

Bahan Bakar Hayati Sebagai Pengganti Bahan Bakar Fosil (Biofuel : Biodiesel, Bioethanol, BioAvtur, Green Diesel, Green Gasoline, Green Avtur)

**Ice Fahmi^{1*}, Tri Soelistyo², Muhammad Maulani³,
Nugroho Adi Sasongko⁴, Donny Yoegiantoro⁵**

Dinas Penelitian dan Pengembangan TNI AU¹²³
Universitas Pertahanan Republik Indonesia¹³⁴

Email: kimiadislitbangau@gmail.com¹²³ nugroho.adi.sasongko@gmail.com³
energyprogram@gmail.com⁴

Abstract — *At this time human life cannot be separated from the use of fossil oil energy, where almost every line of life cannot be separated from the use of fossil oil. Both for transportation facilities, whether it's land, sea or air transportation, but we have realized that the availability of fuel from fossil materials is running low, so there is a need for alternative materials to replace fossil fuels, because consumption of fuel oil continues to increase from time to time. availability of oil supply from fossil availability of the rest is limited, Indonesia's oil shortage is a real possibility. As a result, Indonesia has to import crude oil and petroleum for raw materials for refineries. Products that meet energy demand in the community. On the other hand, Indonesia has great potential. The possibility of biomass or renewable resources being used as biofuel for biodiesel and bioethanol (ethanol) where the raw materials for these fuel products are available and can be renewable. Therefore, energy diversification To reduce oil, biofuels need to be introduced as an alternative to oil consumption, especially in the transportation sector. As a result, land is needed to grow palm oil for the supply of biodiesel feedstock and its surroundings. We grow cassava and provide raw material for bioethanol. The goal is to challenge the use of biofuels as a pioneer for alternative energy materials. So that in the future it is possible that the use of biofuels is the main fuel because in addition level of CO pollution 2 to the minimal, oil palm plantations with a 30 year plant renewal cycle are the lungs of the world that can absorb CO2, so it can be ascertained that the use of This alternative biofuel fuel is the right fuel.*

Abstrak — Pada saat ini kehidupan manusia tidak lepas dari penggunaan energi minyak bumi, dimana hampir setiap lini kehidupan tidak lepas dari penggunaan minyak bumi. Baik untuk sarana transportasi baik itu transportasi darat, laut maupun udara, namun kita telah menyadari bahwa ketersediaan bahan bakar dari bahan fosil semakin menipis, sehingga diperlukan bahan alternatif pengganti bahan bakar fosil, karena konsumsi bahan bakar minyak terus meningkat. meningkat dari waktu ke waktu. ketersediaan pasokan minyak dari fosil ketersediaan sisanya terbatas, kekurangan minyak Indonesia adalah kemungkinan nyata. Akibatnya, Indonesia harus mengimpor minyak mentah dan minyak bumi untuk bahan baku kilang. Produk yang memenuhi kebutuhan energi di masyarakat. Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi yang besar. Kemungkinan biomassa atau sumber daya terbarukan digunakan sebagai bahan bakar nabati untuk biodiesel dan bioetanol (etanol) dimana bahan baku produk bahan bakar tersebut tersedia dan dapat diperbaharui. Oleh karena itu, diversifikasi energi Untuk mengurangi minyak, biofuel perlu diperkenalkan sebagai alternatif konsumsi minyak, terutama di sektor transportasi. Akibatnya,

dibutuhkan lahan untuk menanam kelapa sawit untuk pasokan bahan baku biodiesel dan sekitarnya. Kami menanam singkong dan menyediakan bahan baku bioetanol. Tujuannya adalah untuk menantang penggunaan biofuel sebagai pelopor bahan energi alternatif. Sehingga ke depan dimungkinkan penggunaan biofuel sebagai bahan bakar utama karena selain tingkat polusi CO₂ yang minimal, perkebunan kelapa sawit dengan siklus peremajaan tanaman 30 tahun merupakan paru-paru dunia yang dapat menyerap CO₂, sehingga dapat dipastikan bahwa penggunaan bahan bakar biofuel alternatif ini adalah bahan bakar yang tepat.

PENDAHULUAN

Dapat dibayangkan seandainya di Dunia ini tidak lagi menggunakan bahan bakar dari fosil, mungkin timbul pertanyaan bagaimana kita dapat menghidupkan kendaraan-kendaraan yang selama ini biasa kita pergunakan untuk alat transportasi kita sehari-hari, energi untuk listrik dan untuk kebutuhan industri atau kebutuhan rumah tangga apakah akan berjalan dengan baik sebagai mana mestinya. Tentu jawaban dari semua itu salah satu solusinya adalah bahan energi alternatif terbarukan yaitu bahan energi dari nabati dan hewani baik itu dari perkebunan maupun pertanian atau dari alam liar atau bebas.

Bahan energi alternatif terbarukan dari bahan nabati (tumbuhan dan hewan) sudah tentu memerlukan preses serta penelitian yang terus menerus, sehingga memerlukan sumber daya manusia yang kompeten dibidang energi, namun secara geografis Negara Kesatuan Republik Indonesia merupakan wilayah yang sumber daya alamnya mendukung untuk pengembangan bioenergi, iklim Indonesia merupakan iklim tropis sehingga flora dan fauna di indosesia sangat melimpah, dimana kita merupakan penghasil kelapa sawit terbesar dunia selain itu juga banyak lagi hasil pertanian yang mendukung untuk dijadikan energi alternatif terbarukan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dengan melakukan pendekatan melalui studi literatur. Data-data

yang diperoleh dari penelitian ini didapatkan dari artikel serta informasi yang bersumber dari website resmi.

ISU TERKINI DAN MASA DEPAN

Ilmuwan mengemukakan bahwa salah satu alasan utama perubahan cuaca/iklim yang drastis ini adalah diakibatkan konsumsi bahan bakar energi fosil yang berlebihan dan terlepasnya gas rumah kaca ke atmosfer yang menipis, sehingga mengakibatkan mencairnya lapisan es di kutub serta perubahan iklim yang tak menentu dan meningkatnya suhu udara dan banyak terjadinya bencana alam. Ini disebabkan oleh banyaknya CO₂ yang terlepas ke udara bebas

sehingga penggunaan energi konvensional perlu dikurangi. Departemen amerika serikat juga mengemukakan bahwa biofuel seperti ethanol dan biofuel lainnya menghasilkan hidrokarbon yang lebih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar berbasis fosil, bahkan ethanol menghasilkan hidrokarbon lebih sedikit 48% dari pada bahan bakar dari fosil kemudian yang biodiesel hanya melepaskan hanya seperempat hidrokarbon dibandingkan yang dikeluarkan oleh bahan

bakar diesel konvensional, hal ini sudah barang tentu akan menjadi pilihan yang tepat karena sudah nyata bahwa penggunaan biofuel lebih ramah lingkungan.

Selain itu tidak seperti bahan bakar fosil dimana bahan energi ini tidak terbarukan karena memerlukan proses ribuan tahun, biofuel dapat diproduksi terus-menerus karena kita akan selalu dapat menanam lebih banyak tanaman kembali apabila sudah tidak dapat dipetik hasilnya lagi untuk menjadi bahan bakar. Penelitian-penelitian etal dilakukan oleh para ilmuwan terkait pengembangan biofuel terutama masalah deforestasi yang erat kaitannya dengan biofuel. Oleh karena itu Crude Palm Oil (CPO) yang memiliki hasil panen tertinggi di antara tanaman nabati

lainnya diyakini menjadi bahan baku paling ekonomis untuk biodiesel. Rentang hidup dari pohon kelapa sawit yang berjangka antara 25 sampai dengan 30 sehingga banyak menyerap polusi carbon sehingga selain sebagai bahan bakar alternatif kebun kelapa sawit juga sebagai paru-paru Dunia. Sehingga pada masa yang akan datang tidak tertutup kemungkinan bahwa penggunaan biofuel merupakan bahan bakar utama karena selain tingkat pencemaran CO² yang minim selain itu perkebunan kelapa sawit dengan siklus perbauran tanaman 30 tahun merupakan paru-paru dunia yang dapat menyerap CO², jadi dapat dipastikan penggunaan bahan bakar alternatif biofuel ini adalah bahan bakar yang tepat.

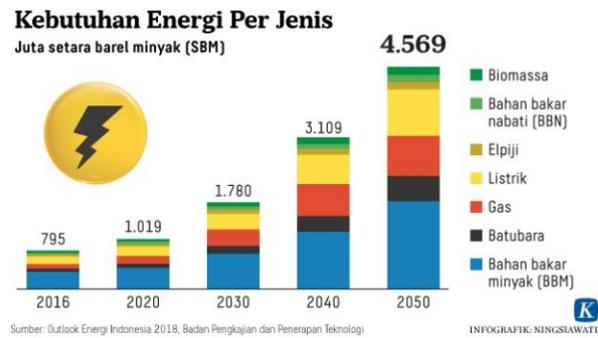
ISI MATERI

Bahan Bakar dari tumbuhan dan hewan (*Biofuel*). Setiap sumber bahan bakar/energi baik dalam bentuk padatan, liquid atau juga gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik. Bahan Bakar dari tumbuhan dan hewan (tumbuhan atau hewan) dapat dihasilkan secara langsung dari tanaman atau secara tidak langsung dari limbah industri, komersial, domestik atau pertanian. Bahan alternatif biofuel dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu dari bahan yang dapat dikonsumsi serta bahan yang tidak dapat/biasa dikonsumsi. Bahan makanan untuk manusia serta bahan yang diperuntukan untuk dikonsumsi diantaranya produk makanan manusia seperti gula, sari makanan (pati), atau sari minyak sayur dijadikan biofuel melalui metode konvensional yakni transesterifikasi, selain itu juga biofuel bisa di buat dari tumbuhan non pangang, dari limbah-limbah pertanian serta residu yang dapat dikonsumsi, yang adapt di produksi dengan sytem hydocracking, seperti halnya minyak kelapa sawit juga dapat di prosuksi menjadi biofuel dengan melalui metode konvensional dan tergantung dari keadaannya.

Adapun penggunaan biofuel sering dijadikan bahan alternatif untuk bahan bakar konvensional digunakan sebagai bahan bakar kendaraan yang biasa kita gunakan sehari-hari, tetapi untuk penggunaan biofuel sebenarnya untuk dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan berbagai energi. Adapun penggunaan biofuel meliputi:

1. Transfortasi. Penggunaan pada alat transfortasi yang dapat memakai bahan energi alternatif yaitu:
 - a. Transfortasi Darat.
Penggunaan pada transfortasi darat diantaranya penggunaan bahan alternatif Biodiesel, Bioethanol, Greendiesel.
 - b. Transfortasi Laut.
Penggunaan pada transfortasi laut diantaranya penggunaan bahan alternatif biodiesel pada kapal laut.
 - c. Transfortasi Udara.
Penggunaan pada transfortasi udara diantaranya penggunaan bahan alternatif bioavtur, biogasolin, green avtur

2. Pembangkit Listrik. Penggunaan biofuel pada pembangkit listrik terutama pembangkit listrik tenaga diesel dengan diganti bahan bakarnya dengan menggunakan biodiesel.
3. Pemanas. Penggunaan biofuel pada pemanas yaitu penggunaan seperti pada kompor dan alat pemanas lainnya.



Seiring dengan perkembangan teknologi banyak bahan bakar alternatif yang ditemukan termasuk banyak biofuel telah banyak digunakan diberbagai kegiatan manusia yang menyangkut transportasi, pembangkit listrik, maupun sebagai pemanas biofuel yang telah ditemukan diantaranya yaitu:

1. **Biodiesel.** Biodiesel berbentuk kombinasi mono-alkyl ester dari asam lemak, yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif sebagai pengganti dari bahan bakar mesin diesel, dimana bahan diesel ini terbuat dari bahan terbarukan seperti minyak kelapa sawit dan lemak hewani. Dalam pembuatan biodiesel skala laboratorium dapat dilakukan dengan bahan bahan sebagai berikut:
 - a. Minyak Goreng yang baru ataupun bekas 1 liter.
 - b. Methanol sebanyak 200 ml atau 0.2 liter.
 - c. Asam nitrat (NaOH) 3,5 gram untuk digunakan pada minyak goreng bersih, dan 4,5 gram untuk digunakan pada minyak goreng bekas atau mungkin bisa lebih banyak.

Zat ini digunakan untuk mene tralisir dari lemak bebas atau FFA yang mana ini akan lebih banyak terdapat daripada minyak goreng bekas. Bisa juga digantikan dengan KOH namun mengingat harga yang lebih mahal dan jumlah juga 1,4 kali lebih banyak. Adapun proses dari pembuatannya yaitu

soda api di larutkan terlebih dahulu dalam methanol kemudian selanjutnya dimasukan kedalam minyak dan kemudian dipanaskan kirng lebih 550C lalu diaduk dengan cepat mengguna kan pengaduk elektrik atau magnetik stirer selama 15 sampai 20 menit, kemudian dibiarkan sampai dingin semalaman, maka setelah itu akan didapatkan biodiesel diatasnya permukaan dengan warna jernih kekuningan dan dibawahnya terdapat sabun dan lemak FFA, dan terdapat pula sisa methanol yang tidak bereaksi dan juga gliserine 79 ml, kemudian untuk mendapat kannya dengan menuang bagian atas yaitu biodiesel dengan membiarkan bagian di bawahnya dalam skala besar sisa endapan ini diambil kembali untuk diolah dan akan mendapatkan gliserin yang harganya mahal serta sabun dan methanol yang tidak bereaksi.

Wilayah	Kedelai		Kelapa Sawit	
	Luas (Ha)	Biodisel (KL)	Luas (Ha)	Biodisel (KL)
Sumatra	67201	302404	3028000	18470800
Jawa	588234	2647052	19000	115900
Bali & Nusa Tenggara	123594	556171	0	0
Kalimantan	10988	49445	509000	3104900
Sulawesi	41761	187924	100000	610000
Maluku dan Papua	247832	1115245	38000	231800
Total Indonesia	1079609	4858242	3694000	22533400

Tabel 1. Luas Lahan Bahan Baku dan Potensi Produksi Biodiesel menurut wilayah di Indonesia

Sumber: Statistik Perkebunan Kelapa Sawit 2004. Ditjen Bina Produksi Perkebunan. Buku Statistik Indonesia 2004. BPS.
Catatan: Setiap hektar pertanaman kedelai dapat menghasilkan rata-rata 4,5 kl Biodisel. Setiap hektar perkebunan kelapa sawit dapat menghasilkan rata-rata 6,1 kl Biodisel.

2. **Bioetanol.** Bioethanol yang biasa disebut bio alkohol atau yang biasa dijumpai pada minuman ber alkohol dan disini akan dikgunakan sebagai bahan bakar. Etanol sering digunakan sebagai bahan bakar tambahan bensin sehingga menjadi *biofuel*. Komposisi etanol pada bahan bakar bensin di dunia telah meningkat dari 3.7 persen menjadi 5.4 persen. Pada masa tahun 2010, dimana produksi etanol dunia keseluruhan mencapai angka 22,95 miliar gallon, sedangkan AS sendiri (86,9 miliar liter), dengan USA sendiri memproduksi 13,2 miliar galon AS, atau 57,5% dari total kuota dunia.

Adapun langkah langkah pembuatan Bioetanol adalah sebagai berikut:

- a. Fermentasi. Langkah awal pembuatan bioetanol itu dengan cara fermentasi dengan mikroba pada gula.
- b. Destilasi. Untuk menghilangkan kandungan air pada bioetanol yaitu dengan Destilasi itupun tidak

3. **Bioavtur.** Dalam rangka upaya penggunaan bahan bakar non fosil pada penerbangan, serta untuk mengurangi gas emisi karbon dunia. Dalam pengemangan bioavtur yaitu dengan pengembangan katalis yang dilakukan oleh PT Pertamina dan bekerjasama dengan ITB. berjalan yang panjang lika liku telah dilalui untuk sampai di tahap keberhasilan uji dinamis atau terbang. Dimulai dari sinergi penelitian antara Pertamina serta Research and Technology Innovation (Pertamina RTI) dan Pusat Rekayasa Katalisis Institut Teknologi Bandung (PRK-ITB) dalam pengembangan katalis "Merah- Putih" untuk mengkonversi minyak inti sawit menjadi bahan baku bioavtur pada tahun 2012. Untuk pengujian daripada bioavtur secara terstruktur dan akademis telah dimulai di

semua air dapat terpisah masih ada 3 sampai 4 persen air didalamnya, dan sampai proses ini disebut etanol anhidrat.

- c. Dehidrasi. Proses ini adalah untuk menghilangkan kandungan air pada etanol anhidrat yang masih ada kandungan airnya 3 -4 persen, sehingga bioetanol ini siap untuk dicampur dengan bensin sampei dengan 5,4 % .

Wilayah	Ubi Kayu		Ubi Jalar		Jagung	
	Luas (Ha)	Ethanol (kl)	Luas (Ha)	Ethanol (kl)	Luas (Ha)	Ethanol (kl)
Sumatra	350385	612581	36012	40279	710201	383367
Jawa	663585	1348506	61984	83780	1859891	1028148
Bali & Nusa Tenggara	103309	159922	23405	28259	322306	136787
Kalimantan	37392	68531	8957	8923	59196	18493
Sulawesi	59260	98782	17454	17844	382393	194256
Lain-lain	23645	40302	39614	43155	12514	6249
Total Indonesia	1237575	2335209	187426	227770	3346501	1774984

Tabel 2. Luas Lahan Bahan Baku dan Potensi Produksi Ethanol menurut Wilayah di Indonesia

Sumber: Diolah berdasarkan data BPS, 2004 dan BBTP-BPPT, 2005.
Catatan:Kebutuhan bahan baku jagung 5 kg/liter ethanol, ubi jalar 8 kg/liter ethanol, dan ubi kayu 6,5 kg/liter ethanol

Fakultas Mesin dan Dirgantara ITB sejak tahun 2012 dalam skala laboratorium. Iman K Reksowardojo, selaku Tim Peneliti Uji Terbang Bioavtur ITB mengungkapkan dari kegiatan penelitian ini, telah menghasilkan beberapa Doktor, Master dan Sarjana, baik dari dalam maupun luar negeri, serta jurnal ilmiah internasional bereputasi tinggi, bekerja sama dengan Hokkaido University, Jepang, Asean University Networking/ Southeast Engineering Education Development (AUN/SEED-Net), JICA dan Pertamina.

Selanjutnya kerja sama diperluas untuk mengarah pada produksi, bersama PT KPI yang mana (Kilang Pertamina Internasional) untuk melakukan uji produksi sebelum proses skala industri di Refinery Unit (RU) IV Cilacap untuk mengolah campuran Refined, Bleached,

and Deodorized Palm Kernel Oil (RBDPKO) dan kerosin menggunakan katalis merah putih, sebagai salah satu inovasi karya terbaik anak bangsa. Pada pengujian ini telah berhasil diproduksi bioavtur 2,4 %-v yang disebut dengan J2.4.

Kriteria bahan nabati pembuatan bioavtur hasil dari pendapat pakar untuk memberikan penilaian terhadap aspek dan kriteria yang diuji. Untuk itu data ini kita olah untuk dipaparkan sebagai berikut:

4. **Green Diesel.** *Green diesel* atau dengan kata lain Diesel Biohidrokarbon yang mana memiliki keunggulan-keunggulan yang berbeda dibanding dengan diesel yang dari bahan dasar fosil ataupun biodiesel yang berbasis dari bahan kelapa sawit adapun diantara keunggulannya yaitu nilai cetane yang relatif lebih tinggi, konten sulfur yang lebih rendah dan oksidasi lebih stabil yang mana ini lebih baik dan warna juga lebih jernih. Pra proses merupakan hal yang penting

5. **Green Gasoline.** Upaya pemerintah dalam mengurangi penggunaan bahan bakar fosil terutama jenis bensin karena kebanyakan kendaraan baik itu sepeda motor ataupun kendaraan roda empat rata-rata memakai bahan bakar bensin dalam upaya pemerintah untuk menekan impor dari bahan bakar bensin ini pemerintah mengupayakan penggunaan bahan bakar green gasolin dimana bahan bakar ini berbasis dari bahan dasarnya menggunakan minyak sawit atau CPO. produksi bensin hijau diperkirakan akan mencapai sekitar 2,1 juta kilo liter pada 2030 mendatang dari saat ini belum ada sama sekali.

Apabila diperinci, cara pengolahan dari bensin hijau ini terdiri dari pencampuran pengolahan dari minyak sawit (CPO)

- a. Minyak sawit adalah bahan baku yang potensial untuk dijadikan produksi bioavtur dengan bobot nilai 0,361.
- b. Selanjutnya urutan kedua ditempati oleh biomassa yaitu dengan bobot nilai 0,327.
- c. Berikutnya urutan ketiga dan keempat yaitu minyak kelapa dan minyak inti sawit.

karena merupakan salahsatu cara yang dilakukan untuk memproduksi green fuel melalui proses pengolahan bahan baku minyak nabati beserta dengan minyak fosil diolah secara bersamaan, pada saat ini Pertamina telah berhasil menginjak sikan refined Bleached Deodorized Palm Oil (RBDPO) pada Destilate Hydrotreating Refinery Unit (DHDT) pada beberapa kilang existing dengan menggunakan katalis Merah-Putih hasil karya dalam negeri.

di kilang minyak yang telah ada (*co-processing*) yaitu sebesar 0,1 juta kl. Lalu selanjutnya melalui pembangunan yang unit baru (*stand alone*) kilang pengolahan minyak sawit diolah menjadi *green gasoline* sebesar 2 juta kl. Sehingga dengan demikian, total *green gasoline* pada 2030 kira kira bisa mencapai sebesar 2,1 juta kl. Untuk masa yang akan datang kita bisa bersama-sama mendorong dinamika perkembangan bahan bakar biofuel, baik dari *co-processing* di kilang Pertamina yang ada sekarang di mana bakal diganti menjadi mengolah sawit dari dulunya mengolah minyak bumi, maupun dalam pelaksanaannya kilang terpisah atau kilang terpisah atau *stand alone*," paparnya dalam Webinar Nasional 'Strategi Penguatan Kebijakan Pengelolaan Sawit.

6. **Green Avtur.** Bahan bakar jet (green Avtur dirancang untuk bahan bakar jet turbin gas, warnanya kekuningan jernih, bahan bakar yang paling umum adalah bahan bakar Jet a dan Jet A-1 yang keduanya telah dilengkapi dengan sertifikasi kelayakan dan berstandar internasional. Serta satu-satunya bahan bakar yang khusus menghadapi cuaca dingin yaitu jenis bahan bakar Jet B. Bahan bakar untuk pesawat jet adalah campuran sejumlah hidro karbon yang

berbeda, bahkan kemungkinan ribuan lebih. Kisaran ukuran (berat molekul atau nomor karbon) penggunaan bahan bakar jet dirancang untuk menghadapi suhu yang ekstrim dimana bahan bakar jet harus tahan pada titik beku suhu minus. Karena untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan terutama pembekuan bahan bakar sehingga ditambahkan katalis guan untuk mencegah pembekuan yang dinamakan FSII (*fuel system icing inhibitor*)

KESIMPULAN

Bahan bakar yang merupakan bahan bakunya dari alam adalah merupakan bahan alternatif yang tepat sebagai pengganti bahan energi fosil, dimana bahan baku dari pembuatan bahan energi ini sangat melimpah. Apalagi jika kita fokuskan pada pengembangan bahan biofuel dengan dikembangkannya penanaman pohon-pohon yang dapat menghasilkan energi seperti kelapa sawit, ubi jalar, jagung dan sebagainya. Perkebunan ini selain dari sebagai nahan energi untuk menyokong swasembada energi nasional, juga akan menyerap tenaga kerja yang banyak, selain itu juga perkebunan yang luas akan menjadi paru-paru dunia, dengan tumbuhan tumbuhan energi tersebut sekaligus akan berfungsi sebagai penyerap CO².

Dengan penggunaan biofuel selain kita berswasembada energi, kita akan mengurangi impor BBM dari luar negeri sehingga akan mengurangi biaya subsidi BBM yang di terapkan. Sehingga akan mengurangi beban pemerintah khususnya pada subsidi BBM.

Seperti halnya penggunaan kelapa sawit sebagai bahan dasar biofuel dengan lahan yang berblok-blok akan dapat lebih efisiensi lagi dalam penanganan transportasi sehingga akan memudahkan dalam produksi, selain itu juga bahan bakar bioetanol dari bahan ubi jalar walaupun dengan lahan yang kecil dapat memproduksi jumlah yang besar. Namun dari faktor lingkungan juga harus kita perhatikan juga, biasanya dalam kegiatan pembukaan lahan perkebunan harus membuka kembali lahan atau dengan menebang pepohonan atau membuka hutang menjadi perkebunan, faktor ini juga harus perlu kita perhatikan karena apabila pembukaan lahan sembarangan akan melanggar etika serta menyebabkan kerusakan hutan. Penggunaan biofuel merupakan energi untuk masa depan dengan fiturnya yang ramah lingkungan juga jenis energi ini merupakan energi baru terbarukan dimana setiap kali tumbuhan bahan energi ini khususnya sawit akan tumbuh dengan rentang waktu 25 sampai dengan 30 tahun.

REFERENSI

- Adi Permana, Institut Teknologi Bandung, Indonesia Mengukir Sejarah, Uji Coba Terbang Bahan Bakar Bioavtur Sukses Dilakukan diakses pada 18 Desember 2021. <https://www.itb.ac.id/news/read/58191/home/indonesia-mengkukir-sejarah-uji-coba-terbang-bahan-bakar-bioavtur-sukses-dilakukan#:>.
- Agung Siswahyu dan Tri Yuni Hendrawati, Pemilihan Prioritas Bahan Baku Bioavtur di Indonesia dengan Metode Analytical Hierarkhi Proses (AHP), diakses pada 18 Desember 2021 <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/224/199>.
- Nugroho Adi Sasongko, Asih Tri Marini, F.X. Chrisnanto. 2018. Study of Bio-Jet Fuel Resources Potential Development as Alternative Sources of Air Fuel Supply in Indonesia. IJSBB
- Nugroho Adi Sasongko, Charlotte Thorns, Irina Sankoff, Shu Teng Chew, and SangitaBista. 2017. Transitioning to sustainable use of biofuel in Australia. Renewable Energy Environment Sustainability 2, 25 (2017).
- Nugroho Adi Sasongko, Ryoza Noguchi. 2015. Comprehensive evaluation of integrated energy plantation model of palm oil and microalgae based biofuel for sustainable energy production. Energy Procedia 68 (2015) 226 - 235.