

KAUSALITAS VARIABEL KELAPA SAWIT DAN KERUSAKAN LINGKUNGAN HIDUP DI INDONESIA (PENDEKATAN *PAIRWISE GRANGER CAUSALITY TESTS*)

Syahril¹, Arie Saputra², Irmayani³

¹*Dosen Fakultas Ekonomi Universitas Teuku Umar*

syahril@utu.ac.id

²*Dosen Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar*

ariesaputraubh@gmail.com

³*Dosen Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar*

irmayani@utu.ac.id

correspondent author : syahril@utu.ac.id

Abstract

The study used the monthly time series data in the period from January 2008 to December 2017, with the number of observations being 120 months. This study analyzes causality relationships between variables using the Vector Error Correction Model (VECM) approach of Pairwise Granger Causality Tests. The results showed that Indonesia's CPO price has the causality of one Indonesia's environmental quality index. Then the same results also variable the price of the world CPO has the causality of a quality index of Indonesian environment, this means that the variable change price of CPO world Cenderung increase production by expanding oil plantation area. Expansion of oil palm plantations lowers the environmental quality index and ultimately undermine the Indonesian environment.

Keywords: *CPO Price, Pairwise Granger Causality test, VECM*

1. PENDAHULUAN

Belakangan ini sorotan terhadap minyak sawit sangat gencar dilakukan dari berbagai pihak, terutama para pencinta lingkungan dan para negara penghasil minyak nabati lainnya. Sorotan ini tidak terlepas dari minyak sawit merupakan minyak nabati yang produksi terbesar didunia (Wu et al., 2017; Guan & Mckay, 2014). Menurut kajian yang dilakukan Jean et al., 2019 dan Saswatecha et al., 2017, dimana dari potensi kelapa sawit ini menjadi memicu kekhawatiran bahwa perluasan lahan kelapa sawit menjadi pendorong kerusakan lingkungan terutama pengrusakan hutan, kemudian Euler juga menemukan hal yang sama pada tahun 2016. Peralihan penggunaan energi fosil ke energi terbarukan memicu permintaan minyak sawit dunia terus meningkat sehingga diprediksikan terjadinya pengembangan perkebunan kelapa sawit besar-besaran sehingga tindakan ini akan berdampak negatif terhadap lingkungan hidup (Pacca & Bicalho, 2016), kemudian Rincón et al., (2015) menekankan bahwa minyak nabati yang utama dieksploitasi menjadi biodiesel adalah minyak sawit. Selanjutnya Alfonso-lizarazo et al., (2013), membenarkan bahwa negara-negara importir mempertimbangkan dampak negatif kelapa sawit kepada lingkungan dalam melakukan permintaan minyak sawit.

Jika dilihat secara objektif kelapa sawit tidak hanya berefek negatif terhadap lingkungan hidup, namun juga memberikan kontribusi positif bagi pengembangan wilayah (Villela et al., 2014). Dilihat dari sumber energy terbarukan, menurut Prabu et al. (2018) dan Naylor & Higgins (2018), bahwa penggunaan minyak sawit sebagai energi terbarukan ternyata lebih ramah terhadap lingkungan, kemudian Makar & Ganda, 2018 dan Elmer & Nygaard, 2014 menemukan hal sama.

Menyikapi permasalahan ini, menurut Tong (2017) dan Ordway et al. (2017) menyarankan para negara produsen minyak sawit terus mendorong para pengusaha dan petani sawit melakukan sertifikasi sebagai lesensi pengembangan sawit yang berbasis lingkungan Saswatecha et al., 2015). Program ini menurut Azhar et al. (2017) tidak berjalan secara baik karena sulitnya diterapkan RSPO kepada para petani sawit sedangkan untuk perkebunan besar sudah mayoritas menerapkannya. Untuk mencapai efektifitas penerapan program ini menurut Saadun et al. (2018) diperlukan kajian dalam memahami latar belakang sosio-ekologis petani sawit dalam menerapkan sertifikasi holistik yang mendorong pada pelestarian lingkungan hidup dengan mempertimbangkan keseimbangan pendapatan dan kesejahteraan petani.

Beberapa kajian empiris yang sudah dilakukan, contoh kasus di Indonesia oleh Susanti & Maryudi (2016), bahwa pengembangan luas areal kelapa sawit berpengaruh terhadap kerusakan lingkungan, kemudian Saswatecha et al., 2017 melakukan kajian di Thailand melihat dari sisi peningkatan produksi minyak sawit berpengaruh negatif terhadap kerusakan lingkungan hidup. Selanjutnya Wicke et al. (2011), mengkaji Indonesia dan Malaysia selama 30 tahun bahwa pengembangan kelapa sawit pengurangan lahan hutan. Berbeda dengan kajian dilakukan (Abdul-manan, 2017), bahwa pengembangan energi terbarukan dari minyak sawit mendorong permintaan yang akhirnya juga memicu terhadap pengembangan areal kelapa sawit, hal ini dikawatirkan akan meningkatkan harga komoditas pertanian global dan membahayakan ketahanan pangan, terutama di negara-negara yang rentan (Taghizadeh-hesary et al., 2019; Gomes et al., 2018). Dari hasil kajian empiris yang sudah ada belum melihat hubungan kausalitas bivariat dan multivariat antar variabel yang diteliti.

Berkaitan dengan berbagai perbedaan hasil penelitian di atas, penelitian ini akan fokus menganalisis kausalitas antara indeks kualitas lingkungan hidup dengan harga CPO Indonesia, harga CPO dunia, produksi CPO Indonesia dan areal sawit Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Indeks kualitas lingkungan hidup merupakan rasio kondisi atau kualitas lingkungan hidup suatu negara. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia (Kemenlkh, 2016), indeks kualitas lingkungan hidup meliputi kualitas air sungai, kualitas udara, dan kualitas tutupan lahan. Kemudian Badan Statistik Nasional menambahkan bahwa kualitas lingkungan meliputi; (a) Kondisi fisik (keadaan atmosfer, iklim, cuaca, karakteristik perairan, geologi, geografi, dan tanah); (b) Tutupan lahan, ekosistem, dan keanekaragaman; (3) Kualitas lingkungan (udara, air tawar, dan air laut).

Penguatan konsep indeks kualitas lingkungan hidup bagi Indonesia menjadi perhatian khusus dalam upaya menyikapi terhadap berbagai isu dan sorotan serta kampanye hitam Amerika Serikat mengenai anti minyak sawit dari negara tropis dengan alasan tingginya mengandung lemak jenuh (tidak sehat), yang direspon negatif oleh para importir sehingga berdampak pada jatuhnya harga minyak sawit dunia (Purba, 2012). Kondisi ini terus terjadi dan bahkan pada dua tahun belakang ini harga minyak sawit terus merosot yang mengakibatkan ketidakstabilan ekonomi negara produsen seperti Indonesia (Masruroh, 2017).

Untuk menjaga indeks kualitas lingkungan hidup tetap meningkat pemerintah, swasta dan masyarakat dalam menggali dan memanfaatkan sumberdaya alam untuk pengembangan ekonomi yang efisien dengan tetap menjaga keseimbangan lingkungan (Kemenlkh, 2016). Hal ini menjadi perhatian, walaupun pengembangan sawit dilakukan namun kualitas lingkungan juga dapat terjaga.

Indonesia yang merupakan negara terluas kelapa sawit didunia, sudah tentu mengalami deforestasi berat dan berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan hidup. Pengembangan kelapa sawit di Indonesia beberapa dekade ini mengakibatkan dampak yang negatif terhadap lingkungan hidup (Susanti & Maryudi, 2016). Kemudian menurut Saswatecha et al. (2017), kasus Thailand melihat dari sudut produksi minyak sawit berdampak terhadap lingkungan yang cukup besar. Penelitian ini melihat efek perubahan penggunaan lahan pada ekosistem dan dampak lingkungan dari perkebunan kelapa sawit dan pabrik kelapa sawit. Kemudian Wicke et al. (2011), mengkaji kasus negara terbesar kelapa sawit dunia, yaitu Indonesia dan Malaysia selama 30 tahun menggunakan lahan untuk pengembangan kelapa sawit. Hasilnya bahwa Indonesia hilangnya tutupan hutan sebesar 40 juta ha (Mha) lahan, pengurangan 30% pada lahan hutan. Sedangkan deforestasi di Malaysia lebih kecil hilangnya tutupan hutan sebesar 5Mha (pengurangan 20% pada lahan hutan). Kemudian pengembangan energi terbarukan dari minyak sawit mendorong permintaan yang akhirnya juga memicu terhadap pengembangan areal kelapa sawit (Abdul-manan, 2017) dan juga dikhawatirkan akan meningkatkan harga komoditas pertanian global dan membahayakan ketahanan pangan, terutama di negara-negara yang rentan (Taghizadeh-hesary et al., 2019; Gomes et al., 2018). Selanjutnya kajian yang dilakukan (Syahril et al., (2019), membuktikan bahwa adanya pengaruh yang negatif pergerakan harga minyak sawit dan luas areal terhadap kerusakan lingkungan hidup.

Dari kajian empiris di atas menemukan bahwa pengembangan lahan, peningkatan produksi dan pengembangan minyak sawit menjadi sumber energi terbarukan mendorong terhadap kerusakan lingkungan hidup. Sedangkan kajian ini menambah variabel independen harga CPO dunia dan harga CPO Indonesia. Kemudian Terespon oleh temuan yang masih kurang komprehensif ini dan untuk memberikan empiris terbaru kajian ini melihat hubungan kausalitas antar variabel yang diteliti.

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam kajian ini berupa data data sekunder yang bersumber dari

Bank Indonesia, BPS, WTO dan FAO. Bentuk data yang digunakan berupa data runtun waktu (time series) bulanan pada periode Januari 2008 sampai dengan Desember 2017, dengan jumlah observasi adalah 120 bulan dan ini sudah memenuhi persyaratan data time series (Narayan & Narayan, 2005). Kajian ini menganalisis hubungan kausalitas antar variabel dengan menggunakan *Vector Error Correction Model* (VECM) pendekatan *Pairwise Granger Causality Tests*.

Penelitian diawali dengan pengujian stasioneritas data dengan menggunakan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) pada derajat yang sama pada *level* atau *defferent* sampai diperolehnya suatu data yang stasioner. Setelah data sudah stasioner maka diperlukan melakukan uji stabilitas model untuk membuktikan bahwa model tersebut sudah baik. Stabilitas model baik menggambarkan bahwa hasil estimasi terhadap pengujian berikutnya diperoleh hasil yang tidak bias. Untuk melakukan uji stabilitas model dengan melalui sistem VAR. Hasil uji stabilitas model dijelaskan dalam dua bentuk, yaitu: bentuk tabulasi dan grafik. Bentuk tabulasi menjelaskan nilai modulus dan grafik menggambarkan titik-titik yang terdistribusi dalam lingkaran. Nilai modulus dengan rata-rata lebih kecil dari satu menggambarkan bahwa model stabil, sedangkan grafik *inverse root of AR characteristic polynomial* menggambarkan model stabil adalah penyeran titik-titik dalam lingkaran. Setelah uji stabilitas model dilakukan dengan hasil sudah sesuai dengan karakteristik uji stabilitas, kemudian dilanjutkan pada uji panjang *lag* (Nizar, 2012). Kemudian setelah dilakukan uji panjang *lag*, maka selanjutnya menganalisis hubungan kausalitas indeks kualitas lingkungan, harga CPO dunia, harga CPO Indonesia, produksi CPO dan luas areal perkebunan sawit Indonesia dengan pendekatan *Granger Causality Test*.

Penelitian ini membentuk persamaan sebagai berikut:

Dimana Y_{1t} adalah indeks kualitas lingkungan hidup, Y_{2t} adalah harga CPO Indonesia, Y_{3t} adalah harga CPO dunia, Y_{4t} adalah produksi CPO Indonesia dan Y_{5t} adalah areal sawit Indonesia dan ϵ_t adalah *error term*.

Maka model VECM yang diaplikasikan adalah sebagai berikut:

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian Stasioneritas

Pengujian penelitian ini diawali oleh pengujian uji akar unit (*unit root test*) untuk memastikan bahwa semua data dalam kondisi stasioner (Richi et al., 2012). Hasil uji akar unit, menunjukkan bahwa harga CPO Indonesia, harga CPO dunia, produksi CPO Indonesia, luas areal perkebunan sawit Indonesia dan indeks kualitas lingkungan tidak stasioner pada *level* atau $I(0)$. Selanjutnya dilakukan *first difference* atau $I(1)$, yang menghasilkan variabel harga CPO Indonesia, harga CPO dunia dan luas areal perkebunan sawit Indonesia dan indeks kualitas lingkungan stasioner pada alfa 1 persen dan hanya produksi CPO Indonesia stasioner pada alfa 5 persen.

Uji Stabilitas VAR

Setelah dilakukan pengujian stasioneritas data, juga diperlukan uji stabilitas model agar diperoleh hasil tidak bias (Syahril et al, 2019). Hasil uji stabilitas model pada penelitian ini dinyatakan dalam dua bentuk, yaitu bentuk tabulasi dan grafik. Bentuk tabulasi menjelaskan nilai modulus dan grafik menggambarkan titik yang terdistribusi dalam lingkaran. Pengujian stabilitas model dapat dijelaskan masing-masing persamaan. Kemudian hasil uji stabilitas model indeks kualitas lingkungan hidup dapat dijelaskan bahwa nilai modulus memiliki rata-rata dibawah satu. Hasil ini dapat dimaknakan bahwa model indeks kualitas

lingkungan hidup adalah stabil dan dapat dilanjutkan ke pengujian yang lain. Kemudian pengujian stabilitas model melalui, bahwa distribusi titik-titik yang penyebarannya dalam lingkaran. Hal ini bermakna bahwa model indeks kualitas lingkungan hidup adalah memiliki kestabilan dan dapat dilanjutkan ke pengujian berikutnya.

Penentuan Lag Length

Setelah model dipastikan valid, maka selanjutnya dapat ditentukan panjang *lag* yang optimal. Penentuan *lag optimum* menjadi salah satu tahapan yang sangat penting dan krusial proses melakukan estimasi VAR (Nugroho, 2012). Sebenarnya pengujian ini untuk memastikan atau menghilangkan autokorelasi dalam VAR. Sebagai yang disampaikan Poetry & Sanrego (2011), bahwa indikator pembuktiannya dapat digunakan *likelihood ratio* (LR), *final prediction error* (FPE), *Akaike Information Criterion* (AIC), *Schwartz Information Criterion* (SIC) dan *Hannan-Quinn Information Criterion* (HQ).

Analisis Hubungan Kausalitas Bivariat antara Indeks Kualitas Lingkungan Hidup dengan Harga CPO Indonesia, Harga CPO Dunia, Produksi CPO Indonesia dan Luas Areal Perkebunan Sawit Indonesia.

Hasil uji kausalitas bivariat (kausalitas Granger) menggambarkan bahwa dengan menggunakan tingkat probabilitas 10 persen, harga CPO Indonesia memiliki kausalitas satu arah dengan Indeks kualitas lingkungan hidup Indonesia. Kemudian harga CPO dunia memiliki kausalitas satu arah dengan Indeks kualitas lingkungan hidup Indonesia, kondisi ini bermakna bahwa pergerakan harga CPO dunia cenderung meningkatkan produksi dengan memperluas areal perkebunan sawit. Perluasan perkebunan sawit menurunkan indeks kualitas lingkungan hidup dan akhirnya merusak lingkungan hidup Indonesia. Temuan ini sama dengan kajian Susanti & Maryudi (2016), bahwa pengembangan luas areal kelapa sawit berpengaruh terhadap kerusakan lingkungan. Kemudian juga kajian Saswattecha et al. (2017), kasus Thailand bahwa produksi minyak sawit berdampak terhadap lingkungan yang cukup besar.

Selanjutnya harga CPO dunia memiliki kausalitas satu arah dengan harga CPO Indonesia, hal ini sangat sesuai dengan realita dimana ketika harga CPO dunia meningkat maka akan diikuti pergerakan harga CPO Indonesia yang juga meningkat. Kemudian harga CPO dunia juga memiliki kausalitas satu arah dengan luas lahan areal kelapa sawit juga, hal ini kenaikan harga CPO dunia mendorong para petani dan pengusaha mengembangkan areal kelapa sawit. Selanjutnya perluasan lahan akan meningkatkan produksi, maka hasil uji membuktikan bahwa luas areal kelapa sawit memiliki kausalitas satu arah dengan produksi CPO Indonesia.

Dampak kerusakan lingkungan dari pengembangan perkebunan kelapa sawit sulit dihindarkan, namun demikian diminimalisir dengan cara pembukaan lahan yang ramah lingkungan (Castiblanco, et al., 2015), penggunaan pestisida dan pupuk yang alami, peningkatan produktivitas dengan program intensifikasi lahan, dan lain sebagainya (Syahril, 2019). Para pengusaha sawit tidak hanya menggunakan keuntungan yang diperolehnya untuk pengembangan teknologi namun dalam hal ini pemerintah sebagai pelaku kebijakan agar mengeluarkan regulasi terhadap para pengusaha sawit untuk memberikan *share* keuntungan terhadap kompensasi kepada masyarakat dalam bentuk dana CSR.

5. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Sesuai hasil kajian yang sudah dijelaskan, maka simpulkan menunjukkan bahwa harga CPO Indonesia memiliki kausalitas satu Indeks kualitas lingkungan hidup Indonesia. Kemudian hasil yang sama juga variabel harga CPO dunia memiliki kausalitas satu Indeks kualitas lingkungan hidup Indonesia, Hal ini berarti bahwa perubahan variabel harga CPO dunia cenderung meningkatkan produksi dengan memperluas areal perkebunan sawit. Perluasan perkebunan sawit menurunkan indeks kualitas lingkungan hidup dan akhirnya merusak lingkungan hidup Indonesia. Selanjutnya harga CPO dunia memiliki kausalitas satu arah dengan harga CPO Indonesia, hal ini sangat sesuai dengan realita dimana ketika harga CPO dunia meningkat maka akan diikuti pergerakan harga CPO Indonesia yang juga meningkat. Kemudian harga CPO dunia juga memiliki kausalitas satu arah dengan luas lahan areal kelapa sawit juga, hal ini menaikkan harga CPO dunia mendorong para petani dan pengusaha mengembangkan areal kelapa sawit. Selanjutnya perluasan lahan akan meningkatkan produksi, maka hasil uji membuktikan bahwa luas areal kelapa sawit memiliki kausalitas satu arah dengan produksi CPO Indonesia.

Saran

Secara umum, dampak kerusakan lingkungan dari pengembangan perkebunan kelapa sawit sulit dihindarkan, namun yang dapat dilakukan pemerintah melalui regulasi dan pengawasan langsung dengan meminimalisir dengan cara pembukaan lahan yang ramah lingkungan, penggunaan pestisida dan pupuk yang alami, peningkatan produktivitas dengan program intensifikasi lahan, dan lain sebagainya. Pemerintah perlu penataan pemberian izin lahan terhadap pengusaha besar perkebunan sawit yang lebih responsif dan konsisten dalam mengimplementasikan kaedah-kaedah persawitan yang berbasis lingkungan, kemudian Pemerintah juga perlu mendorong pengembangan sawit rakyat dalam rangka pengembangan ekonomi kerakyatan. Para pengusaha sawit tidak hanya penggunaan keuntungan yang diperolehnya untuk pengembangan teknologi namun dalam hal ini pemerintah sebagai pelaku kebijakan agar mengeluarkan regulasi terhadap para pengusaha sawit untuk memberikan *share* keuntungan terhadap kompensasi kepada masyarakat dalam bentuk dana CSR.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-manan, A. F. N. (2017). Lifecycle GHG emissions of palm biodiesel : Unintended market effects negate direct benefits of the Malaysian Economic Transformation Plan. *Energy Policy*, 104(August 2016), 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.01.041>
- Alfonso-lizarazo, E. H., Montoya-torres, J. R., & Gutiérrez-franco, E. (2013). Modeling reverse logistics process in the agro-industrial sector : The case of the palm oil supply chain. *Applied Mathematical Modelling*, 37(23), 9652–9664. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.05.015>
- Azhar, B., Saadun, N., Prideaux, M., & Lindenmayer, D. B. (2017). The global palm oil sector must change to save biodiversity and improve food security in the tropics. *Journal of Environmental Management*, 203, 457–466. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.08.021>
- BPS. (2017). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2017*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, 1–294.
- Castiblanco, C., Etter, A., & Ramirez, A. (2015). Land Use Policy Impacts of oil palm expansion in Colombia : What do socioeconomic indicators show ? *Land Use Policy*, 44, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.10.007>
- Euler, M., Hoffmann, M. P., Fathoni, Z., & Schwarze, S. (2016). Exploring yield gaps in smallholder oil palm production systems in eastern Sumatra , Indonesia. *AGSY*, 146, 111– 119. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.04.007>
- Gomes, G., Hache, E., Mignon, V., & Paris, A. (2018). On the current account - biofuels link in emerging and developing countries : do oil price fluctuations matter ? ☆. *Energy Policy Journal*, 116(December 2017), 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.054>
- Guan, C., & McKay, A. (2014). Sustainability in the Malaysian palm oil industry. *Journal of Cleaner Production*, 85, 258–264. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.009>
- Jean, A., Folefack, J., Gaelle, M., Njiki, N., & Darr, D. (2019). Forest Policy and Economics Safeguarding forests from smallholder oil palm expansion by more intensive production ? The case of Ngwei forest (Cameroon). *Forest Policy and Economics*, 101(September 2018), 45–61. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.01.016>
- Kemenlkh. (2016). *Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia 2016*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia, 1–149
- Masruroh, S. (2017). Kepentingan Amerika Serikat Menolak Impor CPO (CRUDE PALM OIL) dari Indonesia Tahun 2012. *JOM FISIP*, 4(2), 1–16.
- Nizar, M. A. (2012). Dampak fluktuasi harga minyak dunia terhadap perekonomian indonesia. *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*, 6(2), 189–209.
- Nugroho, R. E. (2012). Faktor-faktor Domestik dan Eksternal yang Mempengaruhi Harga Styrene Butadiene Latex (SBL) di Indonesia. *JIEMS Journal of Industrial Engineering & Management System*, 7(1), 54–68.
- Ordway, E. M., Naylor, R. L., Nkongho, R. N., & Lambin, E. F. (2017). Oil palm expansion in Cameroon: Insights into sustainability opportunities and challenges in Africa. *Global Environmental Change*, 47(August), 190–200<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.10.009>
- Pacca, S. A., & Bicalho, T. (2016). Land use change within EU sustainability criteria for biofuels : The case of oil palm expansion in the Brazilian Amazon. *Renewable Energy*, 89, 588–597. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.12.017>
- Poetry, Z. D., & Sanrego, Y. D. (2011). PENGARUH VARIABEL MAKRO DAN MIKRO TERHADAP NPL. *Jurnal Islamic Finance & Business Review*, 6(2), 79–104.
- Purba, J. H. V. (2012). *Dampak Pajak Ekspor Crude Palm Oil Terhadap Industri Minyak Goreng Indonesia*.
- Richi Rivay Sitorus, Dompok Napitupulu, E. (2012). Analisis Integrasi Harga TBS Dinas Perkebunan dan Harga Pembelian TBS Petani Kelapa Sawit di Kecamatan Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Ilmiah Sosio Ekonomika Bisnis*, 20(1), 1–58.

Rincón, L. E., Valencia, M. J., Hernández, V., Matallana, L. G., & Cardona, C. A. (2015). Optimization of the Colombian biodiesel supply chain from oil palm crop based on technological and environmental criteria. *Energy Economics*, 47, 154–167. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.10.018>