



TUGAS AKHIR - ME184834

ANALISIS PENGGUNAAN GEL SILIKA PADA MODEL TANGKI BAHAN BAKAR UNTUK MENGURANGI DEGRADASI BIODIESEL KELAPA SAWIT DENGAN VARIASI KADAR CAMPURAN

MUHAMMAD FAIZUR RIJAL AZHAD
NRP. 0421154000046

Dosen Pembimbing:

Ir. Aguk Zuhdi M.Fathallah., M.Eng., Ph.D
Nur Hidayatul Alami., S.Si., M.Si

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TUGAS AKHIR - ME184834

**ANALISIS PENGGUNAAN GEL SILIKA PADA MODEL TANGKI
BAHAN BAKAR UNTUK MENGURANGI DEGRADASI BIODIESEL
KELAPA SAWIT DENGAN VARIASI KADAR CAMPURAN**

Muhammad Faizur Rijal Azhad

NRP : 0421154000046

Dosen Pembimbing 1 :

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

Dosen Pembimbing 2 :

Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



BACHELOR THESIS - ME184834

**SILICA GEL APPLICATION AT FUEL TANK MODEL ANALYSIS
TO REDUCE PALM OIL BIODIESEL DEGRADATION WITH
MIXED CONTENT VARIABLE**

Muhammad Faizur Rijal Azhad
NRP : 0421154000046

Supervisor 1 :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

Supervisor 2 :
Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGGUNAAN GEL SILIKA PADA MODEL TANGKI BAHAN BAKAR UNTUK MENGURANGI DEGRADASI BIODIESEL KELAPA SAWIT DENGAN VARIASI KADAR CAMPURAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP) Program Studi S-1

Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Faizur Rijal Azhad

NRP. 0421154000046

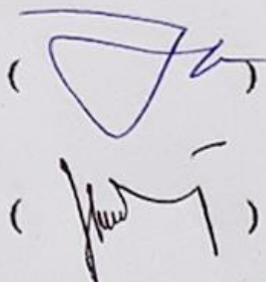
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D

NIP : 1956 0519 1986 10 1001

Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si

NIP : 1985 0501 2012 12 2001



LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGGUNAAN GEL SILIKA PADA MODEL TANGKI BAHAN BAKAR UNTUK MENGURANGI DEGRADASI BIODIESEL KELAPA SAWIT DENGAN VARIASI KADAR CAMPURAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP) Program Studi S-1
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Faizur Rijal Azhad
NRP. 0421154000046

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Analisis Penggunaan Gel Silika pada Model Tangki Bahan Bakar untuk Mengurangi Degradasi Biodiesel Kelapa Sawit dengan Variasi Kadar Campuran

Nama Mahasiswa : Muhammad Faizur Rijal Azhad
NRP : 0421154000046
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D
Dosen Pembimbing 2 : Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si

Bahan bakar biodiesel sangat rentan dengan terjadinya degradasi seiring lamanya penyimpanan. Degradasi pada bahan bakar biodiesel dapat merusak kualitas sifat-sifat atau properties bahan bakar, dan performa mesin. Degradasi ini dapat terjadi melalui empat mekanisme, yaitu hidrolisis, Oksidasi, penguraian thermal, dan kontaminasi bakteri. Sifat higroskopis biodiesel dapat memicu reaksi hidrolisis sehingga membentuk asam-asam lemak bebas yang dapat menyebabkan korosi. Keberadaan kandungan air juga memicu pertumbuhan bakteri pada biodiesel yang dapat membentuk endapan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perlakuan desikan gel silika pada tangki bahan bakar dan memberi variabel untuk kadar biodiesel. Parameter laju degradasi adalah Bilangan Asam (total acid number) dan parameter pertumbuhan bakteri adalah jumlah koloni bakteri. Penelitian akan dilakukan dengan percobaan menggunakan model tangki selama 6 minggu dengan 6 pengkondisian. Penggunaan gel silika pada tangki bahan bakar dapat mengurangi laju degradasi dengan parameter perubahan bilangan asam biodiesel sebesar 32.2% pada B30, 25.4% pada B50, namun terjadi peningkatan laju degradasi pada B40 sebesar 30.8%. Terjadi penurunan perbedaan koloni bakteri sebesar 96.6% pada B30, 39.4% pada B40, namun tidak terjadi perubahan pada B50. Dari olahan data pengujian, performa gel silika dalam mengurangi laju degradasi tidak berhubungan dengan kadar campuran biodiesel.

Kata Kunci : Bakteri, Bilangan asam, Biodiesel, Gel Silika, Laju Degradasi

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Silica Gel Application at Fuel Tank Model Analysis to Reduce Palm Oil Biodiesel Degradation with Mixed Content Variable

Nama of Student : Muhammad Faizur Rijal Azhad
NRP : 0421154000046
Department : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Supervisor 1 : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D
Supervisor 2 : Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si

Biodiesel fuel is susceptible to degradation along with storing time. Degradation on biodiesel fuel can damage its properties and engine performance. This degradation can occur through four phases, that is hydrolysis, oxidation, thermal decomposition, and bacterial contamination. Hygroscopic properties of biodiesel can cause hydrolysis reactions to form free fatty acids which can cause corrosion to engine. Water content also promote bacterial growth on biodiesel which can form deposits. This research aims to analyze the usage of silica gel desiccant in fuel tank with biodiesel content variables. The degradation rate parameter is total acid number and the bacterial growth parameter is the number of bacterial colonies. The research will be carried out by experiments using tank model for 6 weeks with 6 tank conditioning. Silica Gel application in fuel tank can reduce degradation rate of biodiesel by 32.2% on B30, 25.4% on B50, but an increase in degradation rate at B40 by 30.8%. There was decrease in bacterial colony difference on B30 by 96.6%, and on B40 by 39.4%, but there was no change at B50. According calculated test results, the performance of silica gel in decreasing degradation rate is not related to biodiesel mixture levels.

Keywords : Bacteria, Biodiesel, Degradation rate, Silica Gel, Total Acid Number

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Kata Pengantar

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT berkat limpahan rahmat, hidayah dan bimbingan-Nya sehingga skripsi dengan judul “Analisis Penggunaan Gel Silika pada Model Tangki Bahan Bakar untuk Mengurangi Degradasi Biodiesel Kelapa Sawit dengan Variasi Kadar Campuran“ dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Peneliti menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu Peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Drs. M. Naely Azhad M.Si. dan Ibu Rodhiyah S.Pd. sebagai orang tua Peneliti yang tiada hentinya mendukung Peneliti serta memberikan doa, masukan, serta dukungan baik secara moral maupun material kepada Peneliti.
2. Bapak Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D. serta Ibu Nur Hidayatul Alami ,S.Si, M.Si. sebagai dosen pembimbing yang selalu mengarahkan dan memberi masukan Peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Ir. Irfan Syarief Arief, ST., MT., selaku dosen wali yang selalu memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan perkuliahan ini,
5. Kawan seperjuangan dan seangkatan Salvage'15 yang selalu mendukung mencetak pola pikir terdepan hingga Peneliti mampu menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar.
6. Para penghuni Kontrakan Jahat, yang selalu menemani dan memotivasi Peneliti.
7. Serta semua pihak yang tidak bisa Peneliti sebutkan satu per satu.

Peneliti menyadari pula bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu perlunya saran dan masukan demi membangun kebaikan dan kemajuan skripsi ini. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Surabaya, Januari 2020
Peneliti

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

	Halaman
Abstrak.....	i
Abstract.....	iii
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Tabel.....	xi
Bab I. Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
Bab II. Tinjauan Pustaka.....	5
Bab III. Metode Penelitian.....	13
3.1 Umum.....	13
3.2 Latar Penelitian.....	13
3.3 Diagram Alur.....	14
3.4 Hipotesis Penelitian.....	26
3.5 Metode Pembuktian Hipotesis.....	27
Bab IV. Hasil dan Pembahasan.....	29
4.1 Pra-Eksperimen.....	29
4.2 Hasil Uji Karakteristik Biodiesel.....	43
4.3 Hasil Uji Eksperimen.....	43
4.4 Analisis Data Eksperimen.....	55
4.5 Pembuktian Statistika.....	61
4.6 Pembuktian Hipotesis.....	63
Bab V. Penutup.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
Daftar Putaka.....	67
Lampiran.....	69
Lampiran 1. Uji Karakteristik Awal B100.....	69
Lampiran 2. Uji Bilangan Asam / TAN (Total Acid Number).....	72
Lampiran 3. Uji Jumlah Koloni Bakteri TPC Metode Pour Plate.....	74
Lampiran 4. Dokumentasi Data Kelembaban Kondisi Eksperimen.....	82
Lampiran 5. Dokumentasi Data Proses Pengeringan.....	89
Lampiran 6. Dokumentasi Seputar Penelitian.....	92
Biodata Peneliti.....	95

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Dampak Penggunaan Biodiesel pada Perubahan Emisi Mesin Darat Heavy Duty	5
Gambar 2.2. Peningkatan Bilangan Asam pada Penyimpanan Biodiesel.....	7
Gambar 2.3. Dampak penggunaan B20 dari Jarak pada Injektor Terhadap Jam Kerja	8
Gambar 2.4. Gambar Mikro Deposit Injektor pada Penggunaan Bahan Bakar Diesel Murni (a) dan B20 dari Jarak (b).....	9
Gambar 2.5. Penyumbatan Endapan Biodiesel yang Terjadi pada Purifier Unit Kapal.....	10
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian.....	13
Gambar 3.2. Desain Model Tangki.....	15
Gambar 3.3. Penimbangan KOH (kiri) dan Penakaran Methanol (kanan).....	17
Gambar 3.4. Proses Transesterifikasi.....	17
Gambar 3.5. Proses <i>Bubble wash</i> Dengan Menggunakan Aerator.....	18
Gambar 3.6. Proses Pengeringan.....	19
Gambar 3.7. Sampel Biodiesel.....	20
Gambar 3.8. Nutrient Agar yang Telah Jadi.....	22
Gambar 3.9. Biodiesel yang Telah Melalui Pengenceran.....	23
Gambar 3.10. Cawan Petri yang Telah Diisi Sampel.....	24
Gambar 3.11. Cawan Petri Diatas Colony Counter untuk Diamati.....	25
Gambar 4.1. Desain Awal Model Tangki.....	30
Gambar 4.2. Desain (kiri) dan Tangki pada Pra-Eksperimen I (kanan).....	30
Gambar 4.3. Kondisi gel silika pra-eksperimen I pada awal (kiri) dan setelah 6 hari percobaan (kanan).....	32
Gambar 4.4. Desain (kiri) dan tangki pada pra-eksperimen II (kanan).....	33
Gambar 4.5. Kondisi Gel Silika Pada menit ke 10, 16, dan 79.....	34
Gambar 4.6. Desain (kiri) dan tangki pada pra-eksperimen III (kanan).....	35
Gambar 4.7. Kondisi Gel Silika pada Menit ke 3, 13, dan 43.....	37
Gambar 4.8. Desain (atas), tangki pada pra-eksperimen IV (kiri) dan elemen pemanas (kanan).....	38
Gambar 4.9. Kondisi Gel Silika Pada menit ke 10, 20, 60, dan 120.....	40
Gambar 4.10. Grafik Perubahan Beda Kelembaban.....	41

Gambar 4.11. Desain Model Tangki yang Digunakan pada Eksperimen.....	42
Gambar 4.12. Grafik Kelembaban B30.....	49
Gambar 4.13. Grafik Kelembaban B40.....	49
Gambar 4.14. Grafik Kelembaban B50.....	49
Gambar 4.15. Grafik Perbedaan kelembaban relatif.....	51
Gambar 4.16. Contoh Penempatan Sensor.....	52
Gambar 4.17. Perubahan Gel Silika pada Pengeringan saat Eksperimen.....	54
Gambar 4.18. Grafik Persentase Perubahan Bilangan Asam.....	56
Gambar 4.19. Grafik Perubahan Jumlah Koloni Bakteri.....	60
Gambar 4.20. Diagram Whisker Data Bilangan Asam.....	61
Gambar 4.21. Diagram Whisker Data Jumlah Koloni Bakteri.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbedaan Karakteristik Antara B100 dan B0 (Petro-Diesel).....	5
Tabel 4.1. Pengambilan Data Pra-Eksperimen I.....	31
Tabel 4.2. Pengambilan Data Pra-Eksperimen II.....	33
Tabel 4.3. Pengambilan Data Pra-Eksperimen III.....	36
Tabel 4.4. Pengambilan Data Pra-Eksperimen IV.....	39
Tabel 4.5. Hasil Uji Karakteristik Biodiesel.....	43
Tabel 4.6. Data Uji Bilangan Asam Campuran Biodiesel.....	44
Tabel 4.7. Data Uji TPC Awal pada Setiap Pengenceran.....	45
Tabel 4.8. Data Uji TPC Minggu Ke-3 pada Setiap Pengenceran.....	46
Tabel 4.9. Data Uji TPC Minggu Ke-6 pada Setiap Pengenceran.....	47
Tabel 4.10. Data Kelembaban Relatif dan Temperatur Eksperimen.....	48
Tabel 4.11. Data Perbedaan Kelembaban Relatif.....	50
Tabel 4.12. Data Pengeringan Tangki uji A.....	52
Tabel 4.13. Data Pengeringan Tangki uji B.....	53
Tabel 4.14. Data Pengeringan Tangki uji C.....	53
Tabel 4.15. Data Perbedaan kelembaban relatif.....	53
Tabel 4.16. Data Perubahan Bilangan Asam dan Performa Gel Silika.....	56
Tabel 4.17. Data Uji Jumlah Koloni Bakteri pada Biodiesel.....	58
Tabel 4.18. Data Perbedaan dan Perbandingan Jumlah Koloni Bakteri.....	59
Tabel 4.19. Data Statistika Bilangan Asam.....	61
Tabel 4.20. Data Statistika Jumlah Koloni Bakteri.....	62
Tabel 4.21. Pembuktian Hipotesis.....	63

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biodiesel kelapa sawit telah diterapkan di Indonesia mulai dari campuran 7.5% (B7.5) yang dikhususkan untuk *public service obligation* (PSO), dilanjutkan dengan campuran biodiesel 10% (B10) pada tahun 2013. Selanjutnya, mulai 1 September 2018 kemarin pemerintah meberlakukan kebijakan B20 yang diperuntukkan baik untuk PSO maupun non-PSO. Kebijakan ini dirancang untuk mengurangi ketergantungan impor bahan bakar yang menyebabkan defisit neraca perdagangan dan ketergantungan energi fosil (Widyastuti, 2019). Terlebih lagi dari pernyataan Presiden Republik Indonesia, Bapak Ir. Joko Widodo menginginkan bahwa pada tahun 2020 sudah beralih ke B30, dan selanjutnya pada akhir tahun beralih lagi ke B50 (Kusuma, 2019).

Kebijakan campuran minyak sawit dengan persentase yang semakin tinggi ini menimbulkan polemik dalam publik dengan mempertimbangkan kerugian dari penerapan biodiesel. Kendala yang di hadapi antara lain turunnya nilai energi bahan bakar, peningkatan frekuensi pergantian filter bahan bakar, turunnya umur komponen berbahan dasar karet seperti seal, adanya kendala garansi dan asuransi mesin, dan masalah degradasi. Permasalahan - permasalahan ini disampaikan oleh pihak Asosiasi Jasa Pertambangan Indonesia (ASPINDO), dan Indonesian National Shipowners Association (INSA) (Anggit, 2019).

Sifat biodiesel menyangkut aspek penyimpanan yang rawan pada kapal adalah rentannya terhadap degradasi. Degradasi pada biodiesel dapat menyebabkan pembentukan endapan tidak larut, yang dapat menyumbat filter bahan bakar (Monyem, 2000), peningkatan angka penyabunan dan kadar gliserol total, serta penurunan bilangan iodine, kadar ester dan nilai kalor yang tersimpan (Silviana, 2015). Pengaruh dari sifat bahan bakar yang terdegradasi tersebut akan mempengaruhi kinerja dan kondisi mesin serta sistem-sistem bantuannya.

Degradasi pada biodiesel salah satunya terjadi akibat aktivitas bakteri pengurai minyak. Perkembangan bakteri ini dipengaruhi oleh tingkat kelembaban udara lingkungan. Penurunan udara dengan memanfaatkan desikan sangat umum dilakukan baik dalam skala industri dan individu. Desikan disini adalah zat yang dapat menyerap kelembaban dengan cara menyimpan kandungan air ke dalam kapiler atau permukaan benda. Dari beberapa desikan yang ada, Peneliti memilih gel silika karena umum dan sangat relevan untuk digunakan pada industri.

Melihat permasalahan mengenai penyimpanan biodiesel, diperlukan langkah untuk meminimalisir laju degradasi biodiesel dengan batasan khusus kondisi di tangki bahan bakar. Pada penelitian ini Peneliti mengangkat analisis penggunaan gel silika pada tangki bahan bakar untuk mengurangi degradasi biodiesel kelapa sawit dengan variasi kadar campuran.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi fokus pada penelitian adalah berikut :

1. Bagaimana efek penggunaan gel silika terhadap laju degradasi pada biodiesel?
2. Bagaimana efek penggunaan gel silika terhadap kelimpahan bakteri pada biodiesel?
3. Bagaimana perbandingan performa penerapan gel silika pada setiap variabel kadar biodiesel?

1.3 Batasan Masalah

Hal-hal yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini berfokus pada pengaruh penggunaan *silica gel* terhadap laju degradasi biodiesel dan perkembangan bakteri.
2. Parameter yang digunakan untuk mengukur laju degradasi adalah peningkatan Bilangan Asam dari biodiesel.

3. Parameter yang digunakan untuk mengukur kelimpahan bakteri adalah jumlah koloni bakteri (cfu/ml).
4. Standar pengujian Bilangan Asam biodiesel mengacu pada SNI 7431:2015.
5. Eksperimen dilakukan pada variabel campuran solar murni dengan B100 (biodiesel kelapa sawit murni) dengan komposisi 30%, 40%, dan 50%.
6. Desain, material, suhu, dan penempatan tangki tidak dibedakan pada setiap variabel penelitian.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan gel silika terhadap laju degradasi dengan parameter perubahan bilangan asam pada biodiesel.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan gel silika terhadap jumlah koloni bakteri pada biodiesel.
3. Membandingkan performa penerapan gel silika pada setiap variabel kadar biodiesel.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

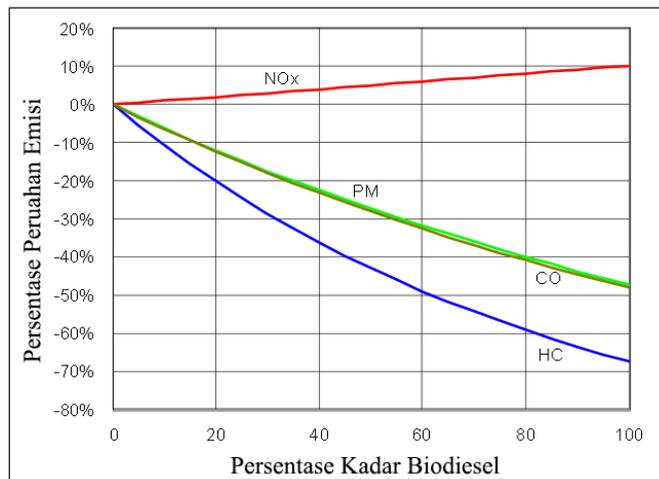
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bahan bakar nabati (biofuel) adalah bahan bakar yang berasal dari bahan nabati dan/atau dihasilkan dari bahan-bahan organik lain (Kementerian ESDM, 2008). Biofuel sendiri dibagi menjadi biodiesel, bioetanol, dan minyak nabati murni (bio oil). Menurut Kementerian ESDM tahun 2008, biodiesel adalah produk Fatty Acid Methyl Ester (FAME) atau Mono Alkyl Ester dihasilkan dari bahan baku hayati dan biomassa lainnya yang diproses secara esterifikasi. Biodiesel umumnya disintesis secara kimiawi dengan teknik transesterifikasi antara methanol dengan lemak (metanolisis) atau esterifikasi antara methanol dengan asam lemak hasil hidrolisis minyak/lemak. Secara kimia biodiesel termasuk dalam golongan mono alkil ester atau metil ester dengan panjang rantai karbon antara 12 sampai 20 (IOPRI, 2003). Jenis minyak yang digunakan untuk produksi biodiesel antara lain minyak dari bahan pangan (kemiri dan kedelai) dan minyak dari bahan non-pangan (minyak hasil limbah, minyak jarak, dan alga) (Thoai, 2017). Perbedaan karakteristik antara biodiesel dengan petro-diesel dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan Karakteristik antara B100 dan B0 (petro-diesel).
(sumber: Direktorat Energi, 2018)

Biodiesel (B100)	Solar (B0)
Terbarukan, diproduksi dari minyak nabati organik	Tidak terbarukan, diproduksi dari minyak bumi atau sumber daya fosil lain
Terdiri atas campuran ester metil asam-asam lemak jenuh dan tidak jenuh	Terdiri dari senyawa hidrokarbon dengan panjang rantai C ₁₄ -C ₁₈
Bersifat sebagai pelarut (<i>mild solvent</i>) yang sedikit polar sehingga sedikit melarutkan air	Bersifat <i>non-polar</i> , tidak larut dalam air dan tidak melarutkan air.
Kandungan sulfur sangat rendah	Kandungan sulfur tinggi
Terdapat kandungan oksigen (O ₂) dalam biodiesel	Tidak ada kandungan oksigen (O ₂) dalam senyawa
<i>Biodegradable</i>	Sangat sulit terdegradasi
Kestabilan terhadap oksidasi sedang	Kestabilan terhadap oksidasi tinggi
Berpengaruh terhadap material karet alam, dan asfalt, dipengaruhi oleh logam (katalis oksidasi)	Praktis tak berpengaruh pada karet alam dan asfalt serta tak dipengaruhi oleh logam (katalis oksidasi),
Lebih aman disimpan karena titik nyala lebih tinggi	Titik nyala rendah sehingga harus disimpan dengan baik
Berat jenis lebih berat dari B0	Berat jenis relatif lebih ringan dari B100



Gambar 2.1 Dampak Penggunaan Biodiesel pada Perubahan Emisi Mesin Darat *Heavy-Duty*

(Sumber: EPA US, 2002)

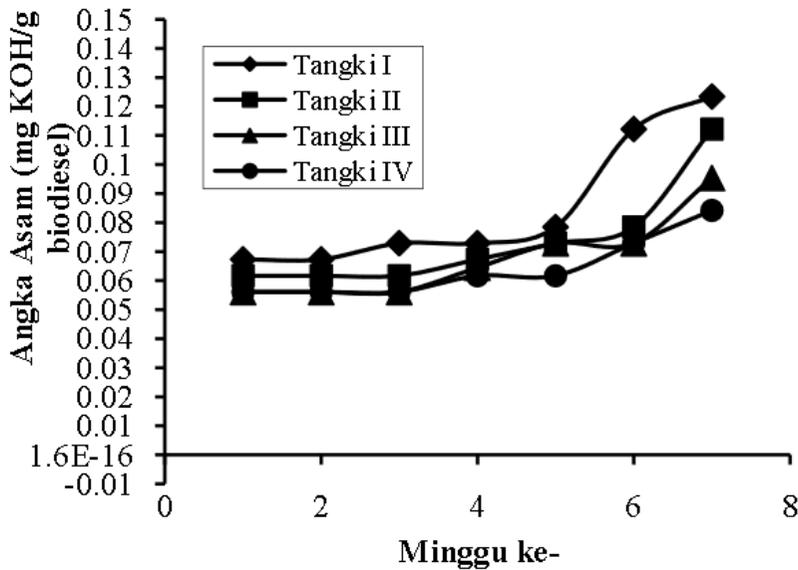
Dari Gambar 2.1, Peralihan bahan bakar dari bahan bakar diesel fosil menuju biodiesel dapat mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂), melindungi lingkungan

alam dan menjaga keseimbangan ekologi. Emisi sulfur dioksida (SO_2) dari hasil pembakaran menggunakan bahan bakar biodiesel jauh lebih rendah dari bahan bakar diesel fossil karena sulfur yang terkandung lebih rendah. Emisi HC (*unburn hydrocarbon*), total partikel dan karbon monoksida (CO) memiliki jumlah yang rendah, karena senyawa ester dalam biodiesel juga mengandung oksigen yang menghasilkan pembakaran lebih bersih. Namun terjadi peningkatan pada emisi nitrogen oksida (NO_x). Penggunaan bahan bakar biodiesel dapat lebih bekerja dengan baik jika dibantu dengan teknologi baru perangkap partikulat, resirkulasi gas buang dan seperti katalis. Biodiesel merupakan biofuel dan bahan bakar alternatif pertama yang telah memenuhi persyaratan pengujian efek kesehatan dari Clean Air Act. (Huang, 2012). Hasil Uji *properties* menunjukkan bahwa campuran biodiesel kelapa sawit dengan solar hanya dapat mencapai B30 (biodiesel 30%) untuk memenuhi standar bahan bakar tercampur. Energi yang tersimpan pada bahan bakar campuran berkurang sekitar 1.42% untuk setiap 10% penambahan biodiesel (Obed, 2016).

Bahan bakar biodiesel sangat rentan dengan terjadinya degradasi oksidasi seiring lamanya penyimpanan dibanding dengan bahan bakar diesel murni (Tang, 2008). Secara umum, biodiesel adalah senyawa organik yang berasal dari minyak nabati, dimana sifat organik ini termasuk mudah terdegradasi, berpotensi terdegradasi, dan tahan terdegradasi (Salvi, 2012). Degradasi melalui oksidasi pada bahan bakar biodiesel dapat merusak kualitas sifat-sifat atau *properties* bahan bakar, dan performa mesin (Bouaid, 2009). Degradasi pada biodiesel dapat terjadi melalui empat mekanisme: Pertama adalah *hydrolysis* dari hasil interaksi dengan air atau udara lembab; Kedua, Oksidasi dari kontak biodiesel dengan oksigen diudara bebas ; ketiga, penguraian thermal akibat panas berlebih; dan keempat kontaminasi bakteri yang dibawa oleh paparan luar seperti debu, udara, atau air (Pullen, 2012).

Konsentrasi tingkat keasaman meningkat pada biodiesel yang telah terdegradasi, hal ini disebabkan oleh putusnya rantai asam lemak metil ester menjadi asam-asam lemak (Silviana, 2015). Konsentrasi asam ini dapat di ekspresikan menjadi Bilangan Asam, yaitu bilangan yang menunjukkan berapa jumlah mg KOH yang diperlukan untuk menetralkan lemak terkandung dalam 1 mg objek diteliti. Tingginya

kadar asam pada bahan bakar berhubungan dengan korosi dan deposit, yaitu partikel yang dapat menyumbat injektor bahan bakar.



Gambar 2.2 Peningkatan Bilangan Asam pada Penyimpanan Biodiesel

(Sumber: Silviana, 2015)

Dari hasil penelitian oleh Silviana, Gambar 2.2 menunjukkan bahwa Bilangan Asam pada biodiesel meningkat berbanding lurus dengan waktu penyimpanan terlepas variabel penelitian. Hal ini menggambarkan terjadinya laju degradasi pada biodiesel.

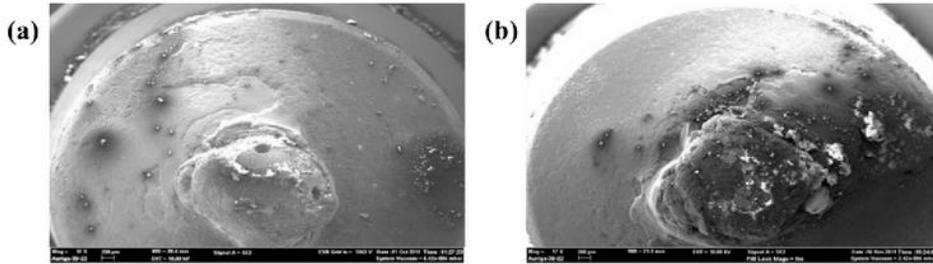
Saat biodiesel terdegradasi, hasil dari sedimentasi dapat merusak sistem bahan bakar. Salah satu potensi masalahnya adalah pembentukan *deposit* pada bagian mesin seperti injektor. Pada tingkat degradasi lanjut, biodiesel akan memiliki sifat asam yang tinggi, menyebabkan korosi pada sistem bahan bakar. Kandungan air pada biodiesel juga akan mempercepat laju korosi (Pullen, 2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi biodiesel terhadap aluminium yang tercelup pada suhu 30°C selama 40 hari yaitu sebesar 0,1217 mmy, dan terhadap tembaga sebesar 0,043 mmy. Adanya kandungan logam terlarut pada biodiesel dapat mempercepat reaksi katalitik degradasi biodiesel (Setiawan, 2017).

Degradasi biodiesel juga dapat berdampak pada *properties* bahan bakar. Perubahan susunan kimia akibat degradasi akan menghasilkan perubahan signifikan pada performa mesin dan emisi yang dihasilkan. *Properties* bahan bakar yang akan berubah adalah termasuk *flash point*, viskositas, dan *cetane number* (Pullen, 2012). Jika perubahan sifat bahan bakar signifikan, maka bahan bakar akan keluar dari standar regulasi pemerintah dan sertifikasi emisi. Sludge atau endapan yang dihasilkan bahan bakar yang terdgradasi dapat berdampak pada minyak pelumas. Perubahan sifat minyak pelumas dapat mempercepat aus nya bearing, sil, dan filter. Berikut beberapa gambar mengenai pengaruh penggunaan biodiesel Jarak 20% terhadap injektor.



Gambar 2.3 Dampak Penggunaan B20 Jarak pada Injektor Terhadap Jam Kerja

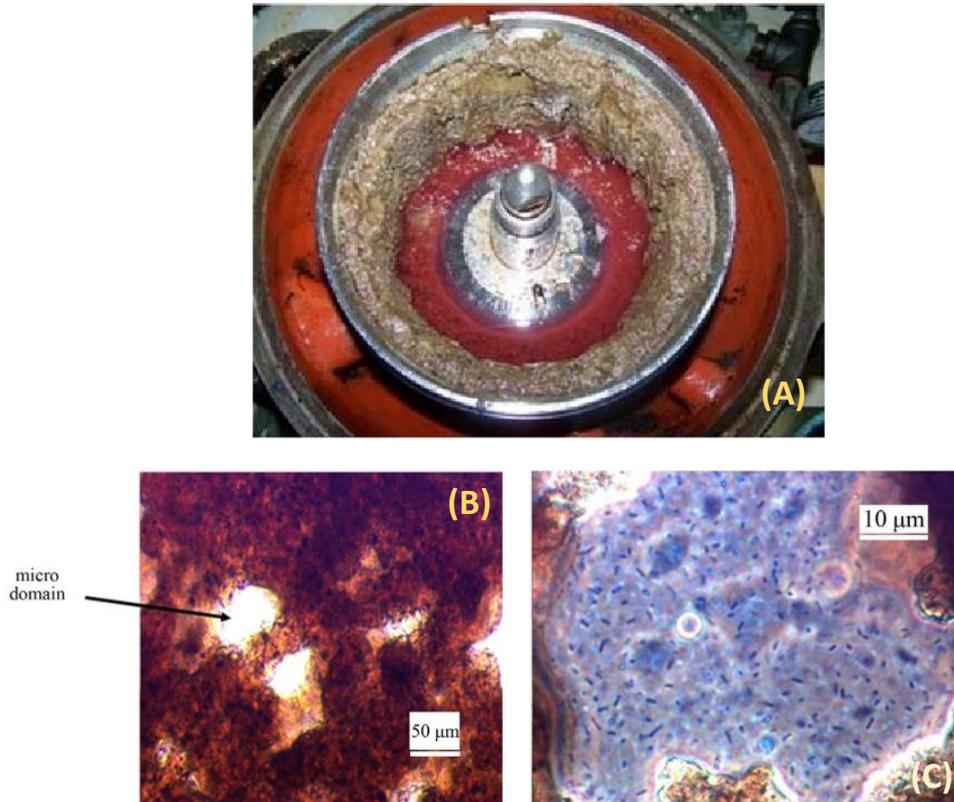
(Sumber: Aimen, 2014)



Gambar 2.4 Gambar Mikro Deposit Injektor pada Penggunaan Bahan Bakar Diesel Murni (a) dan B20 Jarak (b)

(Sumber: Aimen, 2014)

Biodiesel memiliki sifat *hygroscopic*, yaitu kemampuan untuk menyerap molekul air dari lingkungannya terutama udara bebas lembab yang masuk ke dalam tangki melalui *vent pipe*. Keberadaan kandungan air ini dapat memicu reaksi hidrolisis pada FAME sehingga membentuk asam-asam lemak bebas yang dapat menyebabkan korosi pada logam dan mendegradasi material polimer elastis (*elastomer*) seperti karet *seal*. Koil pemanas pada tangki bahan bakar dari logam, *tank coating* yang mengandung *elastomer*, serta gasket dan seal akan mengalami kerusakan dalam jangka waktu tertentu akibat keberadaan kadar asam yang cukup tinggi. Keberadaan kandungan air juga memicu pertumbuhan bakteri pada biodiesel. Aktivitas bakteri dapat membentuk endapan pada tangki, *filter*, pipa dan *purifier unit* pada sistem bahan kapal. Berikut salah satu contoh kasus *clogging* atau penyumbatan pada *purifier unit* kapal yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Penyumbatan Endapan Biodiesel yang Terjadi pada *Purifier Unit* Kapal.

(Sumber: Zhang, 2011)

Penimbunan endapan pada dinding dalam *purifier* ditunjukkan Gambar 2.5 (A) terjadi pada penggunaan B5 di Kapal Ferry selama satu tahun. Gambar 2.5 (B) menunjukkan gambar mikroskopik sampel dari endapan yang terjadi. Gambar 2.5 (C) menunjukkan aktivitas bakteri pada perbesaran gambar *micro domain* dari Gambar 2.5 (B). Bakteri mikro cenderung berkembang pada daerah yang memiliki kadar air yang tinggi contohnya pada Gambar 2.5(c) memiliki kadar H₂O sebesar 17.2. Bakteri tidak ditemukan pada campuran biodiesel, melainkan pada endapan yang dihasilkan. Hasil ini menunjukkan bahwa biodiesel dan campuran bahan bakar bukan sumber dari kontaminasi bakteri mikro. Lingkungan laut (udara dan air) maupun kelembaban udara , sangat mendukung pertumbuhan bakteri.

Selain akibat degradasi, pengendapan pada biodiesel juga disebabkan oleh tingginya temperatur penggumpalan atau kristalisasi dibanding *petro-diesel*. Pada temperatur yang lebih rendah, biodiesel akan berbentuk seperti jeli dan tidak dapat dipompa (Zhang, 2011).

Gel silika merupakan desikan yang paling umum digunakan dibanding dengan senyawa CaSO_4 , NaOH , ZnCl_2 , CaCl_2 , KOH dan BaO . Penggunaannya sering dijumpai sebagai penjaga kondisi penyimpanan dari udara lembab pada elektronik, pakaian berbahan kulit, dan bahan makanan. Gel silika adalah bahan berbentuk butiran kaca transparan, ada yang berwarna biru dan merah jambu transparan, dimana dua warna akan berfungsi sebagai indikator banyaknya air yang diserap. Gel silika dapat dipakai berulang dengan cara pengeringan. Desikan ini memiliki daya serap air kurang dibanding Kalsium Sulfat (CaSO_4), Magnesium klorat $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$, Barium Oksida (BaO) dan Phosphor pentoksida (P_2O_5), namun menguntukan dari segi fisik, dimana desikan lainnya berbentuk bubuk. Gel silika juga tidak mudah bereaksi dengan gas CO_2 yang menimbulkan kerak saat bereaksi dengan desikan KOH , NaOH dan BaO (Marlina, 2006).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

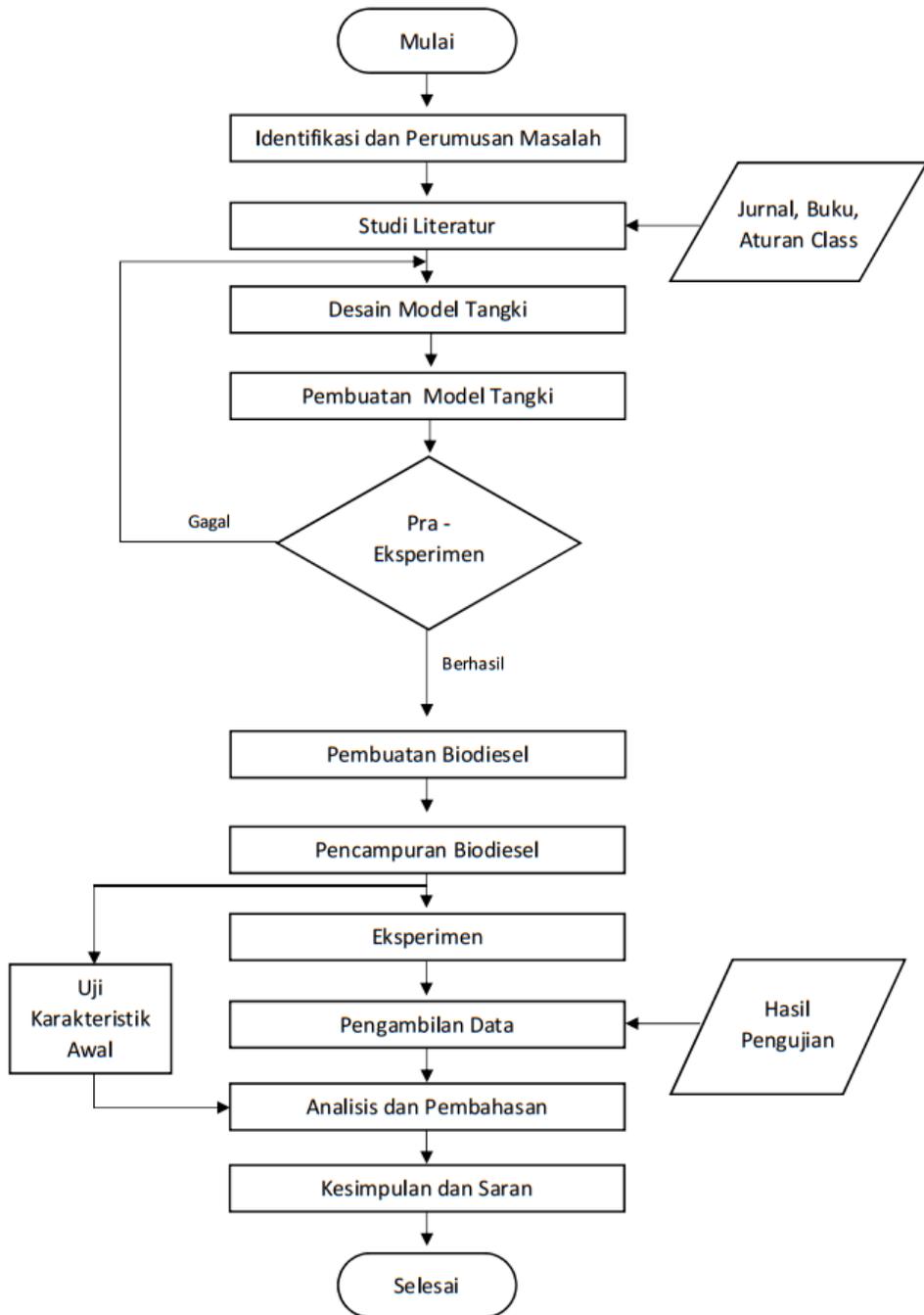
3.1. Umum

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental, dimana akan dilakukan eksperimen dengan membagi objek penelitian menjadi dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Data akan diambil dari pengamatan terhadap perubahan sifat yang dibahas. Selanjutnya data yang didapat akan diolah menjadi hasil dan kesimpulan penelitian.

3.2. Latar Penelitian

Penelitian objek dilakukan di workshop mesin teknik sistem perkapalan. Pengujian jumlah koloni bakteri sampel dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Departemen Biologi, dan pengujian bilangan asam sampel dilakukan di Laboratorium TAKI Departemen teknik Kimia. Lama waktu penelitian adalah 6 minggu dimulai dari 22 November 2019 hingga 03 Januari 2020.

3.3. Diagram alur



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Alur penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan berdasarkan Gambar 3.1. Berikut tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan :

3.3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap awal ini dilakukan penyelidikan dari suatu permasalahan yang akan dirumuskan menjadi latar belakang dari penelitian. Masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah terjadinya degradasi pada bahan bakar biodiesel untuk penyimpanan yang cukup lama, dimana akan menjadi rentan bagi kapal laut jika menerapkan biodiesel.

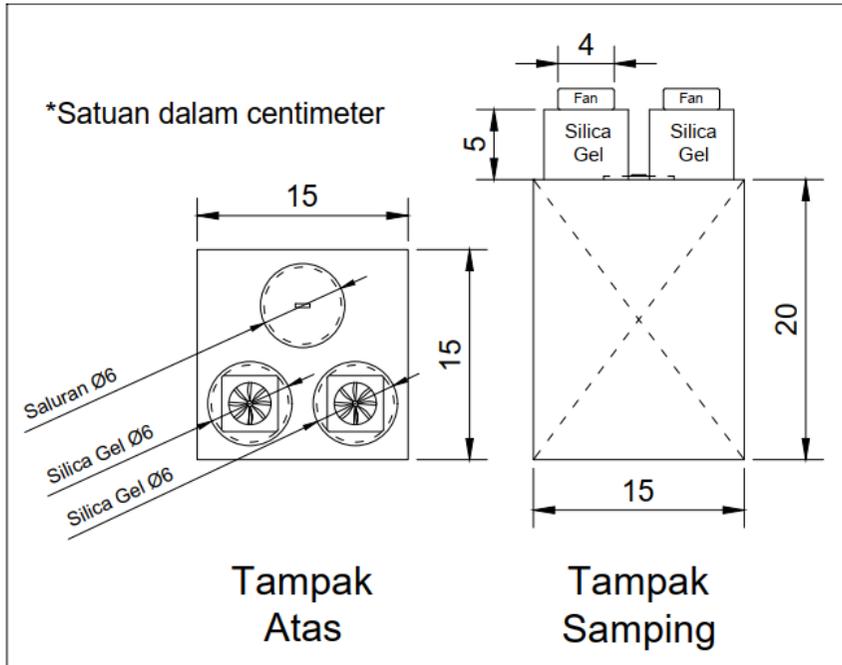
Selanjutnya dilakukan perumusan solusi yang akan melatar belakangi penelitian, yaitu usaha untuk meminimalisir laju degradasi pada penyimpanan bahan bakar biodiesel dengan pemanfaatan gel silika.

3.3.2 Studi Literatur

Tahapan ini berupa upaya untuk mendalami referensi-referensi dalam bentuk penelitian sebelumnya, buku, dan jurnal ilmiah yang berkaitan dengan latar belakang penelitian. Referensi ini akan dijadikan rujukan penelitian, penyusunan hipotesis, serta implementasi apa yang akan dikerjakan.

3.3.3 Desain Model Tangki

Desain awal model tangki yang digunakan memiliki volume ruang 4.5 liter. Setiap tangki diisi dengan biodiesel sesuai variabel sebanyak 2 liter. Pada bagian atas tangki uji dilengkapi dengan 2 tabung sebagai wadah penempatan gel silika dan sistem ventilasi. Tabung ini dibatasi dengan kasa untuk menahan gel silika terhadap tangki dan memiliki mini fan pada atasnya sebagai pengatur aliran udara. Kombinasi desain ini dilakukan agar udara yang masuk melewati gel silika sebelum berinteraksi dengan biodiesel, dan mengeringkan gel silika di tabung pada arah keluarnya. Tangki kontrol tidak dilengkapi dengan mini fan dan gel silika, namun dengan bentuk tangki yang sama. Desain model tangki dapat dilihat secara lebih detail pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Desain Model Tangki

3.3.4 Pembuatan Model Tangki

Material model tangki terbuat dari material non-logam sehingga tidak akan terjadi reaksi dengan biodiesel, berupa kaca dan acylic. Material dan bentuk model tangki dibuat sama untuk setiap variabelnya. Sisi sudut sambungan kaca pada model tangki dilapisi aluminium foil untuk mencegah kemungkinan terjadinya reaksi kimia biodiesel dengan perekat silikon.

3.3.5 Pra-Eksperimen

Sebelum dilakukan percobaan, variabel kontrol berupa jumlah gel silika, waktu pergantian kerja kipas, dan desain model tangki disesuaikan agar hasil yang dicapai sesuai dengan rencana. Pengkondisian ini bertujuan untuk membuat sistem gel silika tanpa harus mengeluarkan dan menggantinya saat akan dikeringkan pada kondisi jenuh.

3.3.6 Pembuatan Biodiesel

Biodiesel yang dibuat berbahan dasar minyak kelapa sawit. Bahan dasar ini dipilih untuk mereplika kondisi di Indonesia. Dalam pembuatannya, biodiesel kelapa sawit diperlukan persiapan alat dan bahan sebagai berikut:

1. Minyak Kelapa sawit
2. KOH Padat
3. Methanol Cair
4. Thermometer
5. Pemanas / Kompor
6. Alat Bubble wash Berupa Aerator
8. Wadah Stainless Steel
9. Cuka
10. Gelas ukur
11. Timbangan
12. Aquades / Air Suling

Selanjutnya berikut langkah-langkah dalam pembuatan biodiesel berbahan dasar kelapa sawit:

1. Pembuatan larutan metoksid

Larutan metoksid adalah larutan campuran methanol dengan KOH. Jumlah larutan metoksid yang digunakan dalam proses transesterifikasi ini adalah sebesar 200 ml methanol dengan 7.5 gram KOH untuk setiap 1 liter minyak kelapa sawit.



Gambar 3.3 Penimbangan KOH (kiri) dan Penakaran Methanol (kanan)

2. Proses transesterifikasi

Proses ini dilakukan dengan memanaskan minyak dengan suhu sekitar 55 – 60°C agar tidak terlalu kental saat pencampuran dengan larutan metoksid. Pada saat pencampuran minyak diaduk dengan rata dan stabil. Proses pencampuran dilakukan di media yang terbuat dari Stainless Steel. Pengadukan dilakukan sekitar 1 jam, dan didiamkan agar terjadi pemisahan antara gliserin dan biodiesel (Metil Ester) selama kurang lebih 24 jam.



Gambar 3.4 Proses Transesterifikasi

3. Proses pencucian

Setelah proses transesterifikasi, selanjutnya adalah proses pencucian dengan mencampur biodiesel dengan aquades. Dalam setiap liter minyak biodiesel akan diberi aquades sebanyak 1 liter. Proses pencucian menggunakan *bubble wash* yaitu dengan memanfaatkan gelembung udara untuk mengikat gliserol yang masih terikat oleh methanol dengan menggunakan air. Proses ini dilakukan sekitar 8 jam. Alat yang digunakan adalah aerator, yaitu alat penghasil gelembung pada akuarium berupa pompa udara elektrik. Pada proses *bubble wash*, desain pada Gambar 3.5 digunakan agar mudah pada saat pemisahan antara aquades dan biodiesel setelah pengendapan.



Gambar 3.5 Proses *Bubble wash* Dengan Menggunakan Aerator

4. Proses pengendapan

Setelah *bubble wash* selama 8 jam, biodiesel didiamkan selama 24 jam agar terjadi proses pemisahan antara campuran air dan gliserol dengan metil ester.

5. Proses pengeringan

Setelah pemisahan antara ester dengan gliserol, selanjutnya dilakukan proses pengeringan dengan cara pemanasan dengan suhu hingga 130°C . Pengeringan ini bertujuan untuk mengangkat kadar air dari biodiesel dengan penguapan. Pengeringan dilakukan hingga tidak terjadi gelembung uap air.



Gambar 3.6 Proses Pengeringan

6. Biodiesel kelapa sawit yang dihasilkan

Setelah mengalami proses pengeringan dihasilkan metil ester sekitar 800 ml dari setiap proses transesterifikasi. Banyaknya metil ester yang terbentuk dipengaruhi faktor pencucian dengan proses *bubble wash*. Proses *bubble wash* sangat mempengaruhi berapa banyak gliserol yang mampu dipisahkan oleh aquades.



Gambar 3.7 Sampel Biodiesel

3.3.7 Pencampuran Biodiesel

Biodiesel yang digunakan adalah minyak kelapa sawit B100 yang sebelumnya telah dibuat. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan langsung objek dengan tingkat bakteri masih rendah.

Selanjutnya biodiesel akan dicampur dengan produk solar murni, yaitu Pertamina Dex Lite. Pencampuran akan disesuaikan dengan variabel penelitian : B30, B40, dan B50 dan akan diratakan dengan pengadukan.

3.3.8 Uji Awal Karakteristik Campuran

Setiap variabel campuran akan diuji karakteristiknya untuk mengetahui nilai Bilangan Asam dan jumlah koloni bakteri diawal sebagai acuan. Metode pengujian akan dijelaskan pada bagian 3.3.8 Pengambilan Data.

3.3.9 Eksperimen

Eksperimen berupa simulasi penyimpanan bahan bakar biodiesel dalam waktu 6 minggu dengan 6 macam pengkondisian tangki. Tangki akan ditempatkan di ruangan dengan temperatur relatif konstan pada 30 °C hingga 34 °C.

Dari 3 variabel campuran biodiesel (B30, B40, B50) akan dibagi menjadi 2 bagian masing-masing, yaitu sebagai variabel uji dan variabel kontrol. Tangki dengan variabel kontrol tidak dilengkapi dengan gel silika. Berikut pembagian lebih jelasnya:

- Tangki “A”: Berisi 2 liter campuran B30 dengan gel silika
- Tangki “B”: Berisi 2 liter campuran B40 dengan gel silika
- Tangki “C”: Berisi 2 liter campuran B50 dengan gel silika
- Tangki “D”: Berisi 2 liter campuran B30 tanpa gel silika
- Tangki “E”: Berisi 2 liter campuran B40 tanpa gel silika
- Tangki “F”: Berisi 2 liter campuran B50 tanpa gel silika

3.3.10 Pengambilan Data

Data yang akan diambil merupakan uji Bilangan Asam dan uji jumlah bakteri. Berikut penjelasan keduanya:

A. Uji Bilangan Asam (*Acid Value*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar asam yang terkandung pada biodiesel. Asam yang terkandung merupakan hasil dari degradasi biodiesel sehingga dapat menjadi indikator tingkat degradasi biodiesel. Pengujian Bilangan Asam direncanakan akan dilakukan pada minggu 3 dan minggu 6. Pengujian mengacu pada standar SNI 7431:2015, *Mutu dan metode uji minyak nabati murni untuk bahan bakar motor diesel putaran sedang*.

B. Uji Jumlah Koloni Bakteri (cfu/ml)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya jumlah koloni bakteri yang terkandung dalam satu mili-liter *sampel* pada biodiesel (cfu/ml). Pengujian dilakukan setiap 3 minggu. Metode yang digunakan adalah metode TPC (*Total Plate Count*) dengan isolasi mikroba metode tuang (*pour plate*). Berikut langkah-langkah Uji Bakteri Metode TPC:

1. Pembuatan NA (*Nutrient Agar*)

Nutrient Agar merupakan medium general untuk pertumbuhan bakteri. NA dibuat dengan melarutkan 5 gram pepton, 5 gram NaCl, 2 gram ekstrak ragi, 1 gram ekstrak daging, 20 gram agar, dan aquades hingga volume mencapai 1 liter. Untuk setiap 1 cawan petri, diperlukan kurang lebih 10 ml NA. Campuran NA dilarutkan dengan dipanaskan hingga mendidih sambil diaduk hingga medium berwarna bening.



Gambar 3.8 *Nutrient Agar* yang Telah Jadi.

2. Proses Pengenceran

Proses ini dilakukan dengan metode *serial dilution* bertujuan untuk mendapatkan kepadatan bakteri tidak lebih dari 300 cfu/ml. Pengenceran hingga skala 10^{-4} diawali dengan memasukkan 1 mL sampel biodiesel kedalam 9 ml aquades dan diaduk hingga homogen. Sampel yang telah diaduk tadi disebut sampel dengan pengenceran 10^{-1} . Selanjutnya diambil 1 ml lagi untuk dicampur dengan 9 ml aquades, dan diulang beberapa kali hingga pengenceran 10^{-4} .



Gambar 3.9 Biodiesel yang Telah Melalui Pengenceran

3. Proses Penuangan Sampel

Sampel dengan beberapa variasi pengenceran akan ditempatkan pada cawan petri. Pertama, siapkan cawan petri steril lalu masukkan 1 ml sampel yang telah diencerkan. Selanjutnya, masukkan kurang lebih 10 ml medium NA dan diratakan. Lakukan pada setiap variabel pengenceran. Tunggu hingga campuran menjadi padat didalam cawan petri. Selanjutnya bakteri

diinkubasi selama minimal 24 jam. Jika koloni bakteri belum terbentuk, lama inkubasi diperpanjang hingga maksimal 72 jam.



Gambar 3.10 Cawan Petri yang Telah Diisi Sampel

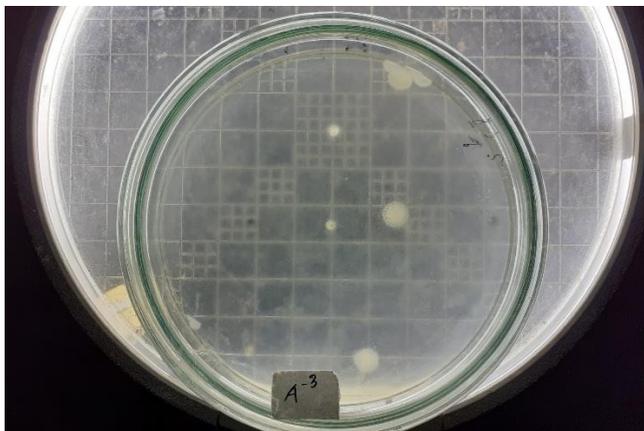
4. Pengamatan Koloni Bakteri

Setelah bakteri diinkubasi, dilakukan perhitungan pada *colony counter* yang dapat dilihat pada Gambar 3.11. Jumlah koloni yang terbentuk pada cawan petri dihitung dalam satuan cfu/ml (*Colony Forming Unit / mililiter*). Jumlah koloni bakteri yang sebenarnya (*Original Cell Density*) dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) berikut :

$$OCD = \frac{CFU}{D \times V} \quad (1)$$

Keterangan : OCD = Jumlah koloni bakteri yang sebenarnya (cfu/ml)
CFU = Jumlah koloni bakteri yang terbentuk pada cawan petri (cfu)
D = Skala pengenceran
V = Volume sampel yang dituang pada cawan petri (ml)

(Leboffe, 2014)



Gambar 3.11 Cawan Petri diatas *Colony Counter* untuk Diamati

3.3.11 Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan data yang telah terkumpul, maka dapat dilakukan analisis data. Data akan diolah menjadi persentase perubahan Bilangan Asam dan perbandingan jumlah bakteri pada awal dan akhir eksperimen.

Selanjutnya data yang telah dianalisis akan dibahas secara ilmiah sesuai dengan studi literasi.

3.3.12 Saran dan Kesimpulan

Dari penelitian ini akan ditarik kesimpulan dari analisis data dan pembahasan, serta saran untuk penelitian dengan topik yang sama selanjutnya.

3.4. Hipotesis Penelitian

Menurut Creswell, John W, Hipotesis merupakan dugaan atau prediksi sementara atas masalah yang dirumuskan atau searah dengan tujuan penelitian yang dapat menyatakan hubungan antar-variabel (Creswell, 2003). Berikut hipotesis penelitian yang telah disusun :

1. Penggunaan gel silika pada tangki biodiesel akan menurunkan laju degradasi biodiesel dengan parameter turunnya Bilangan Asam.

2. Penggunaan gel silika pada tangki biodiesel akan menurunkan jumlah bakteri pada biodiesel.
3. Penurunan laju degradasi akan semakin tinggi pada campuran dengan kadar biodiesel paling tinggi, dimulai dari terendah B30, B40, dan B50.

3.5. Metode Pembuktian Hipotesis

1. Untuk membuktikan hipotesis 1, maka akan dilakukan perbandingan data Bilangan Asam antara tangki uji (A, B, C) dan tangki kontrol (D, E, F). Jika nilai Bilangan Asam dari tangki uji cenderung lebih rendah, maka hipotesis 1 dinyatakan terbukti.
2. Untuk membuktikan hipotesis 2, maka akan dilakukan perbandingan data jumlah bakteri antara tangki uji (A, B, C) dan tangki kontrol (D, E, F). Jika jumlah bakteri terkandung pada tangki uji cenderung lebih rendah, maka hipotesis 2 dinyatakan terbukti.
3. Untuk membuktikan hipotesis 3, maka akan dilakukan perbandingan persentase perubahan bilangan asam berdasarkan kandungan biodiesel. Jika persentase perubahan bilangan asam dari tangki A lebih rendah dari tangki B dan tangki B lebih rendah dari tangki C, maka hipotesis 3 dinyatakan terbukti.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

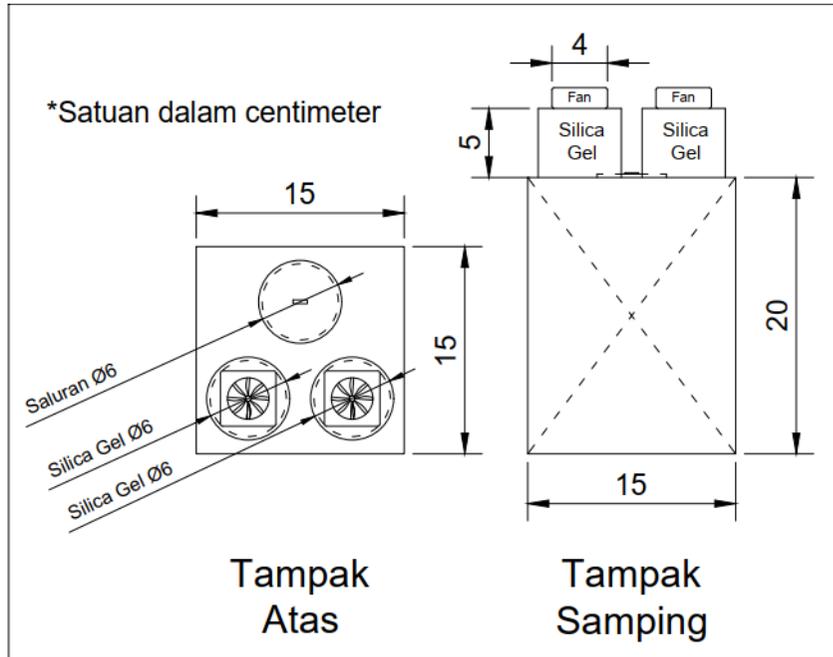
Bab ini berisi dengan data dan analisis yang telah didapatkan selama pra-eksperimen dan eksperimen. Sub-bab pra-eksperimen bertujuan untuk menentukan pengkondisian tangki yang terbaik untuk eksperimen, dimana tidak berhubungan dengan tujuan penelitian dan kesimpulan penelitian. Data utama yang dianalisis berupa hasil uji bilangan asam dan jumlah koloni bakteri.

4.1. Pra-Eksperimen

Pra-Eksperimen dilakukan untuk menguji desain sistem tangki bahan bakar terhadap efektivitas penggunaan gel silika. Berikut analisis dari desain awal penelitian hingga desain tangki yang benar-benar digunakan setelah diuji efektivitasnya.

4.1.1 Desain Awal Tangki Bahan Bakar

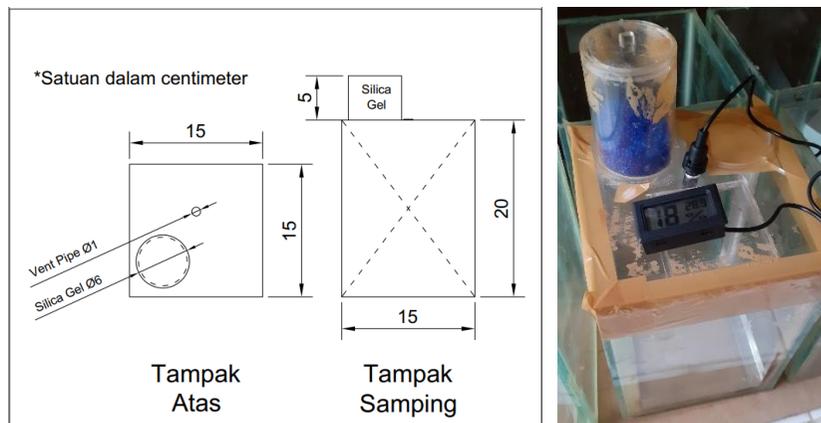
Desain awal model tangki yang digunakan memiliki volume ruang 4.5 liter. Setiap tangki diisi dengan biodiesel sesuai variabel sebanyak 2 liter. Pada bagian atap tangki uji dilengkapi dengan 2 tabung sebagai wadah penempatan gel silika dan sistem ventilasi. Tabung ini dibatasi dengan kasa untuk menahan gel silika terhadap tangki dan memiliki mini fan pada atapnya sebagai pengatur aliran udara. Kombinasi desain ini dilakukan agar udara yang masuk melewati gel silika sebelum berinteraksi dengan biodiesel, dan mengeringkan gel silika di tabung pada arah keluarnya. Tangki kontrol tidak dilengkapi dengan mini fan dan gel silika, namun dengan bentuk tangki yang sama. Desain model tangki dapat dilihat secara lebih detail pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Desain Awal Model Tangki

4.1.2 Pra-eksperimen I

Pra-eksperimen I bertujuan untuk menguji lama jenuh gel silika dan penurunan kelembaban yang terjadi pada tangki. Gambar tangki pada pra-eksperimen I dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Desain (kiri) dan Tangki pada Pra-Eksperimen I (kanan)

Silinder diisi dengan gel silika sebanyak 34.9 gram atau 40 ml dan ditutup rapat. Tangki diberi lubang ventilasi sebagai perwakilan *vent pipe*. Dari sini dapat disimpulkan massa jenis gel silika yang digunakan adalah sekitar 870 kg/m^3 . Tabel data hasil pra-eksperimen I dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengambilan Data Pra-Eksperimen I.

Waktu Menit	Temperatur (°Celcius)	Kelembaban		
		Luar	Dalam	Perbedaan
5	34.1	53%	45%	8%
14	34.0	53%	41%	12%
20	33.8	52%	36%	16%
29	33.6	51%	29%	22%
56	33.6	50%	20%	30%
96	33.4	53%	19%	34%
2 jam	33.2	52%	20%	32%
8 jam	31.0	62%	18%	44%
16 jam	28.5	70%	18%	52%
6 hari	29.5	67%	31%	36%

Gel silika sebanyak 34.9 gram dapat menjaga kelembaban udara di angka 18% hingga 20%. Meskipun kelembaban udara luar naik hingga 70%, udara di dalam tangki tetap terjaga pada angka kelembaban 18%. Pada hari ke 6 percobaan, kelembaban dalam tangki naik menjadi 31%. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja gel silika telah menurun karena mulai menjadi jenuh dengan uap air. Pada Gambar 4.3 dibawah dapat dilihat gel silika mulai mengalami kejenuh ditandai dengan warna biru yang mulai

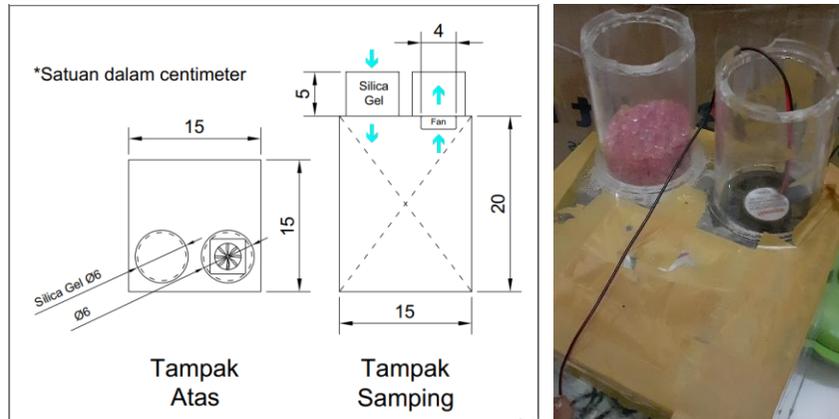
memudar, dan sebagian gel silika di bagian terluar sudah berwarna merah muda (jenuh).



Gambar 4.3 Kondisi Gel Silika Pra-Eksperimen I pada Awal (kiri) dan Setelah 6 Hari Percobaan (kanan).

4.1.3 Pra-eksperimen II

Pra-eksperimen II bertujuan untuk menguji lama jenuh gel silika dan penurunan kelembaban yang terjadi pada tangki jika tangki diberi *mini fan*. *Mini fan* diletakkan pada tabung kosong dan meniup udara ke luar tangki, sehingga udara masuk melewati gel silika terlebih dahulu sebelum masuk ke tangki. Gambar tangki pada pra-eksperimen II dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Desain (kiri) dan Tangki pada Pra-Eksperimen II (kanan)

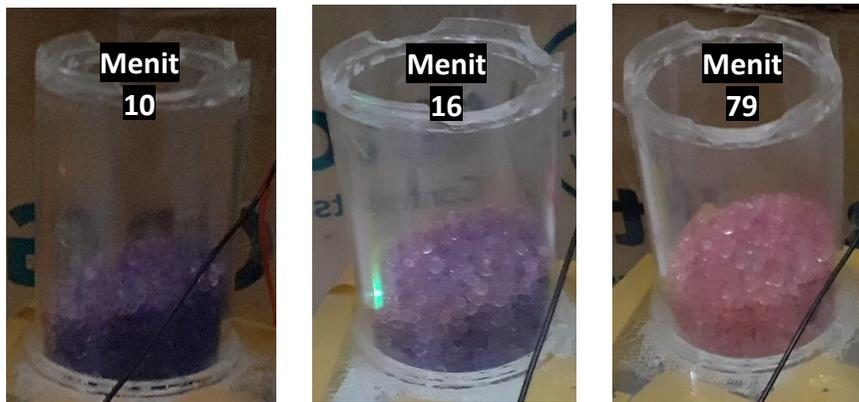
Silinder diisi dengan gel silika sebanyak 34.91 gram atau 40 ml. Kipas yang digunakan merupakan kipas 12 V dengan daya 1.08 Watt. Kecepatan udara yang dihasilkan kipas sebesar 2 m/s. Tabel data hasil pra-eksperimen dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengambilan Data Pra-Eksperimen II.

Waktu Menit	Temperatur (°Celcius)		Kelembaban		
			Luar	Dalam	Perbedaan
1	33.0	33.0	59%	41%	18%
3	32.9	35.2	59%	39%	20%
9	33.0	36.2	58%	37%	21%
16	33.0	36.4	59%	39%	20%
33	32.9	35.7	59%	43%	16%
59	32.9	34.7	60%	50%	10%
79	33.0	34.3	60%	54%	6%

Pada model tangki ini, gel silika sebanyak 34.91 gram hanya dapat menjaga kelembaban udara paling rendah di angka 37%. Perbedaan

kelembaban tertinggi yang didapat sebesar 21%. Setelah melewati angka kelembaban terendah, gel silika yang telah mulai jenuh akan berkurang efektivitasnya, hingga jenuh sepenuhnya. Dari Tabel 4.2 juga didapatkan data berupa perbedaan temperatur luar dan dalam tangki. Perbedaan temperatur ini disebabkan oleh reaksi adsorpsi gel silika terhadap uap air. Gambar perubahan kondisi gel silika dari pra-eksperimen II dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Kondisi Gel Silika Pada menit ke 10, 16, dan 79.

Dari sampel gel silika jenuh yang didapat didiamkan hingga jenuh (kelembaban udara luar sama dengan kelembaban udara dalam) dan dilakukan penimbangan untuk mengetahui massa jenis serta daya serap gel silika yang digunakan. Dari sekitar 40 ml gel silika jenuh (berwarna merah muda), didapatkan berat 40.9 gr. Jika dikalkulasi pada Persamaan (2) kemampuan gel silika dalam menyerap uap air sebesar:

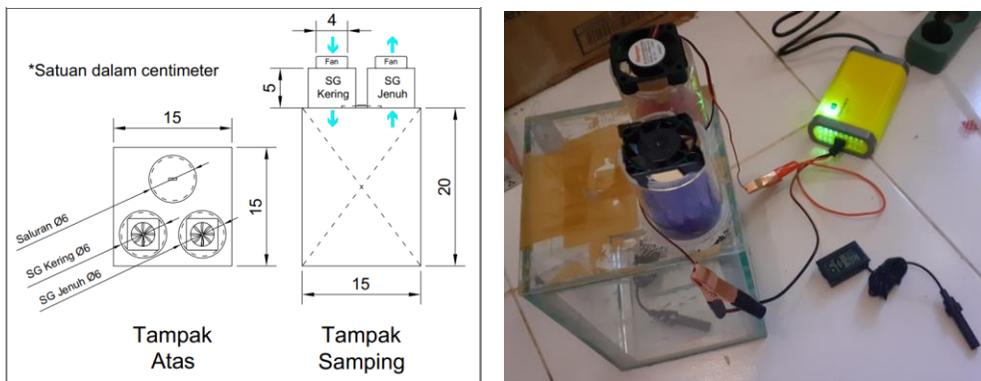
$$\text{Daya Serap} = \frac{W \text{ Jenuh} - W \text{ Kering}}{W \text{ Kering}} \quad (2)$$

$$\text{Daya Serap} = \frac{40.9 \text{ gr} - 34.9 \text{ gr}}{34.9 \text{ gr}}$$

$$\text{Daya Serap} = 17.09\% \text{ dari } W \text{ Kering}$$

4.1.4 Pra-eksperimen III

Pra-eksperimen III bertujuan untuk menguji desain sistem awal. Pada bagian atas tangki uji akan dilengkapi dengan 2 tabung sebagai wadah penempatan gel silika dan sistem ventilasi, yaitu *mini fan*. Tabung ini akan memiliki mini fan sebagai pengatur aliran udara. Kombinasi desain ini ditargetkan agar udara yang masuk akan melewati gel silika untuk pengeringan sebelum berinteraksi dengan biodiesel, dan akan mengeringkan gel silika di tabung pada arah keluarnya. Gambar tangki pada pra-eksperimen III dapat dilihat pada Gambar 4.6.



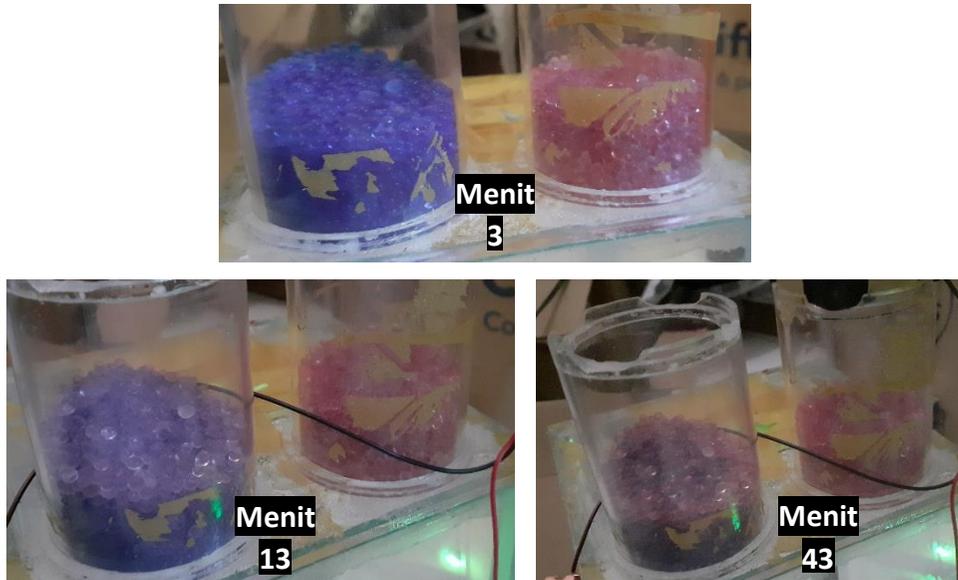
Gambar 4.6 Desain (kiri) dan Tangki pada Pra-Eksperimen III (kanan)

Silinder diisi dengan gel silika baik jenuh maupun kering sebanyak kurang lebih 40 ml. Kipas yang digunakan merupakan kipas 12 V dengan daya 1.08 Watt. Kecepatan udara yang dihasilkan kipas sebesar 2 m/s. Tabel data hasil pra-eksperimen dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengambilan Data Pra-Eksperimen III.

Waktu	Temperatur (°Celcius)		Kelembaban		
	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Perbedaan
3	33.0	33.0	60%	42%	18%
8	33.0	34.8	60%	37%	23%
13	33.1	36.5	60%	38%	22%
18	33.2	36.6	59%	38%	21%
43	32.8	35.7	58%	40%	18%
73	32.5	34.2	60%	43%	17%
101	32.5	33.8	62%	47%	15%

Pada model tangki ini, gel silika sebanyak 40 ml dapat menjaga kelembaban udara paling rendah di angka 37%. Perbedaan kelembaban tertinggi yang didapat sebesar 23%. Setelah melewati angka kelembaban terendah, gel silika yang awalnya kering telah mulai jenuh dan berkurang efektivitasnya. Kondisi gel silika yang dari awal telah jenuh tidak terlihat terjadinya perubahan. Gambar perubahan kondisi gel silika dari pra-eksperimen III dapat dilihat pada Gambar 4.7.

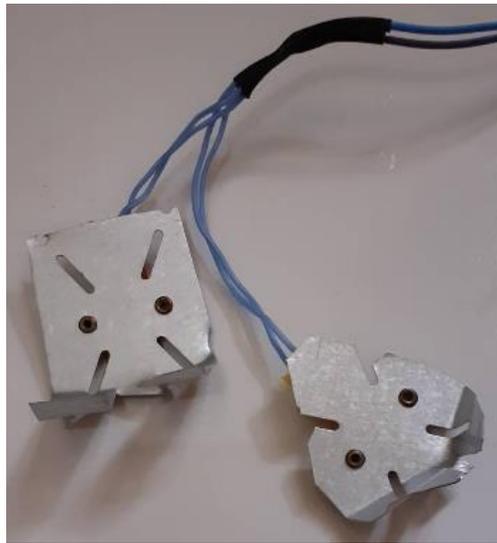
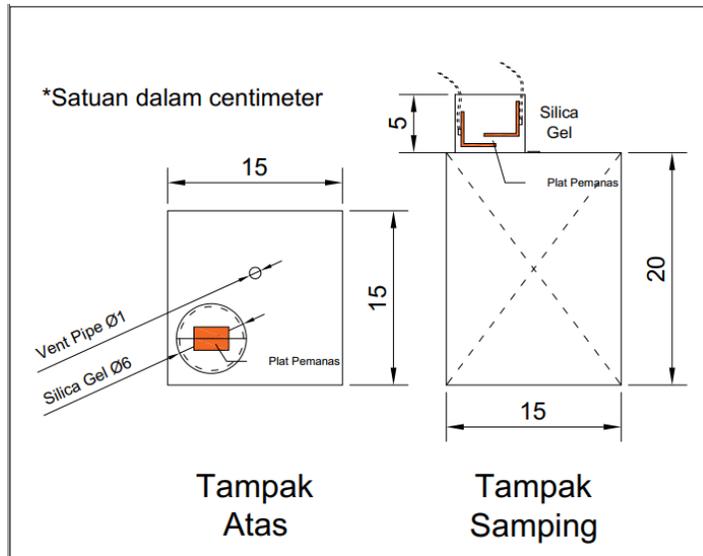


Gambar 4.7 Kondisi Gel Silika Pada Menit ke 3, 13, dan 43.

Dari pra-eksperimen, Gel silika kering tidak mampu mengurangi kejenuhan gel silika yang jenuh, meskipun telah melewati titik kelembaban terendah, yaitu 37% pada menit ke 8.

4.1.5 Pra-eksperimen IV

Pra-eksperimen IV dilakukan untuk mencoba elemen pemanas sebagai media pengering gel silika. Pengeringan gel silika dengan cara dipanaskan sudah menjadi praktik umum pada dunia industri. Elemen pemanas yang digunakan merupakan pemanas elektrik berbentuk plat logam. Percobaan dilakukan pada gel silika yang telah jenuh dari pra-eksperimen sebelumnya. Gambar tangki pada pra-eksperimen IV ini dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Desain (atas), Tangki pada Pra-Eksperimen IV (kiri) dan Elemen Pemanas (kanan)

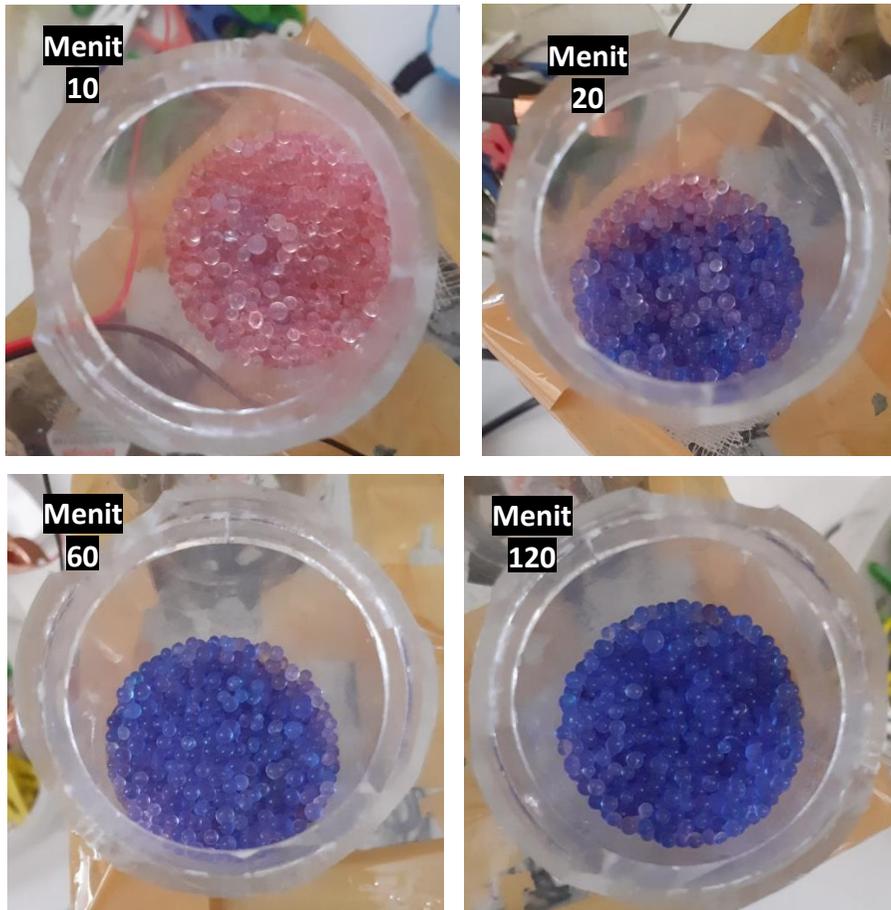
Silinder berisi gel silika jenuh sebanyak kurang lebih 40 ml. Pengering yang digunakan memiliki spesifikasi 10 watt dengan suhu maksimal sekitar 80°C. Suhu dibuat 80°C agar tidak merusak dan mengurangi masa pakai gel silika. Plat akan dibuat profil L untur menambah area sentuh antara plat pemanas dengan gel silika. Tangki diberi lubang sebagai perwakilan vent

pipe dan bagian atas silinder tempat gel silika dibuka agar uap air panas keluar keatas. Tabel data hasil pra-eksperimen IV dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Tabel 4.4 Pengambilan Data Pra-Eksperimen IV.

Waktu	Temperatur (°Celcius)		Kelembaban		Keterangan
	Luar Tabung	Dalam	Luar Tabung	Dalam	
9	30.4	30.4	67%	64%	Perubahan Tidak Signifikan
13	31	32.6	73%	66%	Perubahan Tidak Signifikan
20	32	37.7	80%	49%	Gel Silika Kering Sekitar 40%
60	32.4	52.1	99%	39%	Gel Silika Kering Sekitar 70%
120	32.2	55.2	99%	27%	Gel Silika Kering Sekitar 80%

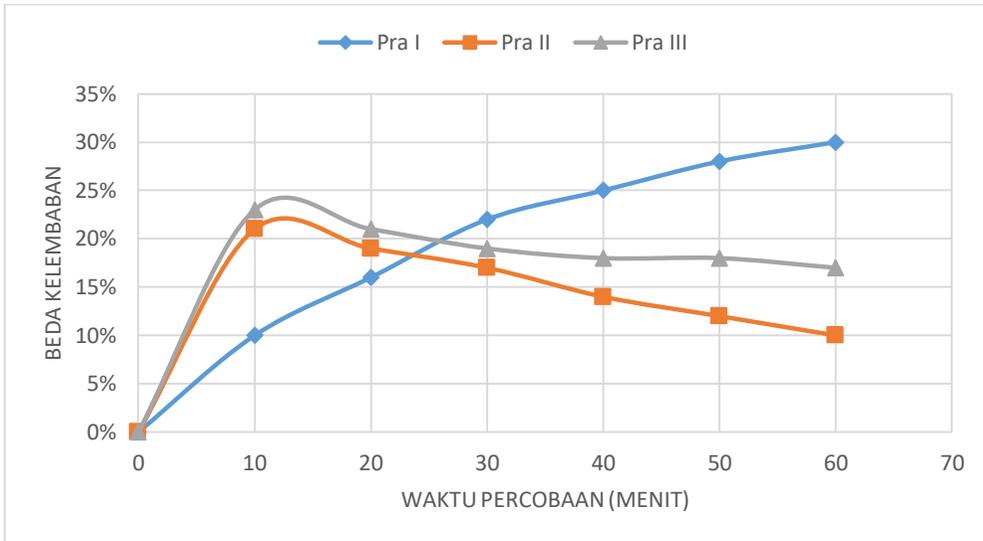
Pada pra-eksperimen IV ini, pemanasan yang dilakukan dapat mengeringkan gel silika hingga kisaran 80% volume selama 120 menit. Gel silika yang tidak menjadi kering (berwarna biru) merupakan gel silika yang letaknya kurang berdekatan dengan elemen pemanas berupa plat. Dari tabel 4.4 juga dapat dilihat, kelembaban didalam tangki mulai turun hingga 27%, dimana gel silika sudah mulai menyerap kandungan air di udara lagi. Suhu dan kelembaban diluar tabung meningkat akibat penguapan uap air dari gel silika. Gambar perubahan kondisi gel silika dari pra-eksperimen IV dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Kondisi Gel Silika Pada Menit ke 10, 20, 60, dan 120.

4.1.6 Analisis Laju Kejenuhan

Data yang telah diambil dari pra-eksperimen akan diolah menjadi grafik dan dianalisis dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Perubahan Beda Kelembaban.

Dari gambar grafik 4.10, dapat dilihat perubahan beda kelembaban antara luar dan dalam tangki untuk pra-eksperimen II dan III (menggunakan *mini fan*) menurun saat memasuki menit ke 20 percobaan. Hal ini dikarenakan gel silika sudah mulai jenuh dan berkurangnya kemampuan untuk menyerap kadar air pada udara bebas yang dilewati. Cepatnya kejenuhan gel silika disebabkan adanya *forced flow* oleh mekanisme kipas yang memberikan kecepatan udara hingga 2 m/s. Karena kecepatan udara ini, gel silika menerima kandungan air dan mulai jenuh secara cepat. Pada pra-eksperimen I tidak ada flow udara buatan, dan udara hanya bersirkulasi melewati celah ventilasi.

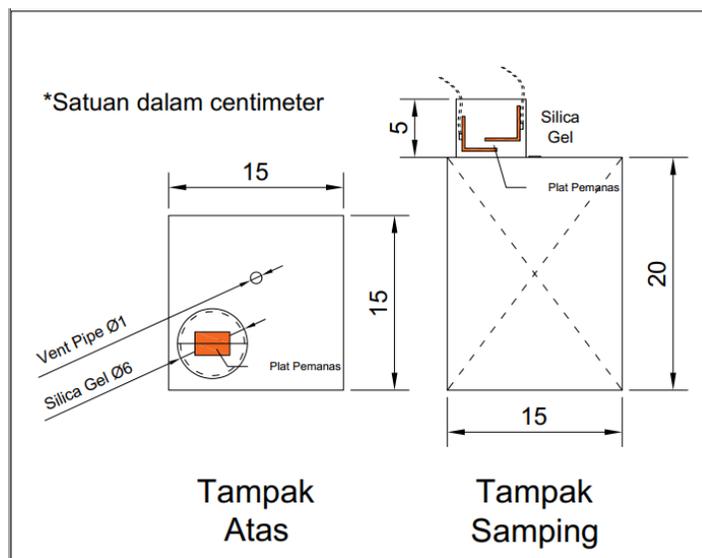
4.1.7 Desain Model tangki Eksperimen

Model tangki baru yang telah digunakan untuk eksperimen memiliki volume ruang 4.5 liter. Setiap tangki diisi dengan biodiesel sesuai variabel (B30, B40, dan B50) sebanyak 2 liter.

Pada bagian atap tangki uji dilengkapi dengan lubang ventilasi sebagai perwakilan dari *vent pipe* di tangki sesungguhnya dan tabung sebagai wadah

penempatan gel silika dan elemen pemanas. Tabung ini dibatasi dengan kasa pada bagian bawahnya untuk menahan gel silika terhadap tangki. Kombinasi desain ini dilakukan agar gel silika yang jenuh dapat dikeringkan dengan pemanasan oleh elemen pemanas. Elemen pemanas berupa plat yang dibentuk menjadi profil L dengan sumber tenaga listrik.

Jumlah gel silika kering yang digunakan sebanyak 34.9 gram, atau 40 ml. Hal ini berdasarkan hasil pra-eksperimen I yang menunjukkan kemampuan gel silika untuk menjaga kelembaban hingga 31% hingga 6 hari. Kehidupan bakteri menurun drastis pada kelembaban relatif dari 90% hingga sekitar 20%~30%. Pada kelembaban 20% hingga 30% terjadi penurunan laju hilangnya bakteri (Bateman J. B. dkk, 1961). Dari angka ini dapat disimpulkan gel silika yang digunakan akan dikeringkan dengan pemanas selama 2 jam setiap 5 hari percobaan. Untuk memudahkan, proses pengeringan dilakukan pada setiap hari senin dan jum'at dalam sepekan eksperimen. Desain model tangki dapat dilihat secara lebih detail pada Gambar 4.10.



Gambar 4.11 Desain Model Tangki yang Digunakan Pada Eksperimen.

4.2. Hasil Uji Karakteristik Biodiesel

Dari biodiesel kelapa sawit yang telah dibuat, dilakukan pengujian untuk dibandingkan dengan yang dipaparkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil uji karakteristik biodiesel.

No	Parameter Uji	Satuam, min/maks	Persyaratan	Hasil Uji	Metode Pengujian
1	Massa Jenis, 40°C	kg/m ³	850-890	0.8711	ASTM D 1298
2	Viskositas Kinematik, 40°C	mm ² /s (cst)	2.3-6.0	5.5	ASTM D 445
3	Angka Setana	min	51	0	Cetane Analyzer
4	Titik Nyala	°C, min	100	123	ASTM D 93
5	Titik Kabut	°C, maks	18	15	ASTM D 2500
6	Bilangan Asam	mg KOH/gr, maks	0.5	0.313	ASTM D 974

Parameter uji angka setana tidak terbaca dikarenakan bahan bakar merupakan biodiesel murni (B100) sehingga tidak dapat terbaca oleh alat *cetane analyzer*. Parameter uji selain angka setana masuk dalam standar mutu biodiesel, sehingga diputuskan untuk penelitian dilanjutkan menggunakan biodiesel yang telah dibuat.

4.3. Hasil Uji Eksperimen

Dari eksperimen yang telah dilakukan dari tanggal 22 November 2019 hingga 03 Januari 2020, didapat 14 data hasil uji Bilangan Asam dan 15 hasil uji jumlah koloni bakteri. Data pengujian bilangan asam dapat dilihat pada pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Uji Bilangan Asam Campuran Biodiesel

Kode	Keterangan	TAN (mgKOH/g)		
		Awal	Minggu III	Minggu VI
-	Dex Lite	0.1118	-	-
-	B100	0.3130	-	-
A	B30 dengan gel silika	0.1722	0.1679	0.1682
B	B40 dengan gel silika	0.1923	0.1902	0.3364
C	B50 dengan gel silika	0.2124	0.1904	0.2803
D	B30	0.1722	0.1120	0.2236
E	B40	0.1923	0.1232	0.2771
F	B50	0.2124	0.1675	0.3343

Bilangan Asam awal penelitian didapatkan dari pengujian Bilangan Asam B100 sebesar 0.313 mgKOH/gr dan Bilangan Asam bahan bakar Dex Lite sebesar 0.1118 mgKOH/gr. Dari kedua hasil uji tersebut dilakukan perhitungan pendekatan untuk menentukan kadar asam B30, B40, dan B50 pada awal penelitian dengan Persamaan (4) berikut :

$$TAN = (TAN1 \times C1) + (TAN2 \times C2)$$

(4)

Keterangan : TAN = Bilangan Asam Campuran (mgKOH/gr)

TAN1 = Bilangan Asam B100 (mgKOH/gr)

TAN2 = Bilangan Asam Dex Lite (mgKOH/gr)

C1 = Persentase Kadar Biodiesel

C2 = Persentase Kadar Dex Lite

Pada pengujian TPC (*Total Plate Count*) awal, hanya dilakukan pengujian menjadi 3 kategori, yaitu B30, B40, dan B50. Dari pengujian TPC (*Total Plate Count*) yang dilakukan didapatkan data jumlah koloni pada setiap pengenceran yang dapat dilihat pada Tabel 4.7. untuk pengujian awal, Tabel 4.8 untuk minggu ke-3, dan Tabel 4.9 untuk minggu ke-6.

Tabel 4.7 Data Uji TPC Awal pada Setiap Pengenceran

Kode Uji	Keterangan	Jumlah Koloni Bakteri pada Pengenceran (CFU)		
		10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
A	B30	0	1	4
B	B40	2	0	3
C	B50	1	0	0

Dari Tabel 4.7 dapat dilihat jumlah koloni bakteri pada pengenceran 10^1 hingga 10^4 . Pada pengujian awal TPC, data yang didapat termasuk dalam kategori TFTC (*too few to count*), dimana data pada pengujian TPC yang baik berada antara 30 CFU hingga 300 CFU. Data dibawah 30 CFU disebut dengan TFTC (*too few to count*), dan data diatas 300 CFU disebut dengan TNTC (*too numerous to count*). Karena data uji memiliki nilai yang sangat kecil, maka diambil data dengan kandungan sampel paling besar dan representatif, yaitu pada pengenceran 10^{-1} (Leboffe, 2014).

Pada uji selanjutnya, sampel yang diuji menggunakan sampel minyak tanpa pengenceran, pengenceran 10^{-1} , dan pengenceran 10^{-2} untuk mendapatkan data yang lebih baik.

Tabel 4.8 Data Uji TPC Minggu Ke-3 pada Setiap Pengenceran

Kode Tangki	Keterangan	Jumlah Koloni Bakteri pada Pengenceran (CFU)		
		10^0	10^{-1}	10^{-2}
A	B30 dengan gel silika	3	2	1
B	B40 dengan gel silika	1	1	1
C	B50 dengan gel silika	1	0	1
D	B30	2	0	2
E	B40	0	1	4
F	B50	1	2	4

Hasil uji TPC untuk minggu ke-3 juga termasuk dalam kategori TFTC. Data yang diambil merupakan data pengenceran 10^{-1} , dimana merupakan pengenceran terendah dari uji awal.

Tabel 4.9 Data Uji TPC Minggu Ke-6 pada Setiap Pengenceran

Kode Tangki	Keterangan	Jumlah Koloni Bakteri Pada Pengenceran		
		10 ⁰	10-1	10-2
A	B30 dengan gel silika	1	5	0
B	B40 dengan gel silika	1	65	35
C	B50 dengan gel silika	4	4	7
D	B30	39	118	143
E	B40	50	106	12
F	B50	2	4	1

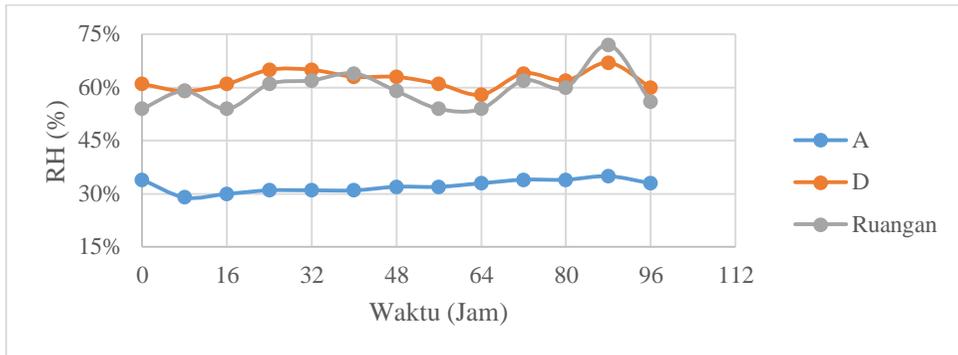
Pada hasil uji TPC untuk minggu ke-6, terdapat 11 dari 18 data yang termasuk dalam kategori TFTC. Data yang diambil merupakan data pengenceran 10⁻¹, dimana merupakan pengenceran terendah dari uji awal.

Selain pengambilan data jumlah koloni bakteri dan bilangan asam, terdapat pendataan kelembaban relatif dan temperatur yang diambil secara sistematis setiap 8 jam selama 4 hari. Pengambilan data selama 96 jam dimulai dari hari senin pada jam 14:00 WIB hingga hari jum'at pada jam 14:00 WIB. Data diambil pada jam 06:00, 14:00, dan 22:00 setiap harinya selama 4 hari. Sensor diletakkan pada lubang ventilasi untuk setiap tangkinya dan untuk sensor ruangan diletakkan di atas tangki sesuai dengan Gambar 4.16 tanpa sensor diatas silinder gel silika serta silinder dalam keadaan tertutup. Data kelembaban ini dirangkum pada Tabel 4.10.

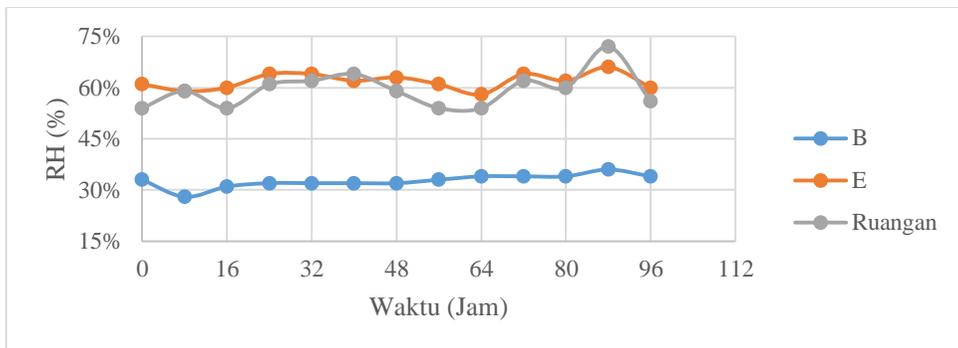
Tabel 4.10 Data Kelembaban Relatif dan Temperatur Eksperimen

Jam	Kode Tangki												Ruangan	
	A		D		B		E		C		F		RH	T (deg.C)
	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)		
0	34%	27.9	61%	28.2	33%	27.9	61%	28.1	35%	27.9	61%	28.3	54%	27.4
8	29%	27.0	59%	27.4	28%	27.1	59%	27.5	31%	27.1	59%	27.6	59%	26.9
16	30%	26.2	61%	26.6	31%	26.3	60%	26.7	32%	26.3	61%	26.8	54%	25.8
24	31%	28.0	65%	28.5	32%	28.1	64%	28.5	32%	28.1	64%	28.6	61%	27.4
32	31%	26.2	65%	26.7	32%	26.3	64%	26.7	33%	26.5	64%	26.8	62%	25.5
40	31%	27.0	63%	27.2	32%	27.0	62%	27.3	32%	27.1	63%	27.4	64%	26.7
48	32%	28.0	63%	28.5	32%	28.2	63%	28.7	32%	28.3	63%	28.7	59%	27.4
56	32%	25.5	61%	26.0	33%	25.5	61%	26.1	34%	25.1	61%	26.1	54%	24.6
64	33%	26.1	58%	26.6	34%	26.1	58%	26.5	34%	26.2	58%	26.5	54%	25.7
72	34%	29.0	64%	29.4	34%	29.0	64%	29.4	34%	29.1	63%	29.4	62%	28.6
80	34%	27.1	62%	27.5	34%	27.1	62%	27.5	35%	27.2	62%	27.5	60%	26.4
88	35%	27.5	67%	27.6	36%	27.5	66%	27.9	37%	27.6	66%	27.9	72%	27.2
96	33%	27.4	60%	28.5	34%	28.0	60%	28.5	34%	28.7	60%	28.5	56%	27.4

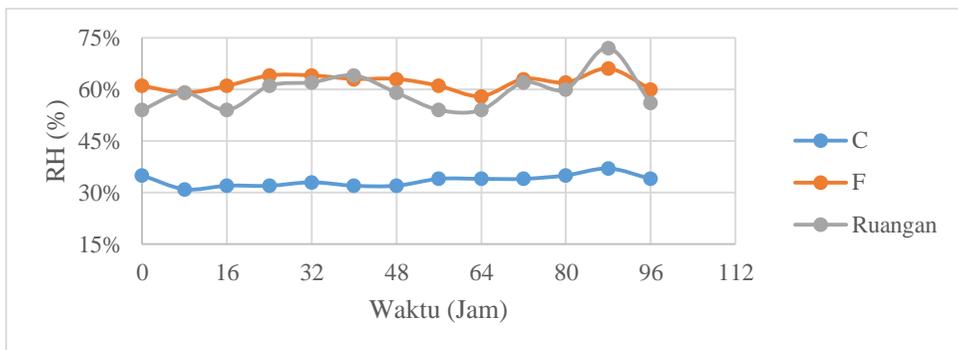
Dari Tabel 4.10, Data kelembaban untuk tangki berisi B30 (A dan D) digambarkan pada Gambar 4.12, untuk tangki berisi B40 (B dan F) pada Gambar 4.13, dan untuk tangki berisi B50 (C dan F) pada Gambar 4.14. Kelembaban terendah terjadi pada 8 jam pengambilan data dengan kelembaban relatif 28% pada tangki uji B.



Gambar 4.12 Grafik Kelembaban B30.



Gambar 4.13 Grafik Kelembaban B40.



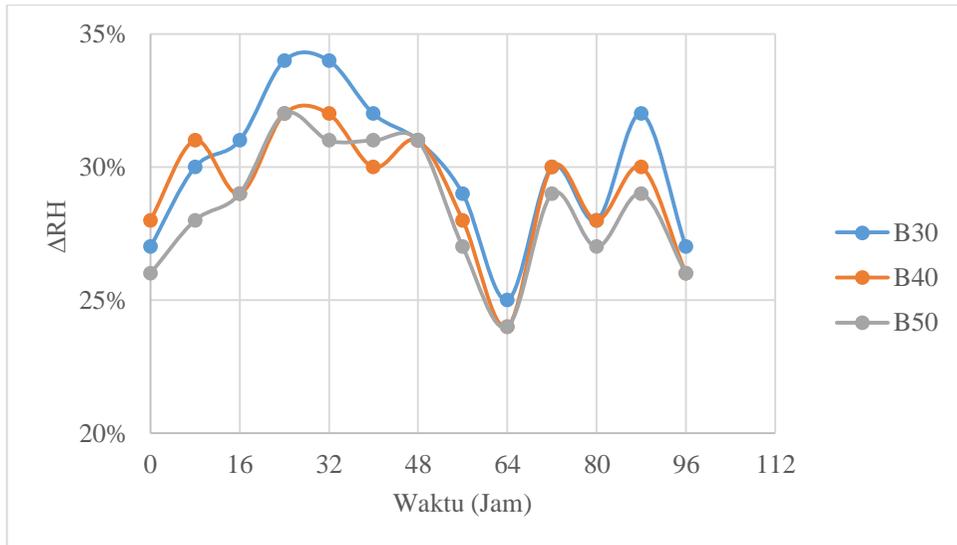
Gambar 4.14 Grafik Kelembaban B50.

Grafik pada Gambar 4.12, Gambar 4.13, Gambar 4.14 memperlihatkan bahwa Kelembaban relatif pada tangki uji semakin meningkat seiring dengan tingkat kejenuhan gel silika. Pada awal pengambilan data (pada 0 jam) kelembaban relatif tangki uji lebih tinggi dibanding pada 8 jam pengambilan data dikarenakan gel silika baru dilakukan pemanasan 1 jam sebelum pengambilan data, dimana penyerapan belum maksimal hingga 8 jam pengambilan data. Dokumentasi selengkapnya terdapat pada Lampiran 4. Tangki uji dengan perlakuan gel silika (A, B, C) memiliki kelembaban lebih rendah dibanding dengan kelembaban ruangan dan tangki kontrol (D, E, F). Pengambilan data kelembaban dilakukan pada ruangan dengan *Air Conditioner* sehingga kelembaban ruangan terjaga antara 55% hingga 65%.

Untuk memperjelas perbedaan kelembaban antara tangki uji dan tangki kontrol, maka dilakukan pengurangan antara kelembaban relatif pada tangki uji dan tangki kontrol. Hasil pengurangan ini didefinisikan sebagai perbedaan kelembaban relatif yang disimbolkan sebagai “ ΔRH ”. Data perbedaan kelembaban relatif dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan digambarkan dengan grafik pada Gambar 4.15.

Tabel 4.11 Data Perbedaan Kelembaban Relatif

Jam	ΔRH		
	B30	B40	B50
0	27%	28%	26%
8	30%	31%	28%
16	31%	29%	29%
24	34%	32%	32%
32	34%	32%	31%
40	32%	30%	31%
48	31%	31%	31%
56	29%	28%	27%
64	25%	24%	24%
72	30%	30%	29%
80	28%	28%	27%
88	32%	30%	29%
96	27%	26%	26%



Gambar 4.15 Grafik Perbedaan kelembaban relatif.

Dari tabel 4.11, Perbedaan kelembaban tertinggi terjadi pada 24 dan 32 jam pengambilan data dengan perbedaan 34% pada tangki berisi B30. Perbedaan kelembaban terendah terjadi pada 64 jam pengambilan data dengan perbedaan 24% pada tangki berisi B40 dan B50. Perbedaan kelembaban pada tangki berisi B30 cenderung lebih tinggi dibanding tangki berisi B40, dan Perbedaan kelembaban pada tangki berisi B40 cenderung lebih tinggi dibanding tangki berisi B50. Dapat disimpulkan bahwa semakin rendah kadar biodiesel, maka perbedaan kelembaban antara tangki uji dan tangki kontrol akan semakin tinggi.

Sesuai Pra-Eksperimen IV dengan desain pada Gambar 4.11, proses pengeringan dilakukan pada gel silika yang telah jenuh. Pengambilan data diambil untuk memastikan proses pengeringan telah sesuai dengan hasil Pra-Eksperimen IV. Pengambilan data pengeringan dilakukan pada skenario gel silika yang telah jenuh (berwarna merah muda) dengan kondisi eksperimen, tangki terisi dengan bahan bakar sesuai variabel kadar biodiesel. Peletakkan sensor sesuai dengan Gambar 4.16, dimana sensor diletakkan pada atas silinder gel silika, lubang ventilasi, dan diatas tangki.



Gambar 4.16 Contoh Penempatan Sensor.

Data kelembaban (RH) dan temperatur (Temp.) pengeringan dapat dilihat pada Tabel 4.12 untuk tangki uji A, Tabel 4.13 untuk tangki uji B, dan Tabel 4.14 untuk tangki uji C. Selanjutnya, data dari ketiga tangki akan dirata-rata untuk setiap hasilnya pada Tabel 4.15. Proses pengeringan dilakukan dari jam 09:45 hingga 11:45. Data pada jam 14:00 merupakan data pertama Tabel 4.10.

Tabel 4.12 Data Pengeringan Tangki uji A

Jam	Lokasi Sensor					
	Atas Silinder		Luar Tangki		Dalam Tangki	
	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)
09:45			58%	27.8	56%	28.1
10:15	87%	29.9	57%	28.2	52%	41.4
10:45	84%	29.5	54%	28.2	67%	36.6
11:15	79%	29.7	50%	28.1	54%	42.1
11:45	79%	28.6	49%	27.4	57%	44.1
14:00			54%	27.4	34%	27.9

Tabel 4.13 Data Pengeringan Tangki uji B

Jam	Lokasi Sensor					
	Atas Silinder		Luar Tangki		Dalam Tangki	
	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)
09:45			59%	27.9	56%	28.1
10:15	71%	29.5	56%	28.5	54%	40
10:45	89%	30.1	54%	28.4	51%	42
11:15	85%	30.2	51%	28.3	37%	46
11:45	80%	29	49%	27.5	40%	48
14:00			54%	27.4	33%	28

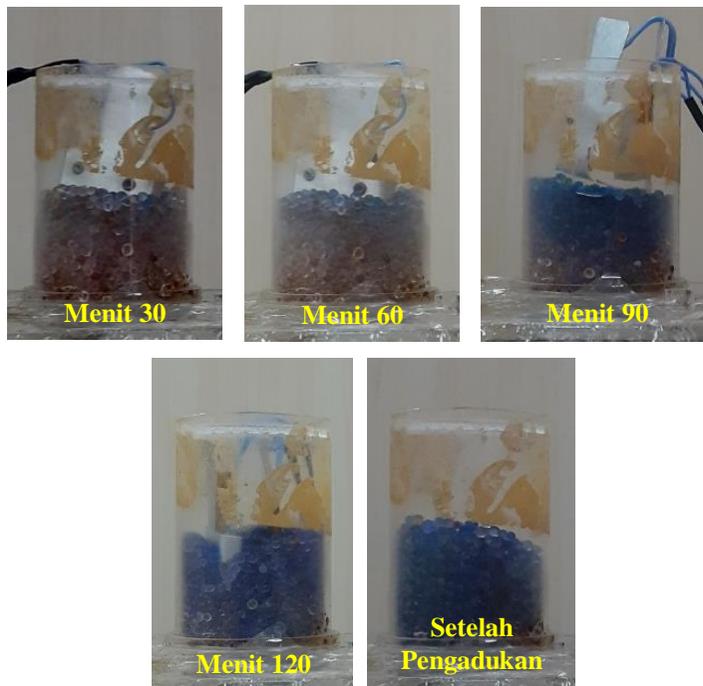
Tabel 4.14 Data Pengeringan Tangki uji C

Jam	Lokasi Sensor					
	Atas Silinder		Luar Tangki		Dalam Tangki	
	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)
09:45			59%	27.9	53%	28.2
10:15	81%	30.1	56%	28.7	37%	44.6
10:45	85%	30.5	54%	28.7	42%	44.3
11:15	85%	30.5	51%	28.4	29%	47.3
11:45	81%	29.5	47%	27.7	32%	48.5
14:00			54%	27.4	35%	27.9

Tabel 4.15 Data Rata-Rata Proses pengeringan

Menit	Lokasi Sensor					
	Atas Silinder		Luar Tangki		Dalam Tangki	
	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)	RH	T (deg.C)
0			59%	27.9	55%	28.1
30	80%	29.8	56%	28.5	48%	42.0
60	86%	30.0	54%	28.4	53%	41.0
90	83%	30.1	51%	28.3	40%	45.1
120	80%	29.0	48%	27.5	43%	47.0
255			54%	27.4	34%	27.9

Dari tabel 4.15, kelembaban pada sensor diatas silinder gel silika tinggi dikarenakan kandungan air pada gel silika menguap seiring dengan pengeringan. Kelembaban didalam tangki menurun dan kelembaban pada sensor diatas tangki juga menurun. Hal ini disebabkan sensor yang semula digunakan untuk mengukur kelembaban ruangan diletakkan berdekatan dengan lubang ventilasi, sehingga terpengaruh dengan udara kering dari dalam tangki. Kondisi dalam tangki semakin kering hingga menit ke 255 (135 menit setelah pemanasan), dimana data diambil saat jam 14:00 dan merupakan data pertama Tabel 4.10. Pemanasan dilakukan selama 120 menit sesuai metode pada Pra-Eksperimen IV. Gambar perubahan gel silika saat menit ke-0 hingga ke-120 dapat dilihat pada rangkaian Gambar 4.17. Setelah gel silika mengalami pengeringan selama 120 menit, dilakukan pengadukan untuk meratakan komposisi gel silika jenuh dan tak jenuh. Dokumentasi selengkapnya terdapat pada Lampiran 5.



Gambar 4.17 Perubahan Gel Silika pada Pengeringan saat Eksperimen.

4.4. Analisis Data Eksperimen

4.4.1 Analisis Bilangan Asam

Data uji bilangan asam pada Tabel 4.6 akan diubah menjadi persentase perubahan bilangan asam dengan membandingkan bilangan asam diawal dan diakhir penelitian dengan Persamaan (5).

$$\%TAN = TAN1/TAN0 \quad (5)$$

Keterangan : TAN0 = Bilangan Asam Awal (mgKOH/gr)
TAN1 = Bilangan Asam Akhir (mgKOH/gr)
% TAN = Persentase Perubahan Bilangan Asam (%)

Dari data persentase perubahan bilangan asam, selanjutnya dilakukan pengurangan antara persentase perubahan bilangan asam pada tangki dengan perlakuan (A, B, C) dan persentase perubahan bilangan asam tangki kontrol (D, E, F) untuk menemukan perbedaan persentase perubahan bilangan asam. Nilai perbedaan persentase perubahan bilangan asam selanjutnya didefinisikan sebagai performa gel silika dengan Persamaan (6) sebagai berikut:

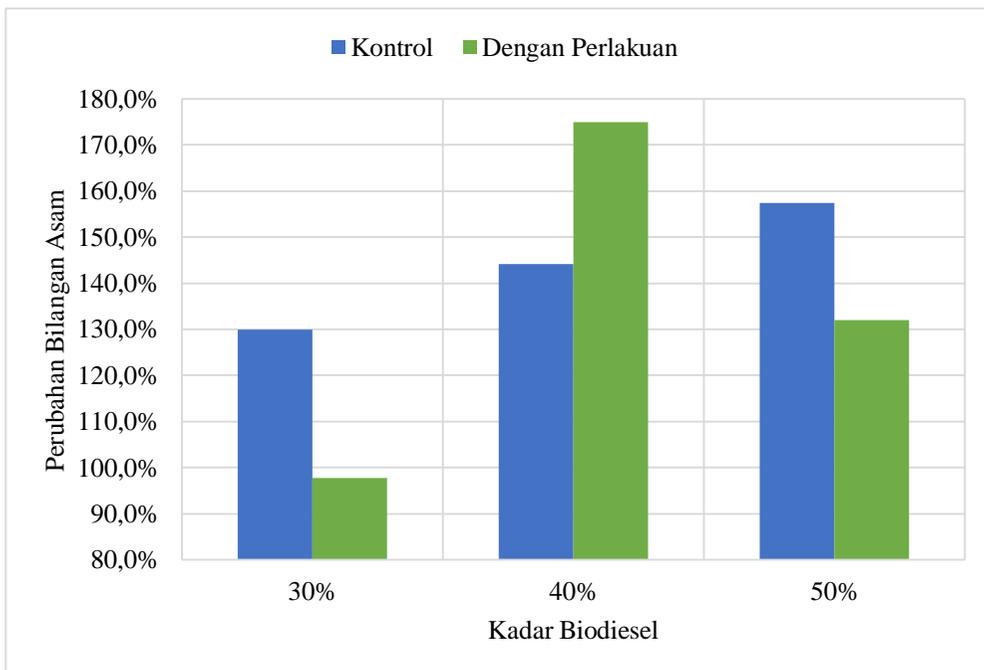
$$X = \%TAN1 - \%TAN0 \quad (6)$$

Keterangan : %TAN0 = Persentase Perubahan Bilangan Asam Kontrol (%)
%TAN1 = Persentase Perubahan Bilangan Asam Dengan Perlakuan (%)
X = Performa Gel Silika (%)

Berikut penjabaran data dari kalkulasi persamaan (5) dan (6) berupa persentase perubahan bilangan asam serta performa gel silika pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Data Perubahan Bilangan Asam dan Performa Gel Silika

Kode	Keterangan	Persentase Perubahan Bilangan Asam	Performa Gel Silika
A	B30 dengan perlakuan	97.7%	-32.2%
D	B30 Kontrol	129.8%	
B	B40 dengan perlakuan	174.9%	30.8%
E	B40 Kontrol	144.1%	
C	B50 dengan perlakuan	132.0%	-25.4%
F	B50 Kontrol	157.4%	



Gambar 4.18 Grafik Persentase Perubahan Bilangan Asam.

Gambar 4.18 berisi penggambaran grafik data persentase perubahan bilangan asam dari Tabel 4.16. Dari Gambar 4.18, terlihat bahwa perlakuan gel silika berhasil menurunkan laju degradasi pada 2 dari 3 variabel kadar campuran

biodiesel. Laju degradasi dengan parameter perubahan bilangan asam diturunkan sebesar 32.2% pada B30, dan 25.4% pada B50. Terjadi peningkatan laju degradasi pada B40 sebesar 30.8%.

Penurunan laju degradasi disebabkan oleh lebih rendahnya kelembaban relatif didalam tangki, sehingga rendah terjadinya reaksi hidrolisis antara bahan bakar dengan udara lembab serta aktivitas bakteri pengurai minyak (biodegradasi) (Pullen, 2012). Selain hidrolisis, terjadi juga proses biodegradasi akibat aktivitas mikroba.

Dari penelitian mengenai biodegradasi, biodiesel dapat terdegradasi 80.4% hingga 91.2% dalam 30 hari. Sedangkan untuk bahan bakar diesel konvensional hanya terdegradasi secara biologis sebesar 24.5% dalam kondisi dan durasi yang sama. Laju biodegradasi pada biodiesel dapat dikatakan hampir 4 kali lebih cepat dibanding minyak diesel konvensional (Demirbaş, 2008).

Minyak solar atau minyak diesel konvensional mengandung Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Komponen aromatik dalam minyak sukar didegradasi dari pada komponen alifatik sehingga membutuhkan gabungan konsorsium bakteri pendegradasi minyak untuk meningkatkan biodegradasinya, dimana 30 % komponen penyusun solar merupakan senyawa aromatik yang bersifat toksik dan karsinogenik (Marchal, 2003). Namun untuk biodiesel murni diperkirakan tidak mengandung senyawa aromatik dan sangat sedikit sulfur (Sudarmanta, 2008).

Fenomena pada B40 disinyalir adanya kesalahan ukur pada sampel tangki B (B40 dengan perlakuan). Data pada variabel kontrol telah sesuai dengan sifat biodiesel yang lebih rentan degradasi dibanding bahan bakar solar, sehingga semakin tinggi kadar biodiesel akan semakin tinggi laju degradasi yang ditandai oleh peningkatan bilangan asam. (Tang, 2008). Kesalahan ukur disini berupa faktor sampel yang kurang homogen. Sampel diambil sebanyak 40 ml dari 2 liter bahan bakar disetiap tangkinya. Sampel yang diambil merupakan perwakilan dari kondisi keseluruhan biodiesel pada tangki. Mengingat proses degradasi pada biodiesel tidak berlangsung secara bersamaan melainkan partial. Kondisi tangki

yang tidak homogen dapat menyebabkan hasil pengujian tidak akurat dikarenakan sampel tidak dapat mewakili kondisi biodiesel keseluruhan di dalam tangki.

4.4.2 Analisis Kelimpahan Bakteri

Tabel 4.17. berisi rangkuman data uji jumlah koloni bakteri dari uji awal hingga minggu ke-6 pada pengenceran 10^{-1} yang telah dikalkulasi menggunakan Persamaan (1). Mayoritas data yang didapatkan merupakan kategori TFTC. Data diekspresikan dalam Penelitian 1 angka didepan tanda koma.

Tabel 4.17 Data Uji Jumlah Koloni Bakteri pada Biodiesel

Kode Tangki	Keterangan	Total Plate Count (cfu/ml)		
		Awal	Minggu III	Minggu VI
A	B30 dengan gel silika	1×10^1	2×10^1	5×10^1
B	B40 dengan gel silika	2×10^1	1×10^1	6.5×10^2
C	B50 dengan gel silika	0	0	4×10^1
D	B30	1×10^1	0	1.18×10^3
E	B40	2×10^1	1×10^1	1.06×10^3
F	B50	0	2×10^1	4×10^1

Selanjutnya data jumlah koloni bakteri pada Tabel 4.17 akan diubah menjadi data perbedaan jumlah koloni bakteri dengan mengurangi jumlah koloni diminggu 6 dan diawal penelitian yang diekspresikan dalam Persamaan (7).

$$\Delta OCD = OCD1 - OCD0 \quad (7)$$

Keterangan : $OCD0$ = Jumlah Koloni Bakteri Awal (CFU/ml)

OCD1 = Jumlah Koloni Bakteri Akhir (CFU/ml)
 Δ OCD = Perbedaan Jumlah Koloni Bakteri (CFU/ml)

Dari hasil Persamaa (7), selanjutnya perbedaan Jumlah koloni Bakteri dibandingkan secara persentase antara tangki dengan perlakuan (A, B, C) dengan tangki kontrol (D, E, F) dengan Persamaan (8) sebagai berikut:

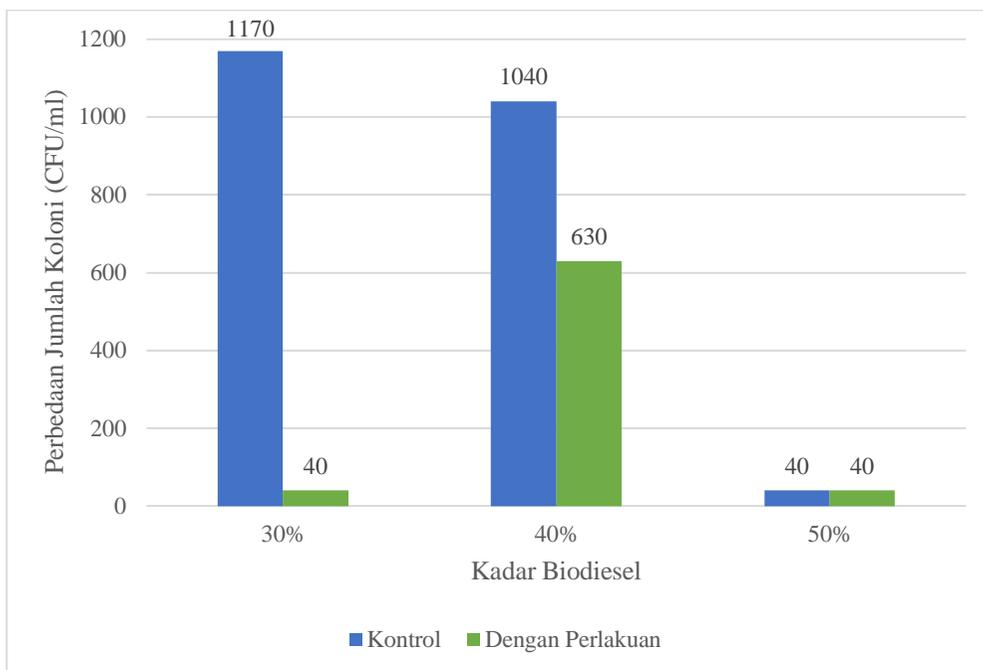
$$Z = 1 - \frac{\Delta OCD1}{\Delta OCD0} \tag{8}$$

Keterangan : Δ OCD0 = Perbedaan Jumlah Koloni Bakteri Tangki Kontrol (CFU/ml)
 Δ OCD1 = Perbedaan Jumlah Koloni Bakteri Tangki dengan Perlakuan (CFU/ml)
Z = Perbandingan Perlakuan dan Kontrol (%)

Penjabaran dari hasil data yang telah dikalkulasi pada persamaan (7) dan (8) berupa perbedaan jumlah koloni bakteri serta persentase perbandingan jumlah koloni bakteri dapat diamati pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Data Perbedaan dan Perbandingan Jumlah Koloni Bakteri

Kode	Keterangan	Perbedaan Jumlah Koloni Bakteri (CFU/ml)	Perbandingan Perlakuan dan Kontrol
A	B30 dengan perlakuan	40	96.6%
D	B30 Kontrol	1170	
B	B40 dengan perlakuan	630	39.4%
E	B40 Kontrol	1040	
C	B50 dengan perlakuan	40	0%
F	B50 Kontrol	40	



Gambar 4.19 Grafik Perubahan Jumlah Koloni Bakteri.

Dari Gambar 4.19, perlakuan gel silika berhasil menurunkan jumlah koloni bakteri pada 2 dari 3 variabel kadar campuran biodiesel, dengan 1 variabel tidak terjadi perubahan. Dari Tabel 4.18, Gel silika berhasil menurunkan perubahan koloni bakteri sebesar 96.6% pada B30, 39.4% pada B40, namun tidak terjadi perubahan pada B50. Kehidupan bakteri menurun drastis bersamaan dengan turunnya kelembaban relatif lingkungan. Pada kelembaban 20% hingga 30% terjadi peningkatan laju kematian bakteri, dimana pada eksperimen kelembaban relatif tangki dengan perlakuan dapat mencapai 28% (Bateman, 1961).

Rendahnya aktifitas bakteri pada kadar campuran 50% (B50) baik pada tangki kontrol (F) maupun dengan perlakuan (C) diperkirakan karena jumlah koloni bakteri awal tidak ada atau tidak terbentuk (lihat Tabel 4.17). Bakteri pada kondisi awal setelah pencampuran disinyalir adalah bakteri bawaan solar murni berupa Dex Lite, dimana terdapat beberapa jenis bakteri yang dapat bertahan hidup dan menguraikan bahan bakar solar seperti *Bacillus sp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Alkaligenes faecalis*. *P. aeruginosa* (Hasyimuddin, 2016).

Biodiesel yang dibuat dari methanol dan telah melalui proses pengeringan hingga 130 °C, diperkirakan minim kelimpahan bakteri . Biodiesel dan campuran bahan bakar juga bukan merupakan sumber dari kontaminasi bakteri mikro (Zhang, 2011).

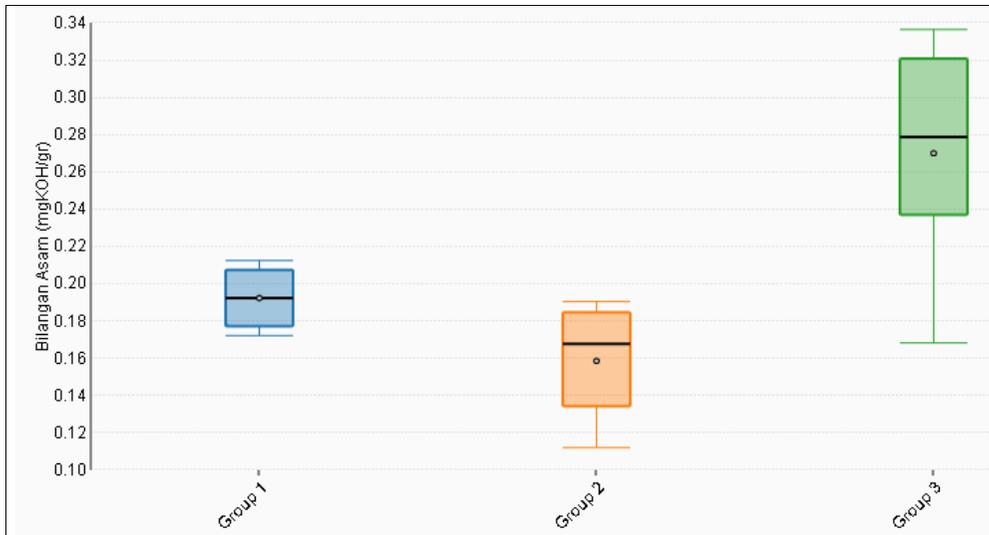
Selain rendahnya aktivitas bakteri pada tangki berisi B50 (C dan F), perbedaan kelembaban relatif antara tangki C dan tangki F juga cenderung paling rendah dibanding tangki berisi B30 (A dan D) dan tangki berisi B40 (B dan E) berdasarkan Gambar 4.15. Hal ini juga menyebabkan minimnya perbedaan jumlah mikroba antara tangki C dan F.

4.5. Pembuktian Statistika

Dari serangkaian hasil uji bilangan asam pada Tabel 4.6, pendekatan statistika diambil untuk membuktikan data yang diambil valid dan bukan merupakan outlier. Dengan metode *box plot / whisker diagram*, data dirangkum menjadi grafik pada Gambar 4.20 berdasarkan data Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Data Statistika Bilangan Asam

Data	Keterangan	Min	Q1	Median	Q3	Maks	IQR
Group 1	Uji Awal	0.172	0.177	0.192	0.207	0.212	0.030
Group 2	Minggu III	0.112	0.134	0.168	0.185	0.190	0.051
Group 3	Minggu VI	0.168	0.237	0.279	0.321	0.336	0.084



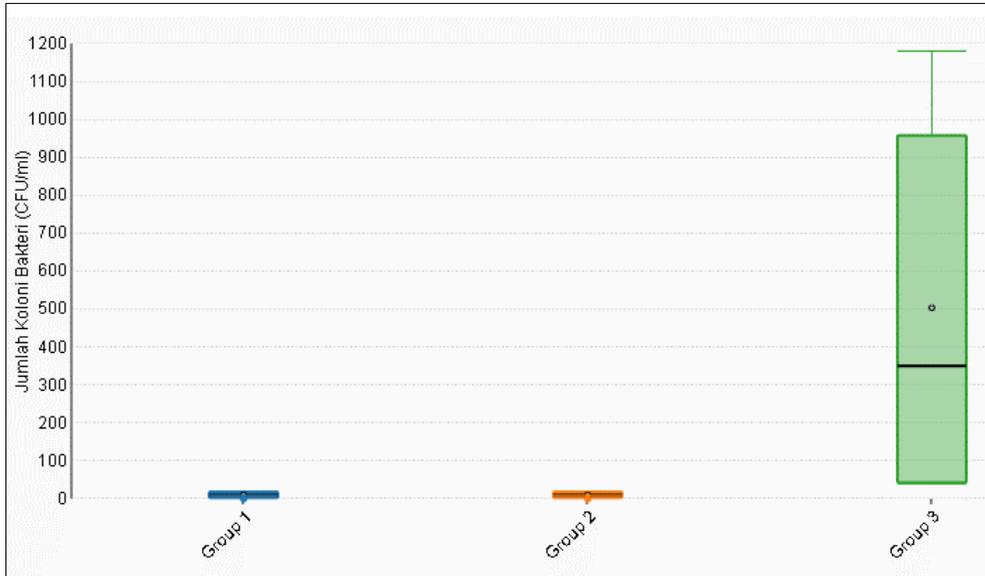
Gambar 4.20 Diagram Whisker Data Bilangan Asam.

Diagram dibuat dengan menentukan data Kuartil Bawah (Q1), Median, Kuartil Atas (Q3), data terkecil dan terbesar. Sebuah data dapat dikatakan outlier jika diatas nilai Q3 ditambah 150% *Inner Quatile Range* (IQR) atau dibawah Q1 dikurangi 150% *Inner Quatile Range* (IQR). IQR sendiri merupakan nilai antara Q1 dan Q3 ($Q3 - Q1$). Dari Gambar 4.20 tidak ditemukan suatu outlier dari awal pengujian hingga minggu ke-6, sehingga data bilangan asam dapat dikatakan valid secara statistika.

Hasil uji jumlah koloni bakteri pada Tabel 4.17 juga dilakukan pendekatan statistika untuk membuktikan data yang diambil valid dan bukan merupakan outlier. Dengan metode *box plot / whisker diagram*, data dirangkum menjadi grafik pada Gambar 4.21 berdasarkan data Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Data Statistika Jumlah Koloni Bakteri

Data	Keterangan	Min	Q1	Median	Q3	Maks	IQR
Group 1	Uji Awal	0	2.5	10	17.5	20	15
Group 2	Minggu III	0	2.5	10	17.5	20	15
Group 3	Minggu VI	40	42.5	350	957.5	1180	915



Gambar 4.21 Diagram *Whisker* Data Jumlah Koloni Bakteri.

Dari data jumlah koloni bakteri pada Gambar 4.21 tidak ditemukan suatu outlier dari awal pengujian hingga minggu ke-6, sehingga data bilangan asam dapat dikatakan valid secara statistika.

4.6. Pembuktian Hipotesis

Tabel 4.21 Pembuktian Hipotesis

No	Hipotesis	1	0
1	Penggunaan gel silika pada tangki biodiesel akan menurunkan laju degradasi biodiesel dengan parameter turunnya Bilangan Asam.	√	
2	Penggunaan gel silika pada tangki biodiesel akan menurunkan jumlah bakteri pada biodiesel.	√	
3	Penurunan laju degradasi akan semakin tinggi pada campuran dengan kadar biodiesel paling tinggi, dimulai dari terendah B30, B40, dan B50.		√

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan gel silika pada tangki bahan bakar dapat mengurangi laju degradasi dengan parameter perubahan bilangan asam biodiesel sebesar 32.2% pada B30, 25.4% pada B50, namun terjadi peningkatan pada B40 sebesar 30.8%. Perlakuan gel silika berhasil menurunkan bilangan asam pada 2 (B30 dan B50) dari 3 (B30, B40, dan B50) variabel kadar campuran biodiesel.
2. Penggunaan gel silika dapat menurunkan perubahan koloni bakteri sebesar 96.6% pada B30, 39.4% pada B40, namun tidak terjadi perubahan pada B50. Perlakuan gel silika berhasil menurunkan perubahan koloni bakteri pada 2 (B30 dan B40) dari 3 (B30, B40, dan B50) variabel kadar campuran biodiesel.
3. Performa gel silika dalam mengurangi laju degradasi tidak berhubungan dengan kadar campuran biodiesel. Performa gel silika terbaik terjadi pada kadar biodiesel terendah, yaitu B30 dengan penurunan laju degradasi sebesar 32.2%. Pada B50 terjadi penurunan sebesar 25.4% dan pada campuran B40 terjadi peningkatan sebesar 30.8%.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapat beberapa saran untuk penelitian sejenis kedepannya :

1. Diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh besarnya volume gel silika yang digunakan dan luasan interaksi antara gel silika dengan udara dalam tangki. Berdasarkan fenomena pada grafik Gambar 4.15, semakin tinggi kadar biodiesel tercampur, maka perbedaan kelembaban antara tangki uji dan tangki kontrol akan semakin rendah.
2. Dilakukan pengulangan untuk setiap pengujian untuk meningkatkan akurasi data.
3. Dibuatnya sistem otomasi untuk kontrol kelembaban dan pengeringan pada setiap tangki untuk menjaga kelembaban pada tangki agar relatif konstan dibawah 30%.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ali A. 2005. **Mikrobiologi Dasar**. Makassar: Universitas Negeri Makassar Press.
- Anggit, I. 2019. **B20 Masih Ada Catatan , Industri Tambang Berat ke B30**. CNB Indonesia, <URL: <https://www.cnbindonesia.com/news/20181206133451-4-45234/b20-masih-ada-catatan-industri-tambang-berat-ke-b30> [Diakses 20 Aug. 2019]>.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. **Mutu dan Metode Uji Minyak Nabati Murni Untuk Bahan Bakar Motor Diesel Putaran Sedang**. Standar Nasional Indonesia (SNI) 7431:2015. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. **Syarat Mutu Biodiesel**. Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015. Jakarta: BSN.
- Bateman J.B, McCaffrey P. A., O'Connor R. J., Monk G. W. 1961. **Relative Humidity and the Killing of Bacteria**. Maryland: U. S. Army Chemical Corps.
- Bouaid A, Martinez M, Aracil J. 2009. "Production of Biodiesel from Bioethanol and Brassica Carinata Oil: Oxidation Stability Study". **Bioresource Technology**;100(7):2234–9.
- Creswell, John W. 2003. **Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, Second Edition**. California: Sage Publication.
- Demirbaş A. 2008. "Biodegradability of Biodiesel and Petrodiesel Fuels". **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**; 31:2, 169-174. DOI: 10.1080/15567030701521809
- Hasyimuddin, Djide M.N., Samawi M. F. 2016. "Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Dari Perairan Teluk Pare-Pare". **Biogenesis**; 04(1), pp. 41-46. ISSN 2302-1616.
- Indonesian Oil Palm Research Institute. 2003. **Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit dan Produk Turunannya**. Medan (ID): IOPRI Pr.
- Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. 2008. **Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain**. Jakarta (ID): Kementerian ESDM.
- Kusuma, H. 2019. **Jokowi: Akhir 2020 Kita Loncat ke B50**. Detik Finance, <URL: <https://finance.detik.com/energi/d-4662463/jokowi-akhir-2020-kita-loncat-ke-b50>>.
- Marchal, R., Penet S., Serena, F.S., Vandecastelle, J.P. 2003. "Gasoline and Diesel Oil Biodegradation". **Oil and Gas Science and Technology Review**, 58: 441–448.
- Marlina, N. 2006. **Masa Pemakaian Silika Gel Sebagai Desikan Pada Penentuan Kadar Air**. Balai Penelitian Ternak, Bogor.

- Monyem, A. and Gerpen, J. 2000. "The Effect of Biodiesel Oxidation on Engine Performance and Emissions". **Biomass and Bioenergy**, 20(4), pp.317-325.
- Leboffe, M.J., Pierce B.E. 2014. **Microbiology Laboratory Theory & Application**. Sad Diego: Morton Publishing.
- Muzaffar, R.C. 2019. **Analisis Teknis Penggunaan Silica Gel Pada Storage Fuel Tank untuk Mengurangi Laju Degradasi Biodiesel di Kapal**. Surabaya: ITS.
- Obed M., Ali and R., Mamat and Nik R., Abdullah and Abdul Adam, Abdullah 2015. "Analysis of Blended Fuel Properties and Engine Performance with Palm Biodiesel-diesel Blended Fuel". **Renewable Energy**, 86. pp. 59-67. ISSN 0960-1481.
- Pullen, J & Seed, K. 2012. "An Overview of Biodiesel Oxidation Stability". **Renewable and Sustainable Energy Reviews**.
- Salvi, Dr. B.L. & Panwar, N.L.. 2012. "Biodiesel resources and production technologies – A review". **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 16. 3680–3689.
- Silviana S., and L. Buchori. 2015. "Efek Penyimpanan Biodiesel Berdasarkan Studi Kajian Degradasi Biodiesel CPO". **Reaktor**, vol. 15, no. 3, pp. 148-153.
- Sudarmanta B., Sungkono D, Rachimoellah M., Winardi S. 2008. "Pengaruh Penambahan Biodiesel Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Motor Diesel Pada Derajat Waktu Injeksi Advanced". **Jurnal Industri**. 7. 76-86.
- Tang H, Abunasser N, Wang A, Clark BR, Wadumesthrige K, Zeng S, Kim M, Salley SO, Hirschlieb G, Wilson J, Ng KYS. 2008. "Quality survey of biodiesel blends sold at retail stations". **Fuel** 2008;87(13–14):2951–5.
- Thoai, D., Photaworn, S., Kumar, A., Prasertsit, K., & Tongurai, C. (2017). **A Novel Chemical Method for Determining Ester Content in Biodiesel**. International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies. 2017 AEDCEE. Bangkok.
- Widyastuti, R. 2019. **Arcandra Yakin Biodiesel Bisa jadi Solusi Defisit Perdagangan**. Tempo. <URL: <https://bisnis.tempo.co/read/1236453/arcandra-yakin-biodiesel-bisa-jadi-solusi-defisit-perdagangan>>.
- Zang T, Chao Y, Liu N, Thompson J, Garcia M, Brian B, Gerpen J, Chen S. 2011. "Case Study of Biodiesel-Diesel Blends as a Fuel in Marine Environment". **Advances in Chemical Engineering and Science** 2011;1(65–71).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji Karakteristik Awal B100

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Muhammad Faizur Rijal
Alamat Pemilik : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Nama Contoh : **Biodiesel Kelapa Sawit** Tanggal Terima : 07 Nop 2019
Deskripsi : Bentuk : ~~Padat~~/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 12 Nop 2019
Contoh Volume : - Tanggal Selesai Pengujian : 14 Nop 2019
Kemasan : Plastik Jumlah Contoh : 1
Kode Contoh : **EN-55**

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1.	Biodiesel Kelapa Sawit	<i>Cetane Number</i>	0,0	-	IKA/LEL-ITS/Octane-cetane Analizer
		<i>Cloud Point</i>	15	°C	ASTM D 2500

Catatan : Untuk Angka Cetane Range Pengujiannya 20-100, Jika hasil pembacaan menunjukkan angka 0,0 Kemungkinan Nilai Cetane nya berada diluar Range Pengujiannya.

Suhu : 24,4 °C
Humidity : 39%
Analisis : WNN,DPS

Catatan:

1. Hasil pengujian hanya berlaku untuk sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya boleh diperbanyak secara utuh.

Kepala Laboratorium
Energi dan Lingkungan

Koordinator Teknis

Dr. Ir. Susianto, DEA
NIP. 19620820 198903 1 004

Vita Yuliana,S,Si
NIP. 1990201822404



LABORATORIUM TAKI
(Teknologi Air dan Konsultasi Industri)
Departemen Teknik Kimia FTI - ITS

Kampus ITS, Keputih - Sukolilo, Surabaya, Telp. 031-5922935
Fax. 031-5922935, E-mail : lab.taki@chem-eng.its.ac.id

KETERANGAN HASIL ANALISA

No. 23/LTAKI/XI/2019

Terima dari : **FAIZUR**
Sistem Perkapalan -ITS
Jenis contoh : Biodiesel kelapa sawit
Kode contoh : H
Uji : flash point, viskositas, ednsitas 25oc, Total acid number, total amine number
Diterima tgl. : 7 November 2019

Parameter	Satuan	Hasil analisa	Metode analisa
Flash point	°C	123	ASTM D-93
Viskositas 40°C	cSt	5.5	ASTM D-445
Densitas	kg/L	1,0078	ASTM D-1298
Total Acid Number	mL KOH/g	0,313	ASTM D-974

Keterangan :

- ◆ Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima



Surabaya, 12 November 2019

Siti Nurkhamidah, ST, MS, Ph.D
Kepala Laboratorium TAKI



LABORATORIUM TAKI
(Teknologi Air dan Konsultasi Industri)
Departemen Teknik Kimia FTI - ITS

Kampus ITS, Keputih - Sukolilo, Surabaya, Telp. 031-5922935
Fax. 031-5922935, E-mail : lab.taki@chem-eng.its.ac.id

KETERANGAN HASIL ANALISA

No. 46/LTAKI/XII/2019

Terima dari : **FAIZUR**
Sistem Perkapalan -ITS
Jenis contoh : B100
Kode contoh : -
Uji : Densitas 40°C
Diterima tgl. : 15 Desember 2019

Parameter	Satuan	Hasil analisa	Metode analisa
Densitas	g/mL	0,8711	Piknometri

Keterangan :

- ◆ Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima

Surabaya, 27 Desember 2019



Siti Nurrahman, ST, MS, Ph.D
Kepala Laboratorium TAKI

Lampiran 2. Uji Bilangan Asam / TAN (Total Acid Number)



LABORATORIUM TAKI (Teknologi Air dan Konsultasi Industri) Departemen Teknik Kimia FTI - ITS

Kampus ITS, Keputih - Sukolilo, Surabaya, Telp. 031-5922935
Fax. 031-5922935, E-mail : lab.taki@chem-eng.its.ac.id

KETERANGAN HASIL ANALISA

No. 42/LTAKI/XII/2019

Terima dari : **FAIZUR**
Sistem Perkapalan -ITS
Jenis contoh : Dextrite solar
Kode contoh : -
Uji : Total acid number
Diterima tgl. : 15 Desember 2019

Parameter	Satuan	Hasil analisa	Metode analisa
Total Acid Number	mL KOH/g	0,1118	ASTM D-974

Keterangan :

- ◆ Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima

Surabaya, 27 Desember 2019



Sti Nurkhana Adhah, ST, MS, Ph.D
Kepala Laboratorium TAKI



LABORATORIUM TAKI
(Teknologi Air dan Konsultasi Industri)
Departemen Teknik Kimia FTI - ITS

Kampus ITS, Keputih - Sukolilo, Surabaya, Telp. 031-5922935
Fax. 031-5922935, E-mail : lab.taki@chem-eng.its.ac.id

KETERANGAN HASIL ANALISA

No. 15/LTAKI/2020

Terima dari : **FAIZUR**
Sistem Perkapalan -ITS
Jenis contoh : Biodiesel kelapa sawit
Kode contoh : A, B, C, D, E, F
Uji : Total acid number
Diterima tgl. : 7 Januari 2020

Parameter	Satuan	Hasil analisa						Metode analisa
		A	B	C	D	E	F	
Total Acid Number	mL KOH/g	0,1682	0,3364	0,2803	0,2236	0,2771	0,3343	ASTM D-974

Keterangan :

- ◆ Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima

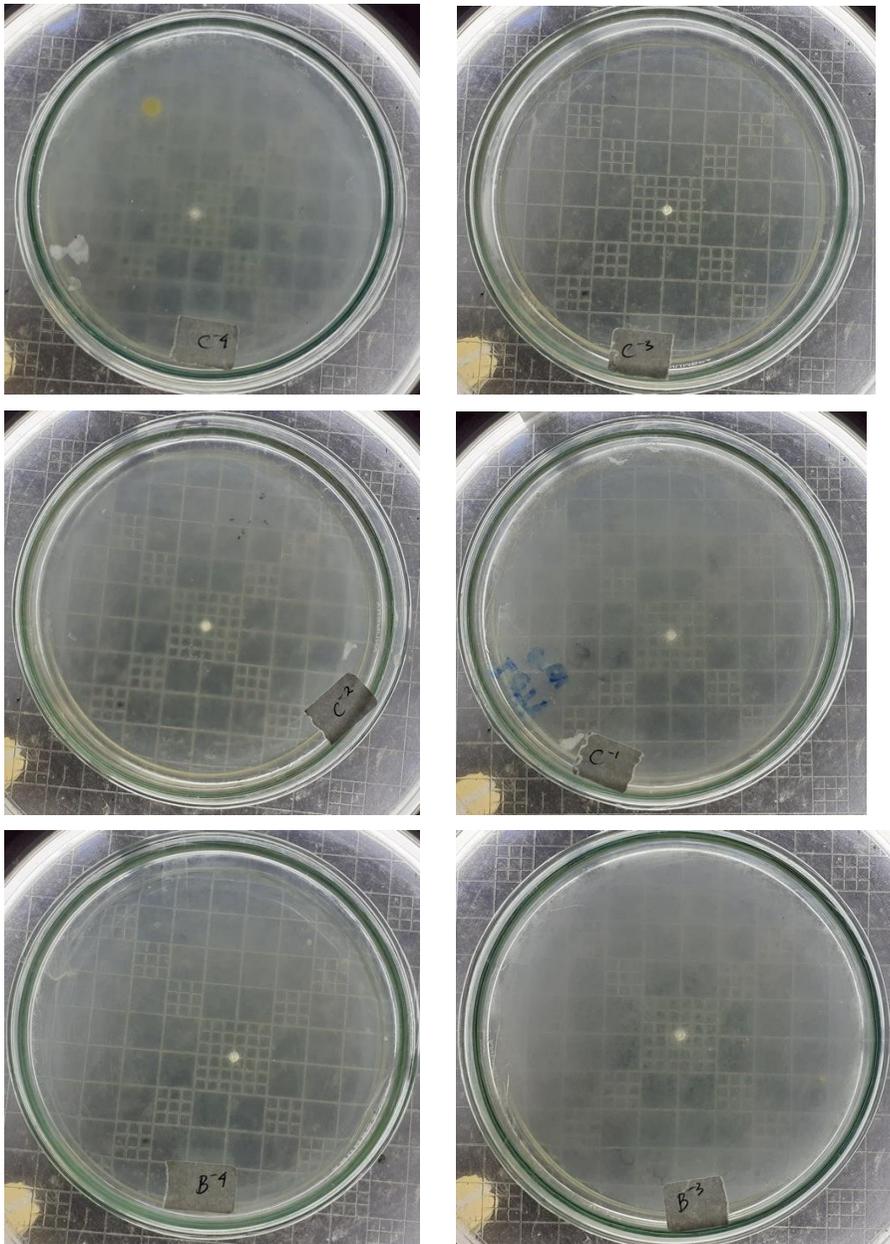
Surabaya, 9 Januari 2020

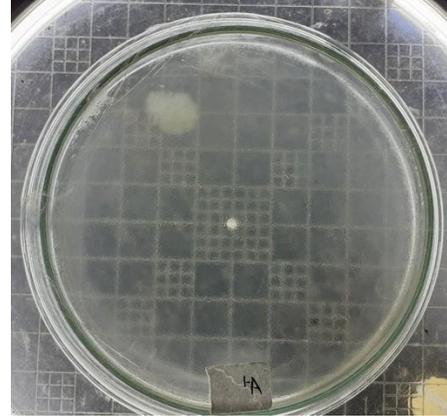
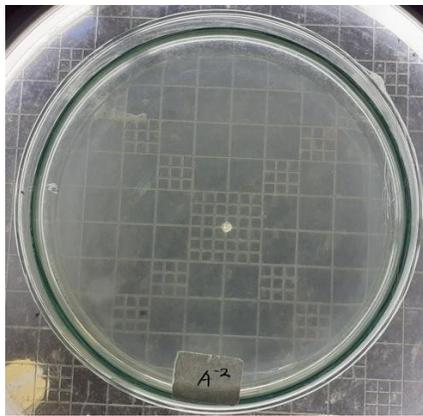
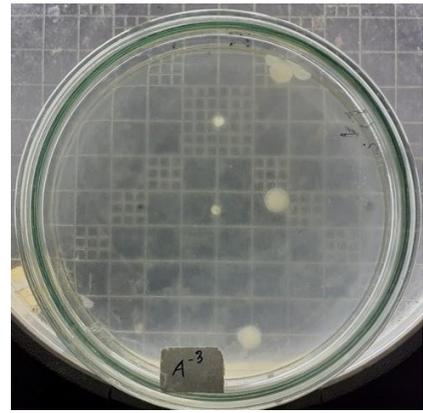
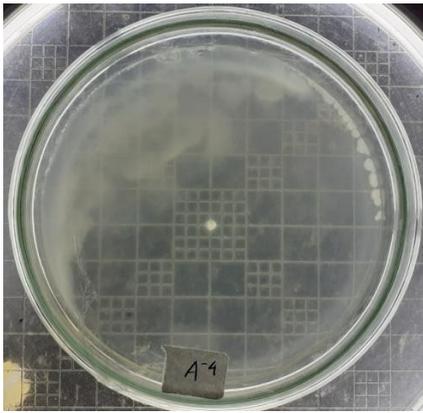
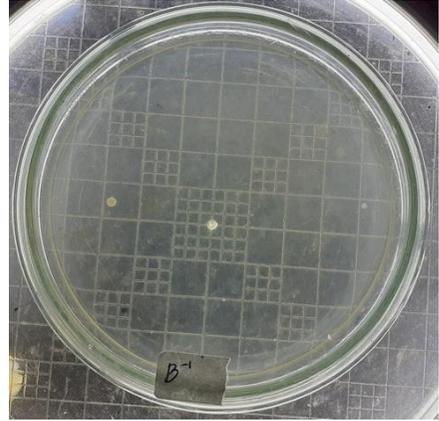
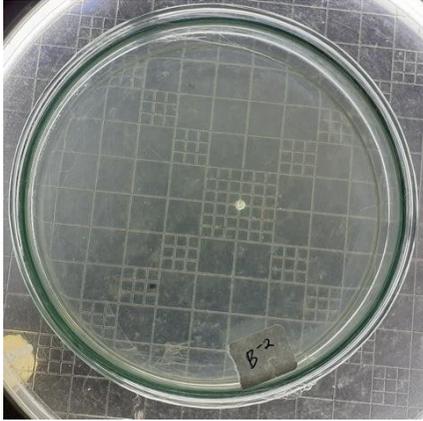


Siti Nurkhamidah, ST, MS, Ph.D
Kepala Laboratorium TAKI

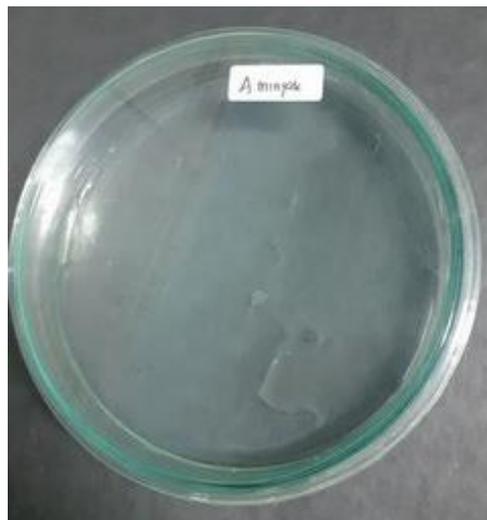
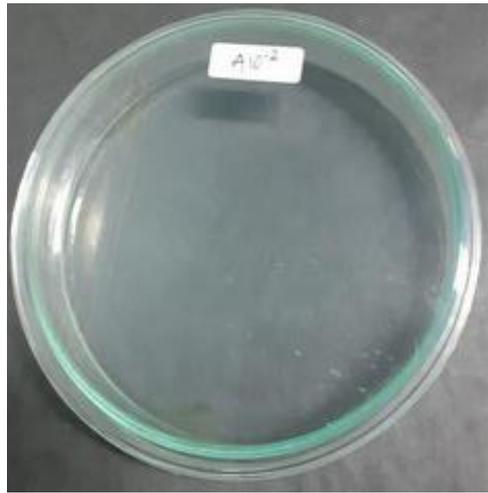
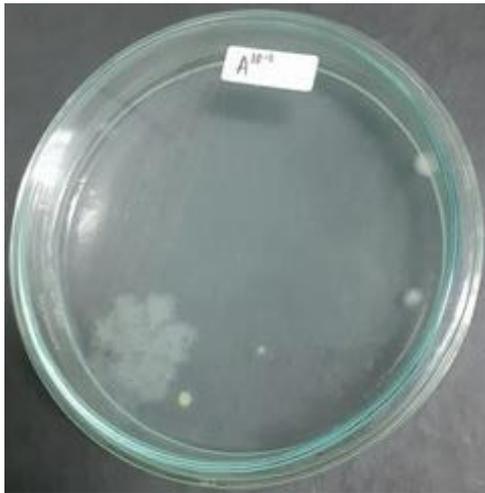
Lampiran 3. Uji Jumlah Koloni Bakteri TPC (*Total Plate Count*) Metode *Pour Plate*.

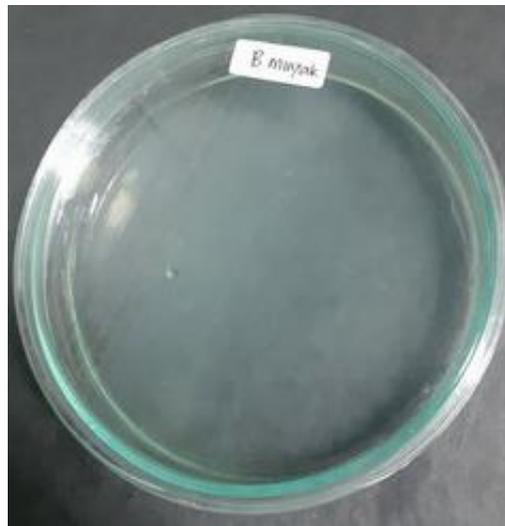
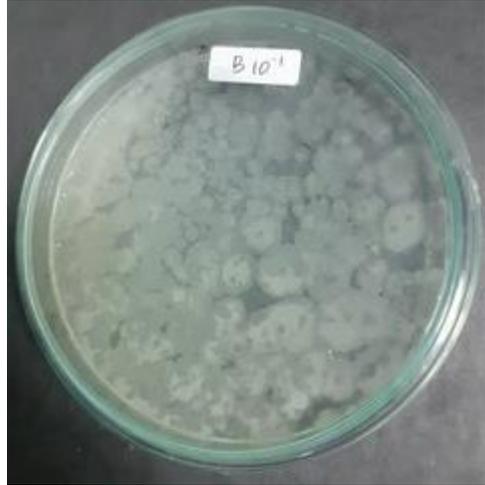
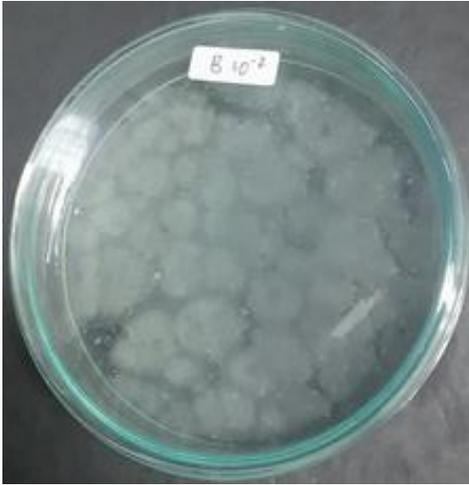
A. Uji Jumlah koloni Bakteri Awal

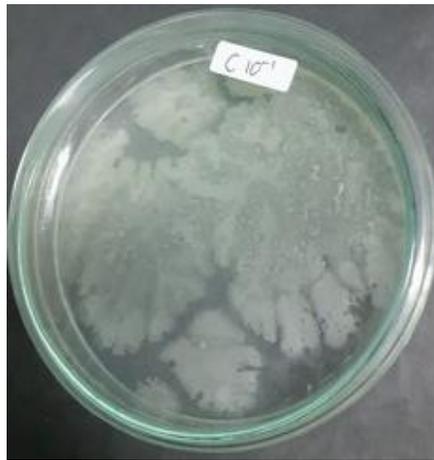
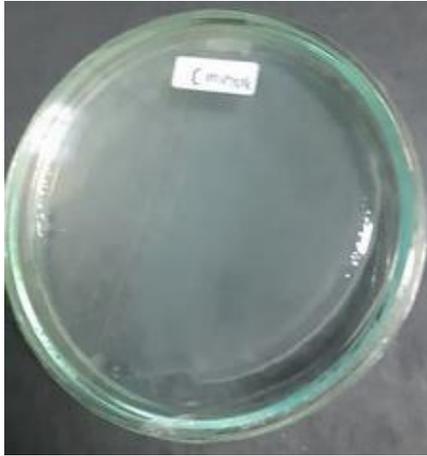


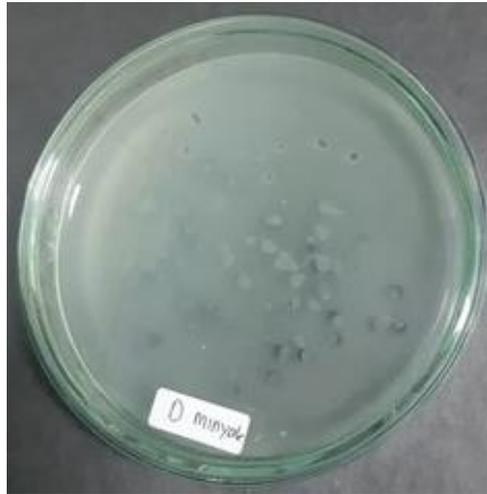
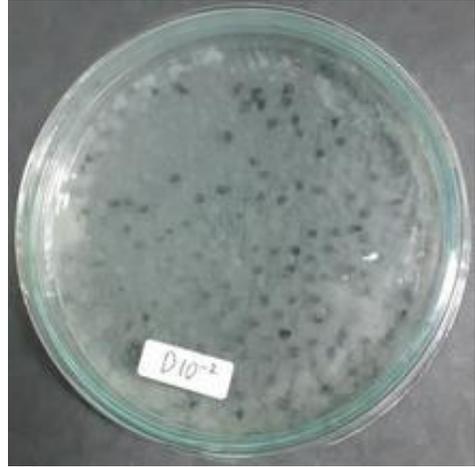
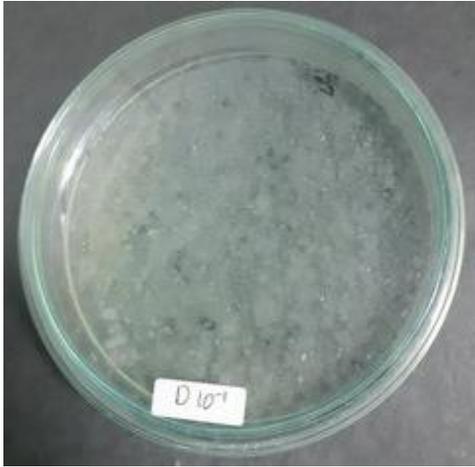


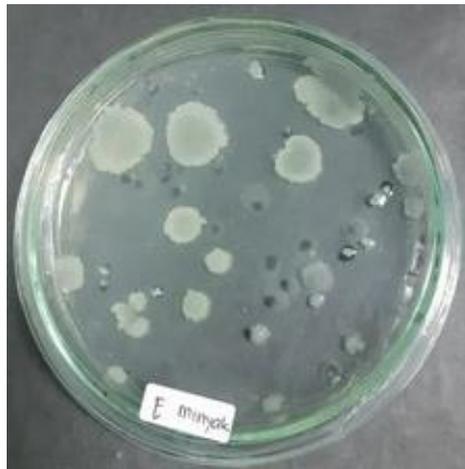
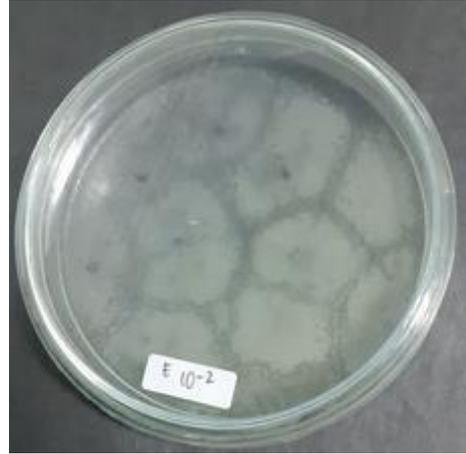
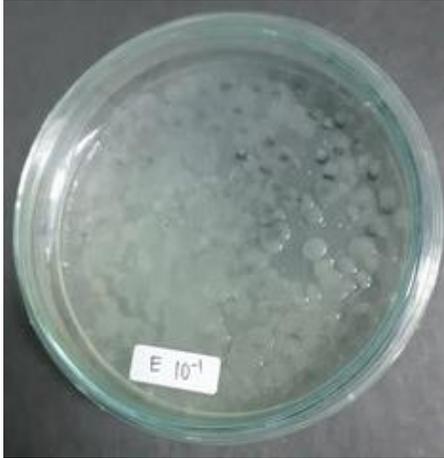
B. Uji Jumlah Koloni Bakteri Minggu-3 dan Minggu-6

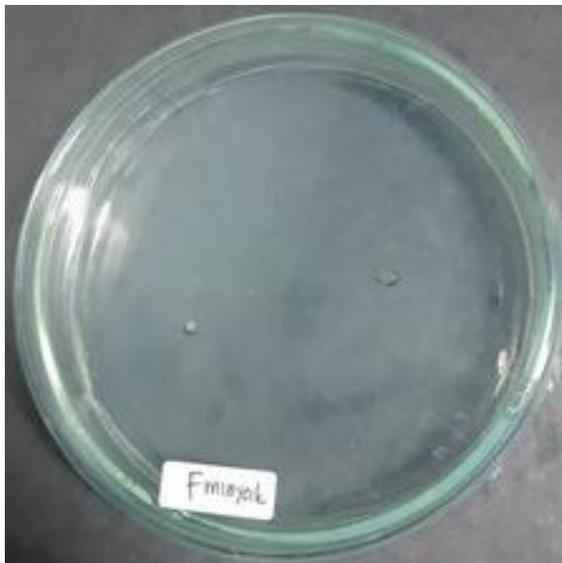
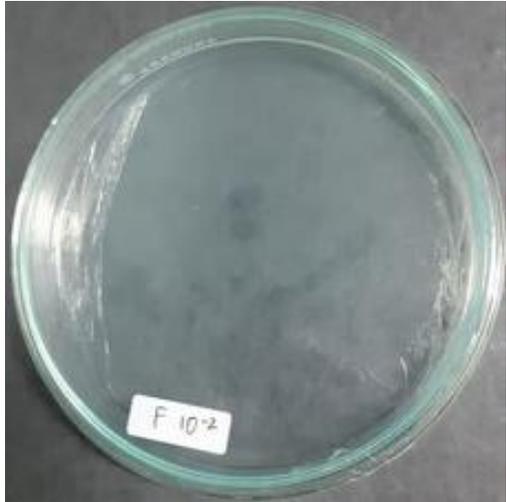
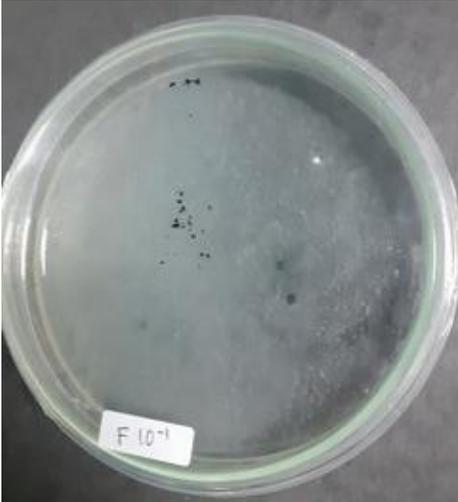






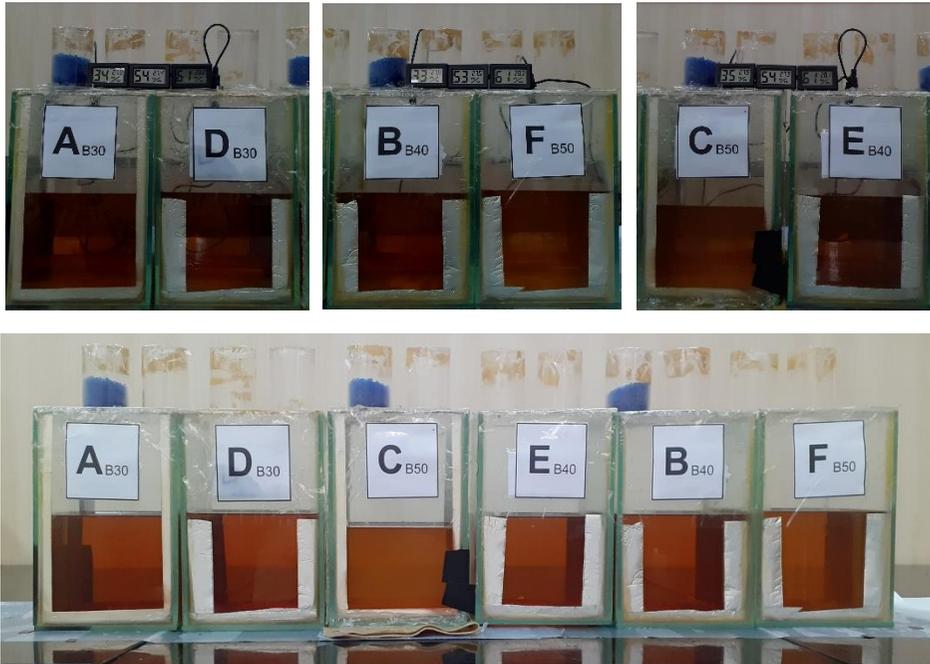




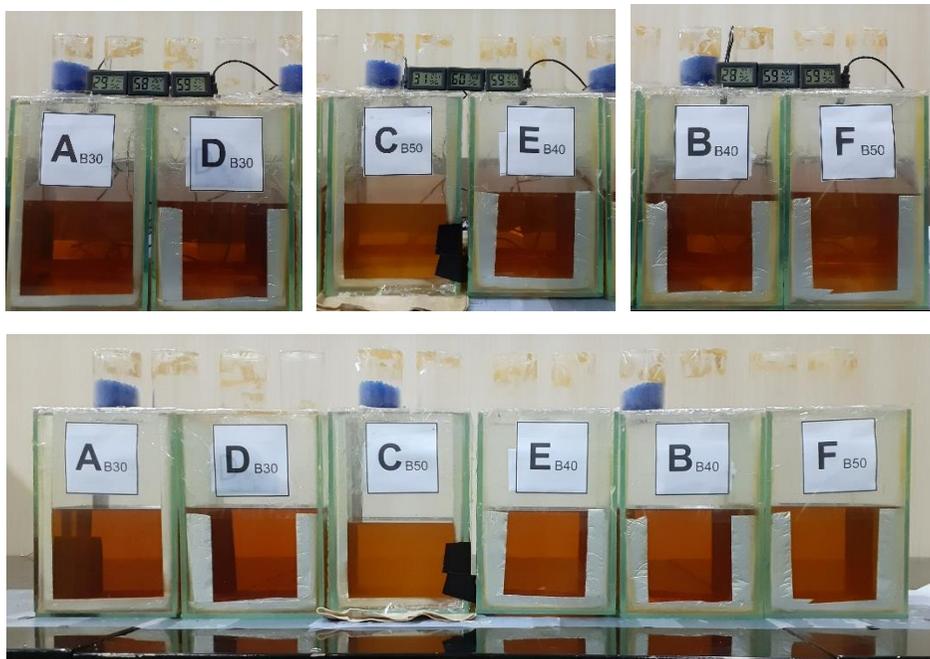


Lampiran 4. Dokumentasi Data Kelembaban Kondisi Eksperimen.

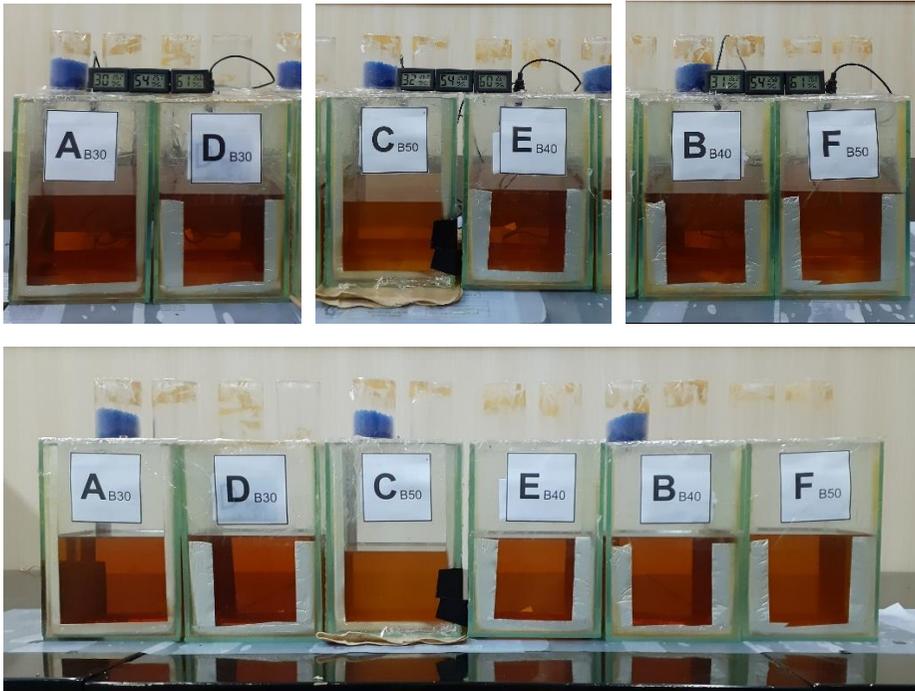
A. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 0 Jam Pengambilan Data.



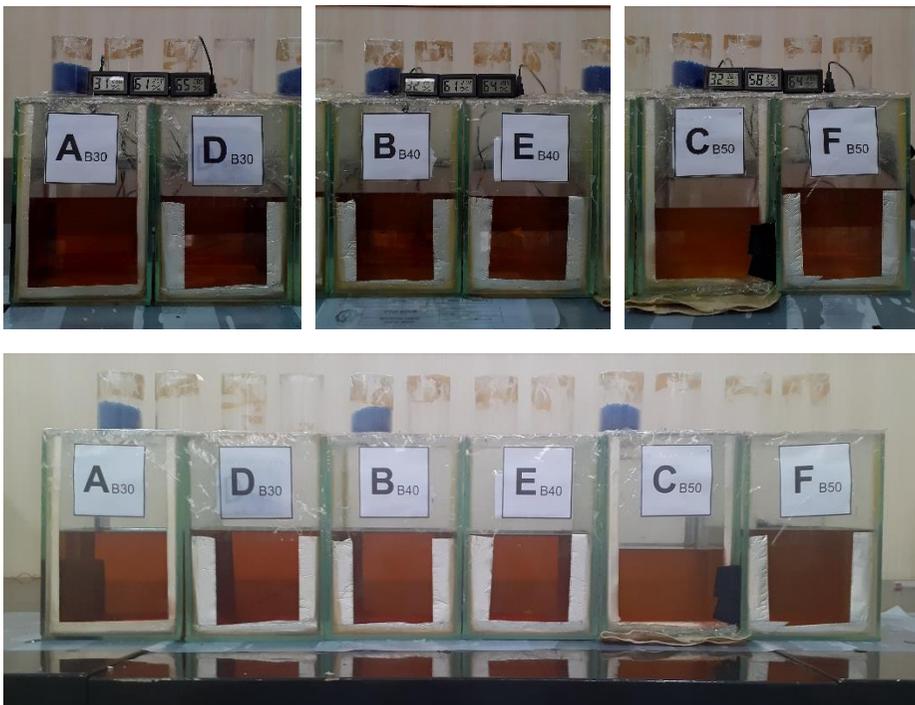
B. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 8 Jam Pengambilan Data.



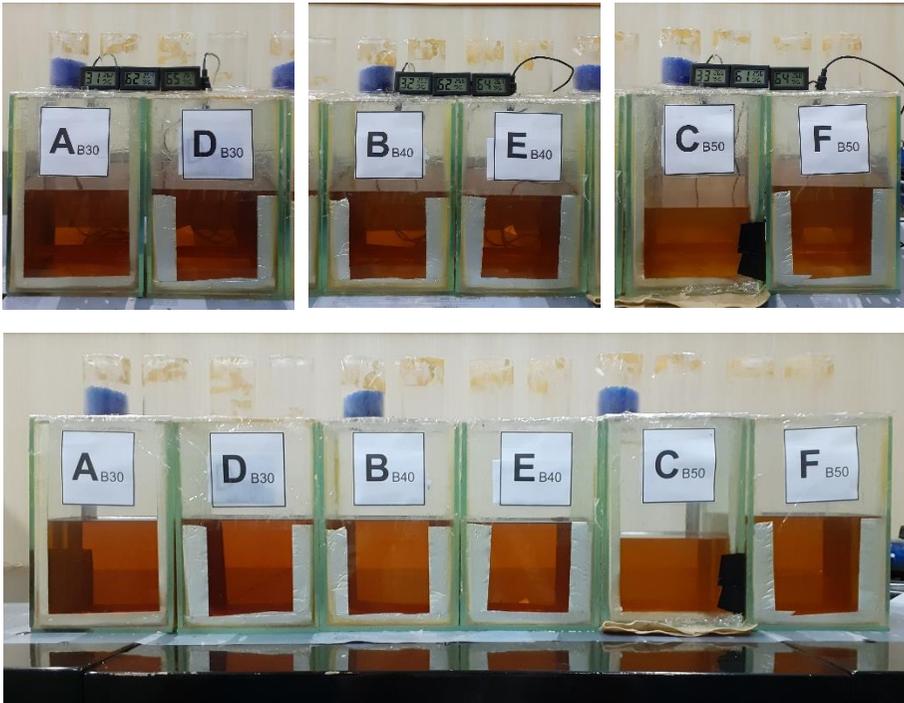
C. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 16 Jam Pengambilan Data.



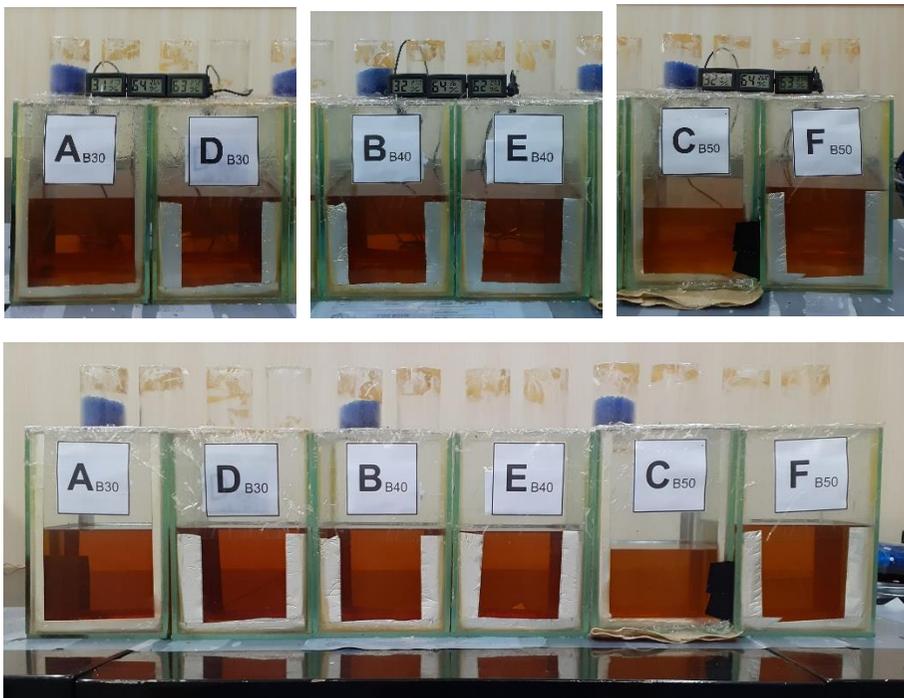
D. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 24 Jam Pengambilan Data



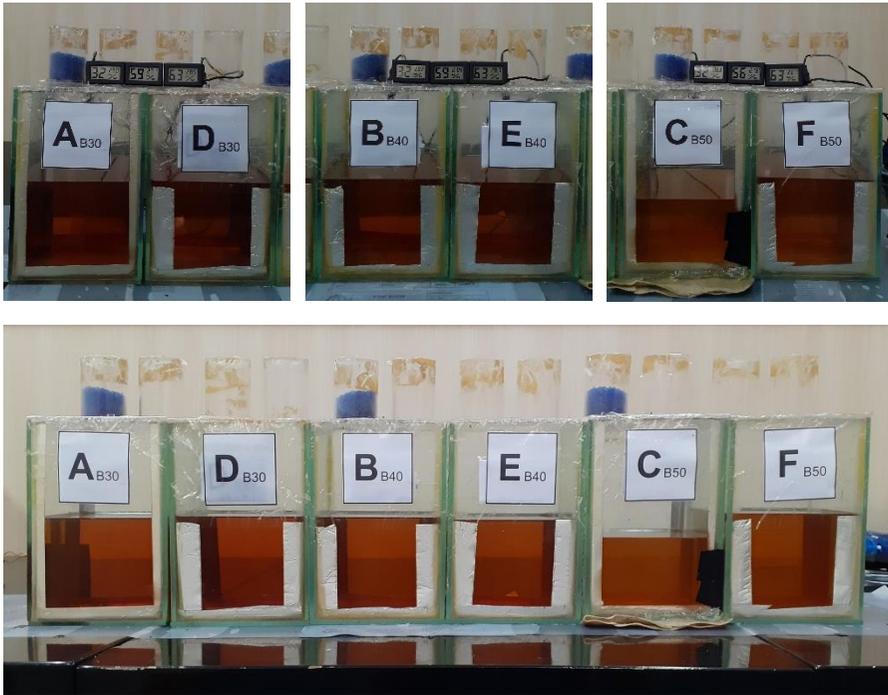
E. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 32 Jam Pengambilan Data



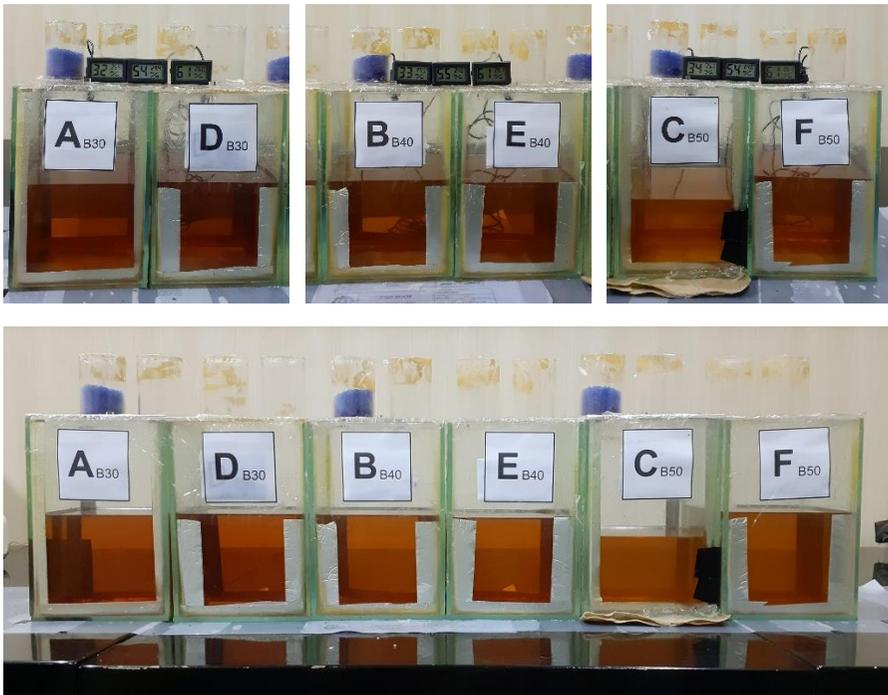
F. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 40 Jam Pengambilan Data



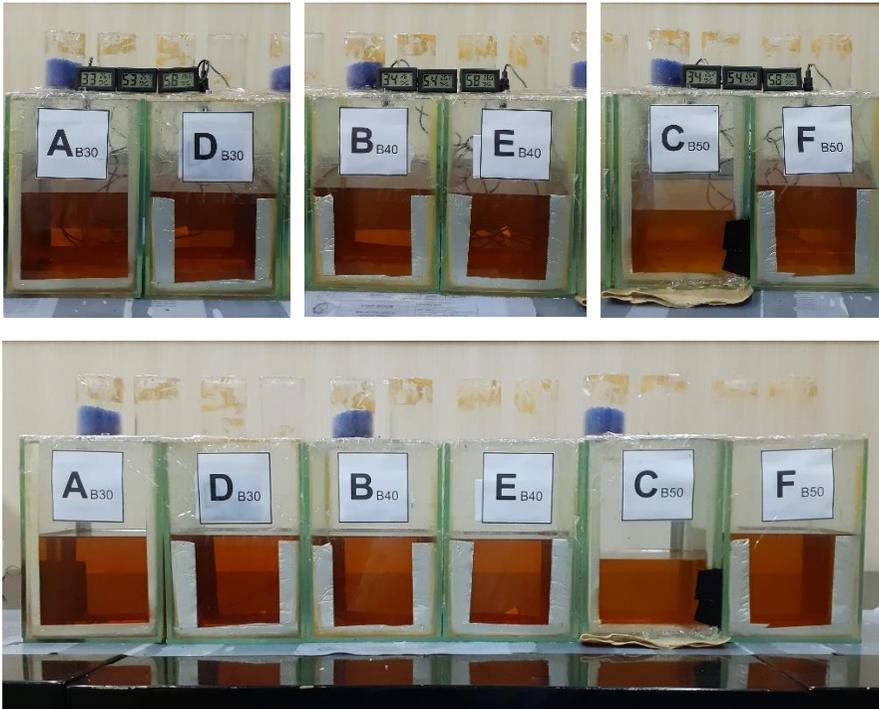
G. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 48 Jam Pengambilan Data



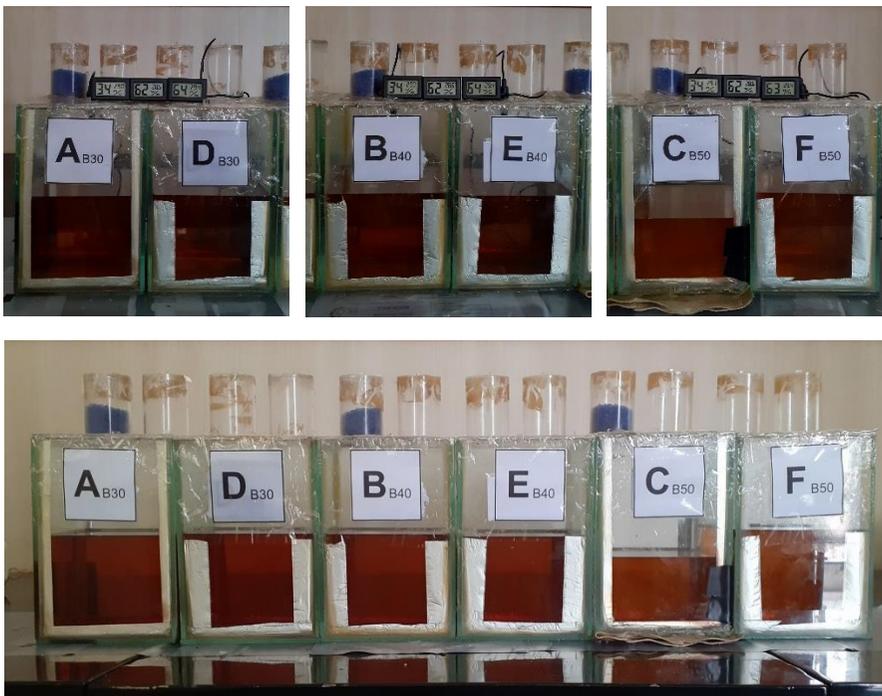
H. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 56 Jam Pengambilan Data



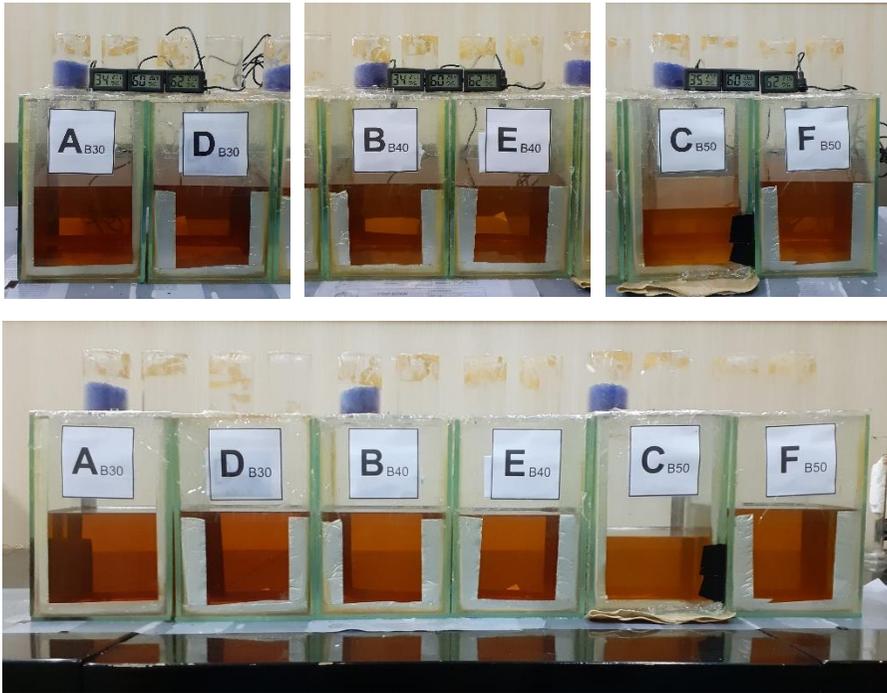
I. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 64 Jam Pengambilan Data



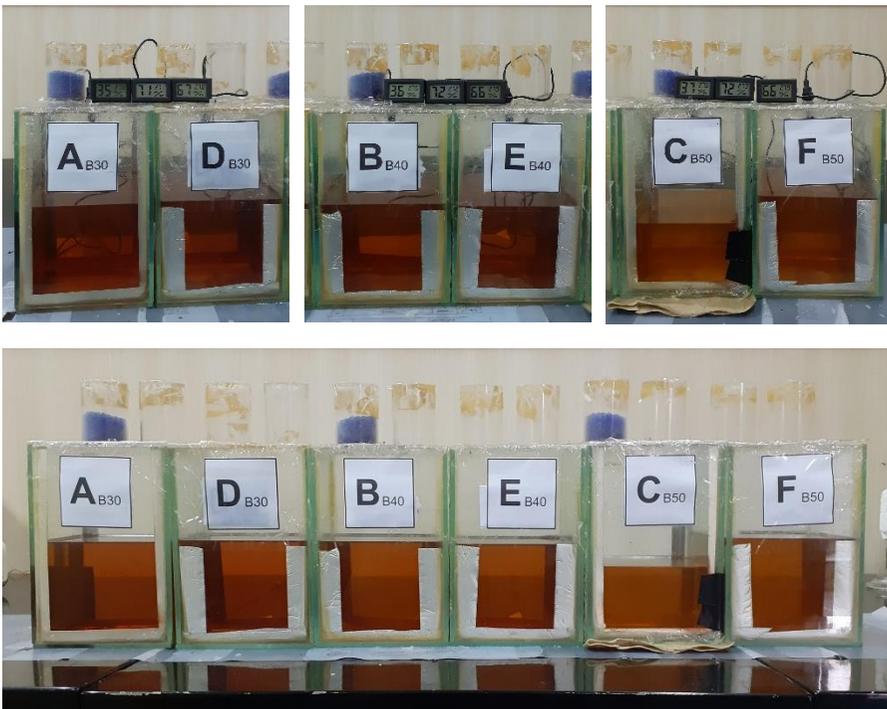
K. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 72 Jam Pengambilan Data



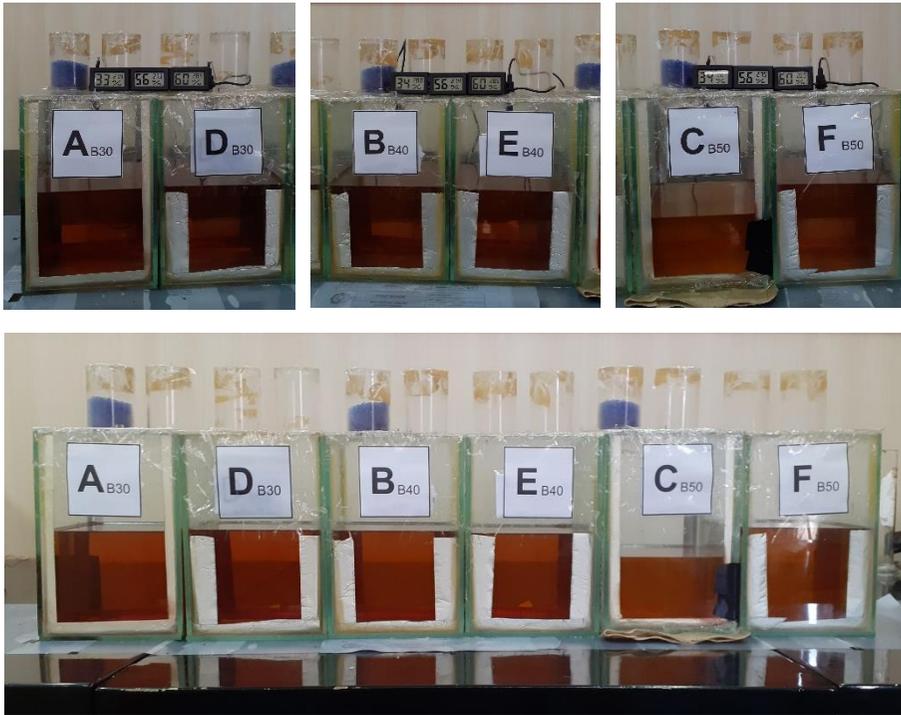
L. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 80 Jam Pengambilan Data



M. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 88 Jam Pengambilan Data

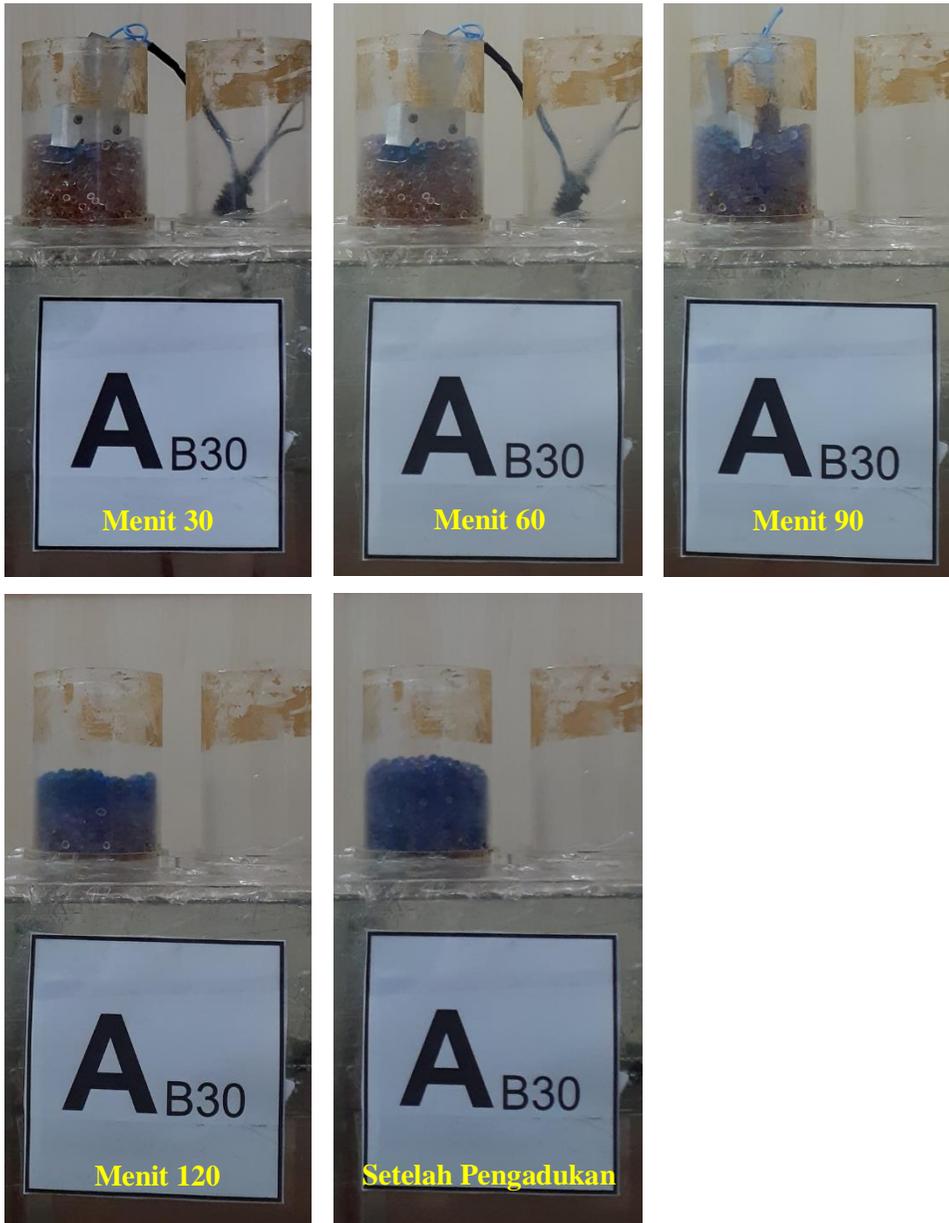


N. Kondisi Tangki Uji dan Kontrol pada 96 Jam Pengambilan Data



Lampiran 5. Dokumentasi Data Proses Pengeringan.

A. Proses Pengeringan pada Tangki Uji A



B. Proses Pengeringan pada Tangki Uji B



C. Proses Pengeringan pada Tangki Uji C



Lampiran 6. Dokumentasi Seputar Penelitian.





“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BIODATA PENELITI



Peneliti, Muhammad Faizur Rijal Azhad merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Naely Azhad dan Rodhiyah yang terlahir pada tanggal 22 Mei 1997 di Jember, Jawa Timur. Peneliti menetap di Jember hingga lulus dari SMA Negeri 02 Jember dan melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember departemen Teknik Sistem Perkapalan, Surabaya.

Peneliti aktif di kegiatan organisasi dakwah kampus, yaitu Jama'ah Masjid Manarul Ilmi (JMMI) sebagai staff media dan Lembaga Dakwah Departemen Al-Mi'raj sebagai ketua umum. Pada tahun keempat, Peneliti mengambil penempatan laboratorium di Marine Power Plant (MPP). Dalam hal prestasi, Peneliti merupakan anggota tim Nawasena ITS yang memenangkan lomba World Ferry Safety Competition pada urutan kedua. Peneliti juga telah melakukan kerja praktek di PT. Janata Marina Indah, PT. Dok dan Perkapalan Surabaya dan Balai Teknologi Hidrodinamika. Selama Penelitian Tugas Akhir ini, Peneliti tak luput dari kekurangan. Kritik, pertanyaan serta saran yang membangun mengenai penelitian ini sangat diharapkan dan dapat dikirimkan melalui e-mail faizurazhad@gmail.com.