



Tesis - TF185471

Meningkatkan Keandalan *Auxiliary Diesel Engine Plant* dari Pengaruh *Stabilitas Oksidasi Biodiesel* di Pt. Vale Indonesia Tbk, Sorowako

ASGAR R. ALIE
NRP. 02311650022028

DOSEN PEMBIMBING I:
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, Msc
NIP.19620822 198803 1001

DOSEN PEMBIMBING II:
Dr. Dhany Arifianto, ST, M. Eng
NIP.19731007 199802 1001

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN REKAYASA ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister
Teknik (M.T.)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
oleh:

Asgar R. Alie.
NRP. 02311650022028

Tanggal Sidang Tesis: 10 Januari 2019

Periode Wisuda: Maret 2019

Disetujui oleh:

1. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito Msc (Pembimbing I)
NIP. 19620822 198803 1001 
2. Dr. Dhany Arifianto ST, M. Eng. (Pembimbing II)
NIP. 19731007 199802 1001 
1. Dr. rer.nat. Ir. Aulia M.T. Nasution, MSc (Penguji)
NIP. 19671117 199702 1001 
2. Dr. Ing. Doty Dewi Risanti, ST, MT (Penguji)
NIP. 19760523 200012 2001 



Dekan Fakultas Teknologi Industri,


Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T., M.T.
NIP. 19690507 1995121001

Halaman ini sengaja dikosongkan

MENINGKATKAN KEANDALAN AUXILIARY DIESEL ENGINE PLANT DARI PENGARUH STABILITAS BIODIESEL DI PT. VALE INDONESIA Tbk, SOROWAKO

Nama Mahasiswa : Asgar R. Alie
NRP : 02311650022028
Pembimbing : Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito Msc
Dr. Dhany Arifianto ST, M. Eng.

ABSTRAK

Keprihatinan lingkungan yang serius mengenai penggunaan bahan bakar berbasis fosil telah meningkatkan kesadaran tentang perlunya mencari alternatif bahan bakar bersih dan terbarukan. Biodiesel dianggap sebagai pengganti diesel yang bersih, tidak beracun, namun *biodegradable*, yang diproduksi melalui transesterifikasi trigliserida dengan alkohol dengan adanya katalis yang tepat. Namun sifat merugikan utama biodiesel – yaitu penyerapan air, korosi, dan viskositas tinggi – terutama timbul karena efek dari lamanya masa penyimpanan. Perubahan karakteristik fisika karena oksidasi dan kehadiran kontaminan dalam biodiesel tidak hanya secara signifikan mempengaruhi kinerja mesin tetapi juga mempersulit penanganan dan penyimpanannya.

Oleh karena itu, menjaga stabilitas saat penanganan dan penyimpanan biodiesel merupakan langkah penting selama penggunaan. Untuk mengatasi masalah ini, beberapa solusi dilakukan antara lain dengan melakukan metode sirkulasi dan penyaringan. Penyaringan dilakukan untuk menjaga agar *Fuel Cleanliness* tetap terjaga pada level 18/16/13, sesuai standar ISO 4406. Sementara sistim sirkulasi berfungsi agar stabilitas biodiesel yang disimpan di dalam tangki terlalu lama dapat tetap terjaga.

Penelitian ini sebagai improvement metode penyimpanan guna mendukung operasional PT. Vale Indonesia Tbk. yang handal dan tersedia, yaitu mencapai *Physical Availability* diatas 85%.

Kata kunci: Biodiesel, *fuel system*, *oxidation stability*, *fuel cleanliness*, *filtering and circulating system*, *karakteristik fisika*, *Physical Availability*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

**IMPROVE RELIABILITY OF AUXILIARY DIESEL ENGINE PLANT
FROM THE BIODIESEL OXIDATION STABILITY EFFECTS
AT PT. VALE INDONESIA Tbk. SOROWAKO**

Nama Mahasiswa : Asgar R. Alie
NRP : 02311650022028
Pembimbing : Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito Msc
Dr. Dhany Arifianto ST, M. Eng.

ABSTRACT

Serious environmental concerns regarding the use of fossil-based fuels have raised awareness about the need to find alternative clean and renewable fuels. Biodiesel is considered as a diesel substitute for clean, non-toxic but biodegradable, produced through transesterification of triglycerides with alcohol in the presence of the right catalyst. But the main detrimental properties of biodiesel - namely water absorption, corrosion and high viscosity - mainly arise due to the effect of the length of the storage period. The changes in physical characteristics due to oxidation and the presence of contaminants in biodiesel not only significantly affects engine performance but also complicates handling and storage. Therefore, maintain stability when handling and storage biodiesel is an important step during use. To overcome this problem, several solutions are carried out, among others, by doing Circulating and Filtering Methods. Filtering is done to keep Fuel Cleanliness maintained at the level of 18/16/13, according to ISO 4406 standards. While the Circulating system functions so that the stability of biodiesel stored in the tank for too long can be maintained. This study as an improvement in storage methods to support the operations of PT. Vale Indonesia Tbk. reliable and available, which reaches Physical Availability above 85%.

Keywords: Biodiesel, fuel system, oxidation stability, fuel cleanliness, filtering and circulating system, physical characteristics, Physical Availability

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATAPENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga dalam menyelesaikan penelitian dan laporan tesis dengan judul “Studi Pengaruh Penggunaan Biodiesel pada Auxiliary Diesel Engine Plant di PT. VALE Indonesia Tbk.”.

Tulisan ini merupakan salah satu penelitian yang mengangkat tema mengenai penerapan salah satu sumber energi baru terbarukan, yaitu biodiesel. Fokus utamanya adalah pada bagaimana penggunaan biodiesel ini dapat membantu untuk mengurangi penggunaan energi dan biaya pengoperasiannya dari sumber energi listrik yang dioperasikan di PT Vale Indonesia Tbk.

Penelitian dan laporan tesis ini tidak dapat diselesaikan oleh penulis tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang memberikan bantuan secara moral maupun materi, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan, motivasi dan saran dalam menyelesaikan penelitian ini,
2. Bapak Dr. Dhany Arifianto ST. M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Bapak Dr. rer. nat. Ir. Aulia M.T. Nasution, MSc ; Ibu Dr. Ing. Doty dewi Risanti, ST. MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat bermanfaat hingga selesainya tesis ini,
4. Bapak Dr. Ridho Hantoro ST. MT yang sangat banyak memberi bantuan dan motivasi selama perkuliahan kami,
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika ITS yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada kami,
6. Ibu Martha Hardiyah, S.Pd selaku admin Pascasarjana Teknik Fisika yang telah membantu semua urusan administrasi dalam penyelesaian tesis ini,
7. Keluarga terutama istri yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis,

8. Teman-teman admin mahasiswa S2 kelas PT. Vale Indonesia: Leo, Erwin dan Musryanto yang ikut dalam membantu, memberi informasi dan mengkoordinasi semua kegiatan administrasi dan proses thesis ini,
9. Teman-teman mahasiswa S2 kelas PT. Vale Indonesia yang senantiasa ada untuk memberikan bantuan dan motivasi.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan laporan tesis ini.

Apabila terdapat kekurangan dalam penelitian dan laporan tesis ini, penulis memohon kritik dan saran demi penelitian yang lebih baik. Semoga laporan tesis ini dapat memberikan manfaat dan ilmu bagi banyak orang.

Sorowako, 10 Januari 2019

Asgar R. Alie

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATAPENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
BAB 2 DASAR TEORI BIODIESEL	3
2.1 Energi Baru Terbarukan	3
2.2 Biodiesel	5
2.3 Bahan Baku	7
2.4 Proses Produksi	8
2.4.1 Esterifikasi dua tahap	9
2.4.2 Transesterifikasi	10
2.5 Sifat Dasar Biodiesel	11
2.6 Karakteristik Fisika Biodiesel	12
2.7 Pemicuh Perubahan Sifat Biodiesel	16
2.8 Fuel Cleanliness	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Metode	21
3.2 Data	22
3.2.1 Data Operasional	22
3.2.2 Data Maintenance	25
3.2.3 Data Biodiesel	28
3.2.4 Data Sistem Distribusi dan Penyimpanan	29
3.3 Eksperimen	31
3.3.1 Uji Karakteristik Fisika Biodiesel	31
3.3.2 Uji Fuel Cleanliness	35
3.3.3 Uji Stabilitas dan Penyimpanan	38
3.3.4 Pemasangan <i>Filter Ultipleat High Flow</i>	39
3.3.5 Pemasangan Fuel Decontamination Module 500	40

BAB 4.....	48
4.1 Hasil	45
4.1.1 Hasil Uji Karakteristik Fisika Biodiesel	45
4.1.2 Hasil Uji Fuel Cleanliness	45
4.1.3 Hasil Uji Stabilitas Penyimpanan	47
4.2 Analisa	49
4.2.1 Hasil Pemasangan <i>Filter Ultipleat High Flow</i>	50
4.2.2 Hasil Pemasangan <i>Fuel Decontamination Module</i>	53
4.2.3 Hasil Uji Performa Mesin	55
4.2.4 Mengukur Tingkat Kemajuaan Solusi	56
4.3 Kesimpulan	
BAB 5 PENUTUP.....	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sketsa Target Bauran Energi Primer 2025.....	5
Gambar 2. 2 Latar belakang penggunaan biodiesel	6
Gambar 2. 3 Struktur generik molekul FAME	6
Gambar 2. 4 Beberapa Jenis Bahan Nabati Sebagai Bahan Baku Biodiesel	7
Gambar 2. 5 Proses Reaksi Trans-Esterfikasi.....	8
Gambar 2. 6 Sketsa proses produksi biodiesel.....	11
Gambar 2. 7 Aliran Laminar Cairan Kental.....	13
Gambar 3. 1 Alur Metodologi Penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Diagram Sumber dan Distribusi Energi PT Vale Indonesia Tbk....	23
Gambar 3. 3 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel CAT Diesel Engine Plant	25
Gambar 3. 4 Engine Caterpillar MUI-3516, with Power Generator se	25
Gambar 3. 5 Penurunan Performance CAT Engine Diesel.....	30
Gambar 3. 6 Penyumbatan pada filter bahan bakar	31
Gambar 3. 7 Injector Component Rating	31
Gambar 3. 8 Overview Fuel Pump System Mangkasa Point.....	33
Gambar 3. 9 Pigging, alat untuk pembersih pipa jalur distribusi.....	33
Gambar 3. 10 Skema alur distribusi biodiesel	34
Gambar 3. 11 Ilustrasi cara kerja Particle Counter	39
Gambar 3. 12 Desain <i>Filter Ultipleat High Flow</i>	42
Gambar 3. 13 Instalasi <i>Filter Ultipleat High Flow</i> terpasang.....	42
Gambar 3. 14 Ilustrasi Schematic Layout Circulating and filtering System	44
Gambar 3. 15 Layout - Biodiesel Circulating System	45
Gambar 3. 16 Ilustrasi Improvement Alur Distribusi Biodiesel.....	46
Gambar 4. 1 Grafik Sampel biodiesel.....	49
Gambar 4. 2 Grafik batang hasil pengukuran rata pada Loading <i>Tank</i>	49
Gambar 4. 3 Grafik Pengujian Bilangan Asam.....	50
Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Viskositas.....	51
Gambar 4. 5 Grafik Pengujian Stabilitas Oksidasi	51
Gambar 4. 6 Photomicrographs sampel Sebelum Filter	54
Gambar 4. 7 Photomicrographs sampel Setelah Filter 20 Micron.....	55
Gambar 4. 8 Photomicrographs sampel Setelah Filter 10 Micron.....	55
Gambar 4. 9 Hasil pengecekan kandungan air.....	58
Gambar 4. 10 Data penurunan Downtime akibat Fuel System Problem	60
Gambar 4. 11 Data hasil persentase physical availability akhir tahun 2017.....	60
Gambar 4. 12 Perubahan Karakteristik Biodiesel setelah disimpan 3 Bulan	62

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penggunaan sumber energi USA dan Dunia, dalam kilowatt-hours quads	4
Tabel 3. 1 Beberapa Data Laporan Downtime Emergency Diesel Generator	26
Tabel 3. 2 Data Karakteristik Fisika Biodiesel.....	32
Tabel 3. 3 ISO Code 4406 chart.....	40
Tabel 3. 4 Skala perbandingan “micron”	40
Tabel 4. 1 Hasil uji lab Biodiesel	48
Tabel 4. 2 Hasil Optical Particle Count pada tingkat kebersihan bahan bakar	56
Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Sampel Fuel Cleanliness	57
Tabel 4. 4 Hasil uji sampel biodiesel dari Lab. SOS Trakindo.....	57
Tabel 4. 5 Hasil Uji Performa Mesin	58
Tabel 4. 6 Laporan PA-MTBF untuk Emergency Diesel Fenerator 2017	61

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
B0	: Minyak Solar
B100	: Biodiesel Murni
B-XX	: Campuran Biodiesel
BBN	: Bahan Bakar Nabati
CoA	: <i>Certificate of Analysis</i>
CoQ	: <i>Certificate of Quality</i>
EN	: <i>European Standard</i>
EP	: <i>Engine Performance</i>
FAME	: <i>Fatty Acid Methyl Ester</i>
POME	: <i>Palm Oil Methyl Ester</i>
FFA	: <i>Free Fatty Acid</i>
GLY	: <i>Glycerol</i>
HSD	: <i>High Speed Diesel</i>
HSFO	: <i>High Sulfur Fuel Oil</i>
ISO	: <i>Internasional Standardisation Organisation</i>
MTBF	: <i>Mean Time Between Failure</i>
OEM	: <i>Original Equipment Manufacture</i>
PA	: <i>Physical Availability</i>
RPM	: <i>Revolutions Per Minute</i>
WFOME	: <i>Waste Fried Oil Methyl Ester</i>

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Vale Indonesia Tbk. yang awalnya bernama PT. International Nickel Indonesia berdiri pada tahun 1968, merupakan perusahaan pertambangan yang mengoperasikan tambang nikel pit terbuka (*open pit*) dengan pabrik pengolahan dan pemurnian yang berada di Sorowako, Sulawesi Selatan, merupakan produsen nikel terbesar di Indonesia dan menyumbang 5% pasokan nikel dunia. Energi listrik dalam jumlah yang sangat besar dibutuhkan oleh PT. Vale Indonesia Tbk. agar proses produksi pengolahan nikel dapat berlangsung. Semua peralatan yang ada dalam proses pengolahan bijih nikel tersebut beroperasi dengan pemakaian daya listrik yang sangat besar. Untuk memenuhi semua itu departemen *Utilities* harus menyediakan energi listrik yang tidak hanya besar tetapi juga kompleks. Hal itu diwujudkan oleh PT Vale Indonesia Tbk. dengan dimilikinya sendiri sistem kelistrikan yang lengkap mulai dari pembangkitan, transmisi, distribusi, hingga pemakaian.

Secara umum sistem kelistrikan di PT Vale Indonesia Tbk terbagi dua yaitu sistem pembangkitan dan sistem distribusi. Sistem pembangkitan terbagi tiga berdasarkan sumber energi yang digunakan untuk menggerakkan turbin yaitu PLTA, PLTU dan PLTD. PLTD yang terdapat di PT. Vale terdiri dari dua jenis, yaitu MBDG dan pembangkit dengan *Cat Diesel Engine*. Di laporan penelitian ini, kami akan membahas seputar penggunaan Biodiesel di Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang menggunakan mesin diesel ini, selanjutnya disebut *CAT Diesel Engine*, karena pada pembangkit inilah biodiesel digunakan.

Namun pada awal digunakannya biodiesel ini, isu mengenai bahan bakar kotor, *engine won't start*, *engine low power* dan lain lain sering terjadi di operasional *Auxiliary Diesel Engine Plant* ini. Hal ini ditandai dengan adanya masalah pada mesin yang berulang terjadi yang diakibatkan oleh kondisi bahan bakar. Tentu saja ini menjadi beban bagi bagian perawatan (*Maintenance Department*), kerana dengan seringnya kejadian seperti ini mengakibatkan

presentase PA (*Physical Availability*) akan menurun, yang berarti pula bahwa kinerja *Maintenance Department* menurun. Karena itu perlu dilakukan tindakan teknis secara menyeluruh, baik pada saat pengadaan, penyimpanan dan penyalurannya, maupun pada sistem di mesin itu sendiri, dan pengoperasiannya.

Isu awal yang ada diseperti penggunaan biodiesel ini mencakup bagaimana ia bereaksi dengan air atau potensi pertumbuhan mikroba, sifat *coldflow*, oksidasi dan *solvabilitas*-nya. Karena itu, memberikan perlakuan khusus terhadap bahan bakar biodiesel yang tepat adalah kunci untuk memastikan bahwa bahan bakar tersebut berfungsi sebagaimana mestinya. Karena biodiesel terbuat dari produk biologis, ia bereaksi berbeda terhadap diesel mineral saat berada dalam tekanan yang berbeda dan ini adalah hal terpenting yang harus diingat saat membuat keputusan untuk memasukkan produk ke dalam sistem operasi. Penelitian ini untuk melanjutkan *improvement* yang pernah dilakukan pada saat pemasangan *Filter Utiplaat High Flow*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka masalah yang diangkat dalam pelaksanaan kerja praktek dan proyek energi terbarukan ini sebagai berikut :

- a. Mencari penyebab dari menurunnya performa biodiesel pada *Auxiliary Engine Plant* di PT. Vale Sorowako?
- b. Bagaimana solusi yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah tersebut?
- c. Bagaimana kondisi operasi setelah proyek pemulihan performa tersebut?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan perlakuan yang tepat terhadap penggunaan biodiesel pada *Auxiliary Engine Plant* di PT. Vale Indonesia Tbk.
- b. Melakukan *improvement* yang tepat pada sistem penyimpanan dan penyaluran bahan bakar biodiesel.
- c. Mengukur kualitas bahan bakar setelah *improvement*.

BAB 2

DASAR TEORI BIODIESEL

2.1 Energi Baru Terbarukan

Energi Baru Terbarukan (EBT) adalah sumber – sumber energi yang keluarannya akan konstan dalam rentang waktu jutaan tahun yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan, yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami. Sumber energi ini sangat hemat biaya, ramah lingkungan, sehingga dapat dengan mudah mengalahkan bahan bakar fosil yang sudah ada. Dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan ini, kita bisa menghindari polusi udara, polusi tanah dan polusi air. Ekonomi negara akan meningkat, dan sepanjang tahun sumber ini tersedia tanpa mempengaruhi lingkungan. Sumber – sumber energi yang termasuk dalam kategori terbarukan adalah sinar matahari (langsung), aliran air sungai, angin, gelombang laut, arus pasang surut, panas bumi dan biomassa. Walaupun panas yang terkandung dalam bumi, gaya gravitasi bulan dan matahari, serta rotasi bumi berperan dalam pembentukan sumber – sumber energi ini, sumber energi terbarukan pada dasarnya diturunkan dari radiasi matahari.

Sejak ditemukannya sumber energi yang lebih modern, yaitu bahan bakar fosil dan tenaga nuklir, peranan energi terbarukan di berbagai belahan dunia, terutama di banyak negara maju mengalami penurunan. Konsumsi bahan bakar fosil merupakan kontributor utama meningkatnya konsentrasi karbondioksida (CO₂) di atmosfer, yang jadi penyebab utama pemanasan global. Pemanasan global mengurangi produksi pertanian dan menyebabkan masalah biologis dan sosial lainnya. Mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dapat memperlambat laju pemanasan global.

Namun sejak terjadinya krisis minyak pada era 1970-an yang dilanjutkan dengan meningkatnya kesadaran terhadap kelestarian lingkungan global, potensi energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif kembali mendapat perhatian. Karakteristik energi terbarukan hampir tidak memiliki kesamaan satu sama lain. Meskipun demikian, teknologi energi terbarukan mempunyai beberapa sifat umum sebagai berikut:

1. Sumber – sumber energi terbarukan tidak akan habis (khusus untuk biomassa, agar ketersediaan sumber dayanya dapat berkelanjutan, laju konsumsi dan produksinya harus dibuat seimbang).
2. Sumber energi terbarukan secara geografis bersifat tersebar (*dispersed*) dan umumnya di kembangkan dan di dimanfaatkan di lokasi sumber energi tersebut berada, mengingat pertimbangan aspek fisik dan ekonomi.
3. Sumber energi terbarukan mempunyai densitas daya dan energi yang rendah sehingga perangkat teknologi pemanfaatannya menempati lahan relatif luas.
4. Teknologi – teknologi energi baru terbarukan pada umumnya memerlukan biaya kapital tinggi tetapi biaya operasinya rendah.
5. Beberapa teknologi terbarukan bersifat modular sehingga responsif terhadap pertumbuhan permintaan dan dapat dikonstruksi dalam waktu relatif singkat.
6. Teknologi – teknologi energi terbarukan pada umumnya akrab lingkungan.

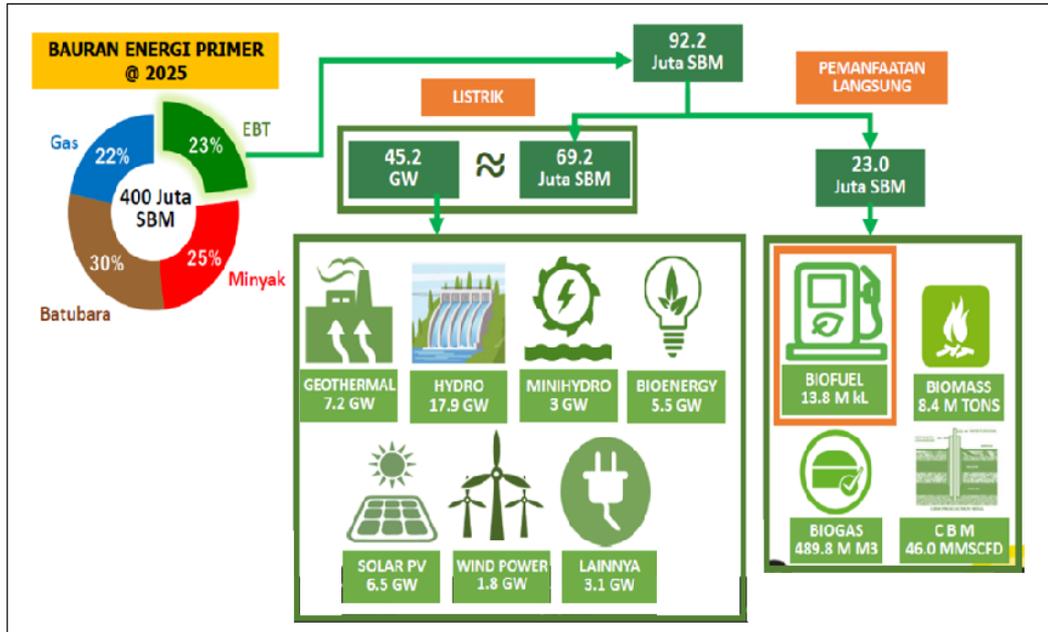
Sumber energi terbarukan yang beragam saat ini hanya menyediakan sekitar 14% kebutuhan dunia, walaupun pengembangan dan penggunaan energi terbarukan diperkirakan meningkat seiring dengan penurunan pasokan bahan bakar fosil. Beberapa teknologi berbeda diproyeksikan untuk menyediakan sebagian besar energi terbarukan di masa depan: sistem pembangkit listrik tenaga air, biomassa, tenaga angin, sistem panas matahari, sistem fotovoltaik, sistem energi pasif, sistem panas bumi, biogas, etanol, metanol, dan minyak nabati.

Tabel 2. 1 Penggunaan sumber energi USA dan Dunia, dalam *kilowatt-hours quads*
(reff. David Pimentel et al. 2002)

Form of energy	United States		World	
	kWh x 10 ⁹	Quads	kWh x 10 ⁹	Quads
Petroleum	10,973.1	37.71 ^a	43,271.7	148.70 ^b
Natural gas	6431.1	22.10 ^a	24,414.9	83.90 ^b
Coal	6314.7	21.70 ^a	27,295.8	93.80 ^b
Nuclear power	2249.4	07.73 ^a	6984.0	24.00 ^b
Biomass	1047.6	03.60 ^a	8439.0	29.00
Hydroelectric power	989.4	03.40 ^a	7740.6	26.60 ^b
Geothermal	93.1	00.32 ^b	291.0	01.00
Biofuels (ethanol)	26.2	00.09 ^c	52.4	00.18
Wind energy	11.6	00.04	232.8	00.80
Solar thermal	11.6	00.04	11.6	00.04
Photovoltaics	11.6	00.04	11.6	00.04
Total consumption	28,159.4	96.77	118,745.4	408.06

Note: A quad is a unit of energy equal to 1 quadrillion British thermal units.
a. Adapted from USBC (2001).
b. Adapted from DOE/EIA (2001).
c. Adapted from Pimentel (2001).

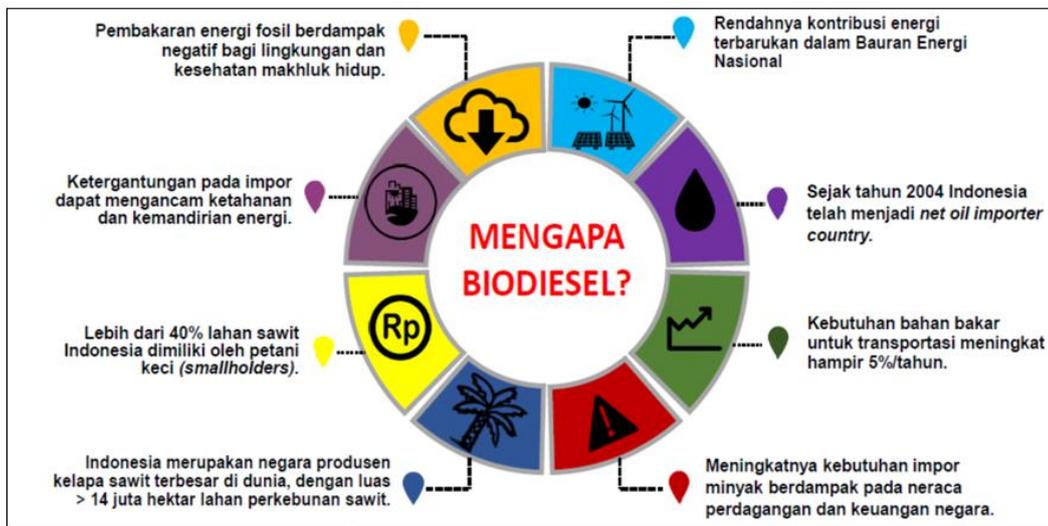
Untuk menggenjot penggunaan Energi Baru dan Terbarukan, pemerintah menerbitkan Kebijakan Energi Nasional melalui Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014, dengan target bahwa pada tahun 2025 yang akan datang Indonesia sudah menggunakan minimal 25% energi baru terbarukan, dan salah satu dari energi tersebut adalah biofuel (biodiesel).



Gambar 2. 1 Sketsa Target Bauran Energi Primer 2025

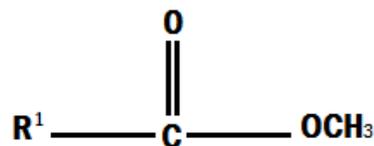
2.2 Biodiesel

Konsumsi bahan bakar fosil khususnya minyak bumi dunia saat ini sangat tinggi, sedangkan produksi dari bahan bakar fosil tidak meningkat sebanding dengan konsumsi, sehingga kondisi yang terjadi saat ini adalah permintaan lebih tinggi dari penyediaan, jadi harga bahan bakar fosil terus meningkat. Oleh karena itu, diperlukan jenis bahan bakar yang bisa diperbaharui dalam jangka waktu yang sangat singkat. Untuk sumber energi yang terbaharukan non bahan bakar adalah panas bumi, sinar matahari, air, dan lain-lain. Sumber energi yang terbaharukan untuk bahan bakar adalah *fuel cell*, biodiesel dari macam tanaman, dan lain-lain. Pengembangan untuk bahan bakar biodiesel masih terus berjalan, terutama Indonesia.



Gambar 2. 2 Latar belakang penggunaan biodiesel

Biodiesel adalah salah satu sumber energi terbarukan, dihasilkan dari bahan baku mentah dengan konversi kimiawi yang dikenal sebagai reaksi transesterifikasi. Proses ini memerlukan beberapa langkah untuk menghilangkan sisa-sisa air dan penggunaan metanol untuk memisahkan gliserin dari lemak, meninggalkan dua produk sampingan, yaitu *Fatty Acid Methyl Ester - FAME* (juga kita tahu sebagai Biodiesel) dan *Gliserin* (komponen berharga untuk industri farmasi dan kosmetik). Struktur generik molekul FAME ditampilkan pada Gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 3 Struktur generik molekul FAME

Biodiesel ditentukan oleh istilah alfanumerik B100. Jika biodiesel digunakan sebagai "campuran" atau "aditif," maka ditetapkan BXX, di mana XX mewakili *persentase* volume bahan bakar biodiesel yang dicampur dengan diesel berbasis minyak bumi.

Di Indonesia biodiesel sangat cocok untuk dikembangkan, karena kondisi iklim dari Indonesia mendukung untuk pertumbuhan dari tanam - tanaman yang dapat menghasilkan biodiesel. Penggunaan biodiesel ini juga akan bermanfaat

dalam mengurangi konsumsi bahan bakar fosil secara nasional, baik bila digunakan secara 100% atau dengan mencampurnya dengan bahan bakar fosil lainnya.

Tujuan utama penggunaan biodiesel ini adalah penyelamatan lingkungan, karena bahan bakar ini bersih, tidak mengandung sulfur dan gas buangnya tidak berbahaya bagi manusia dan dapat diperbaharui. Biodiesel mempunyai sifat pembakaran yang sangat mirip dengan minyak solar, sehingga dapat digunakan pada mesin berbasis bahan bakar solar. Selain dapat menghemat biaya operasional perusahaan dan mengurangi emisi, seperti teknologi baru lainnya, beberapa penyesuaian perlu dilakukan saat menerapkan teknologi baru ini di peralatan tambang dan pembangkit listrik yang menggunakan tenaga diesel, seperti yang dilakukan di PT. Vale Indonesia Tbk.

2.3 Bahan Baku Biodiesel

Sumber utama bahan baku biodiesel di Indonesia adalah kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*), Sumber tanaman potensial lainnya yang juga dapat dikembangkan adalah kelapa (*Cocca Nucifera*) nyamplung (*Calophyllum Canophyllum*), malapari/kranji (*Pongamia Pinnata*) jarak pagar (*Jathropa Curcas*) dan lainnya. Karena di Indonesia umumnya menggunakan bahan baku dari kelapa sawit (*palm*), maka disebut sebagai POME (*Palm Oil Methyl Ester*).



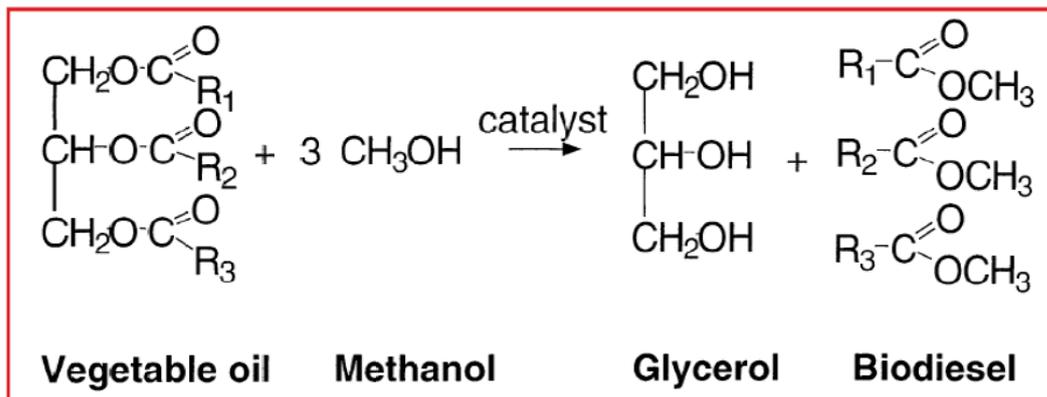
Gambar 2. 4 Beberapa Jenis Bahan Nabati Sebagai Bahan Baku Biodiesel

Secara umum biodiesel bersifat mudah terdegradasi (*biodegradable*), tidak mengandung senyawa aromatik dan sulfur, sehingga dipastikan emisi gas buang yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan solar. Komposisi asam lemak baik

jenuh dan tak jenuh pada minyak nabati maupun lemak hewani mempengaruhi capaian nilai kualitas biodiesel tersebut khususnya untuk parameter stabilitas oksidasi, angka setana, titik tuang dan titik kabutnya.

2.4 Proses Produksi Biodiesel

Bahan baku *Refined fatty oil* yang memiliki kadar asam lemak bebas (*free fatty oil*) rendah, sekitar 2% bisa langsung diproses dengan metode transesterifikasi menggunakan katalis alkalin untuk menghasilkan metil ester dan gliserol. Proses produksi biodiesel di Indonesia umumnya menggunakan reaksi metanolisis (transesterifikasi dengan metanol), yaitu reaksi antara minyak nabati dengan metanol dibantu katalis basa (NaOH, KOH, atau sodium methylate) untuk menghasilkan campuran ester metil asam lemak dengan produk ikutan gliserol. Reaksinya diperlihatkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Proses Reaksi Trans-Esterfikasi

Namun bila kadar asam minyak tersebut masih tinggi, maka sebelumnya perlu dilakukan proses pra-esterifikasi terhadap minyak tersebut. Kandungan air dalam minyak tumbuhan juga harus diperiksa sebelum dilakukan proses transesterifikasi.

2.4.1 Esterifikasi dua tahap

Transesterifikasi merupakan metode yang saat ini paling umum digunakan untuk memproduksi biodiesel dari *refined fatty oil*. Metode ini bisa menghasilkan biodiesel (FAME) hingga 98% dari bahan baku minyak tumbuhan (Bouaid, Diaz, & Martinez, 2005). Bila bahan baku yang digunakan adalah minyak mentah yang

mengandung kadar asam lemak bebas (*free fatty acid* – FFA) tinggi (yakni lebih dari 2% – (Ramadhas, Mulareedharan, & Jayaraj, 2005), maka perlu dilakukan proses pra-esterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas hingga sekitar 2%.

(Ramadhas, Mulareedharan, & Jayaraj, 2005) melakukan dua tahap esterifikasi untuk memproses minyak biji karet mentah (*unrefined rubber seed oil*) menjadi biodiesel. Kedua proses tersebut adalah:

1. Esterifikasi asam: Ini merupakan proses pendahuluan menggunakan katalis asam untuk menurunkan kadar asam lemak bebas hingga sekitar 2%. Asam sulfat (*sulphuric acid*) 0.5 wt% dan alkohol (umumnya methanol) dengan molar rasio antara alkohol dan bahan baku minyak sebesar 6:1 terbukti memberikan hasil konversi yang baik.
2. Esterifikasi alkalin: Selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi terhadap produk tahap pertama di atas menggunakan katalis alkalin. Sodium hidroksida 0.5 wt% dan alkohol (umumnya methanol) dengan rasio molar antara alkohol dan produk tahap pertama sebesar 9:1 digunakan dalam proses transesterifikasi ini.

Kedua proses esterifikasi di atas dilakukan pada temperatur 40 – 50oC. Esterifikasi dilakukan di dalam wadah berpengaduk magnetik dengan kecepatan konstan. Keberadaan pengaduk ini penting untuk memastikan terjadinya reaksi di seluruh bagian reaktor. Produk esterifikasi alkalin akan berupa metil ester di bagian atas dan gliserol di bagian bawah (akibat perbedaan densitas). Setelah dipisahkan dari gliserol, metil ester tersebut selanjutnya dicuci dengan air distilat panas (10 vol%). Karena memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan metil ester, air pencuci ini juga akan terpisahkan dari metil ester dan menempati bagian bawah reaktor. Metil ester yang telah dimurnikan ini selanjutnya bisa digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.

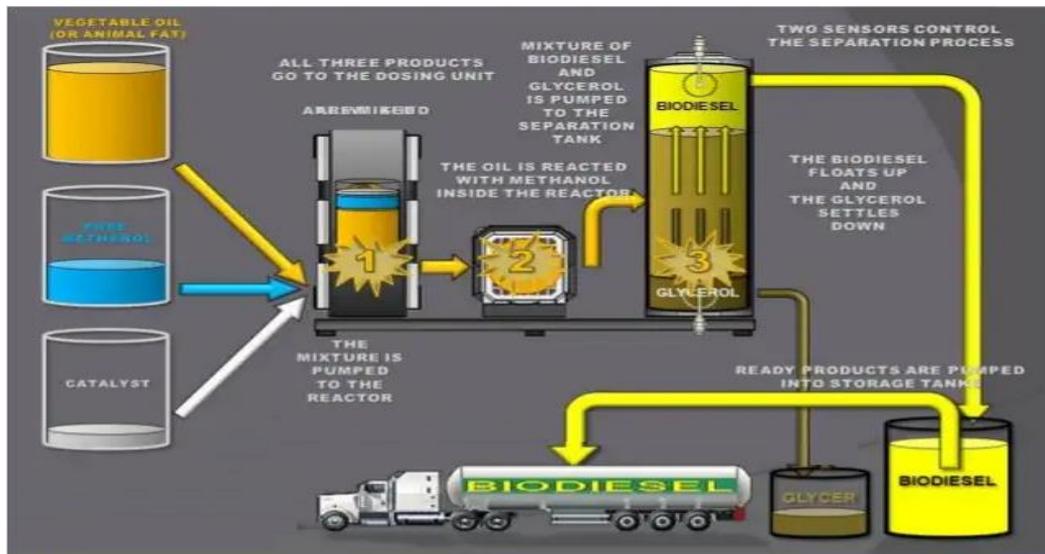
Selain untuk menurunkan kadar asam, pada proses pra-esterifikasi juga perlu dilakukan pengurangan kadar air. Pada prinsipnya, pengurangan kadar air bisa dilakukan dengan dua cara, separasi gravitasi atau separasi distilasi. Separasi gravitasi mengandalkan perbedaan densitas antara minyak dengan air: air yang

lebih berat akan berposisi di bagian bawah untuk selanjutnya dapat dipisahkan. Sedangkan separasi distilasi mengandalkan titik didih air sekitar 100°C dan pada beberapa kasus digunakan pula tekanan rendah untuk memaksa air keluar dan terpisah dari minyak.

2.4.2 Transesterifikasi

Bila bahan baku minyak yang digunakan merupakan minyak yang telah diproses (*refined fatty oil*) dengan kadar air dan asam lemak bebas yang rendah, maka proses esterifikasi dengan katalis alkalin bisa langsung dilakukan terhadap minyak tersebut. Transesterifikasi pada dasarnya terdiri atas 4 tahapan, yakni:

1. Pencampuran katalis alkalin (umumnya sodium hidroksida atau potassium hidroksida) dengan alkohol (umumnya methanol). Konsentrasi alkalin yang digunakan bervariasi antara 0.5 – 1 wt% terhadap massa minyak. Sedangkan alkohol diset pada rasio molar antara alkohol terhadap minyak sebesar 9:1.
2. Pencampuran alkohol+alkalin dengan minyak di dalam wadah yang dijaga pada temperatur tertentu (sekitar 40 – 60°C) dan dilengkapi dengan pengaduk (baik magnetik ataupun motor elektrik) dengan kecepatan konstan (umumnya pada 600 rpm – putaran per-menit). Keberadaan pengaduk sangat penting untuk memastikan terjadinya reaksi methanolisis secara menyeluruh di dalam campuran. Reaksi methanolisis ini dilakukan sekitar 1 – 2 jam.
3. Setelah reaksi methanolisis berhenti, campuran didiamkan dan perbedaan densitas senyawa di dalam campuran akan mengakibatkan separasi antara metil ester dan gliserol. Metil ester dipisahkan dari gliserol dengan teknik separasi gravitasi.
4. Metil ester yang notabene biodiesel tersebut kemudian dibersihkan menggunakan air distilat untuk memisahkan zat-zat pengotor seperti methanol, sisa katalis alkalin, gliserol, dan sabun-sabun (*soaps*). Lebih tingginya densitas air dibandingkan dengan metil ester menyebabkan prinsip separasi gravitasi berlaku: air berposisi di bagian bawah sedangkan metil ester di bagian atas.



Gambar 2. 6 Sketsa proses produksi biodiesel

2.5 Sifat Dasar Biodiesel

Biodiesel memiliki gravitasi spesifik (*spesifik gravity*) kira-kira 0,88 lebih berat dibandingkan gravitasi spesifik solar yaitu sekitar 0,82 – 0,87. Oleh karena perbedaan ini, maka dianjurkan untuk menuangkan biodiesel diatas solar dan bukan sebaliknya ketika akan dilakukan pencampuran secara mekanik seperti pengadukan dan sebagainya.

Biodiesel tidak mengandung nitrogen atau senyawa aromatik dan hanya mengandung kurang dari 15 ppm (*part per million*) sulfur. Biodiesel mengandung kira-kira 11 % Oksigen dalam persen berat yang keberadaannya mengakibatkan berkurangnya monoksida, hidroksida, partikulat dan jelaga. Kandungan energi biodiesel kira-kira 10 % lebih rendah dibandingkan dengan solar.

Biodiesel mempunyai sifat melarutkan (*solvency*). Hal ini dapat menimbulkan permasalahan, dimana bila digunakan pada mesin diesel sebelumnya telah lama menggunakan solar dan didalam tangki bahan bakarnya terbentuk sedimen dan kerak, maka biodiesel akan melarutkan sedimen dan kerak tersebut sehingga dapat menyumbat saluran dan saringan bahan bakar.

Biodiesel murni memiliki sifat pelumas yang sangat baik, bahkan campuran bahan bakar yang mengandung biodiesel dalam komposisi yang rendah masih memiliki sifat pelumas yang jauh lebih baik. Biodiesel memiliki viskositas dan titik

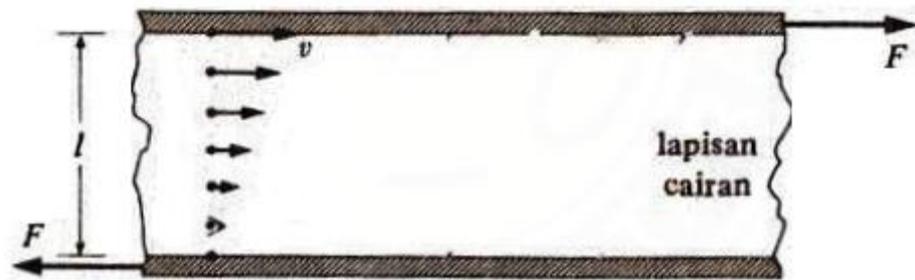
nyala yang lebih tinggi dibandingkan diesel, namun bila dilakukan pencampuran akan menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna pada mesin.

2.6 Karakteristik Fisik Biodiesel

Saat beroperasi dengan bahan bakar terbarukan, pengurangan tenaga dan torsi 3 sampai 7% bisa terjadi bila dibandingkan dengan diesel petroleum. Alasan utama kehilangan daya dikaitkan dengan sifat bahan bakar berikut:

- **Cetane Number** (Angka Cetane), berhubungan dengan volatilitas bahan bakar dan kapasitas *self-ignite*. Bahan bakar dengan peringkat lebih tinggi lebih mudah menguap dan menghadirkan pengapian kualitas yang lebih baik, yang secara langsung mempengaruhi proses pembakaran. Jika bahan bakar menyala terlalu larut, pembakaran bahan bakar / udara tidak akan lengkap.
- **Heating Value** (Nilai Kalor), adalah kandungan energi bahan bakar, atau bisa diartikan sebagai jumlah panas yang dihasilkan oleh pembakarannya. Bahan bakar dengan nilai kalor tinggi biasanya akan menghasilkan lebih banyak tenaga per pon bahan bakar daripada bahan bakar dengan nilai lebih rendah.
- **Viskositas** adalah kemampuan bahan bakar untuk menahan arus saat terkena tekanan, dengan kata lain, ketebalan bahan bakar. Viskositas secara langsung mempengaruhi atomisasi bahan bakar yang disuntikkan ke dalam ruang bakar. Bahan bakar viskositas tinggi, seperti minyak yang berasal dari lemak hewani, akan menghasilkan tetesan bahan bakar besar saat disemprotkan melalui nosel injektor, yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna.

Suatu keadaan yang melukiskan efek viskositas dapat ditunjukkan oleh suatu lapisan yang terletak pada ruang kecil diantara dua plat.



Gambar 2. 7 Aliran Laminar Cairan Kental

Koefisien viskositas fluida η , didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan luncur (F/A) dengan kecepatan perubahan regangan luncur (v/l).

Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut ;

$$F = \eta A \frac{v}{l} \dots\dots\dots (1)$$

- Dimana F = Gaya pada permukaan zat cair (N)
- η , = koefisien viskositas fluida (N s/m²)
- A = Luas cairan (m²)
- v = Kecepatan dinding yang bergerak (m/s)
- l = Jarak kedua permukaan (m)

Persamaan diatas dapat dinyatakan dalam bentuk lain, dengan cara memperkenalkan tegangan geser, yaitu :

$$\tau = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan τ = tegangan luncur yang bekerja terhadap zat cair (N/m²)

$$\frac{v}{l} = \frac{dv}{dy} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan: $\frac{dv}{dy}$ = gradient kecepatan di tiap titik

Dari persamaan 1, 2 dan 3 tersebut, didapat:

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{v}{l} \dots\dots\dots(4)$$

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy} \dots\dots\dots(5)$$

Fluida yang viskositasnya lebih tinggi akan sulit untuk dialirkan jika dibandingkan dengan fluida yang viskositasnya lebih rendah. Untuk menurunkan harga viskositas minyak tumbuhan sehingga mendekati viskositas solar dilakukan proses kimia transesterifikasi. Kecepatan alir bahan bakar melalui injektor akan mempengaruhi derajat atomisasi bahan bakar di dalam ruang bakar, selain itu viskositas bahan bakar juga berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan bahan bakar tersebut bercampur dengan udara. Karena itulah, viskositas bahan bakar yang tinggi tidak diharapkan pada bahan bakar mesin diesel.

Viskositas dinyatakan dalam dua bentuk, yaitu viskositas dinamik dan viskositas kinematik. Viskositas dinamik disebut juga viskositas absolute, adalah perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya. Sedangkan viskositas kinematik merupakan perbandingan antara viskositas dinamik (*absolute*) terhadap densitas (rapat massa) fluida.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

ν = viskositas kinematik (St)

μ = viskositas dinamik (poise)

ρ = rapat massa (kg/m³)

Viskositas kinematik berubah terhadap suhu dalam jangka yang lebih sempit dari viskositas dinamik. Satuan viskositas dinamik (*absolute*) adalah poise (P), atau senti poise (cP). Satuan viskositas kinematik adalah *Stoke* (St), atau *Senti Stoke* (cSt).

$$1 P = 100 cP; 1 St = 100 cSt.$$

Satuan Internasional untuk viskositas dinamik adalah Ns/m sama dengan kg/ms, sedangkan untuk viskositas kinetik adalah m²/s. Dengan demikian diperoleh hubungan :

$$1 \text{ P} = 10 \text{ Ns} / \text{m}^2 \text{ dan } 1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ Ns} / \text{m}^2$$

$$1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s} \text{ dan } 1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$$

- **Kerapatan massa (*Densitas*)**, didefinisikan sebagai perbandingan massa bahan bakar terhadap volume bahan bakar pada suhu acuan tertentu.

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(7)$$

$$= \text{rapat massa (kg/ m}^3\text{)}$$

$$= \text{massa (kg)}$$

$$= \text{volume (m}^3\text{)}$$

- **Titik nyala (*Flash Point*)**, adalah suhu terendah dimana bahan bakar tersebut dapat terbakar ketikabereaksi dengan udara. Pada temperatur ini uap akan terus terbakar walaupun sumbernyala api tidak ada lagi. Titik nyala seringdigunakan sebagai salah satu parameter untuk mendeskripsikan karakteristkik darisuatu bahan bakar. Dan juga dapat digunakan untuk mendeskripsikan cairan non bahanbakar.
- **Angka iodine**, menunjukkan tingkat ketidakjenuhan senyawa penyusun biodiesel. Di satu sisi, keberadaan senyawa lemak tak jenuh meningkatkan performansi biodiesel pada temperatur rendah, karena senyawa ini memiliki titik leleh (*melting point*) yang lebih rendah (Knothe, 2005) sehingga berkorelasi pada *cloud* dan *pour point* yang juga rendah. Namun di sisi lain, banyaknya senyawa lemak tak jenuh di dalam biodiesel memudahkan senyawa tersebut bereaksi dengan oksigen di atmosfer dan bisa terpolimerisasi membentuk material serupa plastik (Azam dkk., 2005). Oleh karena itu, terdapat batasan maksimal harga angka iodine yang diperbolehkan untuk biodiesel, yakni 115 berdasar standard Eropa (EN 14214). Di samping itu, konsentrasi asam linolenic dan asam yang memiliki 4 ikatan ganda masing-

masing tidak boleh melebihi 12 dan 1% (Azzam dkk., 2005). Sebuah penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa biodiesel dengan angka iodine lebih dari 115 tidak bisa digunakan pada kendaraan diesel karena menyebabkan deposit karbon yang berlebihan. Meski demikian, terdapat studi lain yang menghasilkan kesimpulan bahwa angka iodine tidak berkorelasi secara signifikan terhadap kebersihan dan pembentukan deposit di dalam ruang bakar (Environment Canada, 2006)

Minyak diesel dirancang untuk mesin dengan kompresi tinggi. Udara dimampatkan sampai bersuhu diatas titik nyala dari bahan bakar, kemudian bahan bakar tersebut diinjeksikan sebagai semprotan bertekanan tinggi. Mesin diesel membutuhkan titik nyala yang tinggi, karena tidak ada sumber nyala api, seperti busi pada mesin dengan bahan bakar bensin. Titik nyala yang terlampau tinggi dapat menyebabkan keterlambatan penyalaan, sementara apabila titik nyala terlampau rendah akan menyebabkan timbulnya denotasi yaitu ledakan-ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar dapat masuk ruang bakar. Inilah yang biasa menyebabkan suara dentuman pada mesin diesel, karena pembakaran yang tidak sempurna.

2.7 Pemicuh Perubahan Sifat Biodiesel

Secara umum, biodiesel bersifat mudah terdegradasi (*biodegradable*), tidak mengandung senyawa aromatik dan sulfur, sehingga dipastikan emisi gas buang yang dihasilkan lebih baik dibandingkan minyak solar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran biodiesel B15 memiliki emisi gas buang 10 - 20% lebih rendah dibandingkan minyak solar.

Beberapa hal yang mendorong terjadinya degradasi pada biodiesel, antara lain:

a. Efek Pelarutan (*Solvency*)

Senyawa ester telah lama dikenal dan digunakan sebagai pembersih dan pelarut. Biodiesel atau ester metil asam lemak (*fatty acid methyl esters*) merupakan senyawa ester sehingga memiliki kemampuan untuk melarutkan akumulasi pengotor yang menempel pada dinding tangki penyimpanan, tangki bahan bakar mesin, dan perpipaan, khususnya yang telah lama dipakai sebagai penyimpan

atau melayani produk minyak solar. Kerak-kerak yang terlarut akan terakumulasi di dasar tangki maupun sedikit teremulsi di dalam bahan bakar, yang nantinya apabila ikut masuk ke dalam sistem pembakaran dapat menyebabkan tersumbatnya filter bahan bakar hingga malfungsi injektor dan *nozzle* (Environment Canada, 2006).

Kemampuan atau daya pelarutan ini sangat dipengaruhi oleh konsentrasi biodiesel, semakin tinggi konsentrasi biodiesel dalam suatu tangki yang mengandung kerak, maka semakin kuat daya pelarutannya. Sebagai ilustrasi, proses pelarutan tangki penyimpanan (tanpa pembersihan awal) yang digunakan untuk menyimpan produk campuran biodiesel B15 akan terhenti setelah 12 bulan masa pengoperasian, artinya selama 12 bulan, filter bahan bakar bekerja keras untuk menahan pengotor yang terbawa dari tangki penyimpanan. Namun, hal ini tidak terjadi pada tangki penyimpanan atau perpipaan yang sejak awal telah melayani biodiesel atau campuran biodiesel. Untuk mencegah permasalahan pelarutan kerak akibat biodiesel, maka tangki atau perpipaan yang akan digunakan untuk menyimpan atau melayani biodiesel harus dibersihkan terlebih dahulu.

b. Air dan Sedimen

Air merupakan salah satu kontaminan di dalam biodiesel yang harus selalu dimonitor dan dijaga kandungannya sebelum bahan bakar sampai ke injektor. Keberadaan air dalam biodiesel dapat bersumber dari proses pemurnian yang belum sempurna dari proses produksi biodiesel, juga air bebas yang bertambah akibat prosedur penanganan dan penyimpanan yang belum maksimal. Akumulasi air pada dasar tangki akan mendorong pertumbuhan sejumlah mikroba, selain itu perbedaan tingkat afinitas biodiesel dan minyak solar dapat menyebabkan pembentukan emulsi yang ditandai dengan keruhnya bahan bakar dalam ruang penyimpanan. Air juga dapat menyebabkan karat pada logam-logam tertentu dan berpotensi menurunkan efisiensi pembakaran.

Pemisahan air dapat dilakukan dengan proses separasi, dengan bantuan peralatan *water stripping filter* atau dengan *water coalescence filter*. Air yang

terakumulasi nantinya akan terkumpul di bagian bawah filter dan perlu dilakukan pengurasan harian untuk mencegah terserapnya kembali air ke dalam bahan bakar. Pada aplikasi di lapangan, penggunaan filter berlapis (multistage filter) dapat membantu mengurangi beban kerja filter utama.

c. Stabilitas dan Pembentukan Deposit

Stabilitas oksidasi biodiesel dibatasi minimal 8 jam (SNI 7182:2015), namun produksi biodiesel di Indonesia yang menggunakan bahan baku berbasis minyak sawit menghasilkan biodiesel dengan stabilitas oksidasi rata-rata lebih dari 12 jam tanpa tambahan anti oksidan.

- **Stabilitas oksidasi** - berdasarkan sifat kimianya, biodiesel lebih mudah mengalami degradasi oksidatif dibandingkan minyak solar. Hal ini berkaitan dengan tingginya kandungan senyawa ester poli tak jenuh yang mengandung banyak ikatan rangkap dan rentan terhadap oksidasi. Rendahnya nilai stabilitas oksidasi dapat menyebabkan permasalahan pada elastomer khususnya pada sistem saluran bahan bakar (Environment Canada, 2006). Produk oksidasi yaitu hidroperoksida mudah terpolimerisasi dengan radikal bebas yang akhirnya membentuk sedimen tidak terlarut dan gum, menyebabkan penyumbatan filter bahan bakar dan deposit pada sistem injeksi dan ruang bakar (Mittelbach and Gangl, 2001). Produk oksidasi lainnya seperti aldehid, keton, dan asam karboksilat rantai pendek dapat menyebabkan permasalahan korosi pada sistem injeksi. Hal ini disebabkan oleh kenaikan angka asam dan peningkatan angka peroksida.
- **Stabilitas termal** – dalam sistem injeksi diesel, sebagian bahan bakar disirkulasikan dan mengalami tekanan termal dalam waktu yang cukup panjang. Pada awal kerusakan minyak dan asam lemak, radikal bebas memulai proses siklisasi dan oligomerisasi. (Conceição, Candeia, & Dantas, 2005) juga menemukan bahwa biodiesel bisa mengalami degradasi, dicirikan dengan kenaikan viskositas yang sangat tinggi, bila dikenai temperatur yang sangat tinggi (210°C) dalam jangka waktu lebih dari 10 jam. Industri otomotif mensyaratkan stabilitas termal minimum untuk mencegah pembentukan produk

polimerisasi yang dapat menyebabkan senyawa menempel pada pompa injeksi maupun penyumbatan filter bahan bakar.

- **Stabilitas penyimpanan** – berkaitan dengan masa akhir penyimpanan biodiesel. Perubahan selama penyimpanan dapat disebabkan oleh reaksi hidrolitik dan oksidatif. Pada tahap awal terjadi pembentukan asam karboksilat bebas yang ditandai dengan kenaikan angka asam, selanjutnya membentuk hidroperoksida yang diikuti dengan pembentukan produk terpolimer dan kenaikan viskositas bahan bakar (Knothe, 2005). Reaksi hidrolitik diawali dengan tingginya kandungan asam lemak bebas dan air, serta pengotor higroskopik lainnya. Laju degradasi oksidatif tergantung pada komposisi asam lemak bebas, paparan udara, cahaya/panas matahari, dan antioksidan.

d. Pengaruh pada Temperatur Lingkungan yang Rendah

Temperatur merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam penanganan biodiesel dan campuran biodiesel. Pada cuaca dingin, biodiesel dapat mengendapkan sejumlah material yang dapat menyumbat filter (Leung, Koo, & Guo, 2006). Parameter yang perlu diperhatikan dalam penanganan termasuk pencampuran, penyimpanan, dan transportasi biodiesel dan campuran biodiesel adalah sebagai berikut:

- **Titik kabut**, yaitu temperatur di mana ‘awan’ padatan (gabungan kristal kristal kecil) mulai terbentuk di dalam biodiesel. Padatan ini dapat menyumbat filter dan dapat mengendap di dalam tangki penyimpanan.
- **Titik tuang**, yaitu temperatur di mana telah terbentuk sangat banyak ‘awan’ padatan/kristal di seluruh badan cairan, sehingga biodiesel tidak dapat mengalir sekalipun dipompa. Titik tuang biasanya lebih rendah dari titik kabut.
- **Monogliserida** merupakan senyawa gliserol terikat yang masih tersisa dalam biodiesel dan berpotensi muncul pada kondisi temperatur dingin atau setara titik kabut.

e. Biodegradasi

Kontaminasi mikrobiologi seperti aerobik fungus (jamur), bakteri, dan yeast dapat terjadi akibat tingginya kadar air di dalam media penyimpan biodiesel (Environment Canada, 2006). Anaerobic colonies, yang biasanya mereduksi sulfur, dapat aktif di dalam sedimen pada permukaan tangki dan menyebabkan

korosi. Untuk mencegah adanya kontaminasi mikrobiologi di dalam penyimpanan biodiesel, maka dapat dilakukan pembubuhan sejumlah aditif anti-mikroba yang umum diaplikasikan pada minyak solar.

2.8 *Fuel Cleanliness*

Salah satu yang sangat penting bagi kualitas bahan bakar adalah *Fuel Cleanliness Level* (tingkat kebersihan bahan bakar). Mengukur tingkat kebersihan bahan bakar sangat penting bagi sistem injeksi bahan bakar modern dan elektronik, yang beroperasi pada tekanan yang sangat tinggi dan komponennya memiliki toleransi yang sangat kecil. Di tekanan dan suhu tinggi ini dapat menyebabkan injektor mengalami keausan (*abrasive*) dari air dan partikel debu halus yang mungkin ada dalam bahan bakar. Kandungan kontaminasi dalam bahan bakar dapat menyebabkan keausan injektor dan tersumbatnya saringan bahan bakar.

Untuk menjaga tingkat kebersihan bahan bakar tetap pada level yang diinginkan maka dilakukan proses *Contamination Control*. Kontrol kontaminasi adalah suatu proses yang dilakukan untuk mengontrol atau meminimalkan timbulnya partikel yang tidak diinginkan didalam sistim bahan bakar. Hal ini perlu dilakukan untuk menghasilkan tenaga yang lebih efisien di ruang bakar dimana sistim bahan bakar didesain dengan sangat presisi. Timbulnya gangguan atau kotoran pada celah antara komponen bahan bakar dengan segera akan mempengaruhi kinerja mesin secara keseluruhan.

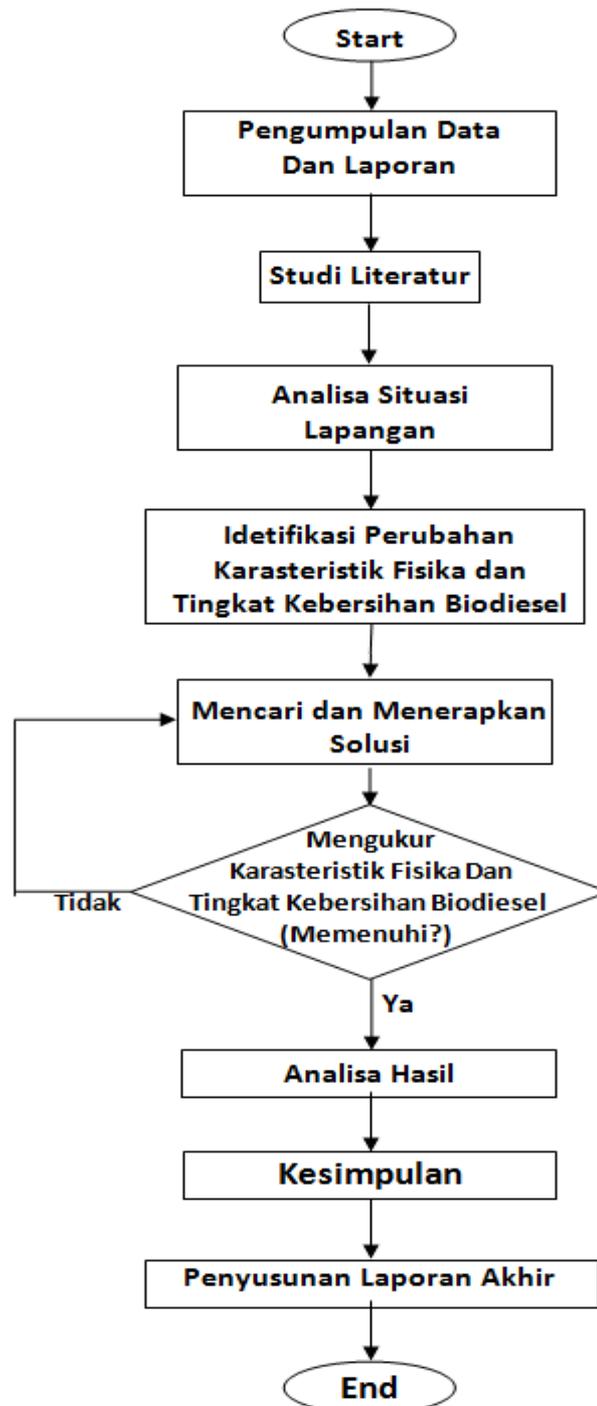
Contaminant atau kontaminasi adalah berabagai macam pertikel asing di dalam sistim bahan bakar yang bukan merupakan bagian dari sistim tersebut yang dapat menyebabkan terjadinya keausan dini, bahkan kerusakan. *Contamination control* sangat penting diterapkan karena kita sering mengabaikan musuh utama sistim bahan bakar ini akibat tidak terlihat, sehingga mempengaruhi tingkat kebersihan bahan bakar biodiesel (*Fuel Cleanliness*) yang digunakan.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode

Metode penelitian digambarkan dalam diagram alir di pada Gambar 3.1 :



Gambar 3. 1 Alur Metodologi Penelitian

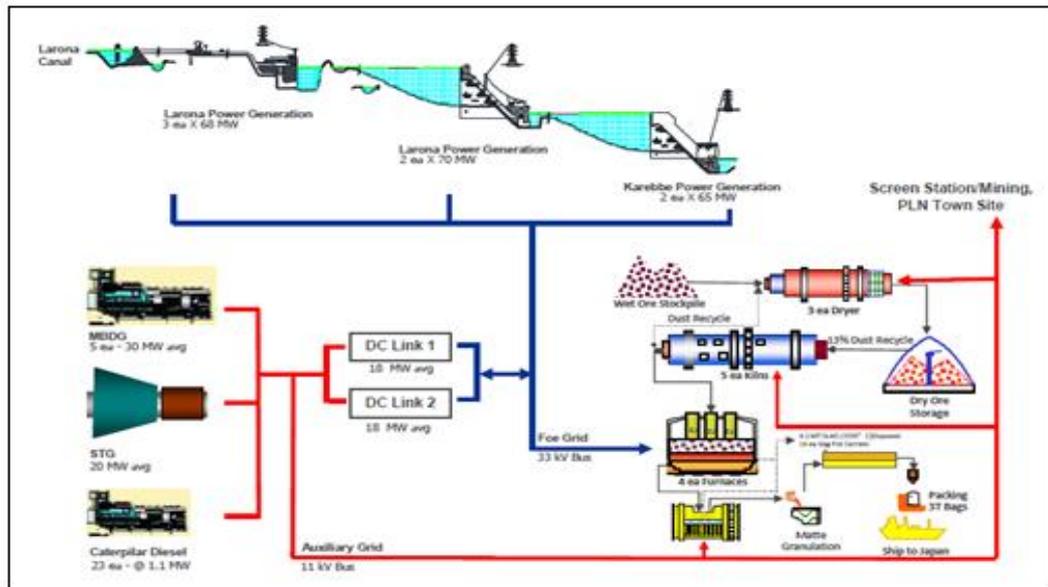
3.2 Data

Ketika salah satu dari PLTA sedang mengalami masalah, perbaikan atau perawatan, maka *Cat Diesel Engine* sebagai *Emergency Diesel Generator* akan dioperasikan untuk menutupi kekurangan daya listrik. Namun jika semua PLTA beroperasi normal, maka *Emergency Diesel Generator* ini akan *standby*, kadang sampai 3 (tiga) bulan bahkan lebih. Ada 23 unit genset yang tiap gensetnya, pada kondisi normal, bisa mensuplai power 1.1 MW. Sejak kebijakan penggunaan biodiesel, terjadi penurunan performa dari mesin-mesin yang menggerakkan genset tersebut. Data diambil untuk mencari penyebab menurunnya performa mesin, mencari untuk menemukan solusi guna menaikkan kembali keandalan (*reliability*) dari mesin-mesin tersebut karena performansi dan keandalan mesin-mesin ini sangat diharapkan ketika dibutuhkan.

3.2.1 Data Operasional

Dalam operasionalnya, semua peralatan yang ada dalam proses pengolahan bijih nikel PT. Vale Indonesia Tbk. beroperasi dengan pemakaian daya listrik yang sangat besar, dimana yang membutuhkan daya paling besar adalah tungku peleburan (*furnace*). Ada empat buah *furnace* yang masing-masing bisa beroperasi dengan daya hingga 90 MW. Walaupun rata-rata total penggunaan daya untuk *furnace* adalah sekitar 250 MW. Sedangkan rata-rata daya yang dikonsumsi oleh peralatan-peralatan lain (*auxiliary*) di *plant site* yaitu sekitar 50 MW. Artinya untuk *plant site* saja dibutuhkan daya minimal 300 MW. Belum lagi daya yang harus terpasang untuk area di luar *plant site* (*mining area* dan kota Soroako) serta daya sebanyak 5 MW yang dijual ke PLN. Sehingga diperlukan total daya terpasang sekitar 400 MW agar semuanya dapat berjalan dengan baik.

Seperti dijelaskan sebelumnya, bahwa sistem pembangkitan energi listrik di PT. Vale Indonesia Sorowako terbagi tiga berdasarkan sumber energi yang digunakan, yaitu PLTA, PLTU dan PLTD.



Gambar 3. 2 Diagram Sumber dan Distribusi Energi PT Vale Indonesia Tbk.

A. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit listrik tenaga air yang dikelola PT Vale terdiri dari tiga, yaitu PLTA Larona, PLTA Balambano serta PLTA Karebbe

- PLTA Larona

PLTA Larona memiliki 3 (tiga) unit generator dengan kapasitas *output* sebesar 68 MW. PLTA ini memanfaatkan adanya struktur aliran air yang berundak dari tiga buah danau yang ada, yaitu Danau Matano, Danau Mahalona dan Danau Towuti yang merupakan sumber air bagi Sungai Larona dan di dekat sungai tersebut, tepatnya di Batubesi sekitar 25 km dari Soroako, dibangun bendungan setinggi 30 meter. Bendungan diperlukan untuk mengendalikan air yang masuk ke kanal buatan sepanjang 7 km.

- PLTA Balambano

PLTA Balambano merupakan proyek perluasan dari PLTA Larona, dimana PLTA ini juga memanfaatkan adanya struktur aliran air yang berundak dari tiga buah danau yang ada, yaitu Danau Matano, Danau Mahalona dan Danau Towuti. PLTA Balambano memiliki 2 unit generator dengan daya terpasang masing-masing 68,5 MW. Berbeda dengan PLTA Larona, PLTA Balambano tidak menggunakan kanal untuk mengalirkan airnya, tetapi air dari dam Balambano langsung masuk ke dua buah *penstock* sepanjang 120 meter

berdiameter 5 meter. Air dari *penstock* ini akan memutar turbin generator sebagai pembangkit listrik.

- PLTA Karebbe

PLTA Karebbe memanfaatkan aliran Sungai Larona yang mengalir dari PLTA Balambano. Tampungan air dam Karebbe ini selanjutnya disalurkan melalui 2 buah *penstock* yang menghasilkan daya terpasang masing-masing generator 66.3 MW.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Steam Turbine Generator atau PLTU pada PT. Vale Indonesia Tbk. menggunakan uap yang berasal dari BW boiler (Babcock and Wilcox) untuk memutar turbin yang selanjutnya akan memutar generator. Unit pembangkit ini dapat menghasilkan daya maksimum 26 MW.

C. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

PLTD yang terdapat di PT. Vale terdiri dari dua jenis, yaitu MBDG dan pembangkit dengan *Cat Diesel Engine*.

- Mirrless Blackstone Diesel Generator (MBDG)

MBDG dioperasikan untuk menyuplai kebutuhan peralatan-peralatan auxiliary (peralatan selain furnace) yang perannya sangat penting dalam pengolahan nikel di pabrik. PT. Vale Indonesia Tbk. memiliki 5 unit MBDG yang masing-masing berkapasitas 8 MW.

- Pembangkit dengan *Cat Diesel Engine*.

Pembangkit *Cat Diesel Engine* di PT. Vale Indonesia Tbk hingga saat ini digunakan sebagai cadangan dalam keadaan darurat, oleh karena itu disebut juga EDG (*Emergency Diesel Generator*). Mesin ini memiliki prinsip kerja yang sama dengan MBDG tetapi memiliki ukuran dan keluaran daya yang lebih kecil.



Gambar 3. 3 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel CAT Diesel Engine Plant

Cat Diesel Engine yang dioperasikan untuk menyuplai kebutuhan peralatan-peralatan *auxiliary* PT. Vale Sorowako, karena itu disebut sebagai *Auxiliary Diesel Engine Plant*, memiliki 23 unit rangkaian *Generator Set* dengan tipe mesin penggeraknya adalah mesin Caterpillar seri 3500, mempunyai jumlah 16 silinder, masing-masing mesin mengkonsumsi 265 liter bahan bakar per jam. Pada operasi RPM 1500, dengan 50 Herzt, dapat mensuplai power sebesar 1.1 MW.



Gambar 3. 4 Engine Caterpillar MUI-3516, with Power Generator se

3.2.2 Data Maintenance

Laporan tentang menurunnya performasi *Emergency Diesel Generator* dimulai sejak awal 2015. Hal ini bersamaan dengan pengalihan jenis bahan bakar yang digunakan di operasional PT. Vale Indonesia Tbk, dari minyak diesel berbasis fosil menjadi biodiesel. Hal ini ditandai dengan adanya masalah pada mesin yang berulang terjadi yang diakibatkan oleh kondisi bahan bakar.

Tabel 3. 1 Beberapa Data Laporan Downtime Emergency Diesel Generator

Equipm ent No.	Caused	Description	Down Date	Up Date	Do wn Hou rs
GE6002	Dirty/Kotor	Replace Secondary Fuel Filter due to plugged	05 Februari 2015	05 Februari 2015	4.75
GE6003	Dirty/Kotor	Replace Fuel Filter due to plugged	05 Februari 2015	05 Februari 2015	0.7
GE6001	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter due to plugged	10 Februari 2015	10 Februari 2015	2.63
GE6023	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	11 Februari 2015	11 Februari 2015	3.5
GE6006	Plugged/Tersumbat	Repair Engine low power, replace Fuel Filter due to plugged	12 Februari 2015	12 Februari 2015	2.8
GE6022	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter due to fuel dirty	12 Februari 2015	12 Februari 2015	2.08
GE6020	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	14 Februari 2015	14 Februari 2015	3.55
GE6005	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter due to plugged	16 Februari 2015	16 Februari 2015	0.8

GE6019	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter due to plugged	28 Februari 2015	28 Februari 2015	0.17
GE6016	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter was restriction	01 Maret 2015	01 Maret 2015	2.37
GE6021	Dirty/Kotor	Replace Fuel Filter due to fuel dirty	02 Maret 2015	02 Maret 2015	4.27
GE6013	Plugged/Tersumbat	Repair Engine low power, replace Fuel Filter due to plugged	02 Maret 2015	02 Maret 2015	1.65
GE6007	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter due to plugged	04 Maret 2015	04 Maret 2015	4.62
GE6015	Dirty/Kotor	Replace Fuel Filter due to fuel dirty	04 Maret 2015	04 Maret 2015	2.83
GE6018	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	05 Maret 2015	05 Maret 2015	5.3
GE6024	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter due to plugged	06 Maret 2015	06 Maret 2015	4.15
GE6015	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	12 Juni 2015	12 Juni 2015	7.78
GE6017	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	12 Juni 2015	12 Juni 2015	4
GE6004	Dirty/Kotor	Repair Check Engine Indicator, and replace Fuel Filter	14 Juni 2015	14 Juni 2015	7.05
GE6008	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter due to plugged	15 Juni 2015	15 Juni 2015	3.62
GE6002	Dirty/Kotor	Replace fuel Filter due to dirty	17 Juni 2015	17 Juni 2015	10.02

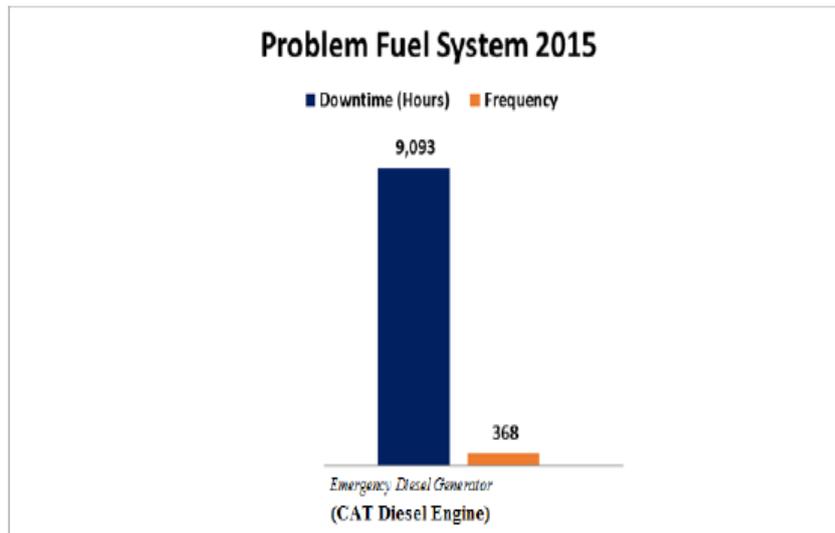
GE6003	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter due to Maintenance Indicaator ON	29 Juni 2015	29 Juni 2015	3.85
GE6011	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	29 Juni 2015	30 Juni 2015	15.6
GE6012	Dirty/Kotor	Repair Fuel Filter Indicator ON, replace Fuel Filter	02 Juli 2015	02 Juli 2015	5.23
GE6001	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter due to plugged	09 Oktober 2015	09 Oktober 2015	3.58
GE6004	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	10 Oktober 2015	11 Oktober 2015	6.32
GE6008	Dirty/Kotor	Replace Secondary Fuel Filter due to plugged	10 Oktober 2015	10 Oktober 2015	1.22
GE6018	Plugged/Tersumbat	Repair Check Engine Ind. ON, replace Secondary Fuel Filter	14 Oktober 2015	14 Oktober 2015	3.42
GE6020	Dirty/Kotor	Replace Fuel Filter due to plugged	13 November 2015	13 November 2015	2.87
GE6005	Dirty/Kotor	Replace Fuel Filter due to fuel dirty	18 November 2015	18 November 2015	3.53
GE6009	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	19 November 2015	19 November 2015	3.82
GE6014	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	19 November 2015	19 November 2015	5.55

GE6021	Plugged/Tersumbat	Repair Engine Intermittent won't running due to fuel dirty	20 November 2015	20 November 2015	3.6
GE6006	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	23 November 2015	23 November 2015	1.62
GE6010	Plugged/Tersumbat	Replace Fuel Filter plugged	23 November 2015	23 November 2015	4.15
GE6023	Dirty/Kotor	Replace Fuel Filter due to plugged by fuel dirty	24 November 2015	24 November 2015	2.75

(Sumber : Mic 5 - *Data Base Maintenance Report*)

. Beberapa data operasional dan *maintenance* yang diambil *Data Base* menunjukkan bahwa sejak digunakannya biodiesel kelihatan bahwa performa mesin menurun. Hal ini bisa dilihat dari menurunnya presentase *Physical Availability* beberapa genset yang beroperasi. Adapun beberapa persoalan mesin yang sering terjadi, dan berhubungan dengan bahanbakar, yaitu antara lain : mesin susah dihidupkan, mesin tiba-tiba mati sendiri, mesin buntu-buntu, mesin low Power, dan lain-lain.

Laporan tentang masalah yang sering terjadi dapat diambil dari *Data Base Maintenance Report* di Mic 5. Mic 5 adalah pusat kendali dari alur komunikasi antara departemen Utilities sebagai pengguna dan departemen Maintenance sebagai penyedia sekaligus bagian perawatan dari instalasi *Emergency Diesel Generator*.



Gambar 3. 5 Penurunan Performance CAT Engine Diesel
(Sumber : Utilities Department, Maintenance Report)

Kebanyakan laporan ini ditindak lanjuti dengan penggantian *Filter* (saringan) bahan bakar karena terjadi penyumbatan. *Filter* bahan bakar berfungsi untuk menyaring kontaminan yang terdapat pada bahan bakar untuk menjaga komponen sistem injeksi bahan bakar seperti pompa tekanan tinggi dan injektor. Pada mesin diesel modern, *filter* bahan bakar diperlukan untuk filtrasi partikulat keras, filtrasi kontaminan bahan bakar, dan pemisah air. Efisiensi dari ketiga fungsi ini merupakan hal pokok untuk menjamin kehandalan dari sistem injeksi bahan bakar dan perawatan periodik yang ditetapkan oleh pihak manufaktur. Karena itulah, filter bahan bakar adalah pengaman pertama dan utama dari sistim bahan bakar mesin diesel. Gambar 3.6 dibawah adalah beberapa potongan filter bahan bakar yang diambil setelah penggantian filter tersebut.



Gambar 3. 6 Penyumbatan pada filter bahan bakar

Selain mengganti filter bahan bakar, ada juga yang sampai harus membongkar dan merekondisi mesin hingga mengganti injektor. Dari penggantian injektor nampak bahwa penyebab utama adalah pembakaran di ruang bakar (*chamber*) yang tidak sempurna, ini nampak dari timbulnya jelaga, kavitasi dan penyumbatan pada mulut injektor. Hal tersebut nampak pada Gambar 3.7 *injector* mesin nomor GE6012 dibawah ini.



Gambar 3. 7 Injector Component Rating

3.2.3 Data Biodiesel

Pada awal penggunaannya, PT Vale mengkonsumsi biodiesel B15, namun seiring dengan kebijakan pemerintah, saat ini T Vale mengkonsumsi B20 untuk operasional sehari-hari. Data ini diambil dari Pertamina Patra Niaga, sebagai

suplier biodiesel yang digunakan di PT. Vale Indonesia Tbk. Dari data ini kita bisa melihat parameter biodiesel yang digunakan antara lain viskositas, densitas, angka setana, kadar asam, kandungan sulfur, titik nyala, titik kabut, dan lain lain.

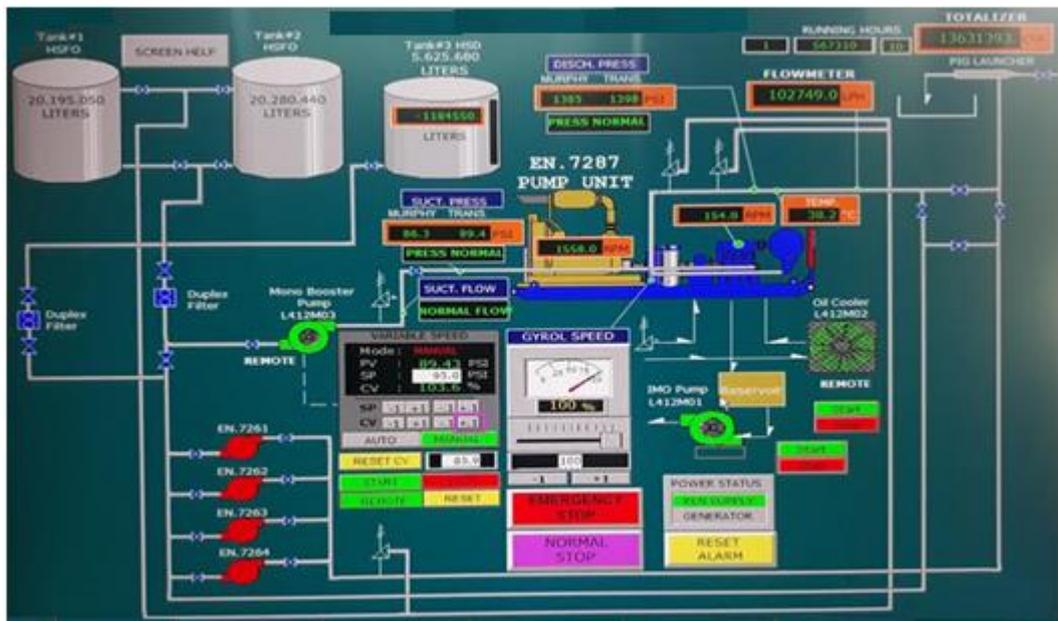
Tabel 3. 2 Data Karakteristik Fisika Biodiesel

Karakteristik	Satuan	Spesifikasi		Metode Uji
		Min.	Max.	
Angka Setana		51		D613
Viskositas pada 40°C	mm ² /s	2.0	4.5	D445
Denistas pada 15°C	kg/m ³	815	860	D1298
Titik Nyala	°C	52		D93
Titik Tuang	°C		18	D97
Kandungan Sulfur	% m/m		0.25	D2622
Kandungan Air	mg/kg		500	D6304
Residu Karbon	% m/m		0.01	D5430
Kandung Abu	% m/m		0.01	D482
Kandungan Asam Total	mgKOH/gr		0.6	D664
Kandungan Sedimen	% m/m		0.01	D473
Kestabilan Oksidasi	Jam	35		EN15751

3.2.4 Sistik Distribusi dan Penyimpanan

Prinsip dasar transportasi adalah memastikan kualitas bahan bakar yang dikirim memenuhi standar mutu ketika sampai dan diterima konsumen. Beberapa hal yang perlu dihindari saat distribusi adalah kontaminasi pengotor (air, lumpur, debu, dan material lain) karena berpotensi merusak kualitas biodiesel tersebut. Model distrubusi yang digunakan dari kapal tangker ke tangki penyimpanan adalah dengan menggunakan jalur perpipaan.

Biodiesel dari Tangker, yang ditampung sementara di Tangki Mangkasa Point, didistribusikan ke *Plant Site* sesuai permintaan, menggunakan jenis *piston pump*, merk National oilwell Varco, dengan flow rate maksimum 120.000 lpm, melewati jarak tempuh sekitar 48 km.



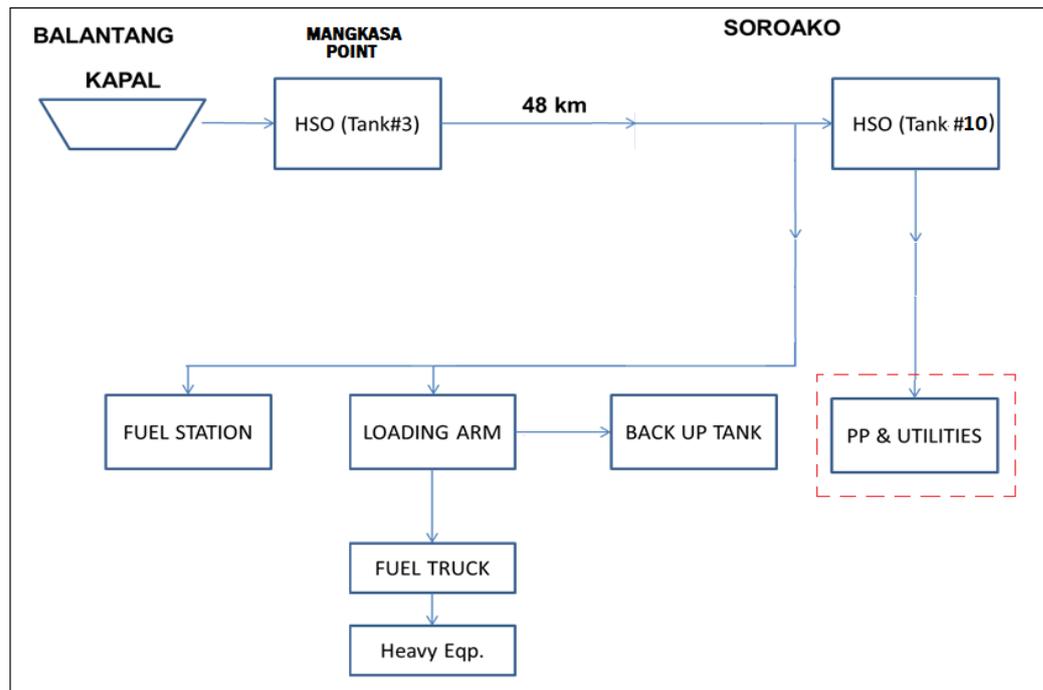
Gambar 3. 8 Overview Fuel Pump System Mangkasa Point

Perhatian utama dari sistem distribusi biodiesel di PT Vale Indonesia Tbk. adalah potensi kontaminasi silang dengan bahan bakar lain, yaitu HSFO. Karena jalur pipa yang digunakan adalah sama antara HSD (biodiesel) dan HSFO. Ini bisa terjadi disebabkan oleh adsorpsi HSFO pada dinding-dinding pipa selama distribusi. Kontaminasi juga dapat disebabkan oleh operasi yang tidak memadai dari pengumpanan pipa dan sistem *take-off*, yang mengakibatkan sejumlah kecil partikel HSFO yang tertinggal di manifold, stasiun pompa, sambungan pipa atau meteran selama peralihan ke produk lain. Ukuran *buffer* yang tidak mencukupi dan ukuran *batch* kecil merupakan sumber kontaminasi potensial lainnya. Walaupun sebelum mengganti fluida yang didistribusikan, dari HSD ke HSFO atau sebaliknya, selalu dilakukan *flashing* menggunakan *Pigging*, namun sumber-sumber kontaminasi ini harus dimonitor dan ditinjau selama distribusi menggunakan jalur pipa.



Gambar 3. 9 Pigging, alat untuk pembersih pipa jalur distribusi

Dari tangki penampungan sementara di Mangkasa point, biodiesel akan didistribusikan ke Plant site melalui jalur perpipaan sejauh sekitar 48 km, dan ditampung di tangki no. #10. Di tangki penampungan ini, bahan bakar biodiesel yang disimpan dan harus siap untuk digunakan ketika *Emergency Diesel Generator* dibutuhkan.



Gambar 3. 10 Skema alur distribusi biodiesel

3.3 Eksperimen

3.3.1 Uji Karakteristik Fisika Biodiesel

Uji sifat karakteristik fisik biodiesel dilakukan untuk mengetahui lebih jauh kondisi biodiesel yang digunakan, untuk itu perlu melakukan sampling untuk mengujinya. Namun selain menghitung sendiri, penguji juga mengirim sampel tersebut ke laboratorium untuk mendapatkan hasil sebagai perbandingan. Beberapa parameter penting yang seringkali dipergunakan sebagai tolok ukur kualitas bahan bakar biodiesel diambil dari karakteristik fisika biodiesel tersebut. Beberapa parameter tersebut adalah: angka cetane, viskositas, sifat bahan bakar pada temperatur rendah (*cloud point*, *pour point*), angka iodine, serta stabilitas penyimpanannya.

- **Pengujian Viskositas**, untuk mengukur lamanya waktu aliran minyak untuk melewati batas yang telah dikalibrasi pada alat viskositas kinetik pada suhu 40°C.

Peralatan yang digunakan;

- Viskometer Ostwalt
- *stopwatch*
- *beaker glass* kapasitas 5 liter
- magnet stirrer
- termometer
- statif/klep
- balon pipet

Prosedur pengujian:

1. Masukkan paraffin cair ke dalam *beaker glass* 5 liter dan magnet stirrer, panaskan diatas *hot plate* sampai suhu 40°C.
2. Pasang *thermometer* pd setiap statip, masukkan ke dalam *beaker glass*.
3. Masukkan sampel kedalam *viscometer* sampai tanda garis.
4. Masukkan *viscometer* yang berisi sampel kedalam *beaker glass*, dengan cara viscometer digantung pad astatip.
5. Hisap statip sampai tanda garis dengan balon pipet, setelah itu dilepas sambil dilihat *stopwatch* nya sampai garis batas bawah.
6. Catat hasilnya, ulangi sampai 3 kali percobaan untuk semua sampel untuk mendapatkan hasil yang akurat.
7. Cuci viscometer dengan N-Hexan

- **Pengujian Densitas**, dilakukan untuk mendapatkan perbandingan berat zat cair dengan volume pada suhu tertentu.

Peralatan yang digunakan adalah:

- Piknometer 50 ml
- *Beaker glass*
- *Tissue*
- *Water bath*

Prosedur pengujian;

1. Isi piknometer yang telah kering dengan sampel (yang telah dicairkan).
2. Tempatkan pada water bath selama 30 menit pada suhu 25°C.
3. Atur volume minyak sampai tanda batas dan tutup.
4. Kosongkan piknometer, bilas beberapa kali dengan alkohol kemudian dengan petroleum eter, biarkan kering sempurna (sampai hilang bau petroleum eter) dan timbang (B).
5. Hitung berat *aquadest* pada suhu 25 °C (X) = (A-B) sebanyak 3 kali.

- **Pengujian Titik Nyala (*Flash Point*)**, untuk mengetahui titik nyala bahan bakar pada temperature terendah.

Peralatan yang digunakan:

- thermometer khusus AOCS
- sentrifus
- Pensky-martens close up tester, ASTM design D-93-00
- Lampu seperti
- gas dan tungku gas
- stirrer (pengaduk)

Prosedur pengujian:

1. Ambil 100ml biodiesel, masukkan kedalam wadah sampel Pensky-Martens.
2. Tutup wadah dan dikunci, pasang pengaduk dengan kecepatan 100 rpm.
3. Pasang *thermometer* 300°C masukkan kira-kira 5 cm.
4. Nyalakan api gas, tiap-tiap kenaikan suhu 10°C uji dengan menyuluti api pada mulut wadah sampel.
5. Titik nyala ditentukan saat mulut wadah sampel menyala (ada letupan).
6. Lihat thermometer penunjuk suhu, ini adalah suhu titik nyala.
7. Ulangi sampai 3 (tiga).

- **Pengujian Nilai Kalor**, untuk menentukan nilai kalor bahan bakar biodiesel.

Peralatan yang di gunakan:

- Kalori meter
- Tabung bom
- Tabung gas oksigen
- Alat ukur tekanan gas oksigen
- Termometer dengan pembacaan hingga 1/100 °C
- Pengaduk air
- Timbangan
- Elektro motor pengaduk
- Pengatur penyalu
- Kawat penyalu
- Tabung tempat bahan bakar yang akan diukur
- Gelas ukur

Prosedur pengujian:

1. Bersihkan tabung bom dari sisa pengujian sebelumnya.
2. Timbang bahan bakar yang akan diukur sebesar 0,15 gram.
3. Ukur volume bahan bakar tersebut.
4. Siapkan kawat penyalu dengan menggulungnya dan memasangnya pada tangkai penyalu yang terpasang pada penutup bom.
5. Tempatkan cawan berisi bahan bakar pada ujung tangkai penyalu.
6. Pasang O-Ring, tutup bom dengan kuat dengan memutar penutupnya
7. Isikan oksigen ke dalam bom dengan tekanan 30 bar.
8. Tempatkan bom yang telah terpasang di dalam kalorimeter.
9. Masukkan air pendingin sebanyak 1.250 ml.
10. Tutup kalori meter dengan alat penutupnya.
11. Hidupkan pengaduk air pendingin selama 5 (lima) menit sebelum penyaluan dilakukan.
12. Baca dan catat temperatur air pendingin.
13. Hidupkan penyaluan, gunakan tombol yang paling kanan.
14. Aduk terus air pendingin selama 5 (lima) menit setelah penyaluan berlangsung.
15. Baca dan catat kembali temperature akhir air pendingin.

16. Matikan pengaduk.
17. Siapkan kembali peralatan untuk pengujian berikutnya.
18. Lakukan beberapa pengukuran lagi untuk suatu bahan bakar yang diuji/diukur.
19. Hasil pengujian diambil dari harga rata-rata hasil pengukuran.

Rumus – rumus yang digunakan:

- Temperatur air dingin sebelum penyalaan T1
- Temperatur air pendingin setelah penyalaan T2
- Panas jenis bom kalori meter cv = 73529,6 (J/gr.0C)
- Kenaikan temperature akibatk awat penyala– 0.05 0C
- Kenaikan temperatur adalah : ($\Delta t - 0,05$) 0C
- Nilai kalor = ($t - 0,05$) $\times c \times 1000$ (kJ / kg)

3.3.2 Uji *Fuel Cleanliness*

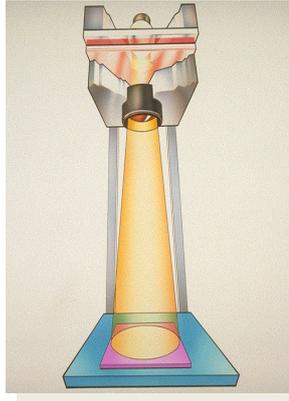
Beberapa sampel biodiesel diambil langsung dari tangki, pompa dan pipa distribusi, kemudian dianalisa di laboratorium *Condition Monitoring*. Ada dua cara yang digunakan untuk mengukur tingkat kebersihan bahan bakar, yaitu :

- **Microscopic Examination**

Microscopic Examination yaitu pengukuran secara mikroskopis menggunakan mikroskop cahaya optik dengan tambahan kamera digital. Photomicrographs diambil dari area membran yang mewakili kontaminasi, diperoleh pada pembesaran 100 kali, dan hasilnya berupa gambar.

- **Particle Counting**

Particle Counting adalah alat untuk mendeteksi dan menghitung partikel yang terkandung di dalam fluida. Alat ini secara khusus bekerja memanfaatkan pencitraan atau penggaburan cahaya sinar laser. Sumber cahaya laser tersebut digunakan untuk menghitung jumlah dan mengukur besaran partikel saat melewati lubang sensor. Hasilnya berupa angka, yang harus diterjemahkan sesuai tabel ISO Code 4406.



Gambar 3. 11 Ilustrasi cara kerja Particle Counter

International Standards Organization (ISO) mengembangkan kode sistem ISO 4406:99 untuk mengetahui tingkat kebersihan sistem bahan bakar dari kontaminasi. Metode pengukuran partikel pengotor disederhanakan dengan mengubah jumlah partikel menjadi kode-kode, peningkatan 1 level kode akan menggandakan tingkat kontaminasi. Kode kebersihan fluida ISO-4406 digunakan untuk mengukur tingkat kontaminasi per mililiter pada bahan bakar dengan 3 ukuran, yaitu 4μ [c], 6μ [c] dan 14μ [c].

Kode ini dinyatakan dalam 3 angka, X/Y/Z :

- X = jumlah partikel lebih besar dari 4 micron ($>4\mu$)
- Y = jumlah partikel lebih besar dari 6 micron ($>6\mu$)
- Z = jumlah partikel lebih besar dari 14 micron ($>14\mu$)

Untuk bahan bakar, standar kode ISO-nya adalah 18/16/13. Jadi sesuai dengan standar kebersihan kode ISO (*ISO Code Standard*) 4406, kode kebersihan bahan bakar berarti :

- partikel dengan ukuran 4 micron hanya boleh berjumlah antara 1301-2500 partikel per millimeter cairan,
- partikel dengan ukuran 6 micron hanya boleh berjumlah antara 41-80 partikel per millimeter cairan, dan
- partikel dengan ukuran 14 micron hanya boleh berjumlah antara 81-160 partikel per millimeter cairan.

Tabel 3. 3 ISO Code 4406 chart

ISO 4406:1999 Code Chart		
Range Code	Particles per Milliliter	
	More Than	Up To/Including
24	80000	160000
23	40000	80000
22	20000	40000
21	10000	20000
20	5000	10000
19	2500	5000
18	1300	2500
17	640	1300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2.5	5
8	1.3	2.5
7	0.64	1.3
6	0.32	0.64

Setiap peningkatan kode ISO menandakan bahwa cairan dua kali lebih kotor dari kode sebelumnya. Ukuran partikel biasanya diukur pada skala mikrometer. Satu mikrometer (atau "mikron") adalah sepersejuta satu meter, atau 39 juta inci. Batas visibilitas manusia adalah sekitar 40 mikrometer. Perlu diingat bahwa sebagian besar partikel penyebab kerusakan dalam sistim lebih kecil dari 15 mikrometer. Oleh karena itu tidak dapat dilihat oleh mata tanpa bantuan.

Tabel 3. 4 Skala perbandingan “micron”

<i>Relative Sizes of Particles</i>		
Substance	Microns	Inches
Grain of table salt	100	.0039
Human hair	70	.0027
Lower limit of visibility	40	.0016
Milled flour	25	.0010
Red blood cells	8	.0003
Bacteria	2	.0001

3.3.3 Uji Stabilitas dan Penyimpanan

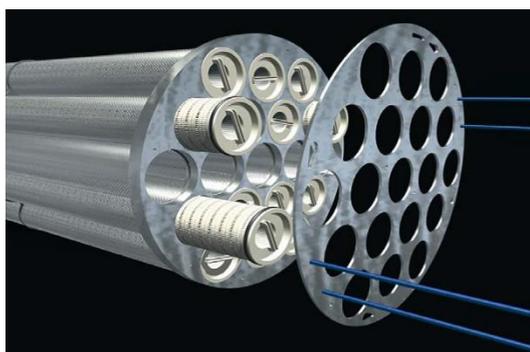
Pengujian stabilitas karakteristik fisika kimia bahan bakar biodiesel pada saat penyimpanan dalam jangka waktu yang panjang dilakukan untuk mendapatkan rekomendasi teknis sesuai pentahapan pemanfaatan bahan bakar nabati tersebut, mendapatkan data teknis karakteristik stabilitas biodiesel setelah penyimpanan berbagai kondisi dan mendapatkan masukan kebijakan Stabilitas Penyimpanan Biodiesel Terhadap Karakteristik Fisika Kimia.

Untuk mengetahui stabilitas mutu biodiesel terhadap lama penyimpanan, terdapat 4 parameter uji kualitas produk yang dapat dijadikan sebagai tolak ukur:

- Peningkatan bilangan Asam (TAN), bisa disebabkan oleh adanya oksidasi terhadap BBM, pertumbuhan bakteri yang menyebabkan perubahan sulfur (gas buang, bakteri dan kandungan alami BBM) menjadi sulfide yang jika bereaksi dgn air dalam tangki akan membentuk asam sulfat penyebab korosif.
- Microbiological, yaitu pengecekan terhadap pertumbuhan bakteri dalam BBM selama masa penyimpanan, namun pertumbuhan bakteri ini erat hubungannya dengan peningkatan bilangan asam (TAN)
- Pengujian Stabilitas Oksidasi, yaitu pengujian ketahanan produk terhadap oksidasi selama penyimpanan.
- Water Content, yaitu adanya kandungan air dalam BBM dapat memicu berkembang biakan bakteri dan jika bereaksi dengan sulfide akan membentuk asam sulfat yang bersifat korosif.

3.4 Pemasangan *Filter Ultipleat High Flow*

Pemasangan *Filter Ultipleat High Flow* ini bertujuan untuk membersihkan biodiesel dari partikel partikel bawaan, yaitu deposit dan endapan dari tangki dan saluran bahan bakar, termasuk kontaminasi dengan HSFO di jalur distribusi. Ada 2 jenis *Filter* yang dipasang, yaitu *filter Pall Ultipleat High Flow* ukuran 20 micron (Part Number HFU660GF200H13) dan ukuran 10 micron (Part Number HFU660GF100H13).



Gambar 3. 12 Desain *Filter Ultipleat High Flow*

Filter Ultipleat High Flow dapat dioperasikan baik dalam mode high-flux atau low-flux. Setiap filter sepanjang 60 atau 80 inci dapat melayani proses hingga 1,900 lpm (500 gpm) dengan hasil yang relatif bersih untuk meminimalkan ukuran *housing* dan biaya. Pada fluks rendah dan tingkat kontaminan yang masuk lebih tinggi, *Filter Ultipleat High Flow* telah berhasil memberikan umur layanan filter yang luar biasa mengurangi jumlah penggantian filter dan menurunkan biaya untuk penggantian filter dan pembuangan katrid bekas.



Gambar 3. 13 Instalasi *Filter Ultipleat High Flow* terpasang

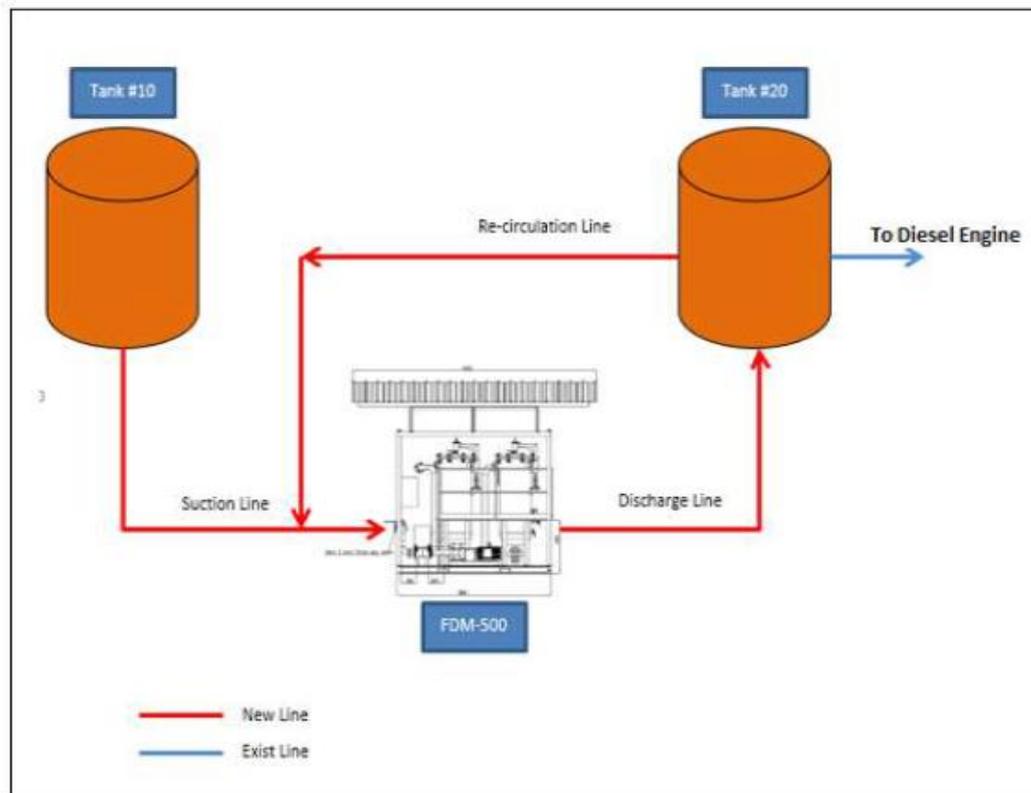
3.5 Pemasangan *Fuel Decontamination Module 500*

Namun masalah lain yang ada, bahwa pada saat *Emergency Diesel Generator* tidak beroperasi (*standby*) selama 3 (tiga) bulan atau lebih, maka terjadi lagi penyumbatan pada *Filter* di mesin-mesin. Hal ini diakibatkan oleh perubahan sifat karakteristik fisika biodiesel, seperti dijelaskan tadi. Akhirnya diputuskan untuk mencari solusi bagaimana agar biodiesel yang tersimpan di tangka dapat terus bergerak selama mesin tidak beroperasi. Ini untuk menjaga agar tingkat stabilitas karakteristik fisiknya tidak berubah selama penyimpanan.

Setelah melalui proses seleksi dan penilaian resiko akhirnya diputuskan untuk memilih metode sirkulasi dan filterisasi biodiesel pada tangki penyimpanan bahan bakar no. #10 dan #20. *Tank* i #20 tadinya adalah salah satu tangki penyimpanan HSFO yang tidak digunakan lagi karena penggunaan HSFO telah dikurangi seiring dengan kebijakan perusahaan yang lebih memilih *coal* (batu bara) sebagai bahan bakar di pabrik. Alat untuk melakukan sirkulasi dan filterisasi dinamakan *Fuel Decontamination Module* FDM-500, yang dipasang ini diklaim sangat ekonomis, serbaguna, efisien, dan solusi perawatannya rendah, dapat dipergunakan dalam penyimpanan bahan bakar dalam jumlah besar, sistim penyaluran bahan bakar yang bersih, transfer bahan bakar secara terus menerus, dan dapat diaplikasi pada mesin mesin besar. *Fuel Decontamination Module* dirancang untuk digunakan sebagai:

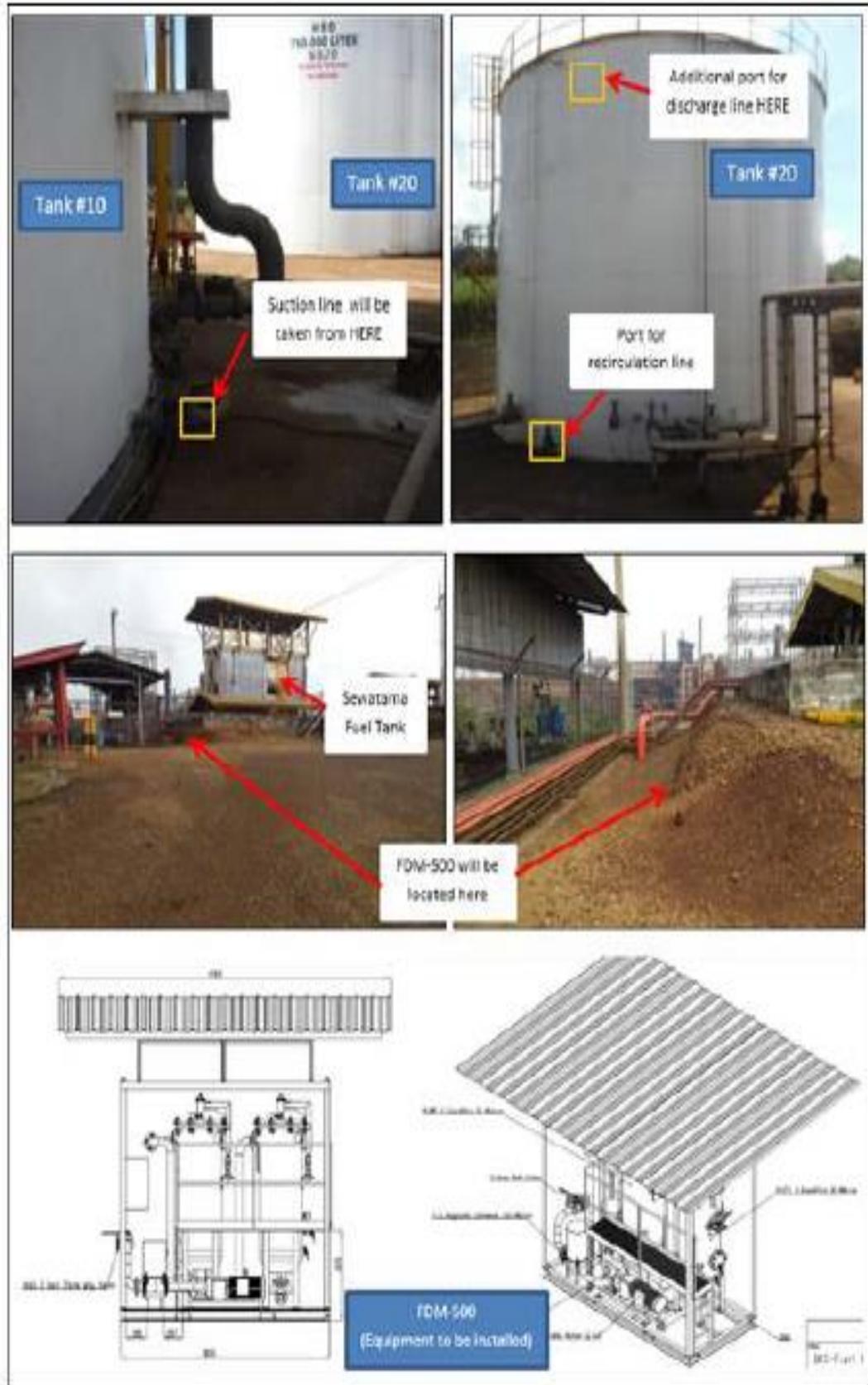
- *Pra-filter*, untuk menghilangkan kontaminan padat seperti kotoran, skalakarat, pasir dan material padat lainnya dari aliran hidrokarbon.
- *Filter Separator*, untuk menghilangkan air dan padatan yang teremulsi, bebas, dan tercurah dari hidrokarbon cair atau aliran udara/gas.
- *Filter* penyerap air, untuk menghilangkan air dan padatan dari aliran hidrokarbon.

Tujuan utama pemasangan *Fuel Decontamination Module* adalah agar supaya HSD *Tank* No. #10 & No. #20 yang nantinya akan diisi dengan Biodiesel bisa tetap dalam kondisi bersih dan siap untuk di gunakan. Efek dari Biodiesel ini adalah *water content* dari HSD akan meningkat dan akan terbentuk jelly jika tersimpan lebih dari 3 bulan di *storage tank* . Jadi diharapkan dengan adanya FDM-500, efek tersebut bisa dikurangi atau dihilangkan karena akan mempengaruhi operasi dari *CAT diesel Engine*. *Tank* No. #10 akan difungsikan sebagai *dirty tank* untuk menampung HSD yang disuplai dari *Bulk Tank er* yang ada di *Port Mangkasa Point*, dan *Tank* #20 sebagai *clean tank* . HSD dari *tank* #10 akan disaring dan di tampung di *tank* #20 baru kemudian akan di suplai ke konsumen *CAT Diesel Engine*, saat dibutuhkan. Dalam kondisi *standby*, artinya tidak ada konsumsi HSD dengan durasi lebih dari 3 bulan, maka HSD yang tertampung di *tank* #20 akan disirkulasi dan disaring secara terus menerus.



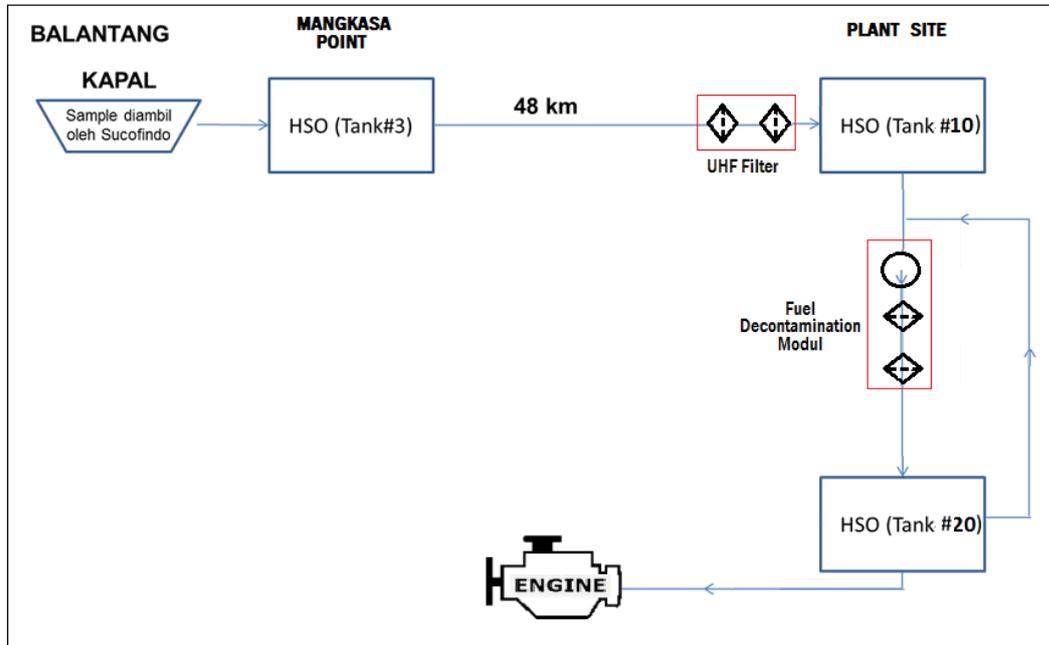
Gambar 3. 14 Ilustrasi *Schematic Layout Circulating and filtering System*

Kapasitas pompa yang terpasang pada FDM 500 tersebut adalah 500 lpm, sesuai lampiran, maka LDM 500 dijadwalkan akan dioperasikan secara periodik sekali seminggu, selama 32 jam. Ini berarti, jika tangki terisi penuh, 750.000 liter, maka dipastikan bahwa seluruh isinya akan tersirkulasi secara menyeluruh selama 32 jam tersebut. Selain itu, mesin juga dijadwalkan untuk dioperasikan (*pre-heat*) selama minimal 1 jam per minggu, untuk menjaga agar biodiesel yang ada ditangki mesin tetap tersirkulasi, dan juga memastikan bahwa mesin siap dioperasikan kapan saja dibutuhkan.



Gambar 3. 15 Layout - Biodiesel Circulating System

Dengan *improvement* ini, maka alur distribusi biodiesel untuk *auxiliary engine plant* di PT. Vale Indonesi Tbk. berubah menjadi seperti Gambar 3.16 ilustrasi dibawah ini.



Gambar 3. 16 Ilustrasi Improvement Alur Distribusi Biodiesel

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Hasil Uji Karakteristik Fisika Biodiesel

Untuk kepastian mutu produk sesuai dengan CoA dan CoQ, dapat dilakukan pengujian ulang yang disebut *short test*. Pengujian dapat dilakukan sendiri di laboratorium internal maupun eksternal. Laboratorium yang melakukan pengujian sebaiknya secara berkala melakukan uji profisiensi atau uji korelasi. *Short test* umumnya berlangsung selama maksimal 2 jam, apabila dinyatakan *on specs* maka biodiesel tersebut dapat digunakan.

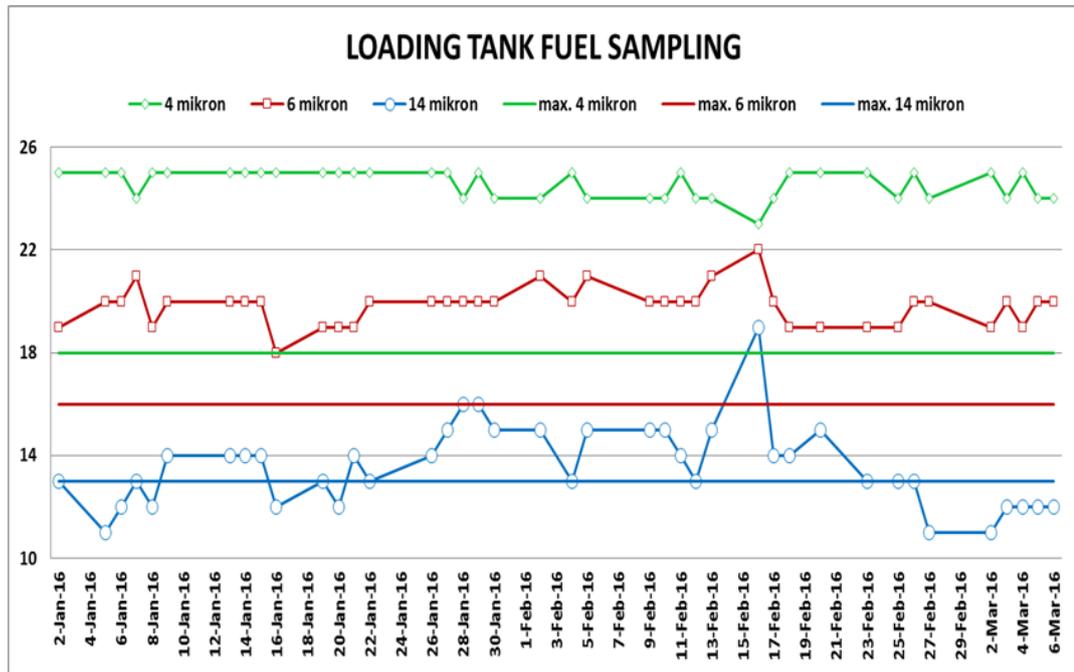
Biodiesel yang digunakan adalah biodiesel B15 dari sumber minyak kelapa sawit (POME). Pengukuran dilakukan tiga kali percobaan dan diambil rata - ratanya untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Dari hasil *short test* perhitungan karakteristik fisika biodiesel yang dilakukan di laboratorium internal, menunjukkan semua berada pada batas angka yang ditetapkan oleh standar biodiesel. Hasil pengujian karakteristik fisik biodiesel tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Hasil uji lab Biodiesel

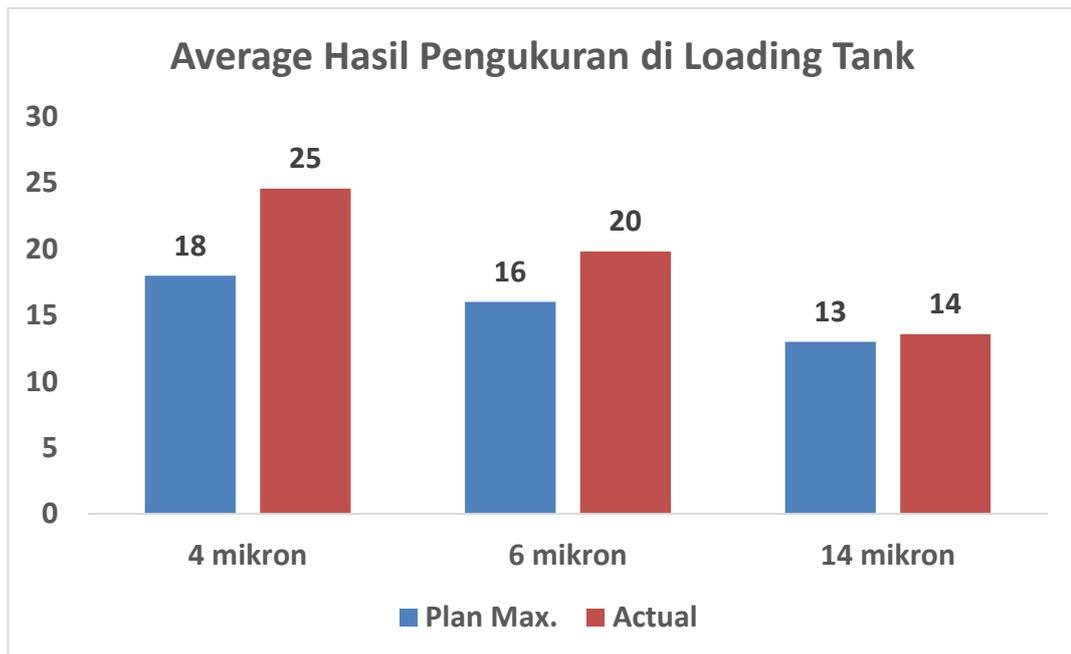
	Hasil Uji Laboratorium			
	Titik Nyala (°C)	Titik Tuang (°C)	Viskositas Kinetik mm ² /s	Densitas pada 15°C kg/m ³
Standar	Min. 52	Mak. 18	2.0 - 4.5	815 - 860
B0	62.0	15.0	3.67	840
B20	68.0	12.0	380	820

4.1.2 Hasil Uji Fuel Cleanliness

Sampel biodiesel yang diambil dari loading *tank* menunjukkan bahwa tingkat kebersihan biodiesel yang diambil berada dibawah dari standar parameter yang ditetapkan oleh ISO 4406, yaitu 18/16/13. Penulis melakukan uji *Fuel Cleanliness* sendiri memanfaatkan alat Partikel Counter yang ada di lokasi kerja, dengan mengambil sampel beberapa tahap di Loading *Tank* (Stasiun Pengisian bahan bakar), dari periode januari 2016 hingga maret 2016, dan hasilnya ditampilkan Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Grafik Sampel biodiesel



Gambar 4. 2 Grafik batang hasil pengukuran rata pada Loading Tank

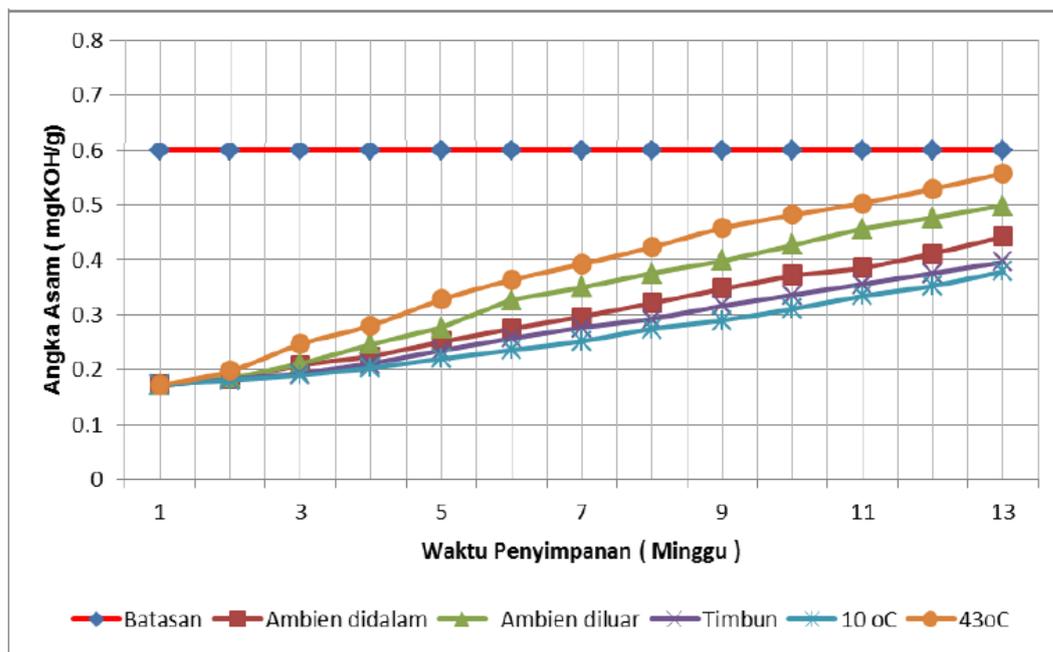
4.1.3 Hasil Uji Stabilitas Penyimpanan

Di tangki penyimpanan, bahan bakar biodiesel dalam jumlah yang banyak yang disimpan lebih dari 3 bulan akan menggumpal dan berubah menjadi gel. Hal ini disebabkan antara lain karena sifat biodiesel itu sendiri, pengaruh oksidasi suhu

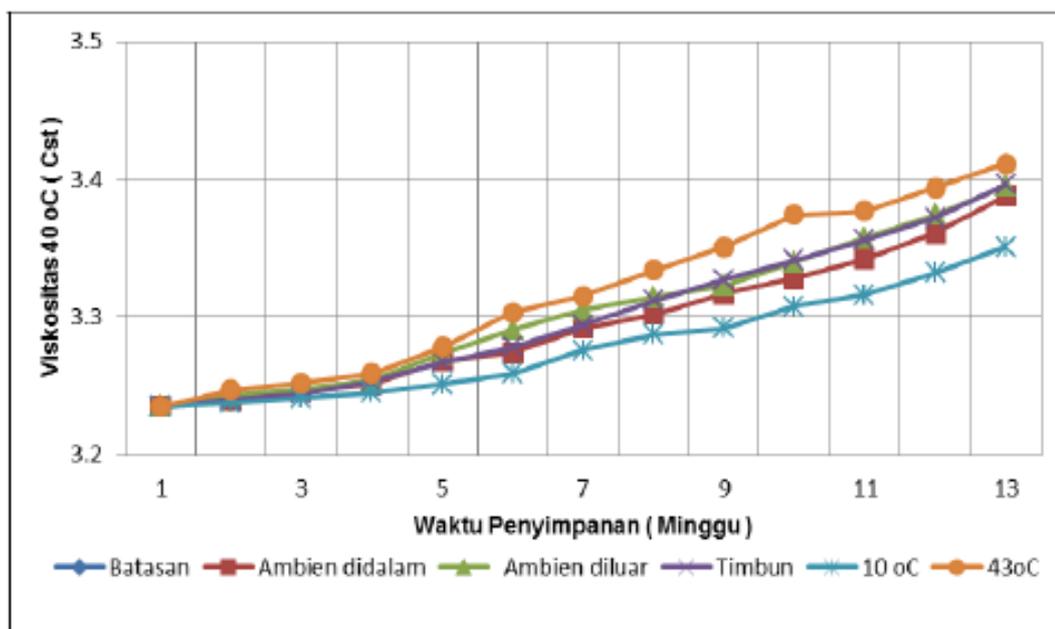
dan lain lain. Bilangan asam dan viskositas bahan bakar biodiesel meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan. Periode waktu penyimpanan biodiesel akan mempengaruhi karakteristik fisika kimia dari biodiesel. Semakin lama biodiesel disimpan, asam lemak bebas yang tersisa dalam biodiesel akan terurai kembali akibat teroksidasi. Naiknya kandungan asam lemak bebas menyebabkan biodiesel akan semakin kental dan viskositas naik. Kondisi penyimpan pada temperatur diatas temperatur ambien dan terkena cahaya matahari lebih mempercepat terjadinya degradasi menyebabkan terjadinya penurunan kualitas biodiesel.

Untuk mengetahui stabilitas biodiesel selama penyimpanan, maka dilakukan uji karakteristik fisik biodiesel terhadap lama penyimpanan. Sampel diambil di beberapa titik, dan dikirim ke laboratorium untuk mengetahui dan membandingkan hasilnya dengan spesifikasi pada ASTM D613 dan EN14214.

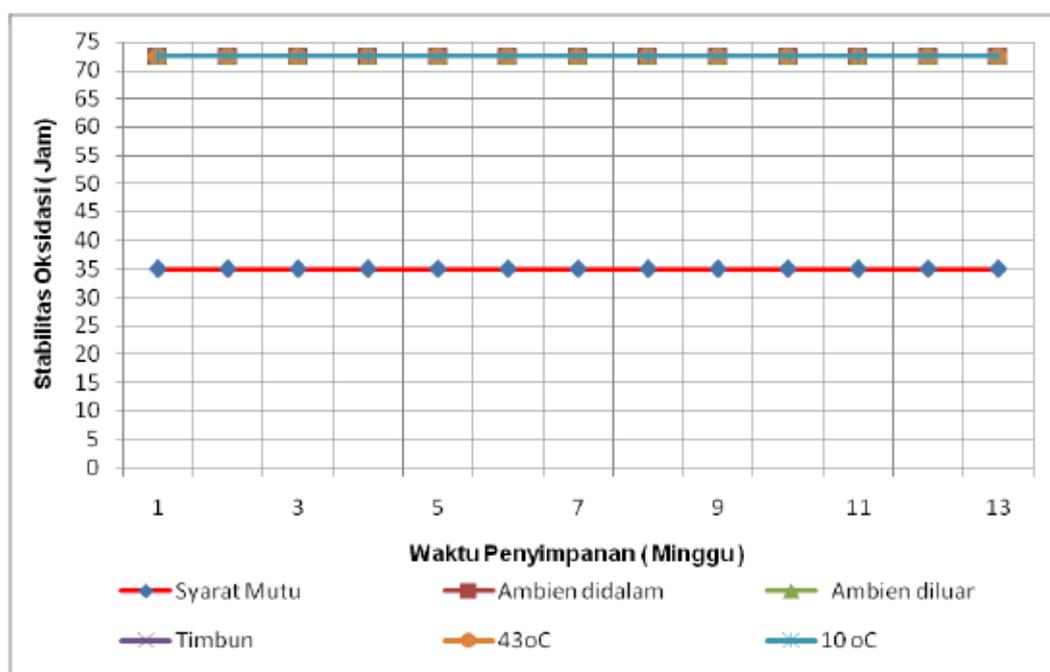
Berikut adalah grafik hasil pengamatan terhadap parameter Uji TAN, *viscosity* dan Stabilitas Oksidasi pada produk Biodiesel B15 :



Gambar 4. 3 Grafik Pengujian Bilangan Asam



Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Viskositas



Gambar 4. 5 Grafik Pengujian Stabilitas Oksidasi

Dari hasil kajian dan uji stabilitas penyimpanan biodiesel dengan melakukan pengujian karakteristik fisika kimia dari biodiesel yang terdiri dari bilangan asam, viskositas dan stabilitas oksidasi menunjukkan hasil sebagai berikut:

- a. Bilangan asam dan viskositas meningkat seiring lamanya penyimpanan. Peningkatan bilangan asam dan viskositas masih dibawah mutu (On Spec.), sementara untuk stabilitas oksidasi masih memenuhi batasan untuk berbagai penyimpanan.
- b. Semakin lama masa penyimpanan biodiesel maka asam lemak bebas yang tersisa akan terurai kembali akibat teroksidasi. Naiknya asam lemak bebas menyebabkan biodiesel akan semakin kental dan viskositas akan naik yang dapat menyebabkan bahan bakar sukar dikabutkan , dan akan mengakibatkan penyumbatan pada saringan bahan bakar dan *nozzle* injektor.
- c. Kondisi penyimpanan pada temperatur diatas temperatur ambien dan terkena cahaya matahari akan mempercepat terjadinya degradasi yang menyebabkan penurunan kualitas biodiesel.

4.2 Analisa

Dari hasil penelitian tadi dapat dianalisa beberapa hal, dan sekaligus dapat mengidentifikasi masalah, sebagai berikut:

- a. Tingginya tingkat kontaminasi pada biodiesel salah satunya dipengaruhi oleh penggunaan bersama pipa saluran sistim distribusi antara HSD (Biodiesel) dan HSFO. HSFO tidak terlalu terpengaruh oleh kontaminasi ini karena titik nyala, Titik kabut dan heating valuenya lebih tinggi.
- b. Bilangan asam dan viskositas bahan bakar biodiesel meningkat seiring lamanya penyimpanan. Namun peningkataan bilangan asam dan viskositas masih dibawah Batasan mutu yang ditentukan.
- c. Hasil pengamatan nilai parameter viskositas dan stabilitas oksidasi masih memenuhi batasan mutu yang ditetapkan pada berbagai kondisi penyimpanan.
- d. Periode waktu penyimpanan biodiesel dapat mempengaruhi karakteristik fisika kimia dari biodiesel. Semakin lama biodiesel disimpan, asam lemak bebas yang tersisa dalam biodiesel akan terurai kembali akibat teroksidasi. Naiknya kandungan asam lemak bebas menyebabkan biodiesel akan semakin kental dan viskositasnya akan semakin meningkat;

- e. Kondisi penyimpanan pada temperature di atas udara ambien dan terkena cahaya matahari dapat mempercepat terjadinya degradasi beberapa parameter mutu biodiesel, yang pada gilirannya dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas biodiesel.
- f. Selain itu, juga karena adanya efek dari sifat pelarut (solveny) pada tahap awal penggunaan biodiesel, sifat pelarut (solveny) secara alami akan membersihkan deposit atau endapan pada tangki maupun saluran saruran bahan bakar yang akan menyebabkan tersumbatnya saringan (filter) bahan bakar. Hal ini mengakibatkan frekwensi penggantian saringan akan meningkat secara signifikan. Hal ini juga mengakibatkan downtime meningkat.

Dari hasil penelitian karakteristik fisik biodiesel tidak ditemukan adanya perbedaan yang signifikan terhadap solar (B0), yang ada adalah tingkat kebersihan bahan bakar biodiesel (*Fuel cleanliness*) yang mengalami penurunan selama distribusi dan penyimpanan, dan terjadinya perubahan karakteristik fisika biodiesel seiring dengan lama penyimpanan biodiesel tersebut.

Berdasarkan hasil analisa uji tingkat kebersihan yg telah dilakukan, penulis melihat bahwa distribusi partikel dari sampel yg diambil berukuran sangat halus sehingga filter yang terpasang di mesin sekarang yg berukuran 20 mikron tidak mampu untuk menangkap partikel yang halus tersebut. Hal ini dapat kita lihat dari hasil uji dimana kode pertama (<20mikron) selalu tidak mencapai target yang diinginkan. Dengan mempertimbangkan kondisi ukuran partikel yg sangat halus tersebut disarankan agar filter yg ada khususnya yg diloading *tank* menggunakan rating micron berukuran 10 micron agar bisa mencapai taget ISO Code 18/16/13.

4.2.1 Hasil Pemasangan *Filter Ultipleat High Flow (UHF)*

Setelah pemasangan filter ultipleat, pompa dioperasi kan untuk mengukur hasil melalui sampel. Sampel biodiesel "Sebelum Filter", "Setelah Filter 20 mikron", dan "Setelah Filter 10 mikron" diambil dan diserahkan ke laboratorium untuk menganalisis tingkat kebersihan dengan metode *Microscopic Examination* dan *Particle Counting*. Berdasarkan tes kebersihan yang dilakukan, setelah menggunakan filter Pall Ultipleat High Flow (PN HFU660GF200H13 dan

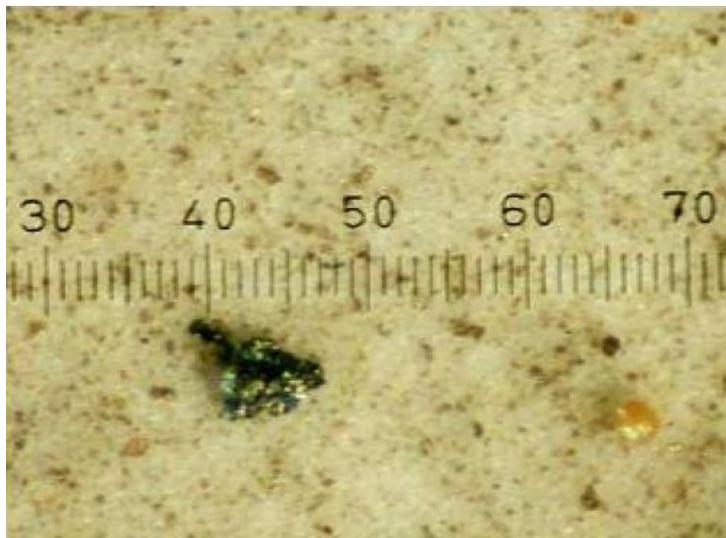
HFU660GF100H13) sebagai penyaringan bahan bakar diesel B15, hasil Microscopic Examination dan Particle Counting disebutkan sebagai berikut :

- **Hasil Microscopic Examination**

- **Sebelum Filter (Upstream Pall HFU Filter)**

Kontaminasi diukur dari sampel cairan berlabel "**Sebelum Filter**", sejumlah besar partikel yang muncul terdiri dari silika, dan logam hitam (oxidized metal).

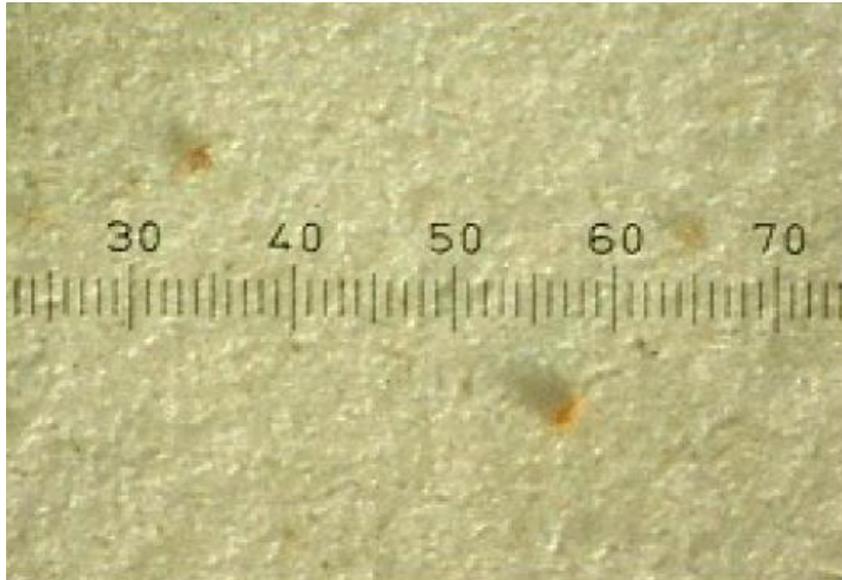
Hasil photomicrographs mewakili kontaminasi yang diambil ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Photomicrographs sampel Sebelum Filter
(Diperbesar 100 kali; pada volume sampel 100 mL)

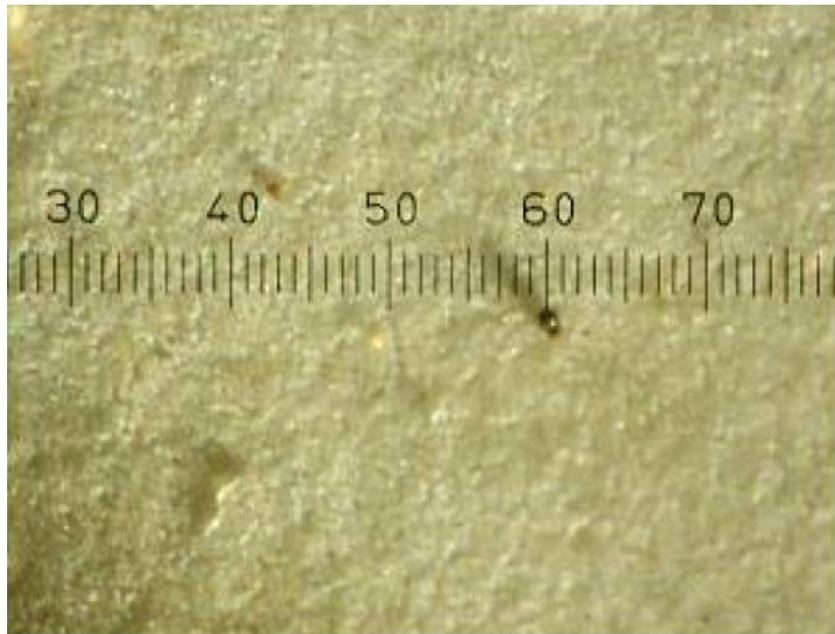
- **Setelah Filter 20Micron , (Downstream Pall HFU Filter 20 Micron)**

Kontaminasi yang diukur dari sampel cairan berlabel "**setelah filter 20 mikron**" sejumlah besar terdiri dari partikel-partikel silika, dan logam hitam (oxidized metal). Hasil photomicrographs mewakili kontaminasi yang diambil ditunjukkan pada Gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4. 7 Photomicrographs sampel Setelah Filter 20 Micron (Diperbesar 100 kali; pada volume sampel 100 mL)

- **Setelah Filter 10 Micron, (Down stream Pall HFU Filter 10 Micron)**
Kontaminasi yang diukur dari sampel cairan berlabel "setelah filter 10 mikron" sejumlah besar terdiri dari partikel silika dalam jumlah besar, dan logam hitam oxidized metal. Hasil photomicrographs mewakili kontaminasi yang diambil ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Photomicrographs sampel Setelah Filter 10 Micron (Diperbesar 100 kali; pada volume sampel 100 mL)

- **Hasil Particle Counting**

- Biodieselyang diambil "Sebelum Filter" sejumlah besar partikel yang diamati pada membran yang dianalisis yang membuatnya sulit untuk menghitung jumlah kisaran partikel 2 μm - 5 μm dan 5 μm - 15 μm .
- Biodiesel yang diambil "Setelah Filter 20 mikron & Setelah filter 10 mikron" sesuai dengan target kebersihan.

Hasil pengukuran kontaminasi pada Particle Counter dari sampel biodiesel disajikan pada Tabel 4.2 dibawah.

Tabel 4. 2 Hasil Optical Particle Count pada tingkat kebersihan bahan bakar

Sample ID	# of Particles/100 mL greater than Size			ISO Code
	2 μm	5 μm	15 μm	
Before Filter	-	-	-	*/**
After Filter 20 μm	20.418	7.274	776	15/13/10
After Filter 10 μm	20.546	6.380	1.103	15/13/11

Catatan : * = Jumlah partikel terlalu banyak untuk dihitung(ISO Code > 28)

Dari 2 metode pengukuran diatas dapat disimpulkan bahwa tingkat kebersihan sampel "Sebelum Filter" terlalu kotor untuk dihitung dan diamati, namun tingkat kebersihan sampel "Setelah Filter 20 mikron" dan "Setelah filter 10 mikron" sesuai bahkan lebih rendah dari target Iso Kode 18/16/13. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat kebersihan biodiesel yang disuplai dari Mangkasa Point ke tangki penyimpanan *Tank #10* dapat memenuhi target kebersihan ISO Code 18/16/13 setelah pemasangan *Filter Ultipleat High Flow*.

4.2.2 Hasil Pemasangan *Fuel Decontamination Module (FDM500)*

Selain melakukan pengukuran tingkat kebersihan bahan bakar sendiri, sampel biodiesel juga dikirim ke Laboratorium external yang dimiliki oleh PT. Trakindo Utama (*SOS Laboratory*), selaku agen tunggal dari mesin Caterpillar. Sampel yang diuji adalah hasil setelah pemasangan alat FDM500. Hasilnya seperti yang terlampir dibawah, bahwa karasteristik fisika biodiesel berhasil dipertahankan, dan tingkat kebersihan bahan bakar juga tercapai. Dari hasil ini penulis memutuskan bahwa, dari segi karasteristik fisika dan Feul Cleanliness,

biodiesel B20 ini dapat digunakan sebagai bahan bakar pada instalasi *Emergency Diesel Generator* (Caterpillar 3516) tersebut.

Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Sampel *Fuel Cleanliness*

PAMAS	SAMPLE POINT SUDAH INSTALL MODUL		TANK #10 SEBELUM INSTALL MODUL
	BEFORE FILTER	AFTER FILTER	
I	20/18/15	19/17/11	24/20/16
II	20/18/14	18/17/10	24/20/16
III	20/17/14	16/15/10	24/20/14
IV	20/17/13	16/14/10	24/20/14

UKURAN	STANDARD
4 MIKRON	18
6 MIKRON	16
14 MIKRON	13

Tabel 4. 4 Hasil uji sampel biodiesel dari Lab. SOS Trakindo

Parameter	Units	Method	Result	Min	Max
Sulphur content on fuel	%WW	ASTM D5185	0.20	-	0.25
Ash Content	%WW	ASTM D482	<0.001	-	0.010
Carbon Residue	%WW	ASTM D4530	<0.01	-	0.10
Density @ 15 C	Kg/m ³	ASTM D1298	853	815	870
Kinematic Viscosity @ 40 C	mm ² /S	ASTM D445	3.56	2.00	4.50
Flash Point PMcc	deg C	ASTM D93	82	52	-
Water Content	mg/Kg=ppm	ASTM D1744	411	-	500
API Gravity @ 60 F	INDEX	ASTM D1298	34.2	31.0	42.0
Particle Count @ 4 micron	Count/ml	ASTM D7596	1805	-	2500
Particle Count @ 6 micron	Count/ml	ASTM D7596	623	-	640
Particle Count @ 14 micron	Count/ml	ASTM D7596	46	-	80
Fuel Cleanliness	ISO 4406	ASTM D7596	18/16/13	-	18/16/13

Data dan Tabel 4.4 diatas adalah hasil dari sampel yang diambil setelah pemasangan modul, dan dites di laboratorium, untuk menjadi data pembanding. Dari dari sampel tersebut menunjukkan bahwa tingkat kebersihan bahan bakar sangat meningkat, jauh dari sebelum modul ini dipasang.

Dari hasil pengetesan kandungan air, juga didapat hasil yang sangat memuaskan, yaitu tidak terdapatnya kandungan air didalam sistim bahan bakar, seperti pada gambar terlampir.



Gambar 4. 9 Hasil pengecekan kandungan air

4.2.3 Hasil Uji Performa Mesin

Kualitas biodiesel yang diterima oleh mesin akan menentukan kinerja mesin diesel yang menggunakan bahan bakar biodiesel tersebut. Untuk itu, pihak *maintenance department* melakukan tes performa pada mesin-mesin *Emergency Diesel Generator* tersebut. Tes performa mesin biasanya dilakukan secara periodical, atau jika ada salah satu mesin mengalami masalah, atau telah melalui tahap perawatan atau perbaikan. Tes ini untuk mengetahui kemampuan mesin untuk beroperasi secara normal jika diberi beban sesuai *rate*-nya. Hasil tes dibawah ini adalah mesin dengan nomor GE6012, yang kebetulan baru saja melalui perbaikan *Top Over Haul*.

Tabel 4. 5 Hasil Uji Performa Mesin

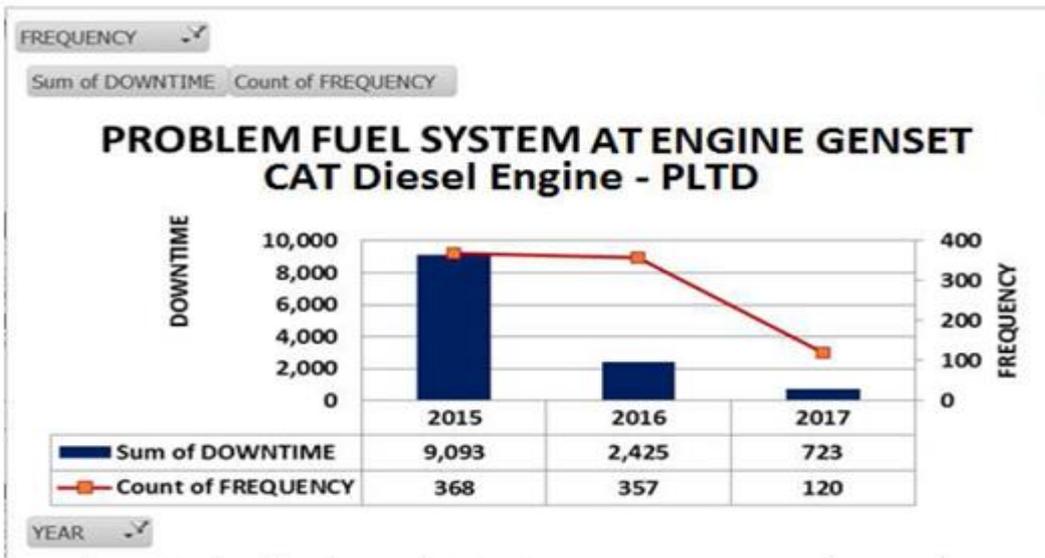
		INSTRUKSI KERJA PENGOPERASIAN GENSET		Engine no. GE6012
Engine Performance Specification		Genset		3500 Series
No.	Description	Temperature	Pressure	
1	Engine Jacket Water	89 °C		
2	Inlet Air	Max 104 °C		
3	Exhaust	495 °C		

4	Engine Oil	88 °C	55 PSI
5	Oil Filter Differential		
6	Fuel		37 PSI
7	Air Cleaner Differential		544 mm H2O
8	Fuel Filter Differential		
9	Battery	24,7 VDC	

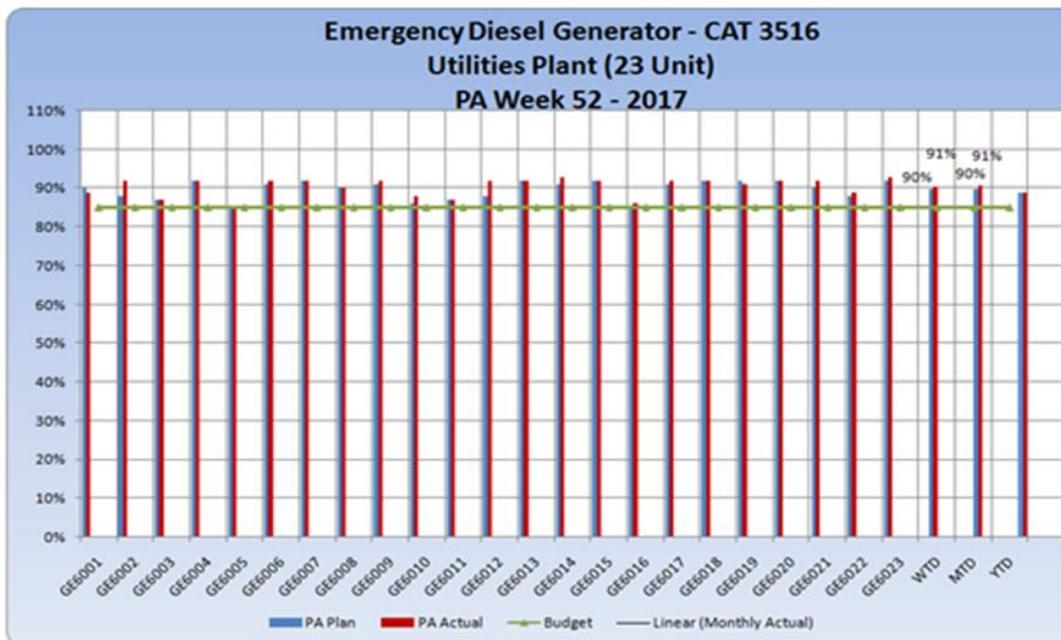
Dari hasil tes performa mesin menunjukkan bahwa semua parameter yang diukur sesuai spesifikasi operasi mesin CAT 3516, yang berarti bahwa mesin GE6012 siap beroperasi dengan normal. Hasil ini juga menunjukkan bahwa biodiesel B15 bisa dipakai untuk operasional *Emergency Diesel Engine*

4.2.4 Mengukur Tingkat Kemajuan Solusi

Dari *Commissioning and test result* didapatkan hasil yang sangat signifikan, bahwa dengan pemasangan Ultepleat High Flow Filter dan *Circulating dan Filtering Module* yang bekerja dengan baik, maka problem sistim bahan bakar dengan penggunaan biodiesel yang selama ini sering terjadi, dapat diatasi. Hal ini ditandai dengan naiknya *performance* mesin dan berkurangnya laporan kerusakan karena *fuel system problem*.



Gambar 4. 10 Data penurunan *Downtime* akibat *Fuel System Problem*
(Sumber : Utilities Department, Maintenance Report)



Gambar 4. 11 Data hasil persentase *physical availability* akhir tahun 2017
(Sumber: MEM WEEKLY REPORT)

Tabel 4. 6 Laporan PA-MTBF untuk *Emergency Diesel* Fenerotor 2017
(Sumber : PA-MTBF Yearli Report MEM Department)

PA-MTBF SUMMARY REPORT - EMERGENCY DIESEL GENERATOR 2017													
PA PLAN ACTUAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Auxiliary Diesel Engine	31-Dec	07-Jan	14-Jan	21-Jan	28-Jan	04-Feb	11-Feb	18-Feb	25-Feb	04-Mar	11-Mar	18-Mar	25-Mar
EDG 3516 Plan	89%	91%	89%	95%	86%	86%	89%	92%	88%	97%	89%	87%	92%
EDG 3516 Actual	92%	89%	91%	97%	91%	81%	86%	84%	93%	74%	74%	95%	88%
Target	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Auxiliary Diesel Engine	01-Apr	08-Apr	15-Apr	22-Apr	29-Apr	06-Mei	13-Mei	20-Mei	27-Mei	03-Jun	10-Jun	17-Jun	24-Jun
EDG 3516 Plan	89%	90%	90%	93%	93%	94%	88%	88%	88%	88%	86%	98%	92%
EDG 3516 Actual	94%	95%	97%	93%	84%	85%	85%	91%	93%	77%	77%	92%	82%
Target	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Auxiliary Diesel Engine	01-Jul	08-Jul	15-Jul	22-Jul	29-Jul	05-Agust	12-Agust	19-Agust	26-Agust	02-Sep	09-Sep	16-Sep	23-Sep
EDG 3516 Plan	94%	90%	87%	87%	80%	87%	87%	88%	88%	86%	88%	88%	90%
EDG 3516 Actual	90%	87%	90%	94%	75%	78%	93%	93%	88%	86%	93%	92%	97%
Target	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Auxiliary Diesel Engine	30-Sep	07-Oct	14-Oct	21-Oct	28-Oct	04-Nop	11-Nop	18-Nop	25-Nop	02-Des	09-Des	16-Des	23-Des
EDG 3516 Plan	90%	89%	88%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%	86%	86%	89%
EDG 3516 Actual	84%	98%	92%	88%	69%	87%	92%	86%	91%	87%	79%	90%	91%
Target	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%

Dari laporan data *maintenance* di atas ini memberikan hasil yang sangat memuaskan, dimana rata-rata operasional mesin diatas target *Phisycal Availibility* tahunan yaitu mencapai 88%, solusi yang diambil dianggap berhasil menurunkan angka down time pada *Emergency Diesel Generator*, sehingga dapat tercapai sesuai *KPI maintenance*, yaitu *Phisycal Availibility* diatas 85% tahun 2017.

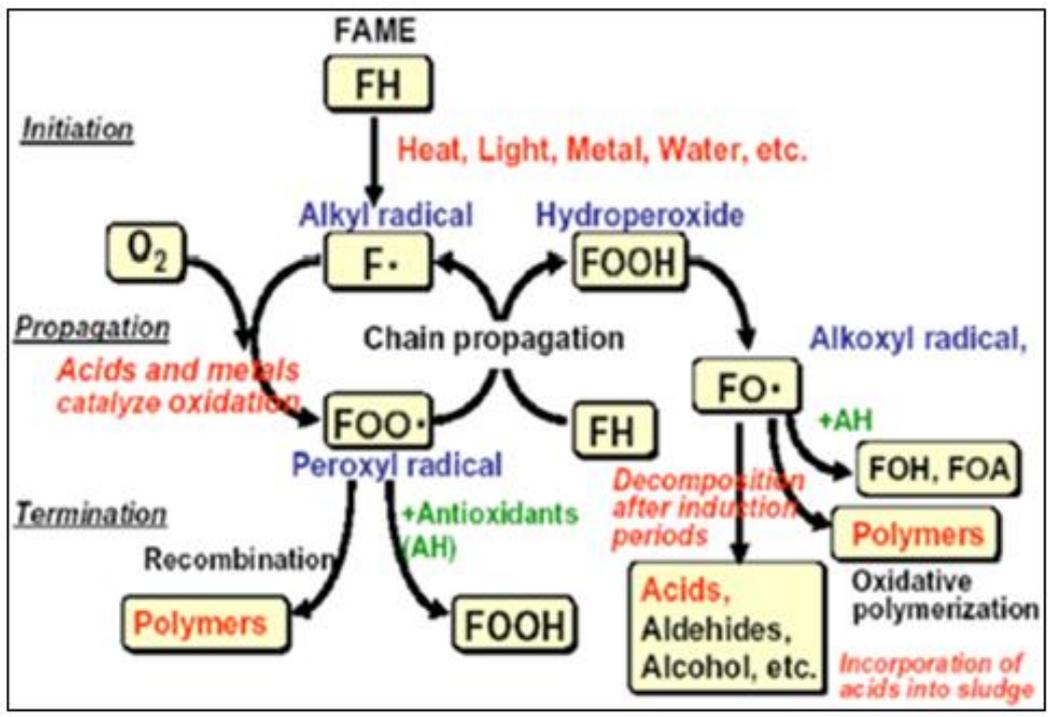
4.3 Kesimpulan

Biodiesel berbasis kelapa sawit memiliki keunggulan dibandingkan bahan baku lainnya, karena mengandung sedikit senyawa poli-unsaturasi (asam lemak jenuh ikatan rangkap < 10%), dibandingkan sumber minyak di daerah subtropis lainnya, dan memiliki karakteristik: kestabilan relatif tinggi (stabilitas oksidasi > 12 jam), angka iodium rendah (IV < 50 gr - I₂/100 gr), dan angka setana tinggi (CN > 55). Namun, biodiesel berbasis kelapa sawit cenderung memiliki titik tuang dan titik kabut yang tinggi, hal ini yang menyebabkan kadang kala mesin sudah dihidupkan pada awal operasi. Biodiesel berbasis kelapa sawit juga mengandung anti oksidan alami yaitu betakaroten dan tokoferol (kandungan zat berwarna merah), yang diperlukan untuk penyimpanan dalam waktu yang lama.

Namun dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa tidak disarankan untuk menyimpan biodiesel lebih dari 3 bulan karena beberapa alasan, antara lain :

1. Perubahan selama penyimpanan disebabkan oleh reaksi hidrolitik dan oksidatif.
2. Reaksi hidrolitik diawali dengan tingginya kandungan asam lemak bebas, air, dan pengotor higroskopik
3. Laju degradasi oksidatif dipengaruhi oleh komposisi asam lemak bebas, paparan udara, panas matahari, dan antioksidan
4. Pada tahap awal terjadi pembentukan asam karboksilat, yang memicu kenaikan angka asam
5. Dilanjutkan dengan pembentukan hidroperoksida dan produk terpolimer, yang memicu kenaikan viskositas.

Untuk itu, beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan campuran biodiesel di *instalasi Auxiliary Diesel Engine Plant* di PT Vale Indonesia Tbk. karena waktu *standby* mesin bisa saja lebih dari 3 bulan adalah : tangki penyimpanan hendaknya dilengkapi dengan *filter* udara, N₂ blanketing, ataupun pembubuhan sejumlah anti oksidan.



Gambar 4. 12 Perubahan Karakteristik Biodiesel setelah disimpan 3 Bulan (Sumber : Yoshimura 2008)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada sistim suplai bahan bakar CAT Diesel Engine pada *Auxiliary Engine Plant, PT Vale Indonesia Tbk* diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. PT Vale Indonesia Tbk mengoperasikan 23 unit Engine Caterpillar untuk menggerakkan Generator yang masing-masing mampu membangkitkan daya 1.1 MW. Daya ini digunakan sebagai tenaga cadangan (*Emergency DieselGenerator*), yang sewaktu – waktu dapat digunakan jika pembangkit utama dari PLTA atau PLTU mengalami gangguan, perbaikan atau perawatan.
- b. Terjadi penurunan performa mesin sejak bahan bakar dialihkan dari bahan bakar berbasis fosis menjadi bahan bakar biodiesel. Ini ditandai dengan banyaknya laporan mesin tidak normal, susah dibunyikan dan *low power* yang diakibatkan oleh sistim bahan bakar yang tidak normal. Setelah dilakukan pengecekan, terdapat gumpalan gumpalan sedimen yang timbul akibat bahan bakar terlalu lama disimpan ketika mesin/genset tidak dioperasikan.
- c. Untuk mengatasi hal tersebut diatas, maka dipasang filter UHF (Ultipleat high Flow) 20 μ dan 10 μ dan dibuat sistim *circulating dan filtering*, dimana jika mesin/genset tidak dioperasikan selama 3 hari berturut-turut maka bahan bakar secara otomatis akan disirkulasi dan disaring melalui alat yang dinamakan “Fuel Decontamination Modul 500 LPM”, dimana jika dibandingkan dengan sebelum dan setelah alat ini dipasang, didapati bahwa ada perbedaan signifikan, baik secara data maupun secara prakteknya, menunjukkan bahwa performa mesin dapat kembali ke keadaan yang diharapkan.

5.2 Saran

1. Lakukan *Pre-heat* pada mesin secara berkala sekali seminggu
2. Periksa Dokumen, apakah CoA dan CoQ sesuai dengan spesifikasi biodiesel yang dipesan
3. Lakukan penurasan/*drain* apabila terdapat kandungan air

4. Pemeriksaan *Free Water* dan butiran/ droplet air dengan menggunakan pasta air setiap hari
5. Ambil sampel produk dan periksa secara berkala : harian, bulanan, tiga bulanan
6. Tangki penyimpanan bahan bakar diupayakan terisi penuh untuk memperkecil terjadinya kontaminasi air akibat pengembunan.
7. Periksa dan ganti *Filter* UHF dan FDM 500 secara berkala
8. Pastikan saluran distribusi (pipa) yang digunakan bersih dari kotoran dan air, gunakan *brushing* dan *pigging*.

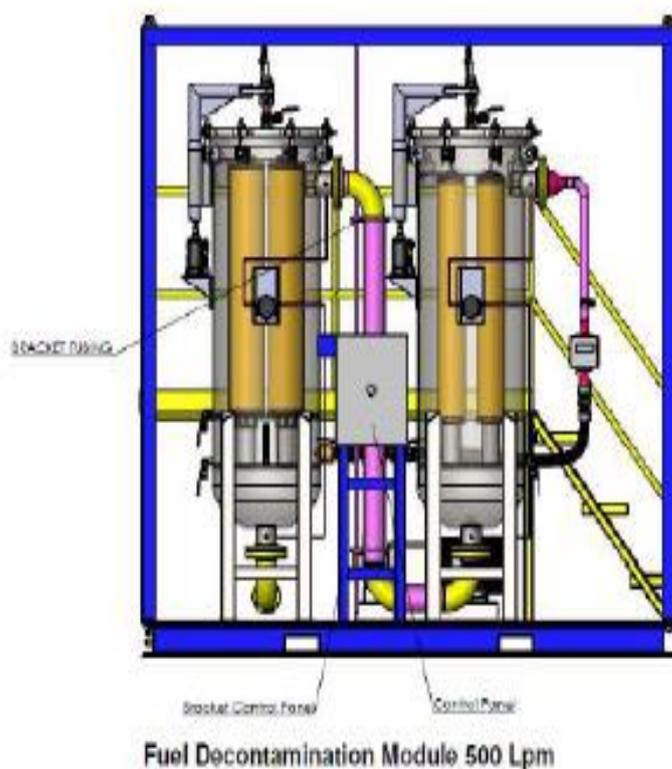
DAFTAR PUSTAKA

- Abi-Akar, H. (2008). Biodiesel Validation in Caterpillar Engine. *National Biodiesel Conference and Expo*.
- Aydogan, H., Brunner, H., & Hirz, M. (2014). The Use and Future of Biofuels. *International Journal of Social Sciences*.
- Bernardo, A., Howard-Hildige, R., & O'Connell, A. (2003). Camelina oil as a fuel for diesel transport engines. *Industrial Crops and Products*, 191 – 197.
- Bouaid, A., Diaz, Y., & Martinez, M. (2005). Pilot plant studies of biodiesel production using Brassica Carinata as raw material. *Catalysis Today*.
- Bozbas, K. (2005). Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 1 – 12.
- Christensen, & McCormick, R. (2014). Long-term Storage Stability of Biodiesel and Biodiesel Blends. *Fuel Processing Technology*.
- Conceição, M., Candeia, R., & Dantas, H. (2005). Rheological Behavior of Castor Oil Biodiesel. *Energy & Fuels*, 2185 – 2188.
- devita, L. (2015). Biodiesel sebagai Bioenergi Alternatif dan Prospektif. *Agrica Ekstensia*.
- Environment Canada*. (2006). Retrieved from A critical review of biodiesel as transportation fuel in Canada: <http://www.ec.gc.ca/transport/publications/biodiesel/biodiesel4.htm>
- Inc, C. (2006). *SEBU6251 CAT commercial diesel engine recommendation page 14*. Retrieved from https://sis.cat.com/sisweb/sisweb/techdoc/techdoc_print_page.jsp?return_url=/sisweb/sis.
- Kent Hoekman, S., Broch, A., & Robbins, C. (2012). Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Knothe, G. (2005). Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, 1059 – 1070.
- Leung, D., Koo, B., & Guo, Y. (2006). Degradation of biodiesel under different storage conditions. *Bioresource Technology*, 250 – 256.
- Naidu, T. (2016). Review Of Biodiesel On Engine Performance and Emissions. *Mechanical System Design, Faculty of Mechanical Engineering*.

- Ramadhas, A., Mulareedharan, C., & Jayaraj, S. (2005). Performance and emission evaluation of e diesel engine fueled with methyls esters of rubber seed oil. *Renewable Energy*, 1789 – 1800.
- Technical Training Hand Out. (2003). *Heavy Equipment Maintenance Management*. Cileungsi: PT Traikindo Utama Training Handbook.
- Technical Training Hand Out. (2008). *Basic Engine Training*. Sorowako: PTVI MEM Training Handbook.
- Wirawan, S. S. (2008). Biodiesel Untuk Industri: Penanganan dan Penyimpan. *Sosialisasi Biodiesel Pertamina*.
- Zullaikah, S., Lai, C., & Vali, S. (2005). A two-step acid-catalyzed for the production of biodiesel from rice bran oil. *Bioresource Technology*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN I



Length	: 3000 mm
Width	: 1370 mm
Height	: 2891 mm
Gross Weight	: 1,9 Ton
Preliminary filtration	: RVMF-3 with Filter Element (DFO-644PLF6)
Final filtration	: RVFS-3 with Coalescer (HOCP-44810) and Water Separator (HSP-44410)
Max Flow rate	: 500 LPM
Suction and delivery hose	: 2 inch ID
Flange connection	: ANSI Flange 2" #150 RF
Packaging	: Rigid and light frame

Data Teknis dari Fuel Decontamination Module

LAMPIRAN III

Particle Counter



Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Nama lengkap penulis adalah **ASGAR R. ALIE**, lahir di Malili, Kab. Luwu Timur, Prov. Sulawesi Selatan, pada tanggal 23 Maret 1972, dari ayah bernama Ramli Sinusi dan ibu bernama Nabira. Penulis merupakan anak pertama dari 8 orang bersaudara. Pada tahun 1985 penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri No. 267 Malili. Pada tahun 1988 menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri No. 350 Malili, dan pada tahun 1991 menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di STM Negeri/SMK 2 Palopo.

Penulis melanjutkan pendidikan dan lulus pada tahun 1994 di ATS-ISTC (Akademi Teknik Soroako-INCO SUMITOMO memorial Technical training Center), sebuah lembaga pendidikan swasta yang didirikan oleh salah satu perusahaan tambang nikel terbesar di Indonesia, bahkan dunia, yaitu PT. INCO Indonesia, bekerja sama dengan salah satu pemegang sahamnya dari Jepang, yaitu Sumitomo Metal Mining. Ditengah kesibukan bekerja, penulis kemudian menyelesaikan jenjang pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Satria, Makassar, pada tahun 2012. Dan pada tahun 2016 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Pascasarjana di departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh nopember, Surabaya.

Penulis saat ini aktif sebagai salah seorang staff di PT. Vale Indonesia Tbk., Departemen MEM (*Mobile Equipment Maintenance*), dan posisi saat ini adalah *Supervisor Port Equipment Maintenance*. Sebelumnya, penulis juga pernah aktif sebagai staff pekerja di PT. Trakindo Utama. Selain PT. Vale Indonesia di Soroako, penulis juga pernah bertugas di beberapa tambang besar lain, seperti PT. Freeport Indonesia di Tembagapura, Papua dan PT KPC di Sangata, Kaltim.

Konsentrasi tugas akhir yang didalami adalah Rekayasa Energi Terbarukan. Pada bulan Januari 2019 penulis telah menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul *Improve Reliability of Auxiliary Engine Plant from the Oxidation Stability Effects at PT Vale Indonesia Tbk.*

Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, serta memberikan kritik dan saran maka pembaca dapat menghubungi penulis melalui email asgaralie18@gmail.com.