



OPTIMASI KONDISI PROSES TRANSESTERIFIKASI IN-SITU DARI BIJI MAHONI (*SWIETENIA MAHAGONI*) MENGUNAKAN METODE *RESPONSE SURFACE* *METHODOLOGY*

Salsa Pradesti, Meriatna*, Masrullita, Rizka Mulyawan, Syamsul Bahri, Zulmiardi

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

*e-mail: meriatna@unimal.ac.id

Abstrak

Bahan bakar pengganti diesel yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui biasanya terbuat dari minyak tumbuhan dan lemak hewan. Minyak tumbuhan mahoni mengandung 52,5%, yang merupakan minyak non pangan yang mengandung trigliserida dan dapat digunakan untuk membuat biodiesel. Transesterifikasi in situ adalah inovasi dalam produksi biodiesel yang menyederhanakan proses konvensional dengan menggabungkan proses ekstraksi dan transesterifikasi menjadi satu tahap. Penelitian ini sebelumnya sudah pernah dilakukan, yang belum pernah dilakukan adalah pengolahan biodiesel dari biji buah mahoni dengan menggunakan metode response surface methodology (RSM). Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari sifat biodiesel yang dibuat dari biji mahoni melalui proses transesterifikasi in-situ. Dengan menggunakan RSM (Response Surface Methodology), kami dapat menentukan waktu reaksi dan volume metanol yang ideal untuk transesterifikasi in-situ biodiesel dari biji mahoni. Variabel bebas yang dipelajari adalah variasi volume pelarut (800,900,1000 ml) dan waktu reaksi transesterifikasi in situ (60,120,180 menit) dan diamati hasil optimasinya terhadap yield, densitas, bilangan asam dan viskositas. Yield paling optimal didapat pada variasi volume pelarut dan waktu reaksi 1000 ml dan 180 menit yaitu 28,492%. Hasil GC-MS biodiesel minyak biji mahoni yaitu asam linoleat sebesar 26,76% dan 19,96%, asam oleat 19,31% dan asam stearat sebesar 15,86%.

Kata Kunci : Minyak biji mahoni, biodiesel, transesterifikasi in situ, yield, katalis, dan RSM.

DOI : <https://doi.org/10.29103/cejs.v5i1.19143>

1. Pendahuluan

Energi adalah kebutuhan sosial. Pertumbuhan penduduk di Indonesia menyebabkan peningkatan konsumsi listrik, sehingga mengancam peran energi tak terbarukan. Oleh karena itu, potensi energi terbarukan seperti bioenergi (bioetanol, biodiesel, biomassa) harus dimanfaatkan dan dimanfaatkan secara maksimal di Indonesia. (Al Hakim, 2020).

Biodiesel merupakan senyawa monoalkil ester yang dihasilkan dari berbagai trigliserida tumbuhan dan hewan melalui proses yang dikenal sebagai transesterifikasi trigliserida dengan ester metanol atau etanol dan gliserin serta esterifikasi asam lemak bebas. Biodiesel, yang dapat dibuat dari minyak nabati dan hewani terbarukan, memiliki emisi CO dan CO₂ yang rendah dan merupakan sumber energi alternatif terbarukan.

Transesterifikasi in situ mengubah trigliserida dari bahan baku tumbuhan dan hewan menjadi biodiesel tanpa ekstraksi sebelumnya. Selain itu, pemurnian terjadi dalam reaktor karena bahan baku, pelarut, dan katalis berinteraksi langsung satu sama lain. Transesterifikasi in situ melibatkan ekstraksi minyak bumi dan bahan baku minyak bumi sekaligus untuk menghasilkan biodiesel, dengan alkohol berfungsi sebagai pelarut ekstraksi dan reagen selama proses tersebut.

Kandungan minyak biji mahoni lebih tinggi dibandingkan dengan biji jarak pagar yaitu sekitar 30% hingga 50. Komposisi asam lemak minyak biji mahoni adalah asam sulfonat dari minyak mahoni (*Swietenia mahagoni* Linn) terdiri dari (10,41%), asam palmitat, pereaksi natrium bisulfit (21,39%), asam oleat (64,62%) dan asam lainnya metil ester asam (3,58%) (Metil et al., 2022).

Optimasi produksi biodiesel dari bahan baku jarak pagar kepal menggunakan metode ekstraksi reaktif (transesterifikasi in situ) dengan uji RSM menggunakan CCD. Suhu yang digunakan 60,65 °C dan 70 °C, waktu pergantian 100, 150, dan 200 menit masing-masing, serta kecepatan pengadukan 400 rpm. Hasil maksimal diperoleh pada suhu 65°C dan waktu 150 menit, dengan rendemen konversi sebesar 28,51%. Sedangkan titik terendah terjadi pada suhu 62-65°C, waktu 120 menit, dan rendemen 16,55% (Setiawan et al., 2018).

Penelitian ini sebelumnya sudah pernah dilakukan, yang belum pernah dilakukan adalah pengolahan biodiesel dari biji buah mahoni dengan menggunakan metode response surface methodology (RSM).

Optimasi produksi biodiesel dari bahan biji jarak pagar menggunakan metode ekstraksi reaktif (transesterifikasi in situ) dengan uji RSM menggunakan CCD. Menggunakan pelarut CH₃OH dengan katalis KOH 8%, suhu reaksi 55, 60, dan 65 °C, serta waktu reaksi 60, 120, dan 180 menit. Rendemen tertinggi sebesar

12,80% pada waktu 120 menit pada suhu 60 °C dan rasio molar 1:5 (Putri et al., 2018).

2. Bahan dan Prosedur

Alat yang diperlukan untuk penelitian ini termasuk : buah mahoni, katalis NaOH pallet, metanol 96%, *aquadest*, Indikator *fenolftalein* (PP), Batang pengaduk, gelas kimia 50 ml dan 10 ml, buret, labu erlenmeyer, gelas ukur 50 ml dan 100 ml dan 100 ml, alat distilasi, labu leher tiga, *magnetic stirrer*, pendingin balik, statif dan klem, *thermometer*, neraca analitik, kertas saring, corong pisah, alat GC-MS (*Gas Chromatography- Mass Spectrometry*).

Penelitian ini terdiri dari dua bagian yaitu penyiapan bahan baku dan proses transesterifikasi in-situ menggunakan metode respon permukaan (RSM). Variasi volume pelarut yang digunakan adalah 800, 900, dan 1000 ml, serta waktu reaksi 60, 120, dan 180 menit. Variabel yang diuji pada penelitian ini adalah rendemen, densitas, bilangan asam, dan viskositas. Penyiapan bahan baku diawali dengan pemisahan biji mahoni dari buahnya. Masukkan butiran pati ke dalam oven dengan suhu 80°C selama ± 6 jam untuk mengurangi jumlah air. Selanjutnya haluskan biji mahoni dengan blender dan simpan dalam wadah kedap udara. Untuk proses transesterifikasi in situ, metanol, 100 gram bubuk biji mahoni, dan 2,5 gram katalis NaOH dengan jumlah yang telah ditentukan ditambahkan ke dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan alat refluks. Kemudian aduk dan panaskan pada suhu 60°C hingga waktu pemaparan yang ditentukan. Setelah mencapai waktu reaksi, reaksi dihentikan, campuran endapan dan filtrat dipisahkan menggunakan kertas saring, lalu filtratnya dihilangkan, endapan berupa serbuk biji mahoni, dan filtratnya merupakan campuran metanol dan metil ester. Campuran metanol dan metil ester dipisahkan menggunakan alat destilasi pada suhu 70°C hingga hasil destilasi tidak turun. Residu berupa metil ester dimasukkan ke dalam corong pisah diamkan ± 12 jam hingga terbentuk dua lapisan (lapisan gliserin di bawah dan lapisan metil ester di atas). Massa lapisan anhidrat atas ditimbang dan dianalisis menggunakan GC-MS (spektrometri massa kromatografi gas). Konsentrasi senyawa yang terkandung dalam suatu produk dapat ditentukan dari hasil analisis GC-MS.

3. Hasil Dan Diskusi

Banyak metode penelitian telah dikembangkan mengenai ekstraksi minyak dari biji mahoni, dan banyak penelitian yang dilakukan untuk mengubah minyak biji mahoni menjadi biodiesel. Sampai saat ini belum dilakukan penelitian yang mengkaji secara komprehensif produksi metil ester dari minyak biji mahoni melalui proses transesterifikasi in situ menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM). Percobaan dengan metode ini berfokus pada efektivitas produksi Biodiesel diproduksi menggunakan metode permukaan respon (RSM) pada luas penampang dengan penanda metil ester.

3.1 Persamaan Regresi Volume Metanol dan Waktu Reaksi Terhadap Yield (%)

A. Validasi model statistik.

Adapun tabel 1 menunjukkan validitas hasil prediksi model terhadap hasil eksperimen, serta perbandingan nilai hasil antara eksperimen dan prediksi.

Tabel 1 Hasil antara eksperimen dan prediksi

Run	volume pelarut (ml)	waktu reaksi (menit)	Yield	Prediksi	% Error
1	800	180	25,9551	23,5462	0,0928
2	1000	60	26,2865	22,8017	0,1325
3	1041	120	25,1455	31,5806	0,2037
4	900	120	18,5599	18,2639	0,0159
5	758	120	27,2834	24,5870	0,0988
6	900	204	15,8742	22,2873	0,2877
7	1000	180	35,2064	28,4916	0,1907
8	900	35	15,4385	14,2405	0,0775
9	800	60	12,7316	17,8563	0,2869

Persamaan yang dihasilkan dari tabel diatas adalah sebagai berikut:

$$Y_1 = 388,02970 - 0,859073 A + 0,047416 B + 0,000491 A^2$$

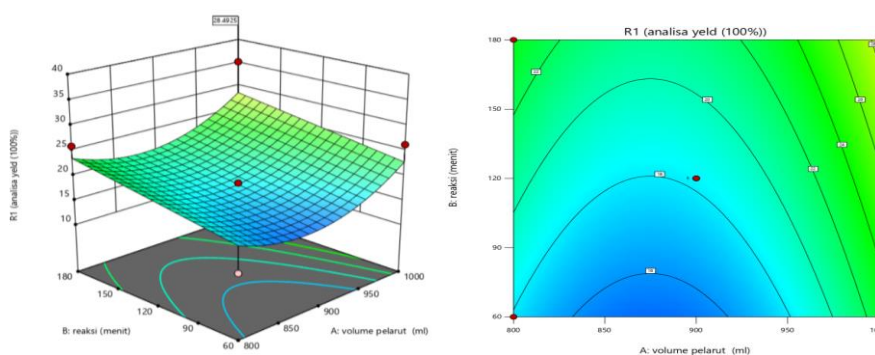
B. Analysis Of Variance (ANOVA) Model Kuadratic

Tabel 2 menunjukkan hasil analisis varians data (ANOVA) untuk kinerja secara keseluruhan. ANOVA untuk model kuadrat menunjukkan penurunan pengaruh model penelitian ANOVA yang signifikan terhadap kinerja keseluruhan (%) yang dicapai.

Tabel 2 Hasil analisis varians (ANOVA)

Sumber	Jumlah Kuadrat	DF	Mean Square	F Value	P Value	Keterangan
Model	284,28	3	94,76	4,71	0,0305	<i>signifikan</i>
A-Volume Pelarut	48,92	1	48,92	2,43	0,0243	
B-Waktu Reaksi	64,75	1	64,75	3,22	0,0322	
A ²	170,61	1	170,61	8,48	0,0172	
Residual	180,98	9	20,11			
Lack of fit	180,98	5	36,20			
Pure error	0,0000	4	0,0000			
Cor total	465,26	12				

(Sumber : Software Design Expert 13.)

C. Optimasi Volume Pelarut Dan Waktu Reaksi Biodiesel Terhadap Yield**Gambar 1** Grafik Hasil Optimum Dari Yield

Berdasarkan Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa grafik yang diperoleh dengan hasil optimal untuk volume pelarut dan waktu reaksi optimal yaitu 1000 ml dan 180 menit adalah 28,4925. Ini menunjukkan bahwa akan ada lebih banyak jumlah pelarut maka semakin lama waktu reaksi yang digunakan. Semakin lama waktunya maka hasil yang dicapai akan semakin tinggi dan optimal. Menurut Hayyan et al., 2010 Peningkatan suhu menyebabkan molekul bergerak lebih cepat, memutus ikatan karbon pada trigliserida. Namun jika suhu terlalu tinggi, kesetimbangan reaksi dapat terganggu. Hal ini sesuai dengan pernyataan Julia (2007) bahwa penurunan laju konversi biodiesel mungkin disebabkan oleh hilangnya beberapa molekul akibat penguapan.

3.2 Persamaan Regresi Volume Metanol dan Waktu Reaksi Terhadap Densitas (gr/ml)

A. Validasi Model Statistic

Memvalidasi hasil prediksi dengan membandingkan nilai densitas antara hasil eksperimen dan prediksi. Seperti yang ditunjukkan dalam tabel 4:

Tabel 4 Nilai Densitas antara hasil eksperimen dan prediksi.

Run	volume pelarut	waktu reaksi	Densitas	Prediksi	% Error
1	800	180	0,7862	0,4721	0,03995
2	1000	60	0,8132	0,7622	0,0627
3	1041	120	0,812	0,6812	0,1497
4	900	120	0,7149	0,5721	0,1997
5	758	120	0,7529	0,5945	0,2103
6	900	204	0,8231	0,8231	0,5016
7	1000	180	0,8501	0,5090	0,4012
8	900	35	0,7339	0,7438	0,0133
9	800	60	0,6766	0,6766	0,0342

(Sumber : Software Design Expert 13)

Hasil analisis tentang pengaruh waktu reaksi dan volume metanol terhadap densitas ditunjukkan dalam tabel 4. Persamaan yang dihasilkan adalah sebagai berikut: $Y_2 = 2,97045 - 0,005371A - 0,000091 B - 0,0000020291 AB + 0,000003289 A^2 + 0,00001 B$.

Data analisis perbedaan (ANOVA) untuk jumlah total densitas. ANOVA untuk model quadratic menunjukkan dampak yang besar dalam model penelitian ANOVA jumlah total densitas yang diperoleh. Tabel 5 menunjukkan hal ini.

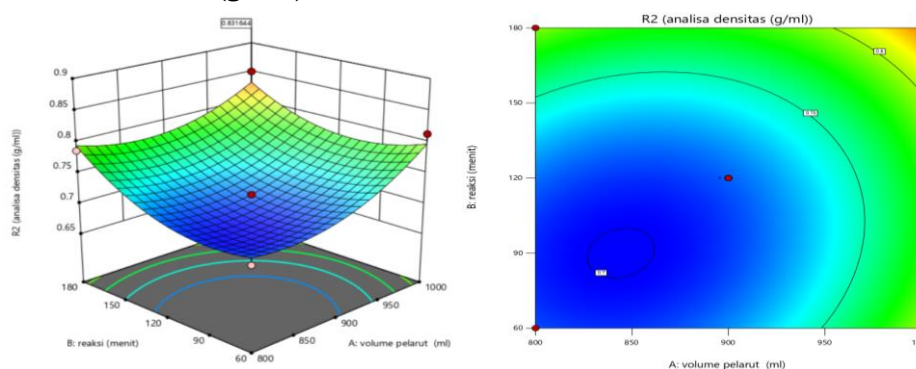
Tabel 5 Analisis Perbedaan (ANOVA) Untuk Jumlah Total Densitas.

Sumber	Jumlah Kuadrat	DF	Mean Square	F Value	P Value	Keterangan
Model	0,0297	5	0,0059	26,23	0,0002	signifikan
A-Volume Pelarut	0,0075	1	0,0075	33,14	0,0007	
B-Waktu Reaksi	0,0069	1	0,0069	30,44	0,0009	
AB	0,0006	1	0,0006	2,62	0,1494	
A ²	0,0075	1	0,0075	33,30	0,0007	
B ²	0,0091	1	0,0091	40,09	0,0004	
Residual	0,0016	7	0,0002			

Lack of fit	0,0016	3	0,0005			
Pure error	0,0000	4	0,0000			
Cor total	0.0312	12				

(Sumber : Software Design Expert 13.)

C. Optimasi Volume Pelarut Dan Waktu Reaksi Biodiesel Terhadap Densitas (gr/ml)



Gambar 2 Grafik Hasil Optimum Dari Densitas

Berdasarkan Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa grafik yang diperoleh dengan jumlah pelarut dan waktu reaksi optimal yaitu 1000 ml dan 180 menit adalah $0,8316 \text{ g/cm}^3$. Hal ini menunjukkan hasil densitas optimal sebesar $0,8316 \text{ g/cm}^3$. Nilai densitasnya ($0,85$ hingga $0,89 \text{ g/cm}^3$) sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). Jika densitas biodiesel lebih tinggi dari yang seharusnya, maka akan terjadi reaksi tidak seimbang pada proses konversi minyak. Biomassa dengan kualitas ini sebaiknya tidak digunakan pada mesin karena meningkatkan kelelahan mesin, menghasilkan gas buang dan merusak mesin. Apabila nilai densitas tidak sesuai SNI maka akan menyebabkan pembakaran tidak sempurna, peningkatan zat pencemar, mesin kering dan kerusakan mesin (Ristianingsih dkk., 2015).

3.3 Persamaan Regresi Pengaruh Volume Metanol dan Waktu Reaksi Terhadap Bilangan Asam (mg-KOH/g)

A. Validasi Model Statistic

Salah satu cara untuk membuktikan model yang diusulkan adalah dengan validasi hasil prediksi terhadap data hasil eksperimen dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Validasi Hasil Prediksi Terhadap Data Hasil Eksperimen

Run	Volume pelarut	Waktu reaksi	Bilangan Asam	Prediksi	% Error
1	800	180	0,72	0,6898	0,0419
2	1000	60	0,74	0,7672	0,0354
3	1041	120	0,68	0,6409	0,0574
4	900	120	0,59	0,5877	0,0038
5	758	120	0,63	0,6620	0,0483
6	900	204	0,70	0,6953	0,0067
7	1000	180	0,61	0,6299	0,0316
8	900	35	0,83	0,8258	0,0050
9	800	60	0,76	0,7371	0,0301

(Sumber : Software Design Expert 13)

Hasil analisis tentang bagaimana waktu reaksi dan volume metanol mempengaruhi jumlah asam ditunjukkan dalam tabel 7. Persamaan yang dihasilkan adalah sebagai berikut: $Y_3 = 3,26954 - 0,005361 A - 0,003154B - 0,00000375AB + 0,0000032A^2 + 0,000024B$.

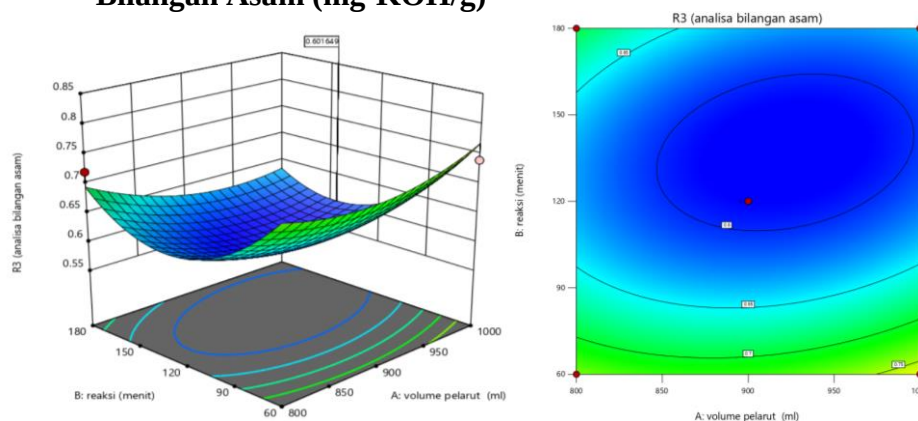
B. Analysis Of Variance (ANOVA) Model Quadratic

Data analisis perbedaan (ANOVA) untuk jumlah total asam. ANOVA untuk model quadratic menunjukkan banyak keuntungan dari model penelitian ANOVA jumlah total asam yang didapat. Anda dapat melihatnya di tabel 8.

Tabel 8 Model Penelitian ANOVA Jumlah Total Asam

Sumber	Jumlah Kuadrat	DF	Mean Square	F Value	P Value	Keterangan
Model	0,0736	5	0,0147	20,32	0,0005	significant
A-Volume Pelarut	0,0004	1	0,0004	0,6064	0,4616	
B-Waktu Reaksi	0,0157	1	0,0157	21,60	0,0023	
AB	0,0020	1	0,0020	2,79	0,1385	
A ²	0,0071	1	0,0071	9,75	0,0168	
B ²	0,0525	1	0,0525	72,46	0,0001	
Residual	0,0051	7	0,0007			
Lack of fit	0,0051	3	0,0017			
Pure error	0,0000	4	0,0000			
Cor total	0,0787	12				

C. Optimasi Volume Pelarut Dan Waktu Reaksi Biodiesel Terhadap Bilangan Asam (mg-KOH/g)



Gambar 3 Grafik Hasil Optimum Dari Bilangan Asam

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa grafik yang diperoleh dengan jumlah pelarut dan waktu reaksi optimal yaitu 973,948 ml dan 118,013 menit adalah 0,6016. Standar (SNI), nilai asam hingga 0,8%.

3.4 Persamaan Regresi Pengaruh Volume Metanol dan Waktu Reaksi terhadap Viskositas (Cst)

A. Validasi Model Statistic

Tabel 10 Analisis Pengaruh Waktu Reaksi dan Volume Metanol Terhadap Bilangan Asam

Run	volume pelarut	waktu reaksi	Viskositas	Prediksi	% Error
1	800	180	2,55	1,0539	0,5866
2	1000	60	2,61	2,4017	0,0798
3	1041	120	2,47	1,9835	0,1969
4	900	120	2,68	1,8234	0,3196
5	758	120	2,71	2,0009	0,2616
6	900	204	2,73	0,8617	0,6843
7	1000	180	3,03	1,4016	0,5374
8	900	35	2,81	2,7852	0,0088
9	800	60	2,88	5,0769	0,4327

(Sumber : Software Design Expert 13)

Menurut tabel 10, hasil analisis tentang pengaruh waktu reaksi dan volume metanol terhadap bilangan asam ditunjukkan sebagai persamaan berikut: $Y_4 = 13,311325 - 0,01884 A - 0,038382 B + 0,000030 AB + 0,0000084 A^2 + 0,0000084 A^2 + 0,000048 B^2$.

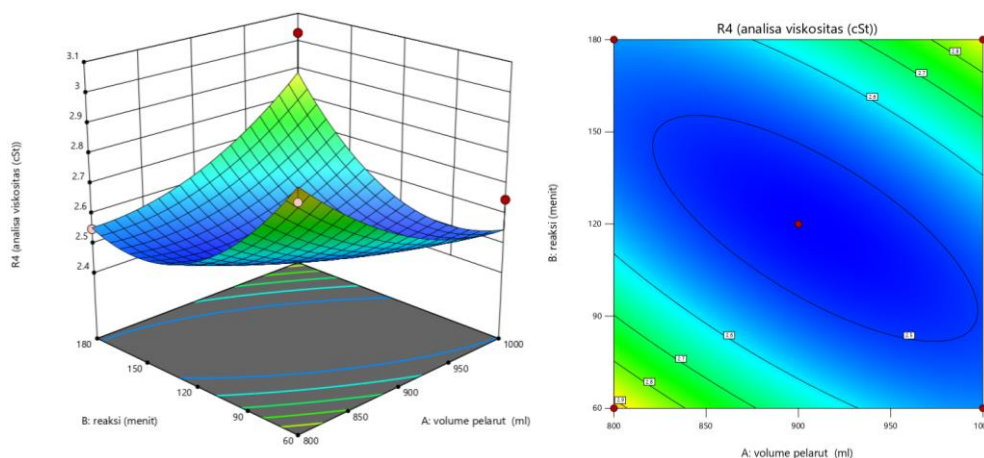
B. Analysis Of Variance (ANOVA) Model Quadratic

Data analisis perbedaan (ANOVA) untuk jumlah total viskositas. ANOVA untuk model quadratic Pengaruh signifikan ditunjukkan pada model penelitian ANOVA jumlah total viskositas yang diperoleh. Tabel 11 menunjukkan hal ini.

Tabel 11 Analisis Perbedaan (ANOVA) Untuk Jumlah Total Viskositas

Sumber	Jumlah Kuadrat	DF	Mean Square	F Value	P Value	Keterangan
Model	0,03659	5	0,0732	7,79	0,0089	<i>significant</i>
A-Volume Pelarut	0,0010	1	0,0010	0,1064	0,7539	
B-Waktu Reaksi	0,0005	1	0,0005	0,0530	0,8244	
AB	0,1260	1	0,1260	13,41	0,0080	
A ²	0,0495	1	0,0495	5,27	0,0553	
B ²	0,2115	1	0,2115	22,51	0,0021	
Residual	0,0658	7	0,0094			
Lack of fit	0,0658	3	0,0219			
Pure error	0,0000	4	0,0000			
Cor total	0,4317	12				

C. Optimasi Volume Pelarut Dan Waktu Reaksi Biodiesel Terhadap Viskositas (Cst)



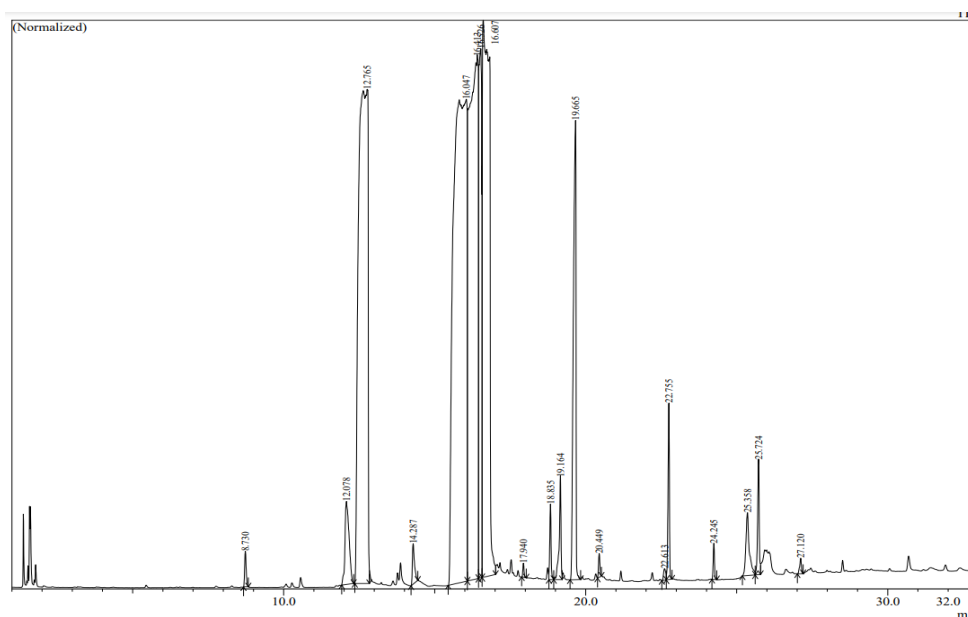
Gambar 4 Grafik Hasil Optimum Dari Viskositas

Berdasarkan Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa grafik hasil optimal adalah 2,504 karena jumlah pelarut dan waktu reaksi optimal adalah 973,948 ml dan 118,013 menit. Hal ini menunjukkan bahwa hasil viskositas optimal adalah 2,504 berdasarkan nilai viskositas standar nasional (SNI) Indonesia. Nilai viskositas yaitu (2,3–6 cSt). Viskositas adalah angka yang mengukur ketahanan suatu bahan cair terhadap aliran, atau ketahanannya terhadap geser. Semakin tinggi viskositas maka semakin tinggi pula viskositasnya dan semakin sulit

mengalir. Jika bahan bakar diesel terlalu kaya, maka akan mengalir, sulit dipompa, dan sulit menyala sebaliknya jika minyak solar terlalu encer maka penyaluran bahan bakar menjadi sulit, sulit terbakar, dan pipa pada pipa injeksi rusak (Satyavati dan Eduar, 2012).

3.6 Analisis Metil Ester Menggunakan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS).

GC-MS adalah teknik kromatografi gas yang digunakan bersama dengan spektrometri massa untuk menganalisis senyawa dalam sampel. Kromatografi gas digunakan untuk mendeteksi senyawa yang mudah diserap pada kondisi vakum tinggi dan tekanan rendah. Dalam penelitian ini, sampel 1000 ml volume pelarut dan 180 menit waktu reaksi digunakan untuk menganalisis pengaruh volume pelarut dan waktu reaksi pada Proses transesterifikasi minyak biji mahoni secara in situ didasarkan pada kondisi biologis yang dihasilkan, yang akan digunakan sebagai biodiesel. Selanjutnya, ester dengan rantai karbon yang lebih panjang mengikuti setelahnya. Hasil analisis komposisi senyawa biodiesel terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5 Grafik Hasil Uji Kromatografi Gas-Spektrofotometer Massa (GC-MS)

Tabel 13 Hasil Uji Kromatografi Gas-Spektrofotometer Massa (GC-MS)

No.	Nama	% Area
1.	Asam Linoleat	26,76% dan 19,96%
2.	Asam Oleat	19,31%
3.	Asam Stearat	15,86%
4.	Asam Palmitat	0,90%

Gambar 5 di atas menampilkan hasil kromatografi GC-MS untuk menganalisis komposisi metil ester dalam minyak biji mahoni. Dari kromatogram, terlihat keberadaan Sembilan belas Metil ester asam lemak dalam minyak biji mahoni. Komponen utama yang paling dominan adalah puncak kelima dan keenam yaitu mengandung asam linoleat sebesar 26,76% dan 19,96%. Kandungan lainnya terdapat pada puncak ke tiga, yakni mengandung asam oleat sebesar 19,31%. Asam oleat adalah jenis asam lemak yang sering ditemukan dalam minyak nabati. Pada puncak kedelapan terdapat Asam stearat sebanyak 15,86%. Selain asam linoleat, asam oleat, dan asam stearat, terdapat juga asam palmitat pada puncak ke-17 sebesar 0,90%. Penelitian oleh Damayanti (2012) menunjukkan bahwa biodiesel minyak biji mahoni mengandung 0,18% asam palmitat, 15,52% asam stearat, 62,38% asam linoleat, dan 20,29% asam oleat.

4. Kesimpulan dan Saran

Yield optimal diperoleh pada variasi volume pelarut dan waktu reaksi 1000 ml dan 180 menit sebesar 28,492%. Densitas optimal terjadi pada volume pelarut 1000 ml dan waktu reaksi 180 menit, dengan nilai 0,832 gr/cm³. Bilangan asam paling optimal adalah 0,582 gr/ml dengan variasi volume pelarut 973,948 ml dan waktu reaksi 118,013 menit. Viskositas optimal terjadi pada volume pelarut 973,948 ml dan waktu reaksi 118,013 menit, dengan nilai 2,504 cSt. Hasil GC-MS biodiesel minyak biji mahoni menunjukkan komposisi asam linoleat sebesar 26,76% dan 19,96%, asam oleat 19,31%, serta asam stearat 15,86% pada sampel volume pelarut 1000 ml dan waktu reaksi 180 menit.

Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan tentang pemanfaatan minyak biji mahoni melalui optimasi transesterifikasi in situ dengan memvariasikan jenis pelarut, waktu reaksi, suhu reaksi, dan katalis.

5. Daftar Pustaka

1. Al Hakim, R. R. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1–11.
<https://doi.org/10.57084/andasih.v1i1.374>
2. Alfayed, D., & Riefani, M. K. (2022). Kajian Etnobotani Mahoni (Swietenia mahagoni) Di Kawasan Desa Sabuhur Kabupaten Tanah Laut. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 3(1), 1–8.
<https://doi.org/10.31002/nectar.v3i1.2422>
3. Bani, O., David, & Febianto, T. (2022). Pengujian Kualitas Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Dengan Katalis Heterogen Abu Daun Kucai (Allium schoenoprasum): Parameter Berat Katalis, Rasio Mol Minyak Terhadap Metanol dan Waktu Reaksi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), 80–88.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v11i2.8924>
4. Bernandus Petrus, Andika Prasetyo Sembiring, & Mersi Suriani Sinaga. (2015). Pemanfaatan Abu Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Katalis Dalam Pembuatan Metil Ester Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2), 13–19.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v4i2.1465>
5. Media, F. (2020). *Biodiesel Production by Lipase-Catalyzed In Situ Transesterification of Rapeseed Oil Containing a High Free Fatty Acid Content with Ethanol in Diesel*.
<https://doi.org/10.3390/en13102588>
6. Indrayati, P., Kasmiyatun, M., & Firyanto, R. (2022). Pembuatan Biodiesel Dari Dedak Padi Dengan Metode Esterifikasi in-Situ. *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering*, 3(1), 8.
<https://doi.org/10.56444/cjce.v3i1.3024>
7. Jazuli, M., & Wibowo, A. A. (2023). Biodiesel Sebagai Sumber Energi Terbarukan: Proses Dan Teknologi Terkini. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 445–450.
<https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.154>
8. Putri, R. A., Muhammad, A., & Ishak, I. (2018). Optimasi Proses Pembuatan Biodiesel Biji Jarak Pagar (Jatropha Curcas L.) Melalui Proses Ekstraksi Reaktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(2), 16.
<https://doi.org/10.29103/jtku.v6i2.472>
9. Setiawan, W., Azhari, A., & Sylvia, N. (2018). OPTIMASI PROSES PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI JARAK KEPYAR (Ricinus communis L.) DENGAN METODE EKSTRAKSI REAKTIF. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(1), 45.
<https://doi.org/10.29103/jtku.v6i1.468>
10. Winata, I. P., & Putri, A. D. (2019). Biji Mahoni sebagai Antioksidan. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 1(1), 89–94.
<https://doi.org/10.37287/jpppp.v1i1.26>