

ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET BIDANG KONVERSI BIOMASSA

INOVASI TEKNOLOGI PEMROSESAN BIOMASSA MENJADI *BIOFUEL* UNTUK MENDUKUNG PENERAPAN ENERGI BARU DAN TERBARUKAN (EBT)



OLEH:
RIZAL ALAMSYAH

BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
JAKARTA, 26 OKTOBER 2022

INOVASI TEKNOLOGI PEMROSESAN
BIOMASSA MENJADI *BIOFUEL*
UNTUK MENDUKUNG PENERAPAN
ENERGI BARU DAN TERBARUKAN
(EBT)

Diterbitkan pertama pada 2022 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution Non-commercial Share Alike 4.0 International license (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC-BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG KONVERSI BIOMASSA**

**INOVASI TEKNOLOGI PEMROSESAN
BIOMASSA MENJADI *BIOFUEL*
UNTUK MENDUKUNG PENERAPAN
ENERGI BARU DAN TERBARUKAN
(EBT)**

**OLEH:
RIZAL ALAMSYAH**

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
JAKARTA, 26 OKTOBER 2022**

© 2022 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Organisasi Riset Konversi dan Konservasi Energi

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Inovasi Teknologi Pemrosesan Biomassa Menjadi *Biofuel* untuk Mendukung Penerapan Energi Baru dan Terbarukan (EBT)/Rizal Alamsyah–Jakarta: Penerbit BRIN, 2022.

xi + 57 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-623-8052-10-3 (cetak)
978-623-8052-09-7 (e-book)



- | | |
|----------------------|--------------|
| 1. Biofuel | 2. Biomassa |
| 3. Energi Terbarukan | 4. Penerapan |

333.9

Copy editor : Rina Kamila
Proofreader : Prapti Sasiwi & Dhevi E.I.R. Mahelingga
Penata Isi : Dhevi E.I.R. Mahelingga
Desainer Sampul : S. Imam Setyawan

Cetakan Pertama : Oktober 2022



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie, Jl. M.H. Thamrin No. 8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: 0811-8612-369
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id
 PenerbitBRIN
 Penerbit_BRIN
penerbit_brin

BIODATA RINGKAS



Rizal Alamsyah, lahir di Bogor, Jawa Barat, pada tanggal 10 Juli 1959 adalah anak keempat dari Bapak Abdul Muis Abdullah (alm.) dan Ibu Nelly Sadiyah. Menikah dengan Dra. Hj. Ariyanti dan dikaruniai dua orang anak, yaitu Arizia Tamara, S.T. dan Amira M. Ghina.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 15/M Tahun 2022 tanggal 13 April 2022 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama di lingkungan Badan Riset dan Inovasi Nasional terhitung mulai tanggal 25 April 2022.

Berdasarkan Keputusan Kepala BRIN Nomor 299/I/HK/2022, tanggal 6 Oktober 2022 tentang Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan orasi Pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Pabrik Gas Bogor, tahun 1971, Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Bogor, tahun 1974, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Bogor, tahun 1977. Memperoleh gelar Sarjana Mekanisasi Pertanian dari Institut Pertanian Bogor, tahun 1983, gelar Magister Applied Science dari The University of New South Wales, tahun 1990, dan gelar Doktor bidang Keteknikan Pertanian dari IPB, tahun 2010.

Mengikuti beberapa pelatihan yang terkait dengan bidang kompetensinya, antara lain *Training for Trainer in Agricultural/Food Engineering* di Cornell University, Amerika Serikat (tahun 1993), *Design of Small Scale Biodiesel Production Unit* di BPPT (tahun 2007), *Training Course on Biomass Integrated Utilization*

Technologies di China Agricultural University (CAU), Beijing (tahun 2008), dan *Biodiesel Production From Multi Feedstock* di BPPT (tahun 2008).

Mulai bekerja di Balai Besar Industri Agro, Kementerian Perindustrian sejak tahun 1984 dan pernah menjabat sebagai Kepala Bidang Sarana Riset dan Standardisasi (tahun 2009–2018). Bekerja di Organisasi Riset Konversi dan Konservasi Energi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, mulai tahun 2022.

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Asisten Peneliti Muda golongan III/a tahun 1988, Ajun Peneliti Muda golongan III/c tahun 1993, Ajun Peneliti Madya golongan III/d tahun 1996, Peneliti Muda golongan IV/a tahun 2000, Peneliti Madya golongan IV/b tahun 2005, Peneliti Madya golongan IV/c tahun 2006, Peneliti Utama golongan IV/d tahun 2013, dan memperoleh jabatan Peneliti Utama golongan IV/e bidang Bioproses-Konversi Biomassa tahun 2014.

Menghasilkan 85 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 15 KTI ditulis dalam bahasa Inggris. Selain itu, telah dihasilkan sebanyak tiga paten terkabulkan (*granted*).

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing skripsi (S1) pada Institut Pertanian Bogor, Institut Teknologi Indonesia, Universitas Lampung, Universitas Pakuan, Sekolah Tinggi MIPA Bogor, dan Sekolah Tinggi Manajemen Industri Jakarta; pembimbing disertasi (S3) pada Universitas Indonesia; serta penguji disertasi (S3) pada Universitas Indonesia.

Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai anggota Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (Perteta) (2006–sekarang), anggota Board of Expert of Asian Pacific Coconut

Community (APCC/ICC) (2016–2018), anggota Ikatan Bioenergi Indonesia (AKABI) (2018–sekarang), Perhimpunan Periset Indonesia (PPI) (2019–sekarang), Ketua Dewan Etik dan Penasihat Bakti Peneliti Profesional Indonesia-BPPI (2020–2024), anggota Ikatan Inventor Indonesia (2021–sekarang), dan pengurus Perhimpunan Periset Indonesia Kota Bogor sebagai Ketua Bidang Pengembangan Usaha dan Kesejahteraan Anggota (2022–sekarang).

Menerima tanda penghargaan, baik tingkat nasional maupun internasional, antara lain penghargaan ilmiah Juara Riset Unggulan BPPI, Kemenperin (tahun 2004), *Dissertation Award* untuk program Doktor dari Ford/IEEF Foundation (tahun 2010), *Iran Technological Innovation Award* (tahun 2011), *Business Innovation Center (BIC) Award* (tahun 2014), Satyalencana Karya Satya X Tahun (tahun 2003), XX tahun (tahun 2006), dan XXX Tahun (tahun 2017) dari Presiden RI.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS	v
PRAKATA PENGUKUHAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
II. EVOLUSI DAN PERSPEKTIF TEKNOLOGI <i>BIOFUEL</i>	4
2.1 Evolusi Teknologi	4
2.2 Perspektif Teknologi <i>Biofuel</i>	6
III. INOVASI DAN RISET TEKNOLOGI PEMROSESAN BIOMASSA MENJADI <i>BIOFUEL</i>	8
3.1 Inovasi Reaktor <i>Static Mixer</i> untuk Transesterifikasi Biodiesel	8
3.2 Inovasi Reaktor Pencucian Kering Biodiesel.....	10
3.3 Inovasi Pengolahan Pelet Biomassa Limbah Pertanian dan Perkebunan.....	11
3.4 Inovasi Gasifikasi Pelet Biomassa untuk Produksi Gas Sintetis.....	13
3.5 Inovasi Reaktor Separasi MCT dan Non-MCT Minyak Kelapa	14
IV. PENERAPAN DAN KEBIJAKAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PEMROSESAN BIOMASSA MENJADI <i>BIOFUEL</i>	17
4.1 Penerapan Teknologi Pemrosesan Biomassa Menjadi <i>Biofuel</i>	17
4.2 Kebijakan Pengembangan	18
V. KESIMPULAN.....	19
VI. PENUTUP.....	20
UCAPAN TERIMA KASIH	21
DAFTAR PUSTAKA.....	24
LAMPIRAN.....	30
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH.....	41
DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA.....	49
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	50

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim.

Assalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset yang mulia, yang terhormat Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah Swt., atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, sehingga dalam kesempatan ini kita dapat berkumpul dan bersama-sama hadir pada acara orasi ilmiah pengukuhan Profesor Riset di Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

**“INOVASI TEKNOLOGI PEMROSESAN BIOMASSA
MENJADI *BIOFUEL* UNTUK Mendukung PENERAPAN
ENERGI BARU DAN TERBARUKAN (EBT)”**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

I. PENDAHULUAN

Biomassa merupakan salah satu sumber bahan baku energi terbarukan yang esensial dan dapat menggantikan posisi bahan bakar fosil atau minyak bumi. Indonesia merupakan penghasil biomassa terbesar di kawasan ASEAN, namun pemanfaatannya masih sangat minim¹. Di Indonesia, potensi biomassa sebagai sumber bahan baku (*feedstocks*) belum optimal untuk dikonversi menjadi energi sehingga investasi di sektor industri untuk pasar energi, baik secara lokal, regional, dan internasional masih belum dilakukan dengan maksimal². Biomassa sebagai sumber bahan baku energi mempunyai beberapa kelebihan, antara lain bahan yang dapat diperbarui (*renewable*) dan tersedia secara berkesinambungan (*sustainable*).

Indonesia memiliki lahan yang sangat luas untuk produksi biomassa. Biomassa di Indonesia berasal dari beberapa sumber, seperti limbah pertanian, tanaman perkebunan, pengolahan kayu, dan kotoran hewan. Indonesia diperkirakan menghasilkan 155,4 juta ton biomassa per tahun atau setara dengan 49,8 GJ/tahun³.

Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional mengatur tentang penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) serta upaya mengurangi penggunaan sumber energi fosil. Dalam kebijakan tersebut, ditetapkan target bauran EBT untuk tahun 2020 hingga 2050 sebesar 23–31% dari total energi yang diperlukan⁴. Namun, kontribusi EBT dalam bauran energi nasional tahun 2020 baru mencapai 11,31% atau separuh dari target 23% di tahun 2025⁵. Peraturan tersebut juga telah diadaptasi pada kebijakan untuk mendorong penggunaan biomassa atau residu tanaman pertanian dan perkebunan sebagai bahan bakar untuk produksi listrik dan

uap di industri⁵. Peraturan Pemerintah tentang Kebijakan Energi Nasional dirumuskan secara khusus untuk menjamin ketahanan pasokan energi nasional yang berkelanjutan dan konsumsi energi yang efisien. Manfaat dari kebijakan tersebut, antara lain pengurangan impor minyak bumi, konservasi sumber daya alam, dan penguatan ekonomi pedesaan. Biomassa yang efisien untuk proyek energi secara aktif sedang didorong di Indonesia.

Kendala yang terdapat dalam pengembangan *biofuel* (cair dan padat) berbasis biomassa ialah harga jual yang lebih mahal dibandingkan harga bahan bakar fosil, biaya produksi yang relatif besar, dan harga bahan pembantu yang masih tinggi, di samping faktor lain, seperti pembangunan infrastruktur jalan dan pelabuhan laut, subsidi pemerintah, serta pengembangan teknologi dan sumber daya manusia⁶.

Sejauh ini, teknik produksi biomassa menjadi *biofuel* komersial umumnya dilakukan dengan proses atau cara konvensional, yaitu dengan pengestrakan atau pembakaran langsung minyaknya. Sebagai contoh, dalam menghasilkan biodiesel dari minyak nabati, digunakan reaktor *blade agitator*, di mana laju reaksi atau efektivitas transesterifikasi relatif lambat sehingga berimplikasi pada kebutuhan jumlah energi dalam proses relatif besar. Dengan demikian, untuk mendapatkan proses yang lebih efisien, diperlukan suatu rekayasa dengan melihat segi pemakaian energi, laju reaksi, dan waktu reaksi⁷. Untuk memperbaiki rekayasa proses biodiesel, perlu dikembangkan suatu proses dan peralatan pengolahan dengan teknik yang lebih intensif sehingga laju reaksi lebih tinggi dan energi aktivasi (E_a) yang lebih rendah⁸.

Selain itu, konversi biomassa secara langsung untuk menghasilkan energi dari limbah pertanian dan perkebunan masih dilakukan dengan cara pembakaran langsung sehingga

mencemari lingkungan. Untuk menunjang pembakaran yang efektif, diperlukan inovasi peralatan pembakaran yang baru. Contoh konversi biomassa agar lebih efektif dan aplikatif ialah perubahan bentuk bahan bakar limbah pertanian dan perkebunan menjadi pelet biomassa sehingga mudah dikonversi menjadi gas sintetis (*synthetic gas/syngas*).

Inovasi pembuatan reaktor *static mixer*, reaktor pemurnian cara kering (tanpa air), pengolahan pelet biomassa (bahan bakar padat) yang dilengkapi dengan alat gasifikasi untuk mendapatkan gas sintetis, serta reaktor separasi *medium chain tryglyceride* (MCT) telah dilakukan. Sebagian besar dari hasil inovasi dan riset tersebut telah disosialisasikan dalam bentuk pelatihan, diseminasi, dan inkubasi.⁹ Riset dan inovasi tersebut dikemukakan dalam bentuk tajuk orasi konversi biomassa di Indonesia.

Pada buku atau naskah orasi ini dijelaskan evolusi atau perkembangan teknologi *biofuel* serta perspektifnya di masa mendatang pada bab II. Setelah itu, dipaparkan inovasi yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan biomassa menjadi *biofuel* pada bab III. Selanjutnya, disampaikan tentang strategi penerapan teknologi pemrosesan biomassa menjadi *biofuel* dan kebijakan pengembangannya pada bab IV, dan diakhiri dengan kesimpulan serta penutup pada bab V dan VI.

II. EVOLUSI DAN PERSPEKTIF TEKNOLOGI *BIOFUEL*

Teknologi pemrosesan biomassa menjadi *biofuel*, baik sebagai *biofuel* cair maupun padat, telah mengalami perkembangan. Secara garis besar, konversi biomassa menjadi energi dapat melalui tiga cara, yaitu konversi pembakaran langsung (*direct combustion*), konversi termokimia (*thermochemical conversion*), dan konversi biokimia (*biochemical conversion*)¹⁰. Selanjutnya akan disajikan uraian singkat tentang evolusi dan perspektif pengembangan *biofuel*.

2.1 Evolusi Teknologi

Evolusi teknologi *biofuel* ditinjau dari perkembangan penggunaan sumber energi, teknik pemurnian (*refinery*), dan kebutuhan konsumen diuraikan sebagai berikut.

2.1.1. *Biofuel* Cair

Teknologi pengolahan *biofuel* telah mengalami perkembangan berbasis gaya hidup, waktu, serta perkembangan material dan teknologi. Evolusi ini berkembang dalam rangka menghindari konflik atau kompetisi antara sumber bahan baku pangan dan nonpangan. Di samping itu, evolusi ini dilakukan untuk mengurangi potensi dampak produksi terhadap lingkungan, sosial ekonomi, dan kesehatan. Teknologi produksi *biofuel* mengalami evolusi mulai dari generasi pertama hingga generasi keempat¹¹ (Gambar 1).

Teknologi *biofuel* cair berupa biodiesel sudah berkembang dari teknologi generasi pertama hingga ketiga. Biodiesel generasi pertama diolah dari bahan baku utama, antara lain minyak sawit, minyak kedelai, minyak *rapeseed*, dan minyak biji bunga

matahari. Teknologi biodiesel generasi kedua menggunakan biji-bijian nonpangan, seperti biji jarak, nyamplung, dan kemiri sunan. Adapun teknologi biodiesel generasi ketiga menggunakan biomassa tanaman perairan laut atau perairan air tawar, yaitu alga. Lipid dari alga dapat diproses menjadi biodiesel dan proteinnya menjadi bioetanol¹².

Perkembangan terakhir teknologi *biofuel* mengarah pada teknologi konversi biomassa menjadi biohidrogen (generasi keempat). Biohidrogen dihasilkan dengan pemrosesan biomassa secara fotosintesis dan fermentasi (fotofermentasi) menjadi gas sintesis yang merupakan bahan bakar *zero emission* karena tidak menghasilkan karbon dioksida¹². Bahan bakar gas biohidrogen dari biomassa merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dibanding dengan bahan bakar fosil.

2.1.2. Biofuel Padat

Pelet biomassa merupakan bahan bakar padat yang dibuat dari biomassa. Di luar negeri, seperti di China, pelet biomassa lebih berkembang dibandingkan yang lainnya serta digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga dan industri atau *boiler*. Saat ini, pelet biomassa di Jepang digunakan sebagai bahan bakar pengganti batu bara untuk tenaga listrik (*power utility*) dan kemungkinan besar akan diikuti oleh beberapa negara Asia, termasuk Indonesia¹³. Keuntungan penggunaan pelet biomassa, antara lain tidak memerlukan ruang pembakaran yang besar, menghasilkan emisi rendah (mengurangi pencemaran lingkungan), mudah didistribusikan dalam kemasan, dan mempunyai kerapatan energi tinggi.

Pelet biomassa diproses dengan cara pengepresan (densifikasi) biomassa menjadi bentuk pelet dengan panjang 3–5 cm, diameter 8 mm, serta kandungan energi 17.500–19.000 kJ/kg

sesuai standar DIN 51731. Di luar negeri, seperti China, Korea Selatan, dan Inggris, pelet biomassa sudah diperjualbelikan dalam bentuk kemasan dan digunakan untuk pengeringan, pemasakan rumah tangga, *boiler*, dan pengolahan industri¹⁴. Di Korea Selatan dan Tiongkok, pelet biomassa (limbah pertanian dan sampah kota) dikonversi menjadi gas sintetis melalui proses gasifikasi yang lebih ramah lingkungan dan digunakan untuk pembangkit tenaga listrik¹⁵. Gasifikasi lebih ramah lingkungan dibandingkan pembakaran langsung karena pembakaran langsung menghasilkan polutan (NO_x , SO_x , dan abu)¹⁶.

Di Indonesia, penggunaan pelet biomassa sebagai bahan bakar belum banyak diterapkan. Pemanfaatan biomassa dilakukan dengan cara pembakaran langsung, misalnya limbah sawit dan bagas tebu, untuk *boiler* yang energinya digunakan untuk pemasakan *crude palm oil* (CPO) dan gula kristal putih dengan rata-rata kapasitas 1–2 MW¹⁷.

Selain dijadikan pelet, kerapatan energi biomassa juga dapat ditingkatkan melalui torefaksi. Torefaksi merupakan suatu proses termokimia yang dilakukan pada temperatur 200–300°C dengan kondisi tanpa udara. Proses ini berfungsi untuk mengubah biomassa menjadi bahan bakar padat dengan kandungan energi relatif lebih tinggi dari sebelumnya. Torefaksi dapat meningkatkan kerapatan energi, meningkatkan ketahanan terhadap air, memudahkan penggilingan, meningkatkan keamanan dari degradasi biologis, serta memudahkan transportasi dan penyimpanan. Meskipun demikian, metode torefaksi tidak begitu berkembang dibandingkan pelet biomassa biasa¹⁵.

2.2 Perspektif Teknologi *Biofuel*

Guna menunjang target percepatan bauran energi terbarukan dan *roadmap* untuk *biofuel* yang sudah ditentukan pemerintah,

teknologi pemrosesan *biofuel* perlu terus dikembangkan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi *biofuel* yang dapat menjadi acuan atau model teknis pengolahan yang lebih efisien dan pengembangan usaha yang lebih menarik.

Pengembangan teknologi dan inovasi proses biomassa menjadi *biofuel* harus diarahkan pada beberapa hal atau upaya sebagai berikut.

- 1) Upaya peningkatan kinetika reaksi sehingga dapat meminimalkan waktu dan biaya pengolahan. Hal ini diperlukan karena pengolahan *biofuel* mempunyai kelemahan, yaitu kecepatan reaksi yang lambat walaupun tidak memerlukan suhu yang tinggi.
- 2) Upaya teknologi yang diarahkan untuk meminimalkan konsumsi daya dan jumlah langkah proses.
- 3) Upaya penerapan *biorefinery*, di mana bahan berupa biomassa dikonversi menjadi berbagai produk kimia dan energi, dengan menghasilkan limbah dan emisi sekecil-kecilnya¹⁸.
- 4) Pengolahan *biofuel* harus dihubungkan dengan kemudahan dalam memperoleh bahan baku serta diusahakan dapat menunjang kebutuhan energi lokal (energi mandiri).
- 5) Pengolahan *biofuel* harus meminimalkan masalah nonteknis, seperti efek ekologi, lingkungan, kesehatan, dan keamanan (*safety*).
- 6) Pengembangan teknologi *biofuel* harus berkaitan dengan minat investasi swasta dalam pengembangan energi serta meningkatkan pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan energi¹⁹.

III. INOVASI DAN RISET TEKNOLOGI PEMROSESAN BIOMASSA MENJADI *BIOFUEL*

Saat ini, hasil riset dan inovasi terkait pemrosesan biomassa menjadi *biofuel* yang telah dilakukan dan diperoleh patennya sudah mulai disosialisasikan oleh pelaku industri maupun beberapa lembaga. Tabel 1 menunjukkan matriks *state of the art* dari inovasi yang sudah dihasilkan dan diharapkan dapat menjadi kebaruan dalam teknik pemrosesan biomassa serta diaplikasikan di masyarakat dan industri. Inovasi yang pertama ialah reaktor *static mixer*, yaitu merupakan pengolahan biodiesel, yang kedua ialah reaktor pencucian kering biodiesel (tanpa air), yang ketiga ialah pengolahan pelet biomassa (*solid fuel*), yang keempat ialah sistem/alat gasifikasi, dan yang kelima ialah reaktor separasi *medium chain tryglyceride* (MCT) dan non-MCT minyak kelapa.

3.1 Inovasi Reaktor *Static Mixer* untuk Transesterifikasi Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar cair yang diperoleh melalui proses konversi termokimia, yaitu proses transesterifikasi asam lemak (minyak nabati) menjadi asam lemak metil ester atau *fatty acyd methyl ester* (FAME) atau monoalkil ester. Proses konversi minyak nabati menjadi biodiesel dilakukan melalui tiga tahap, yaitu pemanasan awal, transesterifikasi, dan purifikasi. Salah satu masalah yang dihadapi dalam menghasilkan biodiesel dengan metode konvensional ialah laju reaksi atau efektivitas transesterifikasi yang masih relatif lambat sehingga berimplikasi pada besarnya jumlah energi dan waktu yang dibutuhkan dalam proses²⁰. Reaktor yang umum digunakan ialah reaktor konvensional menggunakan pengaduk *blade agitator*. Untuk memperbaiki rekayasa proses ini, telah dikembangkan suatu pengolahan biodiesel menggunakan reaktor *static mixer* yang

mempunyai sistem pengadukan lebih intensif sehingga laju reaksi dan konstanta reaksi (k) akan lebih tinggi serta energi aktivasi (E_a) lebih kecil²¹. Dengan dasar pemikiran ini, dibuat perbaikan dan inovasi teknik pemrosesan atau reaktor.

Reaktor yang dirancang merupakan suatu reaktor transesterifikasi dengan menerapkan rangkaian elemen *helix* yang diletakkan dalam sebuah pipa dan menggunakan energi aliran untuk menciptakan pencampuran yang efektif antarbahannya reaktan yang diolah²². Secara garis besar, reaktan dalam sistem *helix* akan mengalami proses efek mekanis, yaitu dengan cara *dividing* (pemecahan), *rotating* (pemerataan), *channeling* (penghubungan), *diverting* (pembelokan), dan *recombining* (penggabungan kembali) sehingga molekul reaktan lebih intens bertumbukan dan meningkatkan kinetika reaksi. Dengan demikian, produk biodiesel akan lebih cepat terbentuk²².

Reaktor *static mixer* yang dibuat memiliki skala 30–50 liter dengan sistem *batch*²² (Gambar 2). Reaktor ini dapat meningkatkan efisiensi waktu proses dan energi pengolahan sehingga diperoleh efisiensi proses dan biaya proses yang lebih murah. Hasil pengujian kebutuhan energi reaktor disajikan pada Gambar 3, 4, dan 5 serta Tabel 2.

Dengan menggunakan reaktor *static mixer*, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai standar kandungan asam lemak metil ester atau FAME 96,5% sesuai standar SNI No. 04-718-2006 dan ASTM 6751 ialah 5 hingga 15 menit (tergantung suhu proses). Sementara itu, penggunaan reaktor konvensional (*blade agitator*) memerlukan waktu sekitar 1 jam atau lebih. Reaktor *static mixer* juga menurunkan energi transesterifikasi menjadi lebih rendah, yaitu 56,01 kJ/kg dibandingkan energi pada metode konvensional (*blade agitator*), yaitu 478,64 kJ/kg. Apabila baku tarif listrik sebesar Rp1.445/kWh, biaya

transesterifikasi dapat menurun dari Rp191,277/kg menjadi Rp 22,46/kg. Kinerja reaktor *static mixer* juga menunjukkan bahwa mutu biodiesel, seperti viskositas, angka setana, gliserol bebas, massa jenis, angka asam, dan kandungan metil ester memenuhi SNI biodiesel²³.

3.2 Inovasi Reaktor Pencucian Kering Biodiesel

Untuk mengurangi penggunaan air dalam pencucian biodiesel kasar hasil transesterifikasi, dibutuhkan inovasi metode yang dapat menghilangkan atau menghemat konsumsi air. Salah satu metode yang dapat digunakan ialah metode kering (pencucian kering) yang berguna untuk mencuci dan menghilangkan sabun dan impuritas dari biodiesel kasar tanpa menggunakan air panas. Rancangan metode alat pencucian biodiesel menggunakan pencucian membran secara kontinyu²⁴ (Gambar 6).

Keuntungan dari pencucian kering, yaitu jauh lebih mudah dioperasikan, tidak menghasilkan air limbah, mengurangi risiko adanya air dalam bahan bakar, dan memberikan kemungkinan dibersihkannya membran agar dapat digunakan kembali. Penerapan pencucian kering biodiesel sangat dianjurkan karena menghemat air. Selain itu, waktu pencucian lebih singkat serta produk didapatkan dengan cepat dan siap pakai²⁵. Kapasitas pencucian kering yang dipilih dapat disesuaikan dengan kapasitas atau volume biodiesel yang dihasilkan dalam rangka memenuhi spesifikasi standar yang diinginkan, misalnya *Biodiesel* B100, ASTM, atau SNI^{26,27}. Pada pencucian kering, energi yang diberikan lebih sedikit karena energi untuk pemanasan air dan pengeringan biodiesel seperti dalam proses pencucian dengan air tidak lagi diperlukan²⁵.

Uji teknis reaktor pencucian biodiesel cara kering menggunakan beberapa parameter, antara lain kapasitas pencucian, waktu proses, tekanan pencucian di dalam membran

(pompa), dan konsumsi energi motor listrik. Berdasarkan uji performansi reaktor yang disajikan pada Tabel 3, pencucian kering biodiesel menjadi lebih efektif dibandingkan pencucian dengan air panas. Hal ini ditunjukkan dengan kapasitas pencucian kering, yaitu 0,56 kg/menit, sementara kapasitas pencucian dengan air panas (sistem *batch*), yaitu 10 liter/2 jam atau 0,072 kg/menit. Selain itu, dapat dihitung kapasitas rasio antara metode cuci kering dan pencucian air sebesar 8,8 kalinya atau konsumsinya berkurang dari 1.361 kJ/kg menjadi 315 kJ/kg atau 0,23 kali dari pencucian konvensional²⁴ (Tabel 3). Dengan demikian, biaya operasi untuk kedua cara pencucian tersebut turun dari Rp545,76/kg menjadi Rp126,32/kg.

3.3 Inovasi Pengolahan Pelet Biomassa Limbah Pertanian dan Perkebunan

Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar padat dalam bentuk pelet di Indonesia belum banyak dilakukan. Biomassa limbah sawit (tandan kosong kelapa sawit atau TKKS, cangkang, dan serat), limbah kelapa (*cocopeat*), limbah tebu (bagas), limbah pengolahan kayu, pertanian, serta perkebunan lainnya sebenarnya dapat diolah menjadi bahan bakar pelet biomassa (*solid fuel*)²⁸.

Pelet biomassa merupakan biomassa yang dipadatkan menjadi bentuk silinder kecil dengan panjang rata-rata 3–5 cm dan diameter berkisar antara 6–8 mm. Pelet biomassa diolah dengan cara densifikasi (pemadatan) untuk mengubah karakteristik serta meningkatkan nilai kalornya sebagai bahan bakar. Terdapat beberapa keuntungan menggunakan pelet biomassa, yaitu

- 1) dapat diproses dari berbagai biomassa atau limbah padat pertanian atau perkebunan,
- 2) lebih praktis untuk penyimpanan dan pengemasan karena bentuk dan ukuran yang ringkas dan seragam,

- 3) menghasilkan abu dan asap dalam jumlah kecil pada pembakarannya dan menghasilkan lebih banyak panas,
- 4) menjadikan desain tungku yang lebih efektif dan modern, serta
- 5) meningkatkan karakteristik pembakaran^{28,29}.

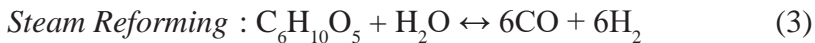
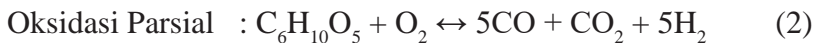
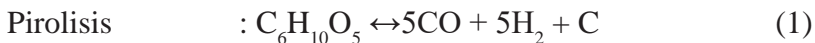
Pelet biomassa diolah dengan *pelletizer* dan peralatan pendukung lainnya pada skala *pilot* dengan kapasitas maksimal 200 kg/jam menggunakan motor 20 hp (Gambar 7). Pengujian kualitas pelet dilakukan untuk mengetahui kualitas dan karakteristik pelet yang dihasilkan dari bahan biomassa. Standar mutu yang digunakan ialah standar DIN 51731. Parameter mutu yang diuji meliputi diameter, panjang, berat jenis, nilai kalor, kadar air, kadar abu, penampakan pelet, dan kehalusan atau teksturnya^{30, 31}.

Hasil pengujian pelet biomassa yang diproduksi pada skala *pilot* dibanding dengan persyaratan standar DIN 51731 ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 8. Dari pengamatan terlihat bahwa pelet biomassa memiliki ketampakan fisik atau tekstur yang kuat dan permukaan yang halus (mengilap), sesuai dengan persyaratan standar DIN 51731. Hasil pengamatan diameter pelet berada pada kisaran 4–6 mm, artinya telah memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh standar DIN 51731, yaitu 4–10 mm. Untuk parameter panjang, pelet biomassa yang dihasilkan memiliki panjang 35–50 mm, hasil ini juga memenuhi persyaratan standar yaitu <50 mm. Nilai kalor berkisar antara 16.720–17.869 kJ/kg dan memenuhi standar nilai kalor yang ditentukan, yaitu 17.500–19.000 kJ/kg³². Parameter lain juga telah memenuhi persyaratan, antara lain pada parameter kadar air diperoleh nilai berkisar antara 11,45–11,80%, artinya nilai tersebut di bawah 12%. Kerapatan (*density*) pelet biomassa lebih besar dari 1000 kg/m³ dan di bawah 1400 kg/m³ yang memenuhi persyaratan standar DIN 53731³³.

3.4 Inovasi Gasifikasi Pelet Biomassa untuk Produksi Gas Sintetis

Inovasi gasifikasi dapat digunakan untuk mengonversi pelet biomassa menjadi gas sintetis (*synthetic gas*) atau gas mampu bakar dengan pengeluaran asap minimal. Penggunaan pelet biomassa menjadi gas bakar dalam *gasifier* dapat digunakan untuk keperluan industri ataupun rumah tangga. Salah satu hasil inovasi yang sudah dipatenkan dan didiseminasikan ialah cara pengolahan dan sistem gasifikasi pelet biomassa³⁴. Pembakaran pelet biomassa dalam kondisi oksigen terbatas menghasilkan gas sintetis yang jika dibakar akan menghasilkan api beremisi rendah. Api dari *gasifier* atau kompor yang dibuat dapat digunakan untuk keperluan pemasakan skala rumah tangga atau pengeringan bahan pertanian³⁵.

Pembakaran dan gasifikasi dilakukan dengan menggunakan *gasifier* (Gambar 9). Gasifikasi biomassa dapat didefinisikan sebagai pembakaran tidak sempurna untuk menghasilkan gas yang mudah terbakar, terdiri dari karbonmonoksida (CO) dan hidrogen (H₂)³⁴. Gasifikasi merupakan proses oksidasi parsial biomassa yang terdiri dari tiga proses (persamaan 1–3)³⁶.



Uji coba (uji performansi) pelet biomassa dilakukan dengan cara pembakaran pelet dalam *gasifier*. Gas yang terbentuk (gas sintetis) kemudian dialirkan ke kompor, dibakar, dan api yang terbentuk digunakan untuk pengeringan dan pemasakan. Pengamatan yang dilakukan pada percobaan ini ialah untuk mengukur kemampuan bakar (dalam menit) gas sintetis yang dihasilkan dari pembakaran pelet biomassa di dalam *gasifier* dan

digunakan untuk pengeringan bahan pertanian dan pemanasan air (Gambar 10 dan 11). Pelet biomassa yang dibakar memberikan waktu produksi gas sintetis yang kurang lebih sama, yaitu sekitar 70–90 menit untuk setiap 5–7 kg pelet biomassa³⁵. Dari pengamatan terlihat bahwa pada awal pembakaran masih terbentuk asap, kemudian berangsur menghilang hingga produksi gas sintetis berjalan stabil. Hal ini dikarenakan pada awal gasifikasi terjadi pembakaran yang tidak sempurna di dalam *gasifier*³⁵.

Pengukuran atau uji emisi udara selama pembakaran pelet biomassa dalam *gasifier* menunjukkan bahwa emisi yang dihasilkan telah memenuhi syarat yang ditentukan (Tabel 5)³⁶. Uji emisi dilakukan untuk mengevaluasi emisi yang dikeluarkan sebagai hasil dari gasifikasi pelet biomassa. Uji emisi sangat penting untuk memverifikasi pelet emisi rendah. Parameter uji emisi yang dihasilkan meliputi, antara lain NH_3 , Cl_2 , HCl , HF , NO_2 , partikel, SO_2 , dan H_2S . Berdasarkan Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa emisi yang dihasilkan dari gasifikasi pelet biomassa memenuhi standar emisi ditetapkan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. Kep-13/MENLH/3/1995 tanggal 7 Maret 1995 tentang Standar Sumber Emisi. Tingkat CO dan CO_2 untuk pelet dengan bahan dasar tunggal dan bahan campuran menunjukkan nilai $<0,0001$ mg/kg. Hasil pengujian ini mengungkapkan bahwa gasifikasi pelet biomassa menghasilkan polusi udara yang sangat minim. Kondisi ini mengacu pada semua parameter kualitas emisi dengan nilai di bawah persyaratan standar³⁵.

3.5 Inovasi Reaktor Separasi MCT dan Non-MCT Minyak Kelapa

Pengolahan produk minyak kelapa dan sawit secara sirkular pada tiap tahapan proses belum efisien dilakukan. Minyak

kelapa atau minyak kelapa sawit mengandung asam lemak jenuh kelompok rantai karbon pendek dan menengah atau *medium chain triglyceride*, disingkat menjadi MCT, yang potensial untuk menjadi produk pangan atau obat bernilai tambah. MCT yang diperoleh dari fraksi *olein* minyak kelapa atau sawit dapat digunakan sebagai bahan farmasi atau fungsional kesehatan, misalnya untuk bahan pengganti air susu ibu (ASI), obat penurun kolesterol, obat jantung koroner, dan obat penyakit *acquired immune deficiency syndrome* (AIDS)³⁷. Selain itu, senyawa stearin minyak kelapa banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri oleokimia, margarin, *confectionary*, dan *cocoa butter substitutes*.

MCT adalah lemak jenuh rantai sedang yang terdiri dari asam kaproat (C6), asam kaprilat (C8), asam kaprat (C10), dan asam laurat (C12). Minyak dapat dipisahkan sebagai fraksi cair (*olein*) dan fraksi padat (stearin) jika diberikan perlakuan dingin yang terkendali melalui fraksinasi. Setelah MCT dipisahkan, fraksi stearin (non-MCT, terdiri dari asam miristat C14, asam palmitat C16, asam stearat C18, dan asam arakidat C20) yang tertinggal dapat dimanfaatkan sebagai bahan biodiesel dan bioavtur. Informasi penelitian ini sangat dibutuhkan bagi negara penghasil kelapa yang tergabung dalam organisasi *Asian Pacific Coconut Community* (APCC), yang sekarang menjadi *International Coconut Community* (ICC)³⁸.

Untuk memperoleh MCT, dirancang suatu reaktor separasi pemisahan MCT. Prinsip metode pemisahan MCT dilakukan dengan menerapkan kombinasi teknik pemanasan dan pendinginan^{38,39} (Gambar 12). Separasi ini dilakukan melalui tiga tahap, yaitu pemanasan minyak kelapa sampai temperatur minyak mencapai 70°C, pendinginan hingga temperatur 29°C, dan pendinginan konstan dengan temperatur 21,30–21,73°C

(suhu kristalisasi). Tahap pendinginan awal, dari temperatur 70°C hingga 29°C, dilakukan dengan laju penurunan temperatur yang tidak terlalu berpengaruh terhadap hasil separasi. Tahap pendinginan kritis, dari temperatur 29°C hingga suhu kristalisasi, dengan laju penurunan temperatur selambat mungkin, antara 0,1–0,8°C/menit. Tahap kristalisasi, yaitu tahapan di mana suhu minyak dipertahankan pada temperatur 21,30–21,73°C dengan laju pendinginan di bawah 0,1°C/menit. Setelah tahapan kristalisasi, akan terbentuk dua fraksi, yaitu fraksi padat non-MCT (stearin) dan fraksi cair MCT (*olein*). Berdasarkan hasil pengamatan, penelitian mampu menghasilkan fraksi *olein* dengan kandungan MCT 72%.

IV. PENERAPAN DAN KEBIJAKAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PEMROSESAN BIOMASSA MENJADI *BIOFUEL*

Pengembangan teknologi pemrosesan biomassa, dari hasil samping pertanian dan perkebunan, menjadi *biofuel* harus didorong secara berkelanjutan agar berdampak pada peningkatan nilai tambah ekonomi biomassa. Di samping itu, adanya dorongan akan mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan. Pengembangan teknologi pemrosesan biomassa menjadi *biofuel* memerlukan kerja sama pihak terkait, antara lain pemerintah, lembaga penghasil inovasi, pelaku usaha atau bisnis, serta masyarakat pengguna. Pada bab ini, dipaparkan penerapan dan kebijakan pengembangan teknologi pemrosesan biomassa sebagai *biofuel* dalam implementasi energi baru dan terbarukan (EBT).

4.1 Penerapan Teknologi Pemrosesan Biomassa Menjadi *Biofuel*

Strategi percepatan sosialisasi penguasaan teknologi pemrosesan biomassa menjadi *biofuel* yang sudah dilakukan ialah dengan metode pelatihan teori dan praktikum, diseminasi, serta presentasi dalam konferensi internasional. Saat ini, sudah terjalin 21 pelaku atau instansi yang telah berinteraksi dalam rangka sosialisasi teknologi pemrosesan biomassa menjadi *biofuel*, seperti terlihat pada Tabel 6.

Pendekatan inkubasi atau diklat merupakan cara yang lebih realistis karena berbasis teknologi dan bisnis. Dalam sistem ini, calon industri (*start up company*) akan dibina sehingga terjadi interaksi, aglomerasi teknologi yang lebih cepat dengan penguatan perencanaan bisnis, pemasaran, dan informasi akses

permodalan^{39,40}. Indikator utama yang dilihat dari program ini, antara lain ialah bertumbuh kembangnya kehidupan sosial, ekonomi, dan budaya berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi (*knowledge-based economy*) dan masyarakat yang inovatif (*innovative society*)⁴¹.

Program inkubasi ini (sejenis kawasan *science and technopark*) juga sejalan dengan program Nawacita Indonesia. Untuk itu, diperlukan kerja sama antara produsen biomassa, asosiasi, perusahaan *engineering*, lembaga riset, dan mediator bisnis dengan tujuan menumbuhkan kemitraan saling menguntungkan untuk mengolah biomassa menjadi *biofuel*⁴².

4.2 Kebijakan Pengembangan

Untuk mendorong industri pemrosesan biomassa menjadi *biofuel* bertumbuh dan kompetitif, diperlukan kebijakan yang diharapkan menjamin

- 1) pembentukan industri *biofuel* berbasis bahan baku biomas lokal⁴³;
- 2) pendirian industri *biofuel* secara terintegrasi, yaitu produk utama dan turunannya dihasilkan di tempat yang sama, misalnya untuk komoditas sawit dan kelapa⁴⁴;
- 3) kolaborasi kontrak penelitian dan pengembangan atau usaha bersama⁴⁵;
- 4) pemberian bantuan pemerintah, terutama untuk membeli hasil produksi *biofuel* pada tahap awal; dan
- 5) pemberian subsidi atau jaminan harga bahan penolong.

Strategi kebijakan ini tentunya harus disesuaikan dengan Undang-Undang Perindustrian Nomor 3 Tahun 2014, di mana pembangunan industri dibagi menjadi tiga tahap, yaitu meningkatnya nilai tambah biomassa, terjadinya keunggulan kompetitif produk berwawasan lingkungan, dan terjadinya negara industri tangguh^{46,47}.

V. KESIMPULAN

Berbagai kebaruan dalam pembuatan energi baru dan terbarukan (EBT) terus dikembangkan. Inovasi reaktor *static mixer* dan pencucian kering biodiesel menghasilkan efisiensi energi transesterifikasi dan penurunan biaya pengolahan biodiesel. Kebaruan teknologi reaktor *static mixer* dan pencucian kering juga dapat menyingkat waktu pengolahan biodiesel dan pencuciannya tanpa menggunakan air panas.

Pembuatan pelet dari biomassa hasil pertanian dan perkebunan menjadi bahan bakar padat yang mudah dikemas, ramah lingkungan, serta dapat dikonversi menjadi gas sintetis yang digunakan untuk pemasakan dan pengeringan.

Inovasi reaktor separasi *medium chain tryglyceride* (MCT) merupakan inovasi proses yang mampu memisahkan asam lemak rantai menengah, dari minyak kelapa atau sawit, menjadi produk yang bernilai tambah, yaitu senyawa *olein* dan stearin secara sempurna.

Untuk menewujudkan penerapan inovasi, diperlukan sosialisasi dan sinergi antara lembaga penghasil inovasi, pelaku industri, pemerintah daerah, maupun mediasi bisnis. Langkah penting untuk mendorong skala produksi ialah dengan pembentukan *start up company* melalui cara inkubasi.

Implementasi teknologi pemrosesan biomassa lebih jauh akan meningkatkan nilai tambah produk pertanian atau perkebunan, menunjang *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional, dan mengurangi tuntutan global terkait penanganan dari produk olahan yang diekspor. Dengan demikian, inovasi teknologi yang dihasilkan ini dapat mendorong percepatan penerapan EBT dan bauran energi nasional.

VI. PENUTUP

Pemanfaatan inovasi teknologi pemrosesan biomassa menjadi *biofuel* yang efisien dan murah terus diupayakan dan disosialisasikan agar mempunyai dampak pada peningkatan nilai tambah biomassa yang selama ini belum maksimal. Penerapan inovasi pemrosesan biomassa hasil pertanian dan perkebunan menjadi *biofuel* dengan cara inkubasi ataupun *training* dapat menjadi awal kolaborasi antara lembaga-lembaga penghasil inovasi teknologi, pelaku atau produsen biomassa, pelaku bisnis, asosiasi, dan pemberi modal.

Banyaknya pembangunan di sektor industri dan transportasi akan meningkatkan kebutuhan energi yang menjadi tantangan tersendiri. Untuk menjawabnya, diperlukan inovasi dan penguatan kompetensi sumber daya. Pertumbuhan industri *biofuel* di Indonesia merupakan suatu keniscayaan. Untuk itu, diperlukan peningkatan peran dari semua pihak dengan pembagian tanggung jawab yang jelas dan saling menguntungkan. Output dari sinergi tersebut diharapkan dapat menawarkan produk inovasi berbasis teknologi yang berkelanjutan, melahirkan usaha baru berbasis bisnis dan teknologi, memberikan efek komersialisasi hasil inovasi, dan menghasilkan *market* atau pasar. Makin banyak usaha yang lahir melalui proses sinergi akan dihasilkan efek bisnis yang berantai terhadap perekonomian lokal, penyerapan tenaga kerja lokal, peningkatan kompetensi, dan pendapatan daerah. Dengan inovasi teknologi ini diharapkan dapat menyumbang percepatan penerapan energi baru dan terbarukan serta bauran energi nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia yang tak terhitung sehingga orasi ilmiah ini terselenggara.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, perkenankan saya menyampaikan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Pengasih, yang atas berkat dan karunia-Nya menjadikan orasi ini berjalan seperti yang diharapkan. Pada kesempatan ini juga perkenankan saya, dengan segala kerendahan hati, menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada Presiden Republik Indonesia, Ir. H. Joko Widodo; Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, Dr. Laksana Tri Handoko, M.Sc; Menteri Perindustrian, Dr. Agus Gumiwang Kartasasmita, M.Si.; Ketua dan Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M.Agr. dan Prof. Dr. Ir. Gadis Sri Haryani. Terima kasih pula saya sampaikan kepada Tim Penelaah Naskah Orasi, Prof. Dr. Euis Hermiati, M.Sc., Prof. Dr. Dwi Susilaningsih, M.Pharm., dan Prof. Dr.-Ing. Misri Gozan, IPU atas semua arahan yang diberikan.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Kepala Badan Standardisasi dan Kebijakan Industri (BSKJI) Kementerian Perindustrian (Kemenperin), Dr. Ir. Doddy Rahadi, M. Eng. dan Sekretaris Direktorat Jenderal Industri Logam, Mesin, Alat Transportasi, dan Elektronika Kemenperin, Dr. M. Arifin, S.E., M.M. atas dukungan yang telah diberikan. Terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Atih Suryati Herman, M.Sc. dan Prof. Dr. Ir. Bambang Sunendar selaku penelaah internal Kemenperin, serta kepada seluruh pihak Kemenperin.

Ucapan terima kasih setinggi-tingginya juga disampaikan kepada para guru dan dosen yang telah mendidik saya, antara lain pembimbing S1, Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah (Institut Pertanian Bogor); pembimbing S2, Prof. Dr. H. Robert Driscoll (University of New South Wales); pembimbing S3, Prof. Dr. Ir. Armansyah H. Tambunan (Institut Pertanian Bogor).

Terima kasih saya sampaikan kepada Plt. Sestama BRIN, Plt. Kepala Biro Organisasi dan Sumber Daya Manusia, panitia pelaksana pengukuhan profesor riset, ketua, wakil ketua, sekretaris, serta anggota Majelis Profesor Riset dan Majelis Asesor Peneliti Instansi atas bantuan yang diberikan sehingga orasi ilmiah ini dapat terlaksana.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Renjie Dong dan Miss Nora (China Agricultural University, Beijing), atas bantuan diperolehnya referensi peralatan pengolahan biomassa dan gasifikasi. Terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Uendo Lee dan Dr. Myung Chul Shin dari Kitech Korea, atas referensinya sehingga memungkinkan saya menerapkan hasil riset dan inovasi pemrosesan biomassa menjadi bahan bakar padat kepada pelaku industri.

Saya mengucapkan terima kasih juga kepada Kepala Organisasi Riset Energi dan Manufaktur (OREM), Dr. Ir. Haznan Abimanyu; Kepala Pusat Riset Konversi dan Konservasi Energi (KRKKE), Dr. Cuk Supriadi Ali Nandar; Ketua Kelompok Riset Waste to Energi, Ir. Agus Kismanto, M. Eng.; Peneliti Senior Kemenperin, Ir. Henggar Hardiani, M. Eng. atas dorongan moralnya.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan untuk seluruh undangan, baik yang hadir secara daring maupun yang luring, rekan-rekan peneliti dan perekayasa di Badan Riset dan Inovasi Nasional dan eks Kemenperin, serta semua pihak yang telah membantu sehingga saya dapat melaksanakan orasi ini.

Terima kasih yang tak terhingga saya berikan kepada kedua orang tua saya, H. Abdul Muis (alm.) dan Hj. Nelly Sadiyah, istri saya, Dra. Ariyanti, serta anak kami Zia dan Ghina atas dukungan selama ini. Oleh karena itu, perkenankanlah saya untuk memohon maaf atas segala kekurangan dan kekhilafan dalam penyampaian orasi ini.

Dengan mengucap syukur *Alhamdulillah*, saya akhiri penyampaian orasi ilmiah ini. *Wallahu muwafiq illa aqwami thariq. Wassalamualaikum warohmatullahi wabarokaatuh.*

DAFTAR PUSTAKA

1. Tun MM, Juchelkova D, Win MM, Thu AM, Puchor T. Biomass Energy: An overview of biomass sources, energy potential, and management in Southeast Asian countries. *Resources* 2019; 8(2): 81.
2. **Alamsyah R**, Siregar NC, Lubis EH, Susanti I. Secure and utilization technology for Indonesian biomass aimed to cope with RPS (Renewable Portfolio Standard). South Korea: Joint research report BBIA–Kitech; 2013: 15–19.
3. Sugiyono A, Anindhita, Boedoyo MS, Adiarso. Outlook Energi Indonesia 2014: Pengembangan energi untuk mendukung program substitusi BBM. Jakarta: Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi BPPT; 2014.
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 Tahun 2014. Kebijakan Energi Nasional. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/5523/pp-no-79-tahun-2014>; 2014.
5. Humas EBTKE. Forum Kehumasan Dewan Energi Nasional: Menuju bauran energi nasional tahun 2025. 2021 April 8; Kementerian ESDM, siaran pers, nomor: 126. Pers/04/SJI/2021 (Tanggal: 7 April 2021). Available from: <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/04/09/2838/forum.kehumasan.dewan.energi.nasional.menuju.bauran.energi.nasional.tahun.2025>.
6. **Alamsyah R**. Coco-biodisel: Produk turunan kelapa (kopra asalan) sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar. Jakarta: Penebar Swadaya; 2020.
7. **Alamsyah R**, Tambunan AH, Purwanto YA, Kusdiana D. The current status of biodiesel production technology: A Review. *Jurnal Keteknikan Pertanian* 2007; 21(4): 323–340.
8. **Alamsyah R**, Tambunan AH, Purwanto YA, Kusdiana D. Comparison of static-mixer and blade agitator reactor in biodiesel production. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal* 2010; 12: 1–12.

9. **Alamsyah R**, Samid DD, Subagja R, Loebis EH, Hasanah F, Andriani TS, Kosasih, Wahyu W. Separasi MCT (*medium chain triglyceride*) dari minyak kelapa dengan metode pemanasan-pendinginan sebagai bahan farmasi dan pemanfaatan hasil samping asam lemak untuk biodiesel. Laporan DIPA, BBIA 2016; 20–27.
10. Parinduri L, Parinduri T. Konversi biomassa sebagai sumber energi terbarukan. *Journal of Electrical Technology* 2020; 5(2): 88–92.
11. Liew WH, Hassim MH, Ng, DKS. Review of evolution, technology and sustainability assessments of biofuel production. *Journal of Cleaner Production* 2014; 71: 11–29.
12. Singh B, Guldhe A, Rawat I, Bux, F. Towards a sustainable approach for development of biodiesel from plant and microalgae. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014; 29: 216–245.
13. **Alamsyah R**, Siregar NC. Development of biofuel- syngas production system with Indonesian biomass. *Proceeding of Joint Research's Workshop 2011 for Korea-ASIA Joint R&D, Chang Woon, South Korea; 2011 Nov 1–3; South Korea: Kitech; 2011. 5–14.*
14. **Alamsyah R**, Samid DD, Heryani S, Siregar NC. Production of fuel pellet from agricultural and plantation estate crops biomass. *Proceeding of International Conference on Biomass and Bioenergy* 2021.
15. Sheng K. Biomass briquette/pellet production, handling and utilization in China. *Proceeding of APEC Workshop on Bio-pellet Production, Handling and Energy Utilization, Zhejiang University, Hangzhou, P. R. China* 2017: 3–23.
16. **Alamsyah R**, Siregar NC, Hasanah F. Peningkatan nilai kalor pellet biomassa cocopeat sebagai bahan bakar terbarukan dengan aplikasi torefaksi. *Warta IHP* 2016; 33(1): 17–23.
17. **Alamsyah R**, Junaedi L. Low emission biomass pellet for heating and drying system. *Proceeding of The 3rd Fajr Inventions And Innovation Exhibition Finex, Tehran, Iran* 2011; 1–10.
18. Gozan M. *Pengantar teknologi bioproses*. Jakarta: Penerbit Erlangga; 2015.

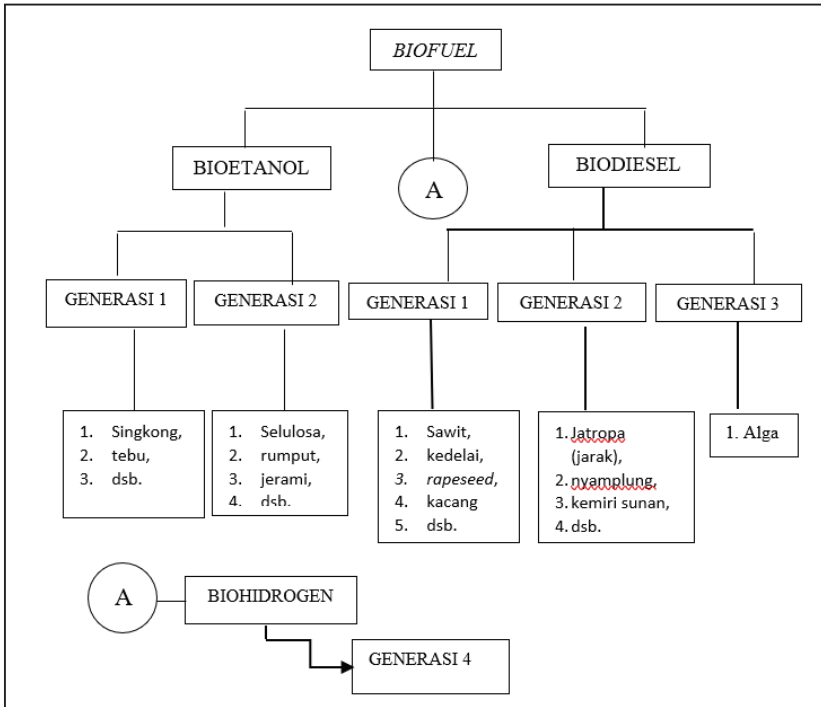
19. **Alamsyah R**, Supriatna D. Analisis teknik dan tekno ekonomi pengolahan biomassa limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadi pelet sebagai bahan bakar terbarukan skala produksi. *Warta IHP* 2018; 35(1): 1–11.
20. **Alamsyah R**, Junaedi L, Lubis EH. Sintesis biodiesel minyak sawit menggunakan reaktor static-mixer. *Warta IHP* 2010; 27(2): 14–24.
21. **Alamsyah R**, Tambunan AH, Purwanto YA, Kusdiana D. Energy consumption analysis in biodiesel production process from palm oil olein by utilizing static-mixer reactor. *Jurnal Riset Industri* 2010; 4(2): 33–40.
22. **Alamsyah R**, Reaktor *static-mixer* untuk produksi metil ester (biodiesel). Paten Indonesia No. IDP000035412. 2014 Februari 23.
23. **Alamsyah R**, Tambunan AH, Purwanto YA, Kusdiana D. Rerkayasa mekanisme pengadukan dengan metode static-mixer untuk meningkatkan efisiensi proses transesterifikasi minyak sawit menjadi biodiesel. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian* 2008; 1–12.
24. **Alamsyah R**, Lubis, EH. Design and technical testing for crude biodiesel reactor using dry methods: comparison of energy analysis. *Energy Procedia* 2014; 47: 235–241.
25. **Alamsyah R**. Reaktor pencucian biodiesel kasar cara kering. Paten Indonesia No. IDP000072158; 2020 Oktober 19.
26. American Society for Testing and Materials. Standard specification for biodiesel fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels. Designation D6751-02. West Conshohocken: ASTM International; 2002.
27. Badan Standardisasi Nasional. Biodiesel. SNI No. 04-7182-2006. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional; 2006.
28. **Alamsyah R**. Fuel pellet from oil-producing plants. In: Abd-Aziz S, Gozan, M, Ibrahim, MF, Phang, LY, editors. *Biorefinery of oil producing plants for value-added products*. Wiley; 2022. p.345–367.

29. **Alamsyah R**, Kamil AF. Increasing the added value of coco peat waste into solid fuel. *Cocoinfo International (International Coconut Review) APCC 2013*; 20(2): 1–7.
30. **Alamsyah R**, Taufik A, Siregar NC, Samid DD. *Peralatan, Manajemen Utilitas, dan Analisis Potensi Pasar dalam Pengolahan Pellet Pakan Ternak dan Biomassa*. Bogor: BBIA; 2015: 2–15
31. German Institute for Standardisation (Deutsches Institut für Normung). Testing of solid fuels-compressed untreated wood-requirements and testing. DIN 51731: 1996-10. German Institute for Standardisation; 2013.
32. **Alamsyah R**. Technology for by-product utilization and value addition-the case of cocopeat as solid fuel for heat energy (synthetic gas). *Proceeding of the Cocotech Conference and Festival, Colombo, Srilanka 2014*.
33. **Alamsyah R**, Taufik, A, Siregar, NC, Samid, DD. Pengetahuan bahan dan teknologi pembuatan pellet biomassa emisi rendah. Bogor: BBIA; 2015: 7–11.
34. **Alamsyah R**. Proses gasifikasi untuk mengkonversi pelet biomas menjadi syngas. Paten Indonesia No. Paten : IDP000037967; 2015 Maret 4.
35. **Alamsyah R**, Lubis EH, Susanto E, Lukman J, Siregar NC. An experimental study on synthetic gas (syngas) production through gasification of Indonesian biomass pellet. *Energy Procedia 2015*; 65: 292–299.
36. Susanto H. Pengembangan teknologi gasifikasi untuk mendukung kemandirian energi dan industri kimia. Bandung: Forum Guru Besar ITB; 2018.
37. Widhiarta KD. The positive effect of virgin coconut oil on hiv-positive people. *Proceeding of 48th APCC Cocotech Conference 2018*: 67–85.
38. **Alamsyah R**, Hasanah F. Lubis EH, Darmawan DS, Wahyu W. Innovative technology for small scale processing of medium chain triglyceride (MCT) from coconut oil. *Proceeding of 48th APCC Cocotech Conference 2018*: 90–97.

39. **Alamsyah R**, Hasanah F, Lubis EH, Darmawan DS, Wahyu W. Separasi MCT (medium chain triglyceride) dari minyak kelapa dengan metode pemanasan-pendinginan sebagai bahan farmasi dan pemanfaatan hasil samping asam lemak untuk biofuel. Penelitian DIPA, BBIA 2015; 14–27.
40. **Alamsyah R**, Samid DD, Siregar, NC, Taufik M. Presentasi Monev Science And Techno Park (STP), Balai Besar Industri Agro, Bogor BBIA, 2016.
41. Tolinggi W, Gubali H. Agro Science Techno Park (kajian rintisan kawasan). Gorontalo: Ideas Publishing; 2016.
42. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. Studi pengembangan technopark di Indonesia: Survey terhadap 10 embrio technopark di Indonesia. Jakarta: Badan Perencanaan Pembangunan Nasional; 2015.
43. Atih SH. Hilirisasi industri agro skala kecil dan menengah (ikm agro) dengan pendekatan rantai pasokan. BPKIMI Kemenperin-LIPI; 2012.
44. Bukhari A, Poedjiwati DW, Widhianto S, **Alamsyah R**, Nurseppy I, Rahmatunisa M, Sunarya C, Hadisetyana S, Yetty Y, Chamnah, Riznanto B, Rahmi D, Sufiardi A, Ainun N. Pemanfaatan teknologi litbang balai industri dalam rangka hilirisasi industri kelapa sawit. Sekretariat Jenderal Kemenperin; 2013.
45. Widhianto S, Atmadinata A, Sitohang KH, Kamil AF, **Alamsyah R**, Chamnah, Sufiardi A, Dananjoyo N, Rahamatunisa M, Hutahayan E, Hidayat S, Yunarti I, Akbar S, Ainun N, Riznanto B, Sadani RS, Karyadi A, Hardy AP. Telaahan implementasi teknologi hasil litbang di Balai Besar, BPPI, Kemenperin; 2011.
46. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 14 Tahun 2015. Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) tahun 2015–2035. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/5577/pp-no-14-tahun-2015>
47. Undang-Undang No. 3 Tahun 2014. Perindustrian. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/38572/uu-no-3-tahun-2014>

48. Canacki M, Van Gerpen J. Biodiesel production via acid catalysis. Transactions of the ASAE 1999; 42(5): 1203–1210.
49. Berrios M, Skelton RL. Comparison of purification methods for biodiesel. Chemical Engineering Journal, 2008; 144(3): 459–465.
50. Jiang L, Yuan X, Xiao Z, Liang J, Li H, Cao L, Wang H, Chen X, Zeng, G. A comparative study of biomass pellet and biomass-sludge mixed pellet: energy input and pellet properties. Energy Conversion and Management 2016; 126: 509–515
51. Barman NS, Ghosh S, De S. Gasification of biomass in a fixed bed downdraft gasifier – A realistic model including tar. Bioresource Technology 2012; 107: 505–511

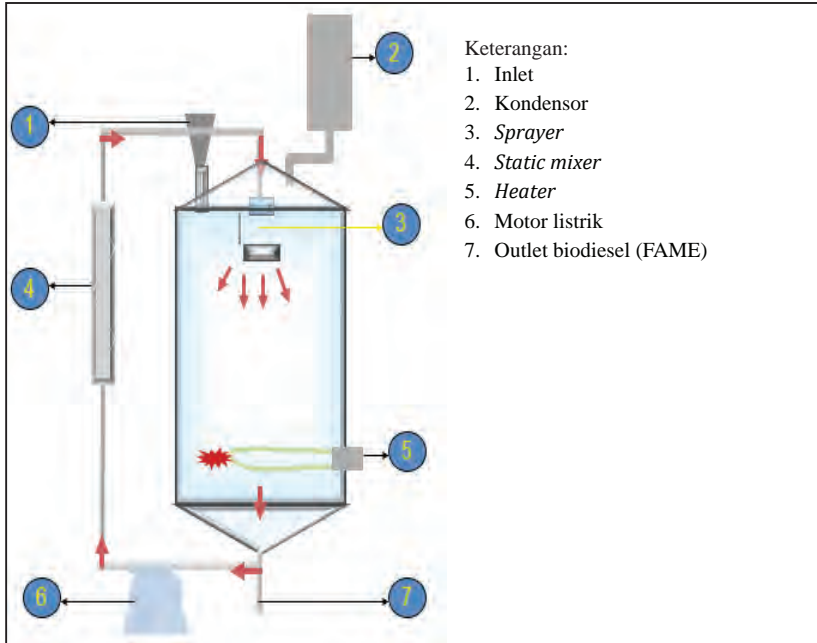
LAMPIRAN



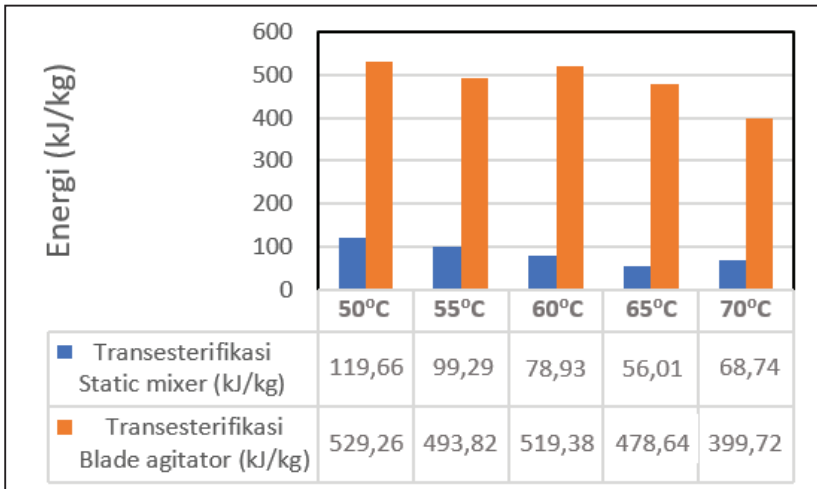
Gambar 1. Perkembangan Generasi Biofuel^{2, 11}

Tabel 1. Matriks *State of The Arts*

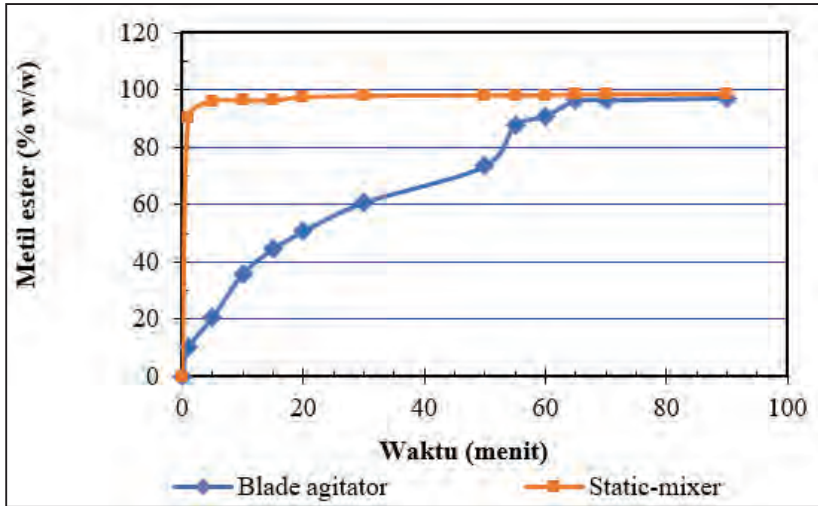
No.	Teknologi Inovasi	Penelitian lain
1	Static mixer <ul style="list-style-type: none"> • Kinetika meningkat • Energi aktivasi rendah • Frekuensi tumbukan tinggi • Waktu proses singkat • Input energi proses rendah • Skala pilot 	Reaktor <i>Blade agitator</i> ⁴⁸ : <ul style="list-style-type: none"> • Kinetika lambat • Energi aktivasi tinggi • Frekuensi tumbukan rendah • Waktu proses relatif lama • Input energi proses tinggi
2	Reaktor Pencucian Kering <p>Menggunakan membran keramik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tanpa air • waktu proses singkat • energi input proses rendah 	Reaktor pencucian menggunakan air panas ⁴⁹ : <ul style="list-style-type: none"> • limbah cair, waktu proses lama • energi input proses tinggi
3	Pellet Biomassa <p>Pengolahan biomassa limbah pertanian/ perkebunan menjadi pelet (<i>solid fuel</i>):</p> <ul style="list-style-type: none"> • volume kecil • bisa dikemas • mudah ditransportasikan 	Pembakaran langsung biomassa pertanian/ perkebunan ⁵⁰ : <ul style="list-style-type: none"> • memakan tempat • tidak praktis
4	Gasifikasi Pellet Biomassa <ul style="list-style-type: none"> • Sistem gasifikasi pelet biomassa • Produksi gas sintetis • Emisi rendah • Menggunakan <i>gasifier</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembakaran langsung pelet/biomassa • Pencemaran udara⁵¹
5	Reaktor MCT <ul style="list-style-type: none"> • Separasi trigliserida rantai menengah dan sedang (MCT) • Kapasitas 30 liter 	Penelitian masih sebatas penelitian tentang <i>virgin coconut oil</i> ³⁸



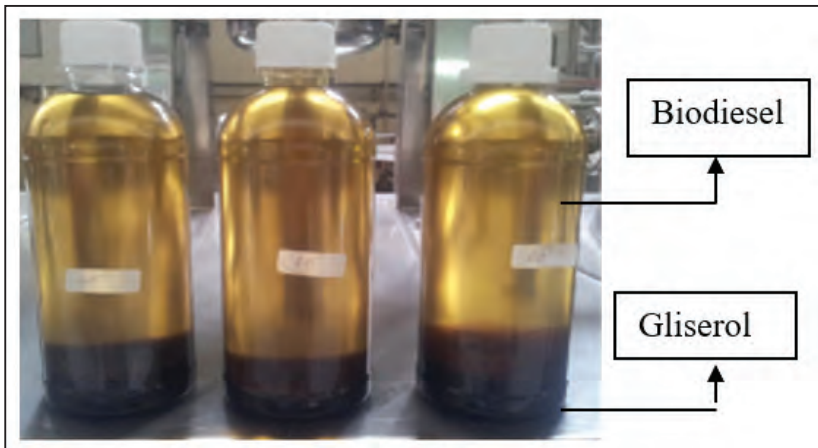
Gambar 2. Reaktor *Static Mixer*⁸



Gambar 3. Perbandingan Energi Pengolahan Biodiesel antara Reaktor *Static Mixer* dan *Blade Agitator*⁸



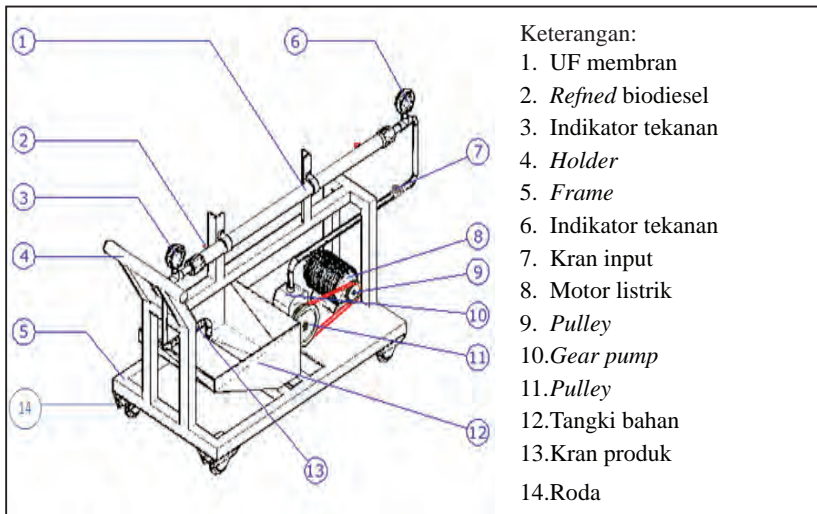
Gambar 4. Laju pembentukan FAME menggunakan *static mixer* dan *blade agitator*⁸.



Gambar 5. Produk biodiesel yang diolah dengan reaktor *static mixer* dari minyak kelapa.

Tabel 2. Perbandingan Konstanta Laju Reaksi Transesterifikasi dengan *Static Mixer* dan *Blade Agitator*^s

T (°C)	Static Mixer				Blade agitator	
	k_1 (menit ⁻¹)	R ² (%)	k_2 (menit ⁻¹)	R ² (%)	k (menit ⁻¹)	R ² (%)
50	3,912	100	0,016	93,4	0,045	94,7
55	3,995	100	0,021	90,1	0,049	97,7
60	4,000	100	0,022	90,8	0,054	97,6
65	4,006	100	0,023	94,4	0,052	95,1
70	4,051	100	0,024	95,1	0,057	91,7



Gambar 6. Reaktor Pencucian Kering Biodiesel²⁴

Tabel 3. Perbandingan Konsumsi Energi Pencucian Kering dan Pencucian Menggunakan Air²⁴

Metode Pencucian	Energi (kJ/kg)
Pencucian kering	
- Pompa	288
- Tenaga aliran	3,28
- Operator	24,21
Total	315,49
Pencucian air	
- Pemanasan air- <i>heater</i>	968
- Pengeringan biodiesel- <i>heater</i>	268
- Tenaga aliran	13,09
- Operator	92,72
Total	1361,81

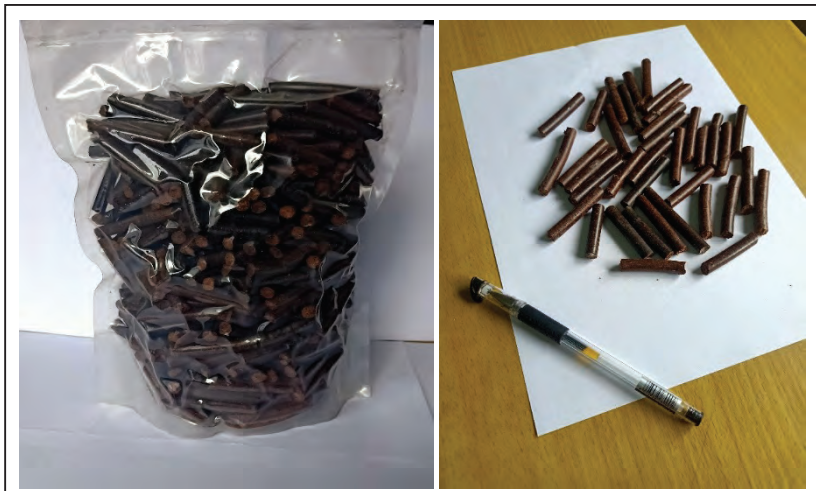


Keterangan: (a) Mekanisme pemadatan; (b) *pelet cocopeat*²⁸

Gambar 7. Pengolahan Pelet Biomassa

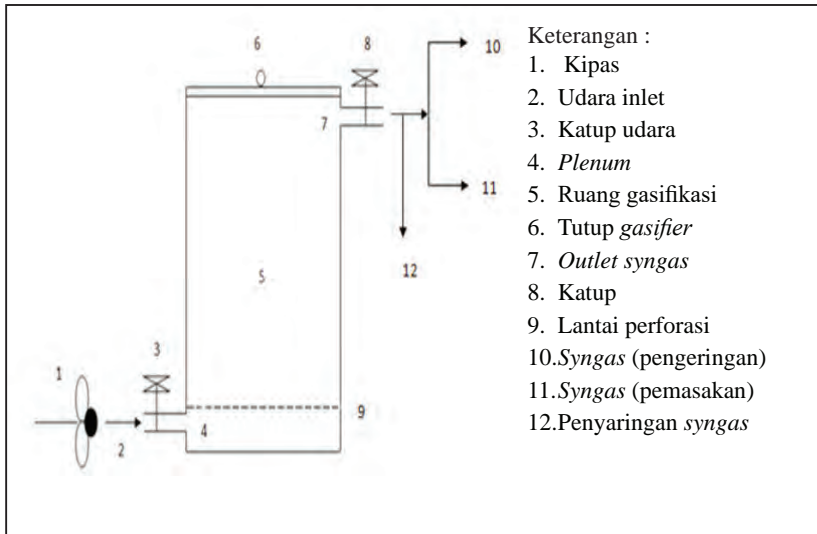
Tabel 4. Hasil Pengukuran Mutu Pelet Biomassa dibandingkan Standar DIN 51731²⁸

Parameter	Satuan	Biomassa					
		Tandan kosong kelapa sawit (TKKS)	Cangkang sawit	Cocopeat	Bagas tebu	Tongkol jagung	Standar DIN 51731
Tekstur	-	Kompak	Kompak	Kompak	Kompak		
Permukaan	-	Mengilap	Mengilap	Mengilap	Tidak mengilap	Tidak mengilap	Mengilap
Diameter	mm	4-6	4-6	4-6	-6	4-6	4-10
Panjang	mm	35-50	35-50	35-50	35-50	35-50	<50
Kadar air	%	11,50	10,70	11,65	11,80	11,45	<12
Kerapatan	kg.m ⁻³	1.055	1.075	1.063	1.071	9.90	1000-1400
Abu	%	7,50	6,30	5,75	10,50	9,50	<15
Nilai kalori	kJ.kg ⁻¹	17.100	17.869	17.128	16.720	16.750	17000-19000

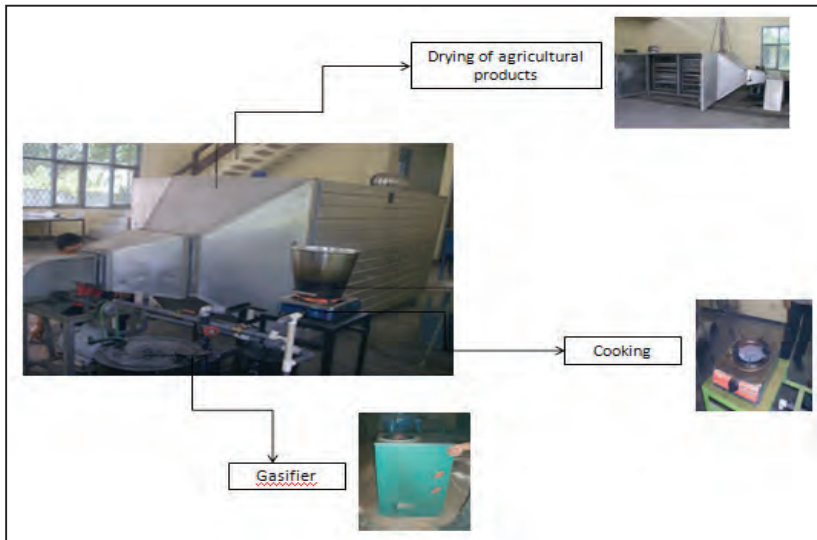


Gambar 8. Pelet Biomassa *Cocopeat* (Limbah Sabut Kelapa)²⁸

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Gambar 9. *Gasifier* untuk Produksi *Synthetic Gas* Pelet Biomassa³⁵



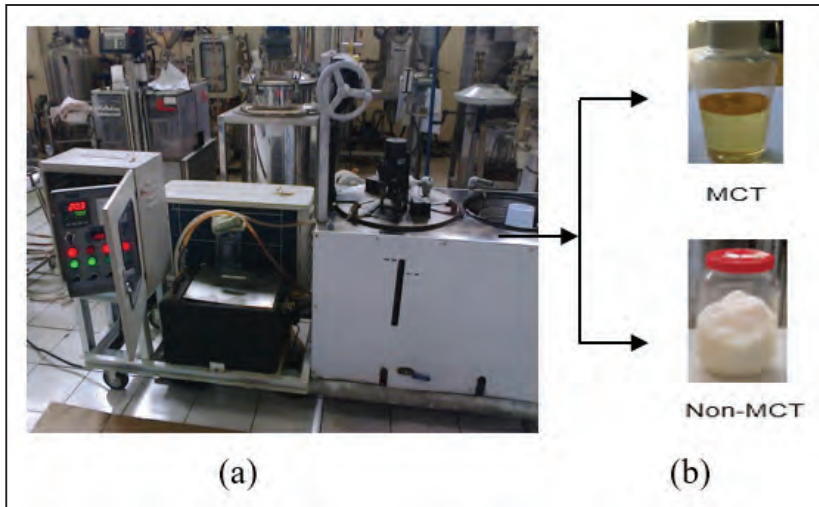
Gambar 10. Gas Sintetis untuk Pengeringan dan Pemasakan³⁰



Gambar 11. Beberapa Jenis Kompor Pelet Biomassa³⁰

Tabel 5. Pengukuran Emisi Hasil Pembakaran Pelet Biomassa³⁵

Parameter	Satuan	Pelet Biomassa					
		Bagas tebu	Tandan kosong kelapa sawit (TKKS)	Cocopeat	Brangkasan kedelai	Bonggol jagung	Standar emisi
NH ₃	%	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,5
Cl ₂	0,01 mg.g ⁻¹	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	10
HCl	0,01 mg.g ⁻¹	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	5
HF	0,01 mg.g ⁻¹	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	10
NO ₂	mg.m ⁻³	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	1,000
Partikel	mg.kg ⁻¹	0,002	0,005	0,062	0,02	0,02	350
SO ₂	mg.kg ⁻¹	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	800
H ₂ S	mg.kg ⁻¹	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	35
CO	mg.kg ⁻¹	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-
CO ₂	mg.kg ⁻¹	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-



Keterangan: (a) Reaktor Separasi; (b) Produk MCT dan non-MCT³⁹

Gambar 12. Metode Pemisahan MCT dengan Penerapan Kombiasi Teknik Pemanasan dan Pendinginan

Tabel 6. Perusahaan atau Instansi yang Terlibat Program Diklat atau Inkubasi Pemrosesan Biomassa Menjadi *Biofuel*³⁰

No	Perusahaan/Daerah	Asal Perusahaan	Tahun
1	PTPN 8	Bandung, Jawa Barat	2015
2	PT Biccon Agro Makmur	Jambi	2015
3	CV Bumi Waras	Lampung	2015
4	PTPN 5	Pekanbaru, Riau	2015
5	PT Timur Energi Seraya,	Pekanbaru, Riau	2015
6	PTPN 7	Lampung	2015
7	PG. Kreet Baru	Malang, Jawa Timur	2015
8	PTPN 2	Medan, Sumatra Utara	2015
9	Asosiasi Eksportir Minyak Asam Tinggi	Jakarta, DKI Jakarta	2015

No	Perusahaan/Daerah	Asal Perusahaan	Tahun
10	PTPN 13	Kalimantan Barat	2015
11	PT Indovit	Bandung, Jawa Barat	2015
12	UKM	Garut, Jawa Barat	2015
13	UKM	Ciamis, Jawa Barat	2015
14	UKM	Bekasi, Jawa Barat	2015
15	Dinas Perindustrian dan Perdagangan	Bandung, Jawa Barat	2015
16	Perhutani	Cepu, Jawa Timur	2020
17	PT Sumber Utama	Lampung	2015
18	KOKINAS	Port Moresby (PNG)	2019
19	Dakara Group	Jawa Barat	2021
20	APCC-ICC	Colombo, Srilanka	2014
21	APCC-ICC	Bangkok, Thailand	2018

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Buku Nasional

1. **Alamsyah R.** COCO-BIODISEL: Produk turunan kelapa (kopra asalan) sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar. Jakarta: Penebar Swadaya; 2020.
2. **Alamsyah R.** Biodiesel and biopellet: research and review. Bogor: BBIA; 2015.
3. **Alamsyah R.** Kumpulan tulisan ilmiah biodiesel dan pengolahan minyak nabati. Bogor: BBIA; 2015.
4. **Alamsyah R, Taufik A, Siregar NC, Samid, DD.** Pengetahuan bahan dan teknologi pembuatan pellet biomassa emisi rendah. Bogor: BBIA; 2015.
5. **Alamsyah R, Taufik A, Siregar NC, Samid DD.** Pengetahuan bahan dan teknologi pembuatan pakan ternak. Bogor: BBIA; 2015.
6. **Alamsyah R.** Pengolahan pakan ayam dan ikan secara modern: Pemanfaatan teknologi komputer untuk menghasilkan pakan berkualitas. Jakarta: Penebar Swadaya; 2005.

Bagian dari Buku Internasional

7. **Alamsyah R.** Fuel pellet from oil-producing plants. In: Abd-Aziz S, Gozan M, Ibrahim MF, Phang LY, editors. Biorefinery of Oil Producing Plants for Value-Added Products. Wiley; 2022. 345–367.

Jurnal Internasional

8. Yustinah, Hidayat N, **Alamsyah R**, Rosland AM, Hermansyah H, Gozan M. Production of polyhydroxybutyrate from oil palm empty fruit bunch (OPEFB) hydrolysates by *Bacillus cereus suaeda* B-001. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 2019; 18: 101019.

9. Gozan M, Panjaitan JRH, Tristantini D, **Alamsyah R**, Yoo YJ. Evaluation of separate and simultaneous kinetic parameters for levulinic acid and furfural production from pretreated palm oil empty fruit bunches. *International Journal of Chemical Engineering* 2018; 2018: 1920180.
10. **Alamsyah R**, Siregar NC. Production of low emission pellet from coco peat waste. *CORD* 2013; 29(2): 1–12.
11. **Alamsyah R**, Kamil AF. Increasing the added value of coco peat waste into solid fuel. *Cocoinfo International (International Coconut Review) APCC* 2013; 20(2): 1–7.
12. **Alamsyah R**, Tambunan AH, Purwanto YA, Kusdiana D. Comparison of static-mixer and blade agitator reactor in biodiesel production. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal* 2010; 12: 1–12.

Jurnal Nasional

13. **Alamsyah R**. Sintesis coco-biodiesel dari minyak kelapa mentah (crude coconut oil) menggunakan *static mixer*. *Warta IHP* 2019; 36(2): 73–82.
14. **Alamsyah R**, Supriatna D. Analisis teknik dan tekno ekonomi pengolahan biomassa limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadi pelet sebagai bahan bakar terbarukan skala produksi. *Warta IHP* 2018; 35(1): 1–11
15. **Alamsyah R**, Siregar NC, Hasanah F. Peningkatan nilai kalor pelet biomassa cocopeat sebagai bahan bakar terbarukan dengan aplikasi torefaksi. *Warta IHP* 2018; 33(01): 17–23.
16. **Alamsyah R**. Pembuatan senyawa epoksi minyak sawit kasar (CPO) pada tingkat konsentrasi pelarut dan waktu reaksi berbeda. *Jurnal Hasil Penelitian Industri* 2013; 26(1): 19–27.
17. **Alamsyah R**, Lestari N, Hasrini RF. Pengaruh berbagai jenis bahan pengendap terhadap peningkatan gel refined carrageenan dari *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Riset Teknologi Industri* 2013; 7(13): 51–58.

18. **Alamsyah R**, Lestari N, Hasrini RF. Kajian mutu bahan baku serta rumput laut (*Euchema* sp.) dan teknologi pangan olahannya. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 2013; 24(1): 57–67.
19. **Alamsyah R**, Aviana T. Pengaruh tekanan pemasakan dan penggunaan rak penyusun terhadap mutu dan kekerasan tulang ayam presto. *Jurnal Riset Teknologi Industri* 2013; 7(14): 100–109.
20. Junaidi L, Loebis EH, **Alamsyah R**. Pemanfaatan teknik ko-kristalisasi untuk produksi serbuk ekstrak sirsak. *Jurnal Litbang Industri* 2013; 3(2): 67–76.
21. **Alamsyah R**, Lubis EH. Pengolahan biodiesel dari biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L) dengan cara purifikasi kering. *Jurnal Kimia Kemasan* 2012; 34(2): 287–294.
22. **Alamsyah R**, Heryani S, Susanti I. Optimasi proses demineralisasi, deproteinisasi, dan deasetilasi kulit udang untuk pembuatan khitosan larut dalam air. *Warta IHP* 2012; 29(1): 12–20.
23. **Alamsyah R**, Lubis EH, Siregar NC. Esterifikasi-transesterifikasi dan karakterisasi mutu biodiesel dari biji jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn). *Jurnal Kimia dan Kemasan* 2011; 33(1): 124–130.
24. **Alamsyah R**, Tambunan AH, Purwanto YA, Kusdiana D. Energy consumption analysis in biodiesel production process from palm oil olein by utilizing static-mixer reactor. *Jurnal Riset Industri* 2010; 4(2): 33–40.
25. **Alamsyah R**, Lubis EH, Heryani S. Produksi biodiesel dari bahan baku minyak jelantah dengan menggunakan abu tandan aren sebagai katalis. *Warta IHP* 2010; 27(1): 47–58.
26. **Alamsyah R**, Junaedi L, Lubis EH. Sintesis biodiesel minyak sawit menggunakan reaktor *static-mixer*. *Warta IHP* 2010; 27(2): 14–24.
27. **Alamsyah R**, Joelianingsih, Mala DM. Pembuatan pelumas dasar *rolling oil* dari minyak jarak kepyar (*Castor Oil*) dengan penambahan larutan kitosan. *Warta IHP* 2009; 26(1): 12–21.

28. **Alamsyah R**, Hartanto ES, Mardiah. Pengaruh penggunaan kitosan pada konsentrasi yang berbeda dalam formulasi pelembab kulit. *Warta IHP* 2009; 26(1): 12–21.
29. **Alamsyah R**, Pohan G, Herman AS. Kajian penerapan alat pengering bawang merah di sentra produksi Brebes-Jawa Tengah). *Jurnal Riset Industri* 2008; 2(1): 24–34.
30. Manalu LP, **Alamsyah R**. Penentuan panas laten penguapan biji lada putih dan hitam. *Warta IHP* 2008; 25(1): 1–8.
31. **Alamsyah R**, Susanti I, Nurhayati L. Pengaruh penambahan larutan kitosan dan kunyit terhadap mutu mi basah. *Warta IHP* 2008; 25 (1): 18–18.
32. **Alamsyah R**, Tambunan AH, Purwanto YA, Kusdiana D. The current status of biodiesel production technology: A Review. *Jurnal Keteknikan Pertanian* 2007; 21(4): 323–340.
33. **Alamsyah R**, Isyanti M, Peri. Mempelajari pengaruh penambahan butylated hydroxy toluene (BHT) terhadap mutu minyak jarak kasar hasil ekstraksi, *degumming* dan pemucatan. *Warta IHP* 2007; 24(2): 23–31.
34. **Alamsyah R**, Yunarti, Isyanti M. Mempelajari pengaruh berbagai perlakuan panas terhadap mutu minyak jarak murni (RBDCO) dan *oxidized castor oil*. *Warta IHP* 2007; 24(1): 21–31.
35. **Alamsyah R**, Rienoviar, Mala DM. Rancangan dan uji teknis alat sentrifuse untuk *degumming* dan deodorizer vakum untuk *palm kernel oil* (PKO). *Warta IHP* 2007; 24(1): 41–49.
36. **Alamsyah R**. Teknologi pengolahan biodisel dari minyak jarak *jatropha (Jatropha curcas L.)*. *Warta IHP* 2006; 23(1): 41–54.
37. **Alamsyah R**, Isyanti M, Yuniarti, Fitriati V, Sudradjat D. Pengaruh penggunaan arang aktif dan bentonit sebagai bahan pemucat dan kerapatan kertas saring terhadap mutu minyak jarak murni (*refined-bleached castor oil*). *Warta IHP* 2005; 22(2): 1–8.
38. **Alamsyah R**. Pengeringan pompa: mekanisme, analisis teknik, klasifikasi, dan aplikasi. *Warta IHP* 2005; 22(1): 54–65.

39. Lubis EH, **Alamsyah R**, Djubaedah E, Nurdin NK. Mempelajari pengolahan glukomanan asal iles-iles dan penggunaannya dalam produk makanan. *Warta IHP* 2004; 21(2): 31–41.
40. **Alamsyah R**, Irawan B, Mahdar P. Analisis kadar air keseimbangan, sorpsi isotermik, dan kajian tekno ekonomi pengolahan bubuk jahe (*Zingiber officinale Rosc.*) *Warta IHP* 2004; 21(1): 19–31.
41. Lubis EH, Antara NT, **Alamsyah R**. Mempelajari pengaruh waktu isolasi dan identifikasi minyak kulit lemon (*Citrus limonum* L.F. Burman) Serta penerapannya untuk minuman ringan. *Warta IHP* 2004; 21(1): 32–40.
42. **Alamsyah R**, Solechan, Sugesti K Sidik M. Pengaruh penambahan khitosan-format terhadap proses penyamakan kulit dan proses printing pada berbagai jenis bahan tekstil. *Warta IHP* 2003; 20(1-2): 1–9.
43. **Alamsyah R**, Mahdar P, Hutagaol RE. Pengaruh tingkat perbedaan suhu dan aliran udara terhadap pengeringan kubis. *Warta IHP* 2003; 18 (1-2); 1–6.
44. **Alamsyah R**, Budhiono A, Setiawan YY, Rinaldi H. Vacuum frying for jackfruit-processing, financial, and SWOT analysis. *Warta IHP* 2002; 19(1-2): 36–44.
45. **Alamsyah R**, Lubis EH, Djubaedah E. Disain dan uji teknis alat ekstraktor kitosan dari kulit udang. *Warta IHP* 2002; 19(1-2): 19–27.
46. **Alamsyah R**, Junaidi L, Nurdin NK, Hutajulu TF. Disain dan uji teknis peralatan pengolahan pakan ternak skala kecil. *Komunikasi IHP* 2001; 4(1): 1–10.
47. **Alamsyah R**, Djubaedah E, Lubis EH, Nurdin NK. Pengolahan kitosan (polimer alami) dari kulit udang untuk bahan additives. *Warta IHP* 2001; 18(1-2): 1–6.
48. Junaidi L, **Alamsyah R**, Noerdin NK, Hutajulu TF. Analisis tekno-ekonomi industri pakan ternak unggas skala kecil. *Warta IHP* 2000; 17(1-2): 21– 27.

49. **Alamsyah R**, Hutajulu TF, Noerdin NK, Junaidi L. Pembuatan pakan jadi (ransum) ayam dan ikan dengan menggunakan beberapa bahan substitusi. *Warta IHP* 2000; 17(1-2): 57–63.
50. **Alamsyah R**, Mahdar P, Syah I. Pengaruh pengeringan terhadap koefisien rehidrasi, tegangan tarik, dan rendemen jamur. *Warta IHP* 1997;14(1-2):20–26.
51. **Alamsyah R**, Mahdar P, Irene RE. Model Sorpsi isotermi dendeng sapi giling. *Warta IHP* 1996;13(1-2):8–15.
52. **Alamsyah R**. Sistem manajemen lingkungan versi ISO 14001. *Buletin Ekonomi Bappindo (BEB)* 1996; Thn XXI.
53. **Alamsyah R**, Mahdar P, Muliandi. Pendugaan umur simpan dendeng sapi giling dengan aplikasi kinetika arrhenius. *Warta IHP* 1995;12(1-2):5–8.
54. **Alamsyah R**, Mahdar P, Ishak S. Analisis kadar air kesetimbangan dan konstanta pengeringan jamur merang. *Warta IHP* 1995;12(1-2):14–17.
55. **Alamsyah R**. Antisipasi implementasi ecolabel dalam menghadapi pasar global. *Buletin Ekonomi Bappindo (BEB)* 1995; Thn XX.
56. **Alamsyah R**, Mahdar P, Mustika YD. Analisis pengeringan bawang daun rajangan. *Warta IHP* 1994;11(1-2):20–27.
57. **Alamsyah R**. Pressure drops and minimum spouting velocity in bed dryers. *Warta IHP* 1991;8(1):1–8.
58. **Alamsyah R**. Spouted bed technique. *Komunikasi IHP (Industri Hasil Pertanian)* 1991; 2: 37–46.
59. **Alamsyah R**. Modelling of drying rate of corn in spouted beds. *Warta* 1990; 7(2): 22–30.
60. **Alamsyah R**, Herman AS, Handono SW. Rancangan dan uji teknis alat ekstraksi susu kedelai pada pengolahan tahu. *Warta IHP* 1987;4(2):20–27.
61. **Alamsyah R**, Yoeswadi, Purwadaria HK, Tahir T. Disain dan uji teknis alat pengering ikan tipe lemari. *Warta IHP* 1986;3(1):1–7.

62. **Alamsyah R**, Kamarudin A, Eriyant. Analisa pengeringan gabah dengan alat pengering tipe bak (*batch dryer*). *Warta IHP* 1984;1(1):18–23.

Prosiding Internasional

63. **Alamsyah R**, Samid DD, Heryani S, Siregar NC. Production of fuel pellet from agricultural and plantation estate crops biomass. *Proceeding of International Conference on Biomass and Bioenergy 2021*.
64. **Alamsyah R**, Siregar NC, Hasanah F. An Experimental study on energy upgrading on Indonesian biomass as solid fuel through torrefaction (reactor design). *Proceeding of International Conference on Biomass, Bogor, Indonesia 2016*; 31–41.
65. **Alamsyah R**, Lubis EH, Susanto E, Lukman J, Siregar NC. An experimental study on synthetic gas (syngas) production through gasification of Indonesian biomass pellet. *Energy Procedia* 2015; 65: 292–299.
66. **Alamsyah R**, Lubis, EH. Design and technical testing for crude biodiesel reactor using dry methods: comparison of energy analysis. *Energy Procedia* 2014; 47: 235–241.
67. **Alamsyah R**. Status of palm oil-originated bio-wastes in Indonesia. *Proceeding of Korea-Indonesia Industry and Technology Cooperation Center (KITC)*; 2013 Nov 14; Jakarta (Indonesia); 2013: 23–30.
68. Park S, Seo DK, Hwang J, Moon J, Lee U, Yu TU, Yu J, Song B, **Alamsyah R**. An Experimental study on pyrolysis under isothermal condition of Indonesian biomass (empty fruit bunch: EFB). *Proceeding of Korean Society of Thermal Environmental Engineers* 2012; 17–25.
69. **Alamsyah R**, Siregar NC. Development of syngas production system with Indonesian biomass. *Proceeding of Joint Research's Workshop for Korea-ASIA, Chang Woon, Korea* 2011; 22–29.

70. **Alamsyah R**, Junaedi L. Low emission biomass pellet for heating and drying system. Proceeding of The 3rd Fajr Inventions And Innovation Exhibition Finex, Tehran, Iran 2011; 1–10.
71. **Alamsyah R**. Making progress of drying for agricultural products, the third regional workshops on drying technology. Proceeding of ASEAN-Foundation-ASEAN SCNCER 2003: 112–120.

Prosiding Nasional

72. **Alamsyah R**, Lubis EH, Junaidi L. Sintesis biodiesel minyak sawit menggunakan reaktor static-mixer. Prosiding Jurnal Riset Industri 2011; 32–40.
73. **Alamsyah R**, Tambunan AH, Purwanto YA, Kusdiana D. Rerkayasa mekanisme pengadukan dengan metode static-mixer untuk meningkatkan efisiensi proses transesterifikasi minyak sawit menjadi biodiesel. Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008; 1–12.
74. **Alamsyah R**. Mengembangkan proses produksi khitosan larut air. Prosiding seminar nasional kitin-kitosan 2006; 33–40.
75. Djubaedah E, **Alamsyah R**, Susanto E. Industri berwawasan lingkungan. Prosiding pengolahan limbah cair industri 1996; 37–45.

Paten

76. **Alamsyah R**. Reaktor static-mixer untuk produksi metil ester (biodiesel). Paten Indonesia No. IDP000035412. 2014 Februari 23.
77. **Alamsyah R**. Proses gasifikasi untuk mengkonversi pelet biomas menjadi syngas. Paten Indonesia No. Paten : IDP000037967; 2015 Maret 4.
78. **Alamsyah R**. Reaktor pencucian biodiesel kasar cara kering. Paten Indonesia No. IDP000072158; 2020 Oktober 19.

DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA

1. Hidayat S, Poedjiwati DW, Widhianto S, **Alamsyah R**, Nurseppy I, Rahmatunisa M, Rahmi D, Sufiardi A, Ainun N, Listianto B, Yetty Y, Iaci. Telaahan implementasi teknologi hasil litbang balai industri dalam rangka mendukung program hilirisasi industri berbasis karet. Sekretariat Jenderal Kemenperin; 2015.
2. Bukhari A, Poedjiwati DW, Widhianto S, **Alamsyah R**, Nurseppy I, Rahmatunisa M, Sunarya C, Hadisetyana S, Yetty Y, Chamnah, Riznanto B, Rahmi D, Sufiardi A, Ainun N. Pemanfaatan teknologi hasil litbang balai industri dalam rangka hilirisasi industri kelapa sawit. Sekretariat Jenderal Kemenperin; 2013.
3. Kamil AF, **Alamsyah R**, Rahmatunisa M, Purwaningsih L, Sri WK, Dananjoyo N, Nugroho, M. Monitoring dan evaluasi layanan lembaga sertifikasi produk di balai besar dan baristand industri Kemenperin. Inspektorat Jenderal Kemenperin; 2012.
4. Bukhari A, Widhianto S, **Alamsyah R**, Herjanto E, Rahmatunisa M, Chamnah, Sufiardi A, Yetty H, Riznanto B, Yusuf E, Sukmawijaya N, Ginting, Nurseppy I, Ainun N, Sadani RS. Telaahan implementasi hasil litbang: Peningkatan peran dan fungsi baristand industri dalam mendukung pembangunan industri nasional dan MP3EI. Inspektorat Jenderal Kemenperin, 2012.
5. Widhianto S, Atmadinata A, Sitohang KH, Kamil AF, **Alamsyah R**, Chamnah, Sufiardi A, Dananjoyo N, Rahmatunisa M, Hutahayan E, Hidayat S, Yunarti I, Akbar S, Ainun N, Riznanto B, Sadani RS, Karyadi A, Hardy AP. Telaahan implementasi teknologi hasil penelitian dan pengembangan di balai besar lingkup BPPI. Inspektorat Jenderal Kemenperin; 2011.
6. **Alamsyah R**. Memperkukuh posisi industri dengan ISO 14001. Suara Pembaruan Jakarta. 1996 Nov 1996.
7. **Alamsyah R**, Djubaedah E, Susanto E, Rinaldi H, Nurdin, NK. Panduan Teknologi Bersih Industri Tapioka. Bapedal Pusat BBIA; 1995.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama	: Dr. Ir. Rizal Alamsyah, M.App. Sc.
Tempat/Tanggal Lahir	: Bogor, 10 Juli 1959
Anak ke	: Empat dari Delapan Bersaudara
Nama Bapak Kandung	: H. Abdul Muis Abdullah
Nama Ibu Kandung	: Hj. Nelly Sadiyah
Nama Istri	: Dra. Ariyanti
Jumlah Anak	: 2 (dua) orang
Nama Anak	: 1. Arizia Tamara, S.T. 2. Amira Mayariza Ghina
Nama Instansi	: OR Konversi dan Konservasi Energi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Judul Orasi	: Inovasi Teknologi Pemrosesan Biomassa Menjadi <i>Biofuel</i> untuk Mendukung Penerapan Energi Baru dan Terbarukan (EBT)
Bidang Kepekararan	: Konversi Biomassa
No. Keppres Pangkat Terakhir	: Keppres No 17/K Tahun 2015, tanggal 29 April 2015, Pembina Utama IV e
No. Keppres Peneliti Ahli Utama	: Keppres No 15/M Tahun 2022, tanggal 13 April 2022

B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah/PT/ Universitas	Kota/ Negara	Tahun Lulus
1.	SD	SD Pabrik Gas	Bogor/Indonesia	1971
2.	SMP	SMP Negeri 2 Bogor	Bogor/Indonesia	1974
3.	SMA	SMA Negeri 2 Bogor	Bogor/Indonesia	1977
4.	S1	Institut Pertanian Bogor (IPB)	Bogor/Indonesia	1983
5.	S2	University of New South Wales (UNSW)	Sydney/Australia	1990
6.	S3	IPB	Bogor/Indonesia	2010

C. Jabatan Struktural

No.	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
1.	Kepala Bidang Sarana Riset dan Standardisasi	BBIA- Kemenperin	2009–2018

D. Jabatan Fungsional

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1.	Asisten Peneliti Muda (Gol. III/a)	1 Februari 1988
2.	Ajun Peneliti Muda (Gol. III/c)	1 Juli 1992
3.	Ajun Peneliti Madya (Gol. III/d)	1 Januari 1996
4.	Peneliti Muda (Gol. IV/a)	1 Mei 1999
5.	Peneliti Madya (Gol. IV/b)	1 Oktober 2004
6.	Peneliti Madya (Gol. IV/c)	1 Oktober 2009
7.	Peneliti Ahli Utama (Gol. IV/d)	1 Februari 2013
8.	Peneliti Ahli Utama (Gol. IV/e)	1 Februari 2013
9.	Peneliti Ahli Utama (Gol. IV/e)	13 April 2022

E. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
1.	6 th International Conference on Biomass and Biofuel	Resource Speaker	SBRC (Bogor, Indonesia)	2021
2.	INAUGURAL National Coconut Festival-PNG	Resource Speaker	APCC (Port Moresby, Papua New Guinea)	2019
3.	APCC Cocotech Conference	Resource Speaker	APCC (Bangkok, Thailand)	2018
4.	APCC Cocotech Conference	Resource Speaker	APCC (Denpasar, Indonesia)	2016
5.	International Conference on Biomass:	Resource Speaker	SBRC (Bogor, Indonesia)	2016
6.	Joint R and D Project (Kitech-Cabi)	Resource Speaker	Kitech-KITC (Cheonan, Korea Selatan)	2015
7.	APCC Cocotech Conference	Resource Speaker	APCC (Kolombo, Sri Lanka)	2014
8.	International Collaborative R & D Cooperation (Kitech-Cabi)	Resource Speaker	Kitech-KITC (Cheonan, Korea Selatan)	2013
9.	International Collaborative R & D Cooperation (Kitech-Cabi)	Resource Speaker	Kitech-KITC (Cheonan, Korea Selatan)	2011
10.	The Third Regional Workshop on Drying Technology	Resource Speaker	ACIAR (Bogor, Indonesia)	2003

F. Keterlibatan dalam Pengelolaan Jurnal Ilmiah

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Jabatan	Tahun
1.	Warta Industri Hasil Pertanian (IHP)	Balai Besar Industri Agro, Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri, Kementerian Perindustrian	Reviewer	2020–sekarang
2.	Warta Industri Hasil Pertanian (IHP)	Balai Besar Industri Agro, Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri, Kementerian Perindustrian	Chief Editor	2017–2020

G. Karya Tulis Ilmiah

No.	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	21
2.	Penulis bersama Penulis lainnya	64
	Total	85

No.	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1.	Bahasa Indonesia	70
2.	Bahasa Inggris	15
	Total	85

No.	Kualifikasi Publikasi	Jumlah
1.	Paten dan Hak Cipta	3
2.	Buku dan Bagian dari Buku	7
3.	Jurnal Internasional	5
4.	Jurnal Nasional	50
5.	Prosiding Internasional	9
6.	Prosiding Nasional	4
7.	Karya Tulis Ilmiah lainnya	7
	Total	85

H. Pembinaan Kader Ilmiah

Mahasiswa

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Tamsil Tahir	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	1986
2.	Ishak Syah	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	1993
3.	Yang Dewi Mustika	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	1993
4.	Roslina Erdawati Hutagaol	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	1994
5.	Muliandi	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	1995
6.	Rotua Eva Irene	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	1996
7.	Bambang Irawan	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	2003
8.	Nurohman	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	2004
9.	Desmawati	Program Sarjana S1 Universitas Pakuan Bogor	Pembimbing	2006
10.	Lusi Maren	Program Sarjana S1 Sekolah Tinggi MIPA Bogor	Pembimbing	2006
11.	Lilis Nurhayati	Program Sarjana S1 Sekolah Tinggi MIPA Bogor	Pembimbing	2006
12.	Hasbil Lubis	Program Sarjana S1 Institut Teknologi Indonesia (ITI)	Pembimbing	2007
13.	M. Marwan	Program Sarjana S1 ITI	Pembimbing	2007
14.	Didin Adi Nuridni	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	2008

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
15	Mardiah	Program Sarjana S1 Universitas Pakuan Bogor	Pembimbing	2008
16.	Elzana Moreta	Program Sarjana S1 Universitas Lampung (Unila)	Pembimbing	2009
17.	Rani Maharani	Program Sarjana S1 Universitas Lampung (Unila)	Pembimbing	2009
18.	Ade Wahyuni	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	2010
19.	Atika	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	2010
20.	Arini	Program Sarjana S1 Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing	2011
21.	Fachrurozy	Program Sarjana S1 (IPB)	Pembimbing	2012
22.	Bara S.T	Program Sarjana S1 IPB	Pembimbing	2012
23.	Teguh Parulian	Program Sarjana S1 STMI Jakarta	Pembimbing	2013
24.	Imroati S. Tsania	Program Sarjana S1 STMI Jakarta	Pembimbing	2013
25.	Haerunisa	Program Sarjana S1 STMI Jakarta	Pembimbing	2015
26.	Dwi Herawati	Program Sarjana S1 STMI Jakarta	Pembimbing	2015
27.	Dian Nursanti	Program Sarjana S3 Universitas Indonesia	Pembimbing	2012
28.	Zaid Zul Amraini	Program Sarjana S3 Universitas Indonesia	Penguji	2015
29.	Jabozar Ronggur	Program Sarjana S3 Universitas Indonesia	Pembimbing	2017
30.	Yustinah	Program Sarjana S3 Universitas Indonesia	Pembimbing	2018

I. Organisasi Profesi Ilmiah

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Ketua Bidang Pengembangan Usaha dan Kesejahteraan Anggota	Perhimpunan Periset Indonesia (PPI) Kota Bogor	2022– sekarang
2.	Ketua Dewan Pengawas/Etik	Bakti Peneliti Profesional Indonesia	2021– 2024
3.	Anggota	Perhimpunan Periset Indonesia (PPI)	2019– sekarang
4.	Anggota	Ikatan Bioenergi Indonesia (IKABI),	2016– sekarang
5.	Anggota	Coconut Board of Asian Pacific Coconut Community-APCC	2016– 2018
6.	Anggota	Mayarakat Standard (Mastan),	2015– sekarang
7.	Anggota	Persatuan Teknologi Pertanian (Perteta) Pusat,	2012– sekarang
8.	Pakar/narasumber	Komisi Teknis (Komtek) SNI, KKP (PT65-08), Produk Ikan Non-pangan	2011– 2020
9.	Anggota	Himpunan Polimer Indonesia-HPI, Pusat	2005– sekarang

J. Tanda Penghargaan

No.	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Satyalencana Karya Satya XXX Tahun, No. 033/TK/2015	Presiden RI	2015
2.	106 Inovasi Indonesia Paling Prospektif	Kemenristek	2014
3.	Iran Technological Inovation Award (2011)	RSIT, Tehran Iran	2011

4.	Disertation Award untuk program Doktor dari Ford/ IEEF Foundation	Ford IEEF Foundation	2010
5.	Satyalancana Karya Satya XX, No. 033/TK/2006	Presiden RI	2006
6.	Juara Riset Unggulan Tingkat Nasional	Kemenperin	2004
7.	Satyalancana Karya Satya X Tahun	Presiden RI	2003

K. Pengalaman Karier Terkait Kepakaran

Jabatan	Tempat/Program	Periode
Senior Researcher	Indonesia dan Korea/ Development of high quality bio oil originated from PAO Research collaboration	2015–2017
Senior Researcher	Indonesia dan Korea/ Secure-utilization technology for Indonesian biomass aimed to cope with RPS (renewable portfolio standard) Research collaboration	2012–2013
Senior Researcher	Indonesia dan Korea/Development of Syngas Production System with Indonesian Biomass Research collaboration	2010–2011
Peneliti Ahli Utama	Bogor/Program Insentif Riset DIKNAS- Pellet Biomas Emisi Rendah untuk Pemanas dan Pengeringan	2010
Peneliti Ahli Utama	Bogor/Program Insentif Riset DIKNAS- Purifikasi Gliserol Kualitas Tinggi Hasil Samping Biodiesel	2009

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Diterbitkan oleh:

Penerbit BRIN

Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah

Gedung BJ Habibie, Jl. M.H. Thamrin No.8,

Kb. Sinih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,

Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340

Whatsapp: 0811-8612-369

E-mail: penerbit@brin.go.id

Website: penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin.696



ISBN 978-623-8052-10-3



9 786238 052103

Book ini tidak diperjualbelikan.