

OPTIMASI PROSES EKSTRAKSI MINYAK DAN RESIN DARI BIJI NYAMPLUNG (*Calophyllum inophyllum* L.)

MUH YUNUS BS



DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2019



Gita Cipta Mita IPB University

Misi Cipta Mitaningri (Umahing-urindang)

1. Diarahke meingutib sabaguna asal salitrah boga sun na tarpa mihicangomuar dan mipebedakan kumbar :

- a. Penguatiran hiasa arbak kembanghigan sendidihai, awasaitiran, perulisan kanya emiah, pemaksimalan lepatron, pemulisan kritis atau tumpang sasar mandak
 - b. Penguatiran tidak meingutib kopekidigian yang wajar IPB University
2. Diarahke meingumuhikan dan meingobernyak kelugan asal salitrah kanya bula na diarah ke-nyak apapan tarpa ipb IPB University

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA*

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Optimasi Proses Ekstraksi Minyak dan Resin Dari Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, September 2019

Muh Yunus BS
NIM F34150058



Ghalia cipta milik IPB University

Hal Cipta (Hindering) Undang-undang

1. Dilakukan sebagai atau sebagai karya yang terdapat pencampuran dan penyediaan sumber :

- a. Penggabungan hasil karya orang lain yang sudah diterbitkan, swastaker, penerbitan karya ilmiah, penemuan-penemuan, penemuan-penemuan atau terjemahan suatu masalah.
- b. Penggabungan tidak mengandung kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilakukan menggunakan dan menyalinnya sebagai atau sebagai karya tulis yang dapat dipertanggungjawabkan terapan oleh IPB University.

ABSTRAK

MUH YUNUS BS. Optimasi Proses Ekstraksi Minyak dan Resin Dari Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.). Dibimbing oleh IKA AMALIA KARTIKA.

Permintaan bahan bakar minyak terus meningkat sementara ketersediaannya terbatas, sehingga substitusi bahan bakar nabati dari minyak nyamplung menjadi alternatif solusi yang tepat. Nyamplung memiliki keunggulan diantaranya kandungan minyak tinggi, produktivitas tinggi, dan resin sebagai produk samping memiliki potensi sebagai bahan baku industri farmasi, sehingga perlu dilakukan optimasi untuk menghasilkan rendemen minyak dan resin optimal dengan mutu baik. Tujuan penelitian ini untuk memaksimalkan rendemen minyak dan resin dengan mengoptimasi kondisi proses meliputi waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan. Rancangan percobaan yang digunakan adalah *central composite design* dan optimasi dilakukan dengan menggunakan *response surface method*. Berdasarkan hasil analisis dengan *response surface method*, model yang paling cocok untuk memaksimalkan rendemen minyak dan resin adalah polinomial orde kedua. Rendemen minyak optimum (63.49%) diperoleh pada waktu ekstraksi 5.21 jam dan kecepatan pengadukan 405 rpm, dan rendemen resin optimum (16.33%) diperoleh pada waktu ekstraksi 5.10 jam dan kecepatan pengadukan 598 rpm. Maksimasi rendemen minyak dengan batasan rendemen resin menghasilkan rendemen minyak dan resin optimum masing-masing sebesar 63.40% dan 16% yang diperoleh pada waktu ekstraksi 5.22 jam dan kecepatan pengadukan 432 rpm. Validasi terhadap kondisi proses optimum diperoleh rendemen minyak dan resin masing-masing sebesar 60.29% dan 14.21% dengan mutu minyak sebagai berikut: bilangan asam 44.87 mg KOH.g⁻¹, kadar air dan sedimen <0.05 % (*trace*), densitas 0.874 g.cm⁻³ dan viskositas 32.26 cSt. Resin memiliki bilangan asam 116.43 mg KOH.g⁻¹ dan kadar total fenol sebesar 4.11%.

Kata kunci: nyamplung, minyak, resin, optimasi, *response surface method*

ABSTRACT

JH YUNUS BS. Optimization of Oil and Resin Extraction from Calophyllum sp. Supervised by IKA AMALIA KARTIKA.

Demand for fuel continues to increase while its availability is limited, so the fuels from calophyllum oil is an appropriate alternative solution. Calophyllum advantages including high oil content, high productivity, and resin as byproduct potential as raw material for the pharmaceutical industry. It is necessary to optimize the process conditions to obtain optimal oil and resin yields with good quality. The purpose of this study was to maximize oil and resin yields by optimizing the operating condition (i.e extraction time and stirring speed). The experimental design used was central composite design, and the optimization was formed using the response surface method. Based on the results of analysis by response surface method, the most suitable model for maximizing the yield of oil and resin was the second-order polynomial. Optimal oil yield (63.49%) was obtained with extraction time of 5.21 h and stirring speed of 405 rpm, and optimal resin yield (16.33%) was obtained with 5.10 h of extraction time and stirring speed 598 rpm. Maximization of oil yield with resin yield as the constrain resulted yields of oil and resin respectively, 63.40% and 16% obtained at extraction time of 2 h and stirring speed of 432 rpm. Validation of the process conditions resulted yields of oil and resin respectively, 60.29% and 14.21% with the oil quality: acid value of 44.87 mg KOH.g⁻¹, moisture content and sediment <0.05% (trace), density of 0.874 g.cm⁻³ and viscosity of 32.26 cSt. The resin had acid value of 5.43 mg KOH.g⁻¹ and total phenol content of 4.11%.

Keywords: calophyllum, oil, resin, optimization, response surface method



Ghalia cipta milik IPB University

Makalah Peminatan/Umum yang terdiri dari :

1. Diambil mengutip sebagian atau seluruh karya tulis yang tanpa izin/canonical dan dipersebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pertukaran karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan tesis atau tujuan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Diambil mengutipkan dan menyalinnya sebagian atau seluruh karya tulis yang dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

OPTIMASI PROSES EKSTRAKSI MINYAK DAN RESIN DARI BIJI NYAMPLUNG (*Calophyllum inophyllum* L.)

MUH YUNUS BS

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian
pada
Departemen Teknologi Industri Pertanian

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2019**



Judul Skripsi: Optimasi Proses Ekstraksi Minyak dan Resin Dari Biji Nyamplung
(*Calophyllum inophyllum* L.)

Nama : Muh Yunus BS
NIM : F34150058

Disetujui
Pembimbing Skripsi

Dr Ir Ika Amalia Kartika, MT
NIP 19680505 199702 2001



Prof Dr-Ing Suprihatin
Ketua Departemen

Tanggal Lulus: 27 SEP 2019

Hak Cipta: IPB University
1. Diizinkan menyalin sebagian atau seluruhnya hanya untuk tujuan pendidikan dan penelitian semata-mata.
2. Diperoleh dengan izin dari IPB University.
3. Tidak diperkenankan untuk diperjualbelikan atau untuk tujuan komersial.
4. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan nama penulis.
5. Tidak diperkenankan untuk mengubah isi atau untuk tujuan komersial.
6. Tidak diperkenankan untuk menggunakan gambar atau logo IPB University.
7. Tidak diperkenankan untuk menggunakan nama IPB University untuk tujuan komersial.
8. Tidak diperkenankan untuk menggunakan nama IPB University untuk tujuan komersial.
9. Tidak diperkenankan untuk menggunakan nama IPB University untuk tujuan komersial.
10. Tidak diperkenankan untuk menggunakan nama IPB University untuk tujuan komersial.



Ghalia cipta milik IPB University

Misi Cipta IPB adalah: *Unmang-undang*

1. *Dilakukan* mengutip sebagian atau seluruh karya seni tanpa memisahkan sumber dan menyediakan sumber :

- a. *Pengaliran* hasil karya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pertukaran karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah;
- b. *Pengalihan* tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University;

2. *Dilakukan* mengunyah dan mentranskrip sebagian atau seluruh karya seni dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2019 ini ialah ekstraksi, dengan judul Optimasi Proses Ekstraksi Minyak dan Resin Dari Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.).

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dr Ir Ika Amalia Kartika, MT selaku pembimbing akademik yang telah banyak memberi saran. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh laboran Departemen Teknologi Industri Pertanian yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung selama penelitian berlangsung, serta kepada teman-teman atas bantuannya selama penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah dan ibu, serta seluruh keluarga, atas segala doa dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Agustus 2019

Muh Yunus BS



Ghalia cipta milik IPB University

Mata Cipta (Hak Cipta) Undang-undang

1. Dihasilkan oleh cipta sebagai hasil keaktifan baka, intelektual, seni, dan pengetahuan manusia :

- a. Pengabdian kepada masyarakat, seni, sastra, ilmu, dan teknologi, dan karya ilmiah, penemuan-penemuan, penemuan-penemuan, dan penemuan-penemuan;
- b. Pengetahuan, dan keterampilan kebidanan yang wajar (IPB, IPB, dan IPB).

2. Dihasilkan menggunakan dan menggunakan teknologi, atau melalui karya tulis, dan dalam bentuk apapun (IPB, IPB, dan IPB).

DAFTAR TABEL

Rancangan percobaan berdasarkan <i>central composite design</i>	5
Hasil karakterisasi biji nyamplung	6
Rendemen dan mutu minyak dan resin hasil ekstraksi dari biji nyamplung	7
Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon rendemen minyak	8
Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon rendemen resin	10
Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon bilangan asam minyak	13
Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon densitas minyak	14
Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon viskositas minyak	15
Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon bilangan asam resin	17
0 Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon kadar total fenol resin	18
1 Pembatas optimasi kondisi proses ekstraksi minyak dan resin	20
2 Nilai optimum hasil optimasi secara simultan	20
3 Perbandingan nilai prediksi dan validasi hasil optimasi	21
4 Perbandingan nilai validasi terhadap <i>prediction interval</i>	21

DAFTAR GAMBAR

Diagram alir proses ekstraksi minyak dan resin	4
Minyak (a) dan resin (b) hasil ekstraksi dari biji nyamplung	8
Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap rendemen minyak	9
Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap rendemen resin	11
Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap bilangan asam minyak	13
Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap densitas minyak	15
Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap viskositas minyak	16
Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap bilangan asam resin	17
Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap kadar total fenol resin	19

DAFTAR LAMPIRAN

1	Prosedur analisis proximat	27
2	Prosedur pengujian mutu minyak dan resin	29
3	Hasil analisis ragam rendemen minyak dan resin	31
4	Hasil analisis ragam mutu minyak dan resin	32

Hak Cipta: Pendaftar: Universitas Indonesia
1. Dilindungi undang-undang sebagai karya intelektual yang tidak dapat diperjualbelikan kembali.
2. Dilarang mengutip, menyalin, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.
3. Dilarang mengutip, menyalin, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial.
4. Pengutipan untuk tujuan pendidikan atau penelitian, dengan catatan sumbernya disebutkan dengan jelas, diperbolehkan.
5. Penyalinan tidak diperbolehkan untuk tujuan komersial.
6. Dilarang mengutip, menyalin, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara lain yang tidak diperbolehkan oleh undang-undang.
7. Dilarang mengutip, menyalin, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara lain yang tidak diperbolehkan oleh undang-undang.



Ghalia cipta milik IPB University

Hal Cipta Pemandang Unzuang-undang

1. Diambil mengutip sebagian atau seluruh karya yang terdapat dalam dokumen ini dan diperbolehkan untuk :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pertukaran karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan tesis atau tujuan yang serupa.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengutip, menyalin, dan menyalinnya sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Permintaan bahan bakar minyak khususnya diesel terus mengalami peningkatan, sementara ketersediaan bahan bakar fosil terus mengalami penurunan karena sifatnya *non-renewable* sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama untuk kembali dapat dihasilkan. Permintaan bahan bakar diesel Indonesia pada tahun 2019 sekitar 18.87 Juta kL sementara produksi hanya 13.45 Juta kL (Mayasari dan Dalimi 2017), sehingga solusi yang memungkinkan yaitu mensubstitusi sebagian bahan bakar diesel dengan bahan bakar nabati (BBN) seperti biodiesel. Kebijakan yang telah diterapkan pemerintah yaitu substitusi biodiesel ke dalam bahan bakar diesel dengan persentase 20% yang dikenal dengan kebijakan B20 dan ditargetkan pada tahun 2020 sudah diberlakukan B30. Pengembangan biodiesel merupakan salah satu prioritas Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015-2035 (Kementerian Perindustrian 2015) dan termasuk dalam kelompok industri hulu. Dalam proses produksi biodiesel masih mengalami kendala yaitu biaya produksi yang cukup mahal, sehingga harga jualnya tidak kompetitif (Tabatabaei *et al.* 2015). Variabel biaya produksi yang paling berpengaruh adalah biaya pengadaan bahan baku yang melingkupi 70-88% dari total biaya produksi (Tabatabaei *et al.* 2015). Kendala berikutnya adalah ketersediaan bahan baku yang belum menentu, karena minyak sawit yang saat ini digunakan sebagai bahan baku masih memiliki potensi terjadi persaingan dalam penggunaannya untuk pangan dan energi, sehingga perlu dilakukan pengembangan bahan baku alternatif.

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) merupakan sumber minyak nabati paling potensial setelah kelapa sawit karena kandungan minyak dan produktivitasnya cukup tinggi yaitu sekitar 20 ton/ha/tahun, serta berbuah sepanjang tahun (Bustomi *et al.* 2009; Amalia Kartika *et al.* 2018). Selain itu minyak nyamplung tergolong *non-edible oil* sehingga penggunaannya dalam energi tidak berkompetisi dengan pangan, serta resin yang dihasilkan sebagai *by-product* memiliki potensi sebagai bahan baku industri farmasi karena mengandung senyawa fenol (Liu *et al.* 2015).

Metode ekstraksi minyak nyamplung yang telah dikembangkan yaitu ekstraksi pelarut dan pengempaan secara mekanik. Ekstraksi dengan pelarut menghasilkan rendemen lebih tinggi dibandingkan pengempaan secara mekanik. Hal ini dibuktikan oleh hasil penelitian sebelumnya dimana dengan menggunakan pelarut menghasilkan rendemen minyak 51% dan resin 18% (Amalia Kartika *et al.* 2018), sedangkan jika menggunakan pengempaan secara mekanik hanya menghasilkan rendemen minyak sebesar 33% (Fadhullullah *et al.* 2015). Selain itu, metode ekstraksi dengan pelarut biner yang merupakan campuran dua pelarut organik (n-heksan dan metanol) mampu menghasilkan minyak dan resin secara terpisah dibandingkan menggunakan pengempaan secara mekanik.

Dalam proses ekstraksi dengan pelarut, faktor yang berpengaruh terhadap rendemen dan mutu minyak dan resin diantaranya waktu ekstraksi, kecepatan pengadukan, rasio pelarut/bahan dan suhu (Ketaren 1985; Pahan 2016; Amalia Kartika *et al.* 2018; Rabbani 2019). Peningkatan waktu ekstraksi akan

meningkatkan rendemen sampai terjadinya kondisi kesetimbangan (Genkoplis 1993). Menurut Amalia Kartika *et al.* (2018), waktu ekstraksi minyak dan resin dari nyamplung terbaik adalah 5 jam. Kecepatan pengadukan mempengaruhi laju pindahan massa karena peningkatan kecepatan pengadukan akan meningkatkan efisiensi perpindahan massa sehingga rendemen mengalami peningkatan (Ihardana *et al.* 2012). Kecepatan pengadukan optimal untuk ekstraksi minyak nyamplung adalah sekitar 400-500 rpm.

Peningkatan rasio pelarut/bahan berbanding lurus dengan rendemen yang dihasilkan, namun rendemen akan konstan ketika kondisi kesetimbangan tercapai (Genkoplis 1993). Menurut Kartika *et al.* (2019), rasio n-heksan/metanol terbaik untuk menghasilkan rendemen minyak dan resin optimal dengan kualitas yang baik adalah 5:2 (v/v). Peningkatan suhu ekstraksi menyebabkan energi aktivasi meningkat, sehingga meningkatkan kelarutan senyawa yang diekstraksi (Genkoplis 1993). Menurut Amalia Kartika *et al.* (2018), suhu terbaik untuk menghasilkan rendemen minyak dan resin tertinggi dengan mutu yang baik adalah 50 °C. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka faktor yang masih perlu dioptimasi adalah waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan optimasi proses ekstraksi minyak dan resin dari biji nyamplung dengan mengoptimasi waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan menggunakan *response face method*.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi kondisi proses ekstraksi minyak dan resin dari biji nyamplung yang meliputi waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan menggunakan campuran pelarut n-heksan dan metanol. Tujuan utamanya adalah menganalisis pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap rendemen dan mutu minyak dan resin.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu biji nyamplung yang diperoleh dari KHDTK (kawasan hutan dengan tujuan khusus) Carita-Banten, reagen kimia yang digunakan meliputi n-heksan teknis dan *pure analytic*, metanol teknis, larutan H₂SO₄ pekat, H₂SO₄ 0.325N, H₂SO₄ 0.02 N, H₃BO₃ 2%, NaOH 1.25 N, KOH 0.1 N, KI 15%, asam galat, pereaksi Folin-Ciocalteu, Na₂CO₃, toluen, etanol dan indikator *phenolphthalein*.

Alat yang digunakan yaitu *blender*, reaktor kapasitas 10 L yang dilengkapi dengan agitator, elemen pemanas dan pengontrol suhu, motor listrik, unit pendingin yang terdiri dari pendingin tegak, sirkulator dan air pendingin, corong pemisah, unit *vacuum evaporator*, unit *vacuum filter*, oven, neraca analitik, buret, labu didahl, erlenmeyer dan berbagai peralatan gelas penunjang lainnya.

Metode

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi persiapan bahan baku, karakterisasi bahan baku, ekstraksi minyak dan resin, karakterisasi minyak dan resin, serta analisis data.

Persiapan dan Karakterisasi Bahan Baku

Biji nyamplung yang sudah dipisahkan dari cangkangnya dikeringkan dalam oven pengering dengan suhu 50-65 °C selama 48-72 jam sehingga kadar airnya <5 %. Selanjutnya biji kering ditimbang sebanyak 1 kg dan dikemas dalam plastik polietilen. Biji kemudian dianalisa proksimat (Lampiran 1) yang meliputi kadar air, minyak, serat, protein, abu dan kadar karbohidrat (*by-difference*).

Ekstraksi Minyak dan Resin

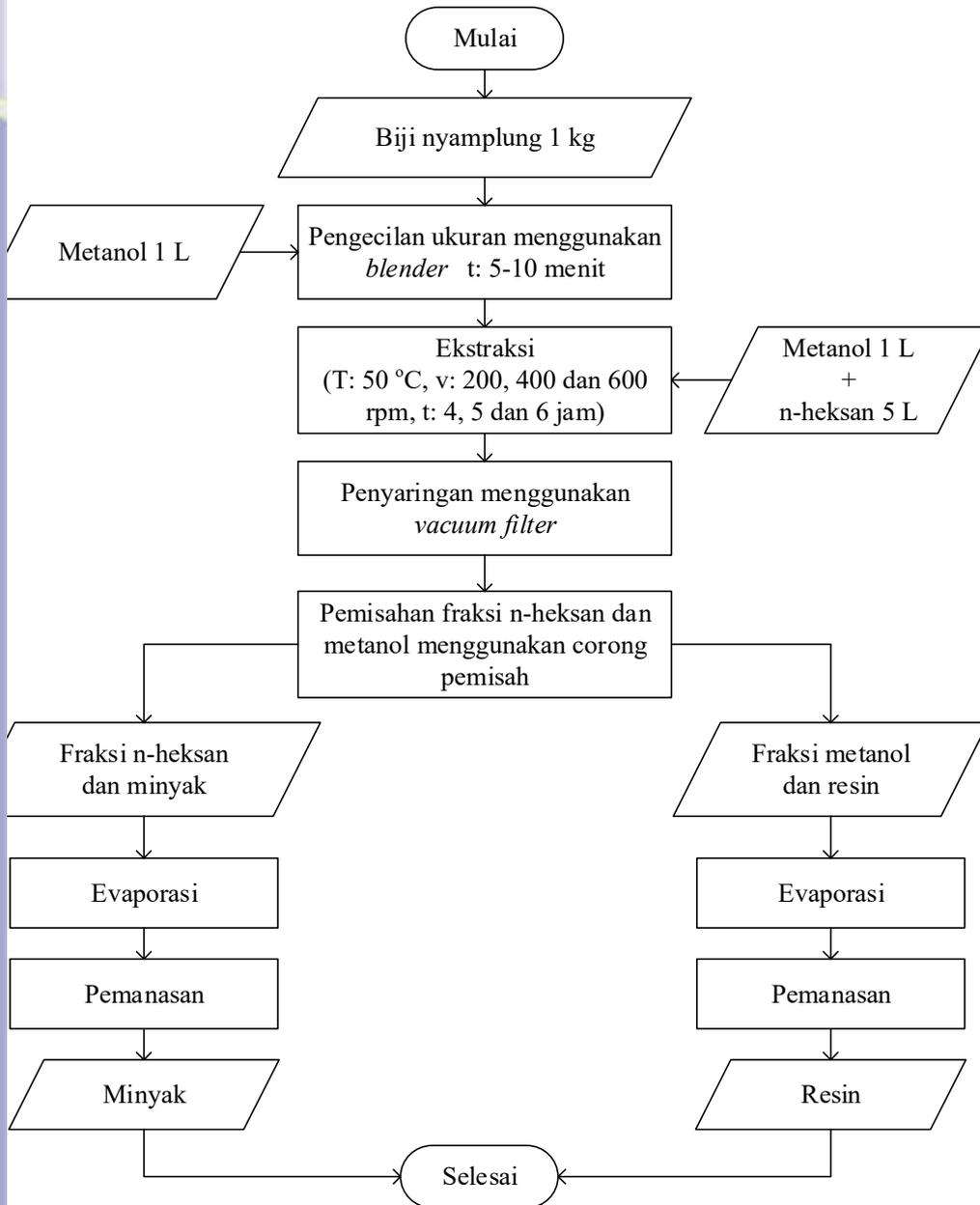
Sebelum diekstraksi biji nyamplung terlebih dahulu dicampur dengan metanol (1:1, b/v) dan kemudian dicecilkan ukurannya menggunakan *blender* selama 10 menit. Penambahan metanol pada saat pengecilan ukuran bertujuan untuk memudahkan dan mempercepat proses pengecilan ukuran biji nyamplung. Campuran biji nyamplung dan metanol selanjutnya dimasukkan ke dalam reaktor dan ke dalamnya ditambahkan pelarut n-heksan dan metanol (5:1, v/v). Proses ekstraksi berlangsung dengan variasi waktu ekstraksi 4, 5 dan 6 jam dan kecepatan pengadukan 200, 400 dan 600 rpm, dan suhu dijaga konstan pada 50 °C. Setelah proses ekstraksi selesai, campuran didinginkan dalam suhu ruang.

Proses selanjutnya yaitu pemisahan filtrat dari ampas dengan menggunakan *vacuum filter*. Filtrat yang diperoleh didiamkan 3-4 jam, sehingga terbentuk dua lapisan. Lapisan atas berwarna kuning mengandung n-heksan dan minyak, sedangkan lapisan bawah berwarna gelap yang mengandung metanol dan resin. Kedua lapisan tersebut dipisahkan dan selanjutnya masing-masing lapisan dievaporasi dengan menggunakan *rotary vacuum evaporator* untuk memperoleh minyak dan resin. Minyak dan resin yang diperoleh dipanaskan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam untuk menguapkan sisa pelarut yang masih tertinggal. Diagram alir proses ekstraksi minyak dan resin dapat dilihat pada Gambar 1. Rendemen minyak dan resin yang diperoleh dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rendemen minyak/resin (\%)} = \frac{\text{massa minyak/resin (kg)}}{\text{massa biji (kg)}} \times 100$$

Karakterisasi Mutu Minyak dan Resin

Minyak dan resin yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi (Lampiran 2) untuk mengetahui mutunya. Pengujian mutu minyak meliputi bilangan asam, densitas, viskositas, kadar abu, kadar total *volatile matter*, serta kadar air dan sedimen, sedangkan pengujian mutu resin meliputi bilangan asam dan kadar total fenol.



Gambar 1 Diagram alir proses ekstraksi minyak dan resin

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *central composite design* (CCD) dengan variabel bebas yaitu waktu ekstraksi dan epatan pengadukan seperti disajikan pada Tabel 1, sedangkan variabel responnya adalah rendemen minyak dan resin. Optimasi dilakukan dengan menggunakan *response surface method* (RSM) dan analisis data menggunakan OVA ($\alpha=0.05$).

Tabel 1 Rancangan percobaan berdasarkan *central composite design*

Run	Variabel aktual		Variabel coded		Respon	
	Waktu ekstraksi (A) (jam)	Kecepatan pengadukan (B) (rpm)	Waktu ekstraksi (X ₁) (jam)	Kecepatan pengadukan (X ₂) (rpm)	Rendemen minyak (Y ₁) (%)	Rendemen resin (Y ₂) (%)
1	4	200	-1	-1	Y ₁	Y ₂
2	5	400	0	0	Y ₁	Y ₂
3	6	200	1	-1	Y ₁	Y ₂
4	5	400	0	0	Y ₁	Y ₂
5	6.41	400	2 ^{1/2}	0	Y ₁	Y ₂
6	6	600	1	1	Y ₁	Y ₂
7	5	682.84	0	2 ^{1/2}	Y ₁	Y ₂
8	4	600	-1	1	Y ₁	Y ₂
9	5	400	0	0	Y ₁	Y ₂
10	5	117.16	0	-2 ^{1/2}	Y ₁	Y ₂
11	3.58	500	-2 ^{1/2}	0	Y ₁	Y ₂

Model matematik yang digunakan untuk optimasi adalah polinomial orde kedua sebagai berikut (Montgomery 2001):

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} X_i^2 + \sum_i \sum_j \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

- Y = Respon yang diinginkan
- X_{ij} = Peubah yang meliputi waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan
- β₀ = Koefisien model
- β_i = Pengaruh linier peubah terhadap respon
- β_{ij} = Pengaruh interaksi antar peubah terhadap respon
- β_{ii} = Pengaruh kuadratik peubah terhadap respon
- ε_{ij} = Gangguan *error*

Penentuan kondisi proses optimum meliputi penentuan model yang paling cocok, analisis ragam (ANOVA) dan pencarian *stationary point* berdasarkan respon permukaannya. Penentuan model terbaik didasarkan pada beberapa parameter diantaranya nilai SMSS (*sequential model of sum square*) yang harus signifikan ($p < 0.05$), *lack of fit* yang harus tidak signifikan ($p > 0.05$), PRESS (*prediction residual error of sum square*) terendah, R² (koefisien determinasi) terbesar dan *adjusted-R²* terbesar. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan ($p > 0.05$) menunjukkan model telah sesuai (Nadjib 2016). Nilai PRESS menunjukkan kesalahan data, semakin kecil nilai PRESS maka kesalahan data juga kecil. Nilai R² semakin tinggi menunjukkan semakin kuatnya hubungan variabel bebas dan respon. Nilai *adjusted-R²* digunakan untuk melihat kesesuaian R² yang dihasilkan, semakin besar *adjusted-R²*, maka nilai R² semakin baik (Nadjib 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Hasil analisis proksimat biji nyamplung yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2. Parameter mutu biji nyamplung yang penting untuk diketahui dalam proses ekstraksi minyak dan resin adalah kadar air dan kadar minyak karena keduanya memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Berdasarkan Tabel 2, kadar air biji nyamplung yang digunakan pada penelitian ini sebesar 2.66% dan nilai ini tidak berbeda jauh dengan kadar air biji nyamplung yang digunakan oleh Kartika *et al.* (2019), yaitu sebesar 2.20%. Kadar air yang tinggi menyebabkan rendahnya rendemen minyak yang dihasilkan karena air yang bersifat non-polar (Amalia Kartika *et al.* 2018). Kadar minyak yang terkandung dalam biji nyamplung yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 65.90%. Nilai ini tidak berbeda jauh dengan kandungan minyak dalam biji nyamplung yang digunakan oleh Kartika *et al.* (2019), yaitu sekitar 64.5%. Kadar protein dan abu biji berturut-turut sebesar 5.57% dan 1.98%, dan nilai tersebut tidak berbeda jauh dengan kadar protein dan abu dalam biji nyamplung yang digunakan oleh Kartika *et al.* (2019), yaitu sebesar 4.5% dan 1.7%. Kadar serat biji nyamplung yang diperoleh sebesar 11.17%, nilainya lebih rendah daripada hasil penelitian Chandra *et al.* (2013) sebesar 64%. Perbedaan nilai tersebut dapat disebabkan oleh faktor perbedaan varietas, umur, iklim dan lokasi tumbuh dari tanaman (Hathurusingha 2011; Leksono *et al.* 2014).

Tabel 2 Hasil karakterisasi biji nyamplung

Parameter	Nilai (% , bb)
Kadar air	2.66 ± 0.00
Kadar minyak	65.90 ± 0.01
Kadar serat	11.17 ± 0.00
Kadar protein	5.57 ± 0.00
Kadar abu	1.98 ± 0.00
Kadar karbohidrat (<i>by difference</i>)	12.73 ± 0.02

Perhitungan: bb (basis basah)

Optimasi Rendemen Minyak dan Resin

Berdasarkan hasil penelitian seperti yang disajikan pada Tabel 3, rendemen minyak yang diperoleh sekitar 51-64%, sedangkan untuk rendemen resin sekitar 16%. Penampakan minyak dan resin hasil ekstraksi dari biji nyamplung dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 3 Rendemen dan mutu minyak dan resin hasil ekstraksi dari biji nyamplung

Variabel		Rendemen (% bb)		Mutu Minyak					Mutu Resin	
Waktu (jam)	Kecepatan pengadukan (rpm)	Minyak	Resin	Bilangan asam (mg KOH.g ⁻¹)	Densitas (g.cm ⁻³) pada suhu 25 °C	Viskositas (cSt) pada suhu 25 °C	Kadar total <i>volatile matter</i> (%)	Kadar abu (%)	Bilangan asam (mg KOH.g ⁻¹)	Kadar total fenol (GAE) (%)
4	200	51.05	11.66	55.36 ± 0.62	0.872 ± 0.00	38.41 ± 1.14	5.82 ± 0.00	0.045 ± 0.00	132.94 ± 1.14	4.60 ± 0.00
5	400	62.99	16.22	53.64 ± 0.18	0.865 ± 0.01	28.57 ± 0.41	4.93 ± 0.01	0.002 ± 0.00	109.17 ± 1.78	4.69 ± 0.00
6	200	55.06	13.91	48.75 ± 0.33	0.865 ± 0.00	28.75 ± 0.36	4.07 ± 0.00	0.003 ± 0.00	120.79 ± 1.29	4.29 ± 0.00
5	400	63.01	15.92	52.20 ± 0.28	0.887 ± 0.00	41.88 ± 0.22	1.38 ± 0.00	0.002 ± 0.00	108.07 ± 1.04	4.25 ± 0.00
6.41	400	58.64	14.64	52.27 ± 0.27	0.887 ± 0.00	41.12 ± 0.82	2.47 ± 0.00	0.000 ± 0.00	121.97 ± 1.94	3.71 ± 0.00
6	600	53.39	15.02	53.94 ± 0.08	0.884 ± 0.00	39.59 ± 0.13	2.09 ± 0.00	0.028 ± 0.00	125.23 ± 0.22	4.20 ± 0.00
5	682.84	55.93	15.98	54.47 ± 1.34	0.869 ± 0.00	33.19 ± 0.24	2.77 ± 0.00	0.005 ± 0.00	106.16 ± 2.06	3.84 ± 0.00
4	600	52.67	15.13	53.12 ± 1.39	0.871 ± 0.00	34.86 ± 0.16	2.23 ± 0.00	0.002 ± 0.00	104.68 ± 3.67	4.57 ± 0.00
5	400	63.87	14.97	46.15 ± 0.18	0.859 ± 0.00	26.48 ± 0.10	2.62 ± 0.00	0.002 ± 0.00	122.18 ± 1.26	4.01 ± 0.00
5	117.16	53.64	15.36	51.55 ± 0.91	0.885 ± 0.00	41.29 ± 0.21	1.52 ± 0.00	0.002 ± 0.00	146.39 ± 0.42	4.19 ± 0.00
3.58	400	51.10	11.24	46.02 ± 2.21	0.869 ± 0.00	41.07 ± 0.21	5.61 ± 0.00	0.000 ± 0.00	136.82 ± 3.89	4.43 ± 0.00
5.22	432	60.29	14.21	44.87 ± 4.12	0.874 ± 0.01	32.26 ± 5.40	3.27 ± 0.00	0.000 ± 0.00	116.43 ± 2.15	4.11 ± 0.23

Keterangan:

- Kadar air dan sedimen minyak sangat rendah (*trace*, <0.05%) untuk seluruh perlakuan
- GAE (*Gallic Acid Equivalent*)



(a) (b)

Gambar 2 Minyak (a) dan resin (b) hasil ekstraksi dari biji nyamplung

rendemen Minyak Optimum

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *design expert* (Tabel 4), model yang direkomendasikan adalah kuadratik. Penetapan model didasarkan pada nilai ameter SMSS sebesar 0.0010 yang menunjukkan model tersebut signifikan (0.05) terhadap respon. Nilai *lack of fit* sebesar 0.0585 menunjukkan tidak signifikan ($p > 0.05$) yang mengindikasikan model telah sesuai. Nilai R^2 sebesar 0.9468 yang mengindikasikan bahwa faktor waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan berpengaruh 94.68% terhadap respon, sedangkan sisanya 5.32% merupakan faktor yang tidak diterapkan dalam penelitian ini seperti suhu ekstraksi dan rasio pelarut terhadap bahan. Menurut Pahan (2016) dan Sari (2017), faktor waktu ekstraksi dan rasio n-heksan/metanol dan suhu menghasilkan rendemen minyak yang berbeda-beda. Pengaruh faktor rasio n-heksan/metanol terhadap rendemen minyak lebih signifikan dibandingkan dengan faktor suhu ekstraksi (Amalia Kartika *et al.* 2018). Sesuai dengan nilai R^2 yang diperoleh dapat dilihat dari nilai *adjusted-R²* yang mendekati yaitu sebesar 0.8936 atau 89.36%.

Tabel 4 Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon rendemen minyak

Model	SMSS	Lack of fit	R ²	Adjusted-R ²	PRESS	Keterangan
Linier	0.5721	0.0072	0.1303	-0.0871	322.59	-
Linier kuadrat	0.7697	0.0061	0.1416	-0.2262	501.18	-
Kuadratik	0.0010	0.0585	0.9468	0.8936	87.31	<i>Suggested</i>
Kubik	0.4015	0.0369	0.9710	0.9035	408.81	-

Hasil analisis ragam untuk model tersebut (Lampiran 3) menunjukkan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan ($p < 0.05$) terhadap respon adalah pengaruh linier waktu, pengaruh kuadratik waktu dan kecepatan pengadukan. Model kuadratik dari variabel aktual untuk respon rendemen minyak adalah:

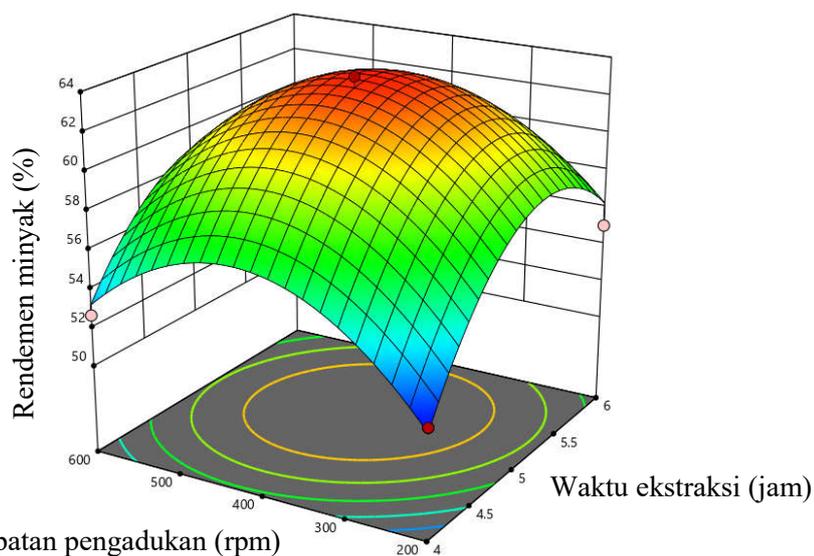
$$Y = -90.52 + 50.12A + 1.16 \times 10^{-1}B - 4.10 \times 10^{-3}AB - 4.66A^2 - 1.17 \times 10^{-4}B^2$$

Keterangan:

- = Nilai respon rendemen minyak (%)
- = Pengaruh linier waktu ekstraksi (jam)
- = Pengaruh linier kecepatan pengadukan (rpm)
- = Pengaruh interaksi waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan

- A^2 = Pengaruh kuadrat waktu ekstraksi
 B^2 = Pengaruh kuadrat kecepatan pengadukan

Berdasarkan model tersebut dapat diketahui bahwa pengaruh linier waktu ekstraksi atau kecepatan pengadukan pengaruhnya positif terhadap rendemen minyak, artinya semakin tinggi waktu ekstraksi atau kecepatan pengadukan, maka rendemen minyak semakin meningkat, namun pengaruh peningkatan kecepatan pengadukan tidak meningkatkan rendemen minyak secara signifikan ($p > 0.05$). Hal serupa juga terjadi pada proses ekstraksi minyak wijen yang dilakukan oleh Elkhaleefa dan Shigidi (2015) yang menyatakan bahwa laju ekstraksi mulai melambat ketika kecepatan pengadukan ditingkatkan dari 400 menuju 700 rpm, serta tidak menunjukkan peningkatan rendemen yang signifikan. Pengaruh interaksi kedua faktor tersebut negatif terhadap rendemen minyak, artinya rendemen minyak menurun ketika waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan ditingkatkan, namun penurunan rendemen minyak yang dihasilkan tidak signifikan. Pengaruh kuadrat kedua faktor tersebut negatif terhadap rendemen minyak, artinya rendemen minyak menurun ketika waktu ekstraksi atau kecepatan pengadukan dikuadratkan.



Gambar 3 Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap rendemen minyak

Pengaruh waktu ekstraksi yang signifikan ($p < 0.05$) terhadap rendemen minyak juga didukung oleh hasil penelitian Sari (2017) yang menyatakan bahwa rendemen minyak yang dihasilkan dari proses ekstraksi biji nyamplung selama 5 dan 7 jam menghasilkan rendemen minyak yang berbeda nyata dengan waktu ekstraksi 5 jam menghasilkan rendemen lebih tinggi. Rendemen minyak meningkat seiring dengan peningkatan waktu ekstraksi karena semakin banyak minyak yang larut dalam n-heksan sampai tercapai kondisi kesetimbangan (Margaretta *et al.* 2011; Tagora *et al.* 2012). Kesetimbangan proses ekstraksi tercapai melalui dua tahapan yaitu tahap pertama terjadi penetrasi pelarut ke dalam sel dan melarutkan zat terlarut, dan tahapan kedua yaitu terjadinya difusi zat terlarut keluar sel melalui struktur berpori (Ling-Biao *et al.* 2016). Menurut Genkopolis (1993), laju transfer massa akan melambat dan berhenti pada kondisi jenuh yaitu konsentrasi zat terlarut

am bahan dan pelarut sudah sama. Pengaruh kuadratik kecepatan pengadukan a signifikan ($p < 0.05$) terhadap rendemen minyak karena semakin tinggi epatan pengadukan maka laju transfer massa juga meningkat seiring dengan ribusi partikel bahan dalam pelarut lebih cepat (Prihandana *et al.* 2012). Laju isfer massa akan melambat dan berhenti seiring dengan tercapainya kondisi etimbangan dalam larutan (Sayyar *et al.* 2009). Rendemen minyak optimum dasarkan hasil maksimasi respon adalah 63.49% yang diperoleh pada waktu traksi 5.21 jam dan kecepatan pengadukan 405 rpm (Gambar 3).

ndemen Resin Optimum

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *design expert* (Tabel 5), model g direkomendasikan adalah kuadratik. Penetapan model didasarkan pada nilai ameter SMSS sebesar 0.0232 yang menunjukkan model tersebut signifikan (0.05) terhadap respon. Nilai *lack of fit* sebesar 0.3705 menunjukkan tidak nifikan ($p > 0.05$) yang mengindikasikan model telah sesuai. Nilai R^2 sebesar 641 mengindikasikan bahwa faktor waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan pengaruh 86.41% terhadap respon, sedangkan sisanya 13.59% merupakan garuh faktor lain yang tidak diterapkan dalam penelitian ini seperti suhu traksi dan rasio pelarut terhadap bahan. Menurut Pahan (2016) dan Sari (2017), tor rasio n-heksan/metanol dan suhu ekstraksi menghasilkan rendemen resin g berbeda nyata. Kesesuaian nilai R^2 yang diperoleh dapat dilihat dari nilai *usted-R²* yang mendekati yaitu sebesar 0.7282 atau 72.82%.

bel 5 Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon rendemen resin

Model	SMSS	Lack of fit	R ²	Adjusted-R ²	PRESS	Keterangan
linier	0.1901	0.1551	0.3397	0.1746	37.60	-
linier kuadratik	0.4812	0.1409	0.3880	0.1258	45.30	-
kuadratik	0.0232	0.3705	0.8641	0.7282	22.71	<i>Suggested</i>
kuadratik bik	0.1960	0.5382	0.9541	0.8471	20.30	-

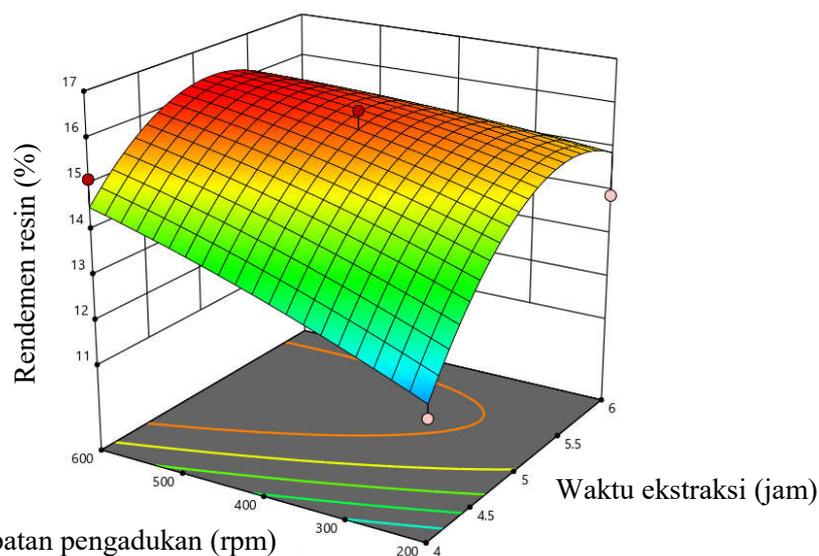
Hasil analisis ragam untuk model tersebut (Lampiran 3) menunjukkan bahwa wa faktor yang berpengaruh signifikan ($p < 0.05$) terhadap respon adalah garuh linier dan kuadratik waktu ekstraksi. Model kuadratik dari variabel aktual uk respon rendemen resin adalah:

$$Y = -34.58 + 17.31A + 2.13 \times 10^{-2}B - 2.95 \times 10^{-3}AB - 1.53A^2 - 3.97 \times 10^{-6}B^2$$

erangan:

- = Nilai respon rendemen resin (%)
- = Pengaruh linier waktu ekstraksi (jam)
- = Pengaruh linier kecepatan pengadukan (rpm)
- = Pengaruh interaksi waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan
- = Pengaruh kuadratik waktu ekstraksi
- = Pengaruh kuadratik kecepatan pengadukan

Berdasarkan model tersebut dapat diketahui bahwa pengaruh linier waktu ekstraksi atau kecepatan pengadukan positif terhadap respon rendemen resin, artinya semakin tinggi waktu ekstraksi atau kecepatan pengadukan, maka rendemen resin meningkat, namun peningkatan rendemen resin akibat pengaruh peningkatan kecepatan pengadukan tidak berbeda secara signifikan. Pengaruh interaksi kedua faktor tersebut negatif terhadap respon rendemen resin, artinya ketika waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan ditingkatkan secara bersamaan, maka rendemen resin menurun, namun penurunannya tidak berbeda secara signifikan. Pengaruh kuadratik kedua faktor tersebut negatif terhadap rendemen resin, artinya ketika waktu ekstraksi atau kecepatan pengadukan dikuadratkan, maka rendemen resin meningkat, namun peningkatannya tidak berbeda secara signifikan.



Gambar 4 Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap rendemen resin

Pengaruh waktu ekstraksi yang signifikan ($p < 0.05$) terhadap rendemen resin didukung oleh penelitian Sari (2017) yang menyatakan bahwa waktu ekstraksi selama 5 dan 7 jam menghasilkan rendemen resin yang berbeda nyata. Rendemen resin yang dihasilkan dengan waktu ekstraksi 5 jam lebih tinggi dibandingkan 7 jam (Sari 2017), sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi kesetimbangan dalam larutan terjadi pada waktu ekstraksi sekitar 5 jam. Pengaruh linier kecepatan pengadukan tidak signifikan terhadap rendemen resin, sehingga peningkatan kecepatan pengadukan dengan demikian tidak menghasilkan rendemen resin yang berbeda signifikan. Rendemen resin optimal berdasarkan hasil maksimasi respon adalah 16.33% yang diperoleh pada waktu ekstraksi 5.10 jam dan kecepatan pengadukan 598 rpm (Gambar 4).

Optimasi Mutu Minyak dan Resin

Berdasarkan Tabel 3, parameter mutu minyak yang diuji adalah bilangan asam, densitas, viskositas, kadar total *volatile matter*, kadar abu, dan kadar air dan sedimen, sedangkan untuk resin adalah bilangan asam dan kadar total fenol. Bilangan asam minyak yang diperoleh pada penelitian ini cukup tinggi yaitu 41.28-



36 mg KOH.g⁻¹. Nilai tersebut didukung oleh hasil penelitian Arumugam dan musami (2018) yang menyatakan bahwa bilangan asam minyak nyamplung kisar 6-75 mg KOH.g⁻¹. Bilangan asam yang tinggi dapat disebabkan reaksi rolisis pada trigliserida oleh aktivitas enzim lipase yang menghasilkan asam lemak bebas (*free fatty acid*) (Maimum *et al.* 2017). Ketika buah nyamplung anen kadar asam lemak bebas terus meningkat seiring dengan lamanya waktu yimpanan (Ali *et al.* 2014). Biji nyamplung yang digunakan pada penelitian ini ah disimpan selama kurang lebih setahun. Selama penyimpanan diduga terjadi ksi hidrolisis enzimatis trigliserida menghasilkan asam lemak bebas, sehingga ngan asam yang dihasilkan cukup tinggi. Hal serupa juga terjadi pada hasil elitian Abdulkadir *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa penyimpanan biji karet ma 7 (tujuh) bulan terjadi peningkatan bilangan asam yang sangat tinggi yaitu i 34 KOH.g⁻¹ menjadi 85 mg KOH.g⁻¹.

Densitas minyak yang diperoleh pada penelitian ini berkisar 0.859-0.887 m⁻³. Nilai tersebut mendekati hasil penelitian yang dilakukan oleh Amalia tika *et al.* (2018) yaitu 0.89-0.91 g.cm⁻³. Densitas minyak yang diperoleh lebih il dibandingkan hasil penelitian Amalia Kartika *et al.* (2018) dikarenakan yyak masih mengandung sisa pelarut n-heksan yang dinyatakan sebagai kadar il *volatile matter* yang nilainya berkisar 1.38-5.82% (Tabel 3). Viskositas yyak yang diperoleh pada suhu 25 °C adalah 26.48-41.88 cSt. Nilai tersebut uai dengan hasil penelitian Arumugam dan Ponnusami (2018) yang menyatakan wa viskositas minyak nyamplung sekitar 39 cSt. Kadar abu dalam minyak yang eroleh dalam penelitian ini yaitu 0.000-0.045%, nilai tersebut didukung oleh il penelitian Amalia Kartika *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa kadar abu yyak nyamplung sekitar 0.04%. Kadar air dan sedimen yang terkandung dalam yyak sangat rendah (*trace*, <0.05%). Menurut SNI 7182:2015 tentang syarat tu biodiesel, kadar air dan sedimen maksimal 0.05%, sehingga minyak yang eroleh pada penelitian ini masih memenuhi standar untuk dijadikan bahan baku nbuatan biodiesel. Kandungan zat pengotor (*impurities*) seperti kadar air dan imen, serta kadar abu yang terkandung dalam minyak nyamplung akan nurunkan mutu biodiesel yang dihasilkan. Keberadaan air dan sedimen, serta nponen abu dalam biodiesel mempercepat terjadinya korosi pada komponen sin, membentuk endapan pada dasar tangki sehingga menyebabkan terjadinya yumbatan pada sistem injeksi mesin (Kartika *et al.* 2010; Fregolente *et al.* 2015). ain itu keberadaan air yang tinggi dalam biodiesel mendorong pembentukan ulsi dan mempercepat terjadinya reaksi hidrolisis serta oksidasi (Knothe 2006).

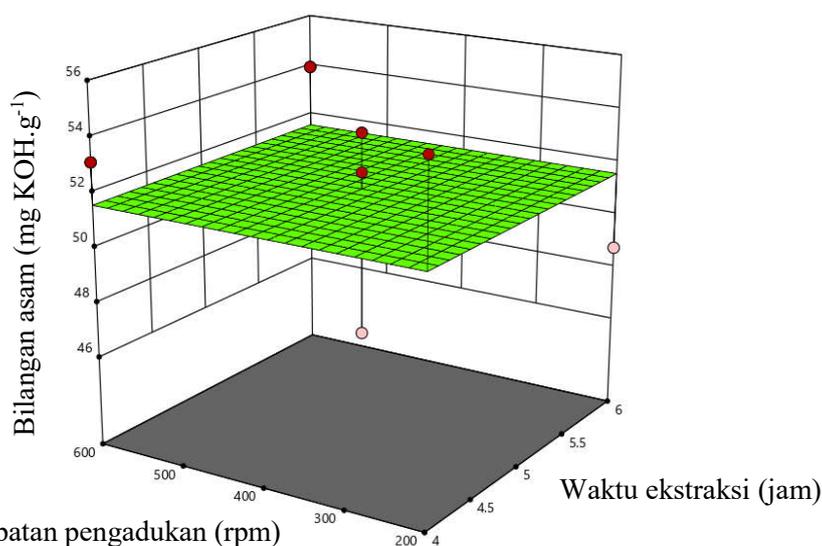
Bilangan asam resin yang diperoleh pada penelitian ini adalah 106.16- 5.68 mg KOH.g⁻¹. Nilai tersebut tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian elumnya yang dilakukan oleh Kartika *et al.* (2019) (104.0-123.5 mg KOH.g⁻¹). angan asam resin lebih tinggi dibandingkan minyak dikarenakan resin ngandung asam-asam organik seperti *benzoic*, *calophyllic* dan *oxibenzoic* veck dan Meadows 2002). Kadar total fenol resin (GAE) yang diperoleh dalam elitian ini yaitu 3.71-4.69%. Nilai tersebut tidak berbeda jauh dengan hasil elitian Amalia Kartika *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa kadar total fenol n (GAE) hasil ekstraksi biji nyamplung sekitar 4.3-5.5%. Senyawa fenol miliki kemampuan dalam menghambat munculnya penyakit degeneratif karena peran sebagai antioksidan (Sahidi dan Pathirana 2015).

Optimasi dengan Respon Bilangan Asam Minyak

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *design expert* (Tabel 6), model yang direkomendasikan untuk respon bilangan asam minyak adalah *mean*. Penetapan model didasarkan pada nilai parameter SMSS terkecil dan *lack of fit* terbesar yang menunjukkan model tersebut cocok. Model *mean* menunjukkan bahwa nilai respon bilangan asam minyak yang dihasilkan oleh setiap kombinasi kondisi proses ekstraksi sama yaitu sekitar 51.59 mg KOH.g⁻¹ (Gambar 5). Hasil tersebut juga didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan Pahan (2016) yang menyatakan bahwa pengaruh waktu ekstraksi terhadap respon bilangan asam minyak yang dihasilkan tidak berbeda nyata.

Tabel 6 Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon bilangan asam minyak

Model	SMSS	Lack of fit	R ²	Adjusted-R ²	PRESS	Keterangan
Mean	<0.0001	0.7650	-	-	-	<i>Suggested</i>
Linier	0.7432	0.6954	0.0715	-0.1606	185.12	-
2FI	0.3160	0.6993	0.2041	-0.1370	224.05	-
Kuadratik	0.5327	0.6368	0.3813	-0.2373	304.17	-
Kubik	0.4447	0.6033	0.6395	-0.2016	448.86	-



Gambar 5 Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap bilangan asam minyak

Peningkatan bilangan asam minyak dominan dipengaruhi oleh rasio pelarut n-heksan/metanol dibandingkan pengaruh waktu ekstraksi karena pelarut n-heksan selain mengekstraksi trigliserida juga mengekstrak asam lemak bebas (Kartika *et al.* 2017). Korelasi antara penggunaan pelarut dan waktu ekstraksi juga dijelaskan oleh Ling-Biao *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa semakin rendah rasio pelarut/bahan, maka waktu ekstraksi untuk mencapai titik kesetimbangan semakin cepat. Bilangan asam minyak merupakan parameter penting dalam penggunaannya sebagai BBN khususnya biodiesel, karena tingginya bilangan asam menyulitkan dalam proses produksi biodiesel, khususnya pada tahapan

sesterifikasi yang berdampak pada peningkatan biaya produksi dan peradaannya dalam bahan bakar menyebabkan terjadinya korosi pada komponen mesin (Kartika *et al.* 2010). Model *mean* untuk respon bilangan asam minyak adalah:

$$Y = 51.59$$

eterangan:

= Nilai respon untuk bilangan asam minyak (mg KOH.g⁻¹)

timasi dengan Respon Densitas Minyak

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *design expert* (Tabel 7), model *g* direkomendasikan untuk respon densitas minyak adalah *mean*. Penetapan model didasarkan pada nilai parameter SMSS terkecil dan *lack of fit* tertinggi yang menunjukkan model tersebut cocok. Model *mean* menunjukkan bahwa nilai respon densitas yang dihasilkan oleh setiap kombinasi kondisi proses ekstraksi sama yaitu 0.874 g.cm⁻³ (Gambar 6). Hasil tersebut juga didukung oleh hasil penelitian Alia Kartika *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa pengaruh waktu ekstraksi terhadap densitas minyak tidak signifikan karena densitas minyak yang dihasilkan tidak mengalami peningkatan waktu ekstraksi relatif konstan. Peningkatan waktu ekstraksi tidak signifikan meningkatkan komponen zat pengotor seperti asam lemak bebas (Uhammad *et al.* 2014; Kartika *et al.* 2017). Model *mean* untuk respon densitas minyak adalah:

$$Y = 8.74 \times 10^{-1}$$

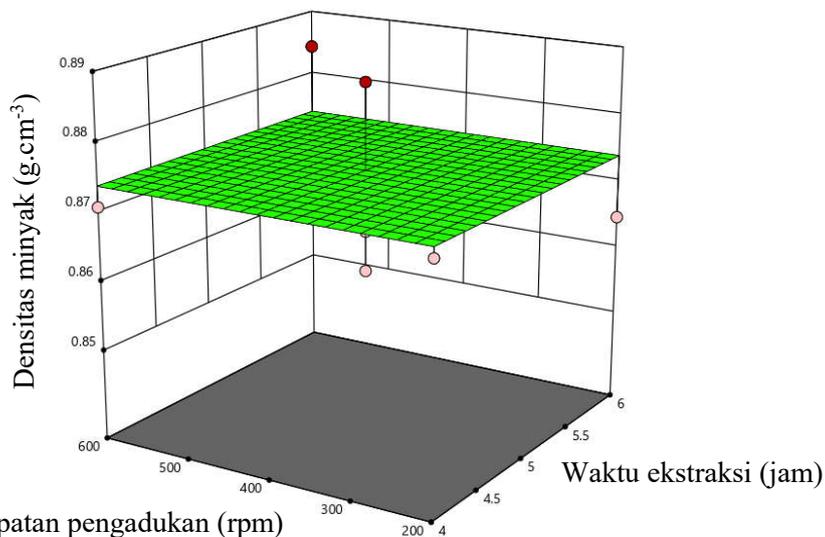
eterangan:

= Nilai respon densitas minyak (g.cm⁻³)

Tabel 7 Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon densitas minyak

Model	SMSS	<i>Lack of fit</i>	R ²	<i>Adjusted-R</i> ²	PRESS	Keterangan
mean	<0.0001	0.8882	-	-	-	<i>Suggested</i>
linear	0.6180	0.8559	0.1134	-0.1083	0.0015	-
quadratic	0.3471	0.8602	0.2257	-0.1061	0.0018	-
radial	0.8235	0.7363	0.2836	-0.4328	0.0031	-
cube	0.5185	0.7038	0.5376	-0.5412	0.0036	-

Densitas minyak nyamplung dipengaruhi beberapa faktor diantaranya yang mengandung rantai asam lemak yang terkandung di dalamnya, serta adanya komponen pengotor lainnya seperti sisa pelarut dalam minyak. Densitas meningkat seiring dengan meningkatnya ketidakjenuhan asam lemak yang terkandung dalam minyak (Kim dan Mukhtadi 2017). Densitas minyak merupakan salah satu parameter penting karena menentukan titik didih dan panas pembakaran ketika diaplikasikan sebagai biodiesel (Kartika *et al.* 2010). Densitas minyak juga dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui tingkat pemalsuan minyak (Pahan 2016).



Gambar 6 Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap densitas minyak

Optimasi dengan Respon Viskositas Minyak

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *design expert* (Tabel 8), model yang direkomendasikan untuk respon viskositas minyak adalah *mean*. Penetapan model didasarkan pada nilai parameter SMSS terkecil dan *lack of fit* tertinggi yang menunjukkan model tersebut cocok. Model *mean* menunjukkan bahwa nilai respon viskositas yang dihasilkan oleh setiap kombinasi kondisi proses ekstraksi sama yaitu sekitar 35.93 cSt (Gambar 7). Hasil tersebut juga didukung oleh hasil penelitian Amalia Kartika *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa pengaruh waktu ekstraksi terhadap viskositas minyak tidak berbeda nyata, karena viskositas minyak yang dihasilkan seiring peningkatan waktu ekstraksi relatif konstan. Persamaan modelnya adalah:

$$Y = 35.93$$

Keterangan:

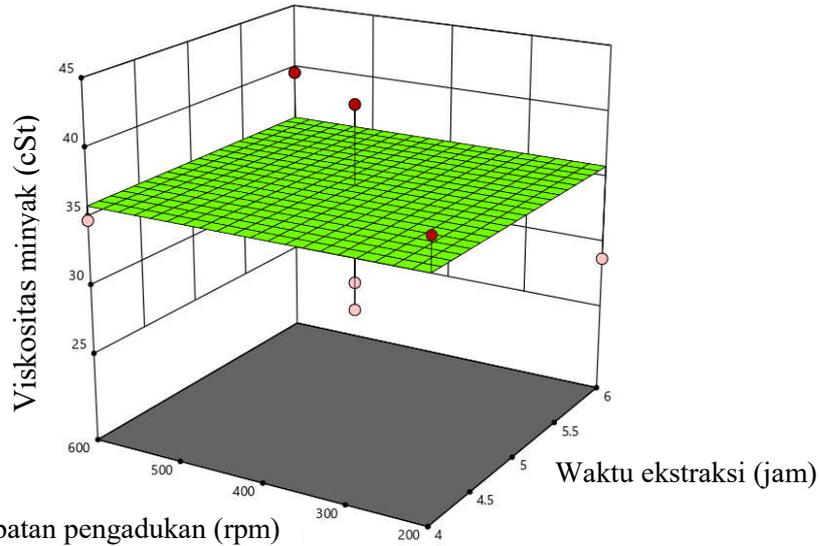
Y = Nilai respon viskositas minyak (cSt)

Tabel 8 Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon viskositas minyak

Model	SMSS	<i>Lack of fit</i>	R^2	<i>Adjusted-R²</i>	PRESS	Keterangan
Mean	<0.0001	0.8786	-	-	-	<i>Suggested</i>
Linier	0.9411	0.8008	0.0151	-0.2312	577.17	-
2FI	0.2956	0.8159	0.1670	-0.1899	548.41	-
Kuadratik	0.4993	0.7924	0.3691	-0.2618	850.00	-
Kubik	0.6904	0.5892	0.5071	-0.6429	2127.13	-

Viskositas minyak dipengaruhi beberapa faktor diantaranya tingkat kejenuhan asam lemak dominan yang terkandung dan kehadiran komponen zat pengotor lainnya seperti sisa pelarut. Viskositas minyak pada suhu tertentu menjadi pertimbangan dalam penggunaannya sebagai bahan bakar di berbagai negara yang

memiliki musim dingin. Biodiesel yang diproduksi dari minyak nabati yang ominasi oleh asam lemak jenuh memiliki titik kabut (*cloud point*) dan titik leleh (*slting point*) lebih tinggi dibandingkan asam lemak tidak jenuh (Imahara *et al.* 16), sehingga penggunaannya pada suhu rendah menyebabkan viskositas menjadi ih tinggi. Viskositas minyak yang tinggi mengakibatkan sistem injeksi pada sin terganggu (Ayeter *et al.* 2015). Minyak nyamplung didominasi oleh asam iak tidak jenuh yaitu oleat (37.6%) dan linoleat (30.4%) (Amalia Kartika *et al.* 8), sehingga sangat sesuai untuk digunakan sebagai bahan bakar pada kondisi kungan ekstrim sekalipun.



Gambar 7 Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap viskositas minyak

timasi dengan Respon Bilangan Asam Resin

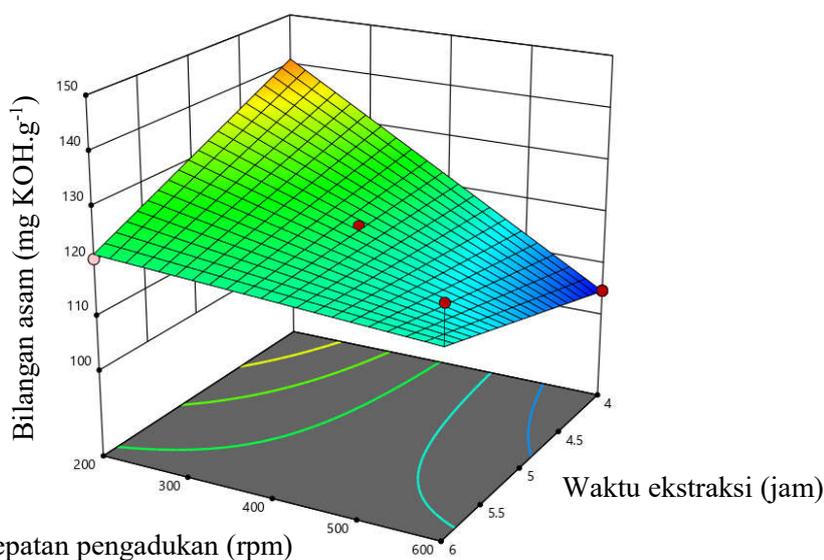
Berdasarkan hasil analisis menggunakan *design expert* (Tabel 9), model g direkomendasikan adalah 2FI. Model 2FI dipilih karena dari segi parameter dan *adjusted R²* lebih baik dari model linier dan nilai PRESS yang dihasilkan ing kecil. Nilai parameter SMSS yaitu 0.1580 yang menunjukkan model tersebut ik signifikan ($p > 0.05$) terhadap respon. Nilai *lack of fit* sebesar 0.3619 nunjukkan tidak signifikan ($p > 0.05$) yang mengindikasikan model telah sesuai. ai R^2 sebesar 0.5953 yang mengindikasikan bahwa faktor waktu ekstraksi dan epatan pengadukan berpengaruh 59.53% terhadap respon, sedangkan sisanya 47% merupakan pengaruh faktor lain yang tidak diterapkan dalam penelitian ini erti suhu ekstraksi, jenis pelarut dan rasio pelarut terhadap bahan. Hal tersebut ukung oleh hasil penelitian Amalia Kartika *et al.* (2018) dan Kartika *et al.* (2019) g menyatakan bahwa rasio n-heksan/alkohol dan suhu esktraksi berpengaruh ifikan terhadap bilangan asam resin yang dihasilkan.

Bilangan asam resin jauh lebih tinggi dibandingkan bilangan asam minyak ena resin nyamplung mengandung asam-asam organik dan berbagai senyawa man dari asam sinamat (Liu *et al.* 2015), sehingga menjadi salah satu penyebab ginya bilangan asam yang diperoleh. Menurut Rabbani (2019), penggunaan arut metanol mampu melarutkan senyawa fenol lebih banyak dibandingkan yawa-senyawa asam, sehingga bilangan asam resin yang diperoleh pada

penelitian ini lebih kecil dibandingkan penelitian Kartika *et al.* (2017) yang menggunakan pelarut etanol.

Tabel 9 Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon bilangan asam resin

Model	SMSS	Lack of fit	R ²	Adjusted-R ²	PRESS	Keterangan
Linier	0.0910	0.3214	0.4508	0.3135	1986.21	-
2FI	0.1580	0.3619	0.5953	0.4218	1822.76	<i>Suggested</i>
Kuadratik	0.3020	0.3706	0.7493	0.4986	2699.92	-
Kubik	0.3246	0.3384	0.8816	0.6053	6415.49	-



Gambar 8 Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap bilangan asam resin

Hasil analisis ragam untuk model tersebut (Lampiran 5) menunjukkan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan ($p < 0.05$) terhadap respon bilangan asam resin hanya faktor linier kecepatan pengadukan. Faktor linier kecepatan pengadukan berpengaruh signifikan karena peningkatannya mempercepat kelarutan senyawa-senyawa asam ke dalam pelarut metanol dan mencegah pengendapan bahan pada dasar tangki reaktor, sehingga kesetimbangan menjadi lebih cepat tercapai (Prayudo *et al.* 2015). Selain itu, kelarutan senyawa-senyawa asam tertentu terbatas pada penggunaan pelarut metanol yang dibuktikan dengan hasil penelitian Kartika *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa bilangan asam resin menggunakan pelarut etanol lebih tinggi dibandingkan menggunakan pelarut metanol. Pahan (2016) menyatakan bahwa waktu ekstraksi tidak berpengaruh signifikan terhadap bilangan asam resin. Menurut Kartika *et al.* (2017), bilangan asam resin lebih dominan dipengaruhi oleh jenis pelarut alkohol dan rasio pelarut n-heksan/alkohol dibandingkan dengan waktu ekstraksi. Model 2FI untuk respon bilangan asam resin adalah:

$$Y = 231.11 - 17.93A - 2.55 \times 10^{-1}B + 4.09 \times 10^{-2}AB$$

erangan:

- = Nilai respon bilangan asam resin (mg KOH.g^{-1})
- = Pengaruh linier waktu ekstraksi (jam)
- = Pengaruh linier kecepatan pengadukan (rpm)
- = Pengaruh interaksi waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan

Berdasarkan model tersebut dapat diketahui bahwa pengaruh linier waktu traksi dan kecepatan pengadukan negatif, artinya peningkatan waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan menurunkan bilangan asam resin. Pengaruh interaksi waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan positif, artinya peningkatan waktu traksi dan kecepatan pengadukan secara bersamaan meningkatkan bilangan asam resin. Kondisi proses yang optimum berdasarkan respon bilangan asam resin adalah $141.15 \text{ mg KOH.g}^{-1}$ yang diperoleh pada waktu ekstraksi 4 jam dan kecepatan pengadukan 200 rpm (Gambar 8).

Optimasi dengan Respon Kadar Total Fenol Resin

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *design expert* (Tabel 10), model linier direkomendasikan untuk respon total fenol resin adalah linier. Pemilihan model didasarkan pada nilai parameter SMSS terkecil (0.1138) dan nilai *lack of fit* terkecil yaitu 0.8060 (tidak signifikan terhadap respon, $p > 0.05$) yang mengindikasikan model telah sesuai. Nilai R^2 sebesar 0.4192 mengindikasikan bahwa faktor waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan berpengaruh 41.92% terhadap respon, sedangkan sisanya 58.08% merupakan faktor lain yang tidak terakurasi dalam penelitian ini. Menurut Chee-Yuen dan Latif (2011), faktor yang mempengaruhi ekstraksi senyawa fenol diantaranya jenis pelarut, pH, suhu, rasio pelarut/bahan dan ukuran partikel bahan.

Tabel 10 Nilai parameter-parameter dalam penetapan model terbaik untuk respon kadar total fenol resin

Model	SMSS	<i>Lack of fit</i>	R^2	<i>Adjusted-R</i> ²	PRESS	Keterangan
Linier	0.1138	0.8060	0.4192	0.2740	1.03	<i>Suggested</i>
Linier kuadrat	0.9138	0.7459	0.4203	0.1718	1.46	-
Kuadrat	0.9078	0.5793	0.4423	-0.1155	2.71	-
Kubik	0.9089	0.2702	0.4767	-0.7445	17.96	-

Hasil analisis ragam untuk model tersebut (Lampiran 5) menunjukkan bahwa tidak ada faktor yang berpengaruh signifikan ($p > 0.05$) terhadap respon kadar total fenol resin, sehingga dapat dikatakan bahwa setiap kombinasi waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan menghasilkan kadar total fenol yang tidak berbeda secara signifikan. Hal tersebut juga didukung oleh hasil penelitian Belwal *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa pengaruh waktu ekstraksi terhadap kadar total fenol yang dihasilkan dari buah *Berberis asiatica* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pengaruh kecepatan pengadukan yang tidak signifikan terhadap respon kadar total fenol resin karena rasio senyawa fenol/pelarut metanol rendah. Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Yando *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa peningkatan kecepatan pengadukan $> 240 \text{ rpm}$ tidak menyebabkan peningkatan laju ekstraksi senyawa fenol dari limbah pemurnian minyak bumi, sehingga laju

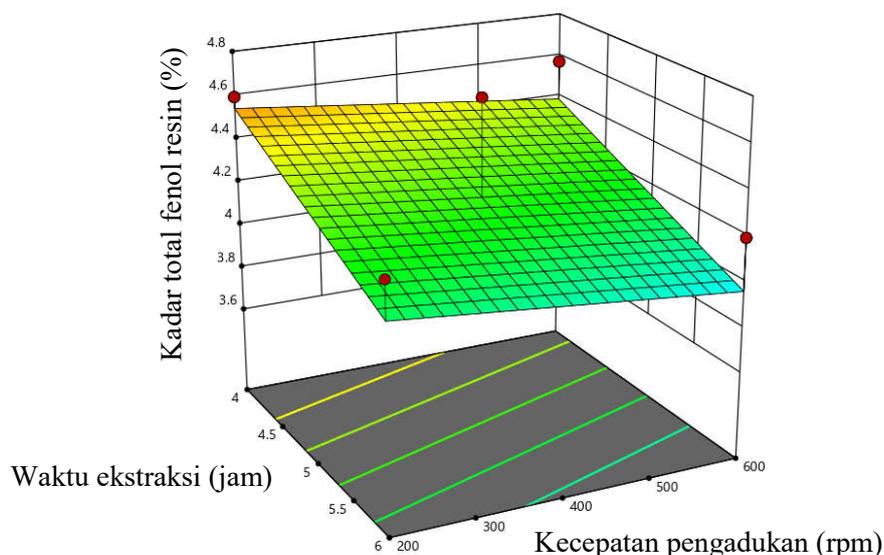
ekstraksi lebih dipengaruhi oleh faktor rasio pelarut/bahan. Hal ini juga sesuai dengan prinsip transfer massa yang dijelaskan oleh Genkopolis (1993) bahwa semakin rendah rasio zat terlarut/pelarut maka transfer massa akan berlangsung lebih cepat dan berhenti ketika terjadi kondisi kesetimbangan. Model linier yang mengoptimalkan kadar total fenol resin adalah:

$$Y = 5.47 - 2.13 \times 10^{-1}A - 3.87 \times 10^{-4}B$$

Keterangan:

- Y = Nilai respon kadar total fenol resin (%)
 A = Pengaruh linier waktu ekstraksi (jam)
 B = Pengaruh linier kecepatan pengadukan (rpm)

Berdasarkan model tersebut dapat diketahui bahwa pengaruh linier waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan adalah negatif, artinya peningkatan waktu ekstraksi atau kecepatan pengadukan menurunkan kadar total fenol resin, namun penurunan kadar total fenol yang dihasilkan tidak signifikan. Waktu ekstraksi yang terlalu lama pada suhu tinggi mempercepat terjadinya reaksi oksidasi dan dekomposisi senyawa fenol, sehingga menurunkan kadar total fenol yang dihasilkan (Sultana *et al.* 2009; Belwal *et al.* 2016). Kondisi proses ekstraksi yang optimum berdasarkan respon kadar total fenol resin tertinggi (4.54%) diperoleh dengan waktu ekstraksi 4 jam dan kecepatan pengadukan 200 rpm (Gambar 9).



Gambar 9 Respon permukaan 3D dan kontur pengaruh waktu ekstraksi dan kecepatan pengadukan terhadap kadar total fenol resin

Optimasi Rendemen Minyak dengan Pembatas Rendemen Resin

Optimasi rendemen minyak dengan pembatas rendemen resin ditujukan untuk mengoptimalkan rendemen minyak dan resin secara simultan. Dalam proses optimasi secara simultan ini terjadi kompromi dengan mempertimbangkan pembatas seperti pada Tabel 11. Dalam Tabel 11 tersebut, mutu minyak dan resin tidak dipertimbangkan sebagai pembatas karena tidak ada model yang berpengaruh signifikan terhadap respon, sehingga berapapun waktu ekstraksi dan kecepatan

gadukan, nilainya tidak berbeda secara signifikan. Kondisi proses yang ngoptimalkan rendemen minyak dan resin yaitu waktu ekstraksi 5.22 jam dan epatan pengadukan 432 rpm dengan nilai respon seperti pada Tabel 12. Waktu traksi hasil optimasi juga didukung oleh penelitian sebelumnya yang nyatakan bahwa waktu ekstraksi minyak dan resin terbaik sekitar 5 jam andingkan dengan 7 jam karena pada kondisi tersebut sudah hampir terjadi etimbangan, sehingga kemampuan pelarut dalam mengekstrak minyak dan resin am sel bahan mengalami penurunan (Sayyar *et al.* 2009; Sari 2017; Amalia tika *et al.* 2018).

Tabel 11 Pembatas optimasi kondisi proses ekstraksi minyak dan resin

Parameter	Goal	Lower	Upper
Waktu ekstraksi (jam)	<i>In range</i>	4	6
Kecepatan pengadukan (rpm)	<i>In range</i>	200	600
Rendemen minyak (%)	<i>Maximize</i>	51.05	63.87
Rendemen resin (%)	<i>Maximize</i>	11.24	16.22
Bilangan asam minyak (mg KOH.g ⁻¹)	<i>None</i>	46.02	55.36
Konsentrasi minyak (g.cm ⁻³)	<i>None</i>	0.859	0.887
Viskositas minyak (cSt)	<i>None</i>	26.48	41.88
Bilangan asam resin (mg KOH.g ⁻¹)	<i>None</i>	104.68	146.39
Kadar total fenol resin (%)	<i>None</i>	3.71	4.69

Tabel 12 Nilai optimum hasil optimasi secara simultan

Respon	Nilai
Rendemen minyak (%)	63.40
Rendemen resin (%)	16.00
Bilangan asam minyak (mg KOH.g ⁻¹)	51.59
Konsentrasi minyak (g.cm ⁻³)	0.874
Viskositas minyak (cSt)	35.93
Bilangan asam resin (mg KOH.g ⁻¹)	119.62
Kadar total fenol resin (%)	4.19

Validasi Terhadap Kondisi Proses Optimum

Validasi bertujuan untuk melihat kesesuaian hasil prediksi berdasarkan model dengan kondisi aktual. Kondisi proses yang diterapkan pada validasi ini yaitu waktu 5.22 jam dan kecepatan pengadukan 432 rpm dengan dua kali ulangan. Perbandingan hasil prediksi dan validasi dapat dilihat pada Tabel 13. Perbedaan (error) merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk melihat ketepatan hasil validasi yang diperoleh terhadap hasil prediksi. Semakin kecil nilai perbedaan maka hasil validasi semakin mendekati nilai prediksi. Nilai perbedaan yang baik adalah <5% yang menunjukkan tingkat ketepatan hasil validasi terhadap prediksi >95% (Icitra 2014). Respon dengan nilai perbedaan <5% yaitu rendemen minyak, konsentrasi minyak, bilangan asam resin dan kadar total fenol resin, sedangkan respon dengan nilai perbedaan >5% yaitu rendemen resin, bilangan asam minyak dan viskositas minyak. Meskipun terdapat respon dengan nilai perbedaan >5%, nilai tersebut masih dapat diterima karena nilai validasi setiap respon masih berada pada

rentang *prediction interval* (PI) yang direkomendasikan *software design expert* (Tabel 14).

Tabel 13 Perbandingan nilai prediksi dan validasi hasil optimasi

Respon	Prediksi	Validasi	Perbedaan (%)
Rendemen minyak (%)	63.40	60.29 ± 1.19	4.91
Rendemen resin (%)	16.00	14.21 ± 0.83	11.19
Bilangan asam minyak (mg KOH.g ⁻¹)	51.59	44.87 ± 4.12	13.03
Densitas minyak (g.cm ⁻³)	0.874	0.874 ± 0.01	0.00
Viskositas minyak (cSt)	35.93	32.26 ± 5.40	10.21
Bilangan asam resin (mg KOH.g ⁻¹)	119.62	116.43 ± 2.15	2.67
Kadar total fenol resin (%)	4.19	4.11 ± 0.23	1.91

Tabel 14 Perbandingan nilai validasi terhadap *prediction interval*

Respon	Validasi	95% PI	
		Lower	Upper
Rendemen minyak (%)	60.29	58.71	68.09
Rendemen resin (%)	14.21	13.39	18.61
Bilangan asam minyak (mg KOH.g ⁻¹)	44.87	44.08	59.09
Densitas minyak (g.cm ⁻³)	0.874	0.851	0.897
Viskositas minyak (cSt)	32.26	22.34	49.51
Bilangan asam resin (mg KOH.g ⁻¹)	116.43	93.97	145.29
Kadar total fenol resin (%)	4.11	3.55	4.84

Keterangan: *confidence* = 95%

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Optimasi kondisi proses ekstraksi minyak dan resin biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) secara simultan menggunakan campuran pelarut n-heksan dan metanol menghasilkan rendemen minyak 63.4% dan resin 16% yang diperoleh pada waktu ekstraksi 5.22 jam dan kecepatan pengadukan 432 rpm. Optimasi dengan tujuan memaksimalkan respon rendemen minyak diperoleh rendemen 63.49% pada waktu ekstraksi 5.21 jam dan kecepatan pengadukan 405 rpm. Optimasi dengan tujuan memaksimalkan respon rendemen resin diperoleh rendemen 16.33% pada waktu ekstraksi 5.10 jam dan kecepatan pengadukan 598 rpm. Optimasi setiap mutu minyak dan resin tidak menghasilkan model yang signifikan terhadap respon. Mutu minyak hasil optimasi secara simultan rendemen minyak dan resin adalah bilangan asam 44.87 mg KOH.g⁻¹, densitas 0.874 g.cm⁻³ dan viskositas 32.26 cSt, sedangkan untuk resin adalah bilangan asam 116.43 mg KOH.g⁻¹ dan kadar total fenol 4.11%.

Saran

Dalam ampas hasil ekstraksi masih terdapat sisa minyak yang cukup tinggi kisar 3.79-16.60%, sehingga masih perlu dilakukan kajian dan pengembangan tor lainnya seperti keseragaman ukuran partikel bahan <30 mesh (40 mesh) uk lebih memaksimalkan rendemen minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- DAC] Association of Official Analytical Chemyst. 1995. *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemyst. 16th Edition*. Washington DC (US): The Association of Official Analytical Chemist. Inc.
- DAC] Association of Official Analytical Chemyst. 2005. *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemyst. 18th Edition*. Washington DC (US): The Association of Official Analytical Chemist. Inc.
- II] Standar Nasional Indonesia. *Biodiesel SNI 04-7182-2006*. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- II] Standar Nasional Indonesia. *Biodiesel SNI 7182-2015*. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- II] Standar Nasional Indonesia. *Cara Uji Makanan dan Minuman SNI 01-2891-1992*. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- dulkadair BA, Uemura Y, Ramli A, Osman NB, Kusakabe K, Kai T. 2014. Study on extraction and caracterization of rubber seed oil. *Australian Journal of Basic and Applied Science*. 8(3): 445-451.
- SF, Shamsudin R, Yunus R. 2014. The effect storage time of chopped oil palm fruit bunches on the palm oil quality. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2:165-172. doi: 10.1016/j.aaspro.2014.11.024.
- alia Kartika I, Cerny M, Vandenbossche V, Rigal L, Sablayrolles C, Vialle C, Suparno O, Ariono D, Evon Ph. 2018. Direct *Calophyllum* oil exctraction and resin separation with a binary solvent of n-heksan and methanol mixture. *Fuel*. 221: 159-164. doi:10.1016/j.fuel.2018.02.080.
- umugam A, Ponnusami V. 2018. Biodiesel production from *Calophyllum inophyllum* oil a potential non-edible feedstock: an overview. *Renewble Energy*. 131: 459-471. doi:10.1016/j.renene.2018.07.059.
- etor GK, Sunnu A, Parbey J. 2015. Effect of biodiesel production parameters on viscosity and yield of methyl esters: *Jatropha curcas*, *Elaeis guineensis* and *Cocos nucifera*. *Alexandria Engineering Journal*. 54: 1285-1290. doi:10.1016/j.aej.2015.09.011.
- wal T, Dhyani, Bhatt ID, Rawal RS, Pende V. 2016. Optimization extraction conditions for improving phenolic content and antioxidant activity in *Berberis asiatica* fruits using response surface methodology (RSM). *Food Chemistry*. 207: 115-124. doi:10.1016/j.foodchem.2016.03.081.
- stomi S, Rostiwati R, Sudrajat R, Kosasih S, Anggraini I, Leksono B, Irawati S, Kurniaty R, Syamsuwida D, Effendi R. 2009. *Nyamplung (Calophyllum inophyllum L.) Sumber Energi Biofuel yang Potensial*. Bogor (ID): Badan Litbang Kehutanan.

- Chandra BB, Setiawab F, Gunawan S, Widjaja T. 2013. Pemanfaatan biji buah nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1): 13-14.
- Chee-Yuen G, Latif AA. 2011. Optimization of the solvent extraction of bioactive compounds from *Parkia speciosa* using response surface methodology. *Food Chemistry*. 124: 1277-1283. doi:10.1016/j.foodchem.2010.07.074
- Dweck AC, Meadows T. Tamanu (*Calophyllum inophyllum*)-The African, Asian, Polynesian and Pasific Panacea. *International Journal of Cosmetic Science*. 24: 341-348. doi:10.1046/j.1467-2494.2002.00160.x.
- Elkhaleefa A, Shigidi I. 2015. Optimization of sesame oil extraction process conditions. *Advances in Chemical Engineering and Science*. 5:305-310. doi: 10.4236/aces.2015.53031.
- Fregolente PBL, Maciel MRW, Oliveira LS. 2015. Removal of water content from biodiesel and diesel fuel using hydrogel adsorbents. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 32(4): 895-901. doi:10.1590/0104-6632.20150324s20140142.
- Genkopolis CJ. 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3th Edition*. New Jersey (US): Prentice-Hall International Inc.
- Hakim A, Mukhtadi E. 2017. Pembuatan minyak biji karet dari biji karet dengan menggunakan metode *screw pressing*: analisa produk penghitungan rendemen, penentuan kadar air minyak, analisa densitas, analisa viskositas, analisa angka asam dan analisa angka penyabunan. *Metana*. 13(1): 13-22.
- Hathurusingha S. 2011. Periodic variation in karnel oil content and fatty acid profiles of *Calophyllum inophyllum* L.: a medicinal plant in Northern Australia. *Industrial Crops and Products*. 33: 775-778. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.01.022.
- Imahara H, Minami E, Saaka S. 2006. Thermodynamic study on cloud point of biodiesel with its fatty acid composition. *Fuel*. 85: 1666-1670. doi: 10.1016/j.fuel.2006.03.003.
- Kartika IA, Bernia OTO, Sailah I, Prakoso T, Purwanto TP. 2019. A binary solvent for the simultaneous *Calophyllum* oil-resin extraction and purification. *Research in Agricultural Engineering*. 65(2): 63-69. doi: 10.17221/30/2018-RAE.
- Kartika IA, Fathiyah S, Desrial, Purwanto YA. 2010. Pemurnian minyak nyamplung dan aplikasinya sebagai bahan bakar nabati. *J. Tek. Ind. Pert*. 20(2): 122-129.
- Kartika IA, Sari DDK, Pahan AF, Suparno O, Ariono D. 2017. Ekstraksi minyak dan resin nyamplung dengan campuran pelarut heksan-etanol. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 27(2): 161-171.
- Ketaren S. 1985. *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Jakarta (ID): PN Balai Pustaka.
- Khadafi M, Rostika I, Hidayat T. 2014. Pengolahan gondorukem menjadi bahan pendauran sebagai aditif pada pembuatan kertas. *Jurnal Selulosa*. 4(1): 17-24.
- Kilham C. 2004. Tamanu oil: a tropical remedy [internet]. [diacu 2019 Agustus 14]. Tersedia dari: <http://cms.herbalgram.org/herbalgram/issue63/article2709.html>.
- Knothe G, 2006. Analyzing biodiesel: standards and other method. *Journal of The American Oil Chemists' Society*. 83(10): 823-833.
- Leksono B, Hendrati RL, Windyarini E, Hasnah T. 2014. Variation in biofuel potential of twelve *Calophyllum inophyllum* population in Indonesia. *Indonesian*

Journal of Forestry Research. 1(2): 127-138.
doi:10.20886/ijfr.2014.1.2.569.127-138.

g-Biao G, Hui-Li P, Ke-Ke L, Hua-min L, Xue-De W, Guang-Yong Q. 2016. Process optimization and characterization of fragrant oil from red pepper (*Capsicum annuum* L.) seed extracted by subcritical butane extraction. *Journal of The Science of Food and Agriculture.* 97(6): 1894-1903. doi:10.1002/jsfa.7992.

WH, Yen WL, Zih FC, Wen FC, Ying CT, Chien CC. 2015. Calophyllolide content in *Calophyllum inophyllum* at different stages of maturity and its osteogenic activity. *Molecules.* 20: 12314-12327. doi:10.3390/molecules200712314.

imun T, Arahman N, Arifah FH, Rahayu P. 2017. Penghambatan peningkatan kadar asam lemak bebas (*free fatty acid*) pada buah kelapa sawit dengan menggunakan asap cair. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia.* 9(2): 44-49. doi:10.17969/jtipi.v9i2.8469.

rgaretta S, Handayani SD, Indraswati N, Hindarso H. 2011. Ekstraksi senyawa phenolik *Pandanus amaryllifolius* Roxb sebagai antioksidan alami. *Widya Teknik.* 10(1):21-30.

yasari F, Dalimi R. 2017. Dynamic modeling of CPO supply to fulfill biodiesel demand in Indonesia. *Intl. Symp. Elec. And Com. Eng.* 388-393.

ntgomery DC. 2001. *Design and Analysis Of Experiments.* New York (US): John Wiley and Sons, Inc.

hammad FR, Jatranti S, Qadriyah L, Mahfud. 2014. Pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung menggunakan pemanasan gelombang mikro. *Jurnal Teknik Pomits.* 3(2): 154-159.

khriani. 2014. Ekstraksi, pemisahan senyawa dan identifikasi senyawa aktif. *Jurnal Kesehatan.* 7(2): 361-367.

lajib NA. 2016. Optimasi proses pembuatan biopellet dari ampas kopi instan dan arang tempurung kelapa dengan *response surface method* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

ian AF. 2016. Ekstraksi minyak dan resin nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dengan campuran pelarut heksan-metanol [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

yudo AN, Novian O, Setyadi, Antaresti. 2015. Koefisien transfer massa kurkumin dari temulawak. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik.* 14(1): 26-31.

at Komunikasi Publik Kementerian Perindustrian. 2015. Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015-2035. Jakarta (ID): Kementerian Perindustrian RI.

obani RI. 2019. Ekstraksi resin dari cangkang buah nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dengan alkohol [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

citra R. 2014. Aplikasi *response surface method* untuk optimasi kondisi proses produksi biodiesel jarak pagar melalui transesterifikasi *in situ* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

i DDK. 2017. Ekstraksi minyak dan resin nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dengan campuran pelarut heksan-etanol [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Sayyar S, Abidin ZZ, Yunus R, Muhammad A. 2009. Extraction of oil from jatropha seeds-optimization and kinetics. *American Journal of Applied Science*. 6(7): 1390-1395.
- Shahidi F, Pathirana CL. 2005. Optimization of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology. *Food Chemistry*. 93:45-56. doi:10.1016/j.foodchem.2004.08.050.
- Sulatana B, Anwar F, Ashraf M. 2009. Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*. 14: 2167-2180. doi:10.3390/molecules14062167.
- Tabatabaei M, Keikhosro K, Ilona SH, Rajeev K. 2015. Recent trends in biodiesel production. *Biofuel Research Journal*. 7:258-267. doi:10.18331/BRJ2015.2.3.4.
- Tagora BPS, Sirait R, Iriany. 2012. Penentuan kondisi keseimbangan unit *leaching* pada produksi eugenol dari daun cengkeh. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(1):10-14.
- Yanbo Z, Feng G, Yin Z, Jun L. 2014. Study on the extraction kinetics of phenolic compounds from petroleum refinery waste lye. *Journal of Saudi Chemical Society*. 18: 589-592. doi:10.1016/j.jsocs.2011.11.011.

LAMPIRAN

Gita cipta mih IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor, Indonesia —

Misi Cipta Pemandangan Lingkungan

1. Dihasilkan sebagai mahasiswa yang memiliki daya kreatifitas dan inovatif dalam menyediakan sumber :

- a. Peningkatan hasil karya dan pengetahuan sendiri dan orang lain, peningkatan kerja tim, peningkatan laporan, penulisan karya atau tulisan atau masalah
- b. Peningkatan daya kreatifitas dan inovatif yang wajar IPB University

2. Dihasilkan menggunakan dan meningkatkan keahlian atau keahlian baru baik di dalam maupun di luar IPB University

Lampiran 1 Prosedur analisis proximat

Kadar air (AOAC 2005)

Cawan aluminium kosong dikeringkan dalam oven suhu 105 °C selama 15 menit, lalu didinginkan dalam desikator selama 5 menit dan ditimbang bobotnya. Sampel sekitar 5 g dimasukkan ke dalam cawan aluminium kosong dan dikeringkan dalam oven suhu 105 °C selama minimal 3 jam. Cawan aluminium kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Proses pengeringan diulangi beberapa kali sampai bobot cawan konstan (<0.003 g). Hasil analisis kadar air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(x - y)}{(x - a)} \times 100 \%$$

Keterangan:

- x = Bobot cawan dan sampel sebelum pengeringan (g)
- y = Bobot cawan dan sampel setelah pengeringan (g)
- a = Bobot cawan kosong (g)

Kadar abu (AOAC 2005)

Cawan porselen kosong dipijarkan dalam tanur selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Sampel sebanyak 5 g dimasukkan ke dalam tanur, kemudian diabukan sampai diperoleh abu berwarna putih dan bobot konstan. Pengabuan tahap pertama dilakukan pada suhu 400 °C dan dilanjutkan dengan suhu 550 °C. Cawan kemudian didinginkan dalam desikator. Setelah cawan dingin lalu ditimbang. Hasil analisis kadar abu dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \%$$

Keterangan:

- W1 = Bobot sampel sebelum pengabuan (g)
- W2 = Bobot sampel setelah pengabuan (g)

Kadar protein (SNI 01-2891-1992)

Sampel sebanyak 0.1 g dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl 100 mL, kemudian ditambahkan 1 g campuran katalis (CuSO₄:NaSO₄; 5:6) dan 2.5 mL H₂SO₄ 97%. Labu dipanaskan di atas pemanas listrik sampai mendidih dan larutan menjadi jernih kehijauan dengan waktu sekitar 1 jam. Setelah didinginkan, kemudian larutan dimasukkan ke dalam distilator (labu dibilas dengan aquades minimal 13 kali), lalu ditambahkan 15 mL NaOH 6 N ke dalam distilator. Campuran didistilasi selama 10 menit, sebagai penampung digunakan erlenmeyer 100 mL berisi 10 mL larutan asam borat 2% yang telah diberi 2-3 tetes indikator mensele. Distilasi dihentikan bila volume larutan telah menjadi dua kali volume awal. Selanjutnya sampel dititrasi dengan H₂SO₄ 0.02 N. Prosedur yang sama dilakukan untuk pembuatan blanko. Hasil analisis kadar protein dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{(V_1 - V_2) \times \text{NH}_2\text{SO}_4 0.02 \times 0.014 \times Fk}{W} \times 100 \%$$

Lampiran 2 Prosedur pengujian mutu minyak dan resin

Densitas

Piknometer 10 mL ditimbang bobotnya. Piknometer diisi dengan sampel minyak dan ditera sampai batas yang ditentukan, lalu ditimbang. Pengulangan dilakukan sebanyak dua kali dan hasil diperoleh dengan menghitung rata-rata dari hasil kedua pengulangan tersebut. Hasil analisis densitas dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_t = \frac{M_1 - M_0}{V_t}$$

Keterangan:

ρ_t = Densitas pada suhu tertentu ($\text{g.mL}^{-1}/\text{g.cm}^{-3}$)

M_1 = Bobot piknometer berisi sampel (g)

M_0 = Bobot piknometer kosong (g)

V_t = Volume piknometer yang berisi air pada suhu tertentu (mL)

Viskositas (SNI 04-7182-2006)

Dalam pengujian viskositas ini menggunakan viskosimeter. Aquades dipanaskan pada suhu 25 °C dan dimasukkan ke dalam tabung viskosimeter Ostwald. Waktu yang diperlukan mencapai tanda tera dicatat. Minyak dipanaskan pada suhu 25 °C dan dimasukkan ke dalam tabung viskosimeter Ostwald. Kemudian waktu yang diperlukan mencapai tanda tera dicatat. Hasil analisis viskositas dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Viskositas} = \mu \times \frac{d_2 \times t_2}{d_1 \times t_1}$$

Keterangan:

μ = Viskositas aquades suhu 25 °C

d_1 = Densitas aquades suhu 25 °C ($\text{g.mL}^{-1}/\text{g.cm}^{-3}$)

d_2 = Densitas minyak suhu 25 °C ($\text{g.mL}^{-1}/\text{g.cm}^{-3}$)

t_1 = Waktu yang dibutuhkan untuk aquades mengalir (detik)

t_2 = Waktu yang dibutuhkan untuk minyak mengalir (detik)

Bilangan asam (AOAC 1995)

Sampel 5-10 g ditimbang dalam erlenmeyer 250 mL. Kemudian 25 mL alkohol netral 95% ditambahkan dan dipanaskan sampai mendidih. Setelah dingin, ditambahkan 2 tetes indikator PP dan dititrasi dengan larutan KOH 0.1 N sampai berwarna merah muda yang tidak hilang selama beberapa detik. Hasil analisis bilangan asam dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Bilangan asam} = \frac{A \times N \times 56.1}{G}$$

Keterangan:

A = Larutan KOH untuk titrasi (mL)

N = Normalitas larutan KOH

G = Bobot sampel (g)

dar total fenol (AOAC 2005: 952.03)

Analisis kadar total fenol dilakukan dengan menggunakan metode Folin-calteu. Sampel 1 mL ditambahkan dengan 7.5 mL aquades, 0.5 mL reagen in-Ciocalteu dan Na_2CO_3 jenuh 1 mL . Setelah itu campuran didiamkan selama menit dalam kondisi gelap. Pengukuran absorbansi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 760 nm. Standar g digunakan adalah asam galat. Hasil absorbansi dikonversi mejadi total fenol am mg GAE/g bobot sampel atau persen bobot (%).

Lampiran 3 Hasil analisis ragam rendemen minyak dan resin

Hasil analisis ragam rendemen minyak ($\alpha= 0.05$)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	F hitung	Nilai p
Model	224.51	5	44.90	17.79	0.0033
A-Waktu ^a	29.63	1	29.63	11.74	0.0187
B-Pengadukan	1.27	1	1.27	0.5023	0.5102
AB	2.69	1	2.69	1.07	0.3489
A ² ^a	122.40	1	122.40	48.50	0.0009
B ² ^a	124.67	1	124.67	49.40	0.0009
Residual	12.62	5	2.52	-	-
<i>Lack of Fit</i>	12.12	3	4.04	16.25	0.0585
<i>Pure Error</i>	0.4971	2	0.2486	-	-
<i>Cor Total</i>	237.13	10	-	-	-

Keterangan: variabel yang diikuti *superscript* a menunjukkan berpengaruh signifikan ($p<0.05$).

Hasil analisis ragam rendemen resin ($\alpha= 0.05$)

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	db	Kuadrat rata-rata	F hitung	Nilai p
Model	24.81	5	4.96	6.36	0.0317
A-Waktu ^a	6.03	1	6.03	7.72	0.0389
B-Pengadukan	3.73	1	3.74	4.77	0.0806
AB	1.39	1	1.39	1.78	0.2398
A ² ^a	13.15	1	13.15	16.85	0.0093
B ²	0.1426	1	0.1426	0.1828	0.6868
Residual	3.90	5	0.7804	-	-
<i>Lack of Fit</i>	2.87	3	0.9553	1.84	0.3705
<i>Pure Error</i>	1.04	2	0.5180	-	-
<i>Cor Total</i>	28.71	10	-	-	-

Keterangan: variabel yang diikuti *superscript* a menunjukkan berpengaruh signifikan ($p<0.05$).

mpiran 4 Hasil analisis ragam mutu minyak dan resin

asil analisis ragam bilangan asam minyak ($\alpha= 0.05$)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	F hitung	Nilai p
odel	0.0000	0	-	-	-
esidual	104.07	10	10.41	-	-
ack of Fit	72.46	8	9.06	0.5730	0.7650
ure Error	31.61	2	15.81	-	-
or Total	104.07	10	-	-	-

erangan: variabel yang diikuti *superscript* a menunjukkan berpengaruh signifikan ($p<0.05$).

asil analisis ragam densitas minyak ($\alpha= 0.05$)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	F hitung	Nilai p
odel	0.0000	0	-	-	-
esidual	0.0010	10	0.0001	-	-
ack of Fit	0.0006	8	0.0001	0.3427	0.8882
ure Error	0.0004	2	0.0002	-	-
or Total	0.0010	10	-	-	-

erangan: variabel yang diikuti *superscript* a menunjukkan berpengaruh signifikan ($p<0.05$).

asil analisis ragam viskositas minyak ($\alpha= 0.05$)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	F hitung	Nilai p
odel	0.0000	0	-	-	-
esidual	340.69	10	34.07	-	-
ack of Fit	201.11	8	25.14	0.3602	0.8786
ure Error	139.58	2	69.79	-	-
or Total	340.69	10	-	-	-

erangan: variabel yang diikuti *superscript* a menunjukkan berpengaruh signifikan ($p<0.05$).

asil analisis ragam bilangan asam resin ($\alpha= 0.05$)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	F hitung	Nilai p
odel	1101.51	3	367.17	3.43	0.08
A-Waktu	19.85	1	19.85	0.1855	0.6796
B-Pengadukan ^a	814.34	1	814.34	7.61	0.0281
AB	267.32	1	267.32	2.50	0.1580
esidual	748.90	7	106.99	-	-
ack of Fit	625.71	5	125.14	2.03	0.3619
ure Error	123.19	2	61.59	-	-
or Total	1850.41	10	-	-	-

erangan: variabel yang diikuti *superscript* a menunjukkan berpengaruh signifikan ($p<0.05$).

Hasil analisis ragam total fenol resin ($\alpha= 0.05$)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	F hitung	Nilai p
Model	0.4093	2	0.2047	2.89	0.1138
A-Waktu	0.3615	1	0.3615	5.10	0.0539
B-Pengadukan	0.0479	1	0.0479	0.6753	0.4350
Residual	0.5671	8	0.0709	-	-
<i>Lack of Fit</i>	0.3283	6	0.0547	0.4582	0.8060
<i>Pure Error</i>	0.2388	2	0.1194	-	-
<i>Cor Total</i>	0.9764	10	-	-	-

Keterangan: variabel yang diikuti *superscript* a menunjukkan berpengaruh signifikan ($p<0.05$).



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bunde pada tanggal 12 Oktober 1996 dari ayah Bahar dan ibu Suryani. Penulis adalah putra pertama dari dua bersaudara. Tahun 2015 penulis lulus dari SMA Negeri 1 Mamuju dan pada tahun yang sama penulis lulus seleksi masuk Institut Pertanian Bogor (IPB) melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan diterima di Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Selama aktif sebagai mahasiswa, penulis memiliki pengalaman menjadi asisten praktikum peralatan industri pertanian, teknologi minyak, emulsi dan oleokimia, teknologi serat, kulit, gum dan n, serta pengawasan mutu. Penulis juga memiliki pengalaman sebagai staf departemen Administrasi dan Kesekretariatan Himalogin periode 2017/2018. Selain itu, penulis juga pernah melakukan praktik lapangan di PT Tanjung Saranastari (PT Astra Agro Lestasi, Tbk) yang terletak di Kabupaten Pasangkayu-awesi Barat, dengan judul “Mempelajari Proses Pemurnian *Crude Palm Oil* (CPO) Menjadi Produk *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO), *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD), Olein dan Stearin di PT Tanjung Sarana Lestari.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penulisan skripsi adalah sebagai berikut:
1. Ditulis dengan menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar.
2. Ditulis dengan menggunakan bahasa yang lugas, jelas, dan padat.
3. Ditulis dengan menggunakan bahasa yang ilmiah.
4. Ditulis dengan menggunakan bahasa yang sistematis dan terstruktur.
5. Ditulis dengan menggunakan bahasa yang lugas, jelas, dan padat.
6. Ditulis dengan menggunakan bahasa yang ilmiah.
7. Ditulis dengan menggunakan bahasa yang sistematis dan terstruktur.
8. Ditulis dengan menggunakan bahasa yang lugus, jelas, dan padat.
9. Ditulis dengan menggunakan bahasa yang ilmiah.
10. Ditulis dengan menggunakan bahasa yang sistematis dan terstruktur.