



Review Pemanfaatan *Design Expert* untuk Optimasi Komposisi Campuran Minyak Nabati sebagai Bahan Baku Sintesis Biodiesel

Reshita Amalia Ramadhani, Dody Herdian Saputra Riyadi, Bayu Triwibowo, Ratna Dewi Kusumaningtyas

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Semarang 50229, Indonesia

*E-mail: rreshita@gmail.com

ABSTRAK

Pencampuran berbagai jenis minyak nabati untuk sintesis biodiesel merupakan salah satu upaya pencarian sumber energi alternatif terbarukan. Campuran berbagai macam minyak nabati lebih potensial karena ketersediaannya masih melimpah dan kurang dimanfaatkan. Campuran minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku antara lain: minyak jarak pagar, minyak nyamplung, dan minyak jelantah. Komposisi campuran ditentukan dan dioptimasi menggunakan metode *simplex lattice design* dengan total campuran tertentu. Data yang akan didapat yaitu data pengaruh masing-masing campuran minyak terhadap penurunan bilangan FFA saat reaksi esterifikasi. Metode *simplex lattice design* merupakan salah satu metode yang terdapat di dalam *software Design Expert 10.0* yang digunakan untuk optimasi formula pada berbagai jumlah komposisi bahan yang berbeda. Sintesis biodiesel dijalankan berdasar *design of experiment* yang dihasilkan oleh program *Design Expert 10.0*. Kegunaan metode *simplex lattice design* diantaranya: penentuan formula, mengoptimalkan variabel formulasi dan mengetahui jumlah *run*, menjaga konsentrasi total tetap konstan. ANOVA (*Analysis of variance*) dilakukan untuk menentukan signifikansi analisis respon antar variabel dan dapat mengetahui model yang disarankan. *Desirability* merupakan nilai fungsi yang menunjukkan kemampuan program untuk memenuhi keinginan berdasarkan kriteria yang ditetapkan pada produk akhir. Nilai *desirability* yang semakin mendekati nilai 1,0 menunjukkan kemampuan program untuk menghasilkan produk yang dikehendaki semakin sempurna.

Kata kunci: ANOVA, biodiesel, *desirability*, metode *simplex lattice design*, optimasi

ABSTRACT

Mixing different types of vegetable oils for synthesis of biodiesel is one of the efforts for renewable alternative energy. Mixed oil of vegetable oils more potential because it is not difficult to finding raw materials and not useful yet. Vegetable oils mixture as raw materials used include: *Jatropha curcas* oil, nyamplung oil and waste cooking oil. The mixed and optimized compositions use the simplex lattice design method with a total mixture. The data to be obtained is the influence data of each mixed oil to decrease of FFA during esterification reaction. Simplex lattice design method is one of the methods available in the software *Design Expert 10.0*. The designs used to optimize the formula on different amounts of different material compositions. The biodiesel synthesis is run based on the experimental design produced by the *Expert Design 10.0* program. The use of lattice simplex method design: determination formula, optimizing formulation variable and total number of runs, keeping total concentration constant. ANOVA (*Analysis of variance*) to determine the significance of response analysis among variables and can know the suggested model. *Desirability* is a method that shows the program's ability to meet the criteria specified in the final product. The desired value that is critical to the desired product improvement program is so perfect.

Keywords: ANOVA, biodiesel, *desirability*, optimization, simplex lattice design method

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar minyak (BBM) sangat dibutuhkan oleh manusia pada era teknologi seperti sekarang. Selama ini, kebanyakan BBM diperoleh dari sumber energi berbasis fosil yang merupakan sumber daya tak terbarukan (*non-renewable*). Ketergantungan terhadap energi fosil terutama minyak bumi dalam pemenuhan konsumsi dalam negeri masih tinggi yaitu sebesar 96% (minyak bumi 48%, gas 18% dan batubara 30%) dari total konsumsi [1]. Oleh karena itu, perlu bahan bakar alternatif terbarukan. Bahan baku terbarukan yang menjanjikan adalah minyak nabati untuk produksi sintesis biodiesel [2]. Biodiesel dapat diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati dengan alkohol dan katalis basa [3]. Minyak nabati merupakan sumber bahan baku yang menjanjikan bagi proses produksi biodiesel karena bersifat terbarukan, dapat diproduksi dalam skala besar, dan ramah lingkungan [2]. Fluktuasi harga minyak nabati menyebabkan masalah lain dalam penggunaannya sebagai bahan baku biodiesel. Oleh karena itu, perlu dilakukan diversifikasi dengan menggunakan beberapa kombinasi campuran minyak nabati untuk dipakai sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel.

Komposisi campuran minyak nabati divariasikan antara minyak jelantah, jarak, dan nyamplung secara statistik dengan metode *simplex lattice design* dalam *software Design Expert 10.0*. Komposisi dibuat sedemikian rupa oleh *Design Expert 10.0* dengan menjadikan minyak jarak komponen tertinggi dan minyak jelantah komponen terendah. Penentuan tersebut berdasarkan besar potensi produksi di Indonesia yakni minyak biodiesel dari jarak pagar 557.842 ribu barel dengan luas lahan 49.531.700 ha, minyak jelantah 45.515 ribu barel [4] dan minyak nyamplung sebesar 284.200 ha atau 200 liter per hari [4].

Optimasi dilakukan dengan basis data konversi bilangan FFA hasil reaksi esterifikasi dari hasil variasi komposisi oleh *Design Expert 10.0*. Optimasi tersebut pun menggunakan metode *simplex lattice design* untuk mendapatkan komposisi optimum yang dapat mencapai nilai konversi setinggi-tingginya. Hasil luaran *simplex lattice design* merupakan jumlah *run*, penentuan formula optimum dengan jumlah total campuran yang konstan.

2. MINYAK NABATI SEBAGAI BAHAN BAKU SINTESIS BODIESEL

Minyak nabati adalah minyak yang diekstrak dari berbagai bagian tumbuhan. Minyak nabati pada umumnya memiliki kandungan asam lemak yang tinggi sehingga bisa dijadikan sebagai bahan baku produksi biodiesel. Bahan baku minyak nabati yang bisa digunakan antara lain: minyak jelantah, minyak jarak pagar, dan minyak nyamplung.

2.1. MINYAK JELANTAH

Minyak jelantah merupakan suatu limbah dari minyak goreng yang memiliki potensi besar untuk menghasilkan biodiesel. Minyak jelantah telah mengalami perubahan kimia akibat oksidasi dan hidrolisis sehingga dapat menyebabkan beberapa trigliserida akan terurai menjadi senyawa-senyawa lain, salah satunya *free fatty acid* (FFA) atau asam lemak bebas [5]. Kandungan FFA inilah yang kemudian akan diesterifikasi dengan metanol menghasilkan biodiesel. Sedangkan kandungan trigliseridanya ditransesterifikasi dengan metanol dan katalis basa yang menghasilkan biodiesel dan gliserol [6].

2. 2. MINYAK JARAK PAGAR

Jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) merupakan tanaman yang sejak puluhan tahun lalu sudah dimanfaatkan minyaknya sebagai bahan bakar. Ciri khas yang dimiliki minyak jarak adalah kandungan asam lemak tidak jenuh yang mengandung gugus hidroksil (*unsaturated hydroxyl fatty acid*), berupa *oleic acid*, atau yang biasa disebut asam oleat [7]. Kandungan FFA dalam minyak jarak pagar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak Jarak Pagar

FFA	Kadar
Asam miristat	0 – 0,1%
Asam palmitat	14,1 – 15,3%
Asam stearat	3,7 – 9,8%
Asam arachidic	0 – 0,3%
Asam behedic	0 – 0,2%
Asam palmitoleat	0 – 1,3%
Asam oleat	34,3 – 45,8%
Asam linoleat	29 – 44,2%
Asam linolenat	0 – 0,3%

Penelitian tentang sintesis biodiesel dari minyak jarak telah dilakukan oleh Kusumaningtyas, dkk. [8] menghasilkan kondisi operasi reaksi esterifikasi optimum pada suhu 60°C dengan perbandingan berat katalis 10% dan perbandingan molar metanol:minyak 120:1.

2. 3. MINYAK NYAMPLUNG

Nyamplung (*Calophyllum inopyllum*) merupakan suatu tanaman yang dimanfaatkan bijinya menjadi minyak nabati atau lebih dikenal dengan minyak nyamplung dan dapat dijadikan sebagai bahan baku biodiesel [9]. Kandungan asam lemak minyak nyamplung disajikan dalam Tabel 2.3. Menurut Mahfud dkk. [10] minyak nyamplung yang keluar dari mesin pres hidrolis berwarna hitam/gelap karena mengandung kotoran dari kulit dan senyawa kimia seperti alkaloid, fosfatida, karotenoid, klorofil dan lain-lain.

Campuran minyak nabati yang digunakan untuk bahan baku sintesis biodiesel harus dioptimasi untuk mendapatkan komposisi yang tepat dan efektif dengan menggunakan *software Design Expert*.

3. OPTIMASI DESIGN EXPERT MENGGUNAKAN METODE SIMPLEX LATTICE DESIGN

Penelitian optimasi sintesis biodiesel dengan campuran minyak dapat menggunakan *Response Surface Methodology* [11, 12]. Pendekatan *design of experiment* dari bahan baku campuran minyak nabati tidak mendukung *Response Surface Methodology* karena belum ada hasil penelitian sebelumnya dan akan terbatas pada prediksi titik-titik data yang akan diambil [13]. Metode yang cocok untuk penelitian ini adalah dengan Metode *simplex lattice design*. Kegunaan metode *simplex lattice design* diantaranya: penentuan formula [14], mengoptimalkan variabel formulasi dan mengetahui jumlah *run* [15], menjaga konsentrasi total tetap konstan [16].

Langkah-langkah optimasinya adalah penentuan komposisi campuran menggunakan metode *simplex lattice design* dilakukan dengan total campuran tertentu. Masing-masing minyak harus ditentukan batas minimal dan maksimal sehingga dapat diketahui respon pengaruh tiap-tiap campuran minyak [17]. Luaran akan memunculkan *design of experiment* meliputi jumlah *run* dan formulasinya. Setiap *run* dijalankan berdasarkan *design of experiment* kemudian dihasilkan data konversi FFA (*Free Fatic Acid*) yang akan diinputkan ke *Design Expert 10.0* dengan metode *simplex lattice design* untuk dioptimasi.

Setiap respon dari hasil eksperimen kemudian di uji ANOVA (*Analysis of variance*) untuk menentukan signifikansi analisis respon antar variabel dan dapat mengetahui model yang disarankan oleh *Design Expert* [17]. Hasil ANOVA yang dipilih adalah yang mempunyai nilai R^2 terbesar. R^2 terbesar menunjukkan bahwa model tersebut disarankan. Hasil ANOVA menunjukkan nilai komponen variabel berpengaruh nyata (signifikan) terhadap respon konversi penurunan nilai FFA jika *Lack of Fit (F-Value)* sebesar $<0,05$ dan jika $>0,05$ menunjukkan *Lack of Fit* yang tidak signifikan [18]. Nilai *Lack of Fit* yang tidak signifikan merupakan syarat untuk model yang baik karena menunjukkan adanya kesesuaian data respon dengan model [18].

Optimasi kemudian dilakukan dengan metode *simplex lattice design*. Metode ini akan mengoptimasi sesuai data variabel dan data pengukuran respon yang dimasukkan. Keluaran dari tahap optimasi adalah rekomendasi beberapa formula baru yang optimal menurut program. Optimasi dilakukan dengan menentukan batasan (*goal*) kriteria respon yang dikehendaki dengan *range* yang memungkinkan untuk dicapai. Formula yang paling optimal adalah formula dengan nilai *desirability* maksimum. Nilai *desirability* merupakan nilai fungsi untuk tujuan optimasi yang menunjukkan kemampuan program untuk memenuhi keinginan berdasarkan kriteria yang ditetapkan pada produk akhir. Nilai *desirability* yang semakin mendekati nilai 1,0 menunjukkan kemampuan program untuk menghasilkan produk yang dikehendaki semakin sempurna [19].

4. KESIMPULAN

Campuran minyak nabati antara minyak jarak, minyak nyamplung, dan minyak jelantah sebagai bahan baku sintesis biodiesel dapat ditentukan komposisi sekaligus diketahui optimasi komposisinya dengan *Design Expert 10.0* menggunakan *simplex lattice design method*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewan Energi Nasional, *Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025*, 2015.
- [2] I.G. Wenten, *Review Proses Produksi Biodiesel dengan Menggunakan Membran Reaktor*, Seminar Rekayasa Kimia dan Proses, *Pusat Penelitian Bioteknologi ITB*, 2010.
- [3] R.D. Kusumaningtyas, A. Budiman, S. Sutijan, S. Purwono, *Design of Reactive Distillation Process for A Sustainable Biodiesel Production from Palm Oil*, *Paper Presented at the World Congress on Oils and Fats & 28th ISF Congress Page 2*, 2009.

- [4] P. Kunchahyo, Z. Aguk, M. Fathallah, Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia, *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [5] Dogan, H. Tuba, The Testing of The Effects of Cooking Conditions On The Quality of Biodiesel Produced from Waste Cooking Oils, *Ataturk University*, 2016
- [6] L.C. Meher, C.P. Churamani, M.D. Arif, Z. Ahmed, dan S.N. Naik, Jatropha curcas as A Renewable Source for Bio-fuels — A Review, *Renewable and Sustainable Energy reviews*, vol. 26, hal. 397-407. 2013.
- [7] I.W. Suirta, Preparasi Biodiesel dari Minyak Jelantah Kelapa Sawit, *Jurnal Kimia*, Universitas Udayana. 2009.
- [8] R.D. Kusumaningtyas, P.A. Handayani, Rochmadi, S. Purwono, dan A. Budiman, Tin (II) Chloride Catalyzed Esterification of High FFA Jatropha Oil: Experimental and Kinetics Study, *Int. Journal of Renewable Energy Development (IJRED)*, 2014.
- [9] T. Marton,. Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Callophyllum inophyllum*) dari Spiritus dengan Katalisator Kapur Tanor, *Jurnal Natur Indonesia*, vol. 13, hal. 112-117. 2011.
- [10] Mahfud, L. Qadariyah, S. Jatranti, R. Muhammad, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro, *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 3, 2014.
- [11] S. Dharma, H.H. Masjuki, H. C. Ong, A.H. Sebayang, A.S. Silitonga, F. Kusumo, T.M.I. Mahlia, Optimization of Biodiesel Production for Mixed Jatropha curcas-Ceiba pentandra Biodiesel Using Response Surface Methodology: *Journal of Energy Conversion and Management*. 2016
- [12] P. Saeong, M. Saisriyoot, A. Thanapimmetha, P. Srinophakun, The Response Surface Optimization of Steryl Glucosides Removal in Palm Biodiesel Using Silica Adsorption. *Journal of Fuel*. 2017
- [13] Nugroho, A. Kharis, “Pemanfaatan Piranti Lunak (Software) dalam Bidang Design of Experimentation (DOE) untuk Teknologi Farmasi”, *Seminar Nasional*, 2014
- [14] N.A. Armstrong, James, Pharmaceutical Experimental Design and Interpretation, *Taylor and Francis*, hal. 205-222, 1996.
- [15] A. Nanda, J. Khanam, K.S. Das, Optimization of Preparation Method for Ketoprofen-Loaded Microspheres Consisting Polymeric Blends using Simplex Lattice Mixture Design. *Materials Science & Engineering C*. 2016
- [16] S. D. Prajapati, D.L. Patel, Floating Matrix Tablets of Domperidone: Formulation And Optimization using Simplex Lattice Design. *Thai J. Pharm. Sci.*, vol. 33, hal. 113-122. 2009.

- [17] M. Babaki, M. Yousefi, Z. Habibi, M. Mohammad, Process Optimization for Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Multi-Enzyme Systems Through Response Surface Methodology, *Journal of Renewable Energy*, 2017.
- [18] S. Keshani, A.L. Chuah, M.M. Nourouzi, A.R. Russly, B. Jamilah, Optimization of Concentration Process on Pomelo Fruit Juice Using Simplex Lattice Design, *International Food Research Journal*, vol 17, hal. 733–742, 2010.
- [19] S. Raissi, R.E. Farzani, Statistical Process Optimization Through Multi-Response Surface Methodology, World Academy of Science, *Engineering and Technology*, hal. 267–271, 2009.