengan menghemat uang dan menyelamatkan lingkungan. Contohnya, memilih kendaraan yang mengkonsumsi 8 L/100 km daripada 12 L/100 km akan mencegah 2 ton CO₂ terlepas ke atmosfer setiap tahun dan juga menghemat biaya bahan bakar \$400 per tahun (dengan kondisi mengemudi rata-rata 20.000 km per tahun dan biaya bahan bakar sebesar \$ 0,53/L).



Gambar 1.4. Rata-rata mobil memproduksi CO₂ 2,5 kg CO₂ per liter (Sumber : Yunus A, Michael A. Boles 2004)

Oleh karena itu, penggunaan energi baru ini harus digalakkan di seluruh dunia, jika perlu dengan paksaan, untuk membuat bumi menjadi tempat yang lebih baik untuk

kehidupan. Kemajuan dalam termodinamika telah memberikan kontribusi besar dalam beberapa dekade terakhir untuk meningkatkan efisiensi konversi (dalam beberapa kasus dua kali lipatnya) dan dilakukan untuk mengurangi polusi. Sebagai individu, kita juga dapat membantu dengan menjalankan langkah-langkah konservasi energi dan efisiensi energi dengan menjadikannya prioritas yang tinggi dalam titik penunjang kita.



Gambar 1.5. Renewable energi seperti angin disebut “Green Energy” karena tidak menghasilkan polutan atau gas rumah kaca. (Sumber : Edward E et.al. 1994)

Oxfam International memperkirakan, dana yang dibutuhkan untuk adaptasi perubahan iklim diseluruh dunia mencapai 150 miliar per tahun. Pada pertemuan Para Pihak Kerangka Kerja PBB untuk Konvensi Perubahan Iklim di Bali pada tahun 2007 menyepakati pembentukan Badan Dana Adaptasi Perubahan Iklim. Para pihak mengalokasikan 2 persen dana Mekanisme Pembangunan Bersih untuk membiayai adaptasi perubahan iklim. Dana Adaptasi Perubahan Iklim baru mencapai 192,51 juta dollar AS.

1.2. Permasalahan energi saat ini di Indonesia.

Indonesia pernah menjadi negara pengekspor minyak pada periode pemerintahan presiden Soeharto. Pada zaman Soeharto Indonesia masuk dalam jajaran produsen minyak terbesar di dunia dengan produksi minyak bumi Indonesia pernah mencapai 1,65 juta barrel per hari pada 1977. Kini Indonesia mengimpor minyak sebesar 393 ribu barel per hari sampai dengan Agustus 2018. (<https://www.cnbcindonesia.com/news/20180926190509-4-34909/impor-bbm-ri-terus-naik-tiap-tahun-ini-rinciannya>). Permasalahan energi di Indonesia terus bertambah sehingga perlu untuk memikirkan menggunakan energi baru

terbarukan. Tetapi energi baru terbarukan juga masih menghadapi kendala dan belum ekonomis. Dapat diringkas permasalahan energi di Indonesia saat ini adalah, 1). Sumber daya energi masih menjadi sumber devisa negara, 2) Gap antara konsumsi dan produksi bahan bakar minyak, 3). Akses dan infrastruktur energi menjadi hambatan karena kondisi geografis, keterbatasan dan kekurangan infrastruktur. 4). Gap produksi dan konsumsi menyebabkan kebutuhan impor semakin meningkat dan yang terakhir harga Energi baru terbarukan masih mahal, adanya subsidi BBM dan listrik dan subsidi EBT belum optimal. Untuk mengatasi permasalahan diatas harus dilakukan kebijakan energi. Pada saat ini kebijakan energi telah disosialisasikan diantaranya:

Konservasi Energi

Mendorong pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang benar-benar diperlukan. Konservasi di sisi pembangkit, yang didahului oleh audit energi, mengurangi pemakaian listrik yang bersifat konsumtif, mengganti peralatan yang tidak efisien.

Diversifikasi Energi

Diversifikasi BBM fosil dengan cara blending biodiesel dengan solar telah dilakukan sampai dengan komposisi 20 % biodiesel dan 80% solar. Pemerintah akan menambahkan kandungan minyak sawit lebih banyak dari bahan bakar bio solar yang sebelumnya sebanyak 30 persen. Pemakaian biodiesel sebagai campuran solar dapat meningkatkan konsumsi minyak sawit dalam negeri dan dapat memberikan lapangan pekerjaan bagi jutaan tenaga kerja Indonesia. Selain biodiesel juga pemerintah sedang menggalakkan produksi bioetanol dan biogasoline. Bahan bakar terbarukan dalam siklus produksi sampai dengan paska pakai tidak akan menambah akumulasi CO₂ sehingga negara-negara maju seperti Jerman dan USA terus mengembangkan energi baru terbarukan walaupun persediaan bahan bakar fosil masih mencukupi.

Substitusi bahan bakar fosil dengan energi terbarukan telah dilakukan Uni Eropa sebagai langkah awal mengurangi emisi gas rumah kaca. Uni Eropa telah membuat sendiri target energi terbarukan mereka, dimulai dari 10% oleh negara Malta sampai ke 49% oleh Swedia. Pada tanggal 17 Januari 2018, Parlemen Eropa melakukan pemungutan

suara tentang perubahan Arahan Energi Terbarukan (Renewable Energy Directive atau RED). Pemungutan suara oleh Parlemen Eropa tidak berarti bahwa Uni Eropa telah mengadopsi sebuah keputusan yang bersifat final. Pemungutan suara merupakan salah satu langkah dalam prosedur legislatif yang kompleks. Parlemen Eropa telah menentukan bahwa minyak sawit berdampak besar terhadap emisi rumah kaca. Akan tetap diupayakan untuk mencapai kesepakatan yang bersifat non-diskriminatif terhadap berbagai jenis BBN, sebagaimana yang diusulkan oleh Komisi Eropa dan didukung oleh Dewan Menteri Uni Eropa. Pemungutan suara di Parlemen Eropa tidak merupakan sikap Uni Eropa yang final. Pasar Uni Eropa tetap terbuka terhadap minyak sawit sebagaimana terbukti dari peningkatan perdagangan bilateral kita sebesar lebih dari 30% pada tahun 2017. Apabila UE tidak melakukan perubahan dan menambah produksi energi alternatif – termasuk biofuel, salah satu pilihan yang sudah lama diabaikan UE – sekitar 95% minyak yang dikonsumsi pada tahun 2030 akan diperoleh dari sumber-sumber asing, menurut Badan Energi Internasional (IEA).

(https://id.wikipedia.org/wiki/Energi_terbarukan_di_Uni_Eropa).

Intensifikasi Energi

Upaya untuk mencari sumber energi baru terbarukan seperti energi angin, energi sinar matahari, energi biomasa (biogas) dan energi mikrohidro terus dilakukan diantaranya Pusat listrik tenaga sinar matahari (PLTS) di Bangli. Biogas dari kotoran dan limbah biomasa sudah menunjukkan perkembangan yang pesat tetapi masih kalah oleh kemajuan biogas di negara lain seperti India yang telah memanfaatkan limbah menjadi biogas dengan kapasitas besar. Sembilan unit pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yang difasilitasi Kementerian Koperasi dan UKM di berbagai daerah perdesaan, terbukti mampu meningkatkan perekonomian masyarakat setempat melalui pengelolaan usaha kelistrikan.



Gambar 1.6.Reaktor biogas dari kotoran manusia di India (<https://www.merdeka.com/uang/5-desa-di-indonesia-ini-bukti-nyata-transisi-energi-biogas.html>)



Gambar 1.7. Photovoltaic (sel surya) di bangli Sumber : (<https://alamendah.org/2014/11/15/energi-surya-matahari-di-indonesia/plts-bangli/>)



Gambar 1.8. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (<http://keuanganlsm.com/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro-tingkatkan-ekonomi-masyarakat/>)



Gambar 1.9. Kincir angin (<https://tekno.tempo.co/read/711460/desa-terpencil-ini-pakai-turbin-angin-untuk-suplai-listrik/full&view=ok#&gid=1&pid=1>)

Pencarian sumber energi baru agar dapat meningkatkan cadangan energi guna dimanfaatkan menghasilkan tenaga listrik. Pembangunan Pusat Listrik Tenaga Angin dengan lokasi tersebar (2 unit diharapkan selesai 2006, dan 10 unit selesai setelah 2006).

Pembangkit listrik tenaga bayu telah dibangun di SIDRAP SULSEL dengan kapasitas 75 MW. Pembangkit listrik tenaga angin mengubah kecepatan angin menjadi energi listrik menggunakan alat turbin angin atau kincir angin.

1.3. Prospek Biodiesel dan Bioetanol

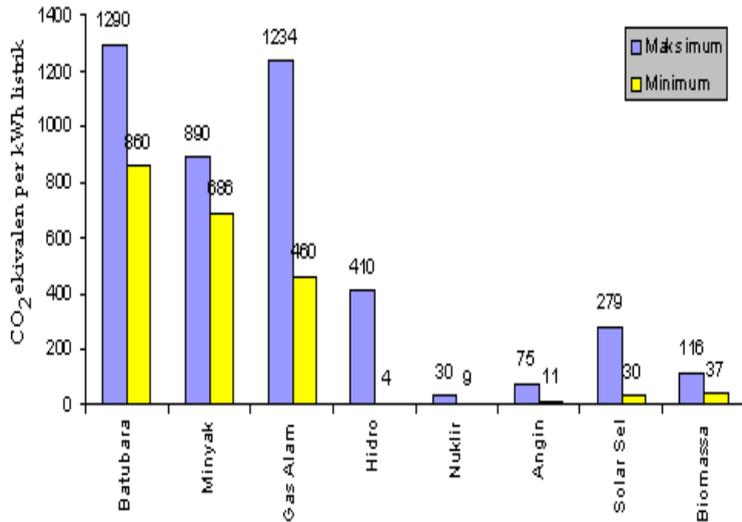
Pemerintah mempercepat pemanfaatan biodiesel dengan meningkatkan target mandatori pemanfaatan biodiesel di seluruh sektor transportasi, industri komersial, dan pembangkit listrik melalui perubahan terhadap Peraturan Menteri ESDM 32/2008. Dengan Peraturan Menteri ESDM 25/2013 dengan target mandatori yang lebih tinggi. Pada tahun 2015 target biosolar pada transportasi PSO dari 5% menjadi 10%, Industri dari 10% menjadi 20% dan listrik dari 15% menjadi 30%. Pada tahun 2014 ditargetkan substitusi mencapai 4 juta kl, sehingga dalam satu tahun ke depan diharapkan

terjadi penurunan impor BBM jenis solar dengan penghematan devisa sebesar 3.1 juta dolar. Hal ini akan mengurangi akumulasi CO₂ di atmosfer mengingat bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam adalah sumber akumulasi CO₂ seperti dapat dilihat pada gambar

Berdasarkan data PLN pada tahun 2012 diperkirakan produksi energi listrik di Indonesia mencapai 192,590 GWh, berarti 172,360 GWh listrik yang diproduksi menggunakan energi fosil. Jumlah ini mengakibatkan terjadi pelepasan 168 juta ton CO₂, 159,6 ribu ton SO₂ serta 120,7 ribu ton NO_x

Kondisi ini menunjukkan bahwa ketergantungan pembangkit listrik di Indonesia terhadap energi fosil cukup besar dan hal ini telah memicu krisis ekonomi di Indonesia sekaligus menyebabkan krisis ekologi. Krisis ekologi dimungkinkan karena setiap penggunaan BBM akan menghasilkan emisi gas buang yang cukup signifikan.

Dengan demikian salah satu solusi untuk mengurangi penyebab krisis lingkungan hidup global adalah pembenahan di sektor kelistrikan melalui upaya pemanfaatan sumber energi



Gambar 1.10. Karbon dioksida yang dihasilkan untuk setiap KWh energi listrik yang dihasilkan

listrik yang ramah lingkungan dan juga secara ekonomis memberikan keuntungan sehingga mudah dijangkau oleh kalangan ekonomi yang paling bawah..

1.4. Jenis jenis Energi baru terbarukan

Jenis sumber energi terbarukan (*renewable energy*) di Indonesia dan di dunia

meliputi:(<https://alamendah.org/2014/09/09/8-sumber-energi-terbarukan-di-indonesia/2/>)

1. Biofuel

Biofuel atau bahan bakar hayati adalah sumber energi terbarukan berupa bahan bakar (baik padat, cair, dan gas) yang dihasilkan dari bahan-bahan organik. Sumber biofuel adalah tanaman yang memiliki kandungan gula tinggi (seperti sorgum dan tebu) dan tanaman yang memiliki kandungan minyak nabati tinggi (seperti jarak, ganggang, dan kelapa sawit).

2. Biomassa

Biomassa adalah jenis energi terbarukan yang mengacu pada bahan biologis yang berasal dari organisme yang hidup atau belum lama mati. Sumber biomassa antara lain bahan bakar kayu, limbah dan alkohol. Pembangkit listrik biomassa di Indonesia seperti PLTBM Pulubala di Gorontalo yang memanfaatkan tongkol jagung.

3. Panas Bumi

Energi panas bumi atau geothermal adalah sumber energi terbarukan berupa energi thermal (panas) yang dihasilkan dan disimpan di dalam bumi. Energi panas bumi diyakini cukup ekonomis, berlimpah, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

Namun pemanfaatannya masih terkendala pada teknologi eksploitasi yang hanya dapat menjangkau di sekitar lempeng tektonik. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang dimiliki Indonesia antara lain: PLTP Sibayak di Sumatera Utara, PLTP Salak (Jawa Barat), PLTP Dieng (Jawa Tengah), dan PLTP Lahendong (Sulawesi Utara).

4. Air

Energi air adalah salah satu alternatif bahan bakar fosil yang paling umum. Sumber energi ini didapatkan dengan memanfaatkan energi potensial dan energi kinetik yang dimiliki air. Saat ini, sekitar 20% konsumsi listrik dunia dipenuhi dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Di Indonesia saja terdapat puluhan PLTA, seperti : PLTA Singkarak (Sumatera Barat), PLTA Gajah Mungkur (Jawa Tengah), PLTA Karangates (Jawa Timur), PLTA Riam Kanan (Kalimantan Selatan), dan PLTA Larona (Sulawesi Selatan).

5. Angin

Energi angin atau bayu adalah sumber energi terbarukan yang dihasilkan oleh angin. Kincir angin digunakan untuk menangkap energi angin dan diubah menjadi energi kinetik atau listrik. Pemanfaat energi angin menjadi listrik di

Indonesia telah dilakukan seperti pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTBayu) Samas di Bantul, Yogyakarta.

6. Matahari

Energi matahari atau surya adalah energi terbarukan yang bersumber dari radiasi sinar dan panas yang dipancarkan matahari. Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang terdapat di Indonesia antara lain : PLTS Karangasem (Bali), PLTS Raijua, PLTS Nule, dan PLTS Solor Barat (NTT).

7. Gelombang Laut

Energi gelombang laut atau ombak adalah energi terbarukan yang bersumber dari dari tekanan naik turunnya gelombang air laut. Indonesia sebagai negara maritim yang terletak diantara dua samudera berpotensi tinggi memanfaatkan sumber energi dari gelombang laut. Sayangnya sumber energi alternatif ini masih dalam taraf pengembangan di Indonesia.

8. Pasang Surut

Energi pasang surut air laut adalah energi terbarukan yang bersumber dari proses pasang surut air laut. Terdapat dua jenis sumber energi pasang surut air laut, pertama adalah perbedaan tinggi rendah air laut saat pasang dan surut. Yang kedua adalah arus pasang surut terutama pada selat-selat yang kecil. Layaknya energi gelombang laut, Indonesia memiliki

potensi yang tinggi dalam pemanfaatan energi pasang surut air laut. Sayangnya, sumber energi ini belum dimanfaatkan.

Sumber energi terbarukan ternyata belum dimanfaatkan secara optimal di Indonesia. Sebanyak 90% energi di Indonesia masih menggunakan energi berbahan fosil (batubara, minyak bumi, dan gas alam) dan sisanya, kurang dari 10%, yang memanfaatkan sumber energi terbarukan. Sebuah ironi mengingat Indonesia mempunyai potensi yang tinggi akan sumber energi terbarukan.

Dari berbagai sumber energi terbarukan yang tersedia, baru energi air yang banyak dimanfaatkan. Jumlah pembangkit listrik bersumber dari energi panas bumi, angin, dan matahari pun masih bisa dihitungkan dengan jari, dengan kapasitas energi yang sangat kecil. Apalagi sumber energi yang berasal dari laut, meski pun potensinya sangat besar, nyatanya belum satupun yang berhasil dikembangkan. <https://alamendah.org/2014/09/09/8-sumber-energi-terbarukan-di-indonesia/2/>

Daftar Pustaka

Atabani, A. E, Aldara da Silva César. 2014. Calophyllum inophyllum L. – A prospective non-edible biodiesel feedstock. Study of biodiesel production, properties, fatty acid composition, blending and engine performance. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 37, pp. 644-655.

Fumi Harahap, Semida Silveira, Dilip Khatiwada, Cost competitiveness of palm oil biodiesel production in Indonesia, Energy (2018), doi: 10.1016/j.energy.2018.12.115

<https://alamendah.org/2014/09/09/8-sumber-energi-terbarukan-di-indonesia/2/>

<https://alamendah.org/2014/09/09/8-sumber-energi-terbarukan-di-indonesia/2/>

<http://keuanganism.com/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro-tingkatkan-ekonomi-masyarakat/>

<http://lugiromadoni.blogspot.com>

<https://alamendah.org/2014/11/15/energi-surya-matahari-di-indonesia/plts-bangli/>

<https://www.merdeka.com/uang/5-desa-di-indonesia-ini-bukti-nyata-transisi-energi-biogas.html>

https://id.wikipedia.org/wiki/Energi_terbarukan_di_Uni_Eropa.

<https://www.cnbcindonesia.com/news/20180926190509-4-34909/impor-bbm-ri-terus-naik-tiap-tahun-ini-rinciannya>.

BAB II

BIOFUEL

Perkembangan produksi biofuel dapat dilihat dari bahan baku dan biofuel yang dihasilkan dari bahan baku yang digunakan. Arah perkembangan produksi biofuel menuju ke suatu proses yang dapat menghasilkan bahan bakar pengganti bahan baku fosil tetapi tidak mengganggu ketersediaan bahan pangan atau pakan. Mula mula biofuel dibuat dari jagung, umbi-umbian dan minyak nabati (edibel), hal ini tentu saja akan mengurangi ketersediaan pangan. Mikro dan makro alga merupakan bahan baku alternatif untuk menggantikan bahan pangan yang akan dijadikan sebagai bahan untuk membuat biofuel.

2.1. Perkembangan biofuel

Biofuel di Indonesia berkembang dengan pesat terutama biodiesel. Hal ini didukung oleh produk pertanian kelapa sawit yang berlimpah sehingga memungkinkan untuk memproduksi biodiesel dari bahan baku minyak sawit. Selain biodiesel, bioetanol juga mempunyai potensi untuk berkembang menggunakan bahan baku biomasa seperti jagung, tebu dan ubi kayu. Biodiesel akan dibahas dengan

lebih detail mengingat teknologi biodiesel telah matang dan biodiesel sudah masuk ke pasar komersial.

2.1.1 Biodiesel

Gagasan awal dari perkembangan biodiesel adalah dari suatu kenyataan yang terjadi di Amerika pada pertengahan tahun 80-an ketika petani kedelai kebingungan memasarkan kelebihan produk kedelainya serta anjloknya harga di pasar. Dengan bantuan pengetahuan yang berkembang saat itu serta dukungan pemerintah setempat, mereka/petani mampu membuat bahan bakar sendiri dari kandungan minyak kedelai menjadi bahan bakar diesel yang lebih dikenal dengan biodiesel. Produk biodiesel dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk alat-alat pertanian dan transportasi mereka.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, para ahli telah menyimpulkan bahwa bahan bakar biodiesel memiliki sifat fisika dan kimia yang hampir sama dengan bahan bakar diesel konvensional dan juga memiliki nilai energi yang hampir setara tanpa melakukan modifikasi pada mesin diesel. Penggunaan biodiesel di Eropa dilakukan dengan mencampur bahan bakar biodiesel dengan diesel konvensional dengan perbandingan tertentu yang lebih dikarenakan menjaga faktor teknis pada mesin terhadap produk baru serta menjaga

kualitas bilangan setana biodiesel yang harus sama atau lebih besar 40.

Keunggulan lain dari bahan bakar ini adalah dalam melakukan kendali kontrol polusi, dimana biodiesel lebih mudah dari pada bahan bakar diesel fosil karena tidak mengandung sulfur bebas dan memiliki gas buangan dengan kadar pengotor yang rendah dan dapat didegradasi. Di sisi lain, secara ekonomi menguntungkan bagi negara barat dan Eropa karena sumbernya tidak perlu di impor seperti bahan bakar konvensional. Sumber minyak nabati lainnya yang diolah menjadi biodiesel yaitu dari rapeseed (canola), bunga matahari dan safflower. Sementara itu beberapa negara sudah memproduksi biodiesel secara pabrik, seperti ditulis pada *Pollution Control Drives New Interest In Biodiesel*, Livorno Italia telah dibangun pabrik dengan kapasitas 60.000 metrik ton per tahun akhir tahun 1992 dan di Kansas city pabrik ester oil (biodiesel) memproduksi 2,1 juta galon per tahun dan juga dibangun di St.Louis. Kementrian Jerman awal tahun 1992 mengeluarkan dana sebesar 5,3 juta DM untuk peneliti rapeseed biodiesel di Bonn dan menyimpulkan bahwa rapeseed biodiesel dapat melayani pasokkan cadangan bahan bakar diesel.

Biodiesel selama ini diproduksi melalui reaksi esterifikasi dan atau transesterifikasi dari minyak atau lemak dan metanol. Bahan baku biodiesel untuk skala industri menggunakan minyak sawit dalam jangka waktu yang lama tidak bisa berlanjut karena akan terjadi instabilitas ketersediaan pangan. Permasalahan yang kedua adalah reaksi pembuatan biodiesel menggunakan katalis asam pada esterifikasi dan katalis basa pada reaksi transesterifikasi. Asam yang digunakan adalah asam anorganik atau basa anorganik menimbulkan permasalahan ketika proses pemisahan. Katalis asam menggunakan asam anorganik (katalis homogen) seperti HCl, H₂SO₄, H₃PO₄ adalah katalis homogen. Kesulitan menggunakan katalis homogen adalah pada tahap pemisahan katalis dari campuran hasil reaksi. Selain itu katalis homogen hanya sekali pakai atau tidak bisa digunakan lagi setelah reaksi selesai. Tentu saja hal ini akan menimbulkan permasalahan pada lingkungan.

Untuk mengatasi permasalahan ini, dalam penelitian dilakukan proses pembuatan biodiesel menggunakan bahan baku non pangan yaitu minyak Jarak Kepyar dan menggunakan katalis heterogen yaitu CaO dan MgO pada proses transesterifikasi. Katalis kalsium oksida (CaO) dan

magnesium oksida (MgO) adalah logam oksida yang aktif dan aktivitas katalis masih bisa dipertahankan untuk beberapa kali reaksi. Disamping itu karena berbentuk padatan, maka mudah untuk dipisahkan dari hasil reaksi menggunakan dekanter.

Permasalahan yang ketiga, minyak jarak kepyar memiliki kandungan asam lemak bebas cukup tinggi >2%. Asam lemak bebas yang cukup tinggi harus dipisahkan dari minyak sebelum proses pembuatan biodiesel. Dalam penelitian pemisahan asam lemak bebas tidak dilakukan tetapi langsung mereaksikan asam lemak bebas dengan metanol melalui reaksi esterifikasi menggunakan katalis asam. Hasil reaksi esterifikasi asam lemak bebas dan metanol adalah biodiesel.

Permasalahan yang perlu dipertimbangkan oleh kebijakan yang mendukung biodiesel adalah:

- (a) Dampak pada perubahan harga pangan;
- (b) Biaya yang dibutuhkan untuk meningkatkan penggunaan bahan bakar nabati;
- (c) Besarnya kontribusi biodiesel untuk membatasi emisi CO₂;
- (d) Dampak potensial terhadap lingkungan lokal dan praktik pertanian untuk meningkatkan produksi bahan bakar nabati.

(e) Potensi kontribusi peningkatan produksi bahan bakar nabati untuk mengurangi kerentanan ekonomi terhadap guncangan harga minyak, serta memperbaiki mata pencaharian pedesaan.

Analisis tersebut mengindikasikan bahwa perluasan biodiesel selama dekade berikutnya untuk memenuhi berbagai target nasional akan memiliki dampak ekonomi yang berbeda secara signifikan di seluruh negara. Negara-negara pengekspor biodiesel utama, seperti Brazil, Argentina dan Indonesia, akan mendapat keuntungan seiring dengan meningkatnya permintaan global sehingga meningkatkan ekspor biodiesel dan bahan baku mereka. Tapi negara lain, yang memiliki target ambisius untuk biodiesel namun kapasitas produksi dalam negeri terbatas, akhirnya bisa mengalokasikan sejumlah besar produksi tanaman pangan domestik ke biodiesel, sambil meningkatkan kuantitas dan biaya impor pertanian mereka. Pada tingkat agregat global, perluasan biodiesel hanya menyebabkan penurunan kecil dalam PDB - 0,02% pada tahun 2020.

Perluasan biodiesel akan mendorong harga untuk banyak makanan pokok; Harga jagung dan biji-bijian utama lainnya bisa naik sebanyak 3 persen dan harga gula sebesar 8

persen. Meskipun dampak agregat biofuel pada persediaan pangan ternyata kecil, penurunan pasokan bersamaan dengan kenaikan harga pokok pokok dapat sangat memberatkan bagi rumah tangga perkotaan yang miskin, terutama di Asia Selatan dan sub-Sahara Afrika. Realokasi lahan yang signifikan akan diinduksi karena tanah yang dikhususkan untuk tanaman bahan baku (seperti tanaman gula, jagung, gandum, minyak sayur) meningkat dengan mengorbankan lahan yang digunakan untuk produksi non-bahan baku.

Produksi biodiesel global meningkat hampir 150 persen antara tahun 2004 dan 2010, dari 42 miliar liter menjadi 104 miliar liter. Namun demikian, biodiesel adalah bagian kecil dari total penggunaan bahan bakar, sekitar 3 persen dari total bahan bakar cair untuk transportasi jalan global. Jika target dan mandat nasional yang ditetapkan terpenuhi, saham tersebut akan melebihi 8 persen pada tahun 2020. Meskipun perluasan biodiesel yang diperkirakan terjadi dalam 10 tahun ke depan akan berdampak kecil pada pasar minyak global, kenaikan yang lebih besar dari waktu ke waktu dalam harga minyak dunia akan mendorong lebih besar Substitusi biodiesel untuk bahan bakar berbasis minyak bumi.

Mungkin ada manfaat ekonomi lainnya dari peningkatan produksi biodiesel, selain yang dinikmati oleh eksportir utama. Mungkin ada insentif untuk memanfaatkan lahan ide dengan lebih baik, misalnya di sejumlah negara di Afrika Sub-Sahara. Perluasan biodiesel akan menciptakan lapangan kerja bagi pekerja pedesaan dan pekerja yang tidak terampil dalam angkatan kerja. Rumah tangga pedesaan juga bisa mendapatkan keuntungan dari harga komoditas pertanian yang lebih tinggi. Akhirnya, sementara biodiesel akan memakan biaya lebih banyak daripada alternatif bahan bakar fosil, mereka dapat mengurangi eksposur makro-ekonomi terhadap ketidakstabilan pembayaran untuk produk minyak bumi yang diimpor di negara-negara yang dapat memperluas produksi bahan bakar nabati dalam negeri. Namun, peningkatan penggunaan bahan bakar nabati dalam negeri hanya memiliki efek terbatas pada harga domestik bahan bakar cair, karena harga minyak ditetapkan di pasar global dan harga biofuel akan meningkat sampai permintaan tersebut dapat bergerak relatif cepat dari Bahan bakar minyak bumi untuk biodiesel. Kemungkinan penggantian itu pada gilirannya akan bergantung pada stok kendaraan, dan

kapasitas sistem distribusi bahan bakar dalam negeri untuk menghasilkan biodiesel tambahan.

Perluasan biodiesel juga berpotensi meningkatkan deforestasi jika permintaan lahan meningkat untuk tumbuh bahan baku biodiesel dipasok oleh serangan ke lahan hutan yang ada. Jika terjadi penggundulan hutan yang signifikan, perluasan biodiesel akan menyebabkan peningkatan bersih emisi gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer untuk jangka waktu tertentu yang dapat memperpanjang beberapa dekade. Ini akan dihasilkan dari pelepasan karbon yang tersimpan baik dalam biomassa hutan dan tanah. Namun, efek buruk pada keseimbangan karbon global ini sebagian besar dihindari jika produsen terutama mengubah lahan padang rumput yang ada untuk meningkatkan produksi bahan bakar nabati, sambil mengintensifkan penggunaan lahan padang rumput yang tersisa (peningkatan ternak per unit area). Biodiesel generasi kedua berasal dari biomassa yang tidak digunakan untuk makanan (seperti residu pertanian, atau tanaman non-tanaman seperti rumput sakal). Bahan baku ini diharapkan tidak memberi tekanan pada pasokan pangan global karena bahan baku mereka tidak secara langsung bersaing dengan pasokan makanan. Selain itu, mereka

kemungkinan akan membutuhkan lahan yang lebih rendah karena hasil biodiesel yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan baku generasi pertama, dan dapat ditanam di lahan dengan kualitas lebih rendah. Namun, saat ini informasi tentang ekonomi biodiesel generasi kedua menunjukkan bahwa produksi komersial skala besar tidak akan berjalan secara ekonomi sampai kemajuan teknologi yang signifikan terjadi. Kemajuan ini cenderung memerlukan beberapa tahun inovasi lebih lanjut. Dengan demikian, biodiesel generasi kedua tidak mungkin memainkan peran penting dalam keseluruhan pasokan bahan bakar dalam waktu dekat dan menengah, kecuali jika ada kebijakan pendukung yang berpotensi mahal yang spesifik untuk teknologi ini diterapkan.

Biofuel generasi pertama adalah biofuel yang dibuat dari gula, pati, minyak sayur, atau lemak hewani menggunakan teknologi konvensional.

Biofuel generasi kedua diproduksi di proses yang bisa menggunakan berbagai non makanan tanaman. Ini termasuk limbah biomassa, tangkainya Gandum, jagung, kayu, dan energi khusus atau biomassa tanaman. Biofuel generasi ketiga adalah tanaman pangan yang memerlukan penelitian dan

pengembangan lebih lanjut. Untuk menjadi layak secara komersial, seperti rumput abadi, pohon dan ganggang yang tumbuh cepat.

2.2. Bahan baku biofuel generasi pertama

Bahan bahan yang mengandung gula atau bahan yang memiliki kandungan komponen gula sederhana tinggi. Gula sederhana adalah bahan baku yang paling mudah dikonversi menjadi bioetanol dan bahan tersebut adalah tebu, bit gula, sorgum manis. Dari buah buahan (misalnya anggur, apel, nanas, pir, jeruk, dan lain lain). Bahan lain yang mempunyai potensi sebagai penghasil gula adalah selulosa merupakan polimer polisakarida yang terdiri dari monomer glukosa. Sebelum proses pembentukan etanol, selulosa harus di hidrolisis untuk menghasilkan gula sederhana. Setelah hidrolisis untuk mengubah gula sederhana menjadi bahan bakar etanol, melalui tahapan, fermentasi untuk menghasilkan etanol.

2.3. Biofuel generasi kedua, dari rumput dan limbah

Bioenergi dari bahan nonpangan, menghasilkan pengganti bensin generasi kedua. Berbeda dengan bioetanol generasi pertama yang dihasilkan dari pati, misalnya dari

tanaman singkong, tebu, atau jagung, yang teknologi prosesnya mudah. Bioetanol generasi kedua berasal dari biomassa limbah pertanian atau kehutanan.

Biomassa bahan selulosa atau lignoselulosa memerlukan teknologi yang prosesnya sangat sulit karena perlu perlakuan awal atau *pretreatment*. Teknologi pengembangan bioetanol yang menjadi campuran bahan bakar premium generasi kedua untuk saat ini masih banyak kendala dan masih terbilang mahal

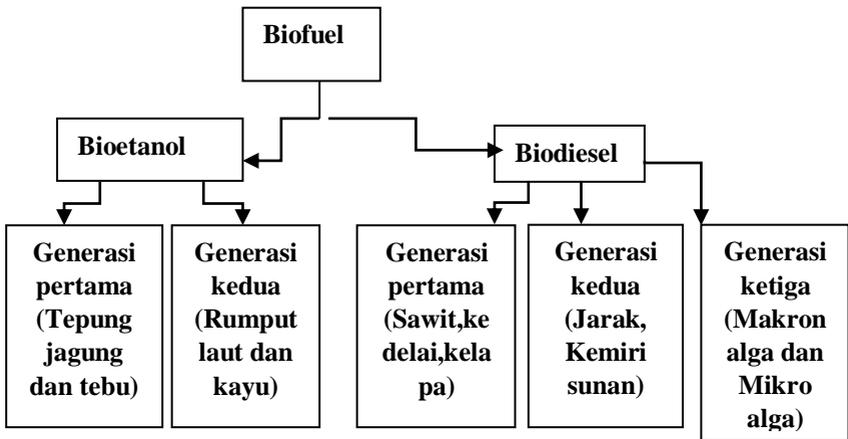
(<https://m.tempo.co/read/news/2011/08/25/095353580/biofuel-generasi-kedua-dari-rumput-dan-limbah>).

Lignoselulosa, yang berasal dari limbah berbagai tanaman pangan, berupa kayu, jerami, dan rumput, dianggap sebagai alternatif bahan baku bioenergi yang paling potensial. Limbah rumput dan jerami kering serta kayu umumnya mengandung biomassa lignoselulosa, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Pada tumbuhan, kandungan lignoselulosa mencapai 90 persen total biomassa.



Gambar 2.1 Jerami, sisa gergajian kayu, adalah bahan baku biofuel generasi ke dua (<https://berandainovasi.com/biofuel-generasi-kedua-solusi-dilema-pangan-dan-energi/>).

Bahan bakar berbasis biofuel generasi kedua sangat potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat negara ini menjadi salah satu penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Tidak hanya kelapa sawit, biomassa lignoselulosa lainnya juga bisa diperoleh dari tanaman-tanaman yang banyak tumbuh di Indonesia. (<https://berandainovasi.com/biofuel-generasi-kedua-solusi-dilema-pangan-dan-energi/>). Biofuel generasi kedua dapat dilihat pada Gambar 2.2.

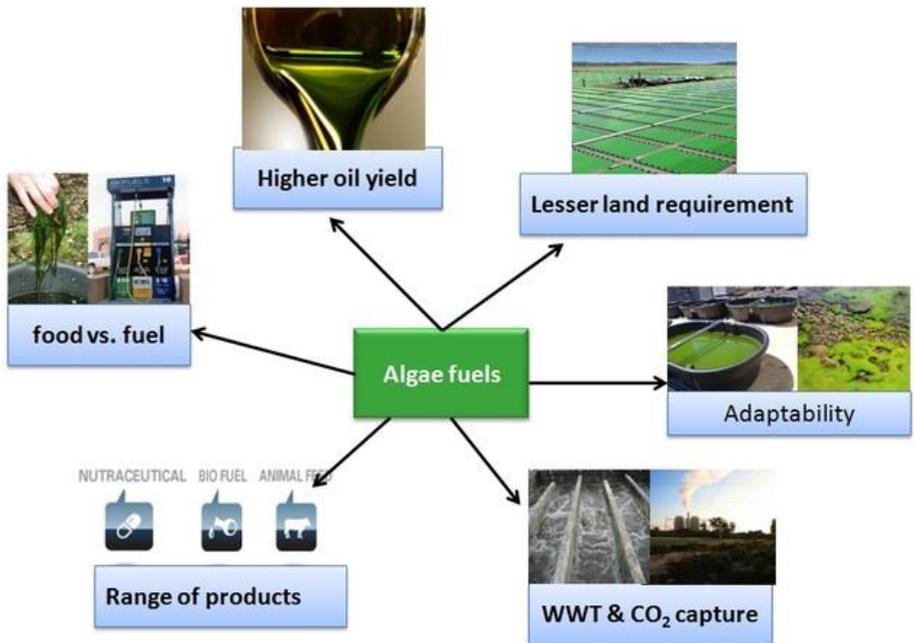


2.2. Bahan baku biofuel dari generasi 1 sampai dengan generasi 3.

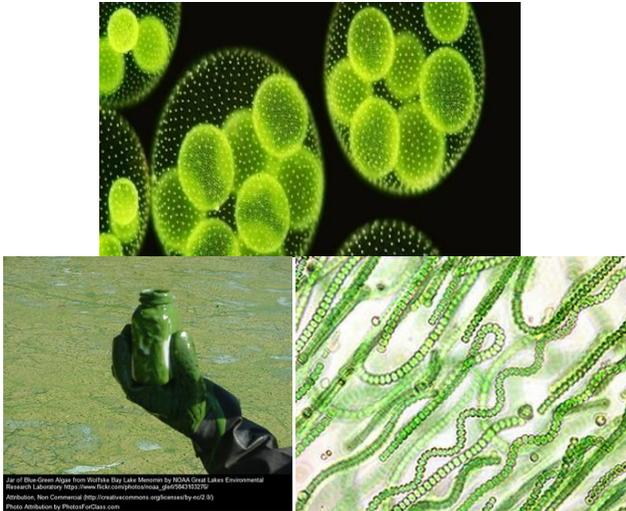
2.4. Biofuel generasi ke tiga dari algae

Bahan baku biofuel generasi ketiga dirancang menggunakan algae baik mikro dan makro algae. Alga mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan tanaman darat diantaranya adalah: alga sangat cepat tumbuh, hidup di perairan bebas tidak mengurangi lahan pangan, banyak yang tumbuh liar (non budi daya) sehingga tidak memerlukan biaya perawatan dan biaya budidaya. Ada sebagian alga yang mempunyai kandungan minyak cukup tinggi terutama mikro algae. Kelebihan lainnya algae dapat menghasilkan berbagai jenis bahan bakar : etanol, bahan

bakar jet, gasoline, (bensin), butanol dan biodiesel. (<http://resources.opencleantech.com/our-blog/biofuels-1st-2nd-and-3rd-gener>). Gambar 2.2 Menunjukkan kelebihan biofuel generasi ke tiga.



Gambar 2.2. Kelebihan biofuel generasi ke tiga. (<http://teambiofuels.weebly.com/generation-iii-biofuel.html>)

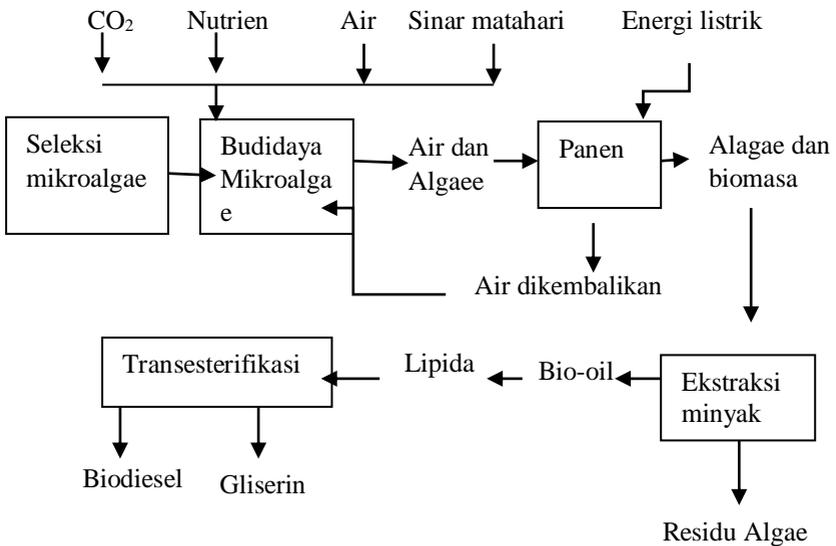


Gambar 2.3. Bahan baku biofuel generasi ke tiga.
<http://teambiofuels.weebly.com/generation-iii-biofuel.html>

2.5. Biodiesel dari mikro algae

Beberapa spesies mikroalgae *Botryococcus braunii* atau *Schizochytrium sp*, mengandung minyak sampai dengan 80% basis kering lipida. Kelebihan mikro algae sebagai bahan baku karena waktu penggandaan sel yang sangat cepat, dalam 24 jam dapat berkembang menjadi 2-3 kali. Disamping sebagai bahan baku biofuel, mikro alga dapat digunakan sebagai bahan baku kosmetik, nutrisi dan pakan.

(http://cdn.intechopen.com/pdfs/33981/intechproduction_of_biodiesel_from_microalgae.pdf).



Gambar 2.4. Diagram alir proses pembuatan biodiesel dari mikroalga. (https://www.researchgate.net/figure/289569749_fig2_Fig-3-Flow-chart-of-biodiesel-production-from-microalgae-37)

2.6. Prospek produksi biodiesel dari mikroalga

Mikroalga merupakan mikroorganisme ber sel tunggal mempunyai pigmen berwarna sehingga dapat menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi. Memanfaatkan sumber

karbon anorganik sebagai sumber karbon untuk metabolisme sel. Hasil metabolisme sel adalah lipida, karbohidrat dan protein. (<https://www.certh.gr/dat/0D92D187/file.pdf>). Untuk berkembang biak mikroalga memerlukan nutrien, karbon dioksida, air dan sinar matahari. Sel mikroalga melakukan metabolisme dan sel akan berkembang sangat cepat. Proses pemanenan mikroalga merupakan tahap yang sulit karena mikro alga tidak dapat mengendap secara grafitasi. Sel mikroalga melayang di dalam air, dan untuk memisahkan sel dari air terkadang harus menggunakan sentrifug dan ini memerlukan energi yang relatif tinggi. Kesulitan yang lain, konsentrasi sel di dalam air sangat kecil sehingga untuk mendapatkan masa sel yang besar memerlukan biaya pemisahan yang cukup besar. Hambatan lain adalah, lipida yang dihasilkan oleh sel mikroalga adalah produk intra seluler, sehingga untuk mengeluarkan lipida dari dalam sel, harus memecahkan dinding sel. Pada tahap ini memerlukan bahan kimia atau energi untuk dapat mengekstrak lipida dari dalam sel mikroalga. Banyak hambatan yang harus terus dicarikan solusinya untuk dapat memproduksi biodiesel dari mikroalga skala industri. Dengan kemajuan di bidang teknologi ekstraksi dan teknologi kultivasi mikroalga, dapat

diharapkan di masa yang akan datang, biodiesel dari mikroalga akan menjadi industri biodiesel generasi ketiga.

Daftar Pustaka

- Nur Hidayati, Tesa Suci Ariyanto, dan Henri Septiawan.
Transesterifikasi minyak goreng bekas
Menjadi biodiesel dengan katalis Kalsium
oksida. *Jurnal Teknologi Bahan Alam* Vol. 1
No. 1, April 2017
- YusufChisti. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology
Advances* Volume 25, Issue 3, May–June 2007,
Pages 294-306.
- Selena Dickinson, Miranda Mientus, Daniel Frey,
Arsalon Amini-Hajibashi,
Serdar Ozturk, Faisal Shaikh,
Debalina Sengupta, Mahmoud M. El-Halwagi.
A review of biodiesel production from
microalgae. *Clean Technologies and
Environmental Policy*. April 2017, Volume
19, Issue 3, pp 637–668
- [https://www.researchgate.net/figure/289569749_fig2_Fig-3-
Flow-chart-of-biodiesel-production-from-microalgae-37](https://www.researchgate.net/figure/289569749_fig2_Fig-3-Flow-chart-of-biodiesel-production-from-microalgae-37)
<https://www.certh.gr/dat/0D92D187/file.pdf>

<http://resources.opencleantech.com/our-blog/biofuels-1st-2nd-and-3rd-gener>

<https://berandainovasi.com/biofuel-generasi-kedua-solusi-dilema-pangan-dan-energi/>

<https://berandainovasi.com/biofuel-generasi-kedua-solusi-dilema-pangan-dan-energi/>

<https://m.tempo.co/read/news/2011/08/25/095353580/biofuel-generasi-kedua-dari-rumput-dan-limbah>