

ARTIKEL

Komparasi Kebijakan Pengembangan Bahan Bakar Nabati di Indonesia dan Kolombia:

Dilema Antara Pasar, Kapasitas Produksi dan Daya Serap

Comparison of Biofuel Development in Indonesia and Columbia:*Dilemma between markets, production capacity, and absorption*

OPEN ACCESS

Citation: Kabul Paminto, A., Hendrotoro, S., Koestoer, R., Karuniasa, M., & Frimawaty, E. (2022). Komparasi Kebijakan Pengembangan Bahan Bakar Nabati di Indonesia dan Kolombia: Dilema Antara Pasar, Kapasitas Produksi dan Daya Serap. *Matra Pembaruan*. 6(1), 43-55

Received: June 15, 2021

Accepted: May 13, 2022

Published: May 31, 2022

© The Author(s)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Kata Kunci: kebijakan, bahan bakar nabati, gula, kelapa sawit.

Keywords: policies, biofuels, sugar, palm oil.

Ari Kabul Paminto ^{1*}, Raldi Hendrotoro Seputro Koestoer ², Mahawan Karuniasa ³, Evi Frimawaty ⁴

¹Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia dan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

^{2,3,4}Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia

✉ ari.kabul@ui.ac.id

Abstrak: Dalam beberapa tahun terakhir dunia telah mengalami pasang naik produksi bahan bakar nabati, dari angka tahunan sebesar 9,2 juta ton pada tahun 2000 menjadi 95,4 juta ton pada tahun 2018. Kebijakan nasional tidak dibuat untuk menstabilkan sektor gula dan kelapa sawit, tetapi untuk mengembangkan industri BBN (Bahan Bakar Nabati) nasional. Tujuan dari makalah ini adalah untuk menganalisis kebijakan pengembangan bahan bakar nabati antara Kolombia dan Indonesia terkait dengan sektor gula dan kelapa sawit. Metode yang digunakan analisis deskriptif dengan cara studi pustaka, pengumpulan data, dan menganalisis kebijakan pengembangan bahan bakar nabati di Indonesia dan Kolombia. Pemerintah Kolombia memberikan mekanisme insentif untuk mempromosikan bahan bakar BBN, termasuk mandat untuk pencampuran bahan bakar nabati. Kebijakan harga ditetapkan dengan mempertimbangkan biaya peluang penggunaan bahan baku alternatif. Sedangkan di Indonesia, mandatori kebijakan BBN dalam rangka mengurangi ketergantungan atas impor minyak solar guna menghemat devisa Negara. Di Kolombia, penerapan kebijakan bahan bakar nabati memungkinkan terciptanya pasar etanol dan biodiesel yang sebagian berasal dari substitusi produksi gula dengan produksi etanol, dan interaksi dinamis antara produksi minyak sawit dan biodiesel. Di Indonesia, belum optimalnya produksi biodiesel dibandingkan dengan kapasitas terpasangnya dikarenakan oleh faktor ekonomi politik dan harga. Rendahnya serapan biodiesel yang secara tidak langsung menjadi kendala keberlanjutan program bioenergi nasional.

Abstract: In recent years the world has experienced ups and downs in biofuel production, from an annual figure of 9.2 million tonnes in 2000 to 95.4 million tonnes in 2018. National policies are not made to stabilize the sugar and palm oil sectors, but to develop the industry. National BBN (Biofuel). The aim of this paper is to analyze biofuel development policies between Colombia and Indonesia in relation to the sugar and palm oil sectors. The method used is descriptive analysis by means of literature studies, data collection, and analysis of biofuel development policies in Indonesia and Colombia. The Colombian government provides incentive mechanisms to promote biofuel fuels, including a mandate for biofuel blending. The pricing policy is set by considering the opportunity cost of using alternative raw materials. Meanwhile in Indonesia, the mandatory biofuel policy is in order to reduce dependence on imported diesel oil in order to save the country's foreign exchange. In Colombia, the adoption of a biofuel policy has allowed the creation of a market for ethanol and biodiesel which comes partly from the substitution of sugar production with ethanol production, and the dynamic interaction between palm oil and biodiesel production. In Indonesia, biodiesel production has not been optimal compared to its installed capacity due to political economy and price factors. The low absorption of biodiesel is an indirect obstacle to the sustainability of the national bioenergy program.

I. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir dunia telah mengalami peningkatan produksi bahan bakar nabati yang signifikan, dari 9,2 juta ton pada tahun 2000 menjadi 95,4 juta ton pada tahun 2018 (Statistika, 2019). Pemerintah Kolombia menetapkan kebijakan insentif untuk memproduksi BBN, terutama di daerah yang mempunyai SDA (sumber daya alam) yang luas untuk menghasilkan etanol, biodiesel, atau keduanya (Palacio-Ciro and Vasco-Correa, 2020). Di Indonesia, sumber energi sebagian besar berbasis bahan bakar fosil. Indonesia menjadi importir minyak fosil setelah tahun 2003 karena produksi dalam negeri yang menurun dan konsumsi minyak yang meningkat (BP, 2016). Indonesia menyumbang 35% dari total permintaan energi di Asia Tenggara (IEA, 2017). Pemerintah Indonesia perlu mencari cara untuk meningkatkan ketahanan energi nasional melalui perangkat kebijakan energi baru dan terbarukan untuk meningkatkan efisiensi energi, penghematan dan diversifikasi energi (Silitonga, Widodo and Ahmad, 2020). Karena bahan bakar nabati diproduksi dari bahan terbarukan, Kolombia dan Indonesia berupaya untuk mempromosikan produksi BBN dalam meningkatkan pembangunan ekonomi, penciptaan lapangan kerja, kemandirian energi, dan kelestarian lingkungan. Namun, tidak semua pemerintah memperhitungkan hubungan yang mungkin timbul dari interaksi produktif antara produk makanan dan BBN ketika berbagi input bahan baku yang sama (Palacio-Ciro and Vasco-Correa, 2020).

Dalam konteks ini, banyak penelitian yang bertujuan untuk menganalisis berbagai interaksi yang terjadi antara bahan bakar nabati dan bahan baku yang digunakan untuk produksinya (Bilgili *et al.*, 2020; Kurowska *et al.*, 2020; Molajou *et al.*, 2021), sebagai tanggapan atas penerapan kebijakan insentif publik (Amiri and Ghasemzadeh, 2019). Interaksi antara BBN dan pangan oleh literatur yang ada berkisar pada isu ketahanan pangan dan tekanan inflasi akibat penggunaan bahan baku yang sama. Sebagian besar studi berkonsentrasi pada analisis harga untuk mencakup efek intra-industri antara produksi BBN dan penggunaan alternatif bahan baku. Sedangkan literatur yang ada saat ini belum sepenuhnya membuka perdebatan tentang batasan atau peluang pertumbuhan BBN menurut sektor agroindustri dimana mereka dikembangkan (Palacio-Ciro and Vasco-Correa, 2020).

Tulisan ini mendiskusikan Kebijakan pengembangan BBN, dengan argumen pokok makalah ini adalah menganalisis kebijakan bahan bakar nabati di Kolombia dan Indonesia. Penelitian ini penting karena studi-studi selama ini lebih banyak membahas dampak produksi BBN terhadap air, pangan, dan energi (Moioli *et al.*, 2018; Correa *et al.*, 2019; Pérez and Salazar, 2021), dampak BBN terhadap ketahanan pangan dan harga pangan (Ahmed, 2020; Bilgili *et al.*, 2020; Agholor, 2021), dampak ketahanan pangan lokal dari produksi tanaman BBN (Renzaho, Kamara and Toole, 2017; Ghosh, Westhoff and Debnath, 2019; Jarzebski *et al.*, 2020; Agholor, 2021; Nyambane, Ochieng and Johnson, 2021). Untuk mengisi kekosongan penelitian di atas, maka fokus tulisan ini adalah dinamika produksi BBN dengan sektor gula dan kelapa sawit, serta apakah penerapan kebijakan tersebut telah menciptakan hubungan produktif antara pangan dan BBN di Indonesia dan Kolombia.

II. Metode

Metode yang digunakan pada makalah ini adalah pendekatan kualitatif dengan cara studi pustaka, mengumpulkan data, serta menganalisis data secara deskriptif (Onwuegbuzie, Leech and Collins, 2012) terkait dengan perbandingan pengembangan bahan bakar nabati (bioetanol dan biodiesel) di Indonesia dan Kolombia. Dari segi sumber data, penelitian ini menggunakan data sekunder yaitu data yang bersumber dari pihak lain dan digunakan oleh penulis sebagai data pendukung. Jenis data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jurnal internasional, jurnal nasional terakreditasi, regulasi dan artikel ilmiah. Metode analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif, dimana menarik informasi dari laporan atau dokumen tertulis untuk menyusun kesimpulan.

III. Hasil dan Pembahasan

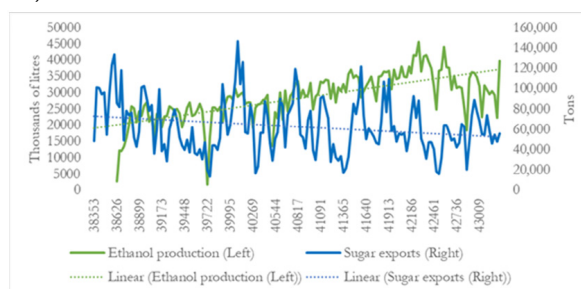
III.1. Bahan Bakar Nabati di Kolombia

III.1.1. Kebijakan Produksi dan Penggunaan BBN di Kolombia

Di Kolombia, produksi bahan bakar nabati berlangsung di dua sektor agroindustri sektor gula dan kelapa sawit (Valencia and Cardona, 2014). Produksi etanol dan biodiesel di Kolombia merupakan hasil dari kebijakan BBN nasional berdasarkan UU No. 693 tahun 2001 dan UU No. 939 tahun 2004, bahwa bahan bakar tersebut merupakan faktor yang berkontribusi terhadap swasembada energi, lingkungan, dan pembangunan (Palacio-Ciro and Vasco-Correa, 2020). Pemerintah Kolombia memberikan mekanisme insentif untuk mempromosikan bahan bakar BBN, termasuk mandat untuk pencampuran BBN. Kebijakan harga ditetapkan dengan mempertimbangkan biaya peluang penggunaan bahan baku alternatif (Alizadeh *et al.*, 2020). Sementara di Indonesia, kebijakan biofuel wajib dilakukan untuk mengurangi ketergantungan impor solar untuk menjaga devisa negara sesuai dengan Inpres Nomor 1 Tahun 2006 dan berlanjut dengan Keputusan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2008, dan diubah menjadi Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 (Silitonga, Widodo and Ahmad, 2020).

Baik tebu dan kelapa sawit memiliki hasil produktif yang lebih tinggi dan memungkinkan pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang lebih besar. Biodiesel dari minyak sawit diproduksi dengan hasil rata-rata relatif lebih tinggi. Produksi gula dan etanol di enam pabrik menggunakan tanaman tebu yang ditanam sebelum tahun 2000, yang ditujukan untuk ekspor gula. Pada tahun 2016, sekitar 459 ribu ton gula tidak lagi diekspor sehingga etanol dapat diproduksi. Gambar 1 menunjukkan perbedaan dinamika antara ekspor gula dan produksi etanol. Terlihat setelah tahun 2005, produksi etanol mulai meningkat dan total ekspor gula menurun, dari 48.436 ton pada Januari 2005 menjadi 47.538 pada Mei 2018 (Palacio-Ciro and Vasco-Correa, 2020, hal. 2).

Gambar 1 . Produksi etanol dan ekspor gula.



Sumber: Palacio-Ciro & Vasco-Correa, 2020, hal. 3

Penjualan minyak sawit tumbuh dengan pangsa sekitar 42% pada Agustus 2018 yang membuktikan pertumbuhan yang luar biasa, dibandingkan pangsa tahun 2008 sebesar 4,8%. Penjualan kelapa sawit ke pasar domestik dan luar negeri meningkat dalam beberapa tahun terakhir (Fedepalma, 2019). Menurut Palacio-Ciro & Vasco-Correa, (2020), komposisi sektor kelapa sawit pada periode 2008–2018 diperuntukkan lebih dari 90% sebagai bahan baku biodiesel dan makanan. Dan sejak akhir tahun 2008 penjualan minyak sawit untuk produksi biodiesel telah menunjukkan peningkatan yang cukup besar, sehingga kemungkinan penggunaan sumber daya pertanian menjadi lebih luas.

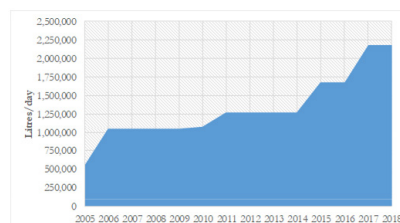
III.1.2. Tantangan yang dihadapi Kolombia

Peningkatan produksi komoditas pangan atau bahan bakar menjadi dilema, setelah menerapkan kebijakan mempromosikan bahan bakar nabati, tidak ada peningkatan yang signifikan yang dihasilkan di area budidaya tebu dan kelapa sawit. Jumlah hektar yang dipanen hanya meningkat 38 ribu ha dalam sepuluh tahun terakhir (18%), peningkatan yang lebih kecil dibandingkan pada tahun 1990-an yang sebesar 29%. Laju pertumbuhan areal penanaman tebu tidak berubah secara signifikan dengan penggunaan etanol di sektor gula, karena laju pertumbuhan tahunan rata-rata naik dari 1,1% (2000–2005) menjadi 1,8% (2005–2018). Peningkatan produksi etanol yang

signifikan hanya dapat terjadi dengan mengorbankan produksi gula yang lebih rendah (Manochio et al., 2017, hal. 755). Sebaliknya, sektor kelapa sawit menunjukkan tren yang berbeda terkait dengan pertumbuhan areal budidaya, menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan periode 1985–2000, dari 168 ribu ha (tahun 2000) menjadi 537 ribu ha (tahun 2017), dengan tingkat pertumbuhan total sebesar 220%. Sejak tahun 2008 area budidaya kelapa sawit telah tumbuh lebih dari 200.000 ha, sebagian dikarenakan masuknya biodiesel yang memperkuat sektor tersebut (Palacio-Ciro and Vasco-Correa, 2020, hal. 3).

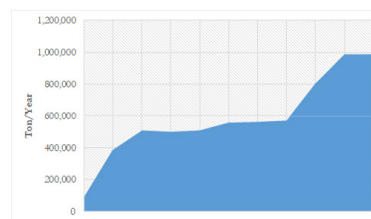
Investasi sebesar USD 150 juta dilakukan tahun 2005-2006 untuk lima pabrik etanol pertama, dengan kapasitas terpasang 1.050.000 lt per hari. Pabrik terakhir yang beroperasi pada tahun 2017, membutuhkan investasi lebih dari USD 750 juta dengan kapasitas 504.000 lt per hari, untuk total delapan pabrik produksi etanol dengan kapasitas saat ini 2.179.000 lt per hari, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Jumlah investasi ini tidak mencukupi sesuai dengan target yang ditetapkan dalam dokumen CONPES 35101 (DNP, 2008), yaitu persentase campuran E20 (20% etanol-80% bensin) pada akhir tahun 2020, yang membutuhkan pemasangan minimum kapasitas 2.210.000 lt per hari, dengan pertimbangan bahwa campuran wajib nasional Kolombia saat ini adalah E10 dan B10 (10% biodiesel - 90% solar). Kondisi ini semakin memperlihatkan hubungan produksi substitusi antara gula dan etanol, mengingat saat ini tidak ada proyek untuk meningkatkan kapasitas terpasang yang menggunakan bahan baku selain gula, padahal kapasitas produksinya saat ini mencapai batasnya (Palacio-Ciro & Vasco-Correa, 2020). Di sisi lain, kurangnya investasi disebabkan oleh ketidakstabilan dalam kebijakan ekonomi tentang BBN, ketidakpastian mengenai kebijakan pencampuran, sehingga tidak memungkinkan masuknya pesaing baru atau investasi dalam jangka menengah (Delgado, Salgado and Perez, 2015).

Gambar 2 . Kapasitas terpasang etanol.



Sumber: Palacio-Ciro & Vasco-Correa, 2020, hal. 5

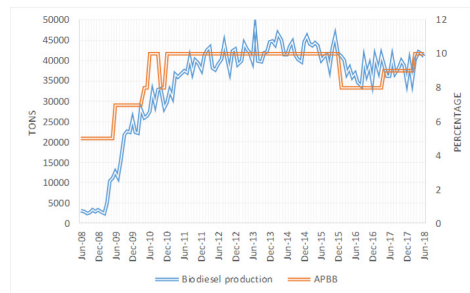
Gambar 3 . Kapasitas terpasang biodiesel.



Sumber: Palacio-Ciro & Vasco-Correa, 2020, hal. 5

Sedangkan untuk biodiesel, seperti dapat dilihat pada Gambar 3, kapasitas terpasang meningkat dari 86.000 ton per tahun dengan dua pabrik pada tahun 2008 menjadi total kapasitas 986.000 ton per tahun pada tahun 2018 dengan saat ini 12 pabrik, dan investasi sebesar lebih dari USD 2000 juta. Namun demikian, meskipun kapasitas telah tumbuh secara signifikan dan tidak ada defisit dalam pasokan biodiesel dalam beberapa tahun terakhir. Upaya bersama tetap diperlukan, baik dari sektor swasta maupun publik, dengan tujuan menuju bauran B20 pada akhir tahun 2020 seperti yang direncanakan (Palacio-Ciro and Vasco-Correa, 2020). Dalam dokumen CONPES 3510, memerlukan kapasitas terpasang biodiesel minimum 1,39 juta ton per tahun. Namun, pabrik masih belum beroperasi pada kapasitas maksimumnya dengan campuran B10 dan pemerintah berencana untuk memulai campuran biodiesel yang lebih tinggi (Minenergia, 2020). Dengan demikian, investasi ini memungkinkan sektor kelapa sawit untuk memperluas areal tanamannya dan hal ini mencerminkan perbedaan penting berkaitan dengan sektor gula.

Gambar 4 . Produksi biodiesel dan rata-rata pencampuran dengan minyak solar.



Sumber: Palacio-Ciro & Vasco-Correa, 2020, hal. 7

Palacio-Ciro & Vasco-Correa (2020) menjelaskan kenaikan harga gula internasional menarik minat industri gula, yang mengalokasikan sebagian besar produksinya untuk ekspor gula agar mendapatkan hasil yang lebih tinggi, sehingga produksi etanol akan terbatas dan ketika harga internasional turun, hasil panen ditujukan untuk produksi etanol yang lebih besar. Ketidakstabilan kebijakan pencampuran wajib dan izin impor telah menjadi faktor penentu. Produksi biodiesel dapat dijelaskan oleh peningkatan kapasitas terpasang dan dinamika sektor kelapa sawit, yang memungkinkan produksi biodiesel tumbuh secara signifikan antara tahun 2009–2012, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Berbeda dengan periode 2013–2018, ketika ketidakstabilan kebijakan muncul dalam persentase pencampuran. Hal ini juga jelas bahwa meskipun produksi biodiesel positif terhadap ketentuan kebijakan, persentase wajib blending tidak berubah ke tingkat yang lebih tinggi yang akan memungkinkan pencapaian target CONPES 3510 sebesar campuran B20 (DNP, 2008).

Dalam hal ini, keberhasilan kebijakan BBN bergantung pada sektor yang dianalisis. Insentif yang tidak memasukkan dinamika ini pasti akan menghasilkan inefisiensi ekonomi dan kegagalan, seperti mengkonsolidasikan industri nasional yang mandiri dan kompetitif tanpa perlindungan tarif yang menghasilkan lapangan kerja pedesaan, kemandirian energi, dan kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, perlu mempertimbangkan alternatif generasi kedua dan ketiga untuk produksi BBN dalam mencari efisiensi yang lebih besar dan lebih sedikit memberi tekanan pada lingkungan dan sosial (Gonzalez-Salazar et al., 2017). Negara harus melakukan perencanaan kebijakan yang cermat dengan memasukkan dinamika agroindustri dalam konteks pengembangannya dan melibatkan setiap pemangku kepentingan (Zentou et al., 2019). Oleh karena itu, kebijakan BBN nasional perlu memberikan sinyal yang jelas terkait persentase pencampuran wajib. Hal ini akan membuat para pembuat keputusan untuk mengurangi ketidakpastian dan meningkatkan investasi dan tingkat produksi (Saravanan, Pugazhendhi and Mathimani, 2020). Palacio-Ciro & Vasco-Correa (2020). Untuk sektor biodiesel, direkomendasikan pencampuran wajib yang mendukung laju pertumbuhan, dengan memperhatikan peningkatan hasil melalui pendampingan pemerintah. Dan skema insentif harus dirancang untuk meningkatkan kerja sama antara perusahaan dan pemerintah. Jika desain industri saat ini dan kebijakan saat ini terus berlanjut, produksi biodiesel Kolombia dapat mengalami stagnasi dan produksi etanol akan cenderung menyusut karena faktor-faktor seperti impor dan berkembangnya jenis bahan bakar lain.

III.2. Bahan Bakar Nabati di Indonesia

III.2.1. Kebijakan Produksi dan Penggunaan BBN di Indonesia

Kelapa sawit sebagai tanaman yang memiliki banyak manfaat, dapat digunakan untuk memasak, membuat margarin, deterjen dan kosmetik. Meningkatnya permintaan global akan pangan, energi dan bahan baku industri lainnya akan meningkatkan permintaan minyak sawit. Di Indonesia, kelapa sawit mampu memberikan kontribusi yang signifikan bagi pembangunan negara. Pada tahun 2020, ekspor minyak sawit mencapai Rp321 triliun, meningkat 13,6% dibandingkan tahun 2019 (Setiawan, 2021). Menurut data Kementerian Pertanian tahun 2020, sekitar 2,5 juta petani menanam kelapa sawit (Kementan, 2020).

Indonesia telah lama dikenal sebagai negara agraris dan memiliki beragam

tanaman minyak nabati yang sangat cocok untuk mendukung pengembangan *biofuel*. Fokus pengembangan *biofuel* di Indonesia terutama produksi biodiesel berbasis kelapa sawit, meskipun tanaman jarak dianggap sebagai salah satu tanaman energi lain yang menjanjikan untuk produksi biodiesel, namun hasil minyak yang dihasilkan yang jauh lebih rendah daripada tanaman kelapa sawit (Ewunie *et al.*, 2020). Kebijakan biodiesel, khususnya biosolar B30, telah resmi diimplementasikan di Indonesia pada awal tahun 2020, sebagai campuran minyak solar guna mengurangi emisi gas rumah kaca di sektor transportasi. Pemanfaatan biodiesel merupakan salah satu bentuk implementasi kebijakan energi dan mewujudkan ketahanan energi nasional yang merupakan komponen vital bagi pembangunan ekonomi nasional.

Dalam *National Determined Contribution* (NDC) sebagai kerangka implementasi *Paris Agreement*, Indonesia sepakat untuk mengurangi emisi karbon sebesar 29% tanpa bantuan asing pada tahun 2030, dan sebesar 41% dengan bantuan asing. Dalam skenario *business-as-usual* (BAU), emisi mencapai 2869 juta ton CO₂ (eq) pada tahun 2030, dengan target penurunan sektor hutan dan lahan sebesar 506 juta ton CO₂ (eq) dan sektor energi sebesar 314 juta ton CO₂ (eq) (KLHK, 2016). Kontribusi Indonesia dalam menurunkan emisi dari pengelolaan berbasis lahan dapat berasal dari langkah-langkah berikut: pertanian dan perkebunan berkelanjutan, pengurangan hutan terdegradasi dan deforestasi, dan konservasi lahan (Purnomo *et al.*, 2020). Sedangkan dari sektor energi dapat memanfaatkan energi baru terbarukan seperti panas bumi, PLTS dan bioenergi (bioetanol dan biodiesel).

Kemajuan teknologi telah membawa kemajuan di bidang transportasi (kapal laut, kereta api, mobil, pesawat terbang, sepeda motor, dan lain-lain), memungkinkan pergerakan dengan mudah dan cepat untuk berbagai aspek. Tahun 2018, kebutuhan energi terbesar di sektor transportasi yaitu BBM (96%), dan sisanya disediakan dari biodiesel dan gas bumi (DEN, 2019). Semua kendaraan tersebut membutuhkan bahan bakar, terutama bahan bakar yang bersumber dari bahan bakar fosil. Karena keterbatasan cadangan energi tak terbarukan berupa energi fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas bumi, maka diperlukan kegiatan diversifikasi energi untuk menjamin ketersediaan energi (Ramadani *et al.*, 2019). Untuk mengurangi penggunaan bahan bakar di sektor transportasi yang sebagian besar dipasok melalui impor, pemerintah telah mengeluarkan regulasi yang memanfaatkan bahan bakar nabati (biodiesel) untuk menggantikan bahan bakar dengan bahan bakar nabati.

Dampak bahan bakar fosil menjadikan produksi bahan bakar nabati (BBN) sebagai bahan bakar alternatif untuk menurunkan dampak lingkungan yang dihasilkan. Produksi biodiesel dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sekitar 43,95%. Kandungan “nol” belerang dan fenil dalam biodiesel telah menjadi pengganti yang kuat untuk bahan bakar fosil sebagai bahan bakar mobil (Mathews and Ardiyanto, 2015). *Biofuel* dapat dibagi menjadi generasi pertama (tanaman pangan: tebu, kelapa sawit dan kedelai), generasi kedua (limbah dan limbah tanaman lignoselulosa), generasi ketiga (alga) dan generasi keempat menurut sumber biomasnya (Kaniapan *et al.*, 2021). Selain tidak perlu memodifikasi mesin saat menggunakan bahan bakar nabati, bahan bakar nabati juga mengurangi ketergantungan pada impor minyak bumi dan pada akhirnya meningkatkan perekonomian.

Secara statistik selama beberapa dekade, permintaan *biofuel* telah tumbuh secara substansial, negara-negara seperti AS, Brasil, Malaysia, dan Indonesia, sebagai salah satu produsen biodiesel terbesar di dunia. Negara-negara tersebut telah mencanangkan beberapa strategi utama melalui kebijakan untuk memperluas kontribusi biodiesel secara global. Sejalan dengan peningkatan produksi biodiesel dengan pemanfaatan minyak sawit, Indonesia merupakan salah satu negara yang melakukan langkah awal sejak 2008 dengan mengamankan B2,5 dan pada awal 2020 mandatori biodiesel mencapai 30%.

Tabel 1 . Mandatori Biodiesel di Indonesia.

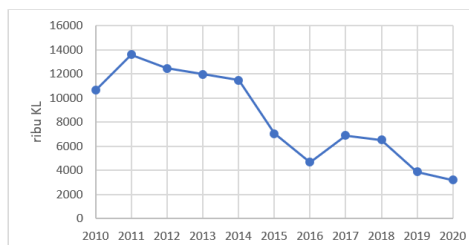
Sektor	Tahun			
	2015	2016	2020	2025
Transportasi, <i>Public Service Obligation</i> (PSO)	15%	20%	30%	30%

Sektor	Tahun			
	2015	2016	2020	2025
Transportasi Non PSO	15%	20%	30%	30%
Industri	15%	20%	30%	30%
Listrik/electricity	25%	30%	30%	30%

Sumber: Peraturan Menteri ESDM No.12 Tahun 2015

Berdasarkan Perpres (Peraturan Pemerintah) No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional menetapkan bahwa pada tahun 2025 target energi baru dan terbarukan sebesar 23%, dan pada tahun 2050 sebesar 31%. Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk mencapai tujuan pangsa energi baru dan terbarukan dalam penyediaan energi nasional (DEN, 2019). Pemerintah bertujuan untuk meningkatkan penggunaan bahan bakar nabati untuk 5% dari total konsumsi energi secara nasional pada tahun 2025 (Putrasari *et al.*, 2016; Silveira and Khatiwada, 2019). Namun ada beberapa kendala yang menghambat energi terbarukan biodiesel seperti masalah lahan untuk bahan baku, harga biodiesel yang lebih tinggi dari pada bahan bakar fosil, ketergantungan pada teknologi dan peralatan impor (Dharmawan *et al.*, 2020).

Gambar 5 . Impor Minyak Solar.



Sumber: Diolah dari KESDM, 2021

Target pencampuran BBN sesuai dengan Peraturan Menteri (Permen) ESDM No. 12 Tahun 2015, dengan target 30% biodiesel dan 20% bioetanol pada tahun 2025 (Tabel 1). Namun, karena kurangnya infrastruktur produksi BBN, terbatasnya pasokan bahan baku, biaya produksi etanol yang tinggi, produksi bioetanol di dalam negeri tidak berkembang (GAPKI, 2020). Bahan bakar etanol untuk pencampuran domestik secara efektif berakhir pada tahun 2010 karena alasan ekonomi dan politik (Silveira and Khatiwada, 2019). Pemerintah merevisi penerapan bioetanol dengan mengurangi kandungan etanol hingga 2%. Setelah melalui serangkaian pengujian termasuk dengan Pertamina, penerapan E2 masih jauh dari harapan karena biaya produksi yang tinggi sehingga daya saing etanol sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermotor relatif lemah (Pertamina, 2019).

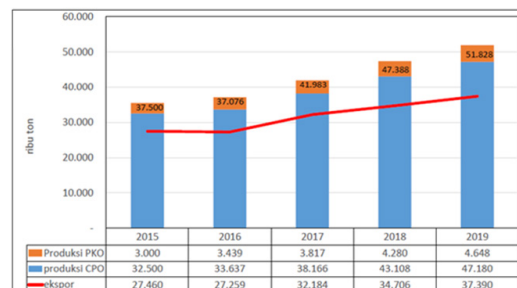
Pemanfaatan dan pengembangan biodiesel dengan bahan baku biomassa akan memberikan manfaat untuk pemerintah dan masyarakat, misalnya menurunkan ketergantungan dan impor solar (Gambar 5), meningkatkan perekonomian petani kecil, dan menambah jumlah lapangan kerja (Demirbas *et al.*, 2016). Bahan baku biodiesel yang dikembangkan sangat bergantung dari sumber daya negara. Indonesia memiliki banyak sumber daya untuk biodiesel seperti kelapa sawit, *Jatropha Curcas*, dll. Biodiesel harus memiliki sifat yang sama dengan solar baik secara kimiawi maupun fisik (Putrasari *et al.*, 2016). Sejak 2006, pengembangan program biodiesel Indonesia terus mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan kondisi Indonesia saat itu, mengalami net-importir minyak mentah pada tahun 2005. Pada 2005, harga minyak dunia naik sangat cepat, mencapai level tertinggi 100-150 dolar AS per barel (Nuva *et al.*, 2019).

Pemerintah Indonesia berusaha untuk mengurangi impor minyak, dimana pada tahun 2018 Indonesia mengimpor 35% dari total energi yang digunakan, mengalami penurunan dibandingkan dengan tahun 2017 (43%) (DEN, 2019). Untuk menjamin energi di dalam negeri, pangsa penggunaan biodiesel dalam bauran energi nasional perlu ditingkatkan sehingga memenuhi total kebutuhan biodiesel di Indonesia. Amanat dalam pengembangan dan pemanfaatan BBN di Indonesia juga terus meningkat, terutama untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pengembangan BBN

menawarkan solusi teknologi untuk lingkungan dan ekonomi (Mol, 2007). Di Indonesia, pengembangan BBN menggunakan sejumlah bahan baku yang berpotensi dan tersedia secara luas dari sektor pertanian. Pengembangan BBN telah mendapatkan legitimasi melalui UU No. 30/2007, undang-undang tersebut menggarisbawahi komitmen untuk diversifikasi, konservasi, dan intensifikasi sumber energi.

Indonesia merupakan penghasil minyak sawit terbesar di dunia dengan jumlah produksi yang terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun (Gambar 6), dan memiliki prospek yang sangat besar di masa depan. Potensi bahan baku kelapa sawit melimpah di Indonesia, dengan 11,9 juta ha perkebunan kelapa sawit dan produksi minyak sawit mentah (CPO) sebesar 47,2 juta ton pada tahun 2019 (Gambar 6). Dari produksi minyak sawit Indonesia sebesar 72 persen ditujukan untuk ekspor dalam bentuk minyak mentah dan olahan (Dharmawan *et al.*, 2020). Sekitar 16,4 persen dari total produksi minyak sawit digunakan di domestik untuk kebutuhan pangan lokal, sedangkan 9,6 persen dialokasikan untuk produksi biodiesel untuk memasok pasar domestik dan luar negeri (APROBI, 2018; GAPKI, 2020). Kelapa sawit juga diakui sebagai tanaman perkebunan yang dapat menghasilkan volume minyak nabati terbesar dibandingkan tanaman lainnya, sehingga akan lebih efisien dan menguntungkan bila digunakan sebagai bahan baku biodiesel (Schwaiger *et al.*, 2011).

Gambar 6 . Produksi dan Ekspor CPO (Crude Palm Oil).



Sumber: GAPKI, 2020

III.2.2. Tantangan yang dihadapi Indonesia

Pengembangan industri biodiesel berbasis minyak sawit melibatkan hubungan yang kompleks dan saling bergantung antar elemen, yang dapat menimbulkan risiko signifikan bagi pengelolaannya. Keberhasilan pengembangan biodiesel berbasis minyak sawit sangat bergantung pada produksi minyak sawit sebagai pemasok bahan baku. Risiko yang harus dihadapi antara lain cuaca, iklim, hama, dan bagaimana harga minyak sawit yang digunakan sebagai bahan baku biodiesel bersaing dengan harga minyak sawit yang digunakan sebagai minyak nabati. Faktor-faktor tersebut mempengaruhi pasokan bahan baku dari segi kuantitas, kualitas dan kelangsungan produksi. Selain itu, dengan semakin memperhatikan isu perubahan iklim, produk biodiesel sawit Indonesia secara tidak langsung diekspor ke pasar berbagai negara. Fakta membuktikan bahwa penggunaan biodiesel diberbagai sektor dapat mengurangi emisi karbon dioksida ke lingkungan (Dharmawan *et al.*, 2020). Namun di sisi lain, masih terdapat kontroversi mengenai isu lingkungan perkebunan kelapa sawit yang saat ini menjadi sumber utama biodiesel sebagai bahan baku. Uni Eropa dan Amerika Serikat juga aktif mengangkat isu negatif terkait biodiesel minyak sawit Indonesia, sehingga merusak pasar minyak sawit Indonesia. Oleh karena itu, isu keberlanjutan harus menjadi perhatian bersama semua pihak terkait.

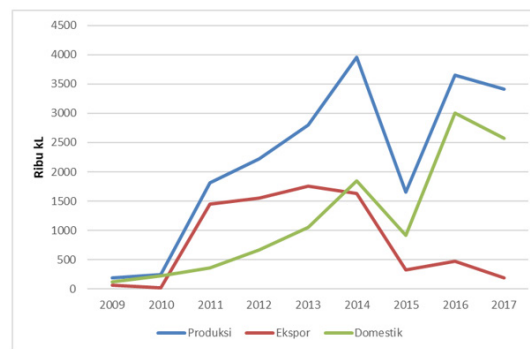
Biodiesel di Indonesia juga menghadapi masalah ekonomi politik di pasar global, produksi biodiesel terhalang oleh kebijakan tarif impor yang tinggi, yang mengakibatkan produk tidak kompetitif (Tjakrawan, 2015). Kebijakan pelarangan yang diberlakukan pada perusahaan biodiesel berbasis kelapa sawit di Indonesia menyebabkan kapasitas terpasang di pabrik biodiesel masih jauh dari optimal, kesenjangan produksi sebesar 70 persen menyebabkan sebagian besar pabrik biodiesel di Indonesia mengalami *idle capacity* (beroperasi hanya 30 persen dari kapasitas produksi penuh) (Dharmawan *et al.*, 2020). Kebijakan energi terhadap produksi biodiesel berbasis minyak sawit diarahkan untuk mencapai keberlanjutan melalui upaya penyelesaian berbagai

masalah di atas. Keberlanjutan dapat dicapai, antara lain, melalui proses sertifikasi yang ketat di tingkat perkebunan dan pabrik produksi untuk memastikan biodiesel dinyatakan sejalan dengan prinsip pelestarian lingkungan di setiap tahap rantai nilai.

Pemerintah juga telah merumuskan regulasi untuk mendukung pengembangan biodiesel berbasis minyak sawit. Salah satunya adalah kebijakan perpajakan atas ekspor minyak sawit mentah untuk mendukung pengembangan dan implementasi biodiesel di Indonesia. Pajak ini dipungut sesuai dengan Pasal 93 Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2014 tentang Perkebunan. Dana pajak tersebut kemudian akan diberikan kepada produsen biodiesel dalam bentuk subsidi biofuel sebagai bentuk kompensasi wajib atas penyaluran bahan bakar biodiesel yang telah dilaksanakan sebelumnya (Hajjari *et al.*, 2017; Nuva *et al.*, 2019). Penegakan otorisasi biodiesel di daerah juga menemui banyak kendala, di antaranya peraturan di daerah terkait pengembangan dan pemanfaatan biodiesel di masyarakat masih sangat sedikit (Correa *et al.*, 2019). Menurut Nuva *et al.* (2019) Di beberapa wilayah Indonesia, kebijakan khusus masih sangat sedikit yang secara aktif mendukung pengembangan dan pemanfaatan biodiesel. Hal ini dikarenakan pemda masih menganggap biodiesel sebagai kebijakan energi pemerintah pusat dan peran pemerintah daerah belum maksimal mendukung pengembangan biodiesel di daerahnya.

Kendala lain pengembangan biodiesel di Indonesia adalah kurangnya penegakan hukum dari pemerintah untuk memastikan bahwa semua sektor (termasuk PSO dan non-PSO melalui Pertamina) secara wajib menggunakan bahan bakar nabati. Pada awal tahun 2020, penggunaan biodiesel dalam negeri diperkirakan akan meningkat, sejalan dengan kewajiban 30% biodiesel pada awal tahun 2020. Namun, komitmen pemerintah dalam menentukan harga biodiesel yang rendah juga menjadi kendala dalam pengoperasian optimal produsen biodiesel. Masalah kebijakan harga biodiesel membuat biodiesel sulit bersaing dengan harga minyak (Naylor and Higgins, 2017). Menurut Nuva *et al.* (2019) mengemukakan bahwa untuk mengatasi masalah ini, pemerintah memberikan subsidi untuk biodiesel (insentif melalui BPDPKS). Besarnya subsidi sama dengan selisih harga biodiesel dan minyak solar. Pemberian subsidi biodiesel dihentikan pada tahun 2015, yang menyebabkan penurunan tajam produksi biodiesel (Gambar 7), yang meningkat kembali pada tahun 2016 karena subsidi dari BPDPKS (Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit).

Gambar 7 . Produksi, konsumsi dan ekspor biodiesel Indonesia.



Sumber: KESDM, 2019

Produksi biodiesel berbasis minyak sawit di Indonesia dalam rangka transisi dari energi fosil ke energi terbarukan mampu meningkatkan ketahanan energi nasional karena sebagai diversifikasi energi pengganti minyak solar. Pertumbuhan industri biodiesel memberikan pengaruh sosial dan ekonomi terkait keberterimaan biosolar (B30) sebagai bahan bakar kendaraan. Pencapaian terbesar dalam penelitian dan pengembangan biodiesel saat ini dapat dilihat dari berbagai institusi dan kerjasama di bidang ini sebagai cerminan bahwa pemerintah Indonesia perlu terus mendukung kebijakan pengembangan BBN.

Selain itu dukungan Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah dalam memberikan insentif fiskal dan non fiskal sangat diperlukan untuk mendorong program kebijakan pengembangan biodiesel. Untuk mengendalikan perluasan perkebunan kelapa sawit yang berdampak pada kelestarian ekosistem harus menerapkan tata kelola produksi

perkebunan yang baik. Kebijakan pelaksanaan sertifikasi harus menjadi wajib daripada sukarela kepada semua pelaku ekonomi kelapa sawit, yaitu perkebunan skala besar dan petani kecil. Dan diperlukan sinergi kerjasama penelitian dan pengembangan BBN antara pemerintah dan swasta baik nasional, regional maupun internasional.

Produk pertanian dalam negeri banyak dimanfaatkan bahan baku utama pengembangan biodiesel. Pertumbuhan produksi biodiesel tidak terlepas dari harga minyak mentah dan harga minyak sawit mentah. Ketika harga minyak sawit mentah rendah, perlu dilakukan penyerapan minyak sawit mentah untuk menghasilkan biodiesel sebagai sarana untuk menstabilkan harga. Ketika harga minyak mentah tinggi, pemerintah mulai mengkhawatirkan ketahanan energi. Rasio harga minyak mentah terhadap minyak nabati mempengaruhi profitabilitas investasi biodiesel dan memberikan ukuran besaran subsidi pemerintah yang dibutuhkan untuk mencapai target biodiesel (Doumax-Tagliavini and Sarasa, 2018). Di era harga minyak mentah yang mulai meningkat saat ini, menjadi peluang bagi pemerintah untuk memberikan dukungan penuh kepada sektor biodiesel dan perlunya peran dari BPDPKS dalam memberikan insentif selisih harga antara biodiesel dan solar.

Industri biodiesel perlu mengembangkan roadmap yang jelas rantai pasok bahan baku yang cukup dan mengelolanya secara baik untuk mendukung ketahanan energi nasional. Dalam mengimplementasikan kebijakan biodiesel, penting untuk melibatkan berbagai pemangku kepentingan (seperti asosiasi, akademisi, pemerintah, dan peneliti dari sektor biodiesel) dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi kebijakan lintas sektor. Menurut Moustakas *et al.* (2020), pengembangan biodiesel kedepan sangat memerlukan peningkatan teknologi baru, pengurangan emisi CO₂ sepanjang daur hidup produksi, efisiensi pengelolaan limbah dan produk sampingan dari sistem produksi biodiesel, dan menentukan standar dan kriteria biodiesel sambil mencari teknologi baru di masa depan.

Indonesia dapat mengurangi emisi karbon dioksida dengan mendorong penggunaan biodiesel, meningkatkan penggunaan sumber energi alternatif, dan mengurangi impor bahan bakar fosil dengan meningkatkan produksi minyak sawit sebagai bahan baku utama, sehingga meningkatkan ketahanan energi dan mendorong keberlanjutan. Tantangan keberhasilan transformasi kebijakan biodiesel adalah dengan berhasil menjaga keseimbangan antara manfaat ekonomi, sosial, lingkungan dan teknologi (How *et al.*, 2019). Oleh karena itu, kerjasama di antara semua aktor dalam rantai pasokan biodiesel merupakan strategi utama untuk mendorong industri biodiesel menuju ketahanan energi. Selain itu, Pemerintah dapat menawarkan subsidi kepada petani kecil yang menyuplai bahan baku ke industri biodiesel pada tahap awal, karena pada sektor ini akan menyerap banyak tenaga kerja.

IV. Kesimpulan

Penerapan kebijakan BBN di Kolombia memungkinkan terciptanya pasar etanol dan biodiesel yang sebagian berasal dari substitusi gula, dan interaksi dinamis antara produksi minyak sawit dan biodiesel. Ada beberapa kendala dari kebijakan tersebut seperti sebagian produksi BBN diperoleh dari tanaman ekspor komoditas pangan, tingkat investasi swasta yang tidak sesuai dengan kebijakan kapasitas BBN, dan ketidakstabilan kebijakan persentase blending BBN dengan bahan bakar fosil. Di Indonesia, rendahnya realisasi produksi biodiesel secara tidak langsung menjadi kendala keberlanjutan program BBN nasional yang disebabkan oleh: 1) faktor ekonomi politik dan harga (Tjakrawan, 2015); 2) serapan biodiesel yang masih rendah (Silitonga, Widodo and Ahmad, 2020); 3) harga jual yang tidak kompetitif dengan bahan bakar fosil (Dharmawan *et al.*, 2020); dan 4) kendala kesiapan teknologi mesin kendaraan dan industri (Nuva *et al.*, 2019). Untuk mendukung hal tersebut, perlu adanya kebijakan dan peran pemerintah, pengusaha kelapa sawit, dan petani sawit dalam menjaga *supply* kelapa sawit yang berkelanjutan baik secara ekonomi, lingkungan dan sosial.

Produksi etanol di Kolombia menyebabkan berkurangnya luas areal perkebunan yang diperuntukkan bagi produksi gula untuk pasar ekspor. Sedangkan di Indonesia, pengembangan etanol masih terkendala oleh biaya produksi dan pasokan bahan baku

(Pertamina, 2019). Untuk biodiesel, keunggulan kebijakan Indonesia terletak pada tingginya mandatori pencampuran, dengan tingkat pencampuran biodiesel sebesar 30% pada awal tahun 2020. Kebijakan BBN Indonesia masih terbatas dalam upaya penurunan jumlah impor solar dan penyerapan biodiesel di sektor transportasi dan industri. Dengan mengimplementasikan penelitian Palacio-Ciro & Vasco-Correa (2020) di Indonesia maka dapat memberikan manfaat terkait interaksi industri BBN dan pangan nasional, serta sebagai salah satu masukan kepada pemerintah dalam merumuskan kebijakan bahan bakar nabati yang efisien. Penelitian ini masih terbatas pada perbandingan kebijakan pengembangan BBN antara dua negara yaitu Indonesia dan Kolombia, kedepan perlu adanya penelitian terkait perbandingan dengan negara produsen BBN global besar lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Saintek Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberikan beasiswa dan kepercayaan kepada penulis pertama.

Daftar Referensi

- Agholor, A. I. (2021) 'Examining biofuel sustainability as an alternative energy source and implication for food security in Sub-Saharan Africa.', *Journal of Critical Reviews*.
- Ahmed, J. O. (2020) 'The effect of biofuel crops cultivation on food prices stability and food security-A Review.', *EurAsian Journal of BioSciences*, 14(1).
- Alizadeh, R. et al. (2020) 'Improving renewable energy policy planning and decision-making through a hybrid MCDM method', *Energy Policy*, 137, p. 111174. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111174>.
- Amiri, T. Y. and Ghasemzadeh, K. (2019) 'Ethanol Economy', in *Ethanol*. Elsevier, pp. 451–504. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811458-2.00018-3>.
- APROBI (2018) *Keunggulan Biodiesel berbasis Kelapa Sawit-Seminar of RPOI*. Jakarta. Available at: <https://www.aprobi.or.id/>.
- Bilgili, F. et al. (2020) 'Estimation of the co-movements between biofuel production and food prices: a wavelet-based analysis', *Energy*, 213, p. 118777.
- BP (2016) *Statistical Review of World Energy*. United Kingdom: British Petroleum Company. Available at: <http://www.bp.com/statisticalreview>.
- Correa, D. F. et al. (2019) 'Towards the implementation of sustainable biofuel production systems', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107, pp. 250–263. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.005>.
- Delgado, J. E., Salgado, J. J. and Perez, R. (2015) 'Perspectivas de los biocombustibles en Colombia', *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), pp. 13–28.
- Demirbas, A. et al. (2016) 'Biodiesel production from non-edible plant oils', *Energy Exploration and Exploitation*, 34(2), pp. 290–318. <https://doi.org/10.1177/0144598716630166>.
- DEN (2019) *Indonesia Energy Outlook*. Dewan Energi Nasional.
- Dharmawan, A. et al. (2020) 'Bioenergy Policy: The Biodiesel Sustainability Dilemma in Indonesia', *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 15(4), pp. 537–546. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.150414>.
- DNP (2008) *Lineamientos de Política para Promover la Producción Sostenible de Biocombustibles en Colombia*. Available at: http://www.fedebiocombustibles.com/files/Conpes_3510.pdf.
- Doumax-Tagliavini, V. and Sarasa, C. (2018) 'Looking towards policies supporting biofuels and technological change: Evidence from France', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, pp. 430–439.
- Ewunie, G. A. et al. (2020) 'Factors affecting the potential of Jatropha curcas for sustainable biodiesel production: A critical review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, p. 110500.
- Fedepalma (2019) *Sistema de información estadística del sector palmero - SISPA 2019*. Available at: <http://sispa.fedepalma.org/sispaweb> (Accessed: 12 May 2021).
- GAPKI (2020) *Kinerja Industri Sawit Indonesia 2019*. Jakarta.
- Ghosh, P., Westhoff, P. and Debnath, D. (2019) 'Biofuels, food security, and sustainability', in *Biofuels, bioenergy and food security*. Elsevier, pp. 211–229.
- Gonzalez-Salazar, M. A. et al. (2017) 'Combining an accelerated deployment of bioenergy and land use strategies: Review and insights for a post-conflict scenario in Colombia', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, pp. 159–177. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.082>.
- Hajjari, M. et al. (2017) 'A review on the prospects of sustainable biodiesel production: A global scenario with an emphasis on waste-oil biodiesel utilization', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, pp. 445–464. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.034>.
- How, B. S. et al. (2019) 'An outlook of Malaysian biomass industry commercialisation: Perspectives and challenges', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113, p. 109277.
- IEA (2017) *Southeast Asia Energy Outlook 2017 - World Energy Outlook Special Report*. Paris: International Energy Agency.
- Jarzebski, M. P. et al. (2020) 'Food security impacts of industrial crop production in sub-Saharan Africa: a systematic review of the impact mechanisms', *Food Security*, 12(1), pp. 105–135.
- Kaniapan, S. et al. (2021) 'The Utilisation of Palm Oil and Oil Palm Residues and the Related Challenges

- as a Sustainable Alternative in Biofuel, Bioenergy, and Transportation Sector: A Review', *Sustainability*, 13(6), p. 3110. <https://doi.org/10.3390/su13063110>.
- Kementan (2020) *Statistik perkebunan Indonesia 2018-2020*, Buku Statistik Perkebunan Indonesia. Kementerian Pertanian. Available at: <https://drive.google.com/file/d/1FVxpBNihnuB3ayAALBi-FtsBShIUxMTD/view>.
- KESDM (2019) *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- KESDM (2021) *Handbook of Energy & Economy Statistics of Indonesia 2020*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Available at: <https://www.esdm.go.id/en/publication/handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia-heesi>.
- KLHK (2016) *Indonesia: First Nationally Determined Contribution*, Indonesia. Available at: [http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Indonesia First/First NDC Indonesia_submitted to UNFCCC Set_November 2016.pdf](http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Indonesia%20First/First%20NDC%20Indonesia_submitted_to_UNFCCC_Set_November_2016.pdf).
- Kurowska, K. et al. (2020) 'Food security in the context of liquid biofuels production', *Energies*, 13(23), p. 6247.
- Manochio, C. et al. (2017) 'Ethanol from biomass: A comparative overview', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, pp. 743–755. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.063>.
- Mathews, J. and Ardiyanto, A. (2015) 'Estimation of Greenhouse Gas Emissions for Palm Oil Biodiesel Production: A Review and Case Study within the Council Directives 2009/28/EC of the European Parliament', *Health*, 6, pp. 25–41.
- Minenergia (2020) *Resoluci' on 40178 de 2020- Gobierno de Colombia, Ministerio de Minas y Energía*. Available at: <https://www.minenergia.gov.co> (Accessed: 18 May 2021).
- Moioli, E. et al. (2018) 'Analysis of the current world biofuel production under a water–food–energy nexus perspective', *Advances in water resources*, 121, pp. 22–31.
- Mol, A. P. J. (2007) 'Boundless Biofuels? Between Environmental Sustainability and Vulnerability', *Sociologia Ruralis*, 47(4), pp. 297–315. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2007.00446.x>.
- Molajou, A. et al. (2021) 'A new paradigm of water, food, and energy nexus', *Environmental Science and Pollution Research*, pp. 1–11.
- Moustakas, K. et al. (2020) 'A review of recent developments in renewable and sustainable energy systems: Key challenges and future perspective'. *Elsevier*.
- Naylor, R. L. and Higgins, M. M. (2017) 'The political economy of biodiesel in an era of low oil prices', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, pp. 695–705. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.026>.
- Nuva, N. et al. (2019) 'Political Economy of Renewable Energy and Regional Development: Understanding Social and Economic Problems of Biodiesel Development in Indonesia', *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 7(2), pp. 110–118. <https://doi.org/10.22500/sodality.v7i2.19727>.
- Nyambane, A., Ochieng, C. and Johnson, F. X. (2021) 'Local food security impacts of biofuel crop production in southern Africa'.
- Onwuegbuzie, A. J., Leech, N. L. and Collins, K. M. T. (2012) 'Qualitative analysis techniques for the review of the literature.', *Qualitative Report*, 17, p. 56.
- Páez, C. F. T. and Salazar, O. V. (2021) 'Analysis of biofuel production in Ecuador from the perspective of the water-food-energy nexus', *Energy Policy*, 157, p. 112496.
- Palacio-Ciro, S. and Vasco-Correa, C. A. (2020) 'Biofuels policy in Colombia: A reconfiguration to the sugar and palm sectors?', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134(September), p. 110316. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110316>.
- Pertamina (2019) *Ethanol Dilemma*. Available at: <https://www.pertamina.com> (Accessed: 12 March 2021).
- Purnomo, H. et al. (2020) 'Reconciling oil palm economic development and environmental conservation in Indonesia: A value chain dynamic approach', *Forest Policy and Economics*, 111, p. 102089. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102089>.
- Putrasari, Y. et al. (2016) 'Resources, policy, and research activities of biofuel in Indonesia: A review', *Energy Reports*, 2, pp. 237–245. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2016.08.005>.
- Ramadani, T. et al. (2019) 'Implementasi Kebijakan Satu Peta Energi Sumber Daya Mineral (Esdm One Map) di Kementerian Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia', *Matra Pembaruan*, 3(2), pp. 109–118. <https://doi.org/10.21787/mp.3.2.2019.109-118>.
- Renzaho, A. M. N., Kamara, J. K. and Toole, M. (2017) 'Biofuel production and its impact on food security in low and middle income countries: Implications for the post-2015 sustainable development goals', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, pp. 503–516.
- Saravanan, A. P., Pugazhendhi, A. and Mathimani, T. (2020) 'A comprehensive assessment of biofuel policies in the BRICS nations: Implementation, blending target and gaps', *Fuel*, 272, p. 117635. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117635>.
- Schwaiger, H. et al. (2011) 'Technologies to produce liquid biofuels for transportation: An overview'.
- Setiawan, K. (2021) *Ekspor Produk Sawit 2020 Capai Rp 321 T, Tumbuh 13,6 Persen, Bisnis Tempo*. Available at: <https://bisnis.tempo.co/read/1431588/ekspor-produk-sawit-2020-capai-rp-321-t-tumbuh-136-persen> (Accessed: 8 June 2021).
- Silitonga, J. A., Widodo, P. and Ahmad, I. (2020) 'Biodiesel B20's policy analyzes as a part of the indonesia biofuel in supporting of the indonesia government energy security program in indonesia', *Jurnal Ketahanan Energi*, 6(1), pp. 61–79.
- Silveira, S. and Khatiwada, D. (2019) 'Sugarcane Biofuel Production in Indonesia', *Springer Nature*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-18597-8>.
- Statistika (2019) *Global biofuel production*. Available at: <https://www.statista.com/statistics/274163/global-biofuel-production-in-oil-equivalent> (Accessed: 4 May 2021).
- Tjakrawan, P. (2015) 'Competitiveness issues on palm oil biodiesel', *The 3rd Bioenergy Week*.

- Valencia, M. J. and Cardona, C. A. (2014) 'The Colombian biofuel supply chains: The assessment of current and promising scenarios based on environmental goals', *Energy Policy*, 67, pp. 232–242. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.021>.
- Zentou, H. *et al.* (2019) 'The viability of biofuels in developing countries: successes, failures, and challenges', *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE)*, 38(4), pp. 173–182.