

FOKUS RISET

**PEMANFAATAN ENERGI
BARU DAN TERBARUKAN**

LAPORAN AKHIR KEGIATAN TAHUN KEDUA

**Pendanaan Riset Inovatif-Produktif (RISPRO)
KOMERSIAL**



JUDUL RISET:

**BIOADITIF BERBASIS MINYAK ATSIRI UNTUK MENINGKATKAN MUTU DAN
KINERJA BIOSOLAR**

KELOMPOK PERISET:

Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr (SBRC LPPM IPB)

Dr. Hari Setiapraja (BPPT)

Dr Dwi Setyaningsih, STP, M.Si (SBRC LPPM IPB)

Dr. Dhani Satria Wibawa, S.TP. MSi. (SBRC LPPM IPB)

Egi Agustian, M.Eng (LIPI)

Dona Sulistia Kusuma, M.Si (PT Aromatik Teknologi Indonesia)

Edwin D Santana (PT Minindo Spares & Services)

INSTITUSI PENGUSUL:

DIREKTORAT RISET DAN INOVASI

IPB UNIVERSITY

**LEMBAGA PENGELOLA DANA PENDIDIKAN
KEMENTERIAN KEUANGAN REPUBLIK INDONESIA
TAHUN 2023**

FORM MONITORING INTERNAL LAPORAN AKHIR

TABULAK 2

Judul Riset : Bioaktif Berbasis Myxak Asam Untuk Meningkatkan Mutu dan Kinerja Bioaktiv
 Fakultas Riset : LPP RSPRO NIMTAS
 Ketua Periset : Dr. Ir. Meka Syahbana Rukil, M.Sc.Agr.
 Asisten Periset : Institut Pertanian Bogor
 Mitra Riset : PT. Aromatik Teknologi Indonesia dan PT. Minido Spices and Services
 Total Usahan Waktu Penelitian : 2 Tahun


NO	Indikator Kinerja Riset (IKR)	Progress Capaian IKR/Realisasi	% (lewat)	Poin	Anggaran (100%)		Keterangan	Kontribusi Mitra	Kerjasama/colaborasi (lewat)	Rencana Tindak Selanjutnya
					Rencana	Bisa Lelah				
1	Formulasi produk bioaktif B35	Formulasi dan produk bioaktif B35 yang optimal dan stabil	100	35.433.000	-10.100.000	129				
2	Analisis keamanan bioaktiv	a. Pengujian sifat fisik dan kimia untuk myxak asam hasil fermentasi dan pematangan serta pematangan bioaktif untuk B35 b. Kajian toksikologi pada tikus c. Uji kinerja organoleptik (uji daya) dan uji organoleptik bioaktif terhadap komposisi organoleptik	100	280.300.000	-8.448.000	103				
3	Uji keamanan untuk formulasi bioaktif	a. Uji keamanan untuk formulasi B35 b. Uji keamanan untuk bioaktif B35 c. Uji keamanan untuk bioaktif B35	100	323.456.306	-30.398.534	110		46.500.000		
4	Analisis keamanan bioaktif	Analisis keamanan dengan metode toksikologi (toxicology study) dan uji organoleptik (organoleptic study)	100	75.000.000	6.171.000	82		17.500.000		
5	Perubahan K1 untuk proses atau produk bioaktif B35 (K1) berbasis Papaya	Studi awal tentang perubahan K1 untuk proses atau produk bioaktif B35 (K1) berbasis Papaya	100	16.000.000	3.950.000	27				
6	Perubahan K2 untuk proses atau produk bioaktif B35 (K2) berbasis Papaya	Studi awal tentang perubahan K2 untuk proses atau produk bioaktif B35 (K2) berbasis Papaya	100	5.900.000	5.900.000	9				
7	Sertifikasi Produk Bioaktif	Sertifikasi Produk Bioaktif B35 yang dikeluarkan oleh Lembaga yang bertanggung jawab melakukan sertifikasi	100	11.450.000	-14.181.800	224				
8	Publikasi ilmiah tentang status kesehatan masyarakat di jurnal nasional terakreditasi atau internasional bereputasi	Dua Publikasi ilmiah dengan status kesehatan masyarakat di jurnal nasional terakreditasi atau internasional bereputasi	100	20.000.000	14.967.000	75				
9	Obat-obatan dan suplemen nasional	Satu produk obat nasional dengan status subsektor	100	70.000.000	55.837.800	79				
10	Perubahan produk bioaktif tanaman	Dokumentasi proses yang memuat hasil uji pematangan papaya dan pematangan produk bioaktif	100	10.000.000	41.311.579	71		30.500.000		
11	Penelitian komersialisasi produk bioaktif untuk B35/B35S dengan pendekatan komersial	Dokumentasi rencana bisnis dengan memuat rencana komersialisasi produk bioaktif	100	83.000.000	89.356.421	99		21.500.000		
12	Perubahan Kelembagaan Komersialisasi Produk yang sudah diumumkan dan siap diuji dan Mitra	SAR assessment TKT yang telah dilakukan penilai mandiri oleh tim perusahaannya	100	83.000.000	82.624.727	0				
13	SAR Assessment TKT	Infrastruktur kegiatan dan Mitra Riset yang sudah diumumkan	100	0	0	0				
14	Perwakilan Industri/Pemerintah	Keputusan dan Hal Riset yang sudah diumumkan	100	276.440.000	276.440.000	0		57.800.000		
15	Perwakilan Industri/Pemerintah	Keputusan dan Hal Riset yang sudah diumumkan	100	69.740.000	69.740.000	0				
16	Biaya cetak laporan	Keputusan dan Hal Riset yang sudah diumumkan	100	14.893.884	14.893.884	0				
17	RPM 11%	Keputusan dan Hal Riset yang sudah diumumkan	100	28.126.126	28.126.126	0				
18	RPM 23	Keputusan dan Hal Riset yang sudah diumumkan	100	0	0	0				
				1.561.000.000	1.561.000.000	0	100%	191.800.000		

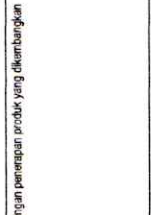
Catatan Bioaktif:
 - Latar belakang pengembangan penelitian dan landasan teori investasi, seperti pada publikasi ilmiah, sehingga pentingnya kajian investasi ini menjadi lebih jelas.
 - Dalam membangun kelayakan ekonomi perlu dipaparkan konsep produk yang akan dikembangkan sehingga solusi pemadatan banyu produk juga perlu mempertimbangkan kelayakan aplikasi produk yang dikembangkan dari sisi efisiensi bahan bakar dan proses yang dihasilkan.
 - Data sertifikasi produk dan lembaga sertifikasi nasional ataupun internasional.
 - Perlu rencana komersialisasi produk ke depan terkait kekhawatiran jenis mesin yang sesuai dengan penanganan produk yang dikembangkan.

Kedua Persepel


 Dr. Ir. Meka Syahbana Rukil, M.Sc.Agr.
 NIP. 19620505198931007

Bogor, 26 Jun 2023
 Penelitian


 Dr. Prayoga Suryadama, S.T.P., M.T.
 NIP. 1974110199902001



HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR KEGIATAN TAHUN KEDUA PENDANAAN RISPRO KOMERSIAL

- 1. Judul Riset** : **Bioaditif Berbasis Minyak Atsiri untuk Meningkatkan Mutu dan Kinerja Biosolar**
- 2. Ketua Periset**
- a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc. Agr
 - b. Jenis Kelamin : L
 - c. NIP / NIK / KTP : 19620505 198903 1 027
 - d. Jabatan Struktural : Kepala Pusat
 - e. Jabatan Fungsional : Lektor
 - f. Lembaga Periset : Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi (Surfactant & Bioenergy Research Center-SBRC), LPPM IPB
 - g. Alamat : Kampus PB Baranangsiang, Jl Raya Pajajaran No. 1 Bogor
 - h. HP/Telpon/Faks : 0811976630 / 0251 8330970 / 8330977
 - i. Alamat Rumah : Jl. Kemuning Raya No. 1 Taman Yasmin III Bogor 16166
 - j. Telpon/Faks/E-mail : 0251-8386107/-/ mrusli@apps.ipb.ac.id
- 3. Mitra Riset 1** : **PT Minindo Spares & Services**
Alamat Mitra Riset : **Komplek Bina Marga Blok F/3, Gunung Putri, Bogor 16961**
Mitra Riset 2 : **PT Aromatik Teknologi Indonesia**
Alamat Mitra Riset : **Jl. Benosa No. 39 Buaran-Serpong, Tangerang Selatan**

4. Anggota Periset

No	Nama	Instansi
1	Dr. Hari Setiapraja	BRIN
2	Dr. Dwi Setyaningsih, STP, MSi	SBRC LPPM IPB
3	Dr. Satria Wibawa, S.TP. MSi.	SBRC LPPM IPB
4	Egi Agustian, M.Eng	BRIN
5	Dona Sulistia Kusuma, M.Si	PT Aromatik Teknologi Indonesia
6	Edwin D Santana	PT Minindo Spares & Services

5. Pendanaan


No	Uraian	LPDP	Mitra	Total
1	Tahun I	1.538.500.000	233.950.000	1.772.450.000
2	Tahun II	1.561.000.000	191.100.000	1.752.100.000
Total				3.524.550.000


Bogor, 26 Juni 2023


Ketua Periset

Pimpinan Lembaga Mitra 1

Pimpinan Lembaga Mitra 2


 Dr. Ir. Meika S. Rusli, M.Sc. Agr
 NIP 19620505 198903 1 027


 Ir. Edwin D Santana
 NIK 3171070712670002


 Mochtar Noor Istizam
 NIK 3674013105810004

Menyetujui
 Wakil Rektor Bidang Riset, Inovasi dan
 Pengembangan Masyarakat Agromaritim


 Prof. Dr. Ir. Ernan Rustiadi, M. Agr
 NIP 196510111990021002

DAFTAR ISI

HALAMAN HASIL MONITORING INTERNAL	2
HALAMAN PENGESAHAN	3
DAFTAR ISI	4
BAB 1 PENDAHULUAN	5
1.1. Latar Belakang	5
1.2. Rasional dan Perumusan Masalah	7
1.3. Tujuan Khusus Tahun II	8
1.4. Sasaran dan Lokasi Pelaksanaan Kegiatan	8
1.5. Luaran Kegiatan Tahun II	11
1.6. Kontribusi dan Kaitan Riset yang Akan Diterapkan	11
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN KEBARUAN RISET	13
2.1. <i>State of the art</i> bioaditif berbasis minyak atsiri	13
2.2. Peta Jalan (<i>Road map</i>) Riset	14
2.3. Kebaruan Riset	16
2.4. Studi Kelayakan	18
BAB 3 PELAKSANAAN KEGIATAN RISET	21
3.1. Ouput 1: Optimasi Formula Bioaditif pada Biosolar B35 dan B40	21
3.2. Output 2: Analisis Laboratorium Performa Bioaditif B35/B40	41
3.3. Output 3: Uji Lapangan untuk Formula Bioaditif B35	57
3.4. Output 4: Analisis Keekonomian Bioaditif Turunan Minyak Atsiri	86
3.5. Output 5: Pendaftaran KI terkait proses atau produk Bioaditif B35/B40	95
3.6. Output 6: Pendaftaran KI Berupa Desain Industri terkait Hasil Riset	96
3.7. Ouput 7: Sertifikat Produk Bioaditif B30/B35	98
3.8. Ouput 8: Publikasi Ilmiah (Submitted di Jurnal Nasional Terakreditasi atau Internasional Bereputasi)	99
3.9. Output 9: Publikasi pada Seminar Nasional	101
3.10. Output 10: Pengenalan Produk Bioaditif Turunan Minyak Atsiri dan Uji Penerimaan Pasar	101
3.11. Output 11: Persiapan Komersialisasi Produk Bioaditif untuk B30/B35 dengan Penyusunan Business Plan	108
3.12. Output 12: Perjanjian Kerja Sama Komersialisasi Produk	117
3.13. Output 13: Self Assessment TKT	117
BAB 4 REALISASI LUARAN YANG DICAPAI DAN ANGGARAN	122
BAB 5 KONTRIBUSI MITRA	125
BAB 6 PENUTUP	126
5.1. Kesimpulan	126

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mesin diesel merupakan salah satu penghasil energi di bidang industri dan transportasi yang banyak digunakan di Indonesia. Pembakaran pada mesin diesel tidak memerlukan percikan api, tetapi pembakaran terjadi akibat kompresi mesin pada suhu tinggi serta tercampurnya bahan bakar dengan udara. Proses pembakaran sangat bergantung pada kualitas bahan bakar yang digunakan misalnya solar/biosolar. Kualitas bahan bakar solar/biosolar harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas serta bebas dari zat pengotor atau zat kimia yang merugikan (Setyadi dan Wibowo 2015). Dampak negatif dari penggunaan bahan bakar biosolar yang memiliki kualitas rendah yaitu potensi terbentuknya endapan atau deposit pada ruang bakar.

Peningkatan kualitas bahan bakar diesel dapat dilakukan dengan menambahkan aditif bahan bakar. Manfaat dari aditif diantaranya, yaitu meningkatkan sifat dasar bahan bakar, menambah tenaga mesin, meningkatkan *durability performance* pada mesin, membersihkan *injector*, mengurangi endapan organik, dan menghemat bahan bakar (Endyani dan Putra 2011). Aditif bahan bakar dibedakan menjadi dua, yaitu aditif sintetis dan aditif alami. Aditif 2-ethyl hexyl nitrat (EHN) merupakan contoh aditif sintetis yang telah komersil dan banyak digunakan sebagai peningkat mutu bahan bakar mesin diesel (Nasikin dan Makhdianti 2003). EHN yang berasal dari sintesis minyak bumi merupakan hasil proses nitrasi senyawa 2-etil-1-hexanol ($C_8H_{10}O$) sehingga, penggunaannya bersifat tidak terbarukan (Rafmiwati 2018). Alternatif potensial yang bersifat alami serta terbarukan sebagai aditif bahan bakar yaitu minyak atsiri. Penggunaan minyak atsiri sebagai bioaditif bahan bakar berfungsi sebagai penyedia oksigen dan dapat meningkatkan efisiensi pembakaran serta mengurangi emisi gas hasil pembakaran (Kadarohman et al. 2010).

Salah satu minyak atsiri yang banyak ketersediaannya di Indonesia ialah minyak sereh wangi (*Citronella oil*). Minyak sereh wangi terdiri dari tiga komponen utama yaitu sitronelal ($C_{10}H_{18}O$), sitronelol ($C_{10}H_{20}O$), dan geraniol ($C_{10}H_{18}O$) (Hamzah et al. 2014). Kandungan oksigen pada tiga komponen utama minyak sereh wangi tersebut dapat menjadi penyedia oksigen pada proses pembakaran. Selain itu, struktur kimia dari minyak sereh wangi berbentuk siklis dan berantai terbuka. Menurut (Kadarohman et al. 2010), minyak atsiri yang berbentuk siklis dan berantai terbuka dapat menurunkan kekuatan ikatan antar molekul pada bahan bakar sehingga proses pembakaran menjadi lebih efisien.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan pengujian tentang bioaditif dari minyak atsiri pada bahan bakar solar atau biosolar. Berdasarkan penelitian Septiadi (2017) penambahan aditif yang berasal dari campuran cengkeh dan sereh wangi (3:1) sebesar 0.6% dapat menurunkan laju konsumsi bahan bakar solar sebesar 24%. Berdasarkan penelitian Setyaningsih et al. (2018), penambahan aditif sebesar 0.1% yang berasal dari campuran eugenol dan sereh wangi (1:1) dapat menurunkan laju konsumsi bahan bakar biosolar sebesar 7.55%. Berdasarkan penelitian Lawang (2019), rhodinol dapat menurunkan kadar emisi CO,

NO, SO, serta total partikulat dari hasil pembakaran solar. Berdasarkan penelitian Rafmiwati (2018), penambahan fraksi rhodinol dari minyak sereh wangi sebesar 1%, dapat meningkatkan bilangan setana bahan bakar solar sebesar 5 angka. Dari hasil penelitian tersebut, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan bahan bakar biosolar (campuran biodiesel sebesar 20%) dalam meningkatkan kualitas bahan bakar serta efisiensi yang dihasilkan. Kualitas biosolar yang diamati yaitu cetane number pada biosolar dan kandungan partikulat pada biosolar.

Salah satu kelemahan dari biodiesel adalah mudah terdegradasi adanya ikatan rangkap seperti metal linoleate (18:2 dan 18:3) yang mudah teroksidasi, selain hal tersebut penurunan sifat biodiesel juga dapat disebabkan oleh faktor lingkungan seperti waktu serta kondisi penyimpanannya. Pattamaprom et al. (2012) mengkaji penurunan kualitas bahan bakar karena penyimpanan terhadap komposisi kimia dan kinerja engine. Kajian dilakukan pada tempat penyimpanan tertutup selama 6 bulan pada temperature ruang. Kajiannya menunjukkan bahwa kandungan oksigen didalam tempat penyimpanan menyebabkan penurunan biodiesel melalui reaksi oksidasi pada ikatan rangkap biodiesel, produk utama dari oksidasi ini umumnya adalah molekul hidroperoksida. Hal ini dapat menyebabkan penurunan nilai kalor dari biodiesel yang berpengaruh terhadap kinerja engine baik itu power maupun konsumsi bahan bakar. Untuk biodiesel dari minyak sawit menunjukkan penurunan yang lebih kecil untuk peroksida dan angka asam yang dihasilkan karena ikatan rantai karbonnya yang relative lebih panjang dibandingkan dari sumber lainnya. Kajian yang sejenis juga dilakukan oleh Khalid et al. (2017) tetapi dengan variasi temperature penyimpanan. dengan variasi temperature dari 5 – 30°C biodiesel dengan campuran mulai dari B5 samapai B45 dikaji perubahan karakteristiknya dengan menyimpan pada periode waktu diatas 60 hari. Penambahan durasi periode penyimpanan berpengaruh terhadap kenaikan densitas dan viskositas terutama pada temperature penyimpanan tinggi yaitu 30 derajat celcius dengan rasio blending biodiesel yang tinggi. Dalam kajian tersebut ditunjukkan juga bahwa semakin tinggi rasio biodiesel maka dapat meningkatkan kenaikan kandungan air dalam bahan bakar campuran biodiesel dan solar.

Pada kajian lainnya, Khalid et al. (2017) juga mengkaji dengan jangka waktu yang lebih lama, 1 tahun untuk B100 dan 3 tahun untuk B5 dan B20. Untuk kestabilan penyimpanan properties blending biodiesel dan solar dalam jangka waktu yang lama maka karakteristik base biodieselnnya menjadi penting. Amir menyebutkan bahwa untuk B5 tidak ada isu untuk penyimpanan dalam jangka waktu yang lama tetapi B20 menjadi tidak stabil jika berasal dari high polyunsaturated ester dengan waktu induksi 3 jam. Amir menyarankan untuk menggunakan anti-oxidant untuk jangka penyimpanan yang lama terutama untuk biodiesel dengan rasio yang tinggi.

Kajian pemakaian bio-aditif berbasis atsiri telah dilakukan oleh tim pengusul pada campuran B20. Minyak atsiri mengandung ikatan siklik yang lebih kecil dari molekul solar dan reaktif dalam mengganggu ikatan lurus biosolar sehingga partikel air yang terjebak (*soluble water*) dapat terpisah dan bergabung dengan *free water*. Hasil pengujian skala laboratorium dengan atsiri untuk menurunkan kadar air bergantung dari kondisi awal/*reference* dari

campuran biosolarnya. Dengan kandungan biosolar awal 230.14 ppm maka penambahan bio-aditif dapat menurunkan kadar air menjadi 203.87 ppm atau sekitar 11.41%. Sedangkan dengan kandungan air 685 ppm maka dengan penambahan aditif dapat menurunkan hingga 422 ppm atau sekitar 38%. Selain kadar air *fuel cleanliness* juga mengalami perbaikan dengan penambahan bio-aditif, dimana penurunan jumlah particle dengan ukuran 4 mikron, 6 mikron dan 8 mikron dapat ditekan dengan presentase penurunan sebesar 48%, 55% dan 76% secara berurutan.

1.2. Rasional dan Perumusan Masalah

Konsumsi bahan bakar solar mencapai sekitar 75 juta KL pada tahun 2018. Substitusi bahan bakar nabati (BBN), khususnya biodiesel sawit ke dalam solar hingga mencapai 20% volume, merupakan upaya dalam menghemat devisa impor migas. Namun, kendala utama dalam implementasi biodiesel di dalam negeri tidak hanya terkait harga biodiesel yang tidak kompetitif dengan solar, tetapi juga adanya isu kadar air dan endapan akibat proses pembakaran dari biodiesel. Oleh karena itu, perlu dicarikan solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu solusi untuk mengurangi kadar air dan endapan serta mengurangi emisi gas buang ialah dengan penambahan aditif.

Aditif bahan bakar secara garis besar dibedakan menjadi dua macam, yaitu aditif sintesis dan bioaditif yang berasal dari tumbuhan. Beberapa bahan aditif sintesis menggunakan bahan beracun yang berbahaya bagi kesehatan. *Tetra ethyl lead* (TEL) sebagai *metallic compound* yang merupakan bahan antiknock mulai ditinggalkan karena kandungan logam Pb dan menimbulkan gas buang yang bersifat racun. Demikian juga dengan *Methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl* (MMT) yang mengganggu sistem pengapian, sensor oksigen, konverter dan deposit pada dinding silinder dan berefek "*catalyst-poisoning*". Pemakaian aditif MMT di Amerika dan Kanada dibatasi sebanyak 8.2 mg/L bensin. Aditif MTBE sudah dilarang penggunaannya di Amerika Serikat karena dapat mencemari air tanah dan pada konsentrasi tinggi bersifat karsinogenik. Aditif *Ferrocene* sangat dibatasi penggunaannya terutama di Amerika karena merupakan logam berat dan pada aplikasinya dapat mengikis ring piston, silinder dan gangguan pengapian.

Oleh karena itu, inovasi pada penelitian ini ialah membuat aditif bahan bakar berbasis bahan-bahan natural (turunan minyak atsiri), tidak beracun dan berbahaya terhadap lingkungan, tidak mengandung logam berat, dan dapat terbaharui. Minyak atsiri yang dapat digunakan sebagai bioaditif adalah minyak atsiri yang termasuk dalam golongan senyawa hidrokarbon aromatik dan hidrokarbon oksigenat (Ma'mun et al. 2010), larut sempurna dalam bahan bakar, komponen penyusunnya mengandung banyak atom oksigen yang diharapkan dapat memperkaya oksigen di dalam campuran bahan bakar dan meningkatkan efisiensi pembakarannya (Kadarohman et al. 2010). Jenis minyak atsiri yang telah dikaji potensinya sebagai aditif dalam bahan bakar diantaranya minyak sereh wangi dan minyak cengkeh. Penambahan bioaditif berbahan minyak cengkeh ke dalam solar yang telah dilakukan peneliti sebelumnya (Kadarohman et al. 2010, Septiadi 2017) menunjukkan penambahan bioaditif

mampu mengurangi konsumsi bahan bakar dan menurunkan emisi CO₂, CO, NO, NO_x serta SO₂. Formulasi pada skala laboratorium telah diperoleh berbagai formula bioaditif sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Sumber bioaditif turunan minyak atsiri yang telah diujicoba pada skala lab

No	Sumber Minyak Atsiri	Fraksi Turunan Minyak Atsiri
1	Minyak Cengkeh	Eugenol USP
		CLOVE STEM OIL RECTIFIED
		EUGENOL ACETATE
2	Minyak Pinus	ALPHA PINENE
3	Minyak Jeruk	d-LIMONENE
4	Minyak Sereh Wangi	GERANIOL

1.3. Tujuan Khusus Tahun II

Tujuan khusus dari kegiatan tahun kedua ini adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan evaluasi pengaruh bioaditif terhadap B35 pada skala pemakaian industri besar.
- b. Mengembangkan formulasi bioaditif dari turunan minyak atsiri untuk B35 dan B40.
- c. Melakukan evaluasi pengaruh penambahan bioaditif pada sifat fisiko kimia dan kinerja biosolar serta pada mesin diesel berbahan bakar B35.
- d. Melakukan uji performa bahan bakar (uji Dyno).
- e. Melakukan pendaftaran paten dan rahasia dagang produk bioaditif turunan minyak atsiri.
- f. Melakukan promosi dan komersialisasi secara online dan offline, uji coba konsumen, event pameran, dan pembuatan creative content untuk materi edukasi konsumen dan promosi bioaditif dari turunan minyak atsiri.
- g. Melakukan perluasan pemasaran bioadatif turunan minyak atsiri ke seluruh Indonesia

1.4. Sasaran dan Lokasi Pelaksanaan Kegiatan

Produksi dan komersialisasi formulasi bioaditif yang dapat diaplikasikan secara luas di berbagai sektor untuk ikut mensukseskan peran pemerintah dalam rangka konservasi energi dan penghematan devisa negara, menjaga kinerja mesin dengan adanya biodiesel pada solar, serta berperan mengurangi emisi gas buang. Penyusunan kajian *scientific aspect* untuk pendetilan promosi produk secara ilmiah baik secara kimia, fisika, mesin, dan lingkungan untuk mendukung penjelasan logis mekanisme penghematan yang terjadi. Sertifikasi dan standarisasi analisis bahan bakar dan uji konsumsi bahan bakar pada pengujian statis dan uji durabiliti juga akan dilakukan sebagai data dukung.

Dengan tumbuhnya industri ini akan sangat nyata hasilnya bagi banyak pihak sebagai berikut:

a. Segmen pengguna bioaditif

Jenis pengguna	Contoh mesin pengguna bahan bakar		
Industri tambang			
	<p>Alat-alat berat yang beroperasi di tambang, seperti Buldozer, Excavator dan lain-lain menghabiskan BBM yang sangat besar. 1 buldozer menghabiskan 200 liter solar dan bekerja rata-rata 18 jam/hari. Banyaknya perusahaan tambang di Kalimantan dan Sulawesi yang berpotensi untuk menggunakan aditif tentunya akan mendapat penghematan besar dari pengurangan pemakaian BBM. Lahan bekas galian tambang perlu direklamasi untuk mengembalikan fungsi tanah agar tidak merusak lingkungan. Tanaman penghasil minyak atsiri, seperti sereh wangi, yang menjadi bahan baku DMO, cocok untuk ditanam untuk reklamasi tambang. Sehingga penduduk sekitar tambang dapat memanfaatkan lahan bekas galian sebagai lahan penanaman tanaman penghasil minyak atsiri.</p>		
Industri lainnya			
	<p>BBM umumnya merupakan komponen terbesar dalam biaya produksi, sehingga penghematan sekecil apapun akan sangat berdampak pada profit perusahaan. Selain itu mesin terbukti menjadi lebih bersih sehingga maintenance menjadi lebih mudah.</p>		
Pengelola Transportasi			
	<p>BBM adalah pengeluaran utama tarif transportasi, sehingga penghematan dari pembelian BBM dapat menambah laba atau dialihkan ke biaya perawatan kendaraan.</p>		
Pengguna Kendaraan Diesel			
	<p>Harga BBM yang terus meningkat tentunya membuat pemilik kendaraan akan merasa sangat terbantu dengan penggunaan <i>green</i> aditif yang akan menghemat konsumsi BBM untuk kendaraan mereka. Mesin kendaraan juga akan menjadi lebih awet karena ruang bakar yang menjadi lebih bersih.</p>		

UMKM			
	<p>BBM menjadi komponen utama pengeluaran banyak industry kecil dan menengah, sehingga penghematan dari pembelian BBM dapat dialihkan pada maintenance kendaraan atau profit usaha. Kapal nelayan yang sangat bergantung pada kebutuhan solar tentunya akan menghemat biaya pembelian bahan bakar.</p>		

b. Segmen usaha terkait dan masyarakat umum

Jenis konsumen	Pengaruh dari komersialisasi bioaditif	Jenis konsumen	Pengaruh dari komersialisasi bioaditif
 Penyuling minyak atsiri	<p>Saat ini pasar minyak atsiri masih terbatas. Dengan aplikasinya di bidang energi, tentunya akan membuka peluang lebih besar bagi penyuling untuk meningkatkan produksinya untuk memenuhi kebutuhan pembuatan bioaditif ini.</p>	 Petani tanaman atsiri	<p>Dengan kebutuhan minyak atsiri yang meningkat, maka petani tentunya akan membuka lahan-lahan tidur untuk menanam tanaman penghasil minyak atsiri dan pastinya akan menjadi usaha padat karya yang menggerakkan perekonomian masyarakat petani tanaman atsiri</p>
Pengguna kendaraan diesel	<p>Harga BBM yang terus meningkat tentunya membuat pemilik kendaraan akan merasa sangat terbantu dengan penggunaan bioaditif yang akan menghemat konsumsi BBM untuk kendaran mereka. Mesin kendaraan juga akan menjadi lebih awet karena ruang bakar yang menjadi lebih bersih.</p>	Masyarakat umum	<p>Penggunaan bioaditif mendukung program langit biru karena bahan bakunya yang ramah lingkungan dan terbukti mengurangi emisi kendaraan sehingga mengurangi potensi global efek rumah kaca.</p>

Kegiatan formulasi bioaditif dari turunan minyak atsiri serta uji kualitas bahan bakar yang meliputi kadar air, densitas dan viskositas akan dilaksanakan di Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi IPB University. Uji bilangan setana dan karakteristik bahan bakar lain

dilaksanakan di Lemigas. Fraksinasi senyawa aktif minyak atsiri yang meliputi terpenin, rhodinol dan clove terpen dilakukan oleh PT Aromatik Teknologi Indonesia. Evaluasi pengaruh penambahan bioaditif pada sifat fisiko kimia dan kinerja biosolar, uji performa bahan bakar (uji Dyno), serta uji kinerja mesin diesel dengan penambahan bioaditif dilakukan di Laboratorium Teknologi Termodinamika Motor dan Propulsi (LTTMP) BRIN.

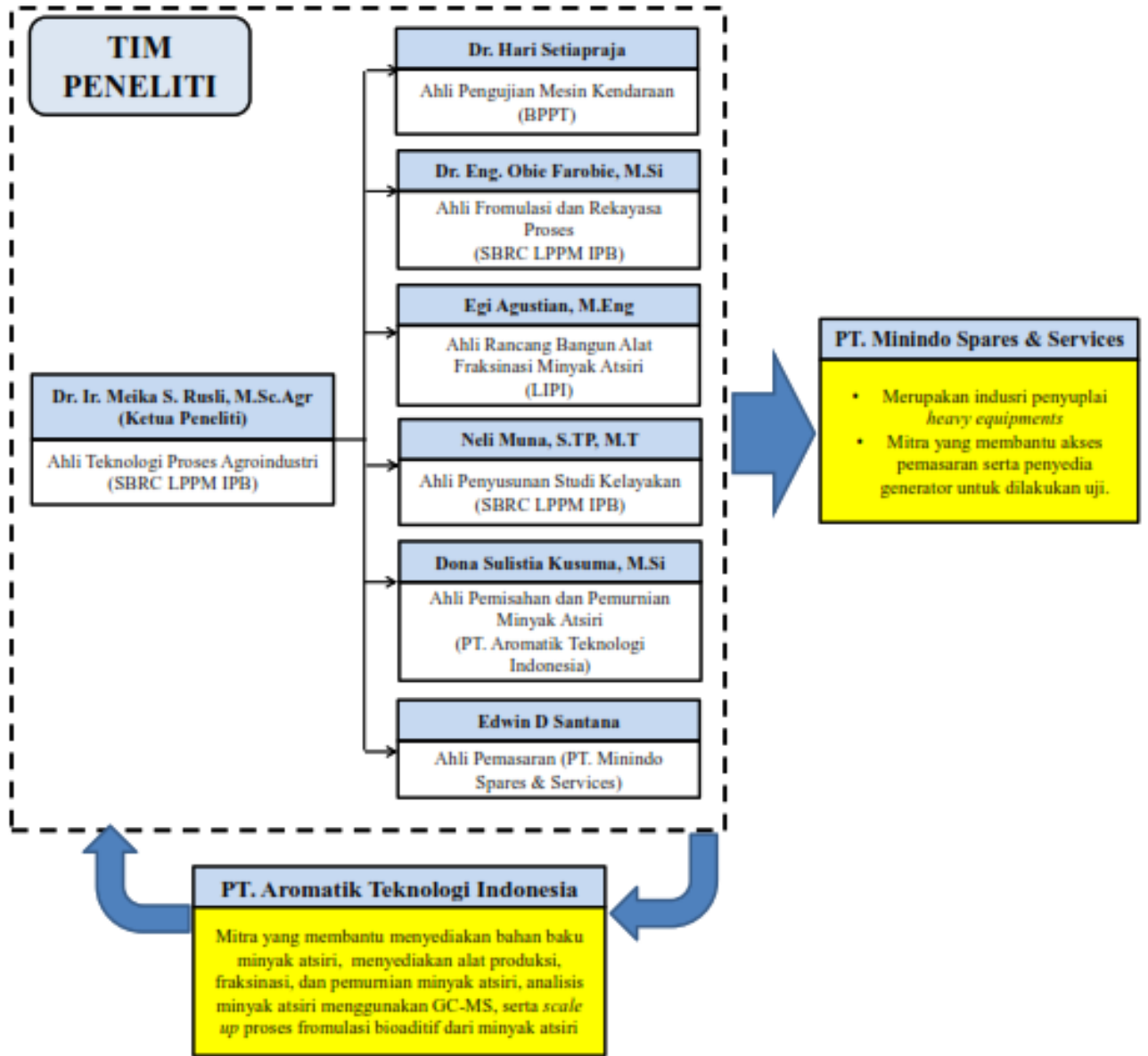
1.5. Luaran Kegiatan Tahun II

- a. Produk dan Teknologi untuk penguatan industri strategis, meliputi :
 - 1) Produk terformulasi bioaditif dari turunan minyak atsiri untuk B35 dan B40
- b. Informasi Aplikasi/Terapan dan Uji Kinerja
 - 1) Informasi hasil uji pengaruh penambahan bioaditif ada sifat fisiko kimia dan kinerja biosolar
 - 2) Informasi hasil uji kinerja mesin diesel dengan penambahan bioaditif serta uji performa bahan bakar (uji Dyno)
- c. Luaran saintifik sebagai keberhasilan program ini diantaranya, yaitu :
 - 1) Publikasi ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi atau jurnal internasional bereputasi
 - 2) Temuan baru yang dapat diajukan hak kekayaan intelektualnya (Patent dan Desain Industri)
- d. Legalitas produk
 - 1) Sertifikasi produk
 - 2) Standardisasi produk bioaditif turunan minyak atsiri
- e. Komersialisasi produk bioaditif untuk bahan bakar dengan rasio biodiesel yang tinggi.

1.6. Kontribusi dan Kaitan Riset yang Akan Diterapkan

Kolaborasi riset antara SBRC IPB University, LT2MP BRIN, Pusat Riset Kimia Maju-BRIN, PT. Aromatik Teknologi Indonesia, PT. Minindo Spares & Services diharapkan mampu menghasilkan formula terbaik bioaditif yang dapat meningkatkan mutu biodiesel serta mengurangi emisi gas dari mesin diesel. Mengingat Tim Peneliti yang terlibat dalam kegiatan riset ini memilikipengalaman meneliti dan bekerja di bidang minyak atsiri, menguasai teknik fraksinasi minyak atsiri, serta menguasai uji kinerja mesin diesel.

Dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini, Tim Peneliti juga akan melibatkan PT Aromatik Teknologi Indonesia. Keterlibatan PT Aromatik Teknologi Indonesia ialah sebagai mitra yang membantu menyediakan bahan baku minyak atsiri, menyediakan alat produksi, fraksinasi, dan pemurnian minyak atsiri, analisis minyak atsiri menggunakan GC-MS, serta *scale up* proses formulasi bioaditif dari minyak atsiri. Sedangkan PT. Minindo Spares & Services merupakan mitra yang membantu akses pemasaran serta penyedia generator dan kendaraan solar untuk dilakukan uji. Keterkaitan Tim Peneliti, industri mitra PT Aromatik Teknologi Indonesia dan PT. Minindo Spares & Services dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan keterkaitan antara peneliti dan mitra industri

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN KEBARUAN RISET

2.1. *State of the art* bioaditif berbasis minyak atsiri

Aditif adalah bahan yang ditambahkan pada bahan bakar dasar yang berfungsi untuk meningkatkan sifat fisiko kimianya sehingga kinerjanya dapat meningkat seperti peningkatan angka cetane, pembersih, perbaikan sifat lubrisitas, menekan pembentukan kontaminan dan lain-lain. Aditif yang umum digunakan adalah jenis sintesis baik logam maupun non logam. Namun pada saat ini penggunaan aditif berbasis logam menjadi kurang populer karena banyak pabrikan kendaraan yang tidak merekomendasikan jenis aditif tersebut karena dapat merusak komponen engine. Dalam hal ini, aditif berbasis atsiri atau bioaditif berpotensi untuk menggantikan aditif jenis logam karena sifat bioaditif seperti mengandung senyawa hidrokarbon rantai pendek- medium, mengandung senyawa hidrokarbon oksigenat, kandungan kontaminan yang sangat rendah, nilai viskositas rendah, titik didih rendah serta ketersediaan yang mudah dengan harga yang relative murah untuk pasar di Indonesia.

Indonesia merupakan salah satu produsen minyak atsiri terbesar di dunia, tetapi potensi minyak atsiri Indonesia belum dioptimalkan ke arah turunan minyak atsiri yang nilainya sangat jauh peningkatannya. Bioaditif merupakan produk turunan dari minyak atsiri yang berpotensi untuk meningkatkan nilai tambah produk atsiri. Teknologi derivatisasi minyak atsiri belum banyak dikuasai serta pemanfaatan langsungnya belum banyak dikaji. Penguasaan atas teknologi derivatisasi perlu didukung oleh penyerapan produk hasil derivat/turunan minyak atsiri yang menunjang kebutuhan dalam negeri. Pemanfaatan turunan minyak atsiri umumnya merupakan produk intermediate yang merupakan bahan baku dalam formulasi produk. Teknologi derivatisasi turunan minyak atsiri yang saat ini telah dikuasai oleh tim pengusul diantaranya turunan minyak cengkeh (turunan pertama: eugenol dan carryophylene, kedua: isoeugenol, eugenol asetat, metil eugenol, ketiga: metil isoeugenol), turunan minyak sereh (pertama: citronellal, rhodinol, kedua: isopulegol, ketiga: menthol), turunan minyak pinus/terpentin (alpha pinene), turunan minyak jeruk (d-limonene) dan lain sebagainya.

Pemanfaatan minyak atsiri sebagai bioaditif telah dikaji oleh beberapa peneliti di Indonesia. Kadarohman et al. (2010) melaporkan kajian pemanfaatan bioaditif berbasis minyak cengkeh, eugenol dan eugenyl acetate pada mesin diesel silinder tunggal. Pemakaian bioaditif menunjukkan potensi untuk penghematan bahan bakar serta menekan emisi gas buang yang dihasilkan. Pada Tahun 2015, Tim pengusul juga telah melakukan kajian bioaditif melalui uji lapangan selama 6 bulan di PT. Putra Tunggal Cemerlang dan PT. Beton Perkasa. Jenis kendaraan yang digunakan adalah Excavator Kobelco, Genset Perkin 500 kVa serta Truk Hino 260 Ti dengan bahan bakar solar yang mengandung biodiesel 10% (B10). Hasil kajian menunjukkan hasil bahwa pemakaian bioaditif dapat menghemat bahan bakar pada kisaran 8%.

Beberapa peneliti di dunia juga telah melakukan penelitian dan pengembangan bioaditif dari minyak atsiri untuk meningkatkan mutu bahan bakar. *State of the art* bioaditif berbasis minyak atsiri disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 *State of the art* bioaditif berbasis minyak atsiri

No	Nama Peneliti	Bahan Baku yang Digunakan	Hasil yang Diperoleh
1	(Kadarohman et al. 2010)	Clove oil, eugenol, dan eugenil asetat	Penambahan bioaditif berbasis clove oil, eugenol, dan eugenil asetat dapat mengurangi <i>Break Specific Fuel Consumption</i> (BSFC) dan menurunkan emisi gas buang. selain itu, bioaditif dapat meningkatkan pembakaran bahan bakar yang optimum.
2	(Anand et al. 2010)	Turpentin oil	Mesin kendaraan dengan penambahan turpentin oil menghasilkan kadar CO, hidrokarbon, NOx, kadar partikulat yang lebih rendah
3	(Mbarawa 2010)	Clove stem oil	Penambahan bioaditif clove stem oil dapat meningkatkan efisiensi termal mesin kendaraan, dapat menurunkan kadar CO, partikulat. Namun, emisi NOx lebih tinggi dibandingkan dengan blangko (tanpa penambahan aditif).
4	(Tarabet et al. 2012)	Eucalyptus oil	Ada perbaikan yang signifikan terhadap kadar CO, hidrokarbon, dan emisi partikulat. Namun, emisi NOx sedikit naik ketika kadar biodiesel dinaikkan.
5	(Alagumalai 2015)	Lemongrass (<i>Cymbopogon flexuosus</i>) oil	Penurunan kadar emisi NOx dan partikulat yang signifikan
6	(Sathiyamoorthi dan Sankaranarayanan 2016)	Lemongrass oil	Penurunan kadar emisi NOx dan partikulat yang signifikan, tetapi kadar CO naik. Penambahan bioaditif menghasilkan peningkatan <i>Brake thermal efficiency</i> (BTE) dan penurunan <i>exhaust gas temperature</i> (EGT) serta <i>specific fuel consumption</i> (BSFC).

2.2. Peta Jalan (*Road map*) Riset

Riset bioaditif dari minyak atsiri oleh tim pengusul telah dilakukan sejak 2015. Formulasi Bio aditif skala laboratorium telah terkonfirmasi dapat menghemat konsumsi bahan bakar biosolar B10 pada beberapa aplikasi di lapangan, diantaranya kendaraan alat berat, genset, kapal nelayan, dan kendaraan transportasi. Bioaditif ini merupakan formulasi dari berbagai minyak atsiri yang dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan melindungi mesin dengan perurunan kadar air dan partikulat pada bahan bakar. Hasil kajian menunjukkan bahwa pemakaian bioaditif dapat menghemat bahan bakar pada kisaran 8%.

Seiring dengan meningkatnya mandatori pemakaian biodiesel dari 10% (B10) menjadi 20% (B20), tim pengusul juga telah melakukan reformulasi bioaditif sesuai dengan spesifikasi teknis B20 yang ditetapkan. Melalui pendanaan dari Kemenristek Dikti kajian bioaditif untuk B20 dilakukan secara komprehsive mulai tahun 2017-2018 yang meliputi kajian karakteristik sifat fisik dan kimia, kajian pembentukan deposit, kajian proses pembakaran di LIPI, kajian

performance dan emisi serta pengujian daya tahan engine berbahan bakar B20+bioaditif di laboratorium BPPT. Hasil kajian dengan formulasi baru bioaditif untuk B20 menunjukkan bahwa bioaditif berpotensi untuk menekan kadar air bebas dan terlarut dalam bahan bakar, menekan jumlah partikel berukuran besar, tidak memiliki efek negative terhadap performance serta berpotensi untuk menekan pertumbuhan deposit pada engine sehingga umur engine dapat lebih panjang. Kajian lapangan B20+bioaditif pada pembangkit listrik tenaga diesel milik PLN Tahun 2018 di Lombok juga menunjukkan potensi pengurangan emisi dari PLTD. Selanjutnya dengan komposisi yang diperoleh untuk B20, bioaditif berbasis atsiri juga telah dicoba pada engine berbahan bakar Pure Palm Oil (PPO). Hasil kajian menunjukkan bahwa PPO+bioaditif dapat menekan kadar air dan partikel kontaminan, berpotensi untuk menekan emisi gas buang serta memiliki efek jangka panjang terhadap komponen yang lebih baik dibandingkan tanpa bioaditif atsiri.

ROADMAP RISET BIOADITIF TURUNAN MINYAK ATSIRI							
OBJEK	2015-2017	2018-2019	2020	2021	2022-2024	2025-2027	2028-2031
PASAR	Industri tambang, alat berat yang menggunakan biosolar, BUMN yang menggunakan genset, pengelola transportasi, dan pengguna kendaraan diesel						
SUMBER DANA	Technology Business Innovation Center	Kemenristek	LPDP dan Mitra	LPDP dan Mitra	Mitra	Mitra	Mitra
LUARAN	Teknologi fraksinasi minyak atsiri untuk bahan baku bioaditif	Produk Bioaditif untuk B20 dengan merk dagang Green Zest	Produk Bioaditif untuk B30. Draft paten, merek dagang, dan naskah ilmiah	Produk Bioaditif B30 tersertifikasi dan terkomersialisasi	Komersialisasi bioaditif utk B30& B40/50 dgn Volume Penjualan meningkat	Segmen Pasar Bioaditif lebih luas & Varian Baru Produk	Market leader produk bioaditif & Sales mencapai 1 Triliun
AKTIVITAS	Formulasi Bio aditif skala laboratorium untuk menghemat konsumsi bahan bakar biosolar B10	Reformulasi Bio aditif untuk B20. kajian performance dan emisi, dan daya tahan engine	Formulasi bioaditif untuk B30. Uji lapang. Uji performa dan emisi pada engine. Peyusunan naskah ilmiah dan HKI	Sertifikasi bioaditif B30. Komersialisasi bioaditif B30. Uji lab dan uji lapang untuk bioaditif B40/B50.	Start-up business (Commercial Production, Marketing & Distribution)	Growth and new product development	Maximal expansion and business maturity
LITBANG	Pengembangan untuk riset terapan dan pemanfaatan IPTEK						

Gambar 2 Peta jalan (road map) riset bioaditif turunan minyak atsiri

Pemerintah Indonesia telah menetapkan mandatori pencampuran biodiesel menjadi 30% (B30) pada Januari 2020. Salah satu isu besar terkait penerapan B30 adalah semakin rentan dengan peningkatan kontaminan air yang dapat menurunkan kualitas B30 serta dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen engine seperti filter dan sistem injeksi bahan bakar yang merupakan jantung dari engine diesel. Berdasarkan hasil kajian tim pengusul sebelumnya,

maka formulasi bioaditif untuk B30 telah ditetapkan dengan target untuk menekan kadar kontaminan air dan partikel yang pada akhirnya dapat menghasilkan bahan bakar B30 yang berkinerja bagus serta mengurangi potensi kerusakan pada komponen engine. Formulasi bioaditif untuk B30 pada kajian ini diusulkan untuk diuji cobakan langsung pada industri yang menggunakan B30 dengan skala besar seperti pertambangan. Kemudian sesuai dengan arahan presiden RI untuk meningkatkan kandungan biodiesel hingga 50% maka reformulasi bioaditif untuk B40/B50 yang berkinerja tinggi akan dilakukan pada skala laboratorium. Pada tahun 2021, akan dilakukan komersialisasi bioaditif untuk B30, uji lapang bioaditif B40/B50, dan serifikasi untuk B40/B50. Peta jalan (road map) riset bioaditif turunan minyak atsiri untuk meningkatkan mutu dan kinerja biosolar disajikan pada Gambar 2 sedangkan detail peta jalan riset bioaditif turunan minyak atsiri yang menjelaskan tahapan yang sudah, sedang, dan akan dilakukan disajikan pada Tabel 3.

2.3. Kebaruan Riset

Kebaruan dari riset ini adalah reformulasi komponen bioaditif berbasis atsiri untuk mengawal kebijakan pemerintah terkait mandatori pemakaian biodiesel. Pada Tahun 2020 kebaruannya untuk formulasi biodiesel khusus B30 dengan target untuk menekan kadar air yang menjadi isu utama pemakaian bahan bakar biodiesel yang memiliki sifat higroskopis. Selanjutnya pada 2021, reformulasi komposisi juga akan dilakukan untuk rasio biodiesel yang lebih tinggi lagi yaitu B40 dan B50. Berbeda dengan B30 yang telah memiliki standar kualitas yang telah ditetapkan, untuk B40 dan B50 dengan kualitas yang belum memiliki standar maka formulasinya akan dilakukan dengan variasi kualitas FAME yang dapat diproduksi di Indonesia. Aditif yang beredar di masyarakat langsung maupun yang digunakan Pertamina umumnya adalah sintesis serta merupakan hasil produksi dari luar negeri. Sehingga kebaruan riset ini adalah selain formulasi bioaditif yang khusus untuk menekan kontaminan pada biodiesel rasio tinggi (B30-B50) juga mengeksplorasi potensi aditif berbasis minyak atsiri yang ramah lingkungan dengan suplai bahan baku berlimpah di berbagai wilayah Indonesia.

Tabel 3 Detail peta jalan (road map) riset bioaditif turunan minyak atsiri untuk meningkatkan mutu dan kinerja biosolar

Tahun	Aktivitas yang dilakukan	Luaran yang dihasilkan	Sumber
2015-2016	<ul style="list-style-type: none"> Formulasi Bio aditif skala laboratorium untuk menghemat konsumsi bahan bakar biosolar B10 Scale up teknologi fraksinasi minyak atsiri sebagai bahan baku pembuatan bioaditif untuk bahan bakar biosolar 	Teknologi fraksinasi minyak atsiri untuk pengolahan bahan baku bioaditif	Technology Business Innovation Center

Tahun	Aktivitas yang dilakukan	Luaran yang dihasilkan	Sumber
2017-2018	<ul style="list-style-type: none"> • Reformulasi Bio aditif skala laboratorium untuk bahan bakar biosolar B20 • Kajian karakteristik sifat fisik dan kimia, • kajian pembentukan deposit, • kajian proses pembakaran di LIPI, • kajian performance dan emisi serta pengujian daya tahan engine berbahan bakar B20+bioaditif di labratorium BPPT 	Produk Bioaditif untuk Biosolar B20 dengan merk dagang Green Zest	Kemenristekdikti
2020-2021	<ul style="list-style-type: none"> • Optimasi formulasi bioaditif untuk B30 • Uji Skala Laboratorium Bioaditif untuk biosolar B30 yang meliputi: Pencirian sifat fisik dan kimia turunan minyak atsiri hasil fraksinasi dan pemurnian serta pencirian bioaditif untuk biosolar B30 • Kajian deposit pada filter • Uji kinerja engine dan pengaruh bioaditif terhadap komponen engine • Pembuatan DED dan scale up proses produksi bioaditif kapasitas 1.500 L/hari • Uji lapangan untuk formula bioaditif untuk biosolar B30 • Menyiapkan draft KI, merek dagang, lisensi atau sertifikat untuk produk bioditif untuk B30 • Menyiapkan naskah ilmiah untuk dipublikasikan 	<ul style="list-style-type: none"> • Produk bioaditif untuk biosolar B30 • Dokumen pengujian P2 di lingkungan yang relevan. • Informasi uji sifat fisis dan kimia. • Informasi hasil uji deposit pada filter. • Informasi hasil uji kinerja engine. • DED teknologi proses produksi bioaditif skala 1.500 L/hari. • Dokumen prototipe produk bioaditif B30 terkategori P3. • Informasi hasil uji lapangan untuk bioaditif B30. • Draft KI, merek dagang, lisensi atau sertifikat produk. • Publikasi ilmiah di jurnal nasional terakreditasi atau internasional. 	LPDP dan Mitra





Tahun	Aktivitas yang dilakukan	Luaran yang dihasilkan	Sumber
2021-2022	<ul style="list-style-type: none"> • Formulasi bioaditif untuk B40/B50 • Uji Skala Laboratorium Bioaditif untuk biosolar B40/B50 yang meliputi: <ul style="list-style-type: none"> a. Pencirian sifat fisik dan kimia turunan minyak atsiri hasil fraksinasi dan pemurnian serta pencirian bioaditif untuk biosolar B40/B50 b. Kajian deposit pada filter c. Uji kinerja engine dan pengaruh bioaditif terhadap komponen engine • Uji lapangan untuk formula terbaik bioaditif untuk biosolar B40/B50 • Analisis keekonomian bioaditif turunan minyak atsiri • Pendaftaran HKI, merek dagang, lisensi atau sertifikat produk bioaditif • Menyiapkan naskah ilmiah untuk dipublikasikan • Pengenalan produk dan uji penerimaan pasar • Komersialisasi produk bioaditif untuk biosolar B40/B50 	<ul style="list-style-type: none"> • Produk bioaditif untuk biosolar B40/B50 • Dokumen pengujian P3 di lingkungan yang sebenarnya. • Informasi uji sifat fisis dan kimia. • Informasi hasil uji deposit pada filter. • Informasi hasil uji kinerja engine. • Informasi hasil uji lapangan untuk bioaditif B40/B50 • Dokumen perbaikan P3 (prototipe yang telah memenuhi konsep sebagai produk yang terstandardisasi) • Informasi kelayakan usaha • Publikasi ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi atau jurnal internasional bereputasi • Paten, merek dagang, lisensi, atau sertifikat produk bioaditif terdaftar. • Dokumen Analisis Pasar • Dokumen business plan. 	LPDP dan Mitra

2.4. Studi Kelayakan

Kebijakan Pemerintah dalam hal ekspor non migas dan program untuk menyerap kelebihan produksi CPO dan turunannya membuat kebijakan B30 diakselerasi pada awal 2020. Sehingga perkiraan B30 yang diperlukan untuk tahun 2020 adalah berkisar 9,6 juta kL. Permasalahan turunnya kualitas karena masalah storage dan handling biasanya terjadi pada industri yang menggunakan jumlah bahan bakar dengan konsumsi yang besar seperti pertambangan karena harus menyimpan bahan bakar dalam waktu relative lama dengan jumlah yang besar. Sehingga apabila bioaditif ini dapat digunakan dengan asumsi 0.11% dari total konsumsinya, jumlah ini sudah merupakan pasar yang besar, yaitu berkisar 9,6 ribu hingga 96 ribu kL.

Pemakaian bioaditif di kalangan masyarakat Indonesia belum banyak diketahui. Bioaditif sebagai penghemat bahan bakar sangat berpotensi digunakan oleh perusahaan- perusahaan yang bergerak dibidang industri, pertambangan dan jasa transportasi. Bioaditif sebagai produk penghemat bahan bakar memberikan nilai tambah bagi dunia industri dalam investasinya. Dengan nilai penghematan yang besar tentunya akan memberikan tambahan keuntungan. Beberapa segmen potensial pengguna bioaditif di antaranya adalah industri tambang, industri, pengelola transportasi, pengguna kendaraan diesel, dan UMKM. Alat-alat berat yang beroperasi di tambang, seperti Buldozer, Excavator dan lain-lain menghabiskan BBM yang sangat besar. Kebutuhan bahan bakar untuk 1 buldozer ialah 200 liter solar dan bekerja rata-rata 18 jam/hari. Banyaknya perusahaan tambang di Kalimantan dan Sulawesi yang berpotensi untuk menggunakan aditif tentunya akansangat tertarik melakukan penghematan energi yang berimbas pada peningkatan pendapatan.

Tabel 4 Produk bioaditif yang beredar di masyarakat

No	Nama Produk	Harga/kemasan	Volume kemasan (ml)	Harga/liter
1	 Nitro Diesel	Rp 186.00	500	Rp 372.000
2	 Priomo Diesel Purge	Rp 197.500	500	Rp 395.000
3	 Motul	Rp 223.000	500	Rp 446,000
4	 Liqui Moly	Rp 220,000	500	Rp 440,000

Beberapa produk kompetitor yang beredar di pasaran disajikan pada Tabel 4. Harga dari bioaditif yang dijual di pasaran berkisar Rp. 372.000 hingga Rp. 440.000 per Liter. Sedangkan rencana penjualan bioaditif hasil inovasi tim riset ini berkisar Rp.300.000,-/liter untuk kemasan jerrykan sehingga total penerimaan per bulan adalah Rp 600.000.000. Dengan asumsi biaya untuk produksi 2.000 kg bioaditif sebesar Rp 540.000.000 maka dapat diperkirakan laba kotor yang diperoleh Rp 60.000.000/bulan atau menjadi Rp 42.000.000/bulan untuk laba bersih setelah dikurangi pajak perusahaan sebesar 30%. Oleh karena itu, peluang pasar masih besar untuk memproduksi bioaditif karena harga produk tim riset ini jauh lebih murah dibandingkan dengan harga yang beredar di masyarakat. Target dari penjualan bioaditif ini adalah untuk skala besar (skala drum) untuk kebutuhan besar yang rutin, seperti kebutuhan untuk industri pertambangan, pembangkit listrik dan penggerak mesin industri, bahan bakar pertanian dan nelayan.

Tabel 5 Proyeksi produksi dan penjualan untuk basis produksi bioaditif 2.000 kg/bulan

Deskripsi	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Bahan baku	2000	kg	100,000	200,000,000
Listrik dan utilitas	1	paket	30,000,000	30,000,000
Tenaga kerja	5	orang	6,000,000	30,000,000
Kemasan	1	paket	10,000,000	10,000,000
Biaya opsional kantor	1	paket	10,000,000	10,000,000
Biaya penyusutan	1	paket	20,000,000	20,000,000
Marketing	1	paket	60000000	60,000,000
Biaya distribusi (fee penjualan)	2000	kg	90,000	180,000,000
Total Biaya (per bulan)				540,000,000
Penerimaan	2000	kg	300,000	600,000,000
Laba				60,000,000

BAB 3 PELAKSANAAN KEGIATAN RISET

3.1. Ouput 1: Optimasi Formula Bioaditif pada Biosolar B35 dan B40

3.1.1. Metode Penelitian

Tahapan kegiatan ini mencakup: (1) Pencirian sifat fisik bioaditif dan bahan bakar beraditif; (2) konfirmasi formula optimum (formula A dan B) pada B35 dan B40; (3) formulasi bioaditif A dan B pada B35 dengan penambahan air, 2-EHN dan champor oil; (4) Eksplorasi formula baru yang potensial digunakan dalam B35 dan B40; dan (5) pengaruh waktu tinggal dan penambahan kembali bioaditif terhadap kadar air dan kadar partikulat biosolar.

3.1.1.1. *Pencirian sifat fisik bioaditif dan bahan bakar beraditif*

Pencirian sifat fisik bioaditif dan bahan bakar beraditif dilakukan terhadap parameter densitas. Metode pengujian densitas menggunakan ASTM D1217-20 dengan piknometer.

3.1.1.2. *Konfirmasi formula optimum (formula A dan B) pada B35 dan B40*

Kegiatan ini bertujuan untuk mengonfirmasi formula optimum yang telah dikembangkan pada B30 yaitu formula A dan formula B pada jenis bahan bakar B35 dan B40. Dosis bioaditif yang digunakan adalah 0,1% atau 1000 ppm. Terdapat dua kelompok data terkait konfirmasi penambahan bioaditif A dan B berdasarkan basis solar yang digunakan dalam proses *mixing* untuk membuat B35 dan B40. Pada awal percobaan, karena B35 belum tersedia sebelum resmi diberlakukan per 1 Februari 2023, B35 dan B40 dibuat dengan mencampurkan Pertamina Dex yang diasumsikan merupakan B0 sebagai basis dengan biodiesel (B100). Data yang diperoleh melalui percobaan ini merupakan kelompok data hasil konfirmasi pertama.

Kelompok data konfirmasi yang kedua menggunakan basis B30 yang tersedia secara komersial di SPBU untuk membuat B35 dan B40 dengan pertimbangan lebih mendekati spesifikasi teknis bahan bakar yang ditargetkan. Konfirmasi kedua dengan menggunakan basis B30 dilaksanakan sebanyak 2 kali untuk memverifikasi data hasil pengujian. Pencampuran bioaditif ke dalam biosolar dilakukan dengan agitasi 120 rpm selama 1 jam pada suhu ruang. Biosolar kemudian diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang dan diamati kadar air nya pada hari ke-0 (H0), hari ke-3 (H3), H5, H7, H9, H11 dan H14. Sampling bahan bakar beraditif untuk pengujian partikulat diambil pada hari ke-7 (H7). Kadar air biosolar dianalisis dengan Karl Fischer (ASTM D6304) sementara partikulat dianalisis dengan *Direct Imaging Integrated Tester* (ASTM D7596).

3.1.1.3. *Formulasi Bioaditif A dan B pada B35 dengan Penambahan Air, 2-EHN dan Champor Oil*

Percobaan ini dilakukan dengan menambahkan air sebanyak 0,15% dari volume bahan bakar B35 yang digunakan. Setelah ditambahkan air, B35 dihomogenkan dan dipanaskan dengan penangas berpengaduk dengan agitasi 300 rpm selama 30 menit hingga diperoleh B35 yang kembali jernih dari yang semula keruh setelah penambahan air. Dalam percobaan ini digunakan aditif formula A dan campuran formula A dengan aditif yang telah tersedia komersial berupa 2-EHN dan champor oil. Konsentrasi aditif EHN dan champor oil di dalam keseluruhan formula aditif sebesar 10%. Dosis penambahan aditif sebesar 0,1% v/v biosolar. Inkubasi dilakukan selama 14 hari dengan pengamatan kadar air dan kadar partikulat.

3.1.1.4. Eksplorasi Formula Bioaditif Baru

Tahapan ini bertujuan untuk mengeksplorasi formula bioaditif baru yang potensial digunakan di dalam meningkatkan kinerja bahan bakar B35 dan B40. Terdapat lima formula baru yang dikaji dalam kegiatan ini yaitu:

- 1) Turpentine:rhodinol dengan rasio volume 9:1
- 2) Turpentine:clove terpen:rhodinol dengan rasio volume 6:3:1
- 3) Turpentine:clove terpen:rhodinol dengan rasio volume 8:1:1 dan ditambahkan 2-EHN sebanyak 10% dari total volume bioaditif yang digunakan
- 4) Turpentine:clove terpen:rhodinol dengan rasio volume 8:1:1 dan ditambahkan camphor oil sebanyak 10% dari total volume bioaditif yang digunakan
- 5) Turpentine:clove terpen:rhodinol dengan rasio volume 8:1:1 dan ditambahkan 2-EHN+camphor oil sebanyak 10% dari total volume bioaditif yang digunakan, rasio masing-masing EHN dan camphor adalah 1:1

3.1.1.5. Pengaruh Waktu Tinggal dan Penambahan Kembali Bioaditif terhadap Kadar Air dan Kadar Partikulat Biosolar

Pada tahap ini waktu tinggal atau waktu inkubasi bioaditif di dalam B35 dan B40 diperpanjang dari semula 14 hari menjadi 21 hari. Penambahan kembali bioaditif dilaksanakan pada hari ke-14 dengan dosis yang sama yaitu 0,1% terhadap volume aktual bahan bakar. Dalam percobaan ini digunakan dua formula saja yaitu formula B dan formula B+champor. Pengamatan kadar air dilaksanakan pada hari ke-0 (H0), H3, H5, H7, H9, H11, H14, H17, H19 dan H21. Sampling untuk analisa partikulat dilaksanakan pada H7, H14 dan H21, dengan catatan sampling pada H14 dilakukan sebelum bioaditif ditambahkan.

3.1.2. Hasil Penelitian

Ruang lingkup kegiatan analisa laboratorium bioaditif untuk B35 dan B40 ini menyerupai tahapan kegiatan pada riset tahun pertama, mencakup karakterisasi bahan baku, optimasi formula dan karakterisasi bioaditif untuk B35 dan B40, serta karakterisasi B35 dan B40 yang ditambahkan bioaditif.

3.1.2.1. Pencirian Sifat Fisik Bioaditif dan Bahan Bakar Beraditif

Pengujian densitas dalam kegiatan ini dilakukan dengan piknometer pada suhu ruang. Standar mutu bahan bakar dan bahan bakar beraditif untuk B0 dan B30 mengacu pada SK Dirjen Migas No. 146.k/10/DJM/2020. Jenis bahan bakar B35 mengacu pada SK Dirjen Migas Nomor 185.K/HK.02/DJM/2022, sementara B40 dan B50 belum memiliki standar khusus yang menjadi acuan. Biodiesel (B100) mengacu pada SNI 7182:2015. Jenis bioaditif yang digunakan dalam kegiatan ini adalah formula A dan formula B yang merupakan formula bioaditif terpilih pada riset tahun sebelumnya. Komposisi formula A dan B serta rasio volume masing-masing komponen penyusunnya dijelaskan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi formula bioaditif

Formula	Komposisi/ Rasio Volume
Formula A	Turpentine : Clove Terpen : Rhodinol/6:1:3
Formula B	Turpentine : Clove Terpen : Rhodinol/8:1:1

Dari hasil analisis densitas pada Tabel 7 diketahui bahwa densitas bahan baku B0 dan B100 yang digunakan untuk blending B40 dan B50 masih memenuhi standar mutu. Densitas B40 dan B50 mengalami peningkatan dibandingkan B0. Hal ini disebabkan, B100 memiliki densitas lebih tinggi dibandingkan B0 sehingga pada saat blending bahan bakar menjadi B40 dan B50 akan mempengaruhi nilai densitas akhirnya. Bahan bakar B40 dan B50 yang ditambahkan bioaditif mengalami perubahan densitas meskipun perbedaan nilainya tidak signifikan. Demikian halnya dengan B35 yang ditambahkan bioaditif mengalami penurunan densitas namun tidak signifikan. Semua jenis bahan bakar (B35, B40 dan B50) yang ditambahkan bioaditif formula A dan B masih memenuhi standar mutu SK Dirjen Migas No. 146.k/10/DJM/2020 dan SK Dirjen Migas No. 185.K/HK.02/DJM/2022 yang menjadi acuan dalam kegiatan ini. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penambahan bioaditif formula A dan B tidak mengurangi kualitas bahan bakar dari sisi parameter densitas.

Parameter densitas mempengaruhi mutu bahan bakar, yang berkaitan dengan proses penginjeksian, pencampuran bahan bakar dengan udara dan proses pembakaran di ruang bakar. Densitas berkaitan dengan kerapatan suatu zat. Apabila angka densitas suatu bahan bakar tinggi akan menyebabkan bahan bakar memiliki semprotan injeksi yang pendek dan bahan bakar lebih sulit dialirkan.

Tabel 7. Densitas bioaditif, bahan bakar, dan bahan bakar beraditif pada suhu ruang

Sampel	Densitas (kg/m ³)	Standar Mutu* kg/m ³
Bioaditif A	865,8	-
Bioaditif B	869,1	-
B0	847,8	815-870 (CN 48) 810-850 (CN 51)
B100	865,8	850-890
B35	851,0	815-880
B40	858,2	-
B50	851,9	-
B35 + Bioaditif A 0.1%	849,0	815-880
B35 + Bioaditif B 0.1%	848,0	815-880
B40 + Bioaditif A 0.1%	858,6	-
B40 + Bioaditif B 0.1%	857,7	-
B50 + Bioaditif A 0.1%	852,3	-
B50 + Bioaditif B 0.1%	857,7	-

*Standar mutu B0 dan B30 mengacu pada SK Dirjen Migas No.146.k/10/DJM/2020

Standar mutu B35 mengacu pada SK Dirjen Migas No. 185.K/HK.02/DJM/2022

Standar mutu biodiesel (B100) mengacu pada SNI 7182:2015, Biodiesel

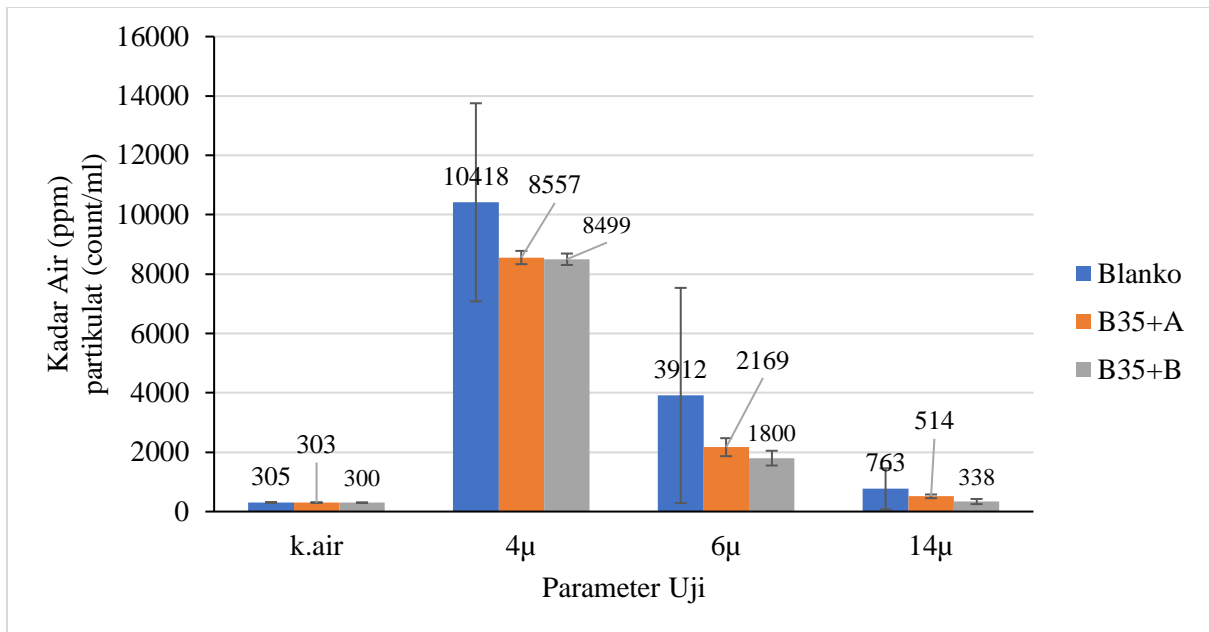
3.1.2.2. Konfirmasi Formula Bioaditif A dan B untuk Biosolar B35 dan B40 dari Basis B0

Konfirmasi formula bioaditif A dan B terhadap kadar air dan kadar partikulat (4, 6 dan 14 μm) bahan bakar B35 disajikan pada Gambar 3. Dari hasil evaluasi menunjukkan pemberian bioaditif A dan B mampu menurunkan kadar air B35. Pengaruh yang cukup signifikan terlihat dari hasil pengujian partikulat 4, 6 dan 14 μm . Hasil analisis kadar partikulat menunjukkan B35 yang diberikan formula bioaditif A dan B berturut-turut mengalami penurunan partikulat 4 μm sebesar 17,86% dan 18,41%, untuk partikulat 6 μm sebesar 44,54% dan 53,98% sementara untuk partikulat 14 μm sebesar 32,68% dan 55,70%.

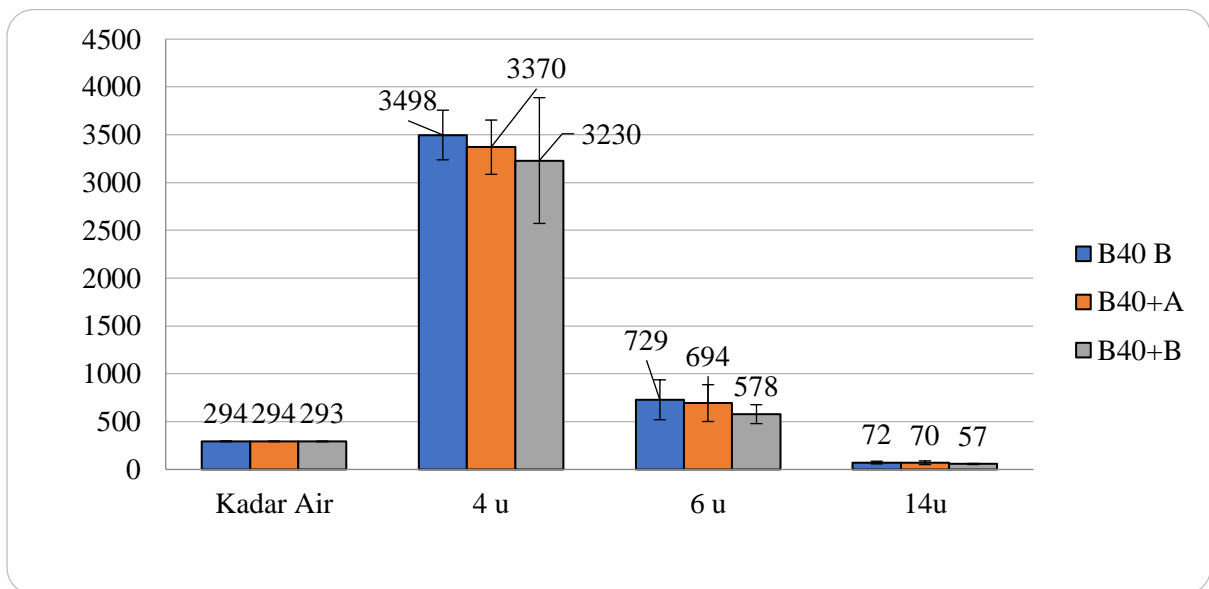
Senada dengan B35, dibandingkan kontrol/blanko tanpa penambahan aditif, B40+formula A dan B40+formula B juga masing-masing mengalami penurunan partikulat 4 μm sebesar 3,65% dan 7,65%, untuk partikulat 6 μm sebesar 4,78 dan 20,66%, sementara untuk partikulat 14 μm terjadi penurunan sebesar 2,78% dan 20,83% (Gambar 4). Hasil ini menunjukkan bahwa formula B cenderung memberikan respon penurunan partikulat yang lebih baik ketika ditambahkan ke dalam B35 dan B40, dibandingkan formula A.

Partikulat merupakan komponen bahan bakar solar yang tersusun atas kotoran kasar yaitu abu dan debu (Lawang 2019). Partikulat dapat mengendap pada tangki penyimpanan serta menyumbat filter bahan bakar. Apabila filter bahan bakar mengalami kerusakan, partikulat dapat lolos sehingga masuk ke dalam mesin. Partikulat yang lolos dari filter bahan bakar dapat menyebabkan penyumbatan pada komponen *injector* bahan bakar. Penyumbatan pada komponen tersebut dapat mengganggu proses penyemprotan bahan bakar ke dalam ruang pembakaran sehingga menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna dan kinerja mesin tidak maksimal (Arkan 2019).

Menurut Kadarohman *et al.* (2012), selain sebagai *booster* oksigen pada proses pembakaran, bioaditif yang berasal dari minyak atsiri juga dapat menyebabkan terbentuknya endapan pada bahan bakar. Dengan demikian diharapkan bahan bakar menjadi lebih bersih dan mengurangi potensi penyumbatan pada filter mesin. Hasil penelitian pada tahun sebelumnya dengan bioaditif *single compound* turpentine, clove terpen dan rhodinol, konsentrasi penambahan 0,5% terbukti mampu menurunkan partikulat. Urutan kemampuan bioaditif *single compound* dalam menurunkan partikulat adalah clove terpen > rhodinol > turpentine.



Gambar 3. Pengaruh penambahan bioaditif formula A dan B terhadap kadar air dan partikulat biosolar B35



Gambar 4. Pengaruh penambahan bioaditif formula A dan B terhadap kadar air dan partikulat biosolar B40

3.1.2.3. Konfirmasi Formula Bioaditif A dan B untuk Biosolar B35 dan B40 dari Basis B30 (Batch 1)

Tahapan ini dilakukan untuk menguji formula bioaditif A dan B di dalam B35 dan B40 yang dibuat dengan mencampurkan B30 (biosolar) yang saat ini tersedia di SPBU dengan B100. Metode ini dinilai lebih tepat dan mendekati spesifikasi B35 dan B40 yang diharapkan, mengingat kemungkinan di dalam Pertamina Dex yang selama ini digunakan sebagai B0 juga ada kemungkinan sudah mengandung campuran lain. Konfirmasi formula bioaditif A dan B pada B35 dan B40 dilakukan dengan mengevaluasi parameter kadar air dan kadar partikulat bahan bakar. Konfirmasi penambahan bioaditif A dan B ke dalam B35 dan B40 dengan basis

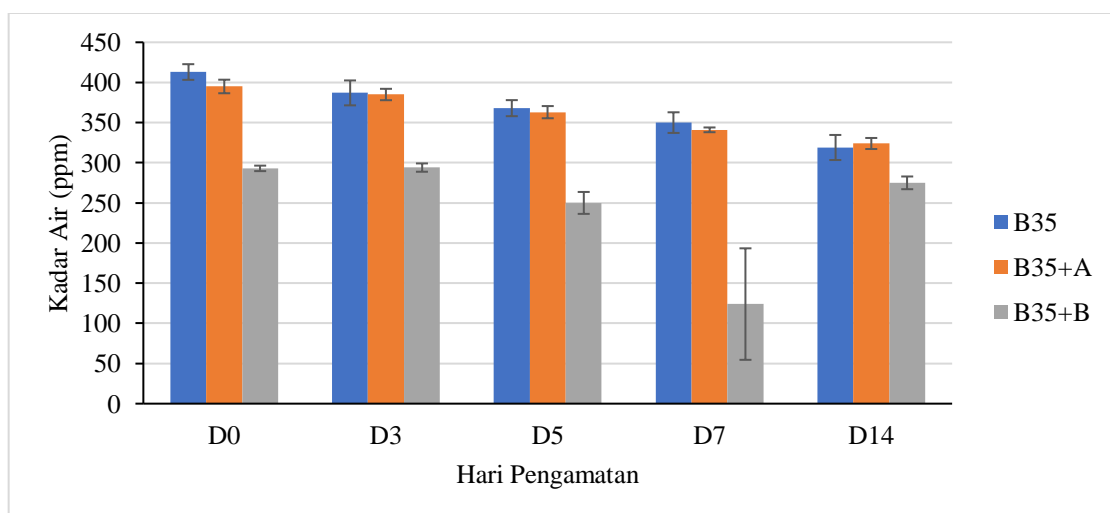
B30 dilakukan sebanyak dua kali dan data yang disajikan dalam sub bab ini adalah data konfirmasi batch pertama.

Kadar Air

Hasil pengamatan kadar air B35 yang ditambahkan bioaditif formula A dan B serta perubahannya berdasarkan hari pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5. Dari data tersebut dapat dilihat penambahan bioaditif B berpengaruh cukup signifikan terhadap kadar air B35. Sebaliknya untuk formula A justru tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar air bahan bakar. Hingga pengamatan hari ke-7, B35 yang diberikan bioaditif A dan B cenderung masih mengalami penurunan kadar air, dengan penurunan kadar air paling besar diperoleh dari sampel B35+B pada pengamatan hari ke-7 yaitu 64,57% (Tabel 9). Kontrol B35 juga mengalami penurunan kadar air seiring dengan bertambahnya hari pengamatan. Hal ini diduga dapat disebabkan oleh melemahnya ikatan antara molekul minyak dan air (*soluble water*) sehingga molekul air terikat kemudian terpisah dalam bentuk bebas (*free water*) dan terendapkan.

Penambahan bioaditif diduga mampu mempercepat pelepasan molekul air dari matrik biodiesel. Minyak atsiri yang merupakan bahan utama dari formula bioaditif yang dikembangkan dalam penelitian ini mengandung ikatan siklik yang lebih kecil dari molekul solar dan reaktif dalam mengganggu ikatan lurus biosolar sehingga partikel air yang terjebak (*soluble water*) dapat terpisah dan bergabung dengan *free water*.

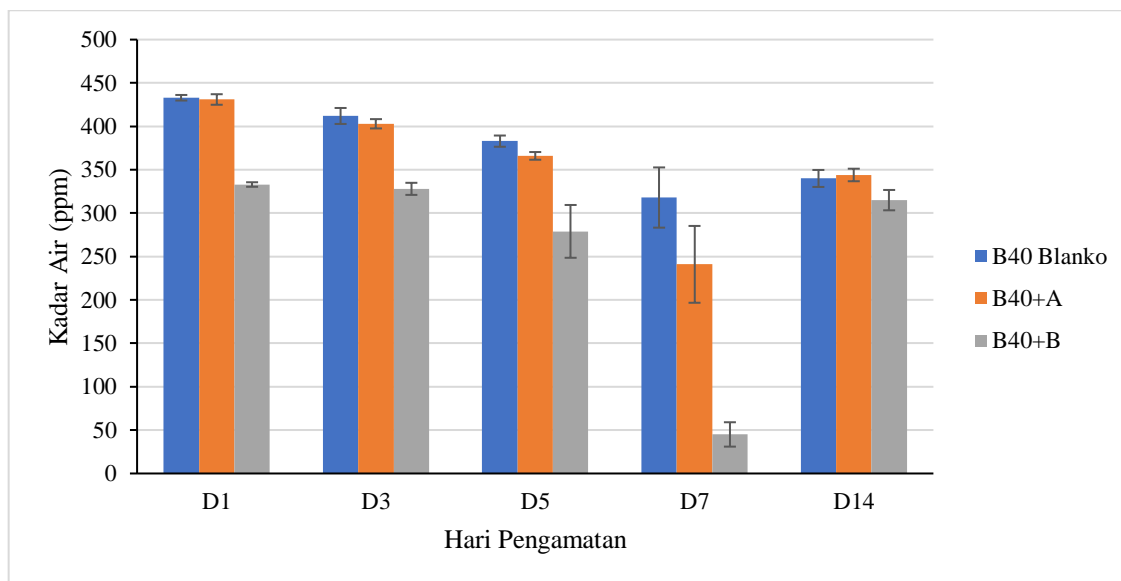
Pola perubahan kadar air yang sama juga terlihat pada bahan bakar B40 yang ditambahkan formula A dan B. Penurunan kadar air terbesar diperoleh dari B40 + bioaditif B pada hari ke-7 yaitu sebesar 85,85% (Tabel 10). Dari hasil evaluasi perubahan kadar air di B40 ini juga dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi B100 di dalam bahan bakar akan berefek pada kadar air biosolar yang juga lebih tinggi. Blanko B35 memiliki kadar air 413 ppm, sementara blanko B40 433 ppm. Biodiesel secara alami memiliki sifat mengikat molekul air di sekitarnya sehingga berpengaruh terhadap kadar air dari bahan bakar.



Gambar 5. Pengaruh penambahan bioaditif formula A dan B terhadap kadar air B35

Tabel 8 Penurunan kadar air B35 dengan penambahan bioaditif berdasarkan hari pengamatan

Sampel	% Penurunan Kadar Air terhadap Blanko				
	D0	D3	D5	D7	D14
B35+A	4,36	0,52	1,36	2,57	-1,57
B35+B	29,06	24,03	32,07	64,57	13,79



Gambar 6. Pengaruh penambahan bioaditif formula A dan B terhadap kadar air B40

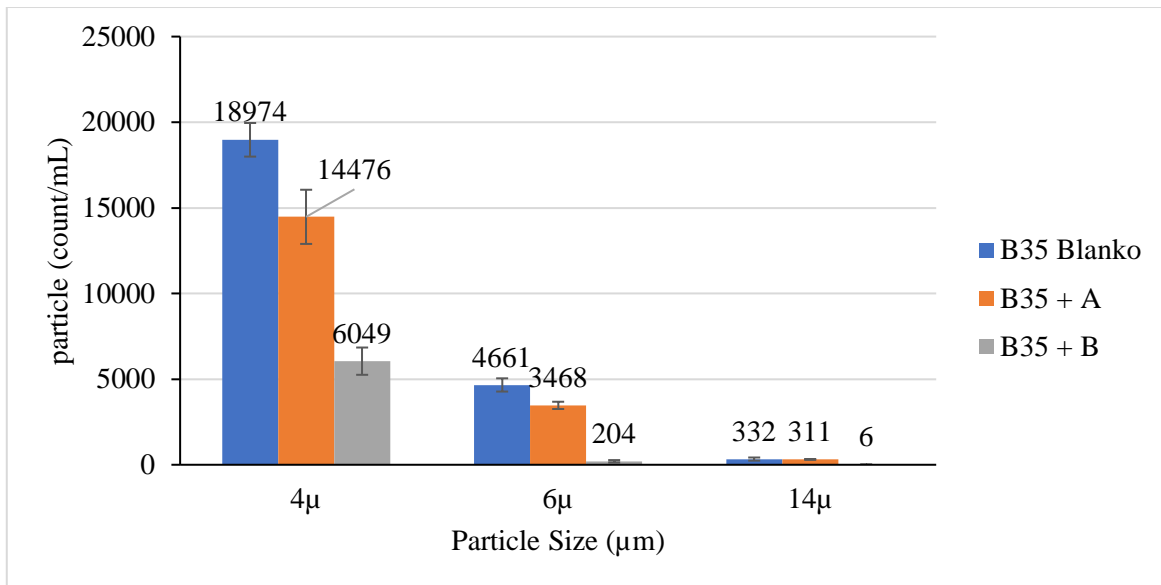
Tabel 9 Penurunan kadar air B40 dengan penambahan bioaditif berdasarkan hari pengamatan

Sampel	% Penurunan Kadar Air terhadap Blanko				
	D0	D3	D5	D7	D14
B35+A	0,46	2,18	4,44	24,21	-1,18
B35+B	23,09	20,39	27,15	85,85	7,35

Kadar Partikulat

Respon yang sama dengan data pengujian kadar air diperoleh dari hasil analisis kadar partikulat 4, 6 dan 14 μm . Hasil analisis menunjukkan baik B35 maupun B40 yang ditambahkan aditif A dan B memiliki kadar partikulat 4, 6 dan 14 μm yang lebih rendah dibandingkan B35 dan B40 blanko tanpa aditif. Biosolar B35 dan B40 yang ditambahkan aditif B dengan rasio volume turpentine, clove terpen dan rhodinol 8:1:1 mengalami penurunan partikulat yang lebih besar dibandingkan B35 dan B40 yang ditambahkan bioaditif A (rasio volume turpentine, clove terpen dan rhodinol 6:1:3).

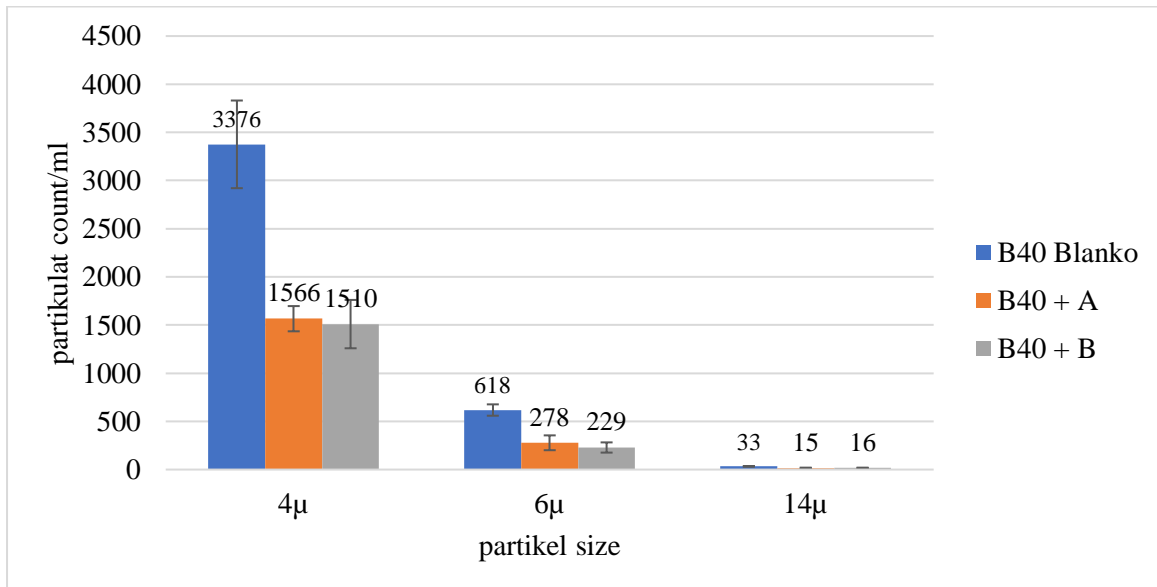
Berdasarkan data penurunan partikulat pada B35 (Tabel 11) dapat diketahui penurunan partikulat B35+ formula B lebih besar dibandingkan B35+A, dengan persentase penurunan partikulat 4, 6 dan 14 μm berturut-turut sebesar 68,12%, 95,62% dan 98,19%. Hasil ini menjelaskan bahwa bioaditif berbasis minyak atsiri memang memberikan efek ‘membersihkan’ bahan bakar, memicu aglomerasi partikulat menjadi ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap dan mudah dipisahkan dari bahan bakar.



Gambar 7. Hasil pengujian kadar partikulat B35 dengan penambahan bioaditif A dan B

Tabel 10. Persentase penurunan partikulat pada B35 yang ditambahkan bioaditif A dan B

Biosolar	Penurunan Partikulat (%)		
	4μm	6μm	14μm
B35 + A	23,71	25,60	6,33
B35 + B	68,12	95,62	98,19



Gambar 8. Hasil pengujian kadar partikulat B40 dengan penambahan bioaditif A dan B

Tabel 11. Persentase penurunan partikulat pada B40 yang ditambahkan bioaditif

Formula	Penurunan Partikulat (%)		
	4μ	6μ	14μ
B40 + A	53,61	55,02	54,55
B40 + B	55,27	62,94	51,52

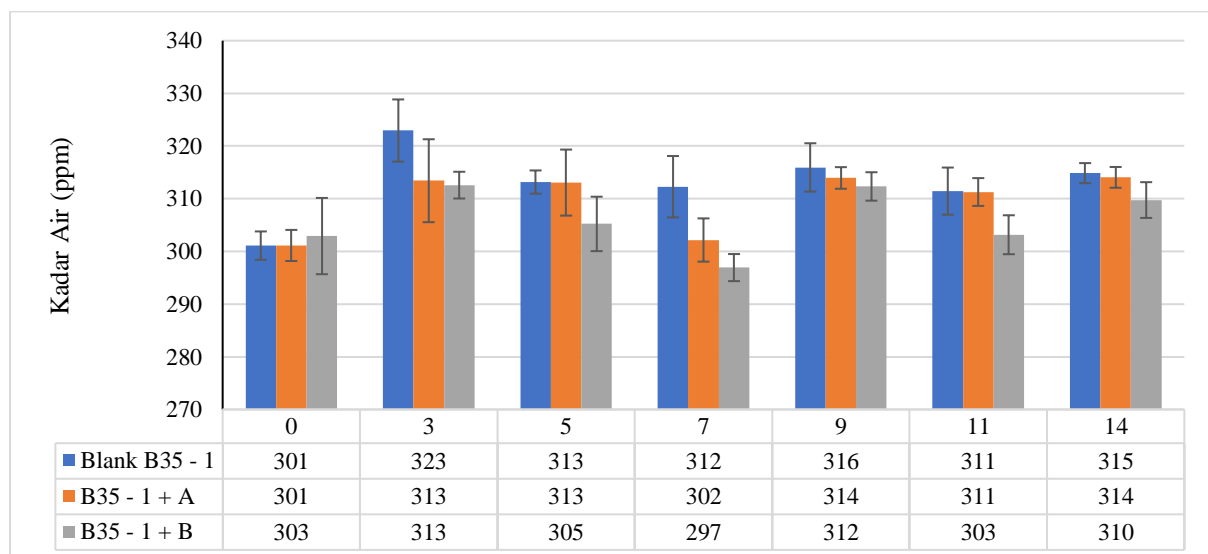
Respon positif penurunan partikulat dengan penambahan bioaditif juga ditemukan pada biosolar B40 (Tabel 12). Namun, sedikit berbeda dengan B35, penambahan bioaditif pada B40 memberikan hasil yang tidak jauh berbeda antara formula A dan B. Meskipun formula B cenderung tetap memberikan penurunan partikulat yang lebih baik dengan persentase penurunan partikulat 4, 6 dan 14 micron masing-masing sebesar 55,27; 62,94 dan 51,52% terhadap blanko B40 tanpa aditif.

3.1.2.4. Konfirmasi Formula Bioaditif A dan B untuk Biosolar B35 dan B40 dari Basis B30 (Batch 2)

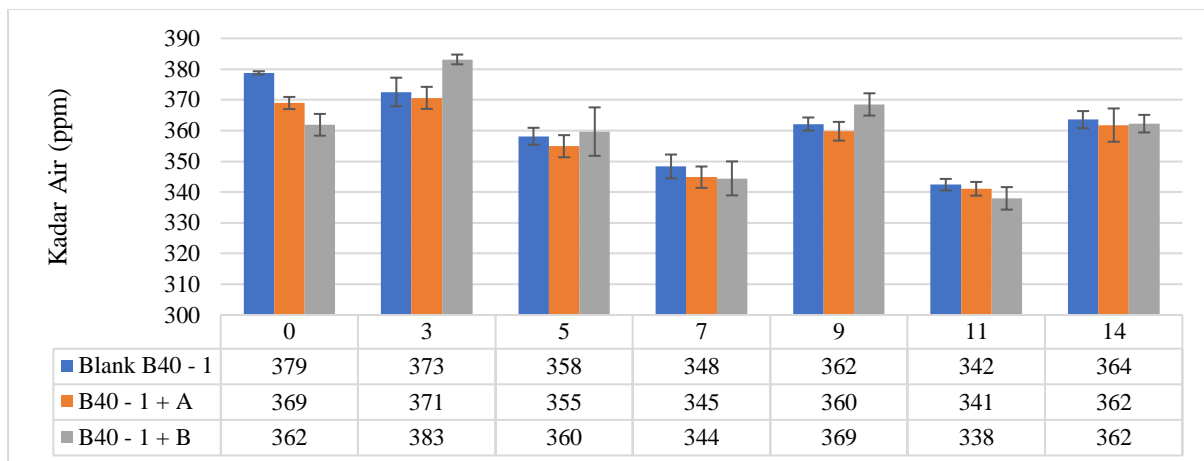
Kadar Air

Konfirmasi formula bioaditif A dan B dilakukan hingga dua kali untuk memvalidasi performa kedua formula dengan menggunakan batch B30 yang berbeda. Pola perubahan kadar air yang diperoleh pada pengujian batch kedua berbeda dengan pengujian batch pertama (batch 1) yang dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Kadar air B35 blanko dan B35 beraditif cenderung rendah pada H0, kemudian meningkat pada H3 dan H5. Kadar air B35 beraditif mengalami penurunan cukup signifikan pada hari ketujuh (H7) dibandingkan blanko (Gambar 9).

Berbeda dengan B35, pengaruh penambahan bioaditif A dan B lebih signifikan perubahannya pada B40. Hal ini disebabkan kadar air B40 lebih tinggi dibandingkan B35 yang dapat dipastikan berasal dari komposisi biosolar (B100) yang lebih besar. Pada B40 kadar air semakin menurun hingga pengamatan hari ke-7 (H7), kemudian cenderung meningkat pada H9 hingga H14 (Gambar 10). Berdasarkan hasil pengujian kadar air yang diperoleh baik untuk B35 maupun B40 dapat disimpulkan bahwa formula B lebih baik dalam menurunkan kadar air dibandingkan formula A.



Gambar 9 Pengaruh pemberian bioaditif terhadap kadar air B35 batch kedua



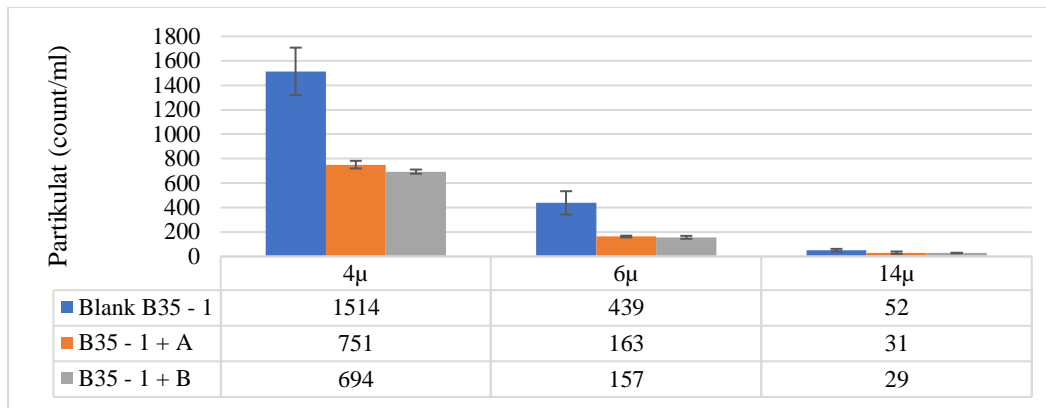
Gambar 10 Pengaruh pemberian bioaditif terhadap kadar air B40 batch kedua

Seperti yang dihipotesiskan bahwa bioaditif membutuhkan waktu untuk bekerja melonggarkan ikatan antara molekul air dan bahan bakar, sehingga air tersedia dalam bentuk air bebas yang dapat dipisahkan. Peningkatan kadar air pada hari pengamatan berikutnya dapat disebabkan kontak antara bahan bakar dengan molekul air di udara. Fenomena ini memberikan gambaran metode *handling* bahan bakar di proses distribusi dan penyimpanannya, bahwa pemberian bioaditif untuk memisahkan air perlu waktu tunggu hingga 7 hari. Setelahnya perlu ada mekanisme drain untuk memisahkan lapisan air dan mencegah peningkatan kembali kadar air bahan bakar.

Kadar Partikulat

Hasil analisis kadar partikulat baik untuk B35 dan B40 pada batch 2 mengkonfirmasi hasil sebelumnya bahwa baik formula A maupun B mampu menurunkan kadar partikulat bahan bakar untuk partikulat 4, 6 dan 14 μm . Formula B mampu menurunkan partikulat lebih baik dibandingkan formula A dengan persentase penurunan untuk 4, 6 dan 14 μm berturut-turut sebesar 54,16%, 64,31% dan 44,66% untuk B35 (Gambar 11, Tabel 12). Berbeda dengan parameter kadar air yang lebih signifikan terlihat pengaruhnya pada B40, untuk parameter partikulat justru di B40 lebih rendah penurunannya dibandingkan B35 (Gambar 12, Tabel 13). Meskipun demikian performa bioaditif untuk formula A dan B masih memenuhi persyaratan seperti yang ditetapkan dalam SNI 8744:2019 tentang Bioaditif, yaitu mampu menurunkan kadar partikulat minimum 10% untuk masing-masing partikulat 4 dan 6 μm serta minimum 1% untuk partikulat 14 μm (Tabel 14).

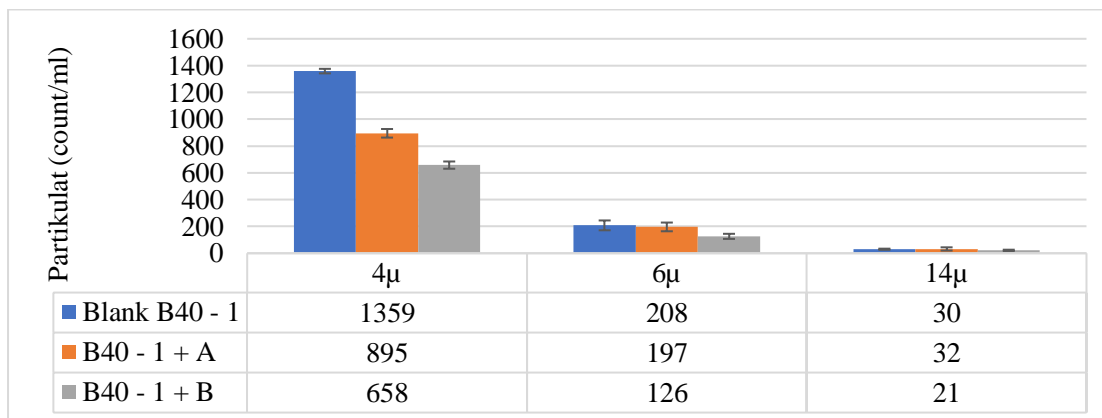
Berdasarkan hasil konfirmasi formula A dan B yang dilaksanakan dalam dua batch dapat disimpulkan bahwa formula A (rasio volume turpentine:clove terpen:rhodinol = 6:1:3) dan formula B (rasio volume turpentine:clove terpen:rhodinol = 8:1:1) masih relevan digunakan untuk menurunkan kadar air dan partikulat biosolar jenis B35 dan B40. Dari kedua formula tersebut formula B yang performanya lebih baik dalam menurunkan kadar air dan partikulat bahan bakar.



Gambar 11. Kadar partikulat B35 dengan penambahan bioaditif A dan B batch 2

Tabel 12 Persentase penurunan partikulat pada B35 yang ditambahkan bioaditif batch 2

Formula	Penurunan Partikulat (%)		
	4μ	6μ	14μ
B35 + A	50,40	62,83	39,81
B35 + B	54,16	64,31	44,66



Gambar 12 Kadar partikulat B40 dengan penambahan bioaditif A dan B batch 2

Tabel 13 Persentase penurunan partikulat pada B40 yang ditambahkan bioaditif batch 2

Formula	Penurunan Partikulat (%)		
	4μ	6μ	14μ
B40 + A	34,14	5,53	-6,67
B40 + B	51,61	39,42	28,89

Tabel 14 Persyaratan bioaditif sesuai SNI 8744:2019

Parameter	Satuan	Persyaratan
Particle count @ 4 micron	Count/ml	Berkurang min 10%
Particle count @ 6 micron	Count/ml	Berkurang min 10%
Particle count @ 14 micron	Count/ml	Berkurang min 1%
Kandungan air	Fraksi massa	Berkurang min 10%

3.1.2.5. Formulasi Bioaditif A dan B pada B35 dengan Penambahan Air, EHN dan Champor Oil

Kadar Air

Kandungan air pada biosolar merupakan hal yang dikhawatirkan oleh pengguna terutama di sektor industri dan transportasi karena dapat menyumbat filter yang berdampak pada aliran bahan bakar ke mesin. Kondisi ini dapat menyebabkan mesin kendaraan mati secara tiba-tiba, bahkan dapat menimbulkan kerusakan mesin bila biosolar terendap dengan rentang waktu yang lama. Oleh sebab itu perlu dilakukan penambahan bahan bioaditif pada bahan bakar biosolar untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada biosolar. Dari hasil konfirmasi bioaditif sebelumnya diketahui bahwa meskipun dengan penambahan bioaditif dapat menurunkan kadar air bahan bakar, namun perbedaannya kurang signifikan. Penambahan air ke dalam B35 pada tahapan ini bertujuan untuk meningkatkan kadar air bahan bakar, hingga melewati ambang batas yang diijinkan. Harapannya agar diperoleh penurunan yang cukup signifikan antara kadar air bahan bakar sebelum dan setelah ditambahkan bioaditif.

Hasil analisis kadar air pada Tabel 15 menunjukkan perubahan B35 yang diberikan penambahan air dengan pemberian aditif campuran formula A dan aditif komersial 2-EHN dan Camphor oil. Aditif 2-EHN adalah aditif solar yang sudah tersedia secara komersial, merupakan senyawa organik yang memiliki gugus nitrat pada ujung rantai karbonnya. 2-EHN digunakan karena tidak stabil secara termal dan terdekomposisi dengan cepat pada temperatur yang tinggi pada ruang pembakaran. Produk yang terdekomposisi membantu dimulainya pembakaran bahan bakar, dengan waktu penyalaan yang lebih pendek dibandingkan dengan bahan bakar tanpa aditif. Penambahan 2-EHN pada bahan bakar solar dengan dosis 0,05%-0,4% akan memberikan kenaikan CN sebesar 4-7 angka. Sementara itu champor oil dilaporkan mampu mengurangi pembentukan jelaga pada bahan bakar diesel (Morajkar et al. 2019).

Hasil analisis kadar air menunjukkan kadar air B35 blanko sebesar 334 ppm, lebih rendah dibandingkan B35 tanpa penambahan air (Tabel 15). Hal ini dapat disebabkan, meskipun ada penambahan sejumlah air ke dalam B35, namun ada proses pemasanan untuk menjernihkan kembali biosolar. Pada pengamatan hari ke 3 sampel mengalami penurunan kadar air untuk semua perlakuan penambahan aditif maupun kontrol. Biosolar B35 dengan campuran bioaditif AC (formula A+champor oil) mengalami penurunan kadar air tertinggi dibandingkan formula lainnya, yaitu sebesar 18% bila dibandingkan hari ke-0. Biosolar B35 yang ditambahkan bioaditif AE (formula A+2-EHN) mengalami penurunan kadar air sebesar 15% bila dibandingkan dengan kadar air pada hari ke 0. Kandungan kadar air biosolar pada hari ke-5 kembali mengalami peningkatan. Pengikatan kembali molekul air dari udara merupakan factor yang diduga menjadi penyebab peningkatan kadar air. Kadar air biosolar terendah diperoleh pada pengamatan hari ke-7 dibandingkan hari pengamatan yang lainnya, meskipun B35 yang ditambahkan bioaditif masih lebih tinggi kadar airnya dibandingkan blanko B35. Hanya B35 yang ditambahkan formula A yang memiliki kadar air lebih rendah dibandingkan blanko B35, yaitu 251.8 ppm.

Dari hasil analisa kadar air selama 14 hari pengamatan, baik penambahan 2-EHN maupun champor oil ke dalam campuran bioaditif formula A belum memberikan respon positif terhadap penurunan kadar air B35 yang diberikan perlakuan penambahan air. Sejauh ini baru perlakuan penambahan bioaditif A saja yang memberikan hasil kadar air lebih rendah

dibandingkan blanko tanpa aditif. Formulasi bioaditif di dalam biosolar yang diberikan perlakuan penambahan air perlu dikonfirmasi untuk memperoleh hasil yang lebih representative. Namun demikian dari hasil analisa tersebut dapat disimpulkan kandungan kadar air pada biosolar B35 yang digunakan dalam pengujian masih memenuhi standar kandungan kadar air yang diterbitkan peraturan batas maksimal kandungan kadar air pada biosolar yang tertuang SK Dirjen Migas No. 146.K/10/DJM/2020 (ESDM 2020), batas maksimal kandungan air biosolar B30 CN 48 maksimal 425 mg/kg (ppm).

Tabel 15. Kadar air B35 dengan penambahan aditif 2-EHN dan champor oil

No	Perlakuan*	Parameter				
		Uji Kadar Air (ppm) ASTM D1744				
		Hari ke 0	Hari ke 3	Hari ke 5	Hari ke 7	Hari ke 14
1	B35 Blanko	334	313,2	321.3	260.9	342.4
2	A	331.3	292	316.4	251.8	335.2
3	AC	352.2	287.2	326.3	279.5	313.9
4	AE	337.3	285.8	332.5	267.7	336.5

Kadar Partikulat

Partikulat menyebabkan polutan udara yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar solar dari kendaraan bermesin diesel. Paparan partikulat memberikan efek negatif terhadap kesehatan manusia yang dapat mengakibatkan infeksi saluran pernapasan, asma, kanker paru-paru, stroke, dan bahkan menimbulkan penyakit jantung. Permasalahan tersebut berdampak buruk bagi kendaraan diesel karena bisa menjadi penyebab utama terjadinya polutan udara akibat banyaknya partikulat yang tersebar diudara akibat pembuangan mesin diesel, sehingga perlu dilakukan penanganan untuk menekan atau mengurangi kandungan partikulat yang dihasilkan mesin diesel. Penggunaan bahan bioaditif minyak atsiri kedalam bahan bakar biosolar dapat menurunkan kandungan partikulat karena memiliki golongan senyawa oksigenat (Zhang et al. 2020).

Hasil uji partikulat 4 micron biosolar B35 dengan penambahan bioaditif AC lebih rendah bila dibandingkan pada sampel biosolar B35 tanpa penambahan bioaditif, penambahan bioaditif A, dan penambahan bioaditif AE dengan nilai persentase masing-masing sebesar 17%, 24%, dan 13%. Sedangkan sampel biosolar B35 penambahan bioaditif AE lebih rendah 4%, dan 13% bila dibandingkan dengan pada sampel biosolar B35 tanpa penambahan bioaditif, dan penambahan bioaditif A.

Uji partikulat 6 micron pada biosolar B35 dengan penambahan bioaditif AC didapatkan nilai rata uji partikulat sebesar 1236.7 (count/mL), lebih rendah 8%, 14%, dan 25% bila dibandingkan dengan sampel biosolar B35 tanpa penambahan bioaditif, penambahan bioaditif A, dan penambahan bioaditif AE.

Hasil uji partikulat 14 micron pada biosolar B35 dengan penambahan bioaditif AC menghasilkan kandungan partikulat terkecil dibandingkan perlakuan lainnya, karena nilai persentasenya lebih rendah 3%, 12%, dan 40% bila dibandingkan pada sampel biosolar B35 tanpa penambahan bioaditif, penambahan bioaditif A, dan penambahan bioaditif AE. Oleh sebab itu, penambahan camphor oil berkinerja baik untuk menurunkan kadar partikulat, karena

camphor memiliki golongan senyawa oksigenat 51,27%. Aditif oksigenat dapat menurunkan kadar partikulat dengan baik. Penambahan 2EHN berkinerja baik untuk menurunkan kadar partikulat pada ukuran 4 micron, karena lebih kecil bila dibandingkan biosolar B35 dengan perlakuan blanko dan penambahan bioaditif A. Hasil rata-rata uji partikulat seluruh perlakuan dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Rata-Rata Uji Partikulat

No	Perlakuan	Uji Partikulat (count/mL) ASTM D7596		
		4 μ	6 μ	14 μ
1	Blanko	12164.7	1340.3	81.7
2	A	13318.3	1439.3	89.3
3	AC	10089.7	1236.7	79
4	AE	11637	1657.7	131

3.1.2.6. Eksplorasi Formula Bioaditif Baru

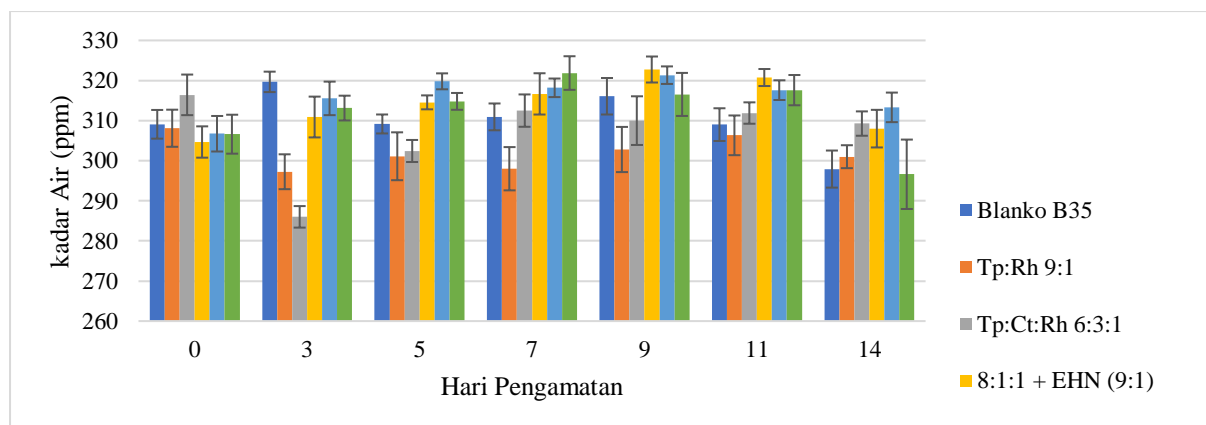
Eksplorasi formula baru dilakukan dengan acuan komposisi dan rasio volume dari bioaditif A dan B yang telah diperoleh. Perubahan formula dengan memvariasikan rasio volume masing-masing komponen penyusun bioaditif adalah untuk mengakomodir dua hal, yaitu terkait peningkatan performa bioaditif dan menurunkan biaya produk bioaditif. Turpentine berdasarkan hasil kajian tahun sebelumnya terbukti berperan dalam menurunkan kadar air bahan bakar. Hasil kajian engine test Anand et al. (2010) dengan menggunakan mesin diesel satu silinder menunjukkan bahan bakar diesel (*diesel fuel/DF*) yang dicampur turpentine oil dengan konsentrasi 30 – 50% menghasilkan emisi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NOx), smoke dan partikulat yang lebih rendah dibandingkan blanko DF tanpa turpentine. Emisi semakin menurun dengan semakin tinggi komposisi turpentine di dalam campuran bahan bakar. Hasil kinerja engine juga menunjukkan bahwa penambahan 30% turpentine dengan DF menghasilkan *brake power* dan *net heat release rate* yang lebih tinggi. Oleh sebab itu di dalam kegiatan eksplorasi formula bioaditif baru, salah satu yang dikembangkan adalah formula bioaditif dengan peningkatan rasio turpentine menjadi 9:1. Sementara itu penggunaan rasio *clove terpen* yang lebih besar, yaitu 6:3:1 adalah untuk menurunkan biaya produksi bioaditif karena dari ketiga komponen penyusun, clove terpen yang memiliki harga paling rendah. Formula ini juga sekaligus untuk menguji pengaruh clove terpen dalam menurunkan kadar air dan partikulat.

Aditif sintetik 2-EHN (2-ethylhexyl nitrate) merupakan aditif sintetik yang sudah dikenal luas sebagai *cetane improver/booster*, berfungsi memperbaiki karakteristik pembakaran, menurunkan suhu pembakaran dan memperpendek *ignition delay* pada mesin diesel (Ciniviz et al. 2017). Sejauh ini memang belum ditemukan publikasi hasil riset yang menunjukkan pengaruh penambahan 2-EHN terhadap kadar air dan partikulat bahan bakar. Namun, Ruina et al. (2014) melaporkan penambahan 0.03% 2-EHN ke dalam campuran B90M10 (campuran 90% biodiesel dan 10% methanol) mampu menurunkan emisi NOx dan smoke, meskipun emisi HC dan CO mengalami peningkatan. Pada kajian yang lain Hess et al. (2005) juga melaporkan menambahkan 1000 ppm 2-EHN ke dalam B20 mampu menurunkan emisi NOx sebanyak 4,5%. Data-data tersebut menunjukkan 2-EHN berpotensi digunakan sebagai campuran di

dalam bioaditif B35 dan B40 meskipun tidak spesifik dalam menurunkan kadar air dan partikulat namun lebih kepada menurunkan emisi *engine*.

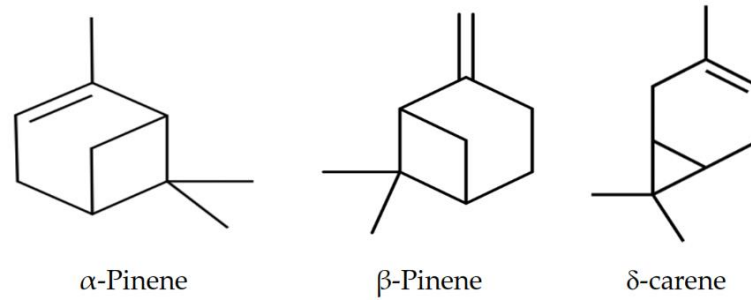
Camphor oil (CMO) telah dikaji manfaatnya sebagai bioaditif solar. Viskositas dan titik didih CMO yang lebih rendah jika dibandingkan dengan solar dapat meningkatkan atomisasi bahan bakar, penguapan, dan proses pencampuran udara dengan bahan bakar. Namun demikian, cetane number CMO yang lebih rendah membatasi penggunaannya sebagai bahan bakar untuk mesin diesel (Subramanian et al. 2018). Nilai cetane number camphor oil dilaporkan hanya sebesar 5 (Naresh & Reddy 2016). Oleh sebab itu Subramanian et al. (2018) menggunakan camphor oil bersama dengan *diglyme* (DGE)—cetane enhancer, cumene (CU)—antioxidant, dan eugenol (EU)+acetone (A)—bioaditif sebanyak 10% dari volume CMO yang digunakan untuk meningkatkan angka setana dan mereduksi emisi NOx.

Hasil pengujian kadar air B35 yang ditambahkan kelima formula baru disajikan dalam Gambar 17. Secara umum kadar air bahan bakar mengalami penurunan hingga hari ketiga, kemudian meningkat seiring dengan semakin lama waktu pengamatan. Respon positif penurunan kadar air terhadap blanko B35 tanpa aditif ditemukan pada hari ketiga setelah penambahan bioaditif, dimana kelima formula memiliki kadar air lebih rendah dibandingkan blanko. Secara keseluruhan formula turpentine:rhodinol 9:1 memberikan penurunan kadar air yang paling baik dibandingkan formula yang lain.



Gambar 13. Kadar air B35 dengan penambahan biaditif formula baru

Turpentine memiliki sifat fisiko kimia boiling point 149–180 °C, tidak larut dalam air, densitas 0.9, flash point 30–46 °C, *automatic ignition* pada 220–225 °C. Turpentine mengandung monoterpen dengan atom karbon C₁₀. Minyak terpenin umumnya tersusun atas campuran α -pinene, β -pinene, dan δ -carene dengan struktur seperti dilihat pada Gambar 18. Empat cincin atom C pada α -pinene dan β -pinene memiliki regangan spasial tinggi yang bersifat reaktif. Adanya ikatan rangkap menyebabkan α -pinena mudah mengalami reaksi oksidasi ketika kontak dengan udara, membentuk senyawa hydroperoxyl yang merupakan molekul intermediate dan bersifat reaktif. Struktur siklik pada minyak terpenin secara efektif akan mengganggu interaksi Van der Waals antara rantai karbon bahan bakar solar, sehingga menyebabkan molekul minyak solar menjadi lebih mudah diuapkan, sehingga membantu terjadinya proses pembakaran (Kadarohman et al. 2021).

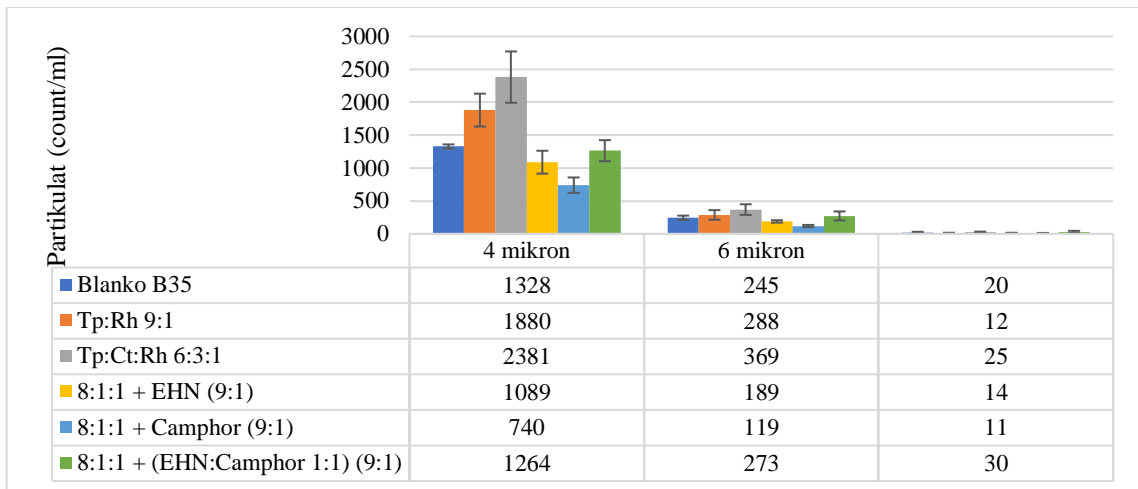


Gambar 14. Struktur kimia senyawa utama penyusun minyak turpentine
(Kadarohman et al. 2021)

Dilihat dari parameter partikulat, formula 8:1:1 dengan penambahan camphor oil 10% yang justru memberikan kadar partikulat paling rendah dibandingkan formula lainnya baik untuk partikulat 4, 6 maupun 14 micron (Gambar 19). Camphor oil oleh para peneliti sebelumnya digunakan sebagai campuran dalam biodiesel dengan rasio 15-40% karena memiliki viskositas yang rendah dan sebagai sumber senyawa oksigenat untuk memperbaiki karakteristik pembakaran mesin. Sebagian besar hasil penelitian melaporkan pengaruh pemberian camphor oil terhadap penurunan emisi CO, HC dan NO_x dibandingkan biodiesel tanpa penambahan camphor oil.

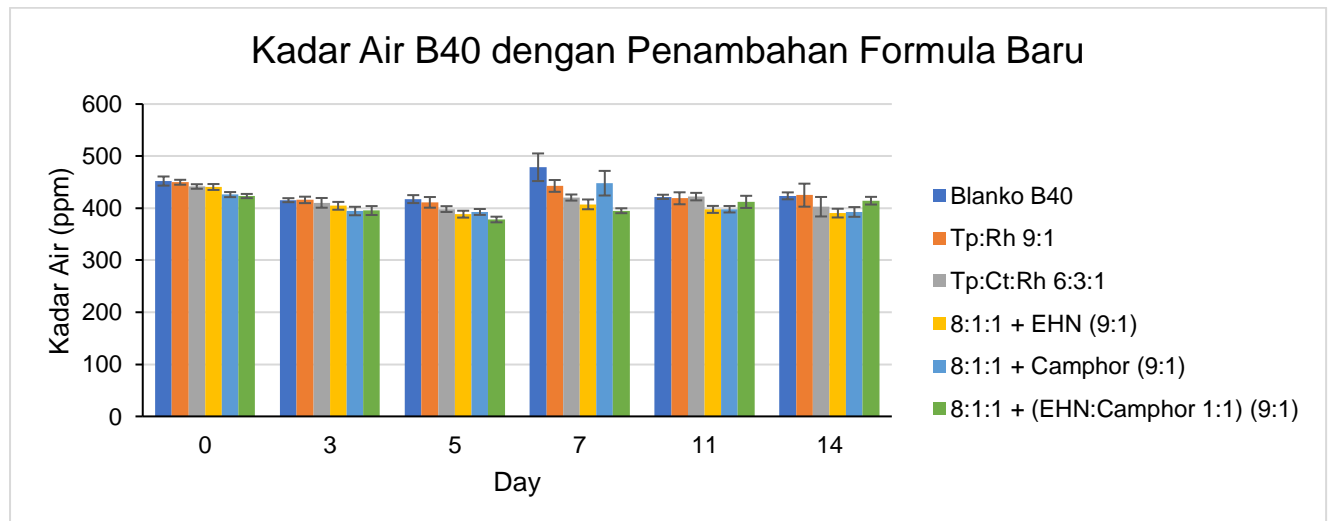
Sivagami dan Vignes (2016) mengkaji pengaruh pemberian camphor oil ke dalam solar dengan komposisi 15% (B15) dan 20% (B20) terhadap emisi yang dihasilkan mesin pada tingkat loading bahan bakar yang berbeda (25 – 100%). Pada tingkat loading bahan bakar yang rendah (25%), B15 dan B20 menghasilkan emisi NO_x yang lebih rendah dibandingkan solar. Pada tingkat loading bahan bakar yang maksimum (100%), B15 menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dan brake thermal efficiency (BTE) yang lebih tinggi dibandingkan B20 maupun solar tanpa camphor oil, sehingga B15 dinilai mampu memperbaiki performa mesin dan eco-friendly.

Penurunan kadar partikulat yang cukup signifikan pada formula 8:1:1 dengan penambahan camphor akan mengurangi penumpukan deposit pada filter, mengurangi kebutuhan penggantian *spare part* filter bahan bakar, memperbaiki laju alir bahan bakar sehingga diharapkan mampu memperbaiki system pembakaran pada mesin diesel. Karakteristik pembakaran yang lebih baik diyakini mampu menurunkan jumlah emisi yang dihasilkan.



Gambar 15. Kadar partikulat 35 dengan penambahan formula baru bioaditif

Adanya penurunan kadar air setelah pemberian bioaditif dengan formula baru lebih dapat diamati pada B40. Hasil pengamatan selama 14 hari inkubasi menunjukkan penurunan kadar air B40 hingga hari ke-3 untuk semua perlakuan. Kadar air kembali mengalami peningkatan setelah hari ke-7 dan stabil hingga hari ke-14. Namun demikian, dari Tabel 17 dapat dilihat penurunan kadar air paling signifikan justru ditemui pada hari ke-7. Formula Tp:Ct:Rh (6:3:1); 8:1:1 + EHN (9:1) dan 8:1:1 + (EHN:Camphor 1:1) (9:1) merupakan tiga formula dengan penurunan kadar air tertinggi dibandingkan B35 tanpa aditif, berturut-turut sebesar 12.15%, 14.89% dan 17.45%.



Gambar 16 Kadar air B40 dengan penambahan bioaditif formula baru

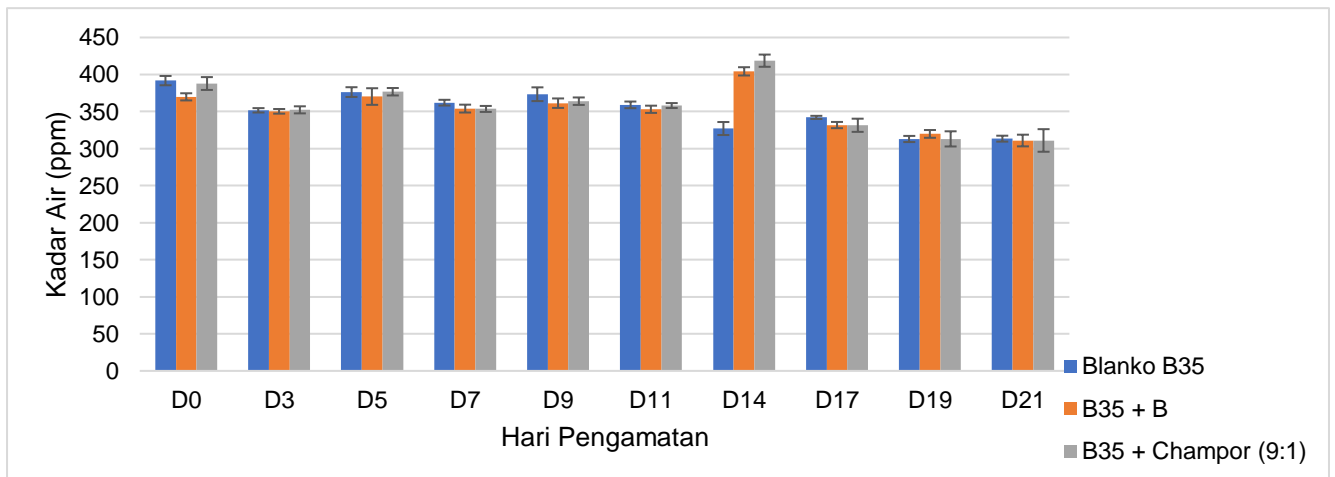
Tabel 17 Persentase penurunan kadar air B35 beraditif terhadap blanko tanpa aditif

Sampel	% Penurunan Kadar Air terhadap Blanko					
	D0	D3	D5	D7	D11	D14
Tp:Rh 9:1	0.52	-0.13	1.50	7.49	0.66	-0.31
Tp:Ct:Rh 6:3:1	2.32	1.24	4.59	12.15	-0.10	4.93
8:1:1 + EHN (9:1)	2.53	2.61	6.94	14.89	5.72	7.82
8:1:1 + Camphor (9:1)	5.76	5.01	5.92	6.39	5.64	7.29
8:1:1 + (EHN:Camphor 1:1) (9:1)	6.37	4.80	9.39	17.45	2.29	2.20

3.1.2.7. Pengaruh Waktu Tinggal dan Penambahan Kembali Bioaditif terhadap Kadar Air dan Kadar Partikulat Biosolar

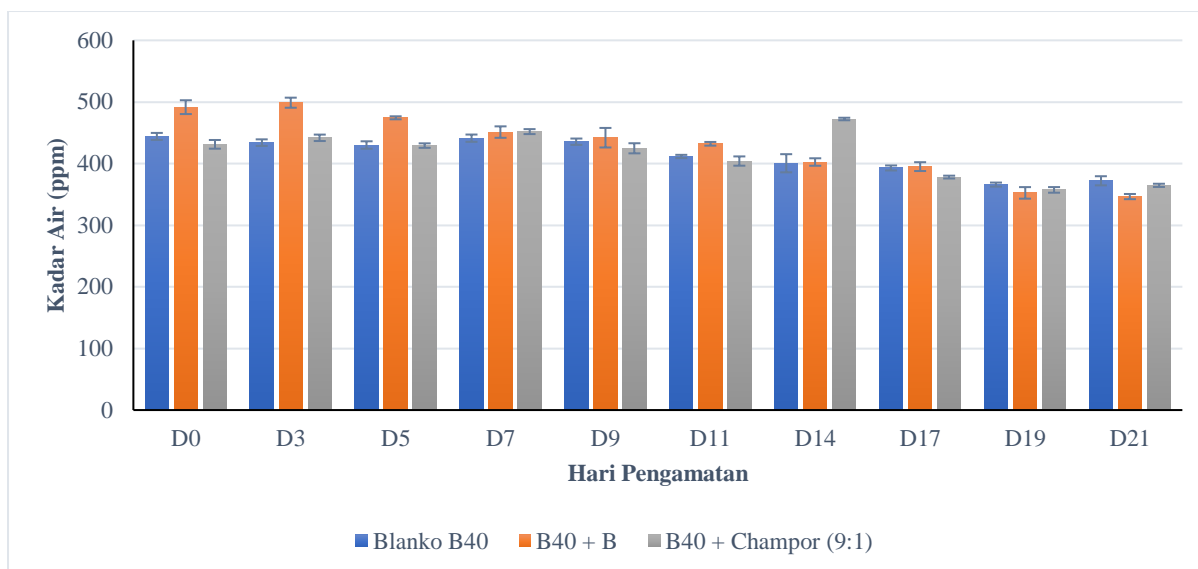
Kadar Air

Hasil kajian pengaruh penambahan berbagai formula bioaditif pada skala lab mengarah pada kesimpulan bioaditif mampu menurunkan kadar air dan kadar partikulat bahan bakar hingga optimum di hari ke-7. Penyimpanan yang lebih lama menyebabkan kadar air biosolar mengalami peningkatan. Kegiatan ini dilaksanakan untuk mengetahui performa bioaditif ketika waktu tinggal atau waktu inkubasi diperpanjang dan apakah diperlukan penambahan bioaditif kembali. Hasil pengamatan kadar air B35 dengan tanpa penambahan aditif dapat dilihat pada Gambar 17. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa memperpanjang waktu tinggal dari 14 hari menjadi 21 hari berpengaruh pada penurunan kadar air B35 setelah hari ke-14. Kadar air pada B35 dengan aditif yang terukur lebih tinggi pada H14 dapat disebabkan pengikatan kembali molekul air, dengan menurunnya kemampuan bioaditif untuk melemahkan ikatan antara air dan biosolar.



Gambar 17 Kadar air B35 dengan dan tanpa penambahan bioaditif dengan lama waktu tinggal 21 hari

Respon yang hampir sama juga dapat dilihat pada B40 dimana kadar air yang terukur setelah H14 lebih rendah dibandingkan H0-H14. Ketidaksesuaian hasil pengujian kadar air teridentifikasi dari B40+formula B pada H0 – H11 dimana B40 beraditif justru memberikan kadar air yang lebih tinggi dibandingkan blanko. Hasil positif penurunan kadar air teridentifikasi dari hasil pengujian di H19 dan H21 dengan penurunan terbesar diperoleh dari B40 +formula B, yaitu sebesar 6,89% (Tabel 18).



Gambar 18 Kadar air B40 dengan dan tanpa penambahan bioaditif dengan lama waktu tinggal 21 hari

Tabel 18 Persentase penurunan kadar air B40 beraditif dengan waktu tinggal 21 hari

Sampel	Hari Pengamatan									
	D0	D3	D5	D7	D9	D11	D14	D17	D19	D21
B40 + B	-10.69	-14.93	-10.26	-2.24	-1.49	-4.99	-0.50	-0.55	3.67	6.89
B40 + Champor (9:1)	2.89	-1.80	0.21	-2.42	2.45	1.81	-17.92	3.77	2.35	1.99

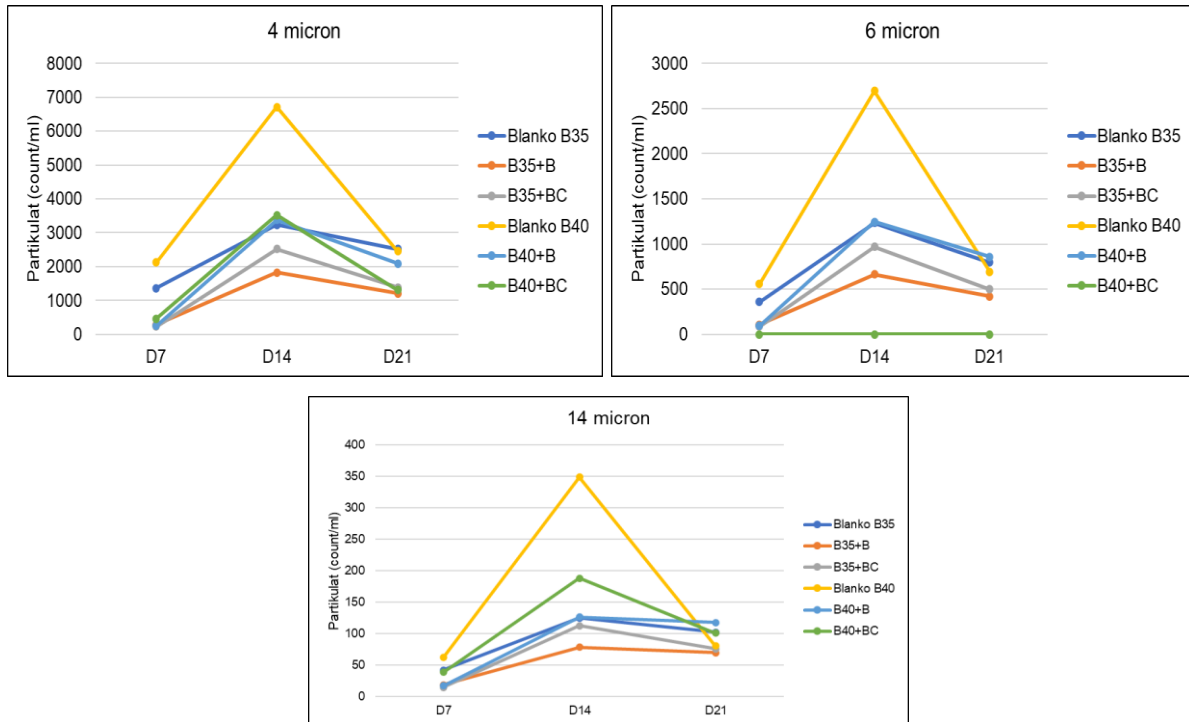
Kadar Partikulat

Hasil analisis partikulat pada Gambar 19 menunjukkan bahwa pada hari ke-14 (D14) terjadi peningkatan partikulat untuk semua ukuran partikulat baik biosolar tanpa aditif maupun dengan aditif. Peningkatan yang sangat signifikan pada D14 dikarenakan akumulasi partikulat selama waktu tinggal. Hasil analisis sampel di hari ke-21 (D21) menunjukkan kadar partikulat menurun setelah adanya penambahan kembali bioaditif di D14.

Hasil analisis juga menunjukkan bioaditif formula B dan B+champor (BC) mampu menurunkan kadar partikulat B35 dan B40 secara signifikan. Penurunan partikulat terbesar terjadi pada D7 dimana penurunan utk partikulat 4 mikron dari sampel B35+B dan B35+BC berturut-turut sebesar 79.34% dan 83.19%. Sementara untuk sampel B40+B dan B40+BC berturut-turut sebesar 88.05 dan 78.32% (Tabel 17). Meskipun pada D14 kadar partikulat dari semua sampel mengalami peningkatan dibandingkan sampling pada D7 nya, namun untuk B35 dan B40 beraditif tetap menunjukkan hasil pengukuran partikulat yang lebih rendah dibandingkan B35 dan B40 blanko.

Hasil pengujian partikulat yang teridentifikasi lebih tinggi dibandingkan blanko ditemukan pada sampling hari ke-21 untuk sampel B40 beraditif. Hal ini diduga akibat partikulat belum terendapkan sehingga mempengaruhi hasil pengukuran. Berdasarkan hasil pengukuran kadar air dan kadar partikulat untuk percobaan waktu tinggal yang diperpanjang dapat disimpulkan bahwa waktu optimum untuk inkubasi B35 dan B40 adalah 7 hari setelah penambahan bioaditif. Untuk masa penyimpanan bahan bakar yang lebih lama dapat

diantisipasi dengan penambahan kembali bioaditif dengan dosis yang sama untuk mencegah peningkatan kadar air dan akumulasi partikulat dalam bahan bakar.



Gambar 19 Kadar partikulat B35 dan B40 dengan dan tanpa penambahan bioaditif dengan lama waktu tinggal 21 hari

Tabel 19 Persentase penurunan kadar partikulat B35 dan B40 beraditif untuk ukuran partikulat 4 micron

Sampel	Persentase Penurunan Partikulat (%) / Hari Pengamatan		
	D7	D14	D21
B35+B	79.34	43.76	52.00
B35+BC	83.19	22.11	45.18
B40+B	88.05	49.76	14.81
B40+BC	78.32	47.54	46.46

Tabel 20 Persentase penurunan kadar partikulat B35 dan B40 beraditif untuk ukuran partikulat 6 micron

Sampel	Persentase Penurunan Partikulat (%) / Hari Pengamatan		
	D7	D14	D21
B35+B	70.79	45.94	47.26
B35+BC	76.43	21.24	37.53
B40+B	83.34	53.84	-23.90
B40+BC	64.98	49.04	20.48

Tabel 21 Persentase penurunan kadar partikulat B35 dan B40 beraditif untuk ukuran partikulat 14 micron


Sampel	Persentase Penurunan Partikulat (%)/Hari Pengamatan		
	D7	D14	D21
B35+B	56.80	37.43	32.16
B35+BC	66.40	10.16	26.13
B40+B	72.90	63.90	-46.67
B40+BC	38.21	46.23	-25.42

3.2. Output 2: Analisis Laboratorium Performa Bioaditif B35/B40


3.2.1. Metode Penelitian

Bahan bakar referensi pada pengujian ini adalah solar yang sudah dicampurkan dengan biodiesel dengan rasio 35% (B35) sesuai dengan mandatori Pemerintah Indonesia yang berlaku mulai Maret 2023. Pada pengujian ini, B35 ditambahkan dengan dua formulasi bioaditif yaitu F3 dan F5. Formula F3 merupakan formula B bioaditif yang terdiri dari campuran turpentine, clove terpen dan rhodinol dengan rasio 8:1:1. Sementara F5 adalah formula B dengan penambahan champor oil sebanyak 10%. Dengan demikian total sampel bahan bakar yang digunakan pada pengujian performa mesin adalah tiga jenis, yaitu (1) B35 tanpa aditif; (2) B35 + F3 dan (3) B35 + F5. Karakteristik B35 yang ditambahkan bioaditif masih memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Keputusan Dirjen Migas No. 185.K/HK.02/DJM/2022, dengan hasil pengujian dicantumkan dalam Tabel 22.

Tabel 22. Spesifikasi B35 dengan penambahan bioaditif formula B

LEMIGAS		BADAN LAYANAN UMUM BALAI BESAR PENGUJIAN MINYAK DAN GAS BUMI		 Komite Akreditasi Nasional LP-081-IDN			
		HASIL UJI					
Nomor Seri/ Serial Number : 202301035/LHU/DPMA/VI/2023		Nomor/Number : 202301035/PK/DPMA.1/VI/2023		Nomor Percontoh/ Sample Number : 2023006929/DPMA.1/2023			
		Halaman/Page : 2 dari 2					
No.	Parameter Uji	Unit	Hasil Uji		Batasan Mutu*)		Metode Uji
			Biosolar B35 + Aditif		Min.	Maks.	
1	Angka Setana	-	52,6	49	-	ASTM D 613-18ae1	
2	Berat Jenis pada Suhu 15°C	kg/m ³	852,8	815	880	ASTM D 4052-18a	
3	Viskositas pada Suhu 40°C	mm ² /s	3,234	2,0	5,0	ASTM D 445-21	
4	Kandungan Sulfur	% m/m	0,051	-	0,2	ASTM D 4294-16e2	
5	Distilasi 90% Vol. Penguapan	°C	337,0	-	370	ASTM D 86-20b	
6	Titik Nyala	°C	74	52	-	ASTM D 93-20	
7	Titik Tuang	°C	3,0	-	18	ASTM D 5949-16	
8	Residu Karbon	% m/m	<0,01	-	0,1	ASTM D 4530-15 (2020)	
9	Kandungan Air	mg/kg	220	-	400	ASTM D 6304-20	
10	Kandungan FAME	% v/v	30,5	35		ASTM D 7806-20	
11	Korosi Bilah Tembaga	Kelas	1a	-	Kelas 1	ASTM D 130-19	
12	Kandungan Abu	% m/m	<0,005	-	0,01	ASTM D 482-19	
13	Kandungan Sedimen	% m/m	0	-	0,01	ASTM D 473-07(2017)e1	
14	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	0	0		ASTM D 664-18e2	
15	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	0,15	-	0,6	ASTM D 664-18e2	
16	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang	Jernih dan Terang	Visual		
17	Warna	No. ASTM	1,5	-	3	ASTM D 1500-12 (2017)	
18	Lubrisitas (HFRR wear scar dia. @60°C)	Mikron	213,0	-	460	ASTM D 6079-18	
19	Stabilitas Oksidasi	Jam	>48	35	-	EN 15751-2014	

Keterangan:
 *) Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar dengan Campuran Biodiesel (B100) Sebesar 35% (B35) dengan Angka Setana (CN) 48 yang dipasarkan di Dalam Negeri sesuai Keputusan Direktur Jenderal Migas No. 170.K/HK.02/DJM/2022 Tanggal 18 April 2023.

Ketua Kelompok Bahan Bakar & Aviasi

 Riesta Anggarani
 NIP 19810401 200502 2 001

Laporan ini hanya berdasarkan percontoh yang diuji, tidak untuk diiklankan dan tidak boleh digandakan.
 This report relates only to the sample tested, may not be used for advertising purpose and not to be copied.

No. Form	: F.8.IKK.04-A
No. Revisi	: 1.0
Halaman	: 2 dari 2

3.2.1.1. Karakterisi Bahan Baku Bioaditif, Bioaditif dan Biosolar B35 Beraditif

Karakterisasi bahan baku bioaditif dan bioaditif meliputi uji GC MS dan kadar air. Pengujian bahan bakar B35 dan B40 yang ditambahkan bioaditif berupa analisis densitas. Formula bioaditif hasil pengembangan di tahun pertama penelitian adalah formula A dan formula B. Pada tahun kedua penelitian coba dieksplorasi lima formula baru yang terdiri dari:

- F1 = Turpentine : Rhodinol = 9:1
- F2 = Turpentine : Clove Terpen : Rhodinol = 6:3:1
- F3 = Turpentine : Clove Terpen : Rhodinol = 8:1:1 + EHN
- F4 = Turpentine : Clove Terpen : Rhodinol = 8:1:1 + Champor
- F5 = Turpentine : Clove Terpen : Rhodinol = 8:1:1 + (Champor+EHN, rasio 1:1)

3.2.1.2. Uji Kinerja Mesin

Uji kinerja biosolar dengan dan tanpa penambahan bioaditif pada mesin satu silinder meliputi parameter pengukuran torsi daya (power) mesin, konsumsi bahan bakar serta emisi. Metode yang digunakan mengacu pada SNI 0119:2012. Uji performa engine menggunakan mesin diesel KUBOTA dengan spesifikasi mesin dijelaskan pada Tabel 23. Peralatan uji yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 24.

Tabel 23. Spesifikasi engine uji

Parameter	Spesifikasi
Merek/Tipe engine	Kubota/D722
Volume silinder	719 cc
Tipe	Vertikal, pendingin air, 4 langkah
Jumlah silinder	3
Bore x Stroke	67 x 68 mm
Daya maksimum (kW)	14.9
Daya kontinyu (kW)	12.2
Engine speed (rpm)	3000
Bahan bakar rekomendasi	Solar dengan kualitas baik
Konsumsi bahan bakar @full load	3.1 lt/jam

Tabel 24. Peralatan Uji

Parameter	Spesifikasi
Alat ukur daya/torsi	Eddy Current Dynamometer/Mywood-UK
Alat ukur konsumsi bahan bakar	Pierburg/PLU 116H
Alat ukur emisi asap	AVL
Alat ukur emisi gas	Horiba
Sistem data akusisi dan kontrol	Autotest IV- Cussons
Alat ukur kondisi ruang dan engine	Thermistor, thermocouple, pressure transducer, RH meter



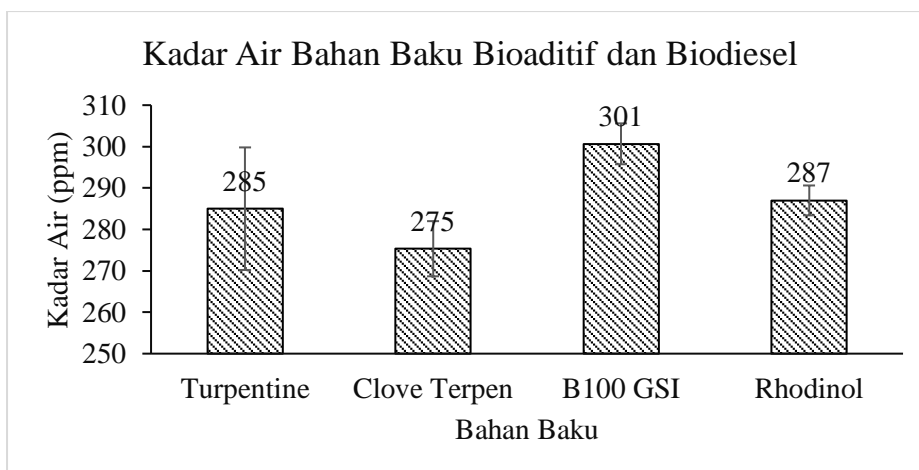
Gambar 20 Pelaksanaan uji engine

3.2.2. Hasil Penelitian

3.2.2.1. Pencirian Sifat Fisik Bahan Baku Bioaditif, Bioaditif dan Biosolar

Uji kadar air bahan baku bioaditif

Pengujian kadar air bahan baku bioaditif bertujuan untuk memastikan mutu bahan baku, meminimalkan factor peningkatan kadar air biosolar akibat tingginya kadar air pada bahan baku yang digunakan dalam formulasi. Hasil analisis kadar air turpentine, clove terpen, rhodinol masing-masing dapat dilihat pada Gambar 21. Hasil analisis tersebut menunjukkan kadar air bahan baku cukup rendah, < 300 ppm sehingga tidak menambah kadar air pada biosolar. Pada awal penelitian dimana B35 belum tersedia secara komersial, tim peneliti membuat secara mandiri B35 dengan mencampurkan B30 dari SPBU dengan biodiesel (B100). Hasil analisis B100 juga menunjukkan kadar air yang rendah, 301 ppm.

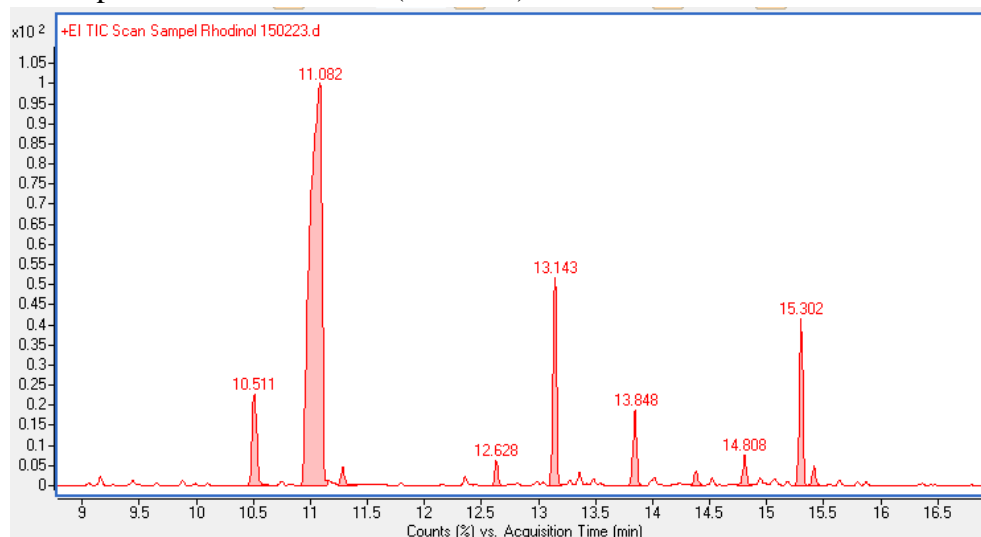


Gambar 21 Kadar air bahan baku bioaditif dan biodiesel (B100)

Uji GC MS

Bahan Baku Bioaditif

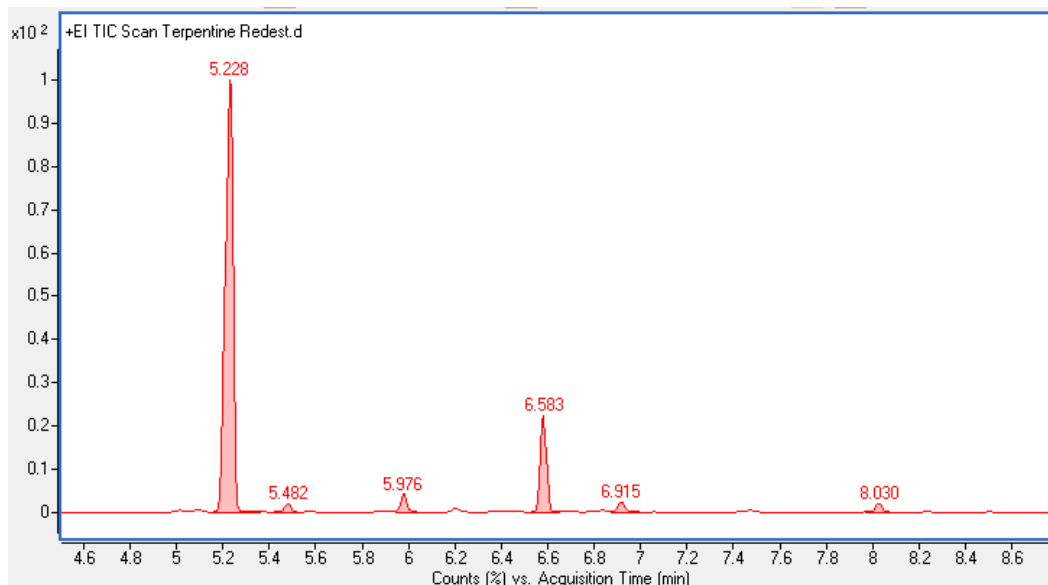
Uji GC-MS diperlukan untuk mengetahui komponen utama yang terdapat pada fraksi minyak atsiri yang digunakan pada formulasi bioaditif, bertujuan untuk standarisasi mutu bahan baku. Hasil uji GC-MS bahan baku bioaditif ini disajikan pada Gambar 22 – 24. Gambar 22 menunjukkan hasil uji GC-MS dari fraksi rhodinol. Dari hasil uji ini menunjukkan bahwa komponen utama yang terdapat pada fraksi rhodinol ialah geraniol dengan komposisi 66.05%. Kandungan citronellol di dalam bahan baku sebesar 6% sehingga total rhodinol yang ada di dalam produk adalah 72.05% (Tabel 25).



Gambar 22 Hasil uji GC MS fraksi rhodinol

Tabel 25 Komposisi senyawa penyusun fraksi rhodinol

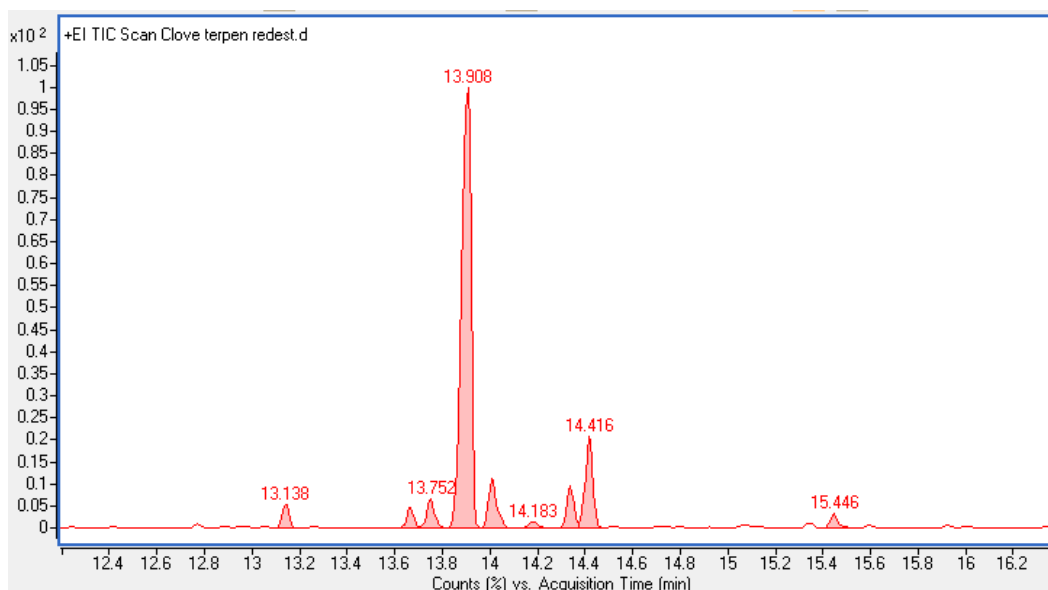
Peak	Name	Formula	RT	Area Sum %
1	Citronellol	C ₁₀ H ₂₀ O	10.511	6
2	Geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	11.082	66.05
3	2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)-	C ₁₀ H ₁₆ O	11.28	1.02
4	6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	12.628	1.11
5	Geranyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	13.143	10.68
6	Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	13.848	3.87
7	Aromandendrene	C ₁₅ H ₂₄	14.378	0.76
8	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	14.808	1.52
9	Naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	15.302	8.07
10	Naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	15.415	0.91



Gambar 23 Hasil uji GC MS penyusun fraksi turpentine

Tabel 26 Komposisi senyawa penyusun fraksi turpentine

Peak	Name	Formula	RT	Area Sum %
1	α - Pinene	C ₁₀ H ₁₆	5.228	79.81
2	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	5.482	1.11
3	Bicyclo	C ₁₀ H ₁₆	5.976	2.55
4	Tricyclo	C ₁₀ H ₁₆	6.583	13.78
5	D-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	6.915	1.56
6	Cyclohexene	C ₁₀ H ₁₆	8.03	1.19



Gambar 24 Komposisi senyawa penyusun fraksi clove terpen

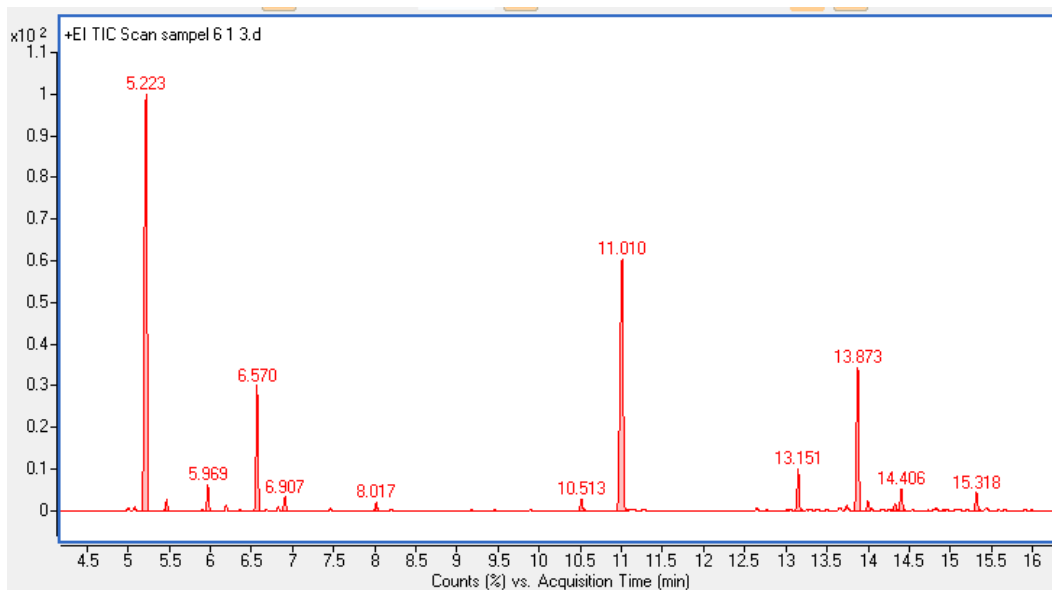
Tabel 27 Komposisi senyawa penyusun fraksi clove terpen

Peak	Name	Formula	RT	Area Sum %
1	Copaene	C ₁₅ H ₂₄	13.138	2.48
2	Bicyclo	C ₁₅ H ₂₄	13.668	2.25
3	Bicyclo	C ₁₅ H ₂₄	13.752	3.65
4	Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	13.908	67.24
5	10,10-Dimethyl -2,6-dimethylenebicyclo	C ₁₅ H ₂₄	14.006	6.41
6	Aromandendrene	C ₁₅ H ₂₄	14.183	0.83
7	Trimethyl-8-methylenebicyclo	C ₁₅ H ₂₄	14.338	4.65
8	Humulene	C ₁₅ H ₂₄	14.416	10.87
9	Naphtalene	C ₁₅ H ₂₄	15.446	1.61

Gambar 23 menunjukkan hasil uji GC-MS dari fraksi turpentine. Dari hasil uji ini menunjukkan bahwa komponen utama yang terdapat pada fraksi turpentine adalah alfa pinene dengan kandungan 79.81% (Tabel 26). Gambar 24 menunjukkan hasil GC MS dari fraksi Clove Terpen. Komposisi utama berupa kariofilen dengan kandungan 67.24% (Tabel 27).

Bioaditif Biosolar

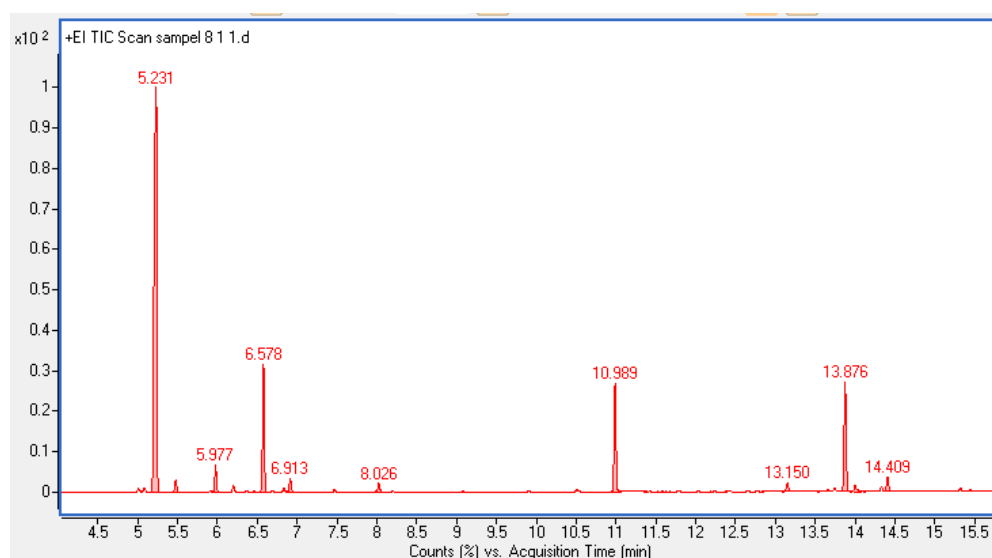
Analisis GC MS untuk bioaditif dilakukan terhadap formula A (rasio turpentine, clove terpen dan rhodinol 6:1:3), Formula B (Rasio rasio turpentine, clove terpen dan rhodinol 8:1:1) dan Formula baru (formula B + champor oil 10%). Hasil GC MS formula A dapat dilihat pada Gambar 25 sedangkan rincian komposisi senyawa yang teridentifikasi dijelaskan pada Tabel 28. Teridentifikasi dari hasil komposisi senyawa penyusun formula A yaitu β -pinene sebagai senyawa dominan, citronellol dan geraniol.



Gambar 25 Hasil GC MS bioaditif formula A

Tabel 28 Komposisi senyawa bioaditif formula A

Peak	Label	RT	Area Sum %
1	α -Pinene	5.223	41.78
2	Camphene	5.471	0.71
3	α -Pinene	5.969	1.65
4	α -Pinene	6.57	8.31
5	Cyclobutane	6.907	0.96
6	1,3,6-Heptatriene, 2,5,5-trimethyl-	8.017	0.54
7	Citronellol	10.513	0.86
8	Geraniol	11.01	26.91
9	Lavandulol	13.151	2.93
10	Alpha farnesence	13.873	11.1
11	Tricyclo[7.1.0.0[1,3]]decane-2-carbaldehyde	13.997	0.7
12	Santolina triene	14.326	0.56
13	Santolina triene	14.406	1.7
14	Sesquithujene	15.318	1.3



Gambar 26 Hasil GC MS bioaditif formula B

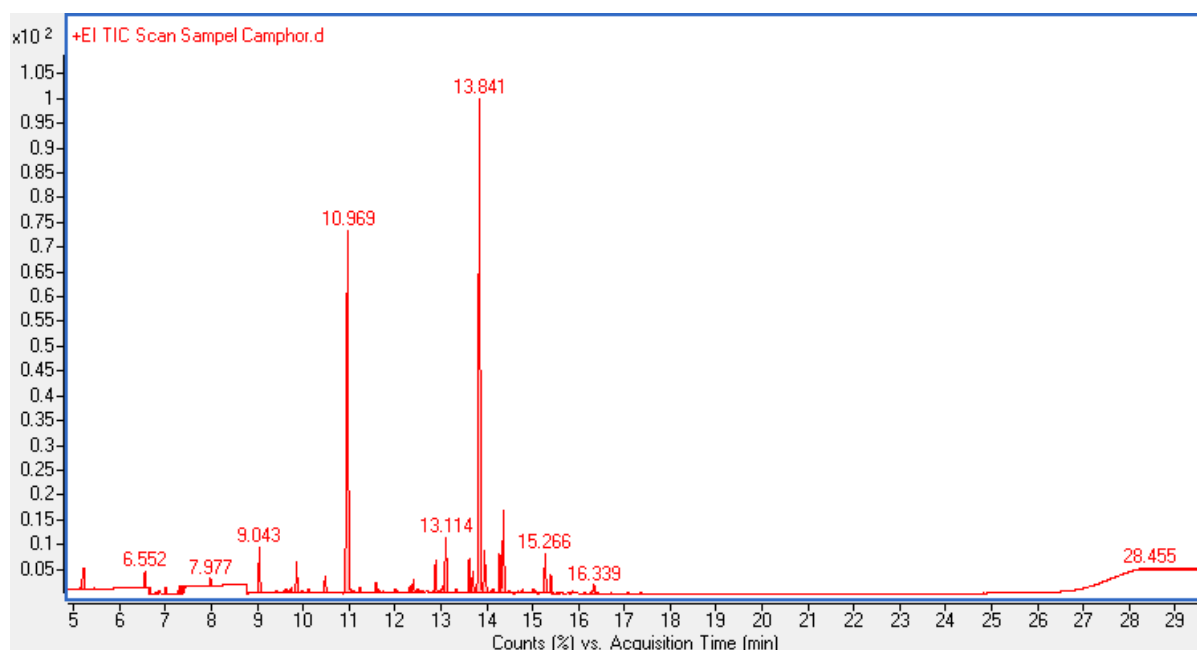
Tabel 29 Komposisi senyawa bioaditif formula B

Peak	Label	RT	Area Sum %
1	α -Pinene	5.231	57.48
2	Champene	5.477	1.03
3	α -Pinene	5.977	2.37
4	α -Pinene	6.578	11.84
5	Cyclohexene	6.913	1.37
6	1,3,6-Heptatriene, 2,5,5-trimethyl-	8.026	0.78
7	Geraniol	10.989	10.28
8	Linalyl ester	13.15	0.95
9	α -Farnesene	13.876	11.41

Peak	Label	RT	Area Sum %
10	Unknown	14	0.84
11	Santolina triene	14.409	1.65

Hasil analisis GC MS formula B disajikan dalam Gambar 26 dengan komposisi senyawa yang teridentifikasi dijelaskan pada Tabel 29. Dari hasil analisis GC MS tersebut teridentifikasi senyawa dominan yang mencirikan masing-masing bahan baku bioaditif seperti α -pinene, geraniol dan citronellol. Perbedaannya, pada formula A komposisi α -pinene yang teridentifikasi lebih rendah (51.74%) dibandingkan pada formula B (71.69%). Hasil tersebut sesuai dengan komposisi turpentine yang lebih rendah pada formula A.

Hasil uji GC MS bioaditif formula baru dapat dilihat pada Gambar 27. Senyawa alfa pinen teridentifikasi dominan komposisinya sesuai dengan formula bioaditif yang dianalisis. Selain itu juga teridentifikasi champor, humulene, terpinolene yang menjadi senyawa penyusun champor oil, aditif tambahan untuk formula baru.



Gambar 27 Komposisi senyawa penyusun bioaditif B + champor 10%

Tabel 30 Komposisi senyawa penyusun bioaditif B + champor

Peak	Name	Formula	RT	Area Sum %
1	α -Pinene	C ₁₀ H ₁₆	5.225	1.76
2	α -Pinene	C ₁₀ H ₁₆	6.552	0.94
3	α -Terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	7.977	0.36
4	Champor	C ₁₀ H ₁₆ O	9.043	2.71
5	Carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	9.621	0.38
6	Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	C ₁₀ H ₁₂	9.741	0.33
7	α -Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	9.854	1.78
8	Citronellol	C ₁₀ H ₂₀ O	10.475	1.2

Peak	Name	Formula	RT	Area Sum %
9	α -Pinene	C10H16	10.969	27.79
10	cis-p-Mentha-2,8-dien-1-ol	C10H16O	11.237	0.41
11	Alpha,alpha,4-trimethylbenzyl carbanilate	C17H19NO2	11.59	0.63
12	D-Verbenone	C10H14O	12.006	0.36
13	Carveol	C10H16O	12.324	0.4
14	Benzenemethanol, 2,4,5-trimethyl-	C10H14O	12.401	0.82
15	1,3,8-p-Menthatriene	C10H14	12.881	1.99
16	1,2,4-Methenoazulene, decahydro-1,5,5,8a-tetramethyl-, [1S-(1 α ,2 α ,3 α β ,4 α ,8 α β ,9R*)]-	C15H24	13.036	0.44
17	β -Pinene	C10H16	13.114	4.01
18	Longifolene	C15H24	13.615	1.87
19	Bicyclo[4.3.0]nonane, 7-methylene-2,4,4-trimethyl-2-vinyl-	C15H24	13.693	1.34
20	Caryophyllene	C15H24	13.841	32.99
21	Caryophyllene	C15H24	13.954	2.96
22	β -Guaiene	C15H24	14.13	0.33
23	1R,3Z,9s-4,11,11-Trimethyl-8-methylenebicyclo[7.2.0]undec-3-ene	C15H24	14.278	2.1
24	Humulene	C15H24	14.363	5.05
25	Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethylidene)-, (4aR-trans)-	C15H24	15.019	0.37
26	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1 α ,4 α β ,8 α α)-	C15H24	15.266	2.46
27	cis-Calamenene	C15H22	15.393	1.13
28	(E)-2-((8R,8aS)-8,8a-Dimethyl-3,4,6,7,8,8a-hexahydronaphthalen-2(1H)-ylidene)propan-1-ol	C15H24O	16.339	0.7
29	Hexasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11-dodecamethyl	C12H38O5Si6	28.455	2.4

Uji Densitas

Tabel 31 Nilai densitas B35 dengan penambahan berbagai formula bioaditif

Formula*	Densitas (kg/m ³)	Standar B35**
Blanko B35	851	
Blanko B40	858	
B35+F1	849	815-880
B35+F2	850	
B35+F3	851	

Formula*	Densitas (kg/m ³)	Standar B35**
B35+F4	852	
B35+F5	849	
B35+Formula A	849	
B35+Formula B	848	
B40+Formula A	859	
B40+Formula B	858	

* F1 = Turpentine : Rhodinol = 9:1

F2 = Turpentine : Clove Terpen : Rhodinol = 6:3:1

F3 = Turpentine : Clove Terpen : Rhodinol = 8:1:1 + EHN

F4 = Turpentine : Clove Terpen : Rhodinol = 8:1:1 + Champor

F5 = Turpentine : Clove Terpen : Rhodinol = 8:1:1 + (Champor+EHN, rasio 1:1)

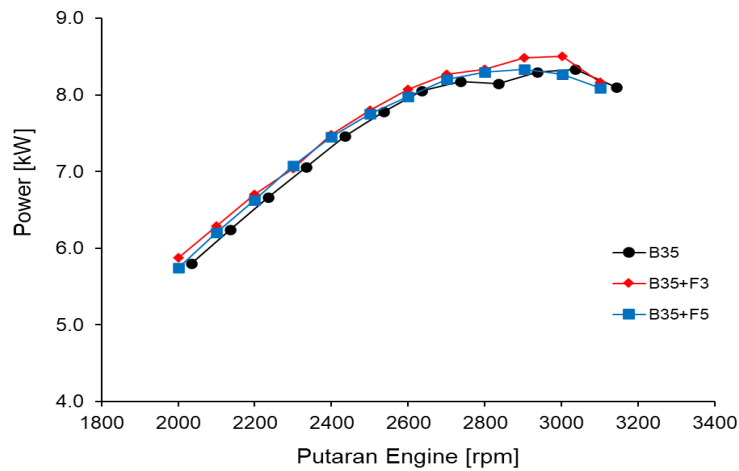
**Keputusan Dirjen Migas No.185.K/HK.02/DJM/2022

Densitas menjadi parameter penting biosolar karena mempengaruhi besar kecilnya massa bahan bakar yang diinjeksikan ke ruang bakar. Densitas yang tinggi memberikan massa per volume yang lebih banyak. Biodisel memiliki densitas yang lebih tinggi dari minyak solar, sehingga massa bahan bakar yang diinjeksikan akan lebih banyak. Hal ini berdampak pada jumlah konsumsi bahan bakar yang lebih besar. Batas densitas B35 yang ditentukan sesuai Keputusan Dirjen Migas No.185.K Tahun 2022 sebesar 815 – 880 kg/m³. Dari Tabel 31 diketahui bahwa B35 dan B40 baik yang blanko maupun yang ditambahkan bioaditif semuanya memenuhi spesifikasi densitas sesuai regulasi yang berlaku.

3.2.2.2. Uji Engine

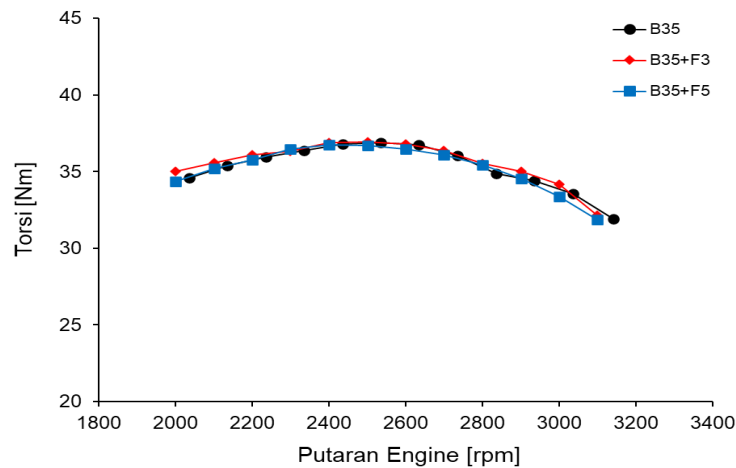
Pengujian daya dan torsi maksimum engine dilaksanakan pada kondisi beban penuh pada setiap putaran engine. Gambar 28 menunjukkan daya engine pada berbagai putaran dengan bahan bakar B35 dan B35+aditif. Daya engine dari putaran 2000 sampai 2700 rpm menunjukkan hasil yang sedikit lebih tinggi untuk B35+aditif F3 dan B35+aditif F5 dibandingkan dengan B35 tanpa aditif. Tetapi pada putaran 2800 – 3100 rpm, B35+aditif F5 menghasilkan daya yang sebanding dengan B35, sedangkan B35+aditif F5 menunjukkan daya maksimum lebih besar dibandingkan kedua bahan bakar lainnya seperti ditunjukkan pada Gambar 28. Daya maksimum untuk B35, B35+aditif F3 dan B35+aditif F5 adalah sebesar 8,3 kW, 8,5 kW dan 8,3 kW.

Sebagai catatan, F3 yang dimaksud dalam studi uji engine ini adalah formula B (rasio turpentine, clove terpen dan rhodinol 8:1:1). Sementara bioaditif F5 merupakan formula B + champor oil 10% v/v.



Gambar 28 Daya engine dengan B35 dan B35+aditif

Pada pengujian engine bahan bakar yang digunakan adalah aditif dengan formula 3 dan 5 berdasarkan pertimbangan hasil pengujian pada sub-bab sebelumnya dan formula yang akan digunakan dalam komersialisasi. Torsi engine pada berbagai putaran dengan B35, B35+aditif F3 dan B35+aditif F5 ditunjukkan pada Gambar 29. Secara umum hasil pengujiannya torsi menunjukkan trend yang identik dengan karakteristik daya yang dihasilkan.



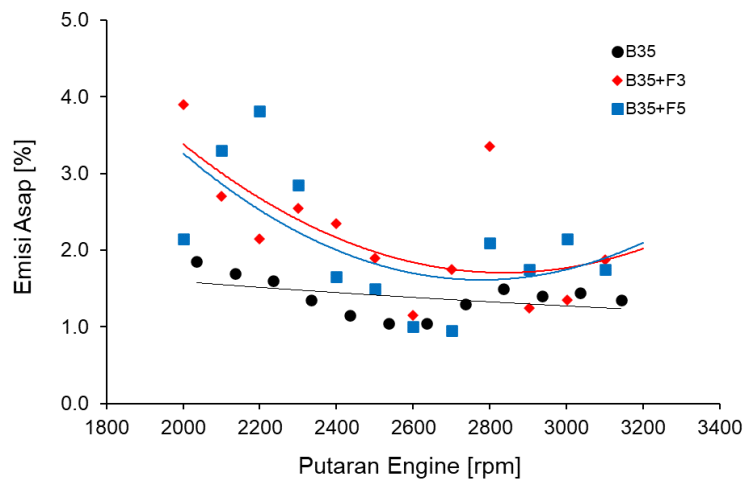
Gambar 29 Torsi engine dengan B35 dan B35+aditif

Torsi engine dengan B35 memiliki nilai tidak berbeda jauh (dibawah 1%) dengan B35+aditif F5 pada putaran rendah sampai putaran tinggi, sedangkan pada putaran rendah B35+aditif F3 menghasilkan torsi yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan kedua bahan bakar lainnya. Hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 29 menghasilkan torsi maksimum untuk B35 sebesar 36,9 Nm, sedangkan untuk B35+aditif F3 dan B35+aditif F5 masing masing sebesar 36,9 Nm dan 36,8 Nm. Rangkuman dari hasil daya dan torsi engine B35 dengan bioaditif apabila dibandingkan dengan B35 tanpa aditif ditunjukkan pada Tabel 32.

Tabel 32 Prosentase beda daya dan torsi B35 tanpa dan dengan aditif

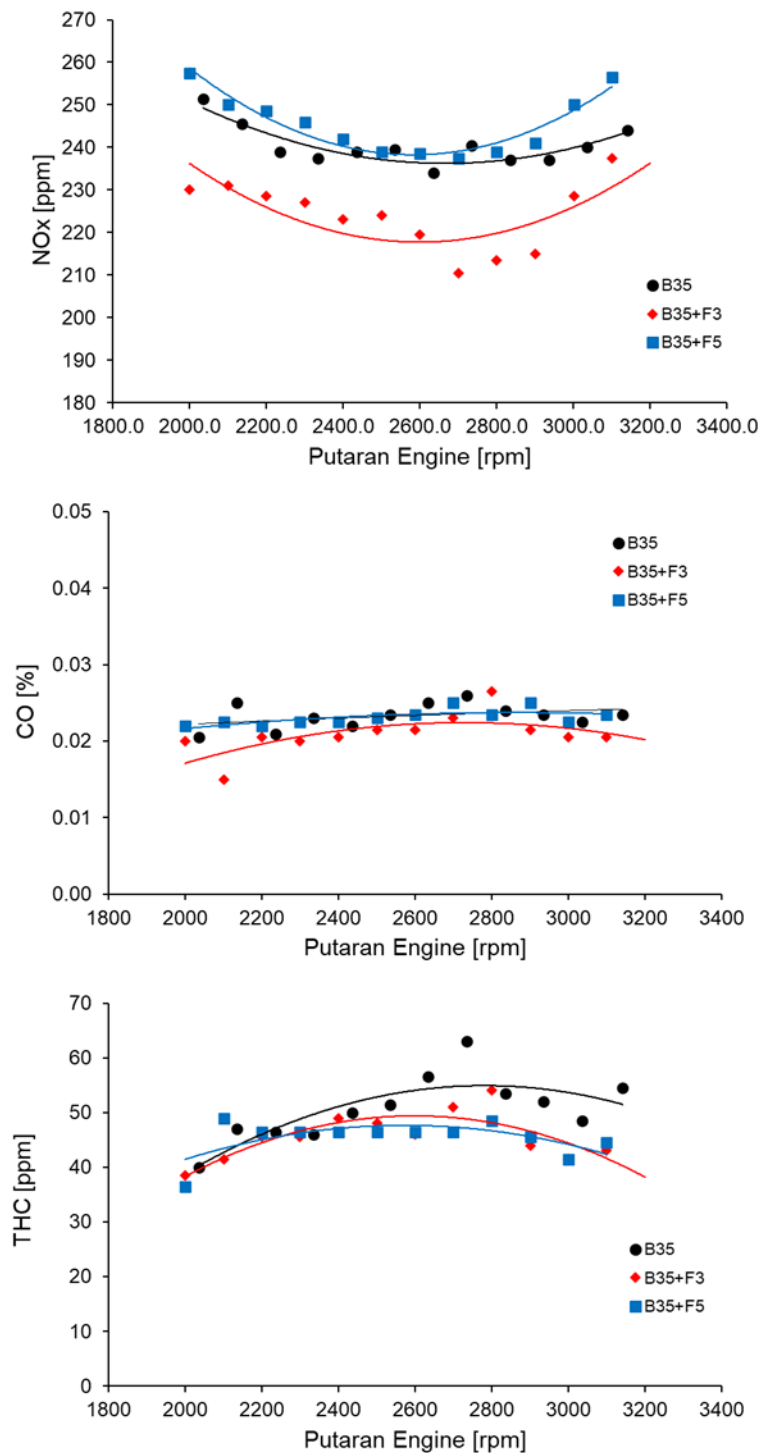
Bahan Bakar	Engine Torsi [Nm]	Engine Power [kW]	% beda Torsi terhadap B35	% beda Power terhadap B35
B35	36.90	8.30		
F3	36.90	8.50	0.00	2.41
F5	36.80	8.30	-0.27	0.00

Pengaruh penggunaan bioditif terhadap emisi asap dari engine diesel juga menjadi parameter evaluasi pada pengujian di engine test bench. B35 menghasilkan emisi asap/smoke yang tidak berbeda jauh yaitu pada kisaran 1,1% sampai 1,9% untuk putaran rendah sampai dengan tinggi dengan emisi terendah terjadi pada putaran torsi maksimum, dan tertinggi pada putaran engine 2000 rpm (Gambar 30). Emisi asap dengan menggunakan aditif baik F3 maupun F5 memiliki hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa aditif terutama pada putaran rendah dan tinggi.



Gambar 30 Emisi asap engine berbahan bakar B35 dan B35+aditif

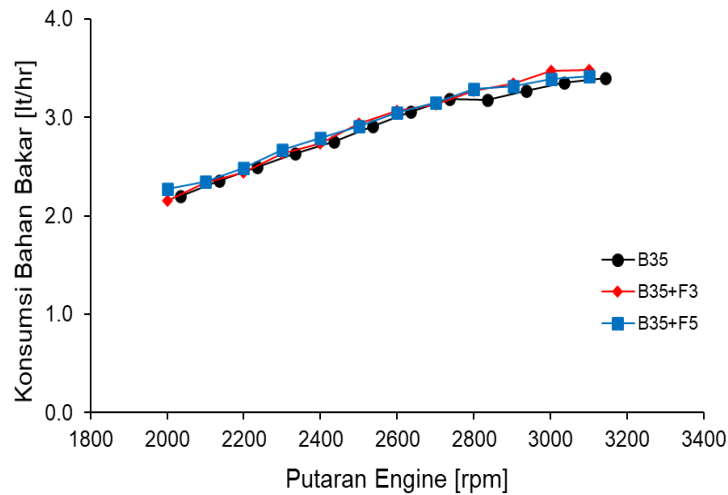
Emisi asap untuk aditif pada putaran rendah baik untuk F3 dan F5 pada putaran rendah mencapai nilai sekitar 4% yaitu 2 lebih tinggi (200%) dibandingkan dengan tanpa aditif. Tetapi, pada kondisi putaran pada torsi dan power maksimum perbedaannya menjadi lebih kecil menjadi sekitar 20%, bahkan aditif F3 menghasilkan nilai smoke yang lebih rendah dibandingkan dengan B35 tanpa aditif. Selain emisi asap, emisi NO_x, THC dan CO juga dievaluasi pada pengujian ini. Gambar 31 menunjukkan hasil pengujian ketiga emisi tersebut pada berbagai putaran engine untuk semua bahan bakar uji.



Gambar 31 Emisi NOx, CO dan THC engine berbahan bakar B35 dan B35+aditif

Emisi NOx untuk B35+aditif F5 menunjukkan hasil lebih tinggi untuk semua putaran dibandingkan dengan B35 dan B35+aditif F3. Gambar 31 juga menunjukkan karakteristik NOx yang tinggi pada putaran rendah, kemudian turun sampai dengan putaran menengah kemudian naik kembali pada putaran tinggi untuk ketiga bahan bakar uji. Hasil pengukuran emisi NOx juga menunjukkan bahwa B35+aditif F3 memiliki nilai yang lebih rendah untuk semua putaran dibandingkan dengan kedua bahan bakar uji lainnya. Hasil pengujian emisi CO tidak menunjukkan perbedaan yang besar pada semua putaran untuk B35 dan B35 plus

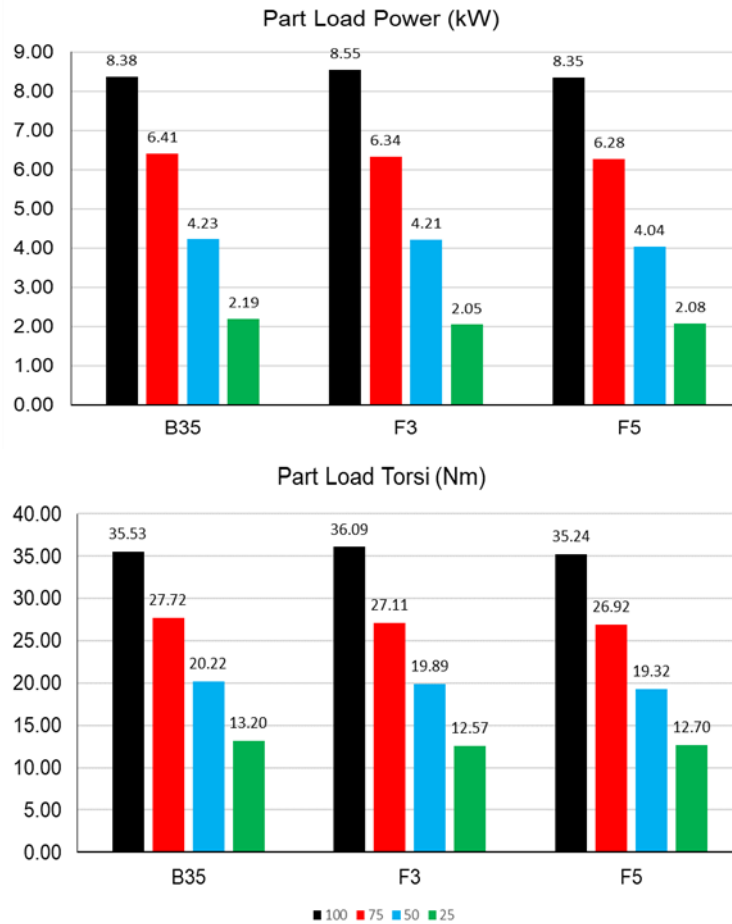
aditif, tetapi aditif F3 menunjukkan hasil yang lebih kecil dibanding B35 dan B35+aditif F5 seperti ditunjukkan pada Gambar 31. Emisi THC menghasilkan trend berkebalikan dengan emisi NOx dimana B35+aditif F5 menghasilkan nilai yang lebih rendah pada hampir semua putaran dibandingkan B35 dan B35+aditif F3. Nilai NOx yang tinggi dan THC yang rendah menunjukkan bahwa pembakaran dengan aditif F5 dapat dipertimbangkan menghasilkan temperature pembakaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedua bahan bakar lainnya sehingga bahan bakar yang tidak terbakar menjadi lebih sedikit yang berdampak pada rendahnya THC yang dihasilkan.



Gambar 32 Konsumsi bahan bakar engine dengan B35 dan B35+aditif

Gambar 32 menunjukkan hasil pengukuran konsumsi bahan bakar dengan ketiga bahan bakar uji pada berbagai rentang putaran engine dengan kondisi wide open throttle. Konsumsi bahan bakar yang dinyatakan dalam satuan liter per jam menunjukkan bahwa trend hasilnya sama dengan daya yang dihasilkan. Konsumsi pada putaran rendah sampai dengan menengah memiliki hasil yang tidak berbeda jauh, tetapi pada rentang operasi putaran tinggi aditif F3 memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan dengan B35 dan B35+aditif F5.

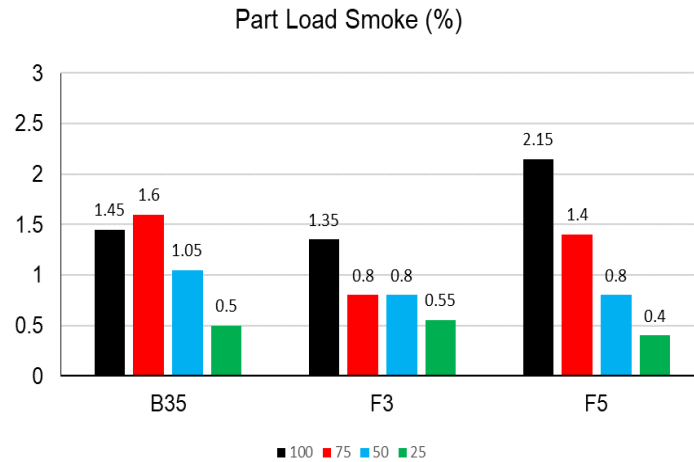
Pada kajian ini juga dievaluasi pengaruh kondisi berbagai beban pada kondisi putaran daya maksimum untuk B35 dengan dan tanpa aditif. Gambar 33 menunjukkan karakteristik engine dengan B35 dan B35+aditif pada beban 25% sampai dengan 100%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa engine dengan bahan bakar B35 menghasilkan daya dan torsi yang sedikit lebih tinggi pada beban engine 25 – 75% dibandingkan dengan B35+aditif F3 dan B35+aditif F5.



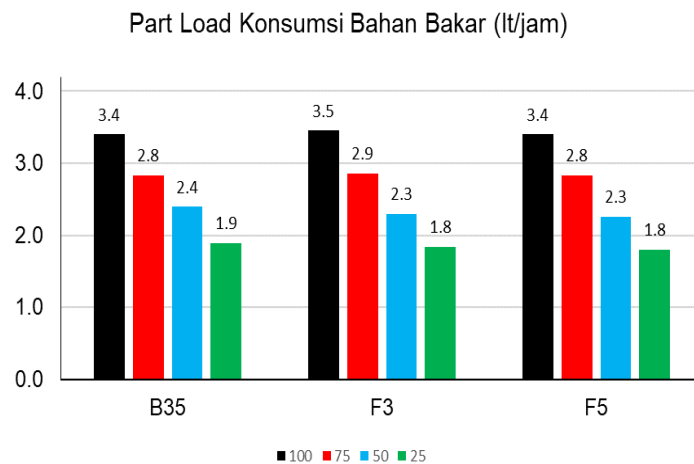
Gambar 33 Karakteristik power dan torsi B35 dan B35+aditif pada kondisi part load

Emisi asap B35+aditif F3 menghasilkan emisi asap yang sedikit lebih rendah untuk beban 50 – 100% dibandingkan dengan kedua bahan bakar uji lainnya, walaupun pada beban 25% aditif F3 menghasilkan sedikit asap yang lebih tinggi dari B35 dan B35+aditif F5. Gambar 34 juga menunjukkan bahwa pada beban 25%, aditif F5 menghasilkan emisi asap yang paling rendah dibandingkan B35 dan B35+aditif F3. Variasi emisi smoke yang dihasilkan dapat sangat kecil, hal ini dengan pertimbangan bahwa standar emisi smoke untuk lolos limit SNI 0119:2020 adalah 54%. Sedangkan, hasil pengujian menunjukkan hasil untuk semua bahan bakar uji dibawah 5%.

Gambar 35 menunjukkan karakteristik konsumsi bahan bakar engine pada berbagai beban untuk bahan bakar B35 dan B35+aditif untuk putaran engine 3000 rpm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa B35+aditif menunjukkan perbaikan pada beban 25 dan 50%. Untuk beban 75% dan 100%, aditif F3 menghasilkan konsumsi yang lebih tinggi dibandingkan B35 dan aditif F5 menunjukkan hasil identik dengan B35.



Gambar 34 Karakteristik emisi smoke B35 dan B35+aditif pada kondisi part load



Gambar 35 Karakteristik konsumsi bahan bakar B35 dan B35+aditif pada kondisi part load

3.3. Output 3: Uji Lapangan untuk Formula Bioaditif B35

3.3.1. Metode Penelitian

3.3.1.1. Uji Konfirmasi Lapangan untuk Bioaditif B30 di PT. Varia Usaha Beton Plant BSP Sayung

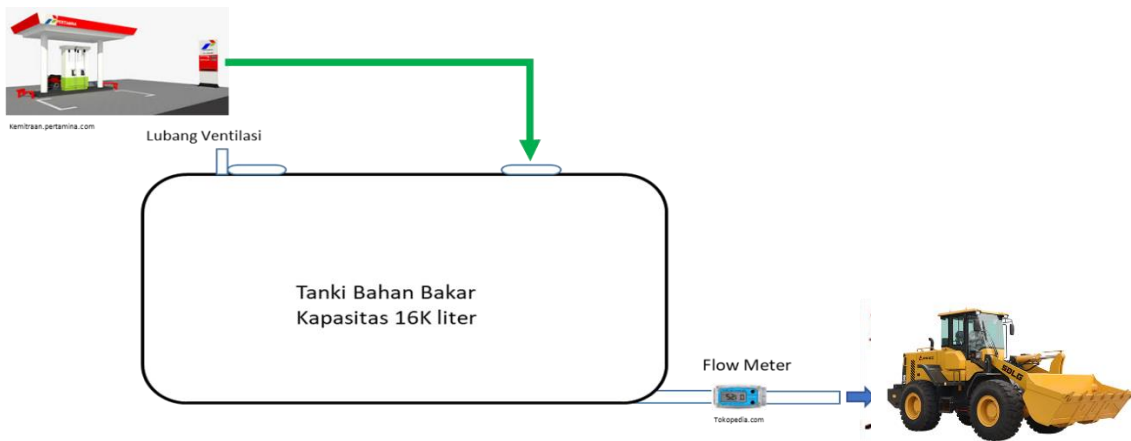
Kendaraan Uji

Kendaraan uji yang digunakan dalam uji lapang kali ini telah ditentukan yang memiliki kelengkapan secara teknis untuk memudahkan dalam memonitor dan nantinya untuk dilakukan evaluasi adalah kendaraan yang odometernya masih berfungsi. Dari hasil inspeksi yang kemudian menjadi rekomendasi dari pihak PT. VUB adalah Truk Mixer [TM 247] dan Wheel Loader sebagai objek uji lapang. Metode pengisian bahan bakar dilaksanakan sesuai standar PT. VUB. Unit uji akan direkap history perawatan dan konsumsi bahan bakar setidaknya untuk kondisi satu bulan sebelum proses pengujian lapangan dengan bioaditif.

Bahan Bakar

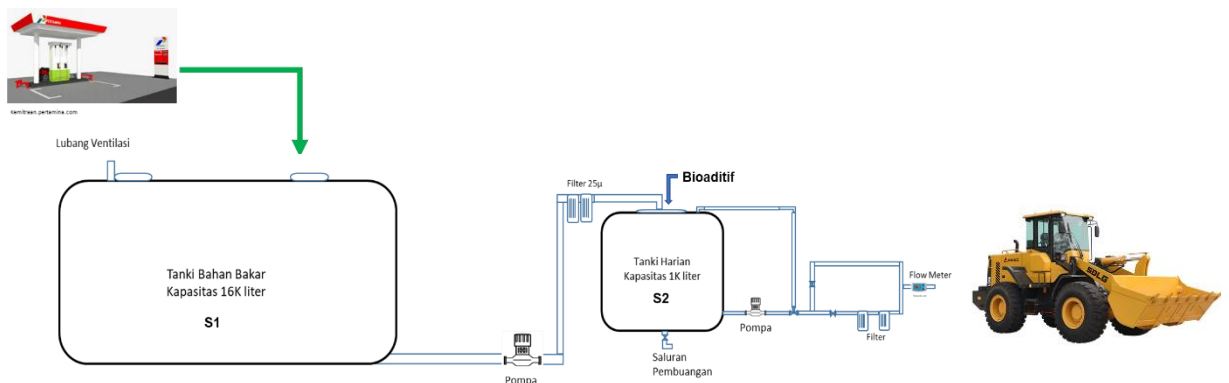
Sistem suplai bahan bakar untuk pengujian lapangan bioaditif dilakukan dengan 2 mekanisme.

1. Suplai bahan bakar untuk unit yang dilakukan melalui tanki utama (Main Tank)
Gambar 1 menunjukkan sistem penyimpanan bahan bakar dan suplainya di PT. VUB. Kapasitas main tanki adalah 16 KI dengan waktu pengisian dari supplier bahan bakar 2 kali dalam sebulan. Bahan bakar dari main tanki dialirkan langsung ke tanki kendaraan dan atau excavator secara full tank. Flow meter dipasang pada saluran suplai bahan bakar main tank untuk menunjukkan volume bahan bakar yang isikan ke tanki unit PT.VUB. Pada uji lapangan, evaluasi dengan bahan bakar tanpa aditif akan dilaksanakan dengan sistem pada Gambar 36 untuk rentang waktu 10 hari kerja. Sampel bahan bakar akan diambil setiap hari Rabu dan Jumat.



Gambar 36. Sistem suplai bahan bakar PT.VUB

2. Suplai bahan bakar untuk unit melalui tanki utama yang dialirkan ke daily tank.
Sistem suplai bahan bakar untuk pengujian lapangan dengan bioaditif diusulkan sesuai dengan skema pada Gambar 18. Suplai bahan bakar untuk seluruh unit uji PT. VUB melalui daily tank yang disiapkan khusus untuk uji lapangan ini. Penambahan bioaditif dengan rasio 1:1000 dilakukan pada daily tank sesuai dengan volume bahan bakar yang diisikan melalui main tank yang ditunjukkan pada Gambar 37. Durasi uji lapangan untuk penambahan aditif melalui daily tank adalah selama 1 (satu) bulan.



Gambar 37. Metode suplai bahan bakar untuk uji lapangan dan pengisian aditif pada daily tank

Tanki bahan bakar menerima pengisian dari Pertamina atau sumber lainnya sesuai ketersediaan penyuplai bahan bakar ke dalam main tank. Bahan bakar untuk pengujian lapangan dengan aditif akan disuplai melalui daily tank dengan kapasitas 2 Kl seperti ditunjukkan pada Gambar 37.

Prosedur pengisian terhadap tanki bahan bakar untuk pengujian lapangan adalah sebagai berikut.

- a) Pengisian bahan bakar pada main tank disesuaikan dengan supplier yang tersedia di tempat uji PT. VUB dengan kapasitas sesuai kebutuhan yang ditetapkan. Copy/catat certificate of analysis (CoA) dari bahan bakar yang di isikan
- b) Pencatatan volume bahan bakar di main tank dilaksanakan pada setiap pengisian bahan bakar.
- c) Setelah pengisian pada main tank selesai, pengisian pada daily tank dapat dilaksanakan dengan mengaktifkan pompa. Isi daily tank sampai posisi penuh (tanda Full pada daily tank).
- d) Catat penambahan volume pada daily tank.
- e) Penambahan bioaditif pada daily tank sesuai dengan volume yang diisikan dengan rasio 1:1000.
- f) Sirkulasi bahan bakar dilaksanakan setelah bioaditif ditambahkan pada tanki dengan waktu 15 menit.
- g) Pengisian bahan bakar untuk unit uji dilaksanakan sesuai dengan standar volume yang ditetapkan oleh PT.VUB.

Prosedur harian persiapan harian uji lapangan.

- a) Ambil bahan bakar sebanyak 200 ml dari main tank. Sampel yang diambil ditempatkan pada tempat sampel yang disediakan.
- b) Lakukan pengecekan visual bahan bakar pada main dan daily tank pada jam 8:00 dan 16:00. Catat komentar hasil inspeksi manualnya pada Form harian seperti ada Lampiran 1.
- c) Lakukan pemotretan bahan bakar pada point b.
- d) Lakukan hal yang sama (point a-c) untuk bahan bakar di daily tank.
- e) Pastikan bahwa volume bahan bakar pada daily tank pada jam 8:00 pada kondisi full. Apabila volume dibawah mark full, maka tambahkan bahan bakar dari main tank.
- f) Catat setiap penambahan bahan bakar ke daily tank sesuai dengan angka yang ditunjukkan pada flow meter (indikator awal dikurangi indikator akhir) pada form harian sesuai Lampiran 1.
- g) Tambahkan aditif sesuai dengan volume yang ditambahkan pada daily tank dengan rasio 1:1000.
- h) Catat penambahan aditif pada daily tank.
- i) Drain bahan bakar dari daily tank pada setiap hari Jumat minggu kedua pada jam 10:00 sebanyak 20 liter.
- j) Bahan bakar yang di drain pada point I, dimasukkan kembali kedalam main tank.
- k) Lakukan pencatatan pengisian bahan bakar pada main tank dari drainnya daily tank pada form harian seperti Lampiran 1.

Prosedur harian pengujian lapangan

- a) Catat tekanan bahan bakar pada point 1, 2 dan 3 seperti yang ditunjukkan pada pressure gauge yang ditunjukkan pada Gambar 2.
- b) Lakukan pembersihan pada filter 1 apabila beda tekanan (P2-P1) sudah mencapai 15 kPa. Lakukan pemotretan untuk filter sebelum dan sesudah dibersihkan.
- c) Filter suplai ke tanki unit diganti apabila differential pressure (P2-P1) mencapai 35 kPa. Lakukan switching untuk suplai bahan bakar ke unit selama proses pergantian filter berlangsung. Lakukan pencatatan pergantian filter pada Form 1.
- d) Cek kondisi kebocoran pada saluran bahan bakar dari main tank, daily tank dan setelah flowmeter untuk suplai ke unit uji. Apabila terjadi kebocoran atau tetesan segera perbaiki dan catat pada form harian.
- e) Catat kondisi saluran bahan bakar pada Form harian seperti ditunjukkan pada Form 1.
- f) Pengisian bahan bakar pada unit dilaksanakan sesuai dengan standar PT.VUB. Catat setiap volume pengisian bahan bakar sesuai dengan indikator flow meter 2.
- g) Catat data unit uji pada point f sesuai dengan isian pada form harian di Lampiran 1.
- h) Apabila ada unit uji yang sedang melakukan service, catat jenis service dan pergantian komponen yang dilaksanakan pada Form 1.
- i) Lakukan sampling bahan bakar pada main dan daily tank setiap hari pada jam 9:00. Sampling dilakukan pada bagian bawah tempat outlet bahan bakar.

Analisa Bahan Bakar

Analisa sampel bahan bakar pada uji lapangan ini terdiri dari dua jenis yaitu full test sesuai dengan SK Dirjen Migas No.0234.K/10/DJM.S/2019 untuk sampel dengan dan tanpa aditif. Pengujian sampel kontaminan air dan fuel cleanliness dilaksanakan setiap minggu pada tanki kendaraan untuk pengisian langsung dan pada sebelum dan setelah filter untuk pengisian melalui tanki suplai.

Analisa Pemakaian Bioaditif

Pemakaian bio-aditif pada PT. VUB akan dievaluasi dengan parameter pergantian komponen filter bahan bakar dan parameter operasional lainnya seperti konsumsi bahan bakar, driveability dan emisi asap.

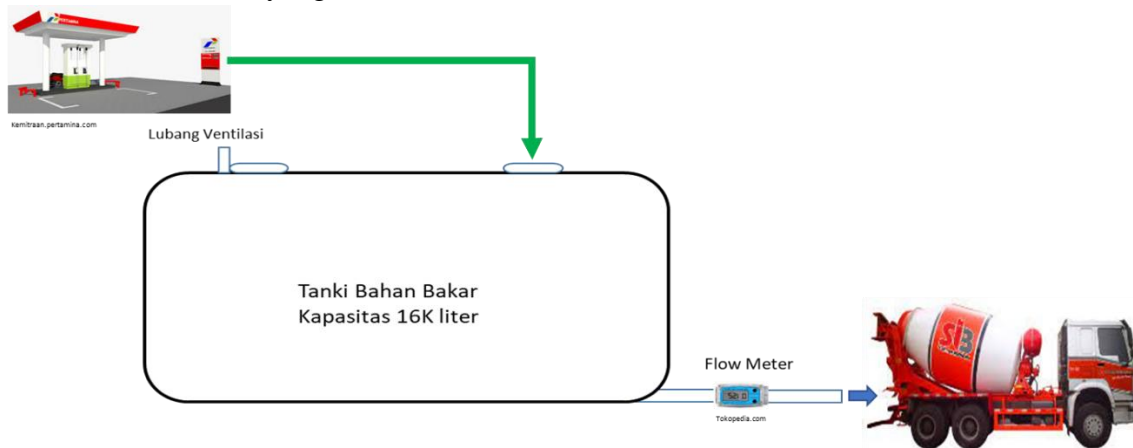
3.3.1.2. Uji Lapangan Bioaditif B35 di PT. Varia Usaha Beton Plant BSP Sayung Kendaraan Uji

Kendaraan uji lapangan adalah truck mixer (TM) dengan kode TM170 merk HINO dan TM 269 merk UD Truck. Unit uji ini direkomendasikan oleh tim engineering PT. VUB dengan pertimbangan kondisi engine yang masih dalam posisi optimum untuk pengujian lapangan bio-aditif. Sebelum pelaksanaan uji lapangan, pengurusan tanki maupun pergantian filter bahan dilakukan untuk kedua unit tersebut.

Sistem Suplai Bahan Bakar

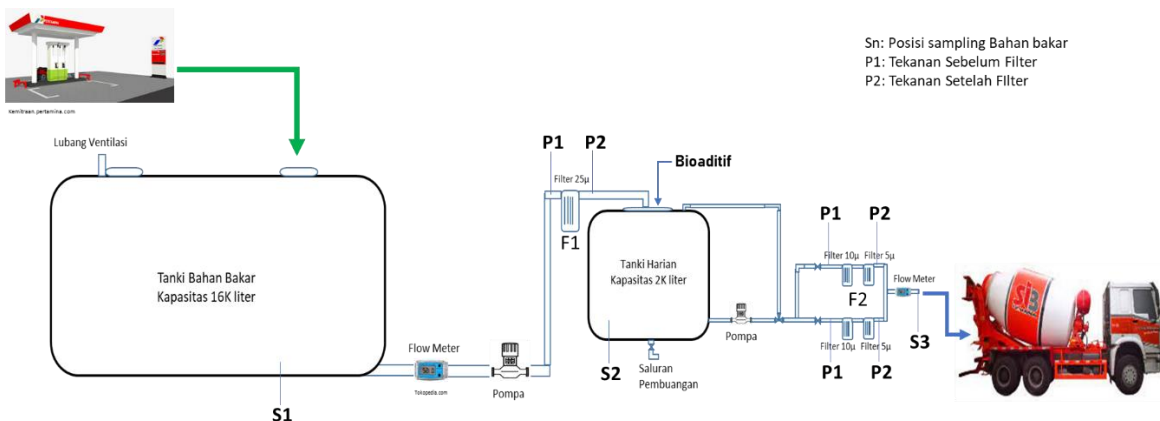
Gambar 3 menunjukkan sistem penyimpanan dan penyaluran B35 di PT. VUB Sayung. Kapasitas main tank adalah 16 Kl dengan waktu pengisian dari supplier bahan bakar sekitar 2 kali dalam sebulan. Bahan bakar dari main tank dialirkan langsung ke tanki kendaraan dengan

pipa saluran yang berada dibagian paling bawah main tank seperti ditunjukkan pada Gambar 38. Flow meter dipasang pada saluran suplai bahan bakar main tank untuk menunjukkan volume bahan bakar yang isikan ke tanki unit kendaraan.



Gambar 38 Sistem suplai bahan bakar PT.VUB

Sistem suplai B35 untuk tanpa aditif dilaksanakan sesuai dengan kondisi saat ini di PT. VUB seperti pada Gambar 38, sedangkan untuk sistem suplai B35 dengan bio-aditif dilaksanakan sesuai dengan skema pada Gambar 39. Suplai bahan bakar untuk seluruh unit PT. VUB melalui daily tank yang akan disiapkan khusus untuk uji lapangan ini. Penambahan bioaditif dengan rasio 1:1000 akan dilakukan pada daily tank sesuai dengan volume bahan bakar yang diisikan dari main tank.



Gambar 39. Metode suplai bahan bakar untuk uji lapangan

Tanki bahan bakar akan menerima pengisian dari Pertamina atau sumber lainnya sesuai ketersediaan penyuplai bahan bakar ke dalam main tank. Bahan bakar untuk pengujian lapangan dengan aditif akan disuplai melalui daily tank dengan kapasitas 2 Kl seperti ditunjukkan pada Gambar 39.

Analisa Pemakaian Bahan Bakar

Pengukuran konsumsi bahan bakar dengan metode full to full mengacu pada standar SAE J1082-200802 dengan tujuan agar bisa mendapatkan data konsumsi bahan bakar berdasarkan pola operasi kendaraan yang ditentukan. Metode Full to Full ini pada dasarnya menggunakan

prinsip banyaknya kilometer jarak yang ditempuh dibagi dengan banyaknya bahan bakar yang digunakan, dengan prosedur berikut:

- 1) Posisikan kendaraan pada tempat yang dipastikan rata saat akan melakukan pengisian bahan bakar.
- 2) Isi penuh tanki kendaraan dengan bahan bakar hingga ke ujung lubang pengisian bahan bakar. Apabila diperlukan, lakukan penandaan pada daerah maksimum bahan bakar sehingga dapat menjadi referensi untuk pengisian berikutnya.
- 3) Jarak tempuh yang digunakan berdasarkan surat jalan dari PT. VUB.
- 4) Catat volume beton yang diangkut berdasarkan penimbangan/ surat jalan (Y).
- 5) Pada kondisi kendaraan diperlukan pengisian bahan bakar, posisikan kendaraan ditempat yang sama seperti point 1.
- 6) Isi kembali kendaraan dengan bahan bakar hingga tanki penuh seperti pada point 2. Catat jumlah bahan bakar yang diisikan (A1).
- 7) Jumlahkan jarak berdasarkan surat jalan dari point 1 sampai dengan sebelum pengisian bahan bakar pada point 6.
- 8) Hitung konsumsi bahan bakar tanpa pada kendaraan tersebut, dengan persamaan 1.

$$\text{Konsumsi Bahan Bakar} = \frac{\text{Jarak tempuh full to full}}{\text{Volume pengisian full to full}} \times \frac{\text{volume beton yang dimuat}}{7} \quad (1)$$

Catatan: Jarak tempuh pada uji lapangan ini menggunakan jumlah jarak berdasarkan surat jalan dengan pertimbangan hasil evaluasi dengan error lebih rendah dibandingkan dengan bacaan odometer untuk TM.

3.3.1.3. Uji Lapangan Bioaditif B35 di PT. Pertamina Hulu Energi OSES

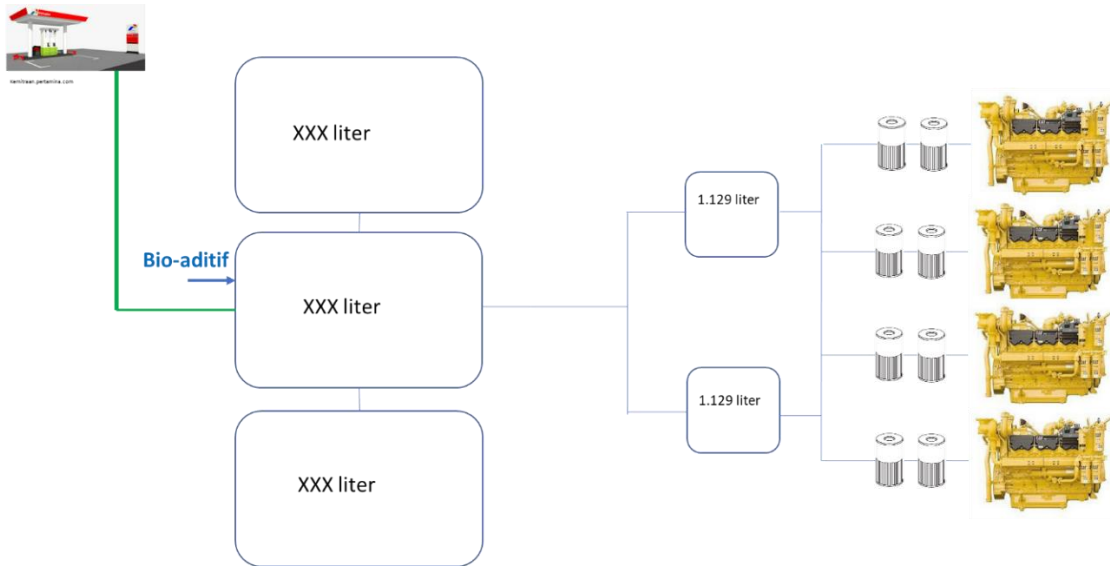
Kapal Uji

Kapal uji yang digunakan dalam uji lapang kali ini ditentukan dengan pertimbangan memiliki kelengkapan secara teknis untuk memudahkan dalam memonitor dan evaluasi parameter konsumsi bahan bakar dan fuel cleanliness. Kapal Sigap Jaya dilengkapi dengan 4 (empat) main engine yang terdiri dari 2 main engine dengan kapasitas 1082 kW dan dua main engine dengan kapasitas 821 kW. Selain main engine, Sigap Jaya juga didukung dengan dua auxiliary engine berkapasitas 92 kW.

Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pengujian ini adalah biodiesel dengan campuran 35% (B35). Sistem suplai bahan bakar kapal Sigap Jaya pada pengujian lapangan bioaditif ditunjukkan pada Gambar 40.

1. Penambahan bioaditif dilaksanakan pada main tank ketika pengisian rutin bahan bakar yang bertempat di Pabelokan yang dilaksanakan setiap akhir minggu (Sabtu atau Minggu).
2. Penambahan bioaditif dilaksanakan dengan rasio 1:1000 sesuai dengan volume bahan bakar yang diisikan melalui main tank. Pada uji lapangan ini, kondisi aditif diasumsikan dapat bercampur secara homogen dengan B35 dengan pertimbangan kondisi ‘ulakan’ pada main tank ketika kapal beroperasi dari Pabelokan ke homebase di Kalijabat.



Gambar 40 Sistem penyaluran bahan bakar pada uji lapangan

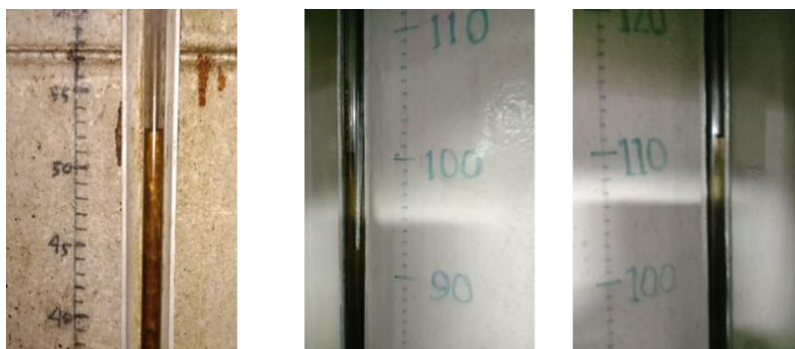
Evaluasi Penggunaan Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar kapal Sigap Jaya dilaksanakan berdasarkan jumlah pengisian bahan bakar yang dilaksanakan pada setiap minggu dan konsumsi harian bahan bakar baik dengan bahan bakar B35 tanpa aditif maupun B35 dengan aditif. Jumlah pengisian bahan bakar diperoleh dari data resmi dari PT. Pertamina untuk kapasitas yang diisikan kepada Sigap Jaya di Pabelokan. Sedangkan untuk konsumsi harian Sigap Jaya, datanya bersumber dari hasil pengukuran melalui metode sounding pada tanki kapal. Efisiensi bahan bakar dengan bioaditif dihitung dengan formula 1 dan formula 2.

$$\text{Efisiensi}(\%) = \left(\frac{\text{pengisian B35 dg aditif} - \text{pengisian B35 tanpa aditif}}{\text{Pengisian B35 tanpa aditif}} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Efisiensi}(\%) = \left(\frac{\text{konsumsi B35 dg aditif} - \text{konsumsi B35 tanpa aditif}}{\text{konsumsi B35 tanpa aditif}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Untuk keperluan evaluasi bahan bakar, data level tanki bahan bakar juga direkam bersamaan dengan pengambilan sampel bahan bakar. Gambar 41 menunjukkan contoh rekaman level bahan bakar yang menggambarkan stock bahan bakar di Sigap Jaya selama uji lapang berlangsung.



Level main tank

Level daily tank sebelah kiri dan kanan kapal

Gambar 41. Contoh rekaman level bahan bakar pada main dan daily tank

Pelaksanaan Pengambilan Sampel Bahan Bakar

Evaluasi fuel cleanliness dengan bioaditif dilaksanakan berdasarkan analisa sampel yang diambil dari beberapa titik sampling yang meliputi: Bagian atas, tengah dan dasar main tank, daily tank dan sampel dari pre-filter. Pengambilan sampel dilaksanakan dengan alat bacon bom sampler. Sampel tersebut dianalisa jumlah kandungan partikel ukuran 4, 6 dan 14 mikron di laboratorium milik Trakindo dengan menggunakan standar ASTM D7596. Gambar 42 menunjukkan proses pengambilan sampel bahan bakar selama uji lapang di Sigap Jaya.



Gambar 42. Proses pengambilan sampel di main dan daily tank

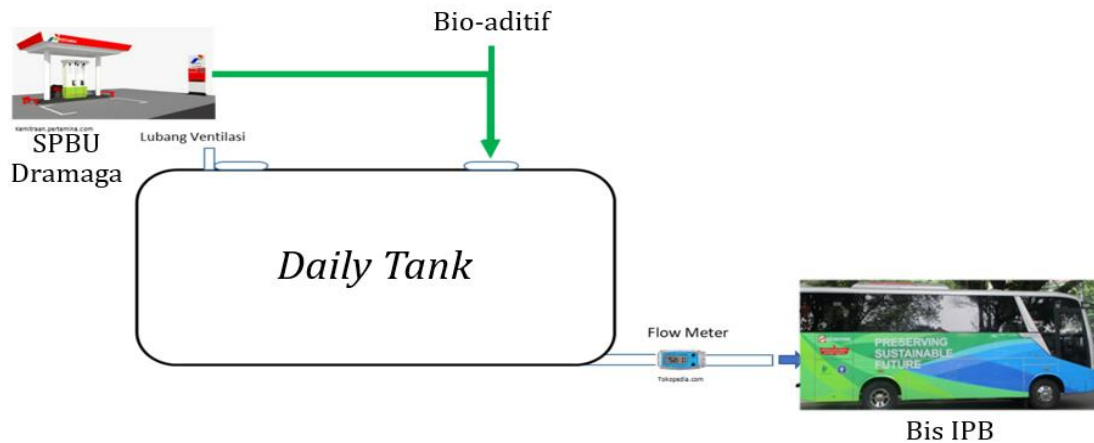
3.3.1.4. Uji Lapangan Bioaditif B35 pada Bus Operasional IPB

Prosedur Uji

Kendaraan uji diusulkan sesuai dengan jumlah perlakuan uji lapangan, yaitu sebanyak empat unit Bus IPB. Uji lapangan dilakukan dalam 3 tahapan proses, yaitu (1) Pencampuran 0,1% Bio-aditif dengan biosolar dan didiamkan selama 3 – 5 hari pada daily tank, tujuannya untuk menurunkan kadar air dan partikulat pada biosolar, (2) Penggunaan biosolar yang telah ditambahkan bio-aditif sebagai bahan bakar Bus IPB, dan (3) Karakterisasi penggunaan bahan bakar, yang meliputi performa filter bahan bakar, tingkat penurunan kadar air dan partikulat pada biosolar, serta performa Bus IPB dalam konsumsi bahan bakar. Biosolar tanpa penambahan bio-aditif juga dianalisis sebagai pembandingan atau kontrol. Masing-masing perlakuan akan diamati selama dua minggu dan di dilakukan pengulangan sebanyak dua kali (dua unit Bis).

Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan diperoleh dari Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Dramaga Bogor. Biosolar ditampung pada tangki 500 L (daily tank) kemudian ditambahkan bio-aditif. Gambar 43 menunjukkan mekanisme atau diagram alir persiapan dan pengisian bahan bakar pada Bus IPB untuk perlakuan dengan menggunakan bio-aditif. Sedangkan mekanisme pengisian bahan bakar pada Bus IPB untuk perlakuan tanpa menggunakan bio-aditif, masing-masing Bus IPB langsung melakukan pemngisian dari SPBU Dramaga.



Gambar 43 Diagram alir persiapan dan pengisian bahan bakar pada Bus IPB

Analisa Bahan Bakar

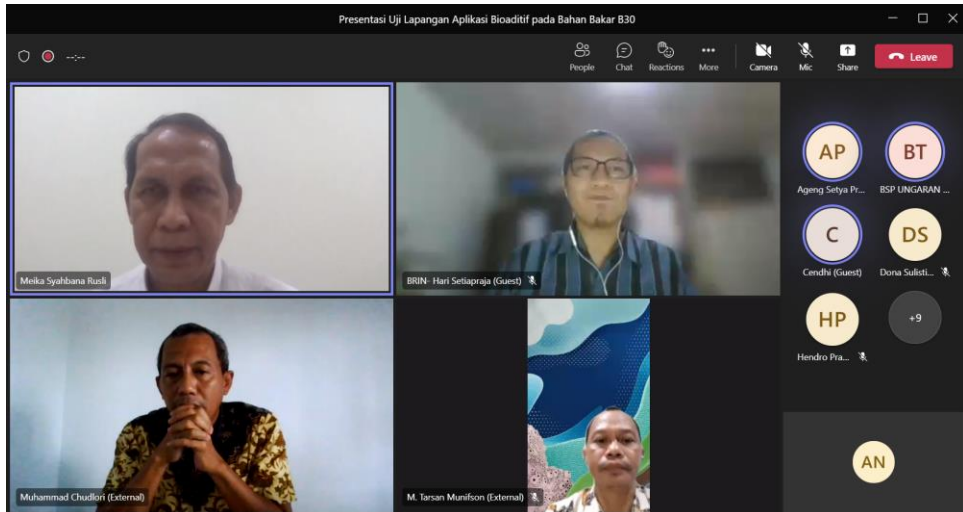
Karakterisasi penggunaan bahan bakar, yang meliputi performa filter bahan bakar, tingkat penurunan kadar air dan partikulat pada biosolar, serta performa Bus IPB dalam konsumsi bahan bakar.

Pengujian kadar air dilakukan untuk membandingkan bahan yang digunakan dengan standar yang telah ditetapkan untuk biosolar. Pengujian kadar air dilakukan pada pengamatan hari ke-0, hari ke-3, hari ke-5, dan hari ke-7 setelah dilakukan pencampuran biosolar dengan bio-aditif. Pengujian kadar air bahan bakar dilakukan berdasarkan metode ASTM D1744. Pengujian kadar partikulat dilakukan untuk mengetahui jumlah partikel pengotor yang ada pada bahan bakar. Pada uji kadar partikulat, besaran partikel yang dihitung yaitu sebesar 4 mikron, 6 mikron, dan 14 mikron yang dilakukan pada pengamatan hari ke-0, hari ke-3, hari ke-5, dan hari ke-7 setelah dilakukan pencampuran biosolar dengan bio-aditif. Pengujian kadar partikulat bahan bakar dilakukan berdasarkan metode ASTM D7596.

3.3.2. Hasil Penelitian

3.3.2.1. Uji Konfirmasi Lapangan untuk Bioaditif B30 di PT. Varia Usaha Beton Plant BSP Sayung

Pada tanggal 7 Oktober 2022 telah dilakukan koordinasi dengan PT. VUB melalui platform Microsoft Teams untuk persiapan konfirmasi uji lapangan bioaditif untuk B30 (Gambar 44). Dari rapat ini diputuskan bahwa konfirmasi uji lapangan B30 akan dilakukan di Plant BSP Sayung yang berlokasi di Jl. Raya Semarang-Demak, Km.10, Sayung, Sayung Lor, Sidogemah, Kec. Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah 59563. Adapun follow up dari diskusi ini yaitu dilakukan survey lapangan ke plant Sayung dan diskusi SOP pada tanggal 13 Oktober 2022 (Gambar 45). Pertemuan saat survey lapangan dihadiri oleh Chudori (Kepala Pabrik Sayung) dan Rochim (Engineer) dari PT. VUB. Donna dan Izam (PT. Aromatindo), Chendy dan Desy (Penghubung ke PT. VUB) dan Hari Setiaprada, Anis Sukmono (BRIN) serta Anto Eka Nugraha (IPB). Setelah pertemuan kemudian dilanjutkan dengan observasi sistem handling dan storing bahan bakar PT. VUB serta bengkel tempat service unit kendaraan PT.VUB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 46 dan Gambar 47.



Gambar 44 Dokumentasi koordinasi konfirmasi uji lapangan B30 di PT. VUB



Gambar 45. Dokumentasi survey lapangan dan diskusi SOP



Gambar 46. Kondisi lapangan plant BSP Sayung



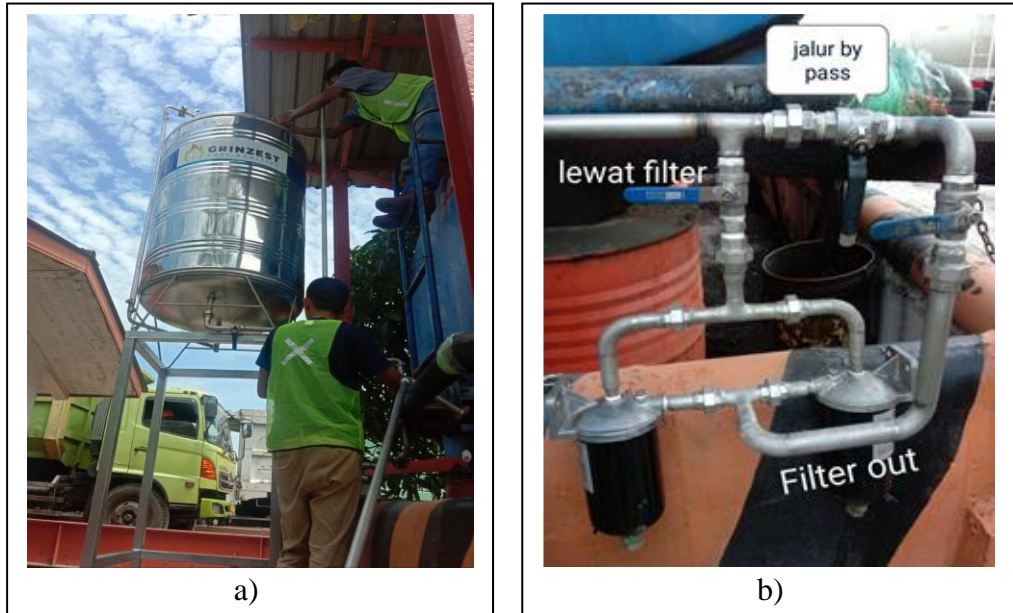
Gambar 47. Kondisi main tank B30

Pelaksanaan pengambilan Sample

Kegiatan uji konfirmasi lapangan bioaditif B30 yang telah dilakukan tersebut dalam tahapannya seperti yang disebutkan dibawah ini :

- a) Pengujian bahan bakar dengan pengambilan sampel yang telah ditentukan oleh pihak VUB yaitu unit Wheel Loader dan Truk Mixer (TM 247 dan 272). Namun dalam proses pelaksanaannya untuk unit TM 272 mengalami kendala teknis sehingga harus dilakukan proses maintenance.

- b) Pemasangan (instalasi) sistem filtrasi bahan bakar.
Mekanisme sistem filtrasi pada pengujian bio aditif ini adalah dengan mengalirkan bahan bakar yang bersumber dari tanki utama (main tank) yang selanjutnya dialirkan dan ditampung pada tanki harian (daily tank) kemudian digunakan untuk mengisi unit yang telah ditentukan sebagai objek uji (wheel loader dan TM 247). Pada saat pengisian unit uji, bahan bakar dari daily tank di pompa untuk dialirkan ke dalam unit uji dan melewati filter bahan bakar untuk mendapatkan kualitas bahan bakar menjadi lebih bersih.



Gambar 48 a) Tanki harian uji , b) Sistem filtrasi BB

- c) Pemasangan instalasi listrik (kontaktor dan overload) untuk aktifasi pompa main tank menuju daily tank dan pompa dari daily tank menuju unit uji.



Gambar 49. Pemasangan instalasi kelistrikan sistem bahan bakar

- d) Kalibrasi flowmeter bahan bakar
 Untuk memastikan tingkat keakurasian dalam pengisian bahan bakar, tim uji lapangan telah melakukan metode verifikasi dan kalibrasi terhadap flowmeter yang akan digunakan, diantaranya:
- Melakukan kalibrasi flowmeter di UPTD Metrologi Legal Kota Semarang (bersertifikat)



Gambar 50. Pelaksanaan kalibrasi flowmeter di UPTD Metrologi Legal Kota Semarang



Gambar 51. Sertifikat kalibrasi flowmeter dari UPTD Metrologi Legal Kota Semarang

- Melakukan proses verifikasi dengan mengacu pada bacaan flowmeter eksisting yang ada di VUB Sayung. Proses verifikasi ini dilakukan beberapa kali dengan maksud agar mendapat pengulangan data (repeatability) yang konsisten terkait bacaan flowmeter yang akan digunakan. Adapun mekanisme yang dilakukan yaitu dengan mengisi bahan bakar ke dalam jerigen maupun drum dengan menggunakan flowmeter eksisting milik VUB dengan takaran 20 ltr dan 100 ltr yang selanjutnya drum dan jerigen tersebut ditandai (marking). Tahapan berikutnya adalah melakukan proses pengisian bahan bakar dari daily tank dengan pompa melalui filter dan flowmeter pada jerigen dan drum yang sama yang level pembacaannya telah ditandai sebelumnya.

Proses verifikasi ini dilakukan oleh tim uji lapang dan disaksikan oleh penyelia (supervisor) dari pihak VUB



Gambar 52. Pelaksanaan kalibrasi flowmeter di VUB dengan mengacu pada flowmeter eksisting

- e) Pelaksanaan pengisian bahan bakar dengan metode full to full dari daily tank ke dalam tanki bahan bakar kendaraan uji (wheel loader dan Truk Mixer 247).



Gambar 53. Pengisian full to full pada loader

- f) Dilakukan pencatatan volume bahan bakar dan jam mesin untuk wheel loader dan jarak tempuh untuk truk mixer



Gambar 54. pencatatan volume bahan bakar dan mesin hour

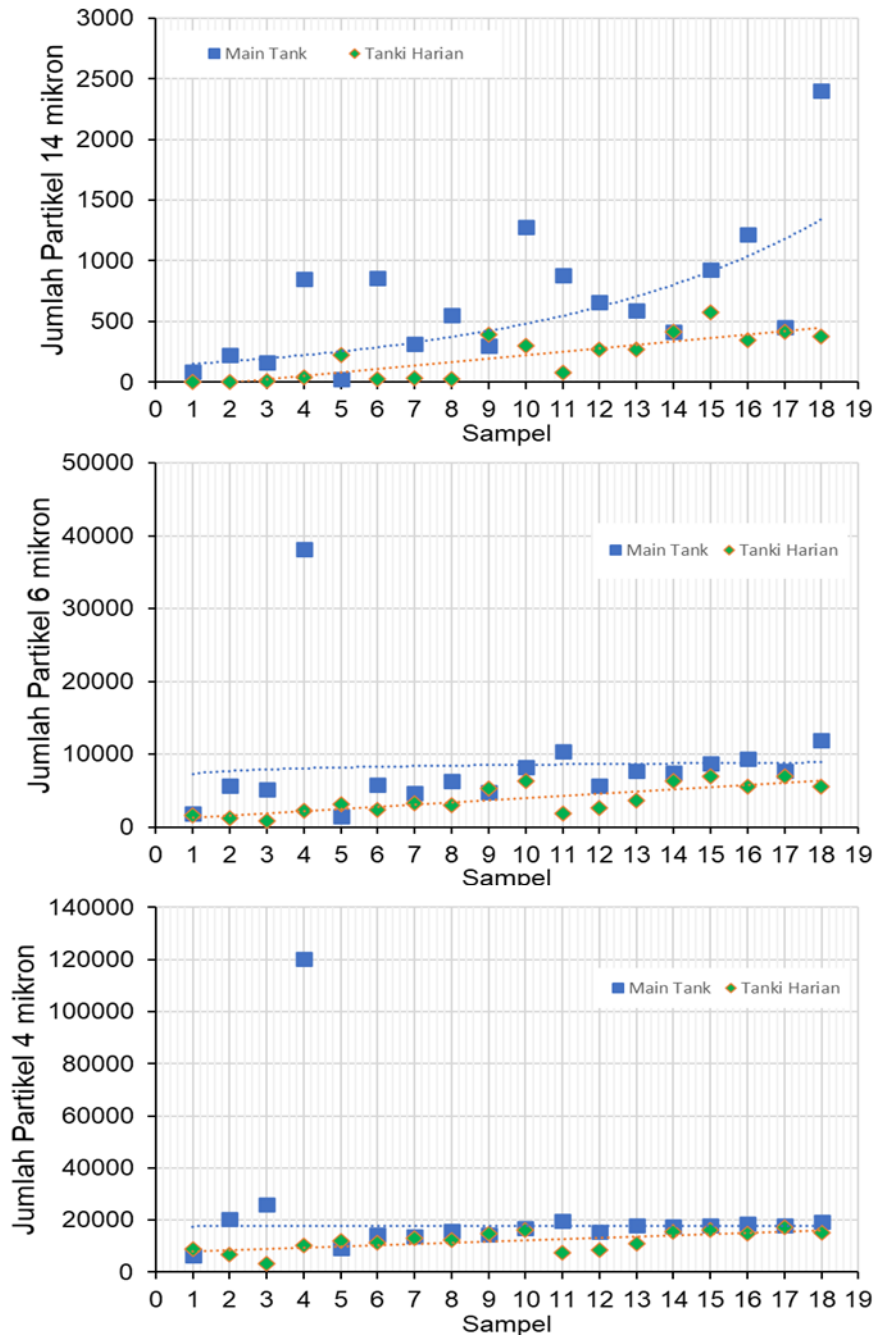
- g) Pengambilan sampel bahan bakar dari saluran pengisian main tank dan saluran pengisian daily tank yang selanjutnya sampel bahan bakar tersebut dikirim ke lab uji untuk memastikan kandungan air dan partikulatnya. Adapun prosedur harian persiapan harian uji lapangan dalam pengambilan sampel Antara lain seperti yang disebutkan sebagai berikut:
- Ambil bahan bakar sebanyak 200 ml dari main tank maupun daily tank. Sampel yang diambil ditempatkan pada tempat sampel yang telah disediakan.
 - Lakukan pemeriksaan secara visual baik untuk sampel yang dari main tank maupun dari daily tank dan jika memungkinkan diambil gambar/fotonya
 - Pengisian bahan bakar pada unit dilaksanakan sesuai dengan standar PT.VUB. Catat setiap volume pengisian bahan bakar sesuai dengan indicator flow meter 2.
 - Apabila ada unit uji yang sedang melakukan service, catat jenis service dan pergantian komponen yang dilaksanakan pada Form Lampiran 1.
 - Untuk beberapa periode tertentu (1-3 hari) dilakukan drain pada saluran bawah daily tank (bottom) untuk membuang kandungan air dan endapan-endapan lainnya

Pengaruh Pemakaian Aditif terhadap Kontaminan Partikel

Parameter kontaminan partikel yang diukur pada pengujian lapangan adalah jumlah partikel dengan ukuran 14, 6 dan 4 mikron. Gambar 55 menunjukkan hasil pengukuran kontaminan partikel yang berasal dari tanki utama (tanpa aditif) dan tanki harian yang ditambahkan aditif. Periode pengambilan sampel pengujian lapangan dengan aditif dilaksanakan mulai awal sampai dengan akhir Januari 2023. Pengujian hanya dapat dilaksanakan sampai dengan akhir Januari 2023 dikarenakan adanya kebijakan baru pemerintah bahwa mulai 1 Februari 2023, blending rasio biodiesel dari 30% dinaikkan menjadi 35% (B35).

Hasil pengukuran kontaminan partikel menunjukkan bahwa aditif yang dikombinasikan dengan sistem filtrasi sederhana dapat menekan jumlah partikel baik untuk kontaminan 14, 6 maupun 4 mikron. Jumlah kontaminan partikel cenderung naik seiring dengan bertambahnya

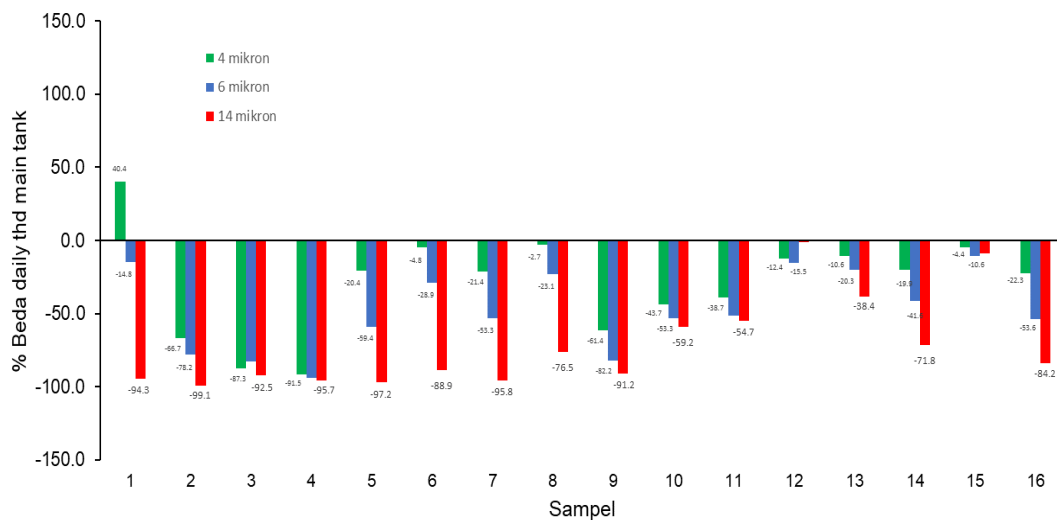
periode penyimpanan baik untuk bahan bakar B30 dengan ataupun tanpa aditif. Kenaikan ini dapat disebabkan adanya kontaminan dari sistem bahan bakar maupun kontaminan dari lingkungan uji lapangan yang bersumber dari debu halus bahan pengecoran. Gambar 55 juga menunjukkan bahwa jumlah kontaminan yang besar adalah pada ukuran 6 dan 4 mikron yang dapat mencapai puluhan ribu dibandingkan dengan ukuran 14 mikron yang masih dibawah 5000.



Gambar 55 Hasil pengujian kontaminan partikel dengan dan tanpa aditif

Selanjutnya, persentase penurunan kontaminan partikel untuk bahan bakar B30 dengan aditif ditunjukkan pada Gambar 56. Perbedaan kontaminan partikel untuk ukuran 14 mikron menunjukkan hasil pada kisaran 80-90% lebih kecil untuk bahan bakar dengan aditif. Sedangkan untuk ukuran 6 dan 4 mikron, perbedaannya secara berurutan berada pada rentang

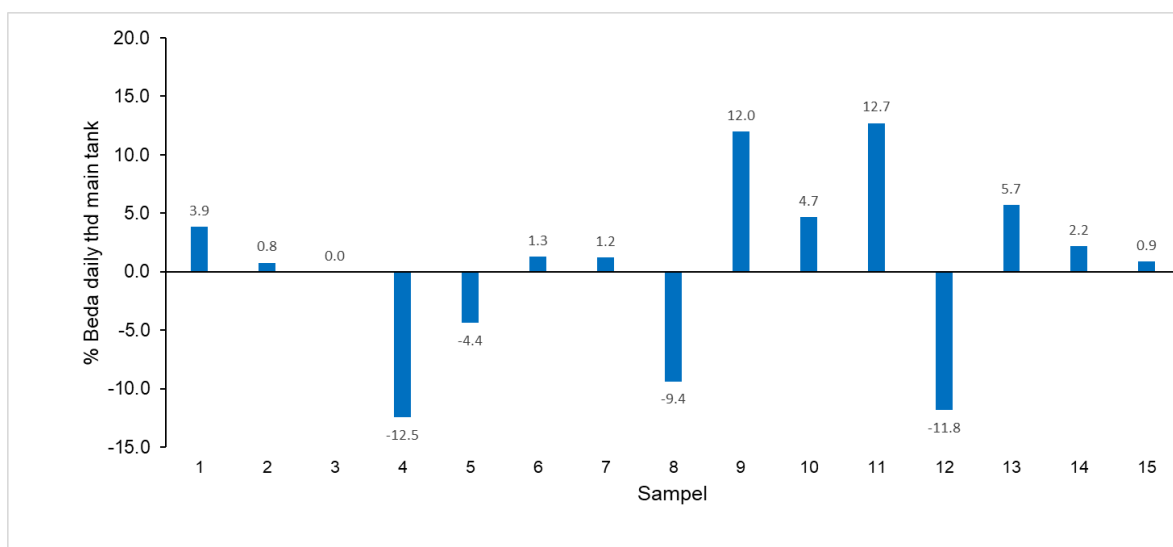
15-80% dan 3-20%. Jadi semakin kecil ukuran partikel, maka semakin kecil efek penurunan yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada Gambar 56.



Gambar 56. Persentase perbedaan kontaminan partikel bahan bakar dengan dan tanpa aditif

Pengaruh pemakaian aditif terhadap kontaminan air

Biodiesel dengan sifatnya yang higroskopis dapat menyebabkan kenaikan kandungan kontaminan air seiring dengan bertambahnya periode penyimpanan. Hasil pengujian kandungan air untuk periode uji lapangan selama bulan Januari 2023 menunjukkan bahwa kandungan air dalam bahan bakar semua sampelnya masih dibawah limit yang ditetapkan oleh Pemerintah Indonesia, baik untuk B30 dengan aditif maupun tanpa aditif. Hasil pengukuran menunjukkan hasil maksimum sebesar 340 ppm dengan aditif dan tanpa aditif adalah 352 ppm. Sedangkan secara rata-rata, konsentrasinya adalah sebesar 292 ppm baik untuk dengan maupun tanpa aditif. Perbedaan kandungan air dengan dan tanpa aditif ditunjukkan pada Gambar 57.



Gambar 57. Perbedaan kandungan air bahan bakar dengan dan tanpa aditif

Hasil pengujian menggunakan B30 dengan kualitas baik dan kandungan air yang rendah, menunjukkan bahwa efek penurunan air oleh aditif hanya pada kisaran 10%, bahkan ada beberapa sampel yang menunjukkan kandungan air dengan aditif yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa aditif. Variasi hasil kandungan air ini menunjukkan bahwa ketika temperature dan kelembaban lingkungan lebih berpengaruh dibandingkan penambahan aditif.

Pemakaian bahan bakar dan evaluasi visual bahan bakar

Evaluasi pengujian lapangan untuk parameter konsumsi bahan bakar dilaksanakan metoda full to full, dengan mengikuti pola operasi harian di PT. VUB. Hasil pengukuran unit loader dengan dan tanpa aditif ditunjukkan Pada Tabel 33. Pengukuran untuk unit loader dengan tanpa aditif menghasilkan nilai maksimum pemakaian bahan bakar sebesar 10,48 liter/jam dengan rata-rata sebesar 9,66 liter/jam. Sedangkan untuk pemakaian dengan aditif, nilai maksimum pemakaian bahan bakarnya adalah sebesar 9,92 liter/jam, dengan pemakaian rata-rata sebesar 9,19 liter/jam. Hasil nilai rata-rata pemakaian loader dengan aditif dibandingkan dengan tanpa aditif menghasilkan nilai sebesar 5% lebih irit.

Tabel 33 Hasil pengukuran konsumsi bahan bakar dengan dan tanpa aditif

REKAP PENGISIAN BAHAN BAKAR PADA WHEEL LOADER						
DENGAN METODE FULL TO FULL						
HARI / TANGGAL	DISPLAY JAM MESIN HARI SEBELUMNYA	DISPLAY JAM MESIN SAAT ISI BBM	JAM MESIN (Hours)	PENGISIAN BBM (Liter)	KONSUMSI BBM (liter/jam)	KETERANGAN
TANPA ADDITIF						
Senin, 14 Nov 2022	25372	25374.1	2.1	22	10.48	beban relatif berat
Jum'at, 18 Nov 2022	25433.6	25451.3	17.7	162	9.15	lebih banyak loading
Senin, 21 Nov 2022	25501	25515	14	131	9.36	lebih banyak loading
MENGGUNAKAN ADITIF						
Jum'at, 6 Januari 2023	26085.4	26101.6	16.2	141	8.70	Beban Loader masih relatif ringan
Minggu, 8 Januari 2023	26101.6	26116.6	15	137	9.13	Beban Loader masih relatif ringan
Selasa, 10 Januari 2023	26116.6	26130.7	14.1	131	9.29	
Rabu, 11 Januari 2023	26130.7	26143.5	12.8	125	9.77	beban relatif berat
Kamis, 12 Januari 2023	26143.5	26159.7	16.2	148	9.14	Kondisi normal
Jum'at, 13 Januari 2023	26159.7	26174.7	15	132	8.80	
Sabtu, 14 Januari 2023	26174.7	26187.6	12.9	128	9.92	
Minggu, 15 Januari 2023	26187.6	26200.9	13.3	122	9.17	
Senin, 16 Januari 2023	26200.9	26213.6	12.7	124	9.76	
Selasa, 17 Januari 2023	26213.6	26225.4	11.8	110	9.32	
Rabu, 18 Januari 2023	26225.4	26236.5	11.1	98	8.83	
Kamis, 19 Januari 2023	26236.5	26248.9	12.4	120	9.68	
Jum'at, 20 Januari 2023	26248.9	26264.9	16	147	9.19	
Sabtu, 21 Januari 2023	26264.9	26280.8	15.9	150	9.43	
Senin, 23 Januari 2023	26280.8	26307.6	26.8	256	9.55	2 hari
Selasa, 24 Januari 2023	26307.6	26319.3	11.7	101	8.63	
Rabu, 25 Januari 2023	26319.3	26335.1	15.8	142	8.99	
Kamis, 26 Januari 2023	26335.1	26348.2	13.1	121	9.24	
Jum'at, 27 Januari 2023	26348.2	26362.1	13.9	134	9.64	
Sabtu, 28 Januari 2023	26362.1	26379.1	17	137	8.06	
Minggu, 29 Januari 2023	26379.1	26404.7	25.6	237	9.26	
Senin, 30 Januari 2023						
Selasa, 31 Januari 2023	26404.7	26417.3	12.6	124	9.84	
Rabu, 1 Februari 2023	26417.3	26429.5	12.2	114	9.34	
Kamis, 2 Februari 2023	26429.5	26446.5	17	129	7.59	
Jum'at, 3 Februari 2023	26446.5	26459.5	13	122	9.38	
Sabtu, 4 Februari 2023	26459.5	26476.9	17.4	115	6.61	
Minggu, 5 Februari 2023	26476.9	26494.4	17.5	123	7.03	

Pengamatan visual bahan bakar

Pengamatan visual dilaksanakan untuk evaluasi langsung dilapangan terkait dengan efektifitas aditif dalam mengurangi kontaminan didalam bahan bakar. Bahan bakar dengan

kontaminan yang lebih sedikit akan menghasilkan warna yang lebih jernih. Gambar 58 menunjukkan sampel dari tanki utama (tanpa aditif) dan tanki harian (dengan aditif).



Gambar 58. Sampel bahan bakar dari main tank (M) dan daily tank (D)

Bahan bakar dengan aditif secara visual menghasilkan warna yang lebih jernih, hal ini dapat dipertimbangkan karena aditif berfungsi untuk menekan jumlah kontaminan seperti yang ditunjukkan pada hasil evaluasi fuel cleanliness. Untuk memperlihatkan efektifitas aditif dalam memisahkan kontaminan, pada uji lapangan ini juga dilakukan evaluasi dari hasil drain pada daily tank. Gambar 59 menunjukkan hasil inspeksi visual untuk bahan bakar dari daily tank. Sampel tersebut diambil setelah akumulasi pemakaian aditif selama 22 hari. Sampel dengan tanda 1 menunjukkan hasil pengambilan awal, sampel 2 dan 3 menunjukkan hasil pengambilan pada 5 menit dan 10 menit setelah pengambilan sampel awal.



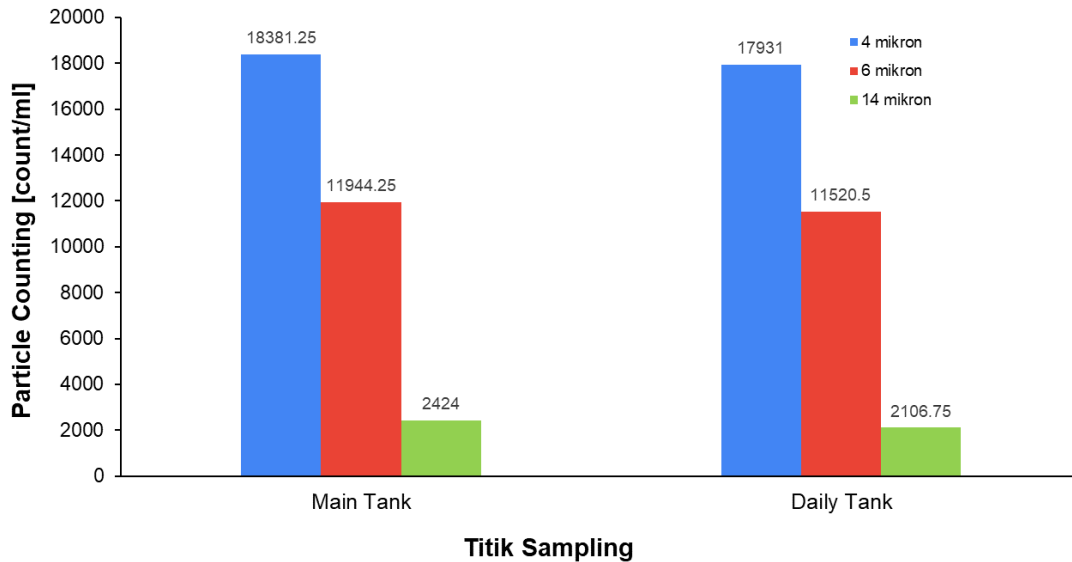
Gambar 59. Efektivitas aditif dalam memisahkan kontaminan didalam daily tank

Pada awal sampel, terlihat bahwa sampel didominasi warna hitam dari kontaminan partikulat, dan putih dari kontaminan air. Selanjutnya pada sampel kedua, bahan bakar mulai jernih dengan kontaminan yang lebih sedikit. Kemudian, pada sampel setelah 10 menit dari sampel awal, bahan bakar telah bersih dari kontaminan. Hasil ini menunjukkan bahwa aditif berfungsi dengan baik dalam memisahkan kontaminan namun kontaminan tersebut perlu untuk di drain supaya akumulasinya tidak akan tercampur kedalam bahan bakar.

3.3.2.2. Uji lapangan Bioaditif B35 di PT. Varia Usaha Beton Plant BSP Sayung

Fuel Cleanliness

Pengujian dilaksanakan untuk sampel yang diambil dari main tank (tanpa aditif) dan daily tank (dengan aditif). Pengambilan sampel langsung dari unit uji TM 170 dan TM 269 juga dilaksanakan untuk konfirmasi pengujian lapangan B30 sebelumnya, dimana maintenance engineer PT. VUB menemukan jumlah air yang banyak pada tanki unit uji excavator 76etika uji lapangan dengan bio-aditif.



Gambar 60 Particle counting untuk main tank (tanpa aditif) dan daily tank (dengan aditif)

Gambar 60 menunjukkan hasil pengukuran particle counting B35 dengan dan tanpa bioaditif. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan penggunaan bioaditif dapat menurunkan jumlah ukuran partikel baik 4, 6 maupun 14 mikron walaupun dengan prosentase yang berbeda. Prosentase penurunannya ditunjukkan pada Tabel 34.

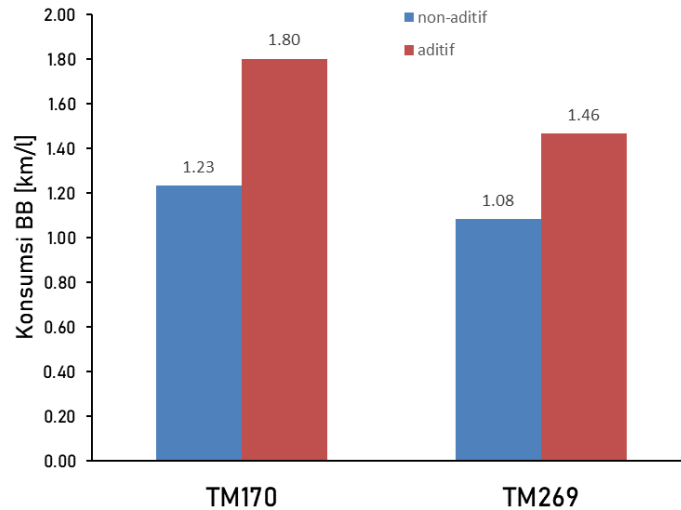
Tabel 34 Prosentase penurunan jumlah partikel dengan bio-aditif

	4 mikron	6 mikron	14 mikron
Perbedaan B35 dengan dan tanpa aditif [%]	-2.45	-3.55	-13.09

Dari Tabel 34 terlihat bahwa rata-rata penurunan jumlah partikel terbesar adalah pada ukuran 14 mikron dengan prosentase sebesar 13%.

Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar dihitung dengan formula 1. Hasil pengukuran rata-rata TM170 dan TM 269 dengan B35 tanpa dan dengan aditif ditunjukkan pada Gambar 61.



Gambar 61. Pengaruh penggunaan bio-aditif terhadap konsumsi bahan bakar

Hasil pengukuran dengan menggunakan metoda full to full menunjukkan rata rata pemakaian bahan bakar B35 tanpa aditif untuk TM170 dan TM126 adalah masing-masing 1,23 km/l dan 1,08 l/km. Sedangkan ketika menggunakan aditif menunjukkan peningkatan fuel economy atau lebih irit menjadi masing masing 1,80 dan 1,46 untuk TM170 dan TM269.

Pengamatan visual bahan bakar

Pengamatan visual dilaksanakan untuk evaluasi efektifitas aditif dalam mengurangi kontaminan didalam bahan bakar. Dari hasil pengamatan visual seperti disajikan pada Gambar 62 menunjukkan bahwa B35 memiliki kualitas bagus dengan dan tanpa bioaditif, di pengamatan hari terakhir terlihat pemisahan kontaminan air di daily tank walaupun sedikit.



Gambar 62. Visual B35 dengan dan tanpa bioaditif

3.3.2.3. Uji Lapangan Bioaditif B35 di PT. Pertamina Hulu Energi OSES

Pengujian lapangan pada kapal Sigap Jaya dilaksanakan pada periode akhir Mei sampai dengan minggu ke empat Juni 2023 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 62.

MEI 2023

Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

JUNI 2023

Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

- B35 tanpa aditif ■ Perbaikan Propeler Shaft
■ B35 dengan aditif

Gambar 63 Jadwal Uji Lapang Sigap Jaya

Hasil Pengujian Pemakaian Bahan Bakar.

Tabel 35 menunjukkan pemakaian bahan bakar B35 dengan dan tanpa aditif selama periode Mei sampai dengan Juni 2023. Selama uji lapang, pengisian bahan bakar di Pabelokan adalah satu kali, sedangkan untuk pengisian dengan bioaditif dilaksanakan sebanyak empat kali. Periode 7 – 13 Mei dan 14 – 20 Mei dimasukkan dalam evaluasi konsumsi bahan bakar untuk melengkapi trend penggunaan bahan bakar tanpa aditif di Sigap Jaya.

Tabel 35 Konsumsi bahan bakar Sigap Jaya dengan dan tanpa bioaditif

Bahan Bakar	Volume sisa ketika pengisian (lt)	Konsumsi seminggu (lt)	Pengisian bahan bakar (lt)	Total Konsumsi (lt)	Total Pengisian (lt)
B35 (7-13 Mei)	4717	48405	44977	164720	159872
B35 (14 - 20 Mei)	2482	65925	64934		
B35 (21 - 27 Mei)	4398	50390	49961		
B35 aditif (28 Mei - 3 Juni)	14970	37516	39959	142011	148894
B35 aditif (4 - 10 Juni)	6955	51307	48980		
B35 aditif (11 - 23 Juni)	14648	53188	59955		
% Perbedaan B35 & B35+aditif				-13.8	-6.9

Hasil rekaman data selama uji lapangan menunjukkan bahwa total konsumsi harian untuk B35 tanpa aditif adalah 164.720 liter sedangkan B35+bioaditif adalah 142.011 liter. Dari kedua hasil rekapitulasi total konsumsi harian dengan dan tanpa bioaditif didapatkan bahwa perbedaan total konsumsi dengan dan tanpa aditif adalah sebesar 13.8%. Sedangkan apabila hasil evaluasi berdasarkan total pengisian bahan bakar, maka total konsumsi B35+bioaditif lebih sedikit sekitar 6.9% dibandingkan dengan B35 tanpa aditif.

Hasil yang ditunjukkan pada Tabel 35 tersebut dapat dipengaruhi rute dan pola operasi kapal selain penggunaan bioaditif. Selanjutnya, evaluasi dilakukan untuk mengetahui konsumsi bahan bakar dengan bioaditif untuk rute kapal yang sama. Hasil evaluasi terhadap rekaman selama uji lapangan, ditemukan terdapat empat rute yang sama untuk B35 dengan dan tanpa bioaditif. Hasil evaluasi dengan rute yang sama untuk penggunaan bioaditif ditunjukkan pada Tabel 36. Pada uji lapangan ini, rute yang sama ditempuh oleh Sigap Jaya baik dengan dan tanpa aditif adalah rute Kalijabat – Pabelokan Kalijabat, rute Kalijabat – Superior – Krisna P – Kalijabat, rute Suratmi – Pabelokan – Kalijabat dan rute Kalijabat – Tj Lesung – Kalijabat. Dari keempat rute tersebut didapatkan bahwa konsumsi bahan bakar dengan bioaditif lebih tinggi 2.7% untuk rute Kalijabat – Pabelokan – Kalijabat. Sedangkan rute lainnya menunjukkan hasil yang lebih rendah yaitu pada kisaran nilai 3% dan 8% seperti ditunjukkan pada Tabel 36.

Tabel 36. Perbandingan konsumsi bahan bakar untuk rute sejenis

Tanggal	Konsumsi BB (lt)	Machine Hours	Rute	Perbedaan B35 & B35+aditif (%)
10 Mei 23	6208	8.15	Kalijabat - Pabelokan - Kalijabat	2.7
24 Mei 23	5980	8.4	Kalijabat - Pabelokan - Kalijabat	
7 Juni 23	6258	9.5	Kalijabat - Pabelokan - Kalijabat	
11 Mei 23	8882	12.3	Kalijabat - Superior - Krisna p - Kalijabat	-3.1
8 Juni 23	8610	11.55	Kalijabat - Superior - Krisna p - Kalijabat	
14 Mei 23	3622	6.15	Suratmi - Pabelokan - Kalijabat	-8.3
4 Juni 23	3323	4.45	Suratmi - Pabelokan - Kalijabat	
9 Mei 23	10235	13.1	Kalijabat - Tj Lesung - Kalijabat	-3.5
23 Mei 23	10329	13.35	Kalijabat - Tj Lesung - Kalijabat	
30 Mei 23	9925	11.45	Kalijabat - Tj Lesung - Kalijabat	

 B35 aditif

Fuel Cleanliness

Evaluasi fuel cleanliness melalui parameter nilai partikel dan kandungan air dalam bahan bakar dilaksanakan melalui sampel secara periodik pada main dan daily tank, serta pre-filter. Sampel partikel diuji di laboratorium Trakindo-Serpong, sedangkan kandungan air dilaksanakan di SBRC-IPB.

Hasil pengujian fuel cleanliness ditunjukkan pada Tabel 37. Penggunaan bioaditif dapat menurunkan jumlah partikel (meningkatkan fuel cleanliness) pada semua titik sampling dengan kisaran 20% sampai 85%. Tabel 36 juga menunjukkan terdapat satu data anomaly untuk jumlah partikel di main tank bagian tengah yang mengalami peningkatan jumlah partikel ukuran 14 mikron.

Tabel 37. Fuel cleanliness dengan bioaditif

SAMPLING BBM	B35			B35 + bio-aditif			% Beda terhadap B35		
	4 μ	6 μ	14 μ	4 μ	6 μ	14 μ	4 μ	6 μ	14 μ
MAIN TANK									
* Atas	18045	8527	419	11432	4141	264	-37	-51	-37
* Tengah	16164	6176	166	10313	3629	300	-36	-41	80
* Dasar	17604	8732	894	11039	4362	321	-37	-50	-64
Filter	14428	5575	385	10908	3536	237	-24	-37	-38
Daily Tank	16436	8633	1850	11278	4167	262	-31	-52	-86

Kandungan air dalam B35 dengan dan tanpa aditif pada main tank, daily tank dan dudukan filter ditunjukkan pada Tabel 38. Hasil pengukuran pada ketiga posisi tersebut menunjukkan bahwa kadar air dengan penambahan aditif dapat berkurang 5.6% pada main tank dan berkurang 2.5% pada daily tank. Tetapi kadar air bertambah sebesar 3% pada posisi sampling didudukan pre-filter. Dari hasil pengukuran kadar air, semua sampling baik B35 tanpa maupun dengan bioaditif dapat memenuhi standar yang ditetapkan Pemerintah Indonesia untuk B35 sebesar 400 ppm.

Tabel 38. Kadar air dengan bioaditif

Parameter	B35			B35 + bioaditif		
	Main Tank	Daily Tank	Filter	Main Tank	Daily Tank	Filter
Kandungan air (ppm)	323	320	296	305	312	305

Hasil Evaluasi Visual Bahan Bakar

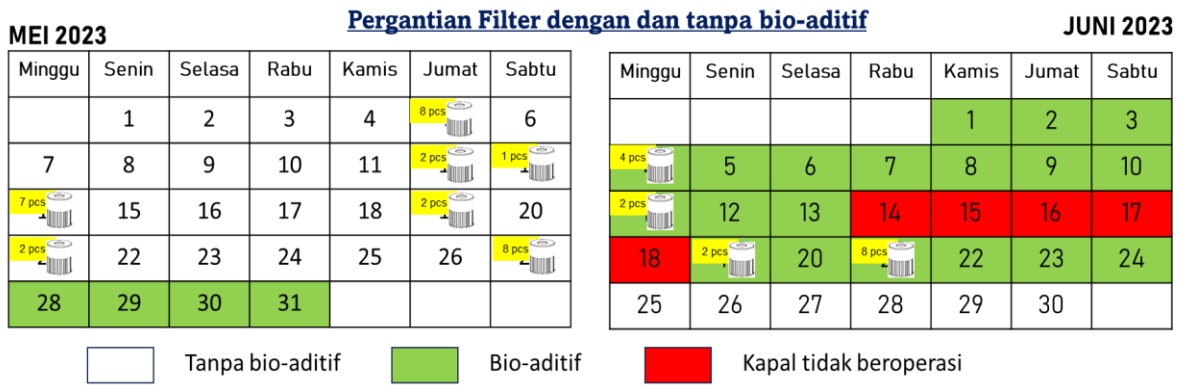
Selama pengambilan sampel bahan bakar, visualisasi bahan bakar dengan dan tanpa bioaditif dilakukan. Gambar 63 menunjukkan hasil visualisasi bahan bakar dengan dan setelah ditambahkan bioaditif. Penggunaan bioaditif dapat membedakan bahan bakar secara visual yaitu warnanya menjadi lebih jernih. Warna yang lebih jernih dapat dipertimbangkan karena adanya peningkatan fuel cleanliness pada bahan bakar seperti yang dijelaskan pada sub bahasan fuel cleanliness.



Gambar 64. Warna B35 dengan dan tanpa aditif

Umur Filter Bahan Bakar

Gambar 64 menunjukkan pengaruh penggunaan bioaditif terhadap pergantian filter bahan bakar di Sigap Jaya. Pergantian filter selama periode 7 Mei sampai dengan 27 Mei 2023 (tanpa aditif) adalah sebanyak 22 filter. Sedangkan setelah penggunaan bioaditif, pergantian filter dapat dikurangi menjadi 16 filter.



Gambar 65. Pergantian filter selama uji lapang

3.3.2.4. Uji Lapangan Bioaditif B35 pada Bus Operasional IPB

Kondisi Bus Operasional IPB

Bus IPB yang akan digunakan selama uji lapangan penggunaan bio-aditif bahan bakar biosolar jenis B35 diamati secara visual dan terkoordinir oleh pihak yang memahami kondisi existing Bus IPB yang akan digunakan. Hasil identifikasi, sebanyak empat unit Bus IPB yang digunakan berada dalam kondisi baik (Gambar 65), dimana speedometer masih berfungsi dengan baik, pendingin udara (AC) masih berfungsi dengan baik, tanki bahan bakar dalam kondisi baik (kapasitas tangki 100 L), dan mesin bus masih dalam kondisi baik (tidak mengalami mogok selama uji lapangan berlangsung). Selain itu, keempat Bus IPB yang digunakan berkapasitas medium (Brand: HINO), dan digunakan secara kontinu di dalam lingkungan kampus IPB University, Dramaga untuk memudahkan mobilitas mahasiswa di dalam lingkungan kampus. Keempat Bus IPB yang digunakan memiliki Plat Number masing-masing F 7284 FC dan F 7285 FC (untuk pengujian tanpa menggunakan bio-aditif pada bahan bakar biosolar jenis B35), dan F 7286 FC dan F 7287 FC (untuk pengujian dengan menggunakan bio-aditif pada bahan bakar biosolar jenis B35).





Gambar 66 Kondisi fisik Bus IPB yang digunakan pada uji lapangan bio-aditif

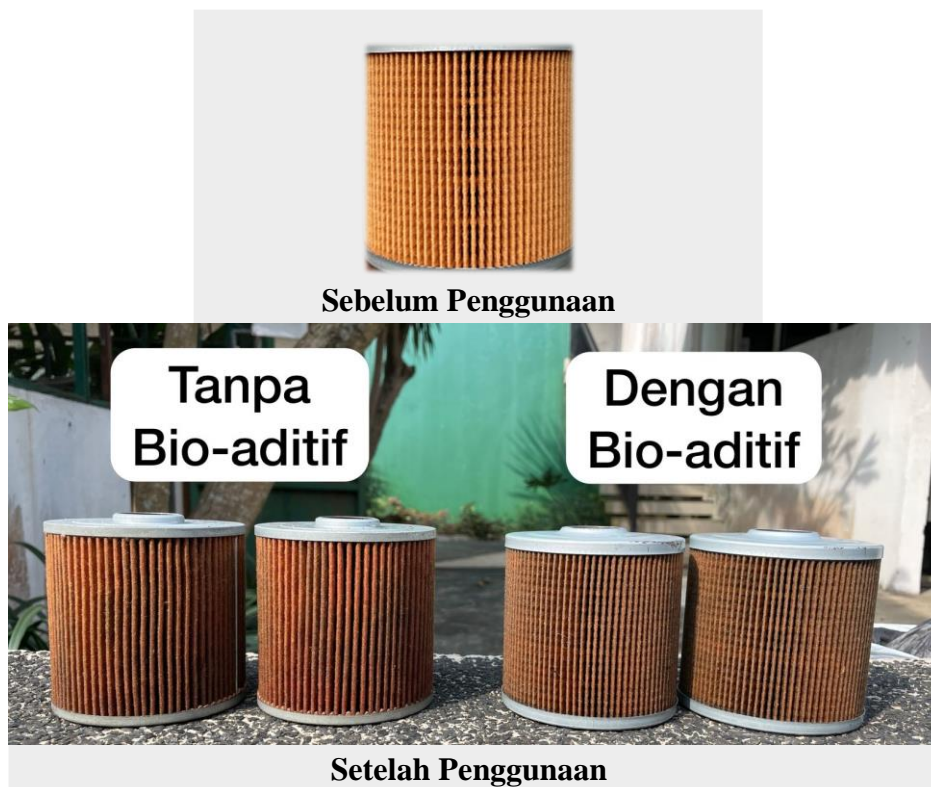
Performa Filter Bahan Bakar

Filter bahan bakar biosolar pada kendaraan diesel merupakan komponen yang berfungsi untuk menyaring kotoran dan partikel-partikel kecil dalam bahan bakar biosolar, sehingga bahan bakar biosolar yang masuk ke mesin menjadi lebih bersih dan tidak mengandung kotoran yang dapat merusak komponen mesin. Kondisi filter bahan bakar biosolar dapat berindikasi pada kendaraan yang mengalami penurunan performa, seperti tenaga mesin yang menurun, suara mesin yang tidak normal, atau munculnya bau yang tidak sedap saat mesin dihidupkan. Oleh karena itu, filter bahan bakar biosolar menjadi salah satu indikator yang harus diidentifikasi selama uji lapangan bio-aditif bahan bakar biosolar jenis B35 pada Bus IPB.

Filter biosolar biasanya terdiri dari dua jenis yaitu filter primer dan filter sekunder. Filter primer berfungsi sebagai penyaring utama, sedangkan filter sekunder berfungsi sebagai penyaring cadangan apabila filter primer sudah tidak mampu menyaring kotoran dengan baik. Uji lapangan pada Bus IPB hanya fokus pada filter primer, tanpa memperhatikan perubahan pada filter sekunder. Hal ini dilakukan karena dalam durasi uji lapangan selama dua minggu, perubahan signifikan pada filter sekunder belum terjadi jika dibandingkan perubahan signifikan pada filter primer.

Hasil identifikasi filter yang digunakan selama uji lapangan pada Bus IPB (dua minggu operasional) menunjukkan filter yang telah mengalami perubahan warna (menjadi kecoklatan) dan kotor. Hasil identifikasi perubahan warna pada filter bahan bakar biosolar jenis B35 menunjukkan filter bahan bakar yang menggunakan bio-aditif (0,1%) lebih cerah dibandingkan warna filter bahan bakar yang tidak menggunakan bio-aditif (Gambar 66). Selain itu, tingkat ketebalan filter bahan bakar yang menggunakan bio-aditif lebih kecil dibandingkan ketebalan filter bahan bakar yang tidak menggunakan bio-aditif. Artinya hal ini mengindikasikan penggunaan bio-aditif berbasis minyak atsiri dapat menurunkan kadar pengotor pada bahan bakar biosolar jenis B35. Selain itu, dengan menggunakan bio-aditif pada bahan bakar biosolar jenis B35, cycle time penggantian filter bahan bakar dapat ditingkatkan.

Identifikasi bobot pada masing-masing filter setelah penggunaan menunjukkan adanya peningkatan, namun tidak dapat dipastikan berapa persentase peningkatan bobot filter berdasarkan komposisi partikel yang ada pada filter bahan bakar yang telah digunakan karena pada filter masih mengandung biosolar yang sulit untuk dihilangkan dari permukaan filter.



Gambar 67. Performa filter bahan bakar sebelum dan setelah penggunaan

Fuel Cleanliness

Hasil uji kadar air pada bahan bakar biosolar jenis B35 menunjukkan trend yang menurun selama hari ketujuh periode pengujian (Tabel 39 dan Gambar 67). Pada pengamatan hari ke-0, kadar air bahan bakar biosolar jenis B35 dengan penambahan bio-aditif lebih rendah jika dibandingkan kadar air pada bahan bakar biosolar jenis B35 tanpa penambahan bio-aditif, dengan penurunan sebesar 3,48%. Hal yang sama terjadi pada pengamatan hari ke-3, hari ke-5, dan hari ke-7, dengan masing-masing penurunan sebesar 4,74%, 8,84%, dan 7,62%. Data pencilaan hasil identifikasi kadar air untuk sampel yang diambil pada bagian atas (permukaan daily tank 1 dan 2) menyebabkan persentase penurunan kadar air di pengamatan hari ke-7 lebih kecil jika dibandingkan dengan kadar air di pengamatan hari ke-5. Asumsinya, semakin lama waktu tunggu (waiting time) biosolar yang telah ditambahkan dengan bio-aditif pada daily tank (hingga mencapai waktu optimal), kadar air bahan bakar biosolar jenis B35 akan semakin menurun akibat semakin meningkatnya sifat ketidakpolaran biosolar setelah berinteraksi dengan dengan bio-aditif yang berbasis minyak atsiri. Artinya, minyak atsiri yang digunakan berpengaruh dalam menurunkan kadar air pada biosolar.

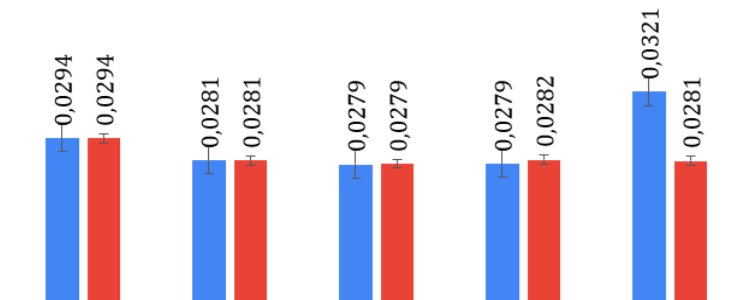
Tabel 39 Rata-rata kadar air bahan bakar biosolar jenis B35 sebelum dan setelah penambahan bio-aditif

Hari Pengamatan	Kadar Air (ppm)			
	Sampel Atas	SD	Sampel Bawah	SD
Daily Tank 1				
Blanko	0,0294	0,0002	0,0294	0,0002
Hari ke-0	0,0281	0,0004	0,0281	0,0004
Hari ke-3	0,0279	0,0003	0,0279	0,0003

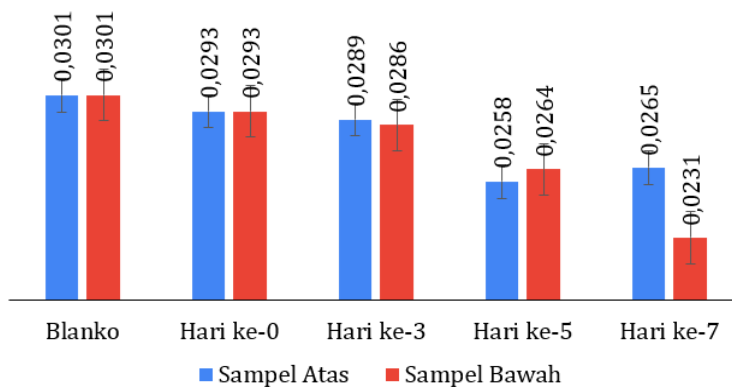
Hari ke-5	0,0279	0,0003	0,0282	0,0002
Hari ke-7	0,0321	0,0003	0,0281	0,0003
Daily Tank 2				
Blanko	0,0301	0,0003	0,0301	0,0003
Hari ke-0	0,0293	0,0003	0,0293	0,0003
Hari ke-3	0,0289	0,0001	0,0286	0,0002
Hari ke-5	0,0258	0,0002	0,0264	0,0002
Hari ke-7	0,0265	0,0003	0,0231	0,0005
Rata-Rata Persentase Penurunan Kadar Air				
Hari ke-0	3,48%			
Hari ke-3	4,74%			
Hari ke-5	8,84%			
Hari ke-7	7,62%			

Keterangan: Blanko adalah sampel bahan bakar biosolar jenis B35 tanpa penggunaan bio-aditif

Kadar Air Daily Tank 1 (ppm)



Kadar Air Daily Tank 2 (ppm)



Keterangan: Blanko adalah sampel bahan bakar biosolar jenis B35 tanpa penggunaan bio-aditif

Gambar 68. Rata-rata kadar air bahan bakar biosolar jenis B35 sebelum dan setelah penambahan bio-aditif

Hasil uji kadar partikulat pada bahan bakar biosolar jenis B35 menunjukkan trend yang menurun selama hari ketujuh periode pengujian (Tabel 40). Pada pengamatan hari ke-0, kadar partikulat bahan bakar biosolar jenis B35 dengan penambahan bio-aditif belih rendah jika dibandingkan kadar partikulat pada bahan bakar biosolar jenis B35 tanpa penambahan bio-aditif,

dengan penurunan masing-masing sebesar 10,71% untuk skala pengukuran 4 mikron, sebesar 4,72% untuk skala pengukuran 6 mikron, dan sebesar 23,10% untuk skala pengukuran 14 mikron. Hal yang sama terjadi pada pengamatan hari ke-3, hari ke-5, dan hari ke-7, dimana pada pengamatan hari ke-7 memberikan trend penurunan yang lebih besar dibandingkan pengamatan hari ke-0, hari ke-3, dan hari ke-5, dengan penurunan masing-masing sebesar 56,06% untuk skala pengukuran 4 mikron, sebesar 61,93% untuk skala pengukuran 6 mikron, dan sebesar 72,70% untuk skala pengukuran 14 mikron.

Tabel 40. Kadar partikulat bahan bakar biosolar jenis B35 sebelum dan setelah penambahan bio-aditif

Hari Pengamatan	Kadar Partikulat (ppm)		
	4 mikron	6 mikro	14 mikron
Blanko	7.862,0	2.754,0	381,0
Hari ke-0	7.020,0	2.624,0	293,0
Hari ke-3	5.724,0	1.586,0	113,5
Hari ke-5	5.603,0	1.664,0	138,0
Hari ke-7	3.454,5	1.048,5	104,0
Persentase Penurunan Kadar Partikulat			
Hari ke-0	10,71%	4,72%	23,10%
Hari ke-3	27,19%	42,41%	70,21%
Hari ke-5	28,73%	39,58%	63,78%
Hari ke-7	56,06%	61,93%	72,70%

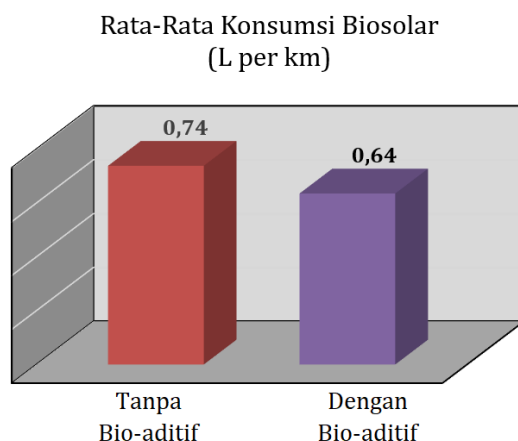
Keterangan: Blanko adalah sampel bahan bakar biosolar jenis B35 tanpa penggunaan bio-aditif

Performa Bus IPB dalam Konsumsi Bahan Bakar

Hasil uji lapangan pada Bus IPB juga menunjukkan kinerja mesin dengan penambahan bio-aditif (0,1%) berpengaruh terhadap konsumis bahan bakar biosolar jenis B35, dimana Bus IPB yang menggunakan bahan bakar yang telah ditambahkan bio-aditif mengkonsumsi lebih sedikit bahan bakar jika dibandingkan dengan Bus IPB yang menggunakan bahan bakar tanpa ditambahkan bio-aditif, dimana rata-rata konsumsi bahan bakar masing-masing sebesar $0,7385 \pm 0,00692$ untuk Bus IPB yang menggunakan biosolar tanpa penambahan bio-aditif, dan sebesar $0,6354 \pm 0,00378$ untuk Bus IPB yang menggunakan biosolar dengan penambahan bio-aditif. Berdasarkan selisi nilai konsumsi bahan bakar tersebut, diperoleh persentase efisiensi penurunan konsumsi bahan bakar per kilometer sebesar 13,76% (Tabel 41 dan Gambar 68).

Tabel 41. Pengaruh penambahan bio-aditif pada biosolar terhadap performa Bus IPB dalam konsumsi bahan bakar

Perlakuan	Konsumsi Biosolar (L per km)	Rata-Rata Konsumsi Biosolar (L per km)		Efisiensi
Tanpa Bio-aditif	F 7284 FC	0,7454	$0,7385 \pm 0,00692$	13,76%
	F 7285 FC	0,7316		
	F 7286 FC	0,6420	$0,6368 \pm 0,00520$	



Gambar 69. Rata-rata konsumsi bahan bakar per kilometer

3.4. Output 4: Analisis Keekonomian Bioaditif Turunan Minyak Atsiri

3.4.1. Asumsi Perhitungan

Asumsi perhitungan analisis finansial pada periode investasi atau umur proyek selama 10 tahun. Asumsi yang bersifat lokal yang digunakan dalam perhitungan adalah harga bahan baku utama, yaitu minyak sereh wangi aster, minyak terpentin, dan minyak clove terpen. Tabel 42 menunjukkan asumsi perhitungan analisis finansial.

Tabel 42. Asumsi Perhitungan Analisis Finansial Mini Plant Bioaditif

Uraian	Satuan	Jumlah
Umur Proyek	tahun	10,00
Jumlah bulan kerja per tahun	bulan per tahun	12,00
Jumlah hari kerja per bulan	hari per bulan	25,00
Jumlah hari kerja per tahun	hari per tahun	300,00
Jumlah jam kerja per hari	jam per hari	24,00
Output Produksi dan Harga:		
1. Produksi Bioaditif per hari	L per hari	3.000,00
2. Produksi Bioaditif per bulan	L per bulan	75.000,00
3. Produksi Bioaditif per tahun	L per tahun	900.000,00
4. Harga Bioaditif per liter	Rp per L	150.000,00
Input Produksi dan Harga:		
1. Minyak Sereh Wangi		
- Kebutuhan per hari	kg per hari	441,69
- Kebutuhan per bulan	kg per bulan	11.042,22
- Kebutuhan per tahun	kg per tahun	132.506,70
- Harga per kilogram	Rp per kg	180.000,00
2. Minyak Terpentin		
- Kebutuhan per hari	kg per hari	2.102,84
- Kebutuhan per bulan	kg per bulan	52.570,96
- Kebutuhan per tahun	kg per tahun	630.851,50

Uraian	Satuan	Jumlah
- Harga per kilogram	Rp per kg	90.000,00
3. Minyak Clove Terpen		
- Kebutuhan per hari	kg per hari	332,98
- Kebutuhan per bulan	kg per bulan	8.324,54
- Kebutuhan per tahun	kg per tahun	99.894,43
- Harga per kilogram	Rp per kg	40.000,00
Konsumsi Energi per L Biosolar	Rp	8.000,00
Kerusakan	%	5,00
Suku bunga per tahun	% per tahun	12,00
Proporsi Modal:		
1. Kredit	%	70,00
2. Sendiri	%	30,00
Jangka Waktu Kredit:		
1. Investasi	tahun	3,00
2. Modal kerja	tahun	1,00
Biaya pemasaran per penerimaan	%	10,00
Pajak	%	22,00
Biaya pemeliharaan per investasi	%	10,00
Nilai Tukar Rupiah	IDR per US\$	15.000,00

3.4.2. Biaya Investasi

Industri Bioaditif yang akan dibangun berkapasitas 5 kL bioaditif per hari dengan jam operasional 24 jam per hari. Total biaya investasi Industri Bioaditif adalah **Rp 13,3158 miliar** (Tabel 43).

Tabel 43. Biaya Investasi Industri Bioaditif

No	Komponen Biaya	Satuan	Jumlah Fisik	Harga per Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)
1	Perizinan		1	1.000.000.000	1.000.000.000
2	Pabrik				
	Bio-Additives Plant Building	m ²	541,74	4.500.000	2.437.830.000
	Factory Infrastructure Work	Paket	1	682.200.000	682.200.000
	Tax (11%)	Paket	1	225.400.000	225.400.000
	Sertifikat Laik Operasi (SLO)	Paket	1	9.000.000	9.000.000
	Pengurusan Izin Mendirikan Bangunan	Paket	1	11.900.000	11.900.000
	Overhead dan Sundrais	Paket	1	216.300.000	216.300.000
3	Bangunan				
	Kantor Utama	m ²	100	3.500.000	350.000.000
	Kantin	m ²	9	2.500.000	22.500.000
	Gardu Listrik	m ²	9	2.500.000	22.500.000

No	Komponen Biaya	Satuan	Jumlah Fisik	Harga per Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)
	Pos Pengaman	m ²	9	3.000.000	27.000.000
	Musholla + Tempat Wudhu + Toilet	m ²	36	3.500.000	126.000.000
	Toilet Pabrik	m ²	3	2.500.000	7.500.000
	Rumah Timbang dan Laboratorium Mini	m ²	18	3.300.000	59.400.000
	Ruang Tunggu dan Toilet Sopir	m ²	9	3.300.000	29.700.000
	IPAL	m ²	50	3.000.000	150.000.000
	Sludge	m ²	3,75	3.000.000	11.250.000
	Ruang Penyimpanan produk	m ²	25	3.000.000	75.000.000
	Ruang Penyimpanan Bahan Baku	m ²	50	3.000.000	150.000.000
	Ruang Monitor	m ²	25	3.500.000	87.500.000
4	Infrastruktur				
	Tanah	m ²	1000	1.000.000	1.000.000.000
	Jalan dan Parkiran (cor beton bertulang maks 10 ton)	m ³	45	900.000	40.500.000
	Jalan dan lahan parkir (paving block, tebal 6 cm)	m ²	150	85.000	12.750.000
	Drainase	m	176,1	800.000	140.880.000
	Gardu Listrik	m ²	9	2.700.000	24.300.000
	Peralatan IPAL	Paket	1	113.000.000	113.000.000
	Pagar dan Gerbang	m	176,1	495.000	87.169.500
	Pemasangan Listrik	kVA	200	775.000	155.000.000
	Pemasangan Tiang Penerangan (PJUTS Konvensional)	Paket	5,8	7.000.000	40.600.000
	Fire Alarm	Paket	1	50.000.000	50.000.000
	Jaringan Telepon	Paket	1	360.500	360.500
	CCTV	Paket	1	11.800.000	11.800.000
5	Mesin Produksi dan Pengemas Penanganan Bahan Baku				
	Jembatan Timbang (Kapasitas 10 ton)	Paket	1	175.000.000	175.000.000
	Java Citronella Oil Raw Material Storage Tank	Paket	1	60.388.800	60.388.800
	Citronella Oil Raw Material Storage Tank	Paket	1	60.388.800	60.388.800

No	Komponen Biaya	Satuan	Jumlah Fisik	Harga per Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)
	Turpentine Oil Raw Material Storage Tank	Paket	1	60.388.800	60.388.800
	Clove Terpene Oil Raw Material Storage Tank	Paket	1	60.388.800	60.388.800
<hr/>					
	Fraksinasi Tahap I				
	Turpentine Oil Redistillation Equipment	Paket	1	500.000.000	500.000.000
	Clove Terpene Oil Redistillation Equipment	Paket	1	500.000.000	500.000.000
	Rhodinol Oil Product Storage Tank	Paket	1	60.388.800	60.388.800
	Turpentine Oil Product Storage Tank	Paket	1	60.388.800	60.388.800
	Clove Terpene Product Storage Tank	Paket	1	60.388.800	60.388.800
	Fraksinasi Tahap II				
	Aster Citronella Oil Fractional Distillation Equipment	Paket	2	500.000.000	1.000.000.000
	Rhodinol Oil Product Storage Tank	Paket	1	60.388.800	60.388.800
	Mixing of Bio-Additives				
	Mixing Equipment	Paket	1	200.000.000	200.000.000
	Bio-Additives Tank	Paket	5	60.388.800	301.944.000
	Other Equipment				
	Packaging Machine	Paket	1	69.145.176	69.145.176
	Boiler	Paket	1	648.200.000	648.200.000
	Water Treatment (Sand Filter + Ion Exchange)	Paket	1	109.961.250	109.961.250
	Panel Electrica	Paket	1	203.400.000	203.400.000
	Piping, Valve, & Insulation	Paket	1	324.200.000	324.200.000
	Water and Residue Storage Tanks	Paket	1	60.388.800	60.388.800
	Alat GC and Others	Paket	1	475.000.000	475.000.000
	Forklift	Paket	1	50.000.000	50.000.000
	Miscellaneous Equipment	Paket	1	315.800.000	315.800.000
	Overhead and Sundrais	Paket	1	122.300.000	122.300.000

No	Komponen Biaya	Satuan	Jumlah Fisik	Harga per Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)
	Mobil pick-up	unit	2	200.000.000	400.000.000
Jumlah					13.315.789.626

Bangunan utama Industri Bioaditif adalah ruang untuk penempatan mesin produksi bioaditif dan powerhouse. Selebihnya, ukuran dapat disesuaikan. Untuk perhitungan luas bangunan tersebut mengikuti dimensi alat. Selain itu, luasan bangunan penunjang tidak mutlak dimensinya. Terdapat pekerjaan infrastruktur yang meliputi pekerjaan jalan dan parkir (cor beton bertulang maks 10 ton), jalan dan lahan parkir pekerja (paving block, tebal: 6 cm), gerbang dan pagar panel (termasuk pondasi) beton tinggi 2 m, drainase, rumah timbang dan laboratorium mini, ruang tunggu dan toilet sopir, pembangunan gardu dan pemasangan listrik maksimal 200 kVA, pemasangan tiang penerangan (PJUTS konvensional), serta pemasangan CCTV, fire alarm, dan jaringan telepon. Berdasarkan hal tersebut, biaya bangunan Industri Bioaditif mencakup struktur bangunan atas dan mekanikal maupun elektrikal dengan rincian investasi seperti yang disajikan pada **Tabel 43**.

3.4.3. Biaya Tetap

Biaya tetap adalah biaya yang jumlahnya tidak ditentukan oleh banyaknya output yang dihasilkan. Biaya tetap meliputi biaya manajemen (gaji), biaya operasional dan administrasi (office), serta biaya pemeliharaan. Semua biaya ini disajikan dalam periode bulanan maupun tahunan dengan jumlah biaya tetap **Rp 2,0851 miliar** per tahun (Tabel 44).

Tabel 44. Biaya tetap Industri Bioaditif

No	Uraian	Jumlah	Unit	Biaya Per Unit (Rp)	Total Biaya 1 Bulan (Rp)	Total Biaya 1 Tahun (Rp)
1	Tenaga Kerja Tetap:					
	- Adimistrasi Keuangan	1	Orang	3.000.000	3.000.000	36.000.000
	- Administrasi Produksi	1	Orang	3.000.000	3.000.000	36.000.000
	- Administrasi Gudang	1	Orang	3.000.000	3.000.000	36.000.000
	- Security	5	Orang	2.000.000	10.000.000	120.000.000
	- OB	2	Orang	1.500.000	3.000.000	36.000.000
2	Listrik	1	Bulan	1.500.000	1.500.000	18.000.000
3	Biaya komunikasi	1	Bulan	2.000.000	2.000.000	24.000.000
4	ATK	1	Bulan	2.000.000	2.000.000	24.000.000
5	Pemeliharaan	10,0%	%	1,331,578,963	110,964,914	1,331,578,963
6	Asuransi	3,0%	%	399,473,689	33,289,474	399,473,689
7	Biaya lainnya	1	Bulan	2.000.000	2.000.000	24.000.000
Total					173.754.388	2.085.052.651

3.4.4. Biaya Variabel

Biaya ini dipengaruhi oleh aktivitas selama satu periode produksi. Biaya pokok produksi yang diperhitungkan dan sangat nyata pengaruhnya adalah bahan baku, bahan kemas dan energi. Bahan baku Industri Bioaditif adalah minyak sereh wangi aster, minyak terpentin, dan minyak clove terpen yang merupakan produk lokal Indonesia. Komponen biaya variable Industri Bioaditif ditunjukkan pada **Tabel 45** yaitu sebesar **Rp 94,2296 miliar**.

Tabel 45. Biaya variabel Industri Bioaditif

No	Struktur biaya	Satuan	Jumlah Fisik	Biaya per satuan (Rp)	Jumlah biaya 1 bulan (Rp)	Jumlah biaya 1 tahun (Rp)
1	Bahan Baku					
a.	Minyak sereh wangi Aster	kg	11.042	180.000	1.987.600.450	23.851.205.398
b.	Minyak terpentin	kg	52.571	90.000	4.731.386.260	56.776.635.119
c.	Minyak clove terpen	kg	8.325	40.000	332.981.425	3.995.777.097
2	Bahan Lain					
a.	Kemasan Jerigen@ 25 L	pcs	3.000	50.000	150.000.000	1.800.000.000
b.	Energi	paket	3.000	3.000	600.000.000	7.200.000.000
3	Tenaga Kerja Langsung					
a.	Manajer pabrik	Orang	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000
b.	Quality control	Orang	2	4.500.000	9.000.000	108.000.000
c.	Operator mesin	Orang	6	3.500.000	21.000.000	252.000.000
d.	Karyawan produksi (Lab, Maintenance)	Orang	3	3.500.000	10.500.000	126.000.000
Total Biaya Variabel					7.852.468.135	94.229.617.614

3.4.5. Analisis Kelayakan

Analisis kelayakan dimaksudkan untuk memperkiraan kemanfaatan finansial yang dapat diperoleh dari investasi. Parameter yang digunakan sebagai ukuran adalah arus penerimaan, laba rugi, dan parameter investasi lainnya yaitu Net Present Value (NPV), Net Benefit Cost Ratio (Net B/C), Internal Rate of Return (IRR), Pay Back Period (PBP), dan Return on Investment (ROI). Untuk mengetahui ketahanan finansial tersebut terhadap perubahan biaya dibuat analisis sensitivitas untuk mengetahui perubahan nilai dari biaya dan penerimaan terhadap perubahan nilai kelayakan. Analisis yang digunakan adalah switching value.

Arus Penerimaan

Produk utama adalah bioaditif dengan kualitas yang sangat baik karena menggunakan alat yang terintegrasi dan proses yang terkontrol dalam satu panel. Pada bagian produksi bioaditif diasumsikan terdapat loss sebesar 5% dari total produk bioaditif yang harus tercapai, sehingga proyeksi penerimaan per tahun sebesar **Rp 119,70 miliar** (Tabel 46).

Tabel 46. Arus Penerimaan Industri Bioaditif

No	Produk	Volume	Unit	Harga Jual (Rp)	Penjualan 1 Tahun (Rp)
1	Produksi bioaditif	900.000	L		
2	Loss	5%			
3	Produksi terjual bioaditif	855.000	L	140.000	119.700.000.000
Total Pendapatan					119.700.000.000

Laba Rugi

Industri Bioaditif dengan kapasitas kecil, menengah, dan besar jika dapat dikelola dan berjalan baik akan menghasilkan laba yang memadai. Komponen yang terdapat pada laporan laba rugi ialah penerimaan, biaya tetap, biaya variabel, penyusutan dan beban pajak. Rincian laporan laba rugi berpengaruh terhadap pajak penghasilan dan arus kas. Laba mulai diperoleh pada tahun keempat bulan kedua proyek atau tahun pertama produksi sampai tahun ke 10. Tabel 47 menunjukkan proyeksi laba rugi Industri Bioaditif. Keuntungan bersih yang diperoleh selama 10 tahun sebesar **Rp 66,2527 miliar**.

Tabel 47. Proyeksi Laba Rugi Industri Bioaditif*

Pendapatan dan Beban-Beban	Kredit (Rp)	Debit (Rp)
Pendapatan		
- Penjualan		1.125.180.000.000,00
- Discount	-	
Total Pendapatan		1.125.180.000.000,00
Beban-Beban		
- Biaya Tetap	20.850.526.513,80	
- Biaya Variabel	885.758.405.574,70	
- Biaya Pemasaran	112.518.000.000,00	
- Biaya Depresiasi	5.708.295.766,25	
- Biaya Angsuran Bunga	2.089.587.881,32	
- Biaya Pemeliharaan	13.315.789.626,00	
- Biaya Pajak	18.686.666.820,34	
Total Beban-Beban	1.058.927.272.182,42	
Total Keuntungan Bersih		66.252.727.817,58

Keterangan: * per 10 tahun

Kelayakan

Hasil perhitungan dari NPV menunjukkan hasil yang positif atau manfaat bersih yang diterima dalam kurun waktu 10 tahun sebesar Rp 26,7852 miliar. Perhitungan Net B/C lebih besar dari 1, yaitu 3,01 yang artinya setiap biaya yang dikeluarkan sebesar 1 satuan dapat menghasilkan tambahan manfaat bersih sebesar 3.01 satuan. Tingkat IRR adalah 46,19% sehingga investasi memiliki tingkat pengembalian yang lebih besar dari pada *opportunity cost of capital*. Nilai *payback period* menunjukkan hasil yang lebih kecil dari umur usaha 10 tahun,

yaitu 2,40 tahun dengan margin 33,37%. Investasi Industri Bioaditif ditinjau dari aspek finansial (NPV, Net B/C, IRR, PBP) dinyatakan layak untuk dijalankan (Tabel 48). Tabel 49 menunjukkan arus kas Industri Bioaditif.

Tabel 48. Hasil Perhitungan Kriteria Investasi

Kriteria Investasi	Hasil Kriteria	Keterangan
NPV (Rp miliar*)	26,7852	Layak
Net B/C	3.01	Layak
IRR (%)	46,19	Layak
PBP (tahun)	2,40	Layak

*Keterangan: * Nilai dikali 1.000.000.000,00*

3.4.6. Analisis Sensivitas

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perubahan faktor variabel yang mengalami fluktuasi dan dapat mengantisipasi akibat yang mungkin terjadi dari perubahan tersebut. Analisis sensitivitas didasarkan pada sensitivitas investasi perubahan nilai kriteria investasi NPV, Net B/C, IRR, PBP. Tabel 50 menunjukkan hasil analisis sensitivitas terhadap penurunan harga jual bioaditif dan kenaikan harga beli bahan baku hingga 5% menunjukkan investasi yang layak. Namun, dari Tabel 50 dapat dilihat bahwa terjadinya ketidaklayakan jika penurunan harga jual bioaditif dan kenaikan harga beli bahan baku hingga 10%.

Tabel 50 . Hasil Analisis Sensitivitas Terhadap Penurunan Harga Jual Bioaditif dan Kenaikan Harga Beli Bahan Baku

Kriteria kelayakan	Analisis Sensitivitas				
	Penurunan Harga Jual Bioaditif			Kenaikan Harga Beli Bahan Baku	
	-10,00%	-5,00%	Existing	5,00%	10,00%
Harga jual bioaditif (Rp/L)	126.000	133.000	140.000	140.000	140.000
Harga beli minyak sereh wangi (Rp/kg)	180.000	180.000	180.000	189.000	198.000
Harga beli minyak terpenin (Rp/kg)	90.000	90.000	90.000	94.500	99.000
Harga beli minyak clove terpen (Rp/kg)	40.000	40.000	40.000	42.000	44.000
NPV (12%) (Rp*Milliar)	-16,3525	5,2163	26,79	9,85	-7,09
IRR (%)	-	19,88	46,19	26,14	-1,65
Net B/C	- 0,23	1,39	3,01	1,74	0,47
PBP (tahun)	-	4,39	2,40	3,66	-

3.5. Output 5: Pendaftaran KI terkait proses atau produk Bioaditif B35/B40

Kekayaan Intelektual (KI) yang disusun dari hasil penelitian adalah paten terkait pembuatan dan komposisi produk bioaditif untuk biosolar. Deskripsi paten telah dibuat dengan judul “Formulasi Bioaditif Dari Minyak Atsiri Untuk Meningkatkan Kinerja Biosolar Dan Proses Pembuatannya” dan didaftarkan ke DJKI pada tanggal 16 Juni 2023 dengan nomor permohonan P00202305367. Formulir permohonan paten dapat dilihat pada Gambar 69 dan deskripsi paten dapat dilihat pada Lampiran Output 5.

FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN PATEN INDONESIA
APPLICATION FORM OF PATENT REGISTRATION OF INDONESIA

Data Permohonan (Application)			
Nomor Permohonan <i>Number of Application</i>	: P00202305367	Tanggal Penerimaan <i>Date of Submission</i>	: 16 Juni 2023
Jenis Permohonan <i>Type Of Application</i>	: Paten	Jumlah Klaim <i>Total Claim</i>	: 4
		Jumlah Halaman <i>Total Page</i>	: 8
Judul <i>Title</i>	: FORMULASI BIOADITIF DARI MINYAK ATSIRI UNTUK MENINGKATKAN KINERJA BIOSOLAR DAN PROSES PEMBUATANNYA		
Abstrak <i>Abstract</i>	: Invensi ini berhubungan dengan proses pembuatan dan komposisi campuran minyak atsiri yang digunakan pada produk bioaditif untuk meningkatkan mutu biosolar dan meningkatkan kinerja mesin diesel dengan menurunkan kadar air dan penurunan kadar partikulat. Proses pembuatan bioaditif dilakukan dengan memfraksinasi dan meredistilasi bahan baku minyak sereh wangi, <i>turpentine oil</i> dan <i>clove terpen oil</i> menjadi spesifikasi yaitu rhodinol kemurnian $\geq 80\%$, <i>turpentine oil</i> dengan komponen α -pinene $\geq 75\%$, dan <i>clove terpen oil</i> dengan komponen <i>caryophyllene</i> $\geq 80\%$. Bahan baku dengan spesifikasi tersebut kemudian di formulasi dengan komposisi <i>turpentine oil</i> pada rentang 7,2 - 8; <i>clove terpen oil</i> pada rentang 0,9 - 1, rhodinol pada rentang 0,9 - 3, dan champor pada rentang 0 - 1. Spesifikasi produk bioaditif dengan aplikasi sebanyak 1:1000 pada biosolar dapat menurunkan kandungan air 0,46% - 29,06%; menurunkan kadar partikulat 23,71 - 89,19 Count/ml pada 4 micron, 18,68- 95,62 Count/ml pada 6 micron, dan 33,33 - 98,19 pada Count/ml pada 14 micron; tidak mengurangi kinerja daya maksimum pada angka yang dinyatakan pabrikan motor diesel; tidak mengurangi kinerja torsi pada angka yang dinyatakan pabrikan motor diesel dan dapat menurunkan kepekatan asap sebesar 9,4%.		
Permohonan PCT (PCT Application)			
Nomor PCT <i>PCT Number</i>	:	Nomor Publikasi <i>Publication Number</i>	:
Tanggal PCT <i>PCT Date</i>	:	Tanggal Publikasi <i>Publication Date</i>	:
Pemohon (Applicant)			
Nama (Name)	Alamat (Address)	Surel/Telp (Email/Phone)	
Institut Pertanian Bogor (IPB)	Gedung Andi Hakim Nasoetion Lantai 2, Kampus IPB Dramaga, Bogor, ID	stp@apps.ipb.ac.id 02518622643	

Gambar 70. Formulir permohonan paten

3.6. Output 6: Pendaftaran KI Berupa Desain Industri terkait Hasil Riset

Kekayaan Intelektual (KI) berupa desain industri yaitu Alat Distilasi Fraksinasi Vakum untuk Pemisahan Komponen Minyak Atsiri dengan klaim konfigurasi telah didaftarkan ke DJKI dengan nomor pendaftaran A00202301836 pada tanggal 12 Mei 2023 (Gambar 70). Desain industri yang didaftarkan disajikan pada Gambar 71 berikut. Adapun dokumen lengkap uraian desain industri yang didaftarkan dapat dilihat pada Lampiran Output 6.

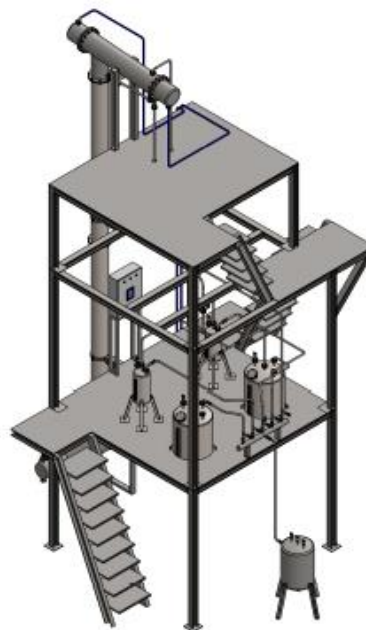
FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN DESAIN INDUSTRI
APPLICATION FORM OF INDUSTRY DESIGN REGISTRATION OF INDONESIA

Data Permohonan (Application)			
Nomor Permohonan <i>Number of Application</i>	: A00202301836	Tanggal Penerimaan <i>Reception Date</i>	: 12 Mei 2023
Jenis Permohonan <i>Type Of Application</i>	: Satu Kesatuan Desain Industri (Set)		
Judul <i>Title</i>	: Alat Distilasi Fraksinasi Vakum untuk Pemisahan Komponen Minyak Atsiri		
Uraian <i>Description</i>	: Alat distilasi fraksinasi vakum untuk memisahkan komponen utama minyak atsiri		
Klaim <i>Claim</i>	: Konfigurasi		

Pemohon (Applicant)		
Nama (Name)	Alamat (Address)	Surel/Telp (Email/Phone)
Institut Pertanian Bogor (IPB)	Gedung Andi Hakim Nasoetion Lantai 2, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Dramaga, Dramaga, Kab. Bogor, Jawa Barat, Indonesia	02518622643 stp@apps.ipb.ac.id

Pendesain (Designer)	
Nama (Name)	Kewarganegaraan (Citizen)
Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr	Indonesia
Egi Agustian, M.Eng	Indonesia
Dr. Hari Setiaprada	Indonesia
Dr. Dwi Setyaningsih, STP, MSi	Indonesia
Dr. Rini Purnawati, STP, MSi	Indonesia
Dr. Eng Obie Farobie, Ssi, MSi	Indonesia

Gambar 71. Formulir permohonan desain industri



Gambar 72. Desain industri tampak persepektif

3.7. Ouput 7: Sertifikat Produk Bioaditif B30/B35

Sertifikasi produk disusun berdasarkan acuan standar mutu bioaditif untuk biosolar sesuai SNI 8744:2019, Bioaditif Berbasis Minyak Atsiri untuk Bahan Bakar Motor Diesel. Terdapat tiga kelompok persyaratan mutu yang perlu dipenuhi meliputi: 1) Persyaratan bioaditif untuk bahan bakar motor diesel berbasis minyak atsiri 2) Persyaratan bahan bakar motor diesel setelah dicampur bioaditif 3) Uji kinerja bahan bakar motor diesel setelah dicampur bioaditif. Pengujian produk bioaditif untuk B35 masih berlangsung sehingga untuk penyusunan dokumen sertifikasi produk masih berlangsung.

Sejauh ini belum ada Lembaga Sertifikasi Produk (LSPro) yang dapat memfasilitasi sertifikasi produk bioaditif, sehingga kegiatan sertifikasi dilakukan melalui pengujian produk sesuai SNI. Pengujian dilaksanakan di laboratorium terakreditasi yaitu LEMIGAS, pernyataan **kesesuaian** produk dengan SNI dicantumkan pada hasil analisis (Lampiran Output 7). Hasil pengujian produk bioaditif Grinzest sesuai SNI 8744:2019 dengan prosedur aplikasi sebanyak 1: 1000 dijelaskan dalam Tabel 51 sampai Tabel 53

Tabel 51 Persyaratan bioaditif untuk bahan bakar motor diesel berbasis minyak atsiri

No	Parameter	Satuan	Persyaratan		Hasil Uji	
			Min	Max	Formula 8:1:1	Formula 8:1:1 + champor oil
1	Viskositas Kinematik	mm ² /detik	2.5	3.5	1.759	1.424
2	Kelarutan dalam Etanol	-	1:1	1:10	1:1 sampai 1:10 larut sempurna	1:1 larut sempurna
3	90% volume penguapan	°C	250	320	166.8	232.6
4	Kadar Air	% fraksi massa	-	0.2	0.0673	0.08
5	Titik nyala	°C	65	-	41	43
6	Bilangan Asam	mg KOH/g	-	2	0.07	0.249
7	Kadar abu	% fraksi massa	-	0.01	0.001	<0.005
8	Kandungan senyawa karbon dengan rantai <C10	%	-	10	-	4.4
9	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang		Jernih dan terang	Jernih dan terang

Tabel 52. Persyaratan bahan bakar motor diesel (B35) setelah dicampur bioaditif

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	Penurunan Partikulat	
				Formula 8:1:1	Formula 8:1:1 + champor
1	Particle count @ 4 micron	Count/ml	Berkurang min. 10 %	68.12%	44.26%
2	Particle count @ 6 micron	Count/ml	Berkurang min. 10 %	95.62%	51.43%

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	Penurunan Partikulat	
				Formula 8:1:1	Formula 8:1:1 + champor
3	Particle count @ 14 micron	Count/ml	Berkurang min. 1 %	98.19%	46.25%
4	Kandungan Air	% fraksi massa	Berkurang min. 10 %	64.57%	1.29%

Tabel 53. Uji kinerja bahan bakar motor diesel (B35) setelah dicampur bioaditif

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	Hasil Pengujian	
				Formula 8:1:1	Formula 8:1:1 + champor oil
1	Daya maksimum	kW	Tidak mengurangi kinerja daya maksimum, pada angka yang dinyatakan pabrikan motor diesel	Tidak mengurangi kinerja daya maksimum, pada angka yang dinyatakan pabrikan motor diesel	Tidak mengurangi kinerja daya maksimum, pada angka yang dinyatakan pabrikan motor diesel
2	Torsi (momen puntir motor) maksimum	Nm	Tidak mengurangi kinerja torsi, pada angka yang dinyatakan pabrikan motor diesel	Tidak mengurangi kinerja torsi, pada angka yang dinyatakan pabrikan motor diesel	Tidak mengurangi kinerja torsi, pada angka yang dinyatakan pabrikan motor diesel
3	Emisi/kepekatan asap	%	Berkurang min. 10 %	Penurunan emisi asap sebesar 13% pada daya maksimum	Peningkatan emisi asap sebesar 20% pada daya maksimum

3.8. Ouput 8: Publikasi Ilmiah (Submitted di Jurnal Nasional Terakreditasi atau Internasional Bereputasi)

Publikasi ilmiah telah disusun sebanyak 2 naskah, dengan 1 naskah telah disubmit ke Proceeding IOP Conference dan 1 naskah lagi akan disubmit ke Jurnal Teknologi Industri Hasil Pertanian (Universitas Lampung) dengan Sinta 2. Status artikel ilmiah yang di Proceeding IOP Conference saat ini dalam tahapan “publish” dan ke Jurnal Teknologi Industri Hasil Pertanian (Universitas Lampung) dengan status “accepted to publishing” seperti ditunjukkan pada Gambar 72 dan Gambar 73. Dokumen naskah publikasi dapat dilihat pada Lampiran Output 8.



Jurnal TEKNIK PERTANIAN LAMPUNG

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telepon (62-721) 701609 ext. 846
<http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/> email: jurnal.tep@fp.unila.ac.id

Bandar Lampung, April 27th, 2023

Nomor : 53/J.TEP-L/IV/2023
Hal : Accepted Paper

Kepada Yth. :

Anggi Firdaus Agumsah
Departemen Teknologi Industri Pertanian
Pascasarjana IPB University

Thank you for revising the manuscript #7016: **Addition of Essential Oil Bioadditives as a Mixture of Biodiesel B35 Fuel on the Performance of Reducing Water content and Particulate Content**. We have carefully checked the revised version and we are pleased to inform you that your manuscript is **ACCEPTED** for publication in JTPEP Lampung. The manuscript is being handled for further process and is scheduled for publication in **Volume 12 No. 3, July-September 2023**.

Please visit <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/> to access the progress of your manuscript.

It should be noted that there will be some changes during editing and lay outing that will be communicated with the authors.

We are proud to share with you that JTPEP is accredited as SINTA 2. Furthermore, starting Volume 11 (2022) JTPEP publishes papers in English.

The APC (Article Processing Charge) is IDR 750,000 (seven hundred and fifty thousand rupiah). This fee should be paid through a BNI account, No. 0698202763 a/n Elhamida Rezkia Amien no later than 1 week. Send your receipt to JTPEP WA : 0823-8014-8463 for confirmation.

Thank you for considering JTPEP Lampung as the venue of your publication.

Gambar 73 Status publikasi di jurnal nasional terakreditasi

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

PAPER • OPEN ACCESS

Process simulation and distillation unit design vacuum fractionation of rhodinol from citronella oil

OR Ayunda¹, MS Rusli^{1,2} and E Agustian³

Published under licence by IOP Publishing Ltd

[IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 1187, International Conference on Biomass and Bioenergy, \(2022\) 01/08/2022 - 02/08/2022 Online](#)Citation OR Ayunda *et al* 2023 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **1187** 012046

DOI 10.1088/1755-1315/1187/1/012046

15 Total downloads

[Turn on MathJax](#)

Share this article



Article PDF

References ▾

[+ Article and author information](#)[Abstract](#)[References](#)

Abstract

The application of biodiesel will increase in accordance with the government's mandatory program for saving fossil fuels. The challenging would come from particulate levels and water content. One of the

This site uses cookies. By continuing to use this site you agree to our use of cookies. To find out more, see our [Privacy and Cookies](#) policy.

conducted to design a vacuum distillation process which has 500L of capacity and determine the design of the fractionation distillation unit. Simulation was carried out using the Aspen HYSYS software. The result of the simulation is expected to provide an overview of the fractionation process that would comply with the standard after some data validation. The simulation was applied by vacuum pressure in 4-5 mbar and variation of reflux ratios 1,2, and 3. The best simulation obtained was reflux ratio 2 at 47.80% geraniol and 61.34% citronellol concentrations. The simulation also obtained the following results are maximum and minimum pipe diameter of 0.04 m 0.02 m, the maximum and minimum thickness of 3.7 mm 2.8 mm, column height of 10.5 m, column diameter of 0.2412 m, and thickness of 3 mm, condenser length and diameter of 1.11 m and 0.2032 m, reboiler length, and diameter of 1.5 m and 0.6515 m.

Gambar 74 Status publikasi di jurnal internasional bereputasi

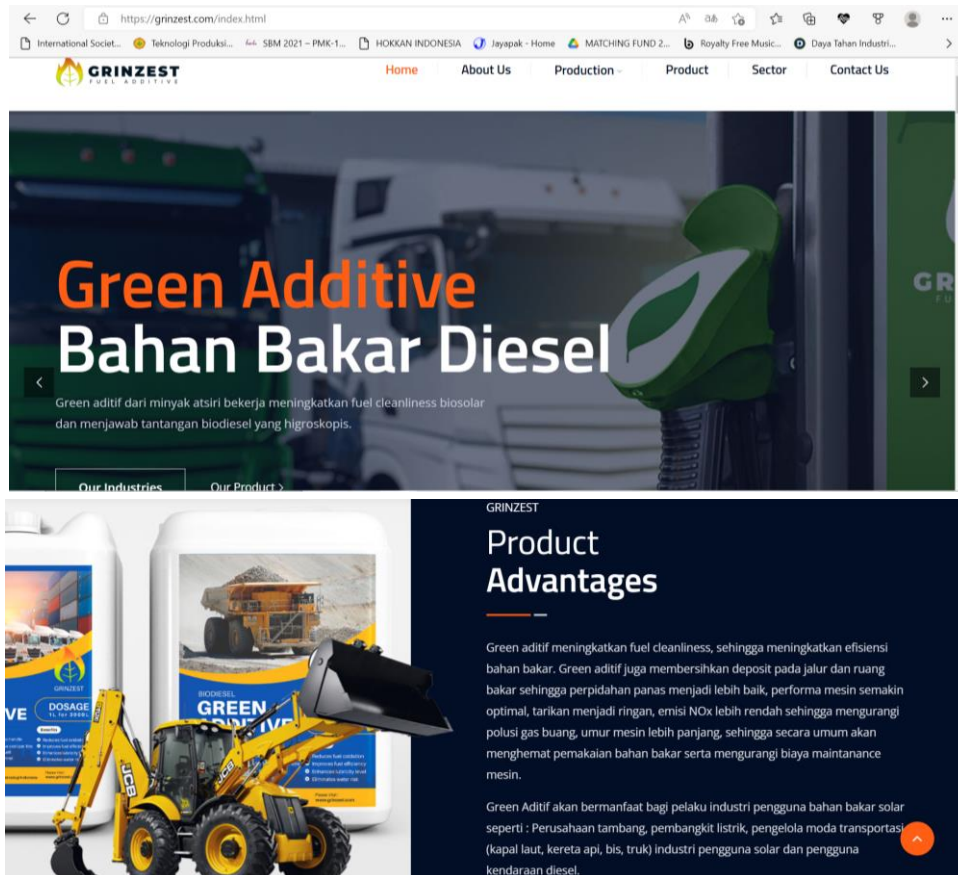
3.9. Output 9: Publikasi pada Seminar Nasional

Hasil penelitian telah dipublikasikan pada Konferensi Nasional Minyak Atsiri yang diselenggarakan oleh Dewan Atsiri Indonesia pada tanggal 1 Desember 2022 di Semarang dan telah dipublikasikan pada Seminar Nasional Hasil Penelitian yang diselenggarakan oleh LPPM IPB pada tanggal 20 Desember 2022. Selain itu publikasi juga dilakukan pada seminar internasional yaitu di The 8th International Conference on Sustainable and Renewable Energy Engineering di Niece-France pada tanggal 11-13 Mei 2023. Dokumen publikasi pada seminar nasional dapat dilihat pada Lampiran Output 9.

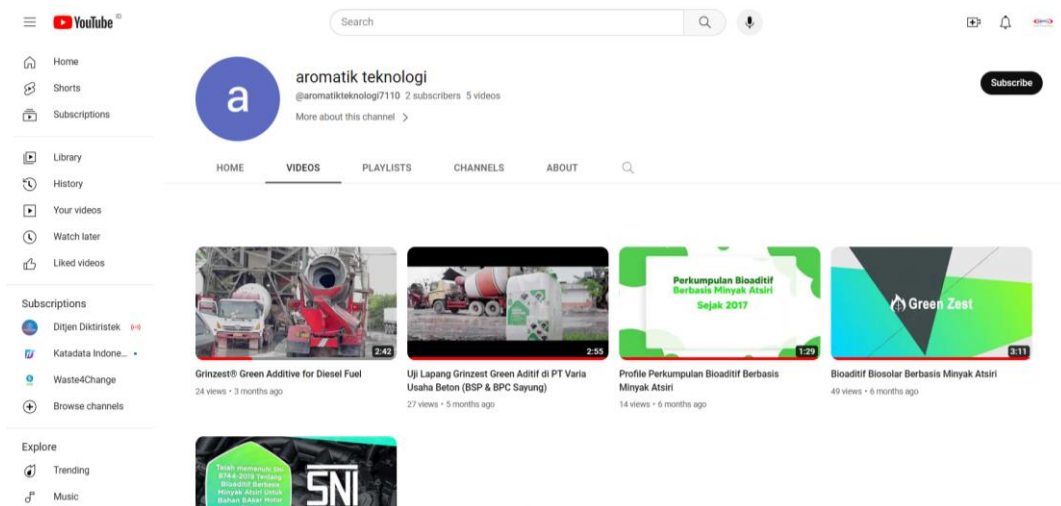
3.10. Output 10: Pengenalan Produk Bioaditif Turunan Minyak Atsiri dan Uji Penerimaan Pasar Pembuatan Media Promosi

Untuk mengenalkan produk bioaditif turunan minyak atsiri kepada masyarakat dan industri media promosi yang telah dibuat yaitu website grinzest yang berisi informasi produk,

R&D, keunggulan produk, hasil uji lapang, dan informasi sektor pengguna bioaditif. Alamat website yang dibuat adalah <https://grinze.com/index.html> dan akun Youtube dengan tampilan disajikan pada Gambar 74 dan Gambar 75. Selain itu dibuat pula leaflate Grinze seperti disajikan pada Gambar 76.



Gambar 75. Tampilan website pada halaman utama dan halaman produk



Gambar 76 Tampilan akun Youtube Aromatik Teknologi sebagai media promosi Grinze

ABOUT GRINZEST
Grinzest terbuat dari turunan minyak atsiri untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar. Green aditif juga membantu dalam deposit pada mesin dan rasio bakar sehingga performansi mesin semakin optimal.

SOLUSI BAHAN BAKAR SOLAR B-30

OUR BEST PRODUCT
Grinzest merupakan energi hijau dunia industri untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar.

CONTACT US :
+62 812 8962 3736
Cedung 13C, Kawasan Pulp-Paper, Tangerang Selatan, Banten
www.grinzest.com

PERFORMANCE Improver For Diesel Fuel

PRODUCT ADVANTAGE
Green aditif dari minyak atsiri bekerja menurunkan kekuatan ikatan antar molekul betinguan mesin yang mencegah kean kontaminan yang terakumulasi dalam mesin.
Sehingga meningkatkan sifat cleanliness solar serta menjawab tantangan biodiesel yang bersifat higroskopis.

CHARACTERISTIC
● 100% Organic Product
● Non Hazardous
● Homogeneous with fuel
● Odourless
● Solvent/Substances Decomposition

INDUSTRIAL SECTOR

PERTAMBAHAN
Grinzest merupakan solusi permasalahan penggunaan bahan bakar biodiesel di pertambangan.

TRANSPORTATION
Penggunaan Grinzest mengurangi biaya sekaligus meningkatkan efisiensi operasional setiap saat.

GREEN ADDITIVE BERBASIS MINYAK ATSIRI
Grinzest menurunkan kadar partikulat dan air, mengurangi emisi, mengurangi konsumsi bahan bakar.
Memperpanjang umur kompor, memperpanjang waktu perawatan mesin.

8% PENGHEMATAN BAHAN BAKAR

GRINZEST - Green Additive Solusi Perawatan Bahan Bakar Diesel

EFISIENSI GRINZEST - Green Additive Solusi Perawatan Bahan Bakar Diesel

Menghemat BBM Hingga 8%
Dapat menghemat hingga 8% BBM dan mengurangi biaya perawatan mesin.

Memperpanjang Usia Mesin
Dengan menggunakan Grinzest, umur mesin dapat diperpanjang hingga 10%.

Meminimalkan Downtime
Dengan menggunakan Grinzest, waktu downtime mesin dapat dikurangi hingga 10%.

Mengurangi Emisi Gas Buang
Dengan menggunakan Grinzest, emisi gas buang dapat dikurangi hingga 10%.

CSR Petani Tumbuh
Dengan menggunakan Grinzest, petani dapat meningkatkan produksi dan pendapatan.

BBM	GRINZEST	GRINZEST	GRINZEST	GRINZEST	% Efisiensi
1	100	100	100	100	0%
2	100	92	92	92	8%
3	100	84	84	84	16%
4	100	76	76	76	24%
5	100	68	68	68	32%
6	100	60	60	60	40%
7	100	52	52	52	48%
8	100	44	44	44	56%
9	100	36	36	36	64%
10	100	28	28	28	72%

BBM	GRINZEST	GRINZEST	GRINZEST	GRINZEST	% Efisiensi
1	100	100	100	100	0%
2	100	92	92	92	8%
3	100	84	84	84	16%
4	100	76	76	76	24%
5	100	68	68	68	32%
6	100	60	60	60	40%
7	100	52	52	52	48%
8	100	44	44	44	56%
9	100	36	36	36	64%
10	100	28	28	28	72%

Hasil Pengujian di Stone Mill - CV Sari Bumi, Rembang
Pengujian dilakukan selama 7 hari dan dilakukan pengujian full fuel pada mesin yang terpasang mesin 11 Brinci. Hasil uji menunjukkan efisiensi BBM sebesar 8% pada Dump Truck.

Selanjutnya hasil pengujian pada Excavator menunjukkan efisiensi BBM sebesar 15%. Excavator yang dipakai saat pengujian adalah merek XCMG.

Gambar 77. Leaflete Grinzest

Collect Data Customer

Secara parallel pada tahapan kegiatan ini juga dilakukan collect database perusahaan tambang. Perusahaan tambang diketahui menggunakan alat-alat berat seperti bulldozer, excavator, dump truck, wheel loader, roller dll dalam operasinya. Penggunaan alat-alat berat ini menghabiskan BBM sangat besar, dimana 1 buldozer dapat menghabiskan 200 liter solar dan bekerja rata-rata 18 jam/hari. Berdasarkan Direktori Perusahaan Pertambangan Besar 2021 yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik didapat 10 perusahaan potensial yang telah dikirimkan informasi dan penawaran produk bioaditif melalui email. Daftar perusahaan potensial disajikan pada Tabel 54.

Tabel 54. Perusahaan potensial pengguna bioaditif

NO	PERUSAHAAN	ALAMAT	KOTA
1	PT SOLUSI BANGUN INDONESIA	Jl. TB Simatupang No. 22-26	Jakarta
2	CV JATI KENCANA BETON	Jl. Jur PTP XVIII Ngobo Km. 2 Karangjati	Semarang
3	PT AGUNG TEKNIK RENTAL	KIC Gatot Subroto Blok 8B No. 9 Semarang	Semarang
4	TRI BINA REJEKI	Jl. Untung Suropati Kav. 20 Semarang	Semarang

NO	PERUSAHAAN	ALAMAT	KOTA
5	PT BERKAH SARI BUMI REMBANG	Jl. WR Supratman Kav. 29 Semarang	Semarang
6	PT RADIK JAYA INDONESIA	Jl. Taat No. 27A Pekauman	Kendal
7	KENDI JAYA	KIW Jl. Gunung Kelir 3A	Semarang
8	CV MITRA PERDANA EQUIPMENT	Jl. Usman janatin RT 05 RW 09 Tanjung Mas	Semarang
9	CV BAROKAH ABADI	Jl. Kalimantan No 5 Tanjung Mas	Semarang
10	PUSAT ALAT BERAT KONSTRUKSI	Jl. Bantul Km 4 No. 400	Yogyakarta

Edukasi dan Pengenalan Produk

Dari aktivitas pengiriman informasi dan penawaran melalui email yang telah dilakukan pada data sekunder yang didapat belum mendapatkan respon positif. Sehingga selain collect data sekunder melalui email, juga dilakukan visit ke beberapa pengguna potensial untuk mengetahui data/informasi secara nyata di lapangan tentang penggunaan mesin dan bahan bakar yang digunakan serta melakukan edukasi market dengan mengenalkan produk dan manfaat penggunaan bioaditif pada biosolar. Kegiatan visitasi sudah dilakukan di enam lokasi yaitu Kawasan Industry Candi Semarang, Pelabuhan Kapal Tanjung Mas, Perusahaan Angkutan, PT. Varia Usaha Beton, PT. Bukit Asam, dan PHE OSES

Kawasan Industry Candi Semarang

Hasil diskusi dari visitasi ke Kawasan Industry Candi Semarang bahwa kebutuhan BBM solar untuk menjalankan mesin adalah menggunakan Dexlite karena mudah membelinya di SPBU, jika membeli BBM industri harganya sangat mahal, dan jika membeli Bio Solar mereka tidak bisa membeli di SPBU karena dilarang oleh Pemerintah. Penampungan BBM di Kawasan Industry Candi Semarang menggunakan tandon kempu/plastik 1000 liter dan ada juga perusahaan yang menggunakan tangki logam kapasitas 5000 liter. Dengan menggunakan BBM Dexlite asumsi saat ini sudah cukup baik bagi operasional mesin, baik cost yang dikeluarkan untuk beli BBM maupun perawatan mesin. Hal ini karena kualitas Dexlite dianggap lebih baik dari Biosolar maupun BBM Industri.

Pelabuhan Kapal Tanjung Mas

Visitasi ke Pelabuhan Kapal Tanjung Mas Visit dilakukan untuk mencari data/informasi mengenai penggunaan BBM untuk kapal-kapal yang digunakan untuk menangkap ikan. Di kawasan pelabuhan tersedia tangki BBM Solar kapasitas 8000 milik Pertamina. Terdapat juga kapal tangker BBM milik Pertamina. Para pemilik kapal membeli BBM langsung ke Pertamina sesuai kebutuhan untuk perjalanan kapal berlayar. Sebagian ada yang menggunakan MFO, BBM sejenis solar yang kualitasnya lebih baik dari biosolar dan harganya lebih mahal dari biosolar. Selama ini mereka belum menemukan kendala terhadap

pembelian BBM maupun kaitannya dengan efek penggunaan solar disana, mereka menganggap semua masih berjalan sesuai harapan.

Perusahaan Angkutan

Visitasi ke perusahaan angkutan dilakukan dengan pengenalan produk bioaditif dan edukasi tentang pemanfaatan penggunaan bioaditif baik dari segi teknis maupun ekonomis. Dari hasil diskusi, diketahui bahwa setiap kendaraan langsung membeli biosolar ke SPBU sehingga jika akan dilakukan ujicoba perlu disiapkan tangki penyimpanan untuk melihat kinerja bioaditif.

PT. Varia Usaha Beton

PT. Varia Usaha Beton merupakan salah satu anak perusahaan PT. Semen Indonesia Beton yang memproduksi berbagai macam beton. Sebagai perusahaan yang bergerak dibidang industri hilir produk semen telah mengembangkan sayap bisnisnya di Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, NTB dan Kalimantan Timur dengan jumlah plant yang dikelola sebanyak 34. Edukasi dan pengenalan produk telah dilakukan ke seluruh plant VUB dan telah dilakukan juga visitasi ke Plant BSP Sayung di Semarang dan Plant BSP Gresik serta pengajuan proposal untuk trial produk langsung ke beberapa armada yang dimiliki. Kegiatan ini disambut baik dan telah dilakukan uji lapangan bioaditif Plant BSP Sayung untuk konfirmasi uji lapang B30 dan uji lapangan B35.

PT. Bukit Asam

PT. Bukit Asam merupakan perusahaan pertambangan batu bara nasional. Visitasi ke PT. Bukit Asam juga dilakukan dengan pengenalan produk bioaditif dan manfaat penggunaannya. Selain itu telah dilakukan pengajuan untuk trial penggunaan bioaditif, dari komunikasi melalui email maupun WhatsApp namun belum mendapatkan respon positif terkait rencana uji coba bioaditif.

PT. Pertamina Hulu Energi OSES

Merupakan perusahaan migas yang melakukan pemboran sumur minyak di Blok OSES (Offshore Southeast Sumatra) dimana kapal transportasi milik PT. Trijaya Global Marindo beroperasi di lapangan PHE OSES. Pengenalan produk bioaditif ke PHE OSES mendapat respon positif dengan melakukan uji lapangan bioaditif pada kapal Sigap Jaya.

Pameran

Untuk menunjukkan eksistensi Grinzest, maka Grinzest mengikuti kegiatan pameran di Konferensi Nasional Minyak Atsiri (KNMA) 2022 yang diselenggarakan oleh Dewan Atsiri Indonesia pada tanggal 30 November – 3 Desember 2022 di Semarang. Kegiatan ini diikuti oleh peserta dari berbagai industri minyak atsiri dari hulu sampai hilir. Adapun dokumentasi keikutsertaan kegiatan pameran disajikan pada Gambar 77 dan Gambar 78. Grinzest juga mengikuti Hannover Messe 2023 yaitu event pameran industri terbesar di dunia yang diselenggarakan di Hannover, Jerman pada tanggal 18 – 21 April 2023 (Gambar 79 dan Gambar 80). Informasi Co exhibitor dan Grinzest dapat dilihat pada link

https://indonesiahannovermesse.id/exhibitors/detail_information/pt-aromatik-teknologi-indonesia.



Gambar 78. Keikutsertaan pameran produk di KNMA



Gambar 79. Pameran Grinze di KNMA 2022



PT Aromatik Teknologi Indonesia Energy Solutions

PT Aromatik Teknologi Indonesia

Jl. Candi Penataran III No.88 Semarang 50278, Central Java, Indonesia

PT Aromatik Teknologi Indonesia increase added value of Indonesian essential oils by refining and synthesizing derivatives into aromatic chemicals. Process technology is our middle name, we handles the recovery of contaminated essential oils and separate oils into various compounds. PT Aromatik Teknologi Indonesia will continue to present new products derived from essential oils and also manufacturing machines. Our tagline is One Stop Solution for Your Essential Oil Needs.

+62 812 8962 3736 <https://www.grinzest.com> <https://www.youtube.com/watch?v=O2-PTfeQ1pc>



Gambar 80 Co-exhibitor Aromatindo yang ikut Hannover Messe 2023



Gambar 81 Co-exhibitor Aromatindo dan peserta kunjungan Hannover Messe 2023

Analisa Penerimaan Pasar Bioaditif

Pada tahun 2021, sektor transportasi mengambil porsi 86.68% dari total konsumsi energi biodiesel, nilai ini setara dengan 28,45 juta KL. Total konsumsi biodiesel 32,83 juta KL maka peluang pasar untuk bioaditif masih cukup besar. Dengan penggunaan aditif sebesar 0,1% maka kebutuhan bioaditif sebesar 32.830 KL pertahun.

Tabel 55. Konsumsi biodiesel nasional berdasarkan sektor

Sektor	Volume (Juta KL)	Persentase
Sektor Industri	2.65	8.07%
Sektor Komersial	0.38	1.16%
Sektor Transportasi	28.45	86.68%
Sektor Lainnya	1.34	4.09%
	32.83	100.00%

Berdasarkan hasil visitasi ke perusahaan-perusahaan potensial dengan melakukan edukasi dan pengenalan produk ke pasar diperoleh tiga perusahaan yang berminat melakukan kerjasama kolaborasi dan masuk ke tahap komersialisasi yaitu sebagai berikut:

1. PT. Varia Usaha Beton
Hasil tindak lanjut edukasi produk dan kegiatan uji lapang bioaditif di plant BSP Sayung telah masuk pada tahap phase persiapan komersialisasi untuk seluruh Plant PT. Varia Usaha Beton. Proses pada tahap negosiasi dan penyusunan mekanisme system pendampingan untuk implementasi bioaditif.
2. PT. Pertamina Hulu Energi Oses
Hasil tindak lanjut edukasi produk yaitu membuat Minute of Meeting strategi uji lapang B35 pada 3 kapal milik PT Trijaya Global Marindo yang beroperasi di shorebase PHE OSES. Berdasarkan hasil uji lapang pada kapal Sigap Jaya dan pelaporan hasil uji lapang sedang menyiapkan rencana pembelian bioaditif sebanyak 10 ton/tahun.
3. Xtrans
Dari kegiatan edukasi dan pengenalan produk melalui webinar dan diskusi, pihak Xtrans berencana melakukan kerjasama kolaborasi uji coba bioaditif pada beberapa shuttle bus dengan supervise dari SBRC IPB.

Pembuatan Dokumen Teknis Produk

Untuk mendukung persiapan komersialisasi melalui pengenalan produk ke pasar, telah disiapkan juga dokumen Material Safety Data Sheet (MSDS) dan Technical Data Sheet (TDS) Bioaditif. Adapun dokumen MSDS dan TDS bioaditif dapat dilihat pada Lampiran Output 10.

3.11. Output 11: Persiapan Komersialisasi Produk Bioaditif untuk B30/B35 dengan Penyusunan Business Plan

3.11.1. Aspek Manajemen

Identitas Perusahaan

Nama perusahaan : PT. Aromatik Teknologi Indonesia
Alamat : Jl. Candi Penataran III No.88 Semarang 50278,
Central Java, Indonesia
No Telp : +62 813 8100 5416
Email : info@aromatindo.com; aromatindo@gmail.com
Website : <https://aromatindo.com/>
Core business : Fabrikasi dan transfer teknologi, produks turunan minyak atsiri, serta produksi Grinzest

Visi da Misi

Visi Aromatindo adalah selalu menyediakan 100% minyak essensial murni dan alami dengan produk berkualitas tinggi.

Misi Aromatindo adalah sebagai berikut:

- a. Produk diluncurkan setelah melewati analisis yang cermat dan ketat di laboratorium kami menggunakan metode dengan standar internasional
- b. Kemitraan dengan petani dan penyuling local
- c. Praktik manufaktur yang baik

3.11.2. Aspek Produksi

Gambaran Produk

Grinzeest merupakan bioaditif yang diformulasikan dari berbagai turunan minyak atsiri yaitu minyak cengkeh, minyak sereh wangi, dan minyak pinus untuk meningkatkan performa kinerja mesin. Grinzeest Additif dari minyak atsiri bekerja dengan menurunkan kekuatan ikatan antar molekul penyusun solar yang menjebak air dan kontaminan yang terlarut dalam solar sehingga meningkatkan sifat cleanliness solar serta menjawab tantangan biodiesel yang bersifat higroskopis. Prosesnya dilakukan di Tanki Utama sehingga didapat bahan bakar yang bersih dan murni. Grinzeest Additif juga membersihkan deposit pada jalur dan ruang bakar sehingga perpindahan panas menjadi lebih baik, performa mesin semakin optimal, tarikan menjadi ringan, emisi NOx lebih rendah sehingga mengurangi polusi gas buang, umur mesin lebih panjang, dapat menghemat pemakaian bahan bakar sekitar 8% serta mengurangi biaya maintenance mesin.



Gambar 82 Produk Grinzeest Additif

Grinzeest dapat dimanfaatkan oleh pelaku sektor industri, pertambangan, pembangkit listrik, pengelola moda transportasi (kapal laut, bis, truck, dll), industri pengguna solar dan pengguna kendaraan diesel.

Sustainability Bahan Baku

Grinzeest diformulasi dari berbagai turunan minyak atsiri yaitu minyak cengkeh, minyak sereh wangi, dan minyak pinus sehingga bersifat alami dan terbarukan. Ketersediaan bahan baku Grinzeest untuk minyak sereh wangi, cengkeh, dan minyak pinus cukup melimpah di Indonesia.

Minyak sereh wangi merupakan salah satu komoditas atsiri prospektif di antara 12 minyak atsiri yang diekspor Indonesia. Minyak sereh wangi Indonesia sebagian besar diekspor

dalam bentuk minyak serih kasar dengan harga jual yang relatif rendah. Permintaan minyak serih wangi cukup tinggi dan cenderung meningkat, tetapi harganya stabil. Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia melaporkan produksi minyak serih wangi Indonesia terus meningkat dari tahun 2020 hingga 2022. Total produksi minyak serih wangi Indonesia tahun 2022 mencapai 5.228 ton, naik 6,22% dari tahun 2020 (produksi 4.922 ton).

Vice President of Research & Development Division PT. Indesso Aroma Leo Seno Broto menyampaikan, perusahaan yang berdiri sejak tahun 1968 sebagai pabrik distilasi minyak cengkeh sederhana ini telah menjadi pemimpin pasar di Asia Tenggara dalam industri Flavor & Fragrance (F&F) serta Food and Wellness Solutions. Saat ini, kami adalah pemimpin pasar global untuk produk turunan minyak cengkeh, yang menguasai market share 60%. Selain itu, kami telah melayani lebih dari 2.000 pelanggan di Indonesia dan ekspor ke lebih dari 50 negara. Terpentin merupakan salah satu produk unggulan non kayu PT Perhutani di Indonesia. Produksi minyak terpentin dari getah pinus sampai dengan bulan Desember 2019, dilaporkan mencapai 14.293 ton dengan luas hutan pinus sekitar 163.150 hektar (Laporan tahunan Perum Perhutani, 2019). Permintaan pasar terhadap minyak terpentin semakin meningkat setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan adanya kecenderungan "Back to Nature" untuk memenuhi kebutuhan industri, sehingga permintaan maupun harga minyak terpentin cenderung meningkat. Disamping itu, adanya peningkatan permintaan industri atas minyak terpentin sebagai bahan baku industri parfum, farmasi, pelarut, resin dan polimer (Wijayati, et al., 2021).

Rencana Pengembangan

Bioaditif produksi dalam negeri belum banyak yang beredar di pasar domestik dan belum dapat menggantikan bioaditif impor. Grinzest berencana mengembangkan bisnis kedepannya yaitu ke target pasar yang lebih luas yaitu ke Pertamina Hulu Energi dan perusahaan - perusahaan semen dan tambang seperti semua plant PT. Varia Usaha Beton dan Semen Indonesia.

Target produksi Grinzest berdasarkan segment potensial yang telah di inisiasi melalui kerjasama uji lapang yaitu disajikan pada Tabel 56.

Tabel 56 Target produksi Grinzest

No	Segment	Produksi 2023		Produksi 2024	
		Per Bulan	Per Tahun	Per Bulan	Per Tahun
1	Semen	400	2.400	400	4.800
2	Kapal Laut	1.000	6.000	1.000	12.000
3	Tambang	400	2.400	400	4.800
4	Pabrik & Retail	200	1.200	200	2.400
TOTAL :		2.000	12.000	2.000	24.000
Produksi 2025		Produksi 2026		Produksi 2027	
Per Bulan	Per Tahun	Per Bulan	Per Tahun	Per Bulan	Per Tahun
480	5.760	576	6.912	691	8.294
1.200	14.400	1.440	17.280	1.728	20.736
480	5.760	576	6.912	691	8.294
240	2.880	288	3.456	346	4.147
2.400	28.800	2.880	34.560	3.456	41.472

Tahapan Proses Produksi

Grinzest diproses melibatkan tahapan sebagai berikut.

1. Pembelian bahan baku raw material berupa Clove Terpen Oil, Citronella Oil dan Turpentine Oil
2. Proses fraksinasi bahan baku dengan menggunakan mesin fraksinasi untuk memisahkan rhodinol pada Citronella Oil, memisahkan air dan kotoran pada Clove Terpen Oil dan Turpentine Oil sehingga kadar komponen utama pada minyak atsiri tersebut tinggi
3. Proses mixing yaitu pembuatan produk Grinzest menggunakan bahan baku hasil fraksinasi
4. Quality control yaitu pengujian kualitas produk Grinzest agar sesuai dengan spesifikasi yang berstandar SNI
5. Packaging, disesuaikan dengan kebutuhan customer. Packing tersedia dalam kemasan 1 L, 5 L, 25 L, dan 200 L.



Raw material



Proses fraksinasi



Proses mixing



Quality control



Packaging

Lokasi Usaha

Grinzest di produksi oleh PT. Aromatik Teknologi Indonesia yang beralamat di Jl. Candi Penataran III No.88 Semarang 50278, Central Java, Indonesia.

Sertifikasi Produk

Grinzest di produksi sesuai dengan spesifikasi dan standar mutu SNI 8744:2019 kecuali untuk parameter titik nyala dengan prosedur aplikasi sebanyak 1:1000 pada bahan bakar biosolar. Pengujian Grinzest dilakukan oleh Lembaga Pengujian yang kredibel yaitu Sucofindo dan Lemigas.

3.11.3. Aspek Pasar

Segementasi Pasar

Segemen pasar Grinzest adalah perusahaan tambang, perusahaan transportasi (kapal laut, bis dan truk), industri yang menggunakan Power Generation berbahan bakar solar dan diesel, dan pengguna kendaraan diesel.

Potensi Pasar

Berdasarkan siaran pers kementerian ESDM RI nomor 528.Pers/04/SJI/2022 penetapan alokasi biodiesel tahun 2023 adalah sebesar 13,15 Juta Kiloliter. Penetapan alokasi tersebut untuk mendukung implementasi B35 yang mulai berlaku per 1 Februari 2023. Mengacu pada proyeksi penyaluran biosolar tahun 2022 sebesar 36.475.050 kiloliter dengan asumsi

pertumbuhan permintaan/demand sebesar 3%, maka diperkirakan penjualan biosolar di tahun 2023 mencapai 37.567.411 kL. Jika asumsi aplikasi penggunaan Grinzest 0,1% dari penggunaan biosolar maka potensi pasar Grinzest pada tahun 2023 adalah sebesar 37.567 kL. Potensi pasar Grinzest akan terus meningkat seiring dengan program mandatori campuran biodiesel dalam BBM. Adapun market value Grinzest dengan harga jual sebesar Rp 350.000,-/liter adalah sebesar Rp 13.148.450.000,-.

Berdasarkan uji teknis dengan beberapa tes lapangan yang sudah dilakukan, produk Aditif Grinzest memiliki banyak manfaat baik teknis dan juga ekonomi sehingga akan memberikan banyak keuntungan bagi konsumen. Banyaknya perusahaan tambang, persewaan genset dan alat berat di Indonesia merupakan potensi yang sangat besar bagi penggunaan aditif Grinzest, karena hampir semuanya masih menggunakan bahan bakar solar standar tanpa aditif apapun.

Analisa Kompetitor

Saat ini produk Grinzest memiliki pesaing yaitu Aderco dan Keropur D dari BASF seperti disajikan pada Gambar 82. Aderco merupakan produk dari Canada yang digunakan untuk memelihara sistem bahan bakar (Gasoline dan Diesel), meningkatkan kualitas bahan bakar, meningkatkan fungsi mesin. Produk Aderco telah dijual melalui marketplace untuk kemasan 20 ml dengan harga Rp 165.000. Sementara Keropur D merupakan produk buatan Germany yang digunakan untuk pembersih sistem bahan bakar diesel. Produk ini telah dijual di marketplace amazon dan AliExpress dengan harga €12.57 per 100 ml.



Gambar 83 Produk bioaditif a) Aderco kemasan 20 ml, b) Aderco kemasan 25 liter, dan c) Keropur D dari BASF



Gambar 84 Grinzest kemasan 5 L

Adapun Grinzest sebagai “performance improver for diesel fuel” memiliki keunggulan karena merupakan produk dalam negeri dengan TKDN tinggi karena menggunakan bahan baku yang ada di Indonesia. Harga Grinzest yang ditawarkan yaitu Rp 350.000,-/liter juga bersaing dibandingkan produk pesain yang ada di pasar.

Penetapan Harga

Harga jual Grinzest setelah memperhitungkan harga pokok produksi, biaya marketing dan margin yaitu Rp 350.000,-/liter yang masih kompetitif dengan produk pesaing. Harga tersebut kemudian disesuaikan dengan volume kemasan 1 L, 5 L, 25 L, dan 200 L.

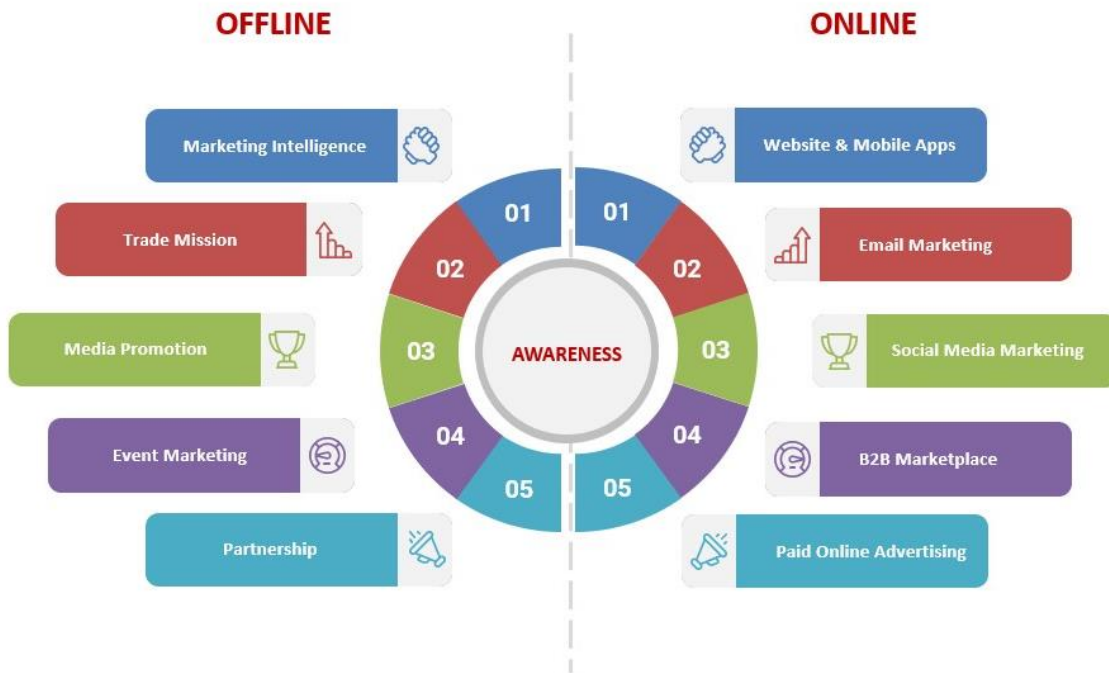
Strategi Pemasaran

Potensial market untuk produk Grinzest adalah perusahaan tambang, armada transportasi baik laut atau darat, dan power generation. Sehingga model penjualan Grinzest adalah business to business (B2B). Adapun strategi marketing Grinzest yaitu dilakukan secara offline dan online seperti disajikan pada Gambar 84. Promosi yang dilakukan yaitu dengan mengirimkan flyer melalui email ke perusahaan terkait, melakukan edukasi ke perusahaan terkait dan mengikuti event pameran.

Proses pemasaran Grinzest melalui tahapan sebagai berikut:

1. Edukasi Market, yaitu memperkenalkan Grinzest dan mencari solusi permasalahan konsumen
2. Ujicoba produk, yaitu dengan melakukan ujicoba langsung produk Grinzest untuk diaplikasikan di lapangan
3. Penjualan, yaitu closing penjualan setelah customer mendapatkan manfaat dari uji coba lapangan
4. CRM, yaitu memberikan pelayanan konsultasi dan pendampingan customer after sales.

Informasi Grinzest dapat dilihat website <https://www.grinzest.com/about.html> dan chanel Youtube aromatik teknologi.



Gambar 85 Strategi marketing Grinzezt

Business Model Canvas

Key Partners <ol style="list-style-type: none"> 1. Supplier Essential Oil 2. Distributor / Reseller 3. Brand Ambassador 4. Marketplace 5. Kurir Pengiriman 	Key Activities <ol style="list-style-type: none"> 1. Produksi additive 2. Pemasaran langsung 3. Digital marketing 4. Edukasi dan pengenalan 5. Pengembangan produk 	Values Propositions <ol style="list-style-type: none"> 1. Penghematan bahan bakar hingga 7% 2. Harga lebih murah 3. Kualitas yang sangat baik 4. Pelayanan konsultasi dan pendampingan before dan after sales 5. Pengiriman yang cepat 6. Jaminan ketersediaan barang 	Customer Relationships <ol style="list-style-type: none"> 1. Layanan konsultasi after sales 2. Kunjungan rutin ke customer 3. Komunikasi melalui sosmed 4. Seminar dan pelatihan 5. Reward untuk customer loyal 	Customers Segment <ol style="list-style-type: none"> 1. Perusahaan tambang 2. Perusahaan transportasi darat dan laut 3. Industri yang menggunakan Power Generator berbahan bakar solar
Key Resources <ol style="list-style-type: none"> 1. Team Marketing 2. Team produksi 3. Team RnD 4. Team Support 			Channels <ol style="list-style-type: none"> 1. Distributor / Reseller 2. Website & social media 3. Canvasing 4. Pameran 5. Seminar edukasi 	
Costs Structure <ol style="list-style-type: none"> 1. Fix cost 2. Variabel cost 3. RnD cost 			Revenues Streams <ol style="list-style-type: none"> 1. Pendapatan dari penjualan produk 2. Pendapatan dari jasa konsultasi dan pendampingan 3. Pendapatan dari maintenance 	

Gambar 86. Business model canvas bioaditif

3.11.4. Analisa SWOT

Strenght

Riset terkait dengan bioaditif telah dikembangkan sejak tahun 2015, berkolaborasi dengan IPB dan BRIN dengan produk yang terlahir dari hasil riset bersama. Didampingi oleh Ristek Dikti dan Kementerian Perindustrian hingga terbit standar kualitas bioaditif Indonesia.

Data-data dari hasil riset tersebut menunjang keberhasilan dalam memperoleh kualitas produk yang sudah teruji baik uji laboratorium dan uji lapangan (B20, B30, dan B35).

Weakness

Resiko yang akan menghambat pencapaian sasaran adalah tipe dari mesin/kendaraan yang dicobakan karena waktu proses nilai penghematan yang timbul setelah pemakaian sangat tergantung dari tipe kendaraan/mesin yang dicobakan. Adanya penurunan konsumsi bahan bakar yang mengakibatkan terjadi penurunan biaya perawatan mesin hanya akan dirasakan setelah penggunaan pada sekian periode. Tidak serta merta langsung menjadi lebih hemat dengan cepat (instan).

Opportunities

1. Indonesia merupakan salah satu produsen minyak sereh terbesar. Minyak sereh adalah produk lokal, namun merupakan komoditas yang lebih banyak diekspor, sedangkan komponen utama minyak sereh dan turunannya masih diimpor.
2. Kebutuhan industri untuk komponen utama (isolat) dan turunannya (derivate) dari minyak sereh semakin meningkat, sehingga produk komponen utama (isolat) dan turunannya (derivate) dari minyak sereh untuk pasar lokal memiliki daya saing produk yang cukup tinggi.
3. Kebutuhan bahan bakar solar semakin tinggi dengan seiring pertumbuhan industri sehingga diperlukan kualitas bahan bakar solar yang baik.
4. Bahan bakar diesel (solar) yang persediaannya semakin menipis akan mengarahkan penggunaan biodiesel sebagai pencampur solar
5. Kebijakan pemerintah pada peraturan penggunaan B-30, B-35 dan perencanaan penggunaan B-40
6. Bioaditif yang berbahan dasar minyak atsiri akan berfungsi untuk meningkatkan fuel cleanliness bahan bakar solar (B-30, B-35 dan B-40) dari air dan partikulat pengotor

Threat

Bioaditif berbasis minyak atsiri sangat berpeluang dalam meningkatkan kualitas bahan bakar solar menjadi lebih baik, dengan sifatnya yang bisa mengurangi kandungan air dan partikel pengotor. Masih banyak industri besar yang belum yakin akan produk bioaditif berbahan dasar minyak atsiri sehingga dibutuhkan edukasi pengenalan produk. Belum adanya kepercayaan konsumen tersebut suatu ancaman yang akan timbul karena belum ada regulasi dari pemerintah yang mendukung produk bioaditif tersebut. Akhir-akhir ini, peningkatan harga diakibatkan peningkatan harga bahan bakar mengakibatkan ancaman dalam meningkatkan harga jualnya sehingga berpengaruh dalam pricing bioaditif.

3.11.5. Rencana Keuangan

Penjualan produk Grinzest terjadi melalui tindak lanjut inisiasi kerjasama uji coba lapangan yang telah dilakukan yang telah menerima manfaat baik dari segi teknis maupun ekonomis serta mengatasi permasalahan di lapangan. Adapun potensial market untuk penjualan Grinzest adalah PT. Pertamina Hulu Energi OSES untuk kapal laut, PT. Varia Usaha Beton & Semen Indonesia dan Bapak Basuk di segment industri tambang. Adapun target penjualan Grinzest di sajikan pada Tabel 57 sampai Tabel 59.

Tabel 57 Target penjualan Grinzest di VUB & Semen Indonesia

NO	NAMA PERUSAHAAN	VOLUME/ BULAN LITER	TOTAL VOLUME/ 24 BULAN LITER
1	PT VARIA USAHA BETON PLANT SAYUNG 1	3	72
2	PT VARIA USAHA BETON PLANT SAYUNG 2	3	72
3	PT VARIA USAHA BETON PLANT WANASARI BREBES	2	48
4	PT VARIA USAHA BETON PLANT BANYUPUTIH BATANG	2	48
5	PT VARIA USAHA BETON PLANT UNGARAN	2	48
6	PT VARIA USAHA BETON PLANT KADIROGO MAGELANG	2	48
7	PT VARIA USAHA BETON PLANT SOLO	2	48
8	PT VARIA USAHA BETON PLANT PURWOKERTO	2	48
9	PT VARIA USAHA BETON PLANT AVATAR SIDOARJO	3	72
10	PT VARIA USAHA BETON PLANT GEBANG SIDOARJO	2	48
11	PT VARIA USAHA BETON PLANT SEGOROMADU GRESIK	2	48
12	PT VARIA USAHA BETON PLANT KAB. GRESIK	2	48
13	PT VARIA USAHA BETON PLANT TUBAN	2	48
14	PT VARIA USAHA BETON PLANT PAKISAJI MALANG	2	48
15	PT VARIA USAHA BETON PLANT BANGKALAN	2	48
16	PT VARIA USAHA BETON PLANT PANDAAN PASURUAN	2	48
17	PT SEMEN INDONESIA LOGISTIK	50	1200
	ESTIMASI PENJUALAN GRINZET / 24 BULAN		2040

Tabel 58 Rencana target penjualan Grinzest per bulan

No	Company	Segment	% Penjualan	Qty / Bulan (L)	Revenue (Rp)
1	VUB & Semen Indonesia	Semen	20%	400	140.000.000
2	PHE OSES	Kapal laut	50%	1000	350.000.000
3	Bp. Basuki	Tambang	20%	400	140.000.000
4	Pabrik & Retail		10%	200	70.000.000
	TOTAL			2000	700.000.000

Tabel 59 Forecast penjualan Grinzest pada tahun 2023 - 2027

No	Company	2023		2024	
		Qty	Revenue	Qty	Revenue
1	VUB & Semen Indonesia	2.400	840.000.000	4.800	1.680.000.000
2	PHE OSES	6.000	2.100.000.000	12.000	4.200.000.000
3	Bp. Basuki	2.400	840.000.000	4.800	1.680.000.000
4	Pabrik & Retail	1.200	420.000.000	2.400	840.000.000
	TOTAL	12.000	4.200.000.000	24.000	8.400.000.000

No	Company	2025		2026		2027	
		Qty	Revenue	Qty	Revenue	Qty	Revenue
1	VUB & Semen Indonesia	5.760	2.016.000.000	6.912	2.419.200.000	8.294	2.903.040.000

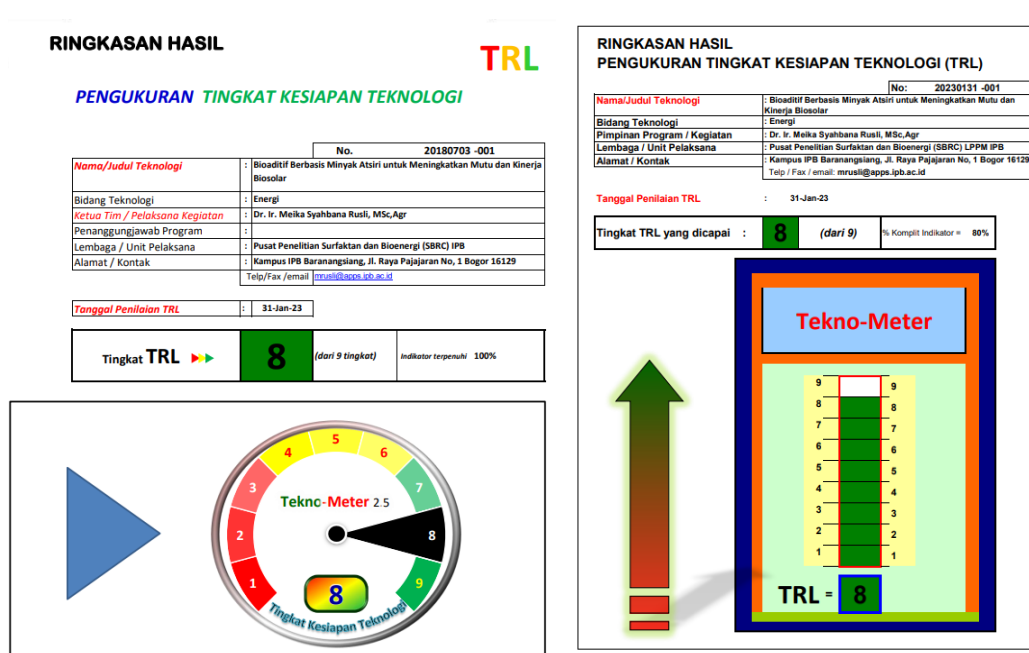
No	Company	2025		2026		2027	
		Qty	Revenue	Qty	Revenue	Qty	Revenue
2	PHE OSES	14.400	5.040.000.000	17.280	6.048.000.000	20.736	7.257.600.000
3	Bp. Basuki	5.760	2.016.000.000	6.912	2.419.200.000	8.294	2.903.040.000
4	Pabrik & Retail	2.880	1.008.000.000	3.456	1.209.600.000	4.147	1.451.520.000
	TOTAL	28.800	10.080.000.000	34.560	12.096.000.000	41.472	14.515.200.000

3.12. Output 12: Perjanjian Kerja Sama Komersialisasi Produk

Perjanjian kerjasama lisensi komersialisasi bioaditif berbasis minyak atsiri untuk biosolar yang telah ditandatangani dengan melibatkan 2 (dua) pihak yaitu Institut Pertanian Bogor (IPB) sebagai pihak pemilik teknologi, PT. Aromatik Teknologi Indonesia sebagai pihak manufacture yang akan memproduksi bioaditif, menjual dan mendistribusikan. Naskah perjanjian komersialisasi dapat dilihat pada Lampiran Output 12.

3.13. Output 13: Self Assessment TKT

Inovasi bioaditif dari minyak atsiri untuk biosolat telah dilakukan penilaian mandiri oleh tim periset (self assessment TKT) dengan nilai TKT 8. Adapun hasil penilaian TKT dapat dilihat pada Gambar 87.



Gambar 87. Hasil pengukuran TKT

Tekno-Meter 2.5

PENGUKURAN TINGKAT KESIAPAN TEKNOLOGI

(TRL, *technology readiness level*)

Atur % Indikator terpenuhi	80,0%
(Nilai default dalam % =)	100,0%

Perkiraan TKT (TKT Quick)

[beri tanda () pada pilihan dibawah ini yang sesuai]

UKUR CEPAT (TKT QUICK)	Pilihan		Keterangan
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sistem teknologi / hasil litbang berhasil (teruji dan terbukti) dalam penggunaan yang dituju (aplikasi sebenarnya).
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sistem telah lengkap dan memenuhi syarat (<i>qualified</i>) melalui pengujian dalam lingkungan (aplikasi) sebenarnya.
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Model atau prototipe sistem/ subsistem telah didemonstrasikan/ diuji dalam lingkungan (aplikasi) sebenarnya.
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Model atau prototipe sistem/ subsistem telah didemonstrasikan/ diuji dalam suatu lingkungan yang relevan.
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Validasi kode, komponen (<i>breadboard validation</i>) teknologi / hasil litbang dalam lingkungan simulasi.
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Validasi kode, komponen (<i>breadboard validation</i>) teknologi / hasil litbang dalam lingkungan laboratorium (terkontrol).
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Telah dilakukan pengujian analitis dan eksperimen untuk membuktikan konsep (<i>proof-of-concept</i>) teknologi / hasil litbang.
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Formulasi Konsep atau aplikasi teknologi / hasil litbang telah dilakukan.
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Prinsip dasar teknologi / hasil litbang telah dipelajari (diteliti dan dilaporkan).
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tidak ada pilihan yang diatas.

TKT QUICK = 8

Σ atau % terpenuhinya ► Indikator TKT 1 [beri tanda cross (X) pada kolom yang sesuai]

		Indikator TKT 1 dianggap sudah terpenuhi					TKT
		x					
No	0	1	2	3	4	5	(0=tidak terpenuhi; 1=20%; 2=40%; 3=60%; 4=80%; 5=100% atau terpenuhi)
1						x	Asumsi dan hukum dasar (ex.fisika/kimia) yg akan digunakan pd teknologi (baru) telah ditentukan
2						x	Studi literatur (teori/empiris -penelitian terdahulu) ttg prinsip dasar teknologi yg akan dikembangkan
3						x	Formulasi hipotesis penelitian (bila ada)
Σ	0	0	0	0	0	3	
Σ	100,0%						

Indikator TKT 1 = **TERPENUHI**

Σ atau % terpenuhinya ► Indikator TKT 2 [beri tanda cross (X) pada kolom yang sesuai]

		Indikator TKT 2 dianggap sudah terpenuhi					TKT
		x					
No	0	1	2	3	4	5	(0=tidak terpenuhi; 1=20%; 2=40%; 3=60%; 4=80%; 5=100% atau terpenuhi)
1						x	Peralatan dan sistem yang akan digunakan, telah teridentifikasi
2						x	Studi literatur (teoritis/empiris) teknologi yang akan dikembangkan memungkinkan untuk diterapkan
3						x	Desain secara teoritis dan empiris telah teridentifikasi
4						x	Elemen-elemen dasar dari teknologi yang akan dikembangkan telah diketahui
5						x	Karakterisasi komponen teknologi yang akan dikembangkan telah dikuasai dan dipahami
6						x	Kinerja dari masing-masing elemen penyusun teknologi yang akan dikembangkan telah diprediksi
7						x	Analisis awal menunjukkan bahwa fungsi utama yang dibutuhkan dapat bekerja dengan baik
8						x	Model dan simulasi untuk menguji kebenaran prinsip dasar
9						x	Penelitian analitik untuk menguji kebenaran prinsip dasarnya
10						x	Komponen-komponen teknologi yang akan dikembangkan, secara terpisah dapat bekerja dengan baik
11						x	Peralatan yang digunakan harus valid dan reliable
12						x	Diketahui tahapan eksperimen yang akan dilakukan
Σ	0	0	0	0	0	12	
Σ	100,0%						

Indikator TKT 2 = **TERPENUHI**

Σ atau % terpenuhinya ▶		Indikator TKT 3 [beri tanda cross (X) pada kolom yang sesuai]					T K T 3
		Indikator TKT 3 dianggap sudah terpenuhi					
No	0	1	2	3	4	5	
1						x	Studi analitik mendukung prediksi kinerja elemen-elemen teknologi
2						x	Karakteristik/sifat dan kapasitas unjuk kerja sistem dasar telah diidentifikasi dan diprediksi
3						x	Telah dilakukan percobaan laboratorium untuk menguji kelayakan penerapan teknologi tersebut
4						x	Model dan simulasi mendukung prediksi kemampuan elemen-elemen teknologi
5						x	Pengembangan teknologi tsb dgn langkah awal menggunakan model matematik sangat dimungkinkan dan dapat disimulasikan
6						x	Penelitian laboratorium untuk memprediksi kinerja tiap elemen teknologi
7						x	Secara teoritis, empiris dan eksperimen telah diketahui komponen2 sistem teknologi tsb dpt bekerja dgn baik
8						x	Telah dilakukan penelitian di laboratorium dengan menggunakan data dummy
9						x	Teknologi layak secara ilmiah (studi analitik, model / simulasi, eksperimen)
Σ	0	0	0	0	0	9	
Σ	100,0%						
Indikator TKT 3 =		TERPENUHI					

Σ atau % terpenuhinya ▶		Indikator TKT 4 [beri tanda cross (X) pada kolom yang sesuai]					T K T 4
		Indikator TKT 4 dianggap sudah terpenuhi					
No	0	1	2	3	4	5	
1						x	Test laboratorium komponen-komponen secara terpisah telah dilakukan
2						x	Persyaratan sistem untuk aplikasi menurut pengguna telah diketahui (keinginan adopter).
3						x	Hasil percobaan laboratorium terhadap komponen2 menunjukkan bahwa komponen tsb dpt beroperasi
4						x	Percobaan fungsi utama teknologi dalam lingkungan yang relevan
5						x	Prototipe teknologi skala lab telah dibuat
6						x	Penelitian integrasi komponen telah dimulai
7						x	Proses 'kunci' untuk manufakturnya telah diidentifikasi dan dikaji di lab.
8						x	Integrasi sistem teknologi dan rancang bangun skala lab telah selesai (<i>low fidelity</i>)
Σ	0	0	0	0	0	8	
Σ	100,0%						
Indikator TKT 4 =		TERPENUHI					

Σ atau % terpenuhinya ▶		Indikator TKT 5 [beri tanda cross (X) pada kolom yang sesuai]					T K T 5
		Indikator TKT 5 dianggap sudah terpenuhi					
No	0	1	2	3	4	5	
1						x	Persiapan produksi perangkat keras telah dilakukan
2						x	Penelitian pasar (<i>marketing research</i>) dan penelitian laboratorium utk memilih proses fabrikasi
3						x	Prototipe telah dibuat
4						x	Peralatan dan mesin pendukung telah diujicoba dalam laboratorium
5						x	Integrasi sistem selesai dgn akurasi tinggi (<i>high fidelity</i>), siap diuji pd lingkungan nyata/simulasi.
6						x	Akurasi/ <i>fidelity</i> sistem prototipe meningkat.
7						x	Kondisi laboratorium di modifikasi sehingga mirip dengan lingkungan yang sesungguhnya
8						x	Proses produksi telah direview oleh bagian manufaktur.
Σ	0	0	0	0	0	8	
Σ	100,0%						
Indikator TKT 5 =		TERPENUHI					


Σ atau % terpenuhinya ▶		Indikator TKT 6 [beri tanda cross (X) pada kolom yang sesuai]					T K T 6
		Indikator TKT 6 dianggap sudah terpenuhi					
No	0	1	2	3	4	5	
1						x	Kondisi lingkungan operasi sesungguhnya telah diketahui
2						x	Kebutuhan investasi untuk peralatan dan proses pabrikan teridentifikasi.
3						x	M&S untuk kinerja sistem teknologi pada lingkungan operasi.
4						x	Bagian manufaktur/ pabrikan menyetujui dan menerima hasil pengujian lab.
5						x	Prototipe telah teruji dengan akurasi/ <i>fidelitas</i> lab yg tinggi pd simulasi lingkungan operasional (yg sebenarnya di luar lab)
6						x	Hasil Uji membuktikan layak secara teknis (<i>engineering feasibility</i>)
Σ	0	0	0	0	0	6	
Σ	100,0%						
Indikator TKT 6 =		TERPENUHI					

Σ atau % terpenuhinya ▶		Indikator TKT 7					T K T 7
[beri tanda cross (X) pada kolom yang sesuai]							
No	0	1	2	3	4	5	
1						x	Peralatan, proses, metode dan desain teknik telah diidentifikasi
2						x	Proses dan prosedur fabrikasi peralatan mulai diujicobakan
3						x	Perlengkapan proses dan peralatan test / inspeksi diujicobakan didalam lingkungan produksi
4						x	Draft gambar desain telah lengkap
5						x	Peralatan, proses, metode dan desain teknik telah dikembangkan dan mulai diujicobakan.
6				x			Perhitungan perkiraan biaya telah divalidasi (<i>design to cost</i>)
7						x	Proses fabrikasi secara umum telah dipahami dengan baik
8						x	Hampir semua fungsi dapat berjalan dalam lingkungan/kondisi operasi
9						x	Prototipe lengkap telah didemonstrasikan pada simulasi lingkungan operasional
10						x	Prototipe sistem telah teruji pada ujicoba lapangan
11						x	Siap untuk produksi awal (<i>Low Rate Initial Production- LRIP</i>)
Σ	0	0	0	1	0	10	
Σ	96,4%						
Indikator TKT 7 =		TERPENUHI					
Σ atau % terpenuhinya ▶		Indikator TKT 8					T K T 8
[beri tanda cross (X) pada kolom yang sesuai]							
No	0	1	2	3	4	5	
1						x	Bentuk, kesesuaian dan fungsi komponen kompatibel dengan sistem operasi
2						x	Mesin dan peralatan telah diuji dalam lingkungan produksi
3						x	Diagram akhir selesai dibuat
4						x	Proses fabrikasi diujicobakan pada skala percontohan (<i>pilot-line</i> atau LRIP)
5						x	Uji proses fabrikasi menunjukkan hasil dan tingkat produktifitas yang dapat diterima
6						x	Uji seluruh fungsi dilakukan dalam simulasi lingkungan operasi
7						x	Semua bahan/ material dan peralatan tersedia untuk digunakan dalam produksi
8						x	Sistem memenuhi kualifikasi melalui test dan evaluasi (DT&E selesai)
9			x				Siap untuk produksi skala penuh (kapasitas penuh).
Σ	0	0	1	0	0	8	
Σ	93,3%						
Indikator TKT 8 =		TERPENUHI					
Σ atau % terpenuhinya ▶		Indikator TKT 9					T K T 9
[beri tanda cross (X) pada kolom yang sesuai]							
No	0	1	2	3	4	5	
1						x	Konsep operasional telah benar-benar dapat diterapkan
2						x	Perkiraan investasi teknologi sudah dibuat
3						x	Tidak ada perubahan desain yg signifikan.
4						x	Teknologi telah teruji pada kondisi sebenarnya
5						x	Produktivitas pada tingkat stabil
6			x				Semua dokumentasi telah lengkap
7						x	Estimasi harga produksi dibandingkan kompetitor
8						x	Teknologi kompetitor diketahui
Σ	0	0	1	0	6	1	
Σ	77,5%						
Indikator TKT 9 =		TIDAK TERPENUHI					
Tingkat TKT adalah =		8					
TKT yang dicapai adalah = TKT tertinggi yang indikatornya terpenuhi							

Gambar 88 Hasil pengukuran setiap indikator

3.14. Output 14: Penyusunan Infografis/Poster Kegiatan dan Hasil Riset



Poster kegiatan dan hasil riset telah dibuat seperti disajikan pada Gambar 88.



BIOADITIF


BERBASIS MINYAK ATSIRI UNTUK MENINGKATKAN MUTU DAN KINERJA BIOSOLAR

Green aditif diformulasi dari turunan minyak atsiri untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar sebagai solusi perawatan mesin diesel.

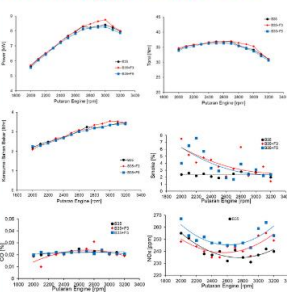



SPESIFIKASI BIOADITIF

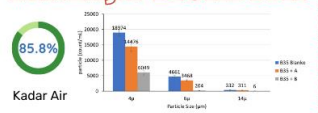
No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		
			Formula A	Formula B	Formula C
1	Viskositas Kinematik	mm ² /detik	2.366	1.759	1.376
2	Kebijakan dalam Etanol	-	1:1 sampai 1:10 larut sempurna	1:1 sampai 1:10 larut sempurna	1:1 sampai 1:10 larut sempurna
3	90% volume pengapungan	°C	226.7	166.8	233.0
4	Kadar Air	% fraksi massa	0.1993	0.0673	1.571
5	Titik nyala	°C	43	41	45
6	Bilangan Asam	mg KOH/g	0.09	0.07	0.12
7	Kadar abu	% fraksi massa	0.002	0.001	0.001
8	Kandungan senyawa karbon dengan rantai <math>< C_{10}</math>	%	-	-	-
9	Pengapungan Visual	-	Jernih dan terang	Jernih dan terang	Jernih dan terang



KINERJA ENGINE




KINERJA BIOADITIF




UJI LAPANG

B30



B55



HASIL UJI LAPANG

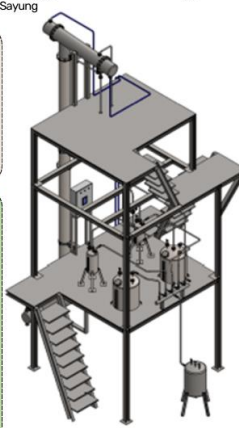
- Penggunaan bioaditif tidak menimbulkan efek negative terhadap komponen engine
- Meningkatkan kualitas fuel cleanliness B35 dengan penurunan pada jumlah partikel ukuran 14 mikron sebesar 13%
- Penghematan konsumsi berada pada kisaran 35-45%

TKI


Merek **GRINZEST** (IDM001018248), Paten Alat (P00202204409), Desain Industri (A00202301836), Paten Produk dan Proses (P00202305367)

PUBLIKASI ILMIAH

2 Proceeding IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Terindeks Scopus), Jurnal Teknologi Industri Pertanian IPB (Sinta 2), Jurnal Teknik Pertanian Universitas Lampung (Sinta 2), 2 Presentasi Seminar Nasional, 2 Presentasi di ICSREE




UJI LAPANG BIOADITIF




BIOADITIF

BERBASIS MINYAK ATSIRI UNTUK MENINGKATKAN MUTU DAN KINERJA BIOSOLAR

Bioaditif diformulasi dari turunan minyak atsiri untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar sebagai solusi perawatan mesin diesel.




INDUSTRIAL SECTOR




PERTAMBANGAN

Crinest mampu menjadi solusi permasalahan penggunaan bahan bakar bioaditif di pertambangan.



TRANSPORTATION

Penggunaan Crinest mengurangi biaya sekaligus memastikan kestabilan operasional setiap saat.




CHARACTERISTIC

- 100% Organic Product
- Non-Hazardous
- Homogeneous with fuel
- Oxygen Elimination
- Solvent / Substances Decomposition

TKI

Merek (IDM01018248), Paten Alat (P0022204409), Desain Industri (A00202301836), Paten Produk dan Proses (P00202305367)



Tim Pelaksana

Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, MSc.Agr (IPB University)

Dr. Hari Setiapraja (BRIN)

Dr. Dwi Setyaningsih, STP., MSI (IPB University)

Dr. Dhani Satria Wibawa, STP., MSI (IPB University)

Egi Agustian, M.Eng (BRIN)

Dona Sulistia Kusuma, M.Si (PT. Aromatik Teknologi Indonesia)

Edwin D. Santana (PT. Minindo Spares and Services)

Surfactant and Bioenergy Research Center (SBRC)

IPB University

Kampus IPB Baranangsiang

Jl Raya Pajajaran No. 1 Bogor 16129

mrusi@apps.ipb.ac.id

Gambar 89 Poster kegiatan hasil riset

BAB 4 REALISASI LUARAN YANG DICAPAI DAN ANGGARAN

Tabel 60 Realisasi luaran yang dicapai dan realisasi anggaran

NO	Indikator Kinerja Riset (IKR) Luaran	Progress Capaian IKR/Luaran	Anggaran (100%)					Kontribusi Mitra
		Deskripsi	% (akhir)	Pagu	Realisasi	Sisa Lebih	%	
1	Optimasi formula Bioaditif B40/B50	Formula dan produk bioaditif B35 yang optimum	100	35.430.000	45.530.000	-10.100.000	129	
2	Analisis Laboratorium Performa Bioaditif untuk B40/B50. a) Pencirian sifat fisik dan kimia turunan minyak atsiri hasil fraksinasi dan pemurnian serta pencirian bioaditif untuk B40/B50 b) Kajian deposit pada filter c) Uji kinerja engine (Uji Dyno) dan pengaruh bioaditif terhadap komponen engine	a. Pencirian sifat fisik dan kimia turunan minyak atsiri hasil fraksinasi dan pemurnian serta pencirian bioaditif untuk B35 b. Kajian deposit pada filter c. Uji kinerja engine (Uji Dyno) dan pengaruh bioaditif terhadap komponen engine	100	280.300.000	289.648.301	-9.348.301	103	
3	Uji lapangan untuk formula bioaditif untuk B40/B50	a. Uji konfirmasi lapangan untuk Bioaditif B30 b. Uji lapangan untuk bioaditif B35 c. Perbaikan P3 (prototipe yang telah memenuhi konsep sebagai produk yang terstandardisasi)	100	323.456.306	354.455.840	-30.999.534	110	46.500.000
4	Analisis keekonomian bioaditif turunan minyak atsiri	Analisis keekonomian dengan memuat informasi kelayakan usaha (dokumen hasil feasibility Study)	100	75.000.000	61.816.000	13.184.000	82	12.500.000
5	Pendaftaran KI terkait proses atau produk Bioaditif B40/B50	Dokumen pendaftaran KI terkait proses atau produk Bioaditif B35 (HKI berupa Paten/Paten Sederhana) dengan mencantumkan nomor	100	16.000.000	3.350.000	12.650.000	21	

NO	Indikator Kinerja Riset (IKR) Luaran	Progress Capaian IKR/Luaran	% (akhir)	Anggaran (100%)				Kontribusi Mitra
		Deskripsi		Pagu	Realisasi	Sisa Lebih	%	
		pendaftaran/registrasi ke Kemkumham RI						
6	Pendaftaran KI berupa Desain Industri terkait hasil riset	Dokumen pendaftaran desain industry terkait hasil riset yang memuat nomor pendaftaran di Kemkumham RI	100	5.890.000	550.000	5.340.000	9	
7	Sertifikasi Produk Bioaditif B30/B40/B50	Sertifikat Produk Bioaditif B30/B35 yang dikeluarkan oleh Lembaga yang berwenang mengeluarkan sertifikat tersebut	100	11.450.000	25.631.900	-14.181.900	224	
8	Publikasi ilmiah (submitted di jurnal nasional terakreditasi atau internasional bereputasi)	Dua Publikasi ilmiah dengan status sekurang-kurangnya submitted di jurnal nasional terakreditasi atau internasional bereputasi	100	20.000.000	14.987.000	5.013.000	75	
9	Publikasi pada Seminar Nasional	Satu prosiding Seminar Nasional dengan status submitted	100	70.000.000	55.337.991	14.662.009	79	
10	Pengenalan produk bioaditif turunan minyak atsiri dan uji penerimaan pasar	Dokumen Analisis Pasar yang memuat hasil uji penerimaan pasar dan pengenalan produk bioaditif	100	140.600.000	99.268.421	41.331.579	71	52.500.000
11	Persiapan komersialisasi produk bioaditif untuk B30/B40/B50 dengan penyusunan business plan	Dokumen rencana bisnis dengan memuat rencana komersialisasi produk bioaditif	100	83.000.000	82.424.727	575.273	99	22.500.000
12	Perjanjian Kerja Sama Komersialisasi Produk	Dokumen Perjanjian Kerja Sama Komersialisasi Produk yang telah ditandatangani oleh Pihak IPB dan Mitra	100			0	0	
13	Self Assessment TKT	Self assessment TKT yang telah dilakukan penilaian mandiri oleh tim periset/institusi	100			0	0	

NO	Indikator Kinerja Riset (IKR) Luaran	Progress Capaian IKR/Luaran	Anggaran (100%)				Kontribusi Mitra	
		Deskripsi	% (akhir)	Pagu	Realisasi	Sisa Lebih		%
14	Penyusunan Infografis/Poster Kegiatan dan Hasil Riset yang telah dilaksanakan	Infografis/Poster Kegiatan dan Hasil Riset yang telah dilaksanakan	100			0	0	
15	Honorarium			275.440.000	275.440.000	0	100	57.600.000
16	Biaya tidak langsung			69.740.000	69.740.000	0	100	
17	PPN 11%			154.693.694	154.693.694	0	100	
18	PPh 23				28.126.126	-28.126.126	0	
				1.561.000.000	1.561.000.000	0	100%	191.600.000

BAB 5 KONTRIBUSI MITRA

Kontribusi mitra industri dalam kegiatan ini dalam bentuk in cash dan in kind dengan capaian realisasi anggaran kontribusi mitra sampai dengan pekerjaan selesai sebesar 100 % telah dilaksanakan atau sebesar Rp 191.600.000,-. Realisasi kontribusi tersebut berupa komponen biaya sebagai berikut:

1. Honor tim mitra
2. Pembelian bahan baku bioaditif
3. Penyusunan keekonomian bioaditif
4. Perjalanan visiting industri untuk melakukan pengenalan dan edukasi serta promosi bioaditif kepada mitra potensial di daerah Semarang dan Jawa Tengah dan penyusunan dokumen analisis pasar
5. Kegiatan penyusunan bisnis plan

BAB 6 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Tahun kedua penelitian dilakukan optimasi formula bioaditif berbasis minyak atsiri untuk B35 dan B50. Pencirian sifat fisik dalam hal ini densitas bahan bakar B35, B40 dan B50 yang ditambahkan bioaditif menunjukkan hasil pengujian yang masih memenuhi standar B30 dan B35 yang berlaku. Formula bioaditif A (turpentine, clove terpen, rhodinol rasio 6:1:3) dan B (turpentine, clove terpen, rhodinol rasio 8:1:1) terkonfirmasi masih relevan dipergunakan sebagai bioaditif untuk B35 dan B40. Kedua formula mampu menurunkan kadar air dan kadar partikulat biosolar. Formula B dengan campuran turpentine, clove terpen dan rhodinol dengan rasio volume 8:1:1 teridentifikasi memberikan respon penurunan kadar air dan partikulat yang lebih baik dan lebih signifikan dibandingkan formula A.

Eksplorasi formula baru dengan atau tanpa penambahan aditif lain berupa 2-EHN dan camphor oil memberikan data dan informasi terkait kandidat formula baru yang juga memiliki potensi untuk dipergunakan sebagai aditif biosolar B35 dan B40. Formula campuran turpentine dan rhodinol dengan rasio volume 9:1 dan formula B (8:1:1) dengan penambahan 10% camphor oil merupakan kandidat yang dapat dipertimbangkan karena mampu menurunkan kadar air dan kadar partikulat bahan bakar.

Evaluasi terkait waktu inkubasi atau waktu tinggal pasca pencampuran B35 dan B40 yang lebih lama (>14 hari) menunjukkan trend penurunan kadar air bahan bakar setelah hari ke-14. Hasil pengujian partikulat juga menunjukkan penurunan setelah adanya penambahan kembali bioaditif pada hari ke-14. Namun demikian penurunan kadar partikulat optimal tetap diperoleh pada hari ke-7. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk handling bahan bakar yang waktu simpannya atau waktu distribusinya lebih lama dari 7 hari diperlukan penambahan bioaditif untuk menjaga kadar air dan terutama kadar partikulatnya mengalami peningkatan.

Pencirian sifat fisik bahan baku bioaditif dan bioaditif melalui pengujian kadar air dan GC MS menunjukkan masih memenuhi spesifikasi mutu yang diharapkan. Demikian halnya dengan hasil pengujian densitas bahan bakar yang ditambahkan bioaditif seluruhnya tetap memenuhi baku mutu densitas sesuai Keputusan Dirjen Migas No.185.K Tahun 2022. Pengujian pada *engine test bench* dengan mengacu kepada standar uji SNI 0119:2020 menunjukkan hasil karakteristik kinerja dan emisi untuk B35 dan B35+bioaditif dengan hasil yang dapat disampaikan yaitu 1) formulasi bioaditif dapat mempengaruhi kinerja dan emisi engine dan 2) bioaditif dengan F3 menunjukkan hasil daya yang lebih tinggi dengan emisi asap dan NOx pada putaran daya maksimum lebih rendah dibandingkan dengan B35. Tetapi formula F3 menunjukkan konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan kedua bahan bakar uji lainnya pada putaran daya maksimum.

Hasil dari uji konfirmasi lapangan bioaditif B30 di PT. VUB Plant BSP Sayung dan uji lapang B35 di PT. VUB Plant BSP Sayung, PHE OSES, dan Bus Operasional IPB, dapat disimpulkan hal sebagai berikut:

1. Penggunaan aditif tidak menimbulkan efek negative terhadap komponen engine
2. Bahan bakar aditif dapat menekan jumlah kontaminan partikel sehingga dapat meningkatkan nilai *fuel cleanliness* hingga 13%

3. Pemakaian aditif untuk B30 dengan kadar air yang rendah tidak berpengaruh significant. Penurunannya hanya pada kisaran maksimum 12%an.
4. Konsumsi bahan bakar B30 pada loader dengan metode *full to full* menghasilkan nilai rata-rata 5% lebih irit, untuk bahan bakar dengan aditif. Begitu juga penggunaan bio-aditif dapat menghemat pemakaian bahan bakar B35 baik untuk TM 170 maupun TM269.
5. Pada kapal Sigap Jaya, menunjukkan penurunan konsumsi bahan bakar pada rute yang sama dengan menggunakan bioaditif sekitar 5% (dengan mengesampingkan data untuk rute Kalijabat-Pabelokan-Kalijabat). Peningkatan maksimum *fuel cleanliness* adalah sebesar 86%, sedangkan pengurangan jumlah pergantian filter bahan bakar dengan penggunaan bioaditif adalah sebesar 47%. Hasil tersebut dapat menjadi pertimbangan bahwa penggunaan bioaditif dapat berperan dalam mendukung program pemerintah untuk menurunkan emisi karbon melalui penggunaan biofuel pada kisaran 5%.
6. Penggunaan bioaditif dapat memperpanjang periode perawatan kapal sehingga dapat menekan 'down time' untuk meningkatkan produktivitas.
7. Kinerja mesin Bus IPB dengan penambahan bio-aditif mengkonsumsi lebih sedikit bahan bakar jika dibandingkan dengan Bus IPB yang menggunakan bahan bakar tanpa ditambahkan bio-aditif, yaitu hemat hingga 13,76%.
8. Penambahan bio-aditif berpengaruh terhadap tingkat kecerahan bahan bakar biosolar jenis B35 jika dibandingkan dengan bahan bakar tanpa penambahan bio-aditif.

Hasil analisis kelayakan industri bioaditif dari perhitungan NPV menunjukkan hasil yang positif atau manfaat bersih yang diterima dalam kurun waktu 10 tahun sebesar Rp 26,7852 miliar. Perhitungan Net B/C lebih besar dari 1, yaitu 3,01 yang artinya setiap biaya yang dikeluarkan sebesar 1 satuan dapat menghasilkan tambahan manfaat bersih sebesar 3.01 satuan. Tingkat IRR adalah 46,19% sehingga investasi memiliki tingkat pengembalian yang lebih besar dari pada *opportunity cost of capital*. Nilai *payback period* menunjukkan hasil yang lebih kecil dari umur usaha 10 tahun, yaitu 2,40 tahun dengan margin 33,37%. Investasi Industri Bioaditif ditinjau dari aspek finansial (NPV, Net B/C, IRR, PBP) dinyatakan layak untuk dijalankan. Hasil analisis sensitivitas terhadap penurunan harga jual bioaditif dan kenaikan harga beli bahan baku hingga 5% menunjukkan investasi yang layak. Namun, terjadinya ketidaklayakan jika penurunan harga jual bioaditif dan kenaikan harga beli bahan baku hingga 10%.

Kekayaan Intelektual (KI) yang dihasilkan dari kegiatan ini yaitu paten dengan nomor permohonan P00202305367 dan desain industri nomor pendaftaran A00202301836. Dikarenakan belum ada Lembaga Sertifikasi Produk (LSPro) yang dapat memfasilitasi sertifikasi produk bioaditif, sehingga kegiatan sertifikasi dilakukan melalui pengujian produk oleh laboratorium terakreditasi yaitu LEMIGAS, dimana pernyataan **kesesuaian** produk dengan SNI dicantumkan pada hasil analisis.

Hasil dari melakukan edukasi dan pengenalan produk ke pasar diperoleh tiga perusahaan yang berminat melakukan kerjasama kolaborasi dan masuk ke tahap komersialisasi yaitu PT. Varia Usaha Beton, PT. Pertamina Hulu Energi Osos dan Xtrans.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian E, Sulaswatty A, Tasrif, Laksmono JA, Adilina IB. 2007. Isolation of citronellal from citronella oil using bench scale fractionation unit. *J. Tek. Ind. Pert* 17(2):p.49–53.
- Alagumalai A. 2015. Combustion characteristics of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) oil in a partial premixed charge compression ignition engine. *ALEXANDRIA ENGINEERING JOURNAL*.
- Anand BP, Saravanan CG, Srinivasan CA. 2010. Performance and exhaust emission of turpentine oil powered direct injection diesel engine. *Renewable Energy* 35(6):p.1179–1184.
- Arkan F. 2019. *Pengaruh aditif dari fraksi rhodinol minyak sereh wangi terhadap konsumsi bahan bakar dan kualitas biosolar (B-20)*. Institut Pertanian Bogor.
- Demirbas A. 2008. *Biodiesel: A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines* 1st ed., Springer-Verlag London Limited.
- Endyani ID, Putra TD. 2011. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Bahan Bakar. *Proton* 3(1):p.29–34.
- Ferdayanti M, Sastohamidjojo H, Riyanto. 2014. Pemekatan Sitronelal Dalam Minyak Sereh Wangi (*Cymbopogon Nardus* L.) dengan Fraksinasi Distilasi dan Identifikasi Menggunakan KG-SM. *Indonesian Journal of Chemical Research* 2:p.11.
- Gamayel A. 2016. Karakteristik Fisik Bahan Bakar Alternatif Campuran Minyak Jarak (Cjo) -Minyak Cengkeh. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* 19(2):p.119–125.
- Hamzah MH, Che Man H, Abidin ZZ, Jamaludin H. 2014. Comparison of citronella oil extraction methods from *Cymbopogon nardus* grass by ohmic-heated hydro-distillation, hydro-distillation, and steam distillation. *BioResources* 9(1):p.256–272.
- Irvansyah MB. 2014. *Pengaruh Campuran Solar dengan Biodiesel dari Residu Minyak dalam Limbah Padat Spent Bleaching Earth yang Diproduksi secara In Situ terhadap Karakteristik dan Kinerja Mesin Diesel*. Institut Pertanian Bogor.
- Kadarohman A, Hernani, Khoerunisa F, Astuti RM. 2010. A potential study on clove oil, eugenol and eugenyl acetate as diesel fuel bio-additives and their performance on one cylinder engine. *Transport* 25(1):p.66–76.
- Khalid A, Jaat N, Manshoor B, Zaman I, Sapit A, Razali A, Basharie M. 2017. Influences of Fuel Additive, Crude Palm and Waste Cooking Oil on Emission Characteristics of Small Diesel Engine. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 226(1).
- Lawang AT. 2019. *Mutu minyak daun cengkeh dan minyak sereh wangi sebagai bioaditif bahan bakar solar*. Institut Pertanian Bogor.
- Lestari RSE. 2012. *Perancangan proses fraksinasi minyak Sereh Wangi dan isolasi sitronelal serta kajian kelayakan finansial untuk penerapannya di industri*. Institut Pertanian Bogor.
- Ma'mun, Sriyadi, Suhirman S, Mulyana H, D S, Kustiwa D. 2010. MINYAK ATSIRI SEBAGAI BIO ADITIF UNTUK PENGHEMATAN BAHAN BAKAR MINYAK (BBM). *Laporan Teknis Penelitian Tahun 2010 Balai Tanaman Obat dan Aromatik*:p.141–150.
- Mbarawa M. 2010. The effect of clove oil and diesel fuel blends on the engine performance and exhaust emissions of a compression-ignition engine. *Biomass and Bioenergy* 34(11):p.1555–1561.

- Nasikin M, Makhdiyanti A. 2003. Sintesis Metil Ester Sebagai Aditif Bahan Bakar Solar Dari Minyak Sawit. *Jurnal Teknologi* (1):p.45–50.
- Nugraha R, Alwi E, Fernandez D. 2015. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Carbon Clener Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Suzuki Shogun 125. *Automotive Engineering Education Journals* 2.
- Pattamaprom C, Pakdee W, Ngamjaroen S. 2012. Storage degradation of palm-derived biodiesels: Its effects on chemical properties and engine performance. *Renewable Energy* 37(1):p.412–418.
- Perry S, Perry RH, Green DW, Maloney JO. 1997. *Perry's chemical engineers' handbook* Don W. Green, ed., McGraw-Hill.
- Prianto H, Retnowati R, Juswono UP. 2013. Isolasi dan karakterisasi dari minyak bunga cengkeh (*Syzigium aromaticum*) Kering Hasil Distilasi Uap. *Kimia Student Journal* 1(2):p.269–275.
- Priatni A, Adiningsih Y, Fitriani. 2014. Karakterisasi Sifat Fisik Kimia Biodiesel dari Transesterifikasi Enzimatis dan Pengaruhnya terhadap Emisi Gas Buang. *Jurnal Riset Teknologi Industri* 6(12):p.11–19.
- Ramírez-verduzco LF, Rodríguez-rodríguez JE, Jaramillo-jacob AR. 2012. Predicting cetane number , kinematic viscosity , density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition. *FUEL* 91:p.102–111.
- Sathiyamoorthi R, Sankaranarayanan G. 2016. Effect of antioxidant additives on the performance and emission characteristics of a DIC engine using neat lemongrass oil – diesel blend. *FUEL* (February).
- Septiadi T. 2017. *Formulasi minyak sereh wangi dan minyak cengkeh sebagai bioaditif untuk meningkatkan kinerja bahan bakar solar*. Institut Pertanian Bogor.
- Setyadi P, Wibowo CS. 2015. Pengaruh Pencampuran Minyak Solar Dengan Biodiesel Pada Nilai Angka Setana. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur* 2:p.93–99.
- Setyaningsih D, Faiziin MN, Muna N. 2018. Pemanfaatan Minyak Atsiri sebagai Bioaditif Penghemat Bahan Bakar Biosolar. *INDONESIAN JOURNAL OF ESSENTIAL OILs*, No.x 3(1):p.45–54.
- Siregar J. 2020. *EKSTRAKSI MINYAK TERPENTIN DARI GETAH PINUS DENGAN METODE MICROWAVE ASSISTED HYDRO-DISTILLATION (MAHD*. Universitas Sumatera Utara.
- Siwi IR. 2013. *Pemisahan fraksi kaya sitronelal, sitronelol, dan geraniol minyak Sereh Wangi menggunakan distilasi fraksinasi vakum*. IPB.
- Tarabet L, Loubar K, Lounici MS, Hanchi S, Tazerout M. 2012. Eucalyptus Biodiesel as an Alternative to Diesel Fuel : Preparation and Tests on DI Diesel Engine. *Journal of Biomedicine and Bioetchnology*.

LAMPIRAN