

Pengaruh Penambahan *Co-solvent* Metil Ester dan Waktu Reaksi pada Proses Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi FAME (*Fatty Acid Methyl Esters*)

Effect of The Addition of Co-solvent Methyl Ester and Reaction Time on the Transesterification Process of Palm Oil into FAME (Fatty Acid Methyl Esters)

Elvianto Dwi Daryono^{1*}, Lalu Mustiadi²

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jalan Raya Karanglo KM 2, Tasikmadu, Malang, 65143, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jalan Raya Karanglo KM 2, Tasikmadu, Malang, 65143, Indonesia

*Email: elviantodaryono@lecturer.itn.ac.id ; elvianto_itn@yahoo.co.id

Abstrak

Biodiesel adalah energi terbarukan yang diharapkan bisa menggantikan solar. Proses pembuatan biodiesel terkendala karena kelarutan reaktan yang terbatas. Salah satu cara untuk menaikkan kelarutan adalah dengan menambahkan *co-solvent* yang bisa melarutkan bahan yang bersifat polar maupun non polar. Metil ester adalah *co-solvent* terbaik karena murah dan bisa mempersingkat tahapan proses pembuatan biodiesel. Tujuan penelitian adalah mendapatkan kondisi optimum proses transesterifikasi dengan penambahan *co-solvent* metil ester. Kondisi operasi penelitian adalah bahan baku minyak kelapa sawit, massa katalis NaOH 1%, rasio molar minyak:metanol = 1:6, kecepatan pengadukan 100 rpm, suhu reaksi 70 °C, waktu reaksi (5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit) dan massa *co-solvent* (0%, 5%, 10%, 15%). Kondisi optimum penelitian mendapatkan *yield* FAME optimum 57,33% pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan *co-solvent* metil ester 15% pada waktu reaksi 15 menit. Pada kondisi optimum diperoleh konsentrasi FAME 96,63% yang memenuhi SNI 7182-2015.

Kata kunci: biodiesel, *co-solvent* metil ester, transesterifikasi, *yield* FAME

Abstract

Biodiesel is a renewable energy that is expected to replace diesel. The process of making biodiesel is constrained due to the limited solubility of the reactants. One way to increase the solubility is to add a co-solvent that can dissolve polar and non-polar materials. Methyl ester is the best co-solvent because it is cheap and can shorten the stages of the biodiesel manufacturing process. The aim of the research was to obtain the optimum conditions for the transesterification process with the addition of co-solvent methyl ester. The operating conditions of the study were palm oil raw material, 1% NaOH catalyst mass, oil : methanol molar ratio = 1:6, stirring speed 100 rpm, reaction temperature 70 °C, reaction time (5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes, 25 minutes, 30 minutes) and the mass of co-solvent (0%, 5%, 10%, 15%). The optimum conditions of the study obtained the optimum FAME yield of 57.33% in the transesterification reaction of palm oil with 15% co-solvent methyl ester at a reaction time of 15 minutes. At the optimum condition obtained FAME concentration of 96.63% which meets SNI 7182-2015.

Keywords: biodiesel, co-solvent methyl ester, transesterification, yield FAME

Pendahuluan

Biodiesel adalah bahan bakar terbarukan yang mempunyai potensi besar untuk menggantikan bahan bakar fosil. Dibandingkan dengan bioethanol, proses pembuatan biodiesel lebih mudah dan murah dengan *yield* produk yang lebih tinggi. Penelitian-penelitian yang dilakukan masih mencari proses pembuatan biodiesel yang paling murah dan efisien sehingga bisa bersaing dengan harga jual solar. Proses pembuatan

biodiesel yang paling banyak dilakukan adalah proses transesterifikasi karena lebih efisien dan produk yang dihasilkan relative tinggi dibandingkan dengan proses esterifikasi dan proses interesterifikasi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Jimmy, (2012) proses transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan katalis NaOH mendapatkan konsentrasi FAME 86,61% pada waktu reaksi 60 menit dengan suhu reaksi 60 °C [1]. Proses esterifikasi dilakukan jika

bahan baku yang digunakan mengandung asam lemak bebas tinggi, sehingga masih ada proses lanjutan untuk mengkonversi trigliserida menjadi biodiesel. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Daryono, et al. (2021) proses interesterifikasi minyak kelapa sawit dengan massa katalis NaOH 0,5% mendapatkan *crude yield* 87,18% pada waktu reaksi 60 menit, suhu reaksi 60 °C, rasio mol minyak:metil asetat = 1:6, dan kecepatan pengadukan 400 rpm [2].

Proses transesterifikasi bisa dipercepat dengan menambahkan *co-solvent* yang berfungsi menaikkan kelarutan reaktan. Metil ester merupakan *co-solvent* yang paling efektif dan murah karena merupakan produk dari reaksi transesterifikasi sendiri sehingga tidak diperlukan proses pemisahan pada akhir reaksi. Beberapa penelitian proses transesterifikasi dengan menggunakan *co-solvent* metil ester telah dilakukan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Daryono dan Mustiadi (2017) proses transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan katalis NaOH 1,2%, mendapatkan *crude yield* 82,26% pada waktu reaksi 5 menit, suhu reaksi 70 °C, rasio mol minyak:metanol = 1:6, kecepatan pengadukan 100 rpm dan massa *co-solvent* metil ester 10% [3]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Le, et al. (2018) proses transesterifikasi minyak biji kapas dengan katalis KOH 1% wt., mendapatkan konsentrasi FAME 99,2% pada waktu reaksi 30 menit, suhu reaksi 40 °C, rasio mol minyak:metanol = 1:4,5 dan massa *co-solvent* metil oleat 34% [4]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Uyen, et al. (2020) proses transesterifikasi *canola oil* dengan katalis KOH 1% wt., mendapatkan *yield* 97% pada waktu reaksi 1 jam, suhu reaksi 30 °C, rasio mol minyak:metanol = 1:6 dan massa *co-solvent* FAME 20% [5].

Penelitian proses transesterifikasi dengan *co-solvent* metil ester yang telah dilakukan belum mendapatkan hasil yang memuaskan ditinjau dari waktu reaksi, *yield* dan konsentrasi FAME (*Fatty Acid Methyl Esters*) yang dihasilkan. Selain itu juga tidak dilakukan klarifikasi produk yang dihasilkan apakah sudah memenuhi standard biodiesel atau belum. Tujuan penelitian adalah mendapatkan kondisi optimum proses transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan *co-solvent* metil ester dan mendapatkan konsentrasi FAME sesuai standar biodiesel.

Teori

Proses transesterifikasi adalah proses reaksi antara trigliserida yang bersifat non polar dan metanol yang bersifat polar menghasilkan metil ester yang mempunyai sifat perpaduan dari reaktannya. Karena perbedaan sifat dari reaktan, maka reaksi transesterifikasi sulit terjadi tanpa bantuan katalis. Katalis selain berfungsi mempercepat reaksi juga berfungsi sebagai pelarut yang menaikkan kelarutan reaktan walaupun reaksi masih tetap berjalan lambat. Untuk mempercepat reaksi transesterifikasi digunakan *co-solvent* yang bisa meningkatkan laju perpindahan massa pada reaktan. *Co-solvent* sangat larut pada

reaktan sehingga masalah keterbatasan perpindahan massa pada reaktan bisa diatasi. Jika reaktan mudah larut maka reaksi transesterifikasi akan semakin mudah terjadi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Muyassaroh, et al. (2012) mendapatkan konsentrasi FAME 85,26% pada waktu reaksi transesterifikasi 2 menit dengan penambahan rasio massa *co-solvent* THF:metanol = 1:1, sedangkan tanpa *co-solvent* didapatkan konsentrasi FAME 55,11% [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Daryono dan Sinaga, (2016) mendapatkan massa FAME 28,66 gram pada transesterifikasi dengan penambahan *co-solvent* metil ester 15% pada waktu reaksi 30 menit, sedangkan tanpa penambahan *co-solvent* FAME mendapatkan massa FAME 19,62 gram [7].

Metodologi Penelitian

Bahan

Bahan yang digunakan adalah minyak kelapa sawit merk Sunco, metanol cair p.a (MERCK, 99,9%), natrium hidroksida pellet p.a. (Riedel-de Haen, 99%) dan asam klorida cair p.a (Riedel-de Haen, 37%).

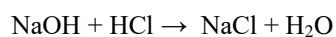
Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *hot plate* dengan *magnetic stirrer*, labu leher tiga dengan pendingin balik, *erlenmeyer*, termometer, corong pemisah, satu set alat destilasi dan timbangan digital.

Prosedur Penelitian

Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit dengan *Co-solvent* Metil Ester

Minyak kelapa sawit sebanyak 250 gram ditimbang, katalis NaOH sebanyak 1% wt. minyak (2,5 gram) dan metanol, dengan perbandingan mol trigliserida (minyak kelapa sawit) : metanol adalah 1:6 (massa metanol = 48,52 gram). Minyak kelapa sawit dan *co-solvent* metil ester sebagai variabel penelitian (0%, 5%, 10%, dan 15%) dimasukkan ke dalam *Erlenmeyer* dan dipanaskan sampai suhu 70 °C. Metanol dan katalis NaOH dimasukkan labu leher tiga, diaduk dan dipanaskan sampai suhu 70 °C. Ketiga bahan dicampur di dalam labu leher tiga, direaksikan dengan kecepatan pengadukan 100 rpm, waktu reaksi sebagai variabel penelitian (5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit) dan suhu reaksi 70 °C. Sampel diambil setiap waktu yang telah ditentukan dan ditambahkan HCl 1 N sampai pH 7 untuk netralisasi katalis NaOH agar reaksi berhenti sehingga terjadi reaksi netralisasi katalis seperti berikut:



Sampel dimasukkan ke corong pemisah selama ±12 jam agar terbentuk 2 lapisan. Lapisan bawah adalah gliserol, metanol sisa reaksi dan hasil reaksi netralisasi katalis NaOH. Lapisan atas adalah FAME

dan trigliserida sisa reaksi, kemudian didestilasi pada suhu $\pm 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk memisahkan impuritis yang masih terikut. Residu hasil destilasi merupakan FAME yang kemudian ditimbang massanya dan dianalisis konsentrasinya dengan *Gas Chromatography* (GC). *Yield* FAME dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

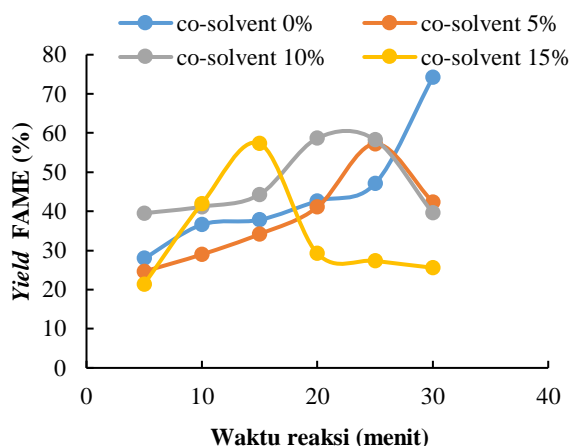
$$\text{Yield} = \frac{(m_{\text{produk}} - m_{\text{co-solvent}}) \times k_{\text{FAME}}}{\text{massa minyak awal}} \times 100\% \dots (1)$$

Dimana m_{produk} = massa produk, $m_{\text{co-solvent}}$ = massa *co-solvent* dan k_{FAME} = konsentasi FAME.

Hasil dan Pembahasan

Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit dengan *Co-solvent* FAME

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan dibuatlah gambar yang menjelaskan hubungan antara *yield* FAME yang diperoleh dengan waktu reaksi dan massa *co-solvent* FAME sebagai variabel penelitian.



Gambar 1. Hubungan waktu reaksi dengan *yield* FAME dengan variasi massa *co-solvent* metil ester

Pada Gambar 1 terlihat bahwa *yield* FAME optimum yang didapatkan berbeda-beda sesuai dengan variasi penambahan *co-solvent* metil ester yang dilakukan. Semakin banyak *co-solvent* metil ester yang ditambahkan semakin cepat reaksi mencapai *yield* FAME optimum. Pada penambahan *co-solvent* metil ester 5%, *yield* FAME optimum yaitu 57,24% didapatkan pada waktu reaksi 25 menit. Pada penambahan *co-solvent* metil ester 10%, *yield* FAME optimum yaitu 58,67% didapatkan pada waktu reaksi 20 menit dan pada penambahan *co-solvent* metil ester 15%, *yield* FAME optimum yaitu 57,33% didapatkan pada waktu reaksi 15 menit. Semakin banyak *co-solvent* metil ester yang ditambahkan, semakin cepat reaksi mencapai kesetimbangan. Hal ini terjadi karena *co-solvent* metil ester yang ditambahkan adalah produk dari reaksi itu sendiri sehingga jika reaksi kesetimbangan telah tercapai maka reaksi akan dengan cepat bergeser ke arah reaktan. Dengan bergesernya reaksi ke arah reaktan menyebabkan *yield* FAME yang didapatkan menurun, karena FAME yang

sudah terbentuk akan terhidrolisis menjadi asam lemak kembali (reaksi transesterifikasi bersifat *reversible*) [8]. Gabungan antara penambahan *co-solvent* metil ester dan massa katalis NaOH 1% mempercepat reaksi transesterifikasi mencapai kesetimbangan. Pada proses transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan massa katalis NaOH 1% *yield* FAME tertinggi yaitu 74,17% didapatkan pada waktu reaksi 30 menit tanpa penambahan *co-solvent* metil ester.

Tetapi jika dilihat dari *yield* FAME optimum yang didapatkan pada proses transesterifikasi dengan *co-solvent* metil ester 15% yaitu 57,33% dengan waktu reaksi 15 menit dengan *yield* FAME proses transesterifikasi tanpa *co-solvent* metil ester pada waktu reaksi 15 menit adalah 37,82% terdapat perbedaan yang cukup significant. Kemudian jika dibandingkan dengan *yield* FAME tertinggi proses transesterifikasi tanpa penambahan *co-solvent* metil ester terdapat selisih *yield* FAME 16,84% ($74,17 - 57,33 = 16,84$) yang didapat dalam rentang waktu 15 menit. Waktu reaksi adalah salah satu parameter pemilihan proses yang efisien dan ekonomis. Untuk meningkatkan *yield* FAME yang didapatkan pada proses transesterifikasi dengan *co-solvent* metil ester 15% maka bisa dilakukan *recycle* untuk mereaksikan reaktan yang tidak bereaksi. Sehingga pada penelitian ini kondisi optimum ditetapkan pada proses transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan *co-solvent* metil ester 15% pada waktu reaksi 15 menit. Pada penelitian yang dilakukan oleh Daryono dan Sinaga (2017) menggunakan kembali metanol dan *co-solvent* THF sisa reaksi sebanyak 10% pada reaksi transesterifikasi in situ minyak biji pepaya dan mendapatkan *yield* FAME 79,51% dan konsentrasi FAME 99,39% pada waktu reaksi 8 menit [8].

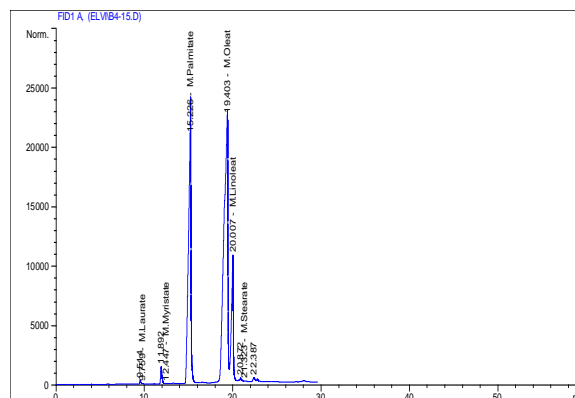
Berdasarkan hasil analisis GC didapatkan data konsentrasi FAME yang dihasilkan untuk setiap variabel penelitian seperti diperlihatkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 diketahui bahwa secara garis besar semakin lama waktu reaksi maka konsentrasi FAME akan semakin naik. Pada penambahan *co-solvent* metil ester 0%, konsentrasi FAME tertinggi yaitu 99,90% didapatkan pada waktu reaksi terlama yaitu 30 menit sehingga belum didapatkan kondisi optimum. Pada penambahan *co-solvent* metil ester 5%, konsentrasi FAME optimum yaitu 98,34% didapatkan pada waktu reaksi 25 menit. Pada penambahan *co-solvent* metil ester 10%, konsentrasi FAME optimum yaitu 98,11% didapatkan pada waktu reaksi 15 menit. Pada penambahan *co-solvent* metil ester 15%, konsentrasi FAME optimum yaitu 96,63% didapatkan pada waktu reaksi 15 menit. Beberapa variabel penelitian tidak memenuhi konsentrasi FAME berdasarkan standard biodiesel SNI 7182-2015 yaitu minimal 96,5%. Hal ini karena pada waktu reaksi tersebut belum terbentuk FAME secara optimal dan masih banyak trigliserida yang tidak bereaksi sehingga konsentrasi FAME yang didapatkan kecil. Setelah reaksi kesetimbangan tercapai, konsentrasi

FAME yang didapatkan menurun karena reaksi bergeser ke kiri atau ke arah reaktan. Hal ini terjadi karena FAME yang terbentuk akan terhidrolisis kembali menjadi asam lemak karena reaksi bersifat bolak-balik [8].

Tabel 1. Konsentrasi FAME hasil analisis GC

Co-solvent (%)	Waktu Reaksi (Menit)	Konsentrasi FAME (%)
0	5	67,42
	10	86,89
	15	94,17
	20	99,25
	25	99,65
	30	99,90
5	5	87,45
	10	96,38
	15	97,15
	20	97,33
	25	98,34
	30	68,28
10	5	65,84
	10	97,18
	15	98,11
	20	97,95
	25	97,82
	30	67,36
15	5	61,51
	10	94,84
	15	96,63
	20	91,37
	25	90,48
	30	65,41

Berdasarkan hasil analisis GC didapatkan data metil ester yang terbentuk pada reaksi transesterifikasi dengan penambahan *co-solvent* FAME. Metil ester yang terbentuk ditunjukkan dengan *peak-peak* pada kromatogram seperti ditunjukkan pada gambar 2. Kromatogram Gambar 2 merupakan hasil analisis GC untuk FAME yang terbentuk pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan *co-solvent* metil ester 15% pada waktu reaksi 15 menit yang merupakan kondisi optimum penelitian. Pada *peak* 1 yang muncul adalah metil laurat, *peak* 2 adalah metil miristat, *peak* 3 adalah metil palmitat, *peak* 4 metil oleat, *peak* 5 metil linoleat dan *peak* ke 6 adalah metil stearat. Metil ester yang didapatkan hampir sama dengan metil ester yang diperoleh pada penelitian Yudha, et al (2018) yaitu metil oleat, metil miristat, metil palmitat dan metil stearat hasil analisis GC-MS produk reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas dengan katalis NaOH [9].



Gambar 2. Kromatogram GC FAME dengan *co-solvent* 15% dan waktu reaksi 15 menit

Hasil analisis GC didapatkan data konsentrasi FAME yang terbentuk dalam mg/L atau ppm seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi FAME untuk transesterifikasi dengan *co-solvent* 15% dan waktu reaksi 15 menit

FAME	Konsentrasi (mg/L)	Komposisi (%)
Metil miristat	384,34311	0,04
Metil palmitat	5,57161.10 ⁴	5,77
Metil oleat	9,02850.10 ⁵	93,43
Metil linoleat	5,09467.10 ³	0,53
Metil stearat	1539,17446	0,16
Metil laurat	712,46408	0,07
Total	9,66297.10 ⁵	100

Tabel 2 merupakan komposisi FAME yang terbentuk pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan *co-solvent* metil ester 15% pada waktu reaksi 15 menit yang merupakan kondisi optimum penelitian. Komposisi FAME yang terbentuk identik dengan asam lemak penyusun trigliserida minyak kelapa sawit yaitu asam palmitat, asam oleat, asam linoleat, asam miristat dan asam stearat [10].

Kesimpulan

Penambahan *co-solvent* metil ester pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit akan mempercepat reaksi mencapai kesetimbangan. *Yield* FAME optimum yaitu 57,33% didapatkan pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan penambahan *co-solvent* metil ester 15% pada waktu reaksi 15 menit. Pada kondisi optimum diperoleh konsentrasi FAME 96,63% yang memenuhi SNI 7182-2015.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Jurusan Teknik Kimia dan juga staf laboratorium Bioenergi Institut Teknologi Nasional Malang yang telah mendukung dan memberikan fasilitas penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Jimmy, "Kinetika reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit," *Tek. Kim.*, vol. 7, no. 1, pp. 12–17, 2012.
- [2] E. D. Daryono, I. N. G. Wardana, C. Cahyani, and N. Hamidi, "Biodiesel production process without glycerol by-product with base catalyst: effect of reaction time and type of catalyst on kinetic energy and solubility," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1053, no. 012058, pp. 1–7, 2021.
- [3] E. D. Daryono and L. Mustiadi, "Penggunaan metil ester sebagai co-solvent pada proses transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel," *Pros. Semin. Nas. Rekayasa Proses Ind. Kim.*, vol. 1, pp. 27–33, 2017.
- [4] H. N. T. Le *et al.*, "Biodiesel production from rubber seed oil by transesterification using a co-solvent of fatty acid methyl esters," *Chem. Eng. Technol.*, vol. 41, no. 5, pp. 1013–1018, 2018.
- [5] N. H. P. Uyen *et al.*, "A new method for production of green biodiesel fuel using FAME as a co-solvent," *Eco-Engineering*, vol. 32, no. 3, pp. 61–67, 2020.
- [6] Muyassaroh, E. D. Daryono, and M. I. Hudha, "Biodiesel dari minyak jarak pagar dengan variasi penambahan co-solvent dan waktu reaksi," *Tek. Kim.*, vol. 7, no. 1, pp. 8–11, 2012.
- [7] E. D. Daryono and E. J. Sinaga, "Transesterification of palm oil with NaOH catalyst using co-solvent methyl ester," *Int. J. ChemTech Res.*, vol. 9, no. 12, pp. 570–575, 2016.
- [8] E. D. Daryono and E. J. Sinaga, "Rapid in situ transesterification of papaya seeds to biodiesel with the aid of co-solvent," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 7, no. 1, 2017.
- [9] R. F. Yudha, A. Setiawan, and N. Eka Mayangsari, "Identifikasi komponen FAME (Fatty Acid Methyl Ester) pada biodiesel yang disintesis dari minyak goreng bekas," *Waste Treat. Technol.*, pp. 91–96, 2017.
- [10] E. Marlina, M. Basjir, M. Ichiyanagi, T. Suzuki, G. J. Gotama, and W. Anggono, "The role of eucalyptus oil in crude palm oil as biodiesel fuel," *Automot. Exp.*, vol. 3, no. 1, pp. 33–38, 2020.