TUGAS AKHIR

ANALISA KOROSI BAJA KARBON PADA BIODIESEL DARI CAMPURAN MINYAK GORENG SISA DAN MINYAK BIJI MIMBA

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh:

ALFIRA FARADHILA
2107230169P

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Alfira Faradhila
NPM : 2107230169P
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisa Korosi Baja Karbon Pada Biodiesel dari Campuran Minyak Goreng Sisa dan Minyak Biji Mimba
Bidang Ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 2 Juli 2025

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Penguji I

Affandi, S.T., M.T.

Dosen Penguji II

Arya Rudi Nasution, S.T., M.T.

Dosen Penguji III

Dr. Suherman, S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Chandra A. Siregar, S.T., M.T.

Dipindai dengan CamScanner

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap	: Alfira Faradhila
Tempat /Tanggal Lahir	: Pangkalan Susu, 2 Mei 1999
NPM	: 2107230169P
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

"Analisa Korosi Baja Karbon Pada Biodiesel dari Campuran Minyak Goreng Sisa dan Minyak Biji Mimba"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 2 Juli 2025

Saya yang menyatakan,



Alfira Faradhila

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Analisa Korosi Baja Karbon Pada Biodiesel dari Campuran Minyak Goreng Sisa dan Minyak Biji Mimba" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Suherman, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar , S.T, M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Bapak M. Awaluddin dan Ibu Neneng Rostiati, S.Kep., Ns, yang telah bersusah payah membesarkan dan memotivasi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Kepada sosok yang belum diketahui namanya namun sudah tertulis di *lauhul mahfuz*. Terimakasih sudah menjadi salah satu sumber motivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini sebagai upaya memantaskan diri. Semoga kita berjumpa di versi terbaik kita masing-masing.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia teknik Mesin.

Medan, 2 Juli 2025

Alfira Faradhila

ABSTRAK

Pemanasan global akibat polusi bahan bakar fosil dan dampaknya terhadap lingkungan telah menjadi perhatian global yang utama. Biodiesel telah dikenal sebagai bahan bakar alternatif tetapi juga menimbulkan kontroversi terkait dengan peningkatan sisa bahan bakar, peningkatan keasaman, oksidasi, dan korosi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengamati perilaku korosi baja yang direndam dalam campuran bahan bakar biodiesel-diesel minyak goreng sisa dan minyak biji mimba (WCONO) hingga 768 jam pada suhu kamar. Studi ini menemukan bahwa penambahan biodiesel ke dalam bahan bakar diesel mempercepat laju korosi dan nilai asam semakin tinggi yang mengakibatkan serangan korosi berupa lubang-lubang bulat pada permukaan logam. Laju korosi baja seluruh campuran bahan bakar (B0, B10, B20, B30, B40, dan B100) lebih tinggi pada perendaman 336 jam yaitu 0,0026 mpy, 0,0013 mpy, 0,024 mpy, 0,026 mpy, 0,0272 mpy dan 0,03 mpy. Laju korosi pada waktu 768 jam mengalami penurunan masing-masing menjadi 0,0124 mpy, 0,018 mpy, 0,025 mpy untuk B20, B30, dan B40. Penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi biodiesel dalam campuran (B20, B30, dan B40), semakin rendah laju korosi yang diamati seiring dengan peningkatan waktu perendaman. Namun, campuran B10 menunjukkan laju korosi yang hampir sama dengan bahan bakar solar, bahkan lebih baik pada perendaman yang lebih lama. Nilai asam yang diamati menunjukkan peningkatan pada hampir seluruh bahan bakar yang menunjukkan kupon logam (baja) telah mengalami proses oksidasi, yang pada akhirnya meningkatkan konsentrasi asam dalam campuran bahan bakar. Penelitian lebih lanjut pentingnya menguji kompatibilitas material logam dengan campuran biodiesel-diesel dalam mesin dan saluran bahan bakar. Investigasi lebih lanjut dalam bidang ini sangat penting karena keterbatasan penelitian mengenai efek korosif dari campuran biodiesel ini.

Kata kunci: Biodiesel, diesel, laju korosi

ABSTRACT

Global warming due to fossil fuel pollution and its impact on the environment have become major global concerns. Biodiesel has been recognized as an alternative fuel but has also raised controversies related to increased fuel residue, increased acidity, oxidation, and corrosion. The purpose of this study was to observe the corrosion behavior of steel immersed in a mixture of biodiesel-diesel fuel waste cooking oil and neem seed oil (WCONO) for up to 768 hours at room temperature. The study found that the addition of biodiesel to diesel fuel accelerated the corrosion rate and increased the acid value resulting in corrosion attacks in the form of round holes on the metal surface. The corrosion rate of steel of all fuel mixtures (B0, B10, B20, B30, B40, and B100) was higher at 336 hours of immersion, namely 0.0026 mpy, 0.0013 mpy, 0.024 mpy, 0.026 mpy, 0.0272 mpy and 0.03 mpy. The corrosion rate at 768 hours decreased to 0.0124 mpy, 0.018 mpy, 0.025 mpy for B20, B30, and B40, respectively. The study showed that the higher the concentration of biodiesel in the mixture (B20, B30, and B40), the lower the corrosion rate observed along with the increase in immersion time. However, the B10 blend showed almost the same corrosion rate as diesel fuel, even better at longer immersion. The observed acid values showed an increase in almost all fuels indicating that the metal coupon (steel) has undergone an oxidation process, which ultimately increases the acid concentration in the fuel blend. Further research is important to test the compatibility of metal materials with biodiesel-diesel blends in engines and fuel lines. Further investigation in this area is essential because of the limited research on the corrosive effects of these biodiesel blends.

Keywords: Biodiesel, diesel, corrosion rate

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR SINGKATAN xiii

BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Ruang Lingkup 5
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 6

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Bahan Baku 7
2.1.1 Minyak Goreng Sisa 7
2.1.2 Mimba 8
2.1.3 Metano (CH_3OH) 8
2.1.4 Katalis 9
2.2 Biodisel 10
2.3 Spesifikasi Sifat -Sifat Biodisel 11
2.4 Korosi 12
2.4.1 Mekanisme Korosi 13
2.5 Baja Karbon 14
2.6 Penentuan Laju Korosi 16
2.7 *Scaning electron microscope* (SEM) 17

BAB 3 METODE PENELITIAN 19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 19
3.2 Alat dan Bahan 19
3.2.1 Alat 19
3.2.2 Bahan 26
3.3 Model Penelitian 26
3.4 Rancangan Penelitian 27
3.5 Metode Penelitian 27
3.5.1 Proses Pembuatan Biodisel 27
3.6 Tahapan Uji Korosi 30
3.6.1 Proses Pencampuran Biosolar (B10, B20, B30, B40) 30
3.6.2 Penyiapan Spesimen 31

3.6.3 Pemolesan 31
3.6.4 Perendaman Spesimen dalam Media Biosolar 32
3.6.5 Penetuan Laju Korosi 32
3.6.6 Prosedur Pengujian SEM 33
3.6.7 Pengujian *Acid Value* seteleh Perendaman 35

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 36
4.1 Hasil Karakter Biodisel WCONO 36
4.2 Laju Korosi 38
4.3 Analisa SEM Biosolar 40
4.4 Pengaruh Korosi Terhadap Bilangan Asam Pada Biodisel WCONO Dan Biosolar 42

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 44
5.1 Kesimpulan 44
5.2 Saran 44

DAFTAR PUSTAKA 46

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR 50
SK PEMBIMBING
DAFTAR RIWAYAT HIDUP
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik dari Minyak Goreng Sisa (Putra, Nata, & Irawan, 2020) 7
Tabel 2.2 Sifat-sifat biodiesel sesuai ASTM dan EN (A. Silitonga et al., 2013) 11
Tabel 3. 1 Jadwal dan Kegiatan Penelitian 19
Tabel 3. 2 Spesifikasi mesin *SEM* JEOL JSM-6390A 26
Tabel 3. 3 Pengujian Laju Korosi 33
Tabel 3. 4 Spesifikasi Mesin Ion Sputter JFC-1600 34
Tabel 3. 5 Data Pengujian Acid Value 35
Tabel 4. 1. Karakteristik Biodiesel 36
Tabel 4. 2 Laju Korosi Biodiesel-diesel WCONO 38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bahan baja karbon (Mulyana, Saad, Nurhilal, & Yusuf, 2015) 15
Gambar 2. 2 Prinsip kerja SEM (Qi & Lee, 2014) 17
Gambar 3. 1 *Double jacketed glass reactor* 20
Gambar 3.2 *Digital Analitical Balance* 20
Gambar 3. 3 *Fume Hood* 20
Gambar 3. 4 *Aquastil Water Destilasi* 21
Gambar 3. 5 *Rotary Evaporator* 21
Gambar 3. 6 *Vacuum Pump* 22
Gambar 3. 7 Termometer air 22
Gambar 3. 8 Corong *pyrex* 22
Gambar 3. 9 Gelas Beker 23
Gambar 3. 10 Gelas Ukur 23
Gambar 3. 11 Corong Pemisah 23
Gambar 3. 12 Pompa air 24
Gambar 3. 13 *Stabinger Viscometer* 24
Gambar 3. 14 Jangka Sorong 25
Gambar 3. 15 *Thicness* meter 25
Gambar 3. 16 Buehler Automet Polisher 25
Gambar 3. 17 SEM 26
Gambar 3. 18 Diagram Alir Penelitian 27
Gambar 3. 19 Proses *degumming* 28
Gambar 3. 20 Proses Pencucian 29
Gambar 3. 21 Tahap Evaporator 30
Gambar 3. 22 Proses Filtrasi 30
Gambar 3. 23 Proses Pencampuran Biosolar 31
Gambar 3. 24 Gambar Spesimen 31
Gambar 3. 25 Mesin Ion Sputter JFC-1600 (Lab.SEM PNL) 34
Gambar 4. 1 Laju korosi biosolar 40

Gambar 4. 2 Foto optik (1000 ×) menunjukkan morfologi produk korosi pada permukaan baja ringan setelah direndam selama 768 jam pada suhu sekitar untuk (a) B10, (b) B20, (c) B30, (d) B40 41
Gambar 4. 3 Perubahan nilai asam campuran bahan bakar biodiesel-diesel WCONO sebelum dan sesudah terpapar baja ringan pada suhu sekitar selama 0, 336, 768 perendaman 42

DAFTAR SINGKATAN

WCO	: *Waste Cooking Oil*
NO	: *Neem Seeds Oil*
WCO70NO30	: *Waste Cooking Oil* 70% *Neem Seed Oil* 30%
WCO80N020	: *Waste Cooking Oil* 80% *Neem Seed Oil* 20%
WCO90NO10	: *Waste Cooking Oil* 90% *Neem Seed Oil* 10%
ASTM	: *American Standard Testing and Material*
EN	: *European Standard*
KOH	: *Pottasium Hidroxide*
H_2SO_4	: *Sulfurid Acid*
H_3PO_4	: Asam Fosfat

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelangkaan bahan bakar fosil menjadi perhatian utama terhadap perubahan kebijakan energi hampir di seluruh dunia. Berbagai usaha telah dilakukan untuk menemukan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil di masa depan. Biodiesel dipertimbangkan sebagai salah satu bahan bakar alternatif yang dapat menyelesaikan masalah krisis energi tersebut karena dapat menggantikan bahan fosil terutama sebagai pengganti solar konvensional. Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2015 telah menetapkan penggunaan bahan bakar campuran biodiesel sebesar 30% (B30) sebagai bahan bakar mesin diesel yang telah diimplementasikan mulai tanggal 1 Januari 2020. Hal ini mengukuhkan Indonesia sebagai pionir pengguna campuran biodiesel tertinggi di dunia (Paryanto, Prakoso, Suyono, & Gozan, 2019). Bahan bakar B30 adalah bahan bakar campuran antara biodiesel dan solar dengan komposisi 30% biodiesel dan 70% solar.

Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan yang memiliki potensi besar untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta mengurangi pelepasan emisi berbahaya ke lingkungan, dan saat ini biofuel paling banyak diterima untuk mesin diesel (Qi & Lee, 2014; RS, 2018) . Karena biodiesel dan bahan bakar diesel adalah dua bahan bakar yang dapat bercampur, mereka dapat dicampur untuk mendapatkan campuran yang berbeda yang telah digunakan di banyak negara di dunia termasuk Amerika Serikat (B5 hingga B20) (Q. Chen, Sun, & Xu, 2017), Indonesia (B30) (Paryanto et al., 2019), Brasil (B11) (Kugelmeier et al., 2021). Biodiesel ini dapat dijadikan sebagai bahan bakar pengganti solar, sebab komposisi fisika-kimia antara Biodiesel dan solar tidak jauh berbeda. Biodiesel sebagai energi alternatif juga lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan salah satu polutan yaitu sulfur dioksida (SO_2) dan mengakibatkan polusi udara meningkat (Mofijur, Atabani, Masjuki, Kalam, & Masum, 2013). Penggunaan biodiesel pada mesin diesel dapat menghasilkan pengurangan

substansial hidrokarbon yang tidak terbakar, karbon monoksida dan partikulat. Jumlah angka setana yang lebih tinggi pada biodiesel dapat meningkatkan kualitas pengapian bahkan bila dicampur dengan minyak diesel (Abukhadra & Sayed, 2018). Walaupun biodiesel memiliki sifat yang mirip dengan minyak solar, namun penanganan biodiesel tidak dapat disetarakan dengan minyak solar, sehingga karakteristiknya juga berbeda. Salah satu konsekuensi dari pencampuran biodiesel dalam minyak solar adalah menyebabkan bahan sedikit polar yang dapat melarutkan sedikit air, sehingga dapat menginisiasi korosi pada logam (S Dharma et al., 2023). Biodiesel telah menimbulkan masalah seperti korosi logam, dan menjadi perhatian utama yang dapat mengurangi umur mesin karena ketidakcocokannya dengan beberapa bahan logam dan polimer. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel bersifat lebih korosif dibandingkan dengan bahan bakar diesel biasa namun memberikan lubrikasi pada mesin yang lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar diesel (Sundus, Fazal, & Masjuki, 2017). Korosi pada mesin diesel menemukan bahwa kandungan belerang dalam biodiesel menjadi penyebab utama timbulnya serangan korosi (Matějovský, Macák, Pleyer, Straka, & Staš, 2019).

Korosi merupakan degradasi material logam yang terjadi secara alamiah tanpa dapat dicegah karena adanya lingkungan yang korosif. Masalah utama penggunaan logam dalam industri adalah pelarutan logam dalam lingkungan agresif seperti larutan asam, garam, dan lingkungan laut. Proses korosi yang terjadi pada biodiesel disebabkan karena masih terdapat ion-ion sulfur yang terdapat dalam biodiesel. Terjadinya kehilangan sumber daya alam dan ekonomi yang sangat besar akibat korosi menyebabkan kajian pengendalian korosi menjadi perhatian utama dan serius dari para peneliti dewasa ini di dalam maupun di luar negeri. Salah satu material yang banyak digunakan di dalam berbagai industri terutama dalam industri migas, industri kimia, otomotif, industri makanan, dan industri petrokimia adalah baja karbon. Pemakaian baja karbon yang demikian luas disebabkan karena sifat-sifatnya yang sesuai digunakan dalam berbagai bidang, dan juga secara ekonomis lebih murah (Slepski, Gerengi, Jazdzewska, Orlikowski, & Darowicki, 2014).

Bahan utama yang digunakan dalam industri otomotif untuk menyusun bagian-bagian mesin diesel, seperti dilansir (Vickers, 2017) adalah baja karbon, baja tahan karat, aluminium, dan tembaga. Baja tahan karat digunakan pada injektor bahan bakar dan sistem pembuangan; aluminium dalam pompa umpan bahan bakar, pompa bahan bakar, silinder, rakitan piston; tembaga dan paduannya dalam gasket, housing dan bearing; dan baja karbon terutama digunakan dalam pembuatan tangki untuk penyimpanan dan transportasi bahan bakar. Studi yang menganalisis kompatibilitas bahan logam dalam kontak dengan campuran bahan bakar telah menunjukkan bahwa bahan bakar teroksidasi cenderung mengurangi umur bahan karena korosi logam yang dipercepat (Fazal, Rubaiee, & Al-Zahrani, 2019), dan upaya telah dilakukan untuk mengidentifikasi bahan yang cocok untuk digunakan. kontak dengan biodiesel murni (B100) dan campuran bahan bakar biodiesel-solar, menghindari penggunaan tembaga dan paduannya, antara lain kuningan dan seng (Mathew & Thangaraja, 2018).

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon yang diterima dalam bentuk lembaran tergulung; Baja tahan karat supermartensitik 13Cr diterima sebagai ingot tempered; Paduan aluminium AA6061-T4 diterima dalam bentuk batangan yang diekstrusi panas dan berumur alami; dan tembaga, secara komersial 99,9% murni) diterima sebagai lembaran canai. (Fazal et al., 2019) mempresentasikan hasil korosi tembaga dalam biodiesel sawit murni (B100) hingga 2880 jam pada suhu kamar dan menunjukkan bahwa kontak dengan biodiesel sawit laju korosi tembaga lebih tinggi daripada bahan lainnya. Selain itu, (Haseeb, Masjuki, Ann, & Fazal, 2010) mempelajari korosi tembaga dalam dua kondisi: i) dalam bahan bakar diesel murni (B0), 50% dari kedua bahan bakar (B50) dan biodiesel sawit murni (B100) selama 2640 jam pada suhu kamar dan ii) dalam B0, B100 dan B100 dioksidasi selama 840 jam pada 60 C, kedua kondisi tanpa pengadukan. Meskipun penulis tidak berkomentar lebih jelas tentang laju korosi yang diperoleh untuk setiap kondisi yang dievaluasi, mereka mengamati bahwa laju korosi tembaga pada B100 pada suhu kamar adalah 0,042 mpy dan pada 60 C adalah 0,053 mpy. Di sisi lain, penggunaan B100 teroksidasi meningkatkan laju korosi menjadi sekitar 0,080 mpy. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel di luar parameter mutu tidak dianjurkan, karena

cenderung meningkatkan korosi bahan logam yang tidak kompatibel. Namun, kontak dengan biodiesel murni bukanlah faktor utama penyebab korosi yang diamati pada tembaga, laju korosi yang berbeda juga dapat dikaitkan dengan variasi bahan baku yang digunakan dalam produksi biodiesel (Haseeb et al., 2010), serta nilai konduktivitas, yang mewakili suatu parameter kualitas penting yang menunjukkan tingkat deteriorasi biodiesel dan dapat mempercepat proses pertukaran ion selama korosi logam (Chandran, Ng, Lau, Gan, & Choo, 2016). (Kugelmeier et al., 2021), yang mengevaluasi perilaku korosi pada logam yang berbeda, melaporkan bahwa baik baja karbon maupun baja tahan karat tidak mengalami kehilangan massa selama pengujian. Selain itu, (Haseeb, Fazal, Jahirul, & Masjuki, 2011) menyatakan bahwa baja karbon, baja tahan karat dan aluminium merupakan bahan yang disarankan untuk aplikasi yang melibatkan biodiesel, yang membuatnya cocok untuk digunakan di lingkungan yang mengandung persentase biodiesel yang tinggi. Meskipun ada penelitian tentang korosi logam yang melibatkan perendaman dalam campuran bahan bakar biodiesel-solar, literature mengalami kekurangan penelitian tentang perilaku korosi campuran biodiesel yang diperoleh, misalnya, terutama dari minyak nabati dan lemak hewani di mana biodiesel yang dihasilkan hadir dalam komposisinya lebih dari satu bahan baku dan memiliki potensi besar untuk digunakan di seluruh dunia. Karena kesenjangan pengetahuan tersebut di atas, maka penulis memfokuskan untuk mempelajari campuran biodiesel-solar dengan biodiesel yang terdiri dari campuran bahan baku minyak goreng sisa dan minyak biji mimba serta efek yang disebabkan oleh campuran bahan logam.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku korosi baja karbon yang bersentuhan dengan campuran B10, B20, B30 dan B40. Campuran dipilih dengan mempertimbangkan pengalaman indonesia dalam penggunaan biodiesel dalam diesel, dan menurut ANP (Badan Pengatur Nasional untuk Minyak, Gas, dan Biofuel), untuk campuran B40 yang akan digunakan di negara tersebut, uji dikondisikan untuk memahami perilaku bagian bagian mesin terkait operasi dan kinerjanya dengan campuran ini, karena informasi ini menjadi pendorong utama pemilihan penggunaan campuran dalam penelitian ini. Penelitian ini didasarkan pada tes perendaman dan akan diuji laju korosinya, uji

sem dan uji acid value. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini akan memberikan lebih banyak informasi untuk pemahaman yang lebih baik tentang kompatibilitas bahan logam yang bersentuhan dengan campuran biodiesel-solar, selain memberikan informasi lebih lanjut tentang pengaruh menggunakan biodiesel yang tersusun dari bahan baku minyak nabati dan lemak hewani.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh campuran minyak goreng sisa (WCO) dan Minyak Biji Mimba (NO) sebagai biodiesel terhadap jenis korosi pada baja karbon?
2. Bagaimana mengetahui pengaruh perbandingan laju korosi baja karbon pada bio solar (B10, B20, B30, B40)?

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah

1. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan Biodiesel adalah minyak goreng sisa (*waste cooking oil*) dan minyak biji mimba (*neem seeds oil*).
2. Material yang di uji adalah baja karbon
3. Variasi Pencampuran Biosolar (B10, B20, B30, B40)
4. Pengujian Biosolar yang di uji adalah laju korosi dan SEM

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini secara umum adalah pengembangan proses untuk meningkatkan nilai tambah dari pengolahan bahan baku minyak non-pangan. Secara khusus, tujuannya adalah untuk:

1. Mengetahui pengaruh campuran minyak goreng sisa (WCO) dan Minyak Biji Mimba (NO) sebagai biodiesel terhadap jenis korosi pada baja karbon
2. Mengetahui pengaruh perbandingan laju korosi baja karbon pada bio solar (B10, B20, B30, B40)

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

   Penelitian ini membantu penulis untuk belajar menjadi pemikir, peneliti, dan penemu yang mampu mengembangkan suatu ilmu pengetahuan energi alternatif agar menjadi lebih luas dan bermanfaat bagi khalayak umum dan dampak bagi laju korosi.

2. Bagi Masyarakat

   Hasil penelitian ini diharapkan dapat membuka peluang masyarakat untuk hidup sehat dengan tidak menggunakan limbah minyak goreng untuk dikonsumsi serta sebagai informasi energi alternatif bagi masyarakat untuk dapat menemukan solusi dari masalah yang berkaitan terbatasnya sumber energi konvensional.

3. Bagi Pemerintah

   Penelitian ini menjadi masukan dan saran bagi pemerintah dalam mengelola suatu potensi untuk melaksanakan program green energi sehingga krisis energi di negara dapat diatasi

4. Bagi Institusi

   Menjadi referensi untuk mahasiswa yang akan mengambil penilitian mengenai laju korosi.

5. Bagi Mahasiswa

   Menambah pengetahuan mengenai laju korosi dan menyelesaikan tugas akhir sebagai persyaratan menyelesaikan perkuliahan.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Baku

2.1.1 Minyak Goreng Sisa

Bahan baku berasal dari limbah minyak nabati atau umumnya dikenal sebagai minyak goreng sisa. Minyak goreng sisa mudah didapat seperti pemakaian dalam rumah tangga dan restoran serta lebih murah dibanding minyak lainnya (minyak sulingan). Oleh karena itu, dengan menggunakan minyak tersebut sebagai bahan baku, kita dapat mengurangi biaya pembuatan biodiesel. Keuntungan menggunakan minyak goreng bekas untuk pembuatan biodiesel adalah biaya murah dan mencegah pencemaran lingkungan. Minyak tersebut perlu di-*treat* sebelum dibuang ke lingkungan untuk mencegah polusi. Karena mahalnya biaya pembuangan, banyak orang membuang limbah minyak goreng langsung ke lingkungan terutama di daerah pedesaan. Sehingga, penggunaan minyak goreng bekas sebagai bahan baku merupakan cara efektif untuk mengurangi biaya pembuatan biodiesel (Mohadesi, Aghel, Maleki, & Ansari, 2019)

Tabel 2.1 Karakteristik dari Minyak Goreng Sisa (Putra, Nata, & Irawan, 2020)

Karakteristik	**Satuan**	**Nilai**
Densitas	g/cm^3	0,91 - 0,924
Viskositas kinematik (40 ^oC)	mm^2/s	36,4 – 42
Angka penyabunan	mgKOH/g	188,2 – 207
Angka asam	mgKOH/g	1,32 - 3,6
Angka iodin	$gI_2/100$ g	83 - 141,5
Specific gravity (g/cm^3, 15 ^oC)	g/cm	0,92
Nilai kalor	(MJ/kg)	44,44
Bilangan setana	-	32,48
Titik tuang	^oC	6
Titik keruh	$_oC$	15
Berat molekul rata-rata	g/mol	585,36 ± 8
Komposisi asam lemak: Asam miristat (C14:0)	%b	0,90
Asam palmitat (C16:0)	%b	20,40
Asam palmitoleat (C16:1)	%b	4,60
Asam stearat (C18:0)	%b	4,80
Asam oleat (C18:1)	%b	52,90
Asam linoleat (C18:2)	%b	13,50

Asam linolenat (C18:3)	%b	0,80
Asam arakid (C20:0)	%b	0,12
Asam eikosenoat (C20:1)	%b	0,84
Asam behenic (C22:0)	%b	0,03
Asam erukik (C22:1)	%b	0,07
Asam tetrakosanoat (C24:0)	%b	0,04

2.1.2 Mimba

Mimba yang termasuk dalam famili Meliaceae, nama ilmiahnya 'Azadirachta indica' merupakan tanaman pohon yang umum ditemukan di daerah tropis dan subtropis di dunia termasuk India, Indonesia. Umur pohon Mimba hampir 200 tahun dan mulai berbuah 3 sampai 5 tahun atau maksimal 10 tahun. Pohon mimba besar, tingginya mencapai 12 hingga 18 meter dengan ketebalan hingga 1,8 hingga 2,4 meter (Kumar & Navaratnam, 2013). Jumlah seluruh kandungan minyak biji mimba bervariasi dari 40% sampai 50% yaitu, 7 sampai 8 kg kebutuhan biji menghasilkan satu liter minyak mimba (Anya, Jack, & Osagie, 2016). Minyak nimba umumnya berwarna coklat muda sampai gelap, pahit dan memiliki bau yang kuat yang dikatakan menggabungkan bau kacang dan bawang putih (Boontawee, Nakason, Kaesaman, Thitithammawong, & Chewchanwuttiwong, 2017). Mimba terutama terdiri dari trigliserida dan sejumlah besar senyawa triterpenoid. Ini mengandung empat asam lemak jenuh yang signifikan, dua di antaranya adalah asam palmitat dan dua adalah asam stearat. Selain itu juga mengandung asam lemak tak jenuh ganda seperti asam oleat dan asam linoleate (Anya et al., 2016).

2.1.3 Metanol (CH_3OH)

Biodiesel biasanya diproduksi dari minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek melalui proses transesterifikasi. Umumnya, alkohol yang banyak digunakan adalah metanol dan etanol (SMHH Dharma et al., 2016). Metanol digunakan sebagai alkohol karena harganya murah dan memiliki keunggulan fisik dan kimia. Metanol cepat bereaksi dengan minyak nabati dan NaOH mudah larut di dalamnya (Gashaw dkk., 2015) Jenis alkohol terbukti memiliki pengaruh yang luar biasa tidak hanya pada kinetika reaksi tetapi juga pada karakteristik bahan bakar yang dihasilkan. Berdasarkan literatur, *yield*

biodiesel yang menggunakan metanol lebih tinggi daripada yang menggunakan etanol.

Salah satu parameter paling penting yang mempengaruhi *yield* biodiesel adalah rasio molar trigliserida terhadap alkohol. Secara stoikiometri, dalam reaksi transesterifikasi, dibutuhkan 1 mol trigliserida dan 3 mol alkohol (rasio molar reaktan 1:3). Namun dalam reaksi yang sebenarnya, alkohol yang berlebih dibutuhkan untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk dan meningkatkan *yield* biodiesel. Hal ini dikaitkan dengan sifat alkohol yang mudah menguap (Gupta & Rathod, 2018). Faktor seperti suhu reaksi juga sangat penting. Suhu reaksi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan metanol menguap sehingga terjadi penurunan *yield* biodiesel. Suhu reaksi harus di bawah titik didih metanol untuk mencegah terjadinya penguapan metanol. Rentang suhu reaksi optimum bervariasi dari 50 ^{o}C hingga 60 ^{o}C tergantung pada minyak atau lemak yang digunakan (SMHH Dharma et al., 2016)

2.1.4 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang meningkatkan laju reaksi tanpa dirinya sendiri terlibat reaksi secara permanen sehingga pada akhir reaksi katalis tidak tergabung dengan senyawa produk reaksi. Ketika reaksi selesai maka akan didapatkan massa katalis yang sama. Untuk meningkatkan laju reaksi yaitu dengan meningkatkan jumlah tumbukan – tumbukan pada reaksi. Tumbukan – tumbukan akan menghasilkan reaksi jika partikel – partikel yang bertumbukan dengan energi yang cukup untuk memulai suatu reaksi.

Biodiesel diproduksi secara baik dengan memanfaatkan berbagai jenis katalis homogen seperti KOH, H_2SO_4, dan NaOH (Abukhadra & Sayed, 2018). Penggunaan jenis dan jumlah katalis sangat mempengaruhi jumlah rendemen (*yield*) biodiesel yang dihasilkan. Dari penelitian (Suherman, Sabri, Silitonga, & Suroso, 2022) mengatakan rendemen (*yield*) minyak biodiesel sangat dipengaruhi oleh persentase katalis homogen basa (KOH) yang diberikan pada saat proses transesterifikasi. Angka yield optimum diperoleh sebesar 85% dengan jumlah katalis KOH sebesar 1% pada temperatur 60 ^{o}C dengan waktu proses 90 menit dan putaran 800 rpm. (M.-C. Hsiao et al., 2021) menyebutkan penerapan NaOH (0,75%) pada proses produksi biodiesel WCO menghasilkan rendemen sebesar

97%. Penggunaan jumlah katalis yang lebih rendah yaitu sebesar 0,7% menghasilkan rendemen sebesar 95% (I. Contreras Andrade et al., 2014). NaOH juga digunakan (Soegiantoro, Chang, Rahmawati, Christiani, & Mufrodi, 2019) untuk menghasilkan biodiesel dari WCO (Mohadesi et al., 2019). Penggunaan katalis sebesar 0,5% menghasilkan rendemen sebesar 90%. Sedangkan dalam penelitian (G. H. Soegiantoro et al., 2019) membandingkan katalis NaOH dengan CaO dalam pembuatan biodiesel dari WFO. Hasilnya menunjukkan penggunaan katalis NaOH jauh lebih baik dalam menghasilkan rendemen dibanding CaO (77%). (Stojković, Stamenković, Povrenović, & Veljković, 2014) menggunakan katalis KOH sebesar 0,8% menghasilkan rendemen sebesar 94%. Hasil rendemen yang sama diperoleh dimana dengan jumlah katalis sebesar 1% menghasilkan rendemen sebesar 94% (Topare & Patil, 2021)

2.2 Biodiesel

Bahan bakar alternatif adalah bahan bakar baik padatan, cairan ataupun gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik. Biodiesel dapat dihasilkan secara langsung dari tanaman atau secara tidak langsung dari limbah industri, komersial, domestik atau pertanian (A. S. Silitonga & Ibrahim, 2020). Biodiesel adalah salah satu alternatif yang menarik karena menunjukkan suatu penurunan emisi gas buang CO_2, NO_x, SO_x dan hidrokarbon-hidrokarbon tak terbakar selama pembakaran, bila dibanding dengan bahan bakar fosil. Biodiesel salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, tidak mempunyai efek terhadap kesehatan yang dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor yang dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan minyak diesel. Ada berbagai bahan baku yang tersedia untuk produksi biodiesel (Mofijur et al., 2013). Saat ini, ada lebih dari 350 jenis tanaman dengan minyak di seluruh dunia yang diidentifikasi sebagai bahan baku potensial untuk produksi biodiesel (A. Silitonga et al., 2013). Salah satu persyaratan utama dalam produksi biodiesel adalah untuk mengurangi biaya produksi keseluruhan produksi biodiesel. Bahan baku biodiesel dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok besar, yaitu minyak nabati yang dapat dikonsumsi (*edible*), minyak nabati tidak-dikonsumsi (*non-edible*), limbah atau minyak daur ulang, dan lemak hewani. Bahan baku ini dirangkum dalam Gambar 2.1 (Atabani et al., 2012). WCO dapat diperoleh dari rumah tangga, restoran,

hotel, dan perusahaan pengolahan makanan setelah menggoreng dan proses persiapan makanan lainnya (C. Chen et al., 2021). Biodiesel dihasilkan dari minyak goreng bekas (WCO) adalah biofuel generasi kedua karena diperoleh dari bahan baku non-tanaman. Hal ini sangat menjanjikan dari segi kualitas dan biaya produksi (Foteinis, Chatzisymeon, Litinas, & Tsoutsos, 2020). Minyak WCO jauh lebih murah daripada minyak nabati, pembuangan minyak bekas dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Selain itu sebagai bahan baku berbiaya murah dibanding solar dari fosil (Babaki, Yousefi, Habibi, & Mohammadi, 2017). Produksi biodiesel bisa dilakukan melalui proses transesterifikasi (juga disebut alkoholisis). Katalis yang digunakan sangat menentukan laju reaksi dan hasil. Jumlah alkohol yang berlebihan digunakan karena reaksinya cenderung *reversible* (Naveen et al., 2020). Beberapa metode seperti transesterifikasi dengan katalis basa, transesterifikasi katalis asam, katalis enzim, superkritis super transesterifikasi dan pirolisis, telah digunakan untuk memproduksi biodiesel dari limbah minyak nabati (Outili dkk., 2020).

2.3 Spesifikasi Sifat- sifat Biodiesel

Indonesia telah menyusun Standar Nasional Indonesia untuk kualitas biodiesel (SNI 7182:2015). Standar ini disusun dengan memperhatikan standar sejenis yang sudah berlaku di luar negeri seperti ASTM D6751 di Amerika Serikat dan EN 14214 untuk negara Uni Eropa. Syarat mutu biodiesel ester alkil dan metode uji yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.2. Kualitas biodiesel dipengaruhi oleh: kualitas minyak (feedstock).

Persyaratan mutu biodiesel di Indonesia sudah dibakukan dalam ASTM dan EN menyajikan persyaratan kualitas biodiesel yang diinginkan. Sifat-sifat karakteristik biodiesel terdapat pada Tabel 2.2 (A. Silitonga et al., 2013).

Tabel 2.2 Sifat-sifat biodiesel sesuai ASTM dan EN (A. Silitonga et al., 2013)

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan	Metode uji
1	Viskositas Kinematik pada 40^{o}C	mm^{2}/s (cSt)	2,3 - 6,0	ASTM D 445
2	Massa jenis pada 15^{o}C	kg/m^{3}	850 -890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052
3	Angka setana	Min	51	ASTM D 613 atau ASTM D 6890

4	Titik nyala (mangkok tertutup)	^{o}C, min	100	ASTM D 93
5	Titik kabut	^{o}C, maks	18	ASTM D 2500
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50^{o}C)	%-massa, maks	nomor 1	ASTM D 130
7	Residu karbon			
	dalam per contoh asli	%-massa, maks	0,05	ASTM D 4530 atau ASTM D 189
	dalam 10% ampas distilasi		0,3	
8	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	ASTM D 2709
9	Temperatur distilasi 90%	^{o}C, maks	360	ASTM D 1160
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02	ASTM D 874
11	Belerang	mg/kg, maks	100	ASTM D 5453 atau ASTM D 1266
12	Fosfor	mg/kg, maks	10	AOCS Ca 12-55
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,05	AOCS Cd 3d-63 atau ASTM D 664
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584
16	Kadar ester metil	%-massa, maks	96,5	
18	Kadar monogliserida	%-massa, maks	0,8	ASTM D 6584
17	Angka iodium	%-massa(g-I_2/100g), maks	115	AOCS Cd 1-25
19	Kestabilan oksidasi			
	Periode induksi metode rancimat,	Menit	360	EN 15751
	Periode induksi metode petro oksi		27	ASTM D 7545

2.4 Korosi

Korosi adalah kerusakan atau *degradasi* logam akibat reaksi dengan lingkungan yang korosif. Korosi dapat juga diartikan sebagai serangan yang merusak logam karena logam bereaksi secara kimia atau elektrokimia dengan lingkungan. Korosi atau secara awam lebih dikenal dengan istilah pengkaratan merupakan fenomena kimia pada bahan-bahan logam diberbagai macam kondisi lingkungan. Penyelidikan tentang sistim elektrokimia telah banyak membantu menjelaskan mengenai korosi ini, yaitu reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang ada di sekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matrik logam itu sendiri. Jadi dilihat dari sudut pandang kimia, korosi pada dasarnya

merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang berkontakan langsung dengan lingkungan berair dan oksigen. Bila ditinjau dari interaksi yang terjadi, korosi adalah proses *transfer* elektron dari logam ke lingkungannya. Logam bertindak sebagai sel yang memberikan elektron (anoda) dan lingkungan bertindak sebagai penerima elektron (katoda). Sedangkan penurunan mutu yang diakibatkan interaksi secara fisik bukan disebut korosi, namun biasa dikenal sebagai erosi dan keausan. Dengan reaksi ini sebagian logam akan hilang, menjadi suatu senyawa yang lebih stabil. Di alam, logam pada umumnya berupa senyawa, karena itu peristiwa korosi juga dapat dianggap sebagai peristiwa kembalinya logam menuju bentuknya sebagaimana ia terdapat di alam. Dan ini merupakan kebalikan dari proses *extractive metallurgy*, yang memurnikan logam dari senyawanya (Chandran et al., 2016).

2.4.1 Mekanisme Korosi

Mekanisme korosi tidak terlepas dari reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia perpindahan elektron-elektron. Perpindahan elektron merupakan hasil reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Mekanisme korosi melalui reaksi elektrokimia melibatkan reaksi *anodic* di daerah *anodic*. Reaksi *anodic* (oksidasi) diindikasikan melalui peningkatan valensi atau produk elektron-elektron. Reaksi *anodic* terjadi pada proses korosi logam yaitu:

$$M \rightarrow Mn^{+} + ne \qquad (2.1)$$

Proses korosi dari logam M adalah proses oksidasi logam menjadi satu ion (n+) dalam pelepasan elektron. Harga dari n bergantung dari sifat logam sebagai contoh yaitu:

$$Fe \rightarrow Fe_2^{+} + 2e \qquad Eo = 0.44 \text{ Volt} \qquad (2.2)$$

$$O_2 + H_2O + 4e \rightarrow 4OH \qquad Eo = 0.40 \text{ Volt} \qquad (2.3)$$

Kedua reaksi menghasilkan potensial reaksi yang positif (E = 0.84 Volt) menunjukkan bahwa reaksi ini dapat terjadi. Jika proses ini dalam suasana asam maka, proses reaksinya adalah:

$$O_2 + 4H^{+} + 4e \rightarrow 2\ H_2O \qquad E_0 = 1.23 \qquad (2.4)$$

dan potensial reaksinya semakin besar yaitu:

$$E = (0.44 + 1.23) = 1.63 \text{ Volt} \qquad (2.5)$$

Dengan kata lain proses korosi besi akan lebih mudah terjadi dalam suasana asam. Pada logam yang sama, salah satu bagian permukaannya dapat menjadi anoda dan bagian permukaan lainnya menjadi katoda. Hal ini bisa saja terjadi karena kemungkinan logam terdiri dari fase yang berbeda, karena permukaan logam dilapisi dengan kondisi *coating* yang berbeda, atau karena di permukaan logam terdapat lebih dari satu macam elektrolit (Chandran et al., 2016).

Korosi adalah serangan yang terjadi pada bahan logam sebagai akibat dari lingkungan yang aktif, oleh karena itu hal yang menyebabkan kebocoran tangki penyimpanan pada tekanan atmosfer menyebabkan kerugian material, pencemaran lingkungan, kegagalan peralatan dan mempengaruhi usia peralatan, maka menyebabkan kerugian pengukuran terjadinya korosi merupakan bagian penting agar manajemen aset di pabrik untuk dapat beroperasi (Nugroho, Haryadi, Ismail, & Kim, 2016). Korosi merupakan bahaya nasional yang nyata dengan tingkat kerugiannya lebih besar dari segala bencana alam yang pernah dialami (Affandi et al., 2020). Salah satu penyebab terjadinya korosi adalah akibat perbedaan mikrostruktur. Area dengan perbedaan mikrostruktur akan menghasilkan daerah katoda-anoda dalam logam tersebut, dan jika dipaparkan dalam media elektrolit akan potensial untuk terjadi korosi. Dengan semakin banyak jumlah butir pada pipa lurus maka jumlah area katoda-anoda pada pipa tersebut juga akan semakin luas, sehingga laju korosinya juga akan lebih besar dibandingkan dengan pipa sambungan (Pambudi).

2.5 Baja Karbon

Baja karbon merupakan logam yang banyak digunakan untuk material keteknikan, dan diperkirakan 85% dari produksi baja dunia. Walupun terdapat keterbatasan ketahanan korosi, baja karbon banyak digunakan untuk aplikasi kelautan, nuklir, transportasi, proses kimia, industri perminyakan, refening, pipa saluran, konstruksi pertambangan dan peralatan proses logam. Baja karbon memiliki keterbatsan terhadap kandungan paduannya, biasanya di bawah 2% dari total penambahan.

Baja merupakan material yang banyak digunakan untuk aplikasi pipa saluran air, khususnya *low carbon steel*. Dengan adanya karbon, kekerasan dan

kekuatan akan meningkat sehingga *low carbon steel* digunakan karena memiliki sifat mekanis yang baik, mudah dibentuk atau difabrikasi dan harga yang relatif murah.



Gambar 2. 1 Bahan baja karbon (Mulyana, Saad, Nurhilal, & Yusuf, 2015)

Baja dan besi merupakan logam yang paling banyak digunakan sebagai komponen dalam konstruksi jembatan dan komponen di industri. Pemakaian logam ini dikarenakan baja dan besi merupakan logam yang mempunyai kekuatan yang tinggi. Walaupun keduanya banyak digunakan sebagai bahan konstruksi namun bukan berarti logam tersebut dapat digunakan selamanya karena suatu saat mutunya akan menurun yang disebabkan karena terjadinya korosi. Perlindungan terhadap bahaya korosi terutama pada besi dan baja dapat dilakukan dengan proses pelapisan logam dengan metode Hot Dip Galvanizing (Lelawati, 2022). Proses pelapisan dengan metode Hot Dip Galvanizing merupakan proses pelapisan yang media pelapisnya berupa seng yang telah dipanaskan hingga mencair kemudian logam dicelupkan ke dalamnya. Pelapisan ini bertujuan untuk melindungi logam terhadap serangan korosi, meningkatkan kekuatan dan memperbaiki penampilan logam (sifat dekoratif). Hasil lapisan seng yang baik dan sempurna dipengaruhi oleh beberapa faktor penting yang harus diperhatikan yaitu lama pencelupan, temperatur pencelupan dan kondisi permukaan benda kerja. Temperatur pencelupan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses *Hot Dip Galvanizing*. Besar kecilnya temperatur pencelupan sangat mempengaruhi baik dan buruknya hasil pelapisan, makin tinggi temperaturnya akan meningkatkan reaktifitas larutan sehingga akan menyebabkan pengkristalan zat terlarut lebih disukai, daya larutnya bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menjadikan tingginya konduktivitas serta menambah mobilitas

ion logam tetapi viskositas (kekentalan) menjadi berkurang sehingga endapan ion 38 logam pada katoda akan lebih cepat sirkulasinya. Kecepatan pelapisan yang semakin tinggi akan menghasilkan lapisan yang semakin tebal tetapi bila temperatur pencelupan terlalu tinggi maka pelapisan akan mengarah pada hasil lapisan yang kasar dan akan mengurangi terserapnya gas hidrogen dalam lapisan, menurunkan tegangan serta mengurangi kerapuhan. Hasil lapisan yang baik dapat diperoleh dengan melakukan pelapisan pada temperatur pencelupan yang tepat (Kugelmeier et al., 2021).

2.6 Penentuan Laju Korosi

Setelah ketebalan setiap spesimen diukur maka dilakukan perhitungan laju korosi dengan metode kehilangan berat. Pada analisa perhitungan laju korosi ini setiap spesimen yang telah dihitung ketebalannya dihitung laju korosinya dan dihitung perbandingannya.

Sementara pada pembahasan diperoleh hasil dari analisa data. Hasil percobaan berupa hasil perhitungan laju korosi setiap specimen campuran. Kemudian ketika laju korosi setiap specimen.

Laju korosi baja karbon dihitung dengan menggunakan persamaan dalam `menentukan secara kuantitatif menggunakan metode gravimetri, terlebih dahulu ditentukan laju korosi baja karbon (V) dengan menggunakan persamaan berikut (Zahra, Aliyah, & Nurhadi, 2019) **:**

Laju korosi benda uji logam diselidiki berdasarkan data hasil pengukuran yang dinyatakan dengan persamaan (1). Selisih berat yang diperoleh dari pengukuran kemudian diubah menjadi laju korosi (CR), dimana laju korosi (mpy) merupakan singkatan dari mm per *year*, D adalah massa jenis logam (g/cm^3), W adalah susut berat (g), T adalah waktu perendaman (jam) dan A adalah luas penampang permukaan logam benda uji (cm^2). Prosedur dan persamaan yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan metode ASTM G31-72 untuk Pengujian Korosi Perendaman Laboratorium Logam (G31-722004) (Zahra et al., 2019) :

$$\mathrm{CR} = \frac{(8{,}76 \text{ X } 10^4 \text{ X W})}{DXAXT} \text{ (mpy)} \qquad (2.1)$$

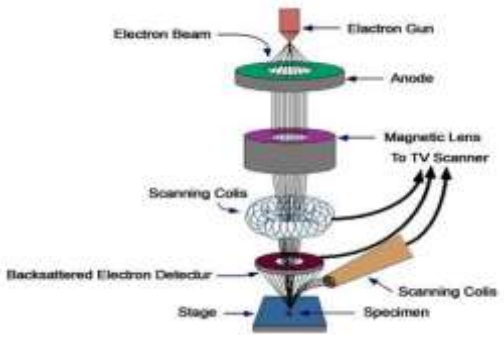
2.7 *Scanning electron microscope* (SEM)

Scanning electron microscope (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari sampel yang dianalisis. SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada *optical microscope* (OM). Hal ini disebabkan panjang gelombang de Broglie yang memiliki elektron lebih pendek daripada gelombang OM. Karena semakin kecil panjang gelombang yang digunakan maka semakin tinggi resolusi mikroskop. SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada OM. Resolusi yang mampu dihasilkan OM hanya 200 nm, sedangkan resolusi yang dapat dihasilkan SEM mencapai 0.1 – 0.2 nm.

Prinsip kerja dari SEM adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh sampel yang akan dianalisis.

Pengamatan sampel dilakukan dengan menembakkan berkas elektron yang berintensitas tertinggi ke permukaan sampel, kemudian *scan* keseluruh permukaan material pengamatan. Karena luasnya daerah pengamatan, dapat dibatasi lokasi yang akan diamati dengan melakukan *zoom-in* atau *zoom-out*. Dengan memanfaatkan berkas pantulan dari benda tersebut maka informasi dapat diketahui dengan menggunakan program pengolahan citra yang terdapat di dalam komputer.

Prinsip kerja dari SEM ditunjukkan pada Gambar. 2.14.



Gambar 2. 2 Prinsip kerja SEM (Qi & Lee, 2014)

Prinsip kerja yang ditunjukkan pada Gambar. 2.2 adalah sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

Ada beberapa sinyal yang penting yang dihasilkan oleh SEM. Dari pantulan inelastis didapatkan sinyal elektron sekunder dan karakteristik sinar X, sedangkan dari pantulan elastis didapatkan sinyal backscattered electron. Perbedaan gambar dari sinyal elektron sekunder dengan backscattered adalah sebagai berikut: elektron sekunder menghasilkan topografi dari benda yang dianalisa, permukaan yang tinggi berwarna lebih cerah dari permukaan rendah. Sedangkan backscattered elektron memberikan perbedaan berat molekul dari atom – atom yang menyusun permukaan, atom dengan berat molekul tinggi akan berwarna lebih cerah daripada atom dengan berat molekul rendah.

Untuk mengetahui komposisi kimia pada permukaan sampel, sebagian besar alat SEM dilengkapi dengan kemampuan *energy dispersive x-ray* (EDX). EDX dihasilkan dari sinar-X, yaitu dengan menembakkan sinar-X pada posisi yang ingin diketahui komposisinya. Setelah ditembakkan pada posisi yang diinginkan maka akan muncul puncak – puncak tertentu yang mewakili suatu unsur yang terkandung. Dengan EDX juga bisa membuat *elemental mapping* (pemetaan elemen) dengan memberikan warna berbeda – beda dari masing – masing elemen di permukaan sampel. EDX bisa digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing – masing elemen.

SEM-EDX dapat memberikan informasi tentang topografi, morfologi, komposisi dari sampel yang dianalisis (Kugelmeier et al., 2021). Topografi adalah kemampuan untuk menganalisa permukaan dan teksture. Morfologi adalah kemampuan untuk menganalisa bentuk dan ukuran dari benda sampel. Komposisi adalah kemampuan menganalisa komposisi dari permukaan benda secara kuantitatif dan kualitatif.

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2023-Mei 2024 di Pusat Energi Baru Terbarukan Politeknik Negeri Medan untuk Produksi, Uji Karakteristik Biosolar, Uji SEM dan Uji Korosi.

Tabel 3. 1 Jadwal dan Kegiatan Penelitian

No	Keterangan	Waktu (Bulan)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Pengajuan Judul											
2	Studi Literatur											
3	Penulisan proposal											
4	seminar proposal											
5	Pembuatan Biodiesel											
6	Pengujian Biodiesel											
7	Pembuatan Spesimen Baja Karbon											
8	Penimbangan awal Spesimen											
9	Perendaman spesimen 336 & 768 jam											
10	Uji Sem dan Bilangan Asam Biosolar setelah perendaman											
11	Analisa hasil laju korosi											
12	Penulisan laporan akhir											
13	Seminar hasil dan sidang sarjana											

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. *Double jacketed glass reactor*

   Alat *Double jacketed glass reactor* dalam penelitian ini berfungsi untuk pencampuran, reaksi, distilasi dan filtrasi dalam produksi biodiesel. Double jacketed glass reactor dapat dilihat pada gambar 3.1 tersebut.



Gambar 3. 1 *Double jacketed glass reactor*

2. Neraca Analitik (*Digital Analitical Balance*)

Alat ini berfungsi sebagai pengukur massa suatu benda bersama akurasi ±0,0001 gram. Timbangan Analitis atau *Analytical Balance* adalah sebagai alat untuk menimbang massa suatu bahan kimia dengan secara akurat tanpa terdapatnya pengaruh. *Digital Analitical Balance* ditunjukan pada gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 3.2 *Digital Analitical Balance*

3. Lemari Asam (*Fumehood*)

Fume Hood adalah suatu tempat untuk memindahkan atau menggunakan bahan kimia yang bersifat mudah menguap dan berbahaya sehingga gas yang dihasilkan dapat dibuat melalui aliran yang berada di atasnya. *Fume Hood* ditunjukan pada gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3. 3 *Fume Hood*

4. *Aquastil Water Destilasi*

Alat laboratorium yang digunakan dalam proses penyulingan air untuk mendapatkan air murni yang sesuai dengan berbagai kebutuhan analisis di laboratorium. *Aquastil Water Destilasi* ditunjukan pada gambar 3.4 dibawah ini:

`



Gambar 3. 4 *Aquastil Water Destilasi*

5. *Rotary Evaporator*

Rotary Evaporator adalah alat laboratorium yang memiliki fungsi untuk memisahkan suatu pelarut (solvent) dari sebuah larutan, sehingga akan menghasilkan ekstrak dengan kandungan atau konsetrasi lebih pekat atau sesuai kebutuhan. *Rotary Evaporator* ditunjukan pada gambar 3.5. Bagian-bagian pada *rotary evaporator* yaitu labu alas bulat, *water bath chamber*, labu pelampung, kondensor, main unit.



Gambar 3. 5 *Rotary Evaporator*

6. *Vacuum Pump*

Vacuum Pump adalah mesin yang digunakan untuk menguapkan air pada suhu dan tekanan rendah sehingga dapat mengurangi kadar air suatu bahan. *Vacuum Pump* ditunjukan pada gambar 3.6 dibawah ini:



Gambar 3. 6 *Vacuum Pump*

7. Termometer air

   Termometer air berfungsi untuk mengukur temperatur pada air, cairan, larutan. Termometer air ditunjukan pada gambar 3.7 dibawah ini:



Gambar 3. 7 Termometer air

8. Corong *pyrex*

   Corong *pyrex* sebagai alat bantu untuk memindah/ memasukan larutan kedalam wadah/ tempat yang mempunyai dimensi pemasukan sampel bahan kecil. Corong pyrex ditunjukan pada gambar 3.8 dibawah ini:



Gambar 3. 8 Corong pyrex

9. Gelas Beker (*Beaker glass*)

   Fungsi gelas beker adalah sebuah wadah penampung yang digunakan untuk mengaduk, mencampur, dan memanaskan cairan. Dalam penelitian ini

gelas beker yang digunakan ukuran 100 ml, 250 ml, 500 ml. Gelas Beker ditunjukan pada gambar 3.9 dibawah ini:



Gambar 3. 9 Gelas Beker

10. Gelas Ukur

Silinder gelas berskala untuk mengukur volume larutan atau zat cair dengan tepat. Gelas Ukur ditunjukan pada gambar 3.10 dibawah ini:



Gambar 3. 10 Gelas Ukur

11. Corong Pemisah

Corong pemisah adalah peralatan laboratorium yang digunakan dalam ekstraksi cair-cair untuk memisahkan metil ester dan gliserol. Corong Pemisah ditunjukan pada gambar 3.11 dibawah ini:



Gambar 3. 11 Corong Pemisah

12. Pompa air

Pompa air berfungsi untuk mensirkulasi air kekondensor. Pompa air ditunjukan pada gambar 3.12 dibawah ini:



Gambar 3. 12 Pompa air

13. *Stabinger Viscometer*

Alat ini berfungsi untuk menguji viskositas dan densitas *biofuel* dengan metode standar ASTM D455. *Viscometer* ditunjukan pada gambar 3.13 dibawah ini:



Gambar 3. 13 *Stabinger Viscometer*

Spesifikasi Teknis *Stabinger Viscometer*

- *Measure multiple parameters from a single syringe (ASTM D7042, ASTM D4052, ASTM D2270)*
- *Bias-corrected D445 results according to ASTM*
- *Kinematic viscosity compliant with ASTM D7042*
- *Wide viscosity range from 0.2 to 30 000 mm2/s*
- *Wide density range from 0.6 to 3 g/cm3*

14. Jangka Sorong

Jangka sorong atau vernier caliper merupakan alat ukur yang sering digunakan dalam dunia otomotif karena mampu mengukur benda kerja dengan ketelitian hingga 0,02 mm dan 0,05 mm. Gambar jangka sorong ditunjukan pada gambar 3.14 sebagai berikut.



Gambar 3. 14 Jangka Sorong

15. *Thicness* meter

Fungsi dari *thickness gauge* sendiri adalah untuk mengukur ketebalan pada celah diantara 2 bagian komponen yang saling bersentuhan.



Gambar 3. 15 *Thicness meter*

16. Buehler Automet Polisher

AutoMet 250 dirancang untuk persiapan sampel manual atau otomatis. AutoMet 250 dibuat dengan konstruksi tahan lama untuk keandalan di lingkungan penggunaan tinggi, fitur pembersihan cepat yang unik, dan banyak peningkatan untuk pengoperasian yang ramah pengguna.



Gambar 3. 16 Buehler Automet Polisher

17. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Alat ini berfungsi memperbesar permukaan hingga 500 kali.



Gambar 3. 17 SEM

Untuk spesifikasi dan tipe dari alat *Scanning Electron Microscopy* (*SEM*) dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Spesifikasi mesin *SEM* JEOL JSM-6390A

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Resolusi	3.0 nm(30kV)
2.	Accelerating voltage	0.5 to 30 kV
3.	Perbesaran	x5 to 300,000
4.	Filament	Pre-centered W hairpin filament (with continuous auto bias)
5.	Lensa objektif	Super conical lens

3.2.2 Bahan

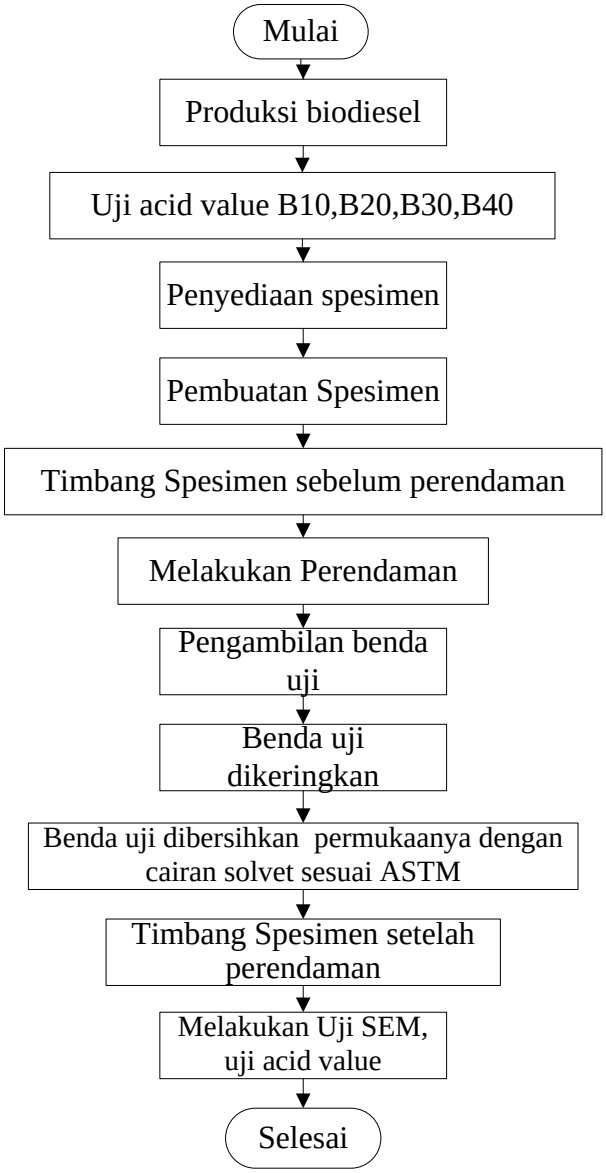
Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak goreng sisa (*waste cooking oil*) yang diperoleh dari warung dikota medan dan minyak biji mimba (*neem oil*) dari pulau jawa, larutan kimia H_3PO_4, *Sulfurid Acid* (H_2SO_4), *Pottasium Hidroxide* (KOH), larutan kimia metanol, air suling, kertas filter, Plat baja karbon dengan ukuran 38 x 15 x 3 mm, amplas, solar.

3.3 Model Penelitian

Model yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian kualitatif dimana data hasil penelitian diperoleh dari hasil pengujian alat produksi biodiesel dan pengujian karakteristik dari hasil konversi minyak nabati non pangan menjadi metil ester menggunakan alat tersebut.

3.4 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dijelaskan pada diagram alir pada gambar 3.18 sebagai berikut:



Gambar 3. 18 Diagram Alir

3.5 Metode Penelitian

3.5.1 Proses Pembuatan Biodiesel

1. **Tahap *degumming,*** proses ini dilakukan pada minyak mentah (*crude oil*) untuk meningkatkan stabilitas oksidasi. Secara umum, minyak mentah mengandung jumlah fosfatida yang bervariasi (dikenal sebagai getah) dan fosfatida ini perlu dihilangkan dari minyak karena tidak diinginkan untuk

produksi biodiesel. Proses pemisahan getah atau lendir yang terdiri dari fosfatida, protein residu, karbohirat, air dan resin disebut *degumming*. Pada proses ini, campuran minyak mentah yaitu minyak goreng sisa dan minyak biji mimba dimasukan didalam *double jacket* ditambahkan 2% vol % H_3PO_4 20% dipanaskan dengan temperatur 60 ^oC, putaran 1000 rpm dilakukan selama 30 menit. Kemudian dilakukan proses filtrasi dicorong pemisah selama 2 jam, dimana pembentukan fosfatida (getah) dapat diamati didasar labu. Setelah itu dipisahkan dari campuran minyak dicuci 2 kali dengan air suling pada temperatur 50 ^oC. Proses degumming dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3. 19 Proses *degumming*

2. **Tahap esterifikasi**, minyak yang sudah di proses *degumming* dicampurkan dengan metanol dengan perbandingan 1:2 setelah itu tambahkan 1% vol % H_2SO_4. Reaksi esterifikasi dalam penelitian ini berlangsung selama 1,5 jam pada temperatur 60 °C, putaran 1000 rpm. Pada akhir reaksi akan terbentuk metil ester dengan kadar asam kurang dari 2%. Selanjutnya produk ini diendapkan selama waktu tertentu untuk memisahkan gliserol dan metil ester di corong pemisah. Gliserol yang terbentuk berada di lapisan bawah karena berat jenisnya lebih besar daripada metil ester. Gliserol kemudian dipisahkan dikeluarkan dari reaktor agar tidak mengganggu proses transesterifikasi
3. **Tahap transesterifikasi,** pada tahapan ini dilakukan proses transesterifikasi pada metil ester yang sudah mempunyai kadar asam yang

rendah. Pada tahap ini dilakukan pencampuran antara katalis KOH 0,5% v/v dan metanol (CH_3OH) perbandingan persentasi 1:2 dengan minyak hasil esterifikasi. Reaksi transesterifikasi dalam penelitian ini berlangsung sekitar 1,5 jam pada temperatur 60 °C. Setelah proses transesterifikasi selesai, dilakukan pengendapan selama waktu tertentu agar gliserol terpisah dari *metil ester*.

4. **Tahap pencucian**, setelah tahap transesterifikasi biodiesel dilakukan, selanjutnya dilakukan tahap pencucian dengan menambahkan *aquadest* pada temperatur 45-60 ^oC kedalam biodiesel dengan tujuan agar gliserol, alkohol dan sisa-sisa katalis basa dan sabun larut dalam air. Pencucian dilakukan dua kali sampai pH campuran menjadi normal. Proses pencucian diperlihatkan pada gambar 3.20 sebagai berikut.



Gambar 3. 20 Proses Pencucian

5. **Tahap evaporasi**, pengeringan bertujuan untuk menghilangkan air yang tercampur dalam metil ester. Pengeringan dilakukan sekitar 10 menit pada suhu yang cukup tinggi. Pengeringan dilakukan dengan cara memberikan panas pada produk dengan suhu sekitar 95°C secara sirkulasi. Ujung pipa sirkulasi ditempatkan di tengah permukaan cairan pada alat evaporasi. Tahap evaporator dapat diperlihatkan pada gambar 3.21 sebagai berikut.



Gambar 3. 21 Tahap Evaporator

6. **Tahap filtrasi**, pada tahap akhir dilakukan filtrasi dari proses pembuatan biodiesel. Filter yang dilakukan berukuran 10 mikron. Masukan minyak kedalam kertas filter. Tahap filtrasi ditunjukan pada gambar 3.22 sebagai berikut.



Gambar 3. 22 Proses Filtrasi

3.6 Tahapan Uji Korosi

3.6.1 Proses pencampuran Biosolar (B10, B20, B30, B40)

Membuat campuran bahan bakar solar dengan biodiesel yang bervariasi yaitu B 10, B 20, B30, B 40.

Keterangan:

B 10 : Biodiesel 10 %, Solar 90 %

B 20 : Biodiesel 20 %, Solar 80 %

B 30 : Biodiesel 30 %, Solar 70 %

B 40 : Biodiesel 40 %, Solar 60 %

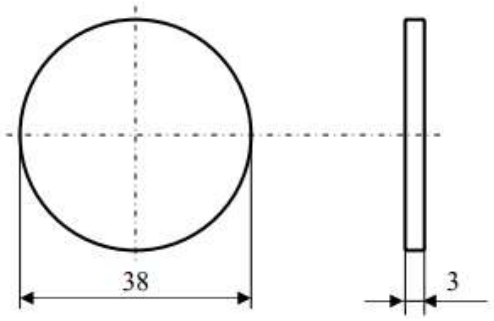


Gambar 3.23 Proses Pencampuran Biosolar

3.6.2 Penyiapan Spesimen

Proses Pembuatan Spesimen Tahapan proses pembuatan spesimen yaitu:

1. Pemotongan bahan Memotong bahan yang berupa baja karbon dengan ukuran tebal 3 mm dan diameter 38 mm dengan menggunakan mesin gergaji.



Gambar 3. 24 Gambar Spesimen

2. Pengeboran spesimen

   Pengeboran dilakukan dengan menggunakan mesin bor, lubang ini bertujuan untuk memudahkan dalam perangkaian spesimen dalam proses pencelupan.

3. Pemolesan

   Pemolesan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin polishing, pemolesan ini bertujuan agar dihasilkan permukaan yang rata.

3.6.3 Pemolesan

Pemolesan dengan menggunakan amplas mulai dari amplas no. 100 sampai no. 1500 kemudian diberi autosol agar lebih halus dan mengkilap. Tahap ini dilaksanakan di laboratorium ATB Politeknik Negeri Medan dengan

menggunakan mesin 46 polishing. Setelah itu dicuci menggunakan *Clarke's solution* untuk menghilangkan produk korosi dari permukaan, dan dibilas menggunakan akuades dan metanol. Selanjutnya kupon yang telah bersih ditimbang menggunakan neraca analitik

3.6.4 Perendaman Spesimen Dalam Media Biosolar

Logam dalam kondisi baru di masukkan ke dalam wadah gelas beaker yang berisi biosolar. Kemudian pada 336 jam dan 768 dilakukan pengamatan dan penimbangan spesimen logam. Pengulangan dilakukan 5 kali setiap variabel percobaan.

3.6.5 Penentuan Laju Korosi

Setelah ketebalan setiap spesimen diukur maka dilakukan perhitungan laju korosi dengan metode kehilangan berat. Pada analisa perhitungan laju korosi ini setiap spesimen yang telah dihitung ketebalannya dihitung laju korosinya dan dihitung perbandingannya.

Sementara pada pembahasan diperoleh hasil dari analisa data. Hasil percobaan berupa hasil perhitungan laju korosi setiap specimen campuran. Kemudian ketika laju korosi setiap specimen.

Laju korosi benda uji logam diselidiki berdasarkan data hasil pengukuran yang dinyatakan dengan persamaan (1). Selisih berat yang diperoleh dari pengukuran kemudian diubah menjadi laju korosi (CR), dimana laju korosi (mpy) merupakan singkatan dari mm per *year*, D adalah massa jenis logam (g/cm^3), W adalah susut berat (g), T adalah waktu perendaman (jam) dan A adalah luas penampang permukaan logam benda uji (cm^2). Prosedur dan persamaan yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan metode ASTM G31-72 untuk Pengujian Korosi Perendaman Laboratorium Logam (G31-722004) (Zahra et al., 2019) :

$$\mathrm{CR} = \frac{(8{,}76 \times 10^4 \times \mathrm{W})}{DXAXT} \text{ (mpy)} \qquad (3.1)$$

Tabel 3. 3 Pengujian Laju Korosi

No	Nama Sampel	Waktu perendaman (Jam)	Laju Korosi (mpy)
1	B0	336	
		768	
2	B100	336	
		768	
3	B10	336	
		768	
4	B20	336	
		768	
5	B30	336	
		768	
6	B40	336	
		768	

3.6.6 Prosedur pengujian SEM

Langkah-langkah pengujian SEM dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Material uji yang akan dilakukan pemotretan harus bersih, kering dan telah mengalami proses pemolesan (*polishing*) dengan menggunakan alat pholesing untuk mendapatkan permukaan spesimen yang rata, bebas dari kotoran, tidak berminyak dan mengkilap sehingga dapat meningkatkan kualitas hasil pemotretan yang baik. Hasil akhir perendaman kelima variasi pecampuran Biosolar di uji SEM
2. Membersihkan material uji dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* dengan media *aceton* untuk menghilangkan debu-debu pengotor sebelum penempelan pada *specimen holder*. Mesin Ion Sputter JFC-1600 ditunjukkan pada gambar 3.25, sedangkan itu spesifikasi mesin ion sputter JFC-1600 dapat dilihat pada tabel 3.4.



Gambar 3. 25 Mesin Ion Sputter JFC-1600 (Lab.SEM PNL)

Tabel 3. 4 Spesifikasi Mesin Ion Sputter JFC-1600

No	Spesifikasi	Mesin Ion Sputter JFC-1600
1.	Tegangan	1,2 kV
2.	Arus listrik	6 - 7,5 mA
3.	Kevakuman	0,2
4.	Durasi	4 menit

3. Menempelkan material uji pada *specimen holder* dengan menggunakan *double sticky tip* untuk mendapatkan posisi spesimen yang *rigid*.
4. Material uji dimasukkan ke dalam *specimen chamber* pada mesin *SEM* JEOL JSM-6390A untuk melakukan observasi pada spesimen uji sebelum dilakukan pemotretan.
5. Pemotretan dilakukan dengan menggunakan perbesaran yang diinginkan untuk mengetahui butiran, batas butir, keretakan, dan dislokasi.
6. Hasil pemotretan berupa gambar *SEM* yang kemudian dianalisis

3.6.7 Pengujian *Acid Value* setelah perendaman

Pengujian *acid value* dilakukan di pusat energi baru terbarukan Politeknik Negeri Medan menggunakan Alat Titraoline 7750. Tabel data pengujian acid value dapat dilihat pada table 3.5.

Tabel 3. 5 Data Pengujian Acid Value

Propetis	Unit	Biosolar WCONO30				
		B10	B20	B30	B40	B100
Acid Value	MgKOH/g					

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Karakteristik Biodiesel WCONO

Dari hasil pengamatan tabel 4.1 menunjukkan sifat-sifat biodiesel perbandingan katalis KOH hampir semua hasil yang diperoleh masih dalam batas yang ditentukan oleh standar Internasional untuk biodiesel ASTM (*American Standard Testing and Material)* dan (*European Standard)*. Uji karakteristik meliputi Viskositas kinematik (ASTM D445 dan EN ISO 3104), Densitas (ASTM D4052 dan EN ISO 3675) viskositas dan densitas diuji menggunakan alat *Stabinger Viscometer* SVM 3001 Anton paar, Bilangan asam (ASTM D664 dan EN ISO 14104), Angka Iod (AOSCS Cd 1-25). Bilangan asam dan angka iod diuji menggunakan alat *Elektrochemie Hallae* GmbH (ECH) *Titrator*, Oksidasi (EN 14112 dan EN ISO 1442) diuji menggunakan alat *Oxidation stability tester* RAPIDOXY 100 *fuel Anton Paar*, Titik Nyala (ASTM D-93 dan EN ISO 22719) diuji menggunakan alat *Prensky Marter.*

Tabel 4.1. Karakteristik Biodiesel

Properties	Unit	Biodiesel				Data pengujian
		ASTM D6751	Standard test method	EN 14214	Standard test method	KOH 0.5%
Viskositas 40 ^{o}C	mm^2/s	1,9-6,0	D445	3.5-5.0	EN ISO 3104	4.531
Densitas 40 ^{o}C	kg/m^3	850-890	D4052	860-900	EN ISO 3675	860
Bilangan asam	mgKOH/g	0,5 (maks)	D664	0.5 (max)	EN ISO 14104	0.34
Oksidasi stabilitas 110 ^{o}C	^{o}h	3 (min)	EN 14112	6 (min)	EN ISO 14112	10.03
Titik nyala	^{o}C	100-170	D93	101 (min)	EN ISO 22719	164.3
Angka iodin	%massa (g-I^2/100g), maks	115	AOCS Cd 1-25	-	-	98.2

Dari tabel 4.1 hasil viskositas yang didapatkan yaitu 4.531 mm^2/s. Memenuhi standar ASTM yaitu 1,9-6,0 mm^2/s dan EN 14214 (3,5-5 mm^2/s). Hasil karakteristik biodiesel lain yaitu densitas (860 kg/m3), bilangan asam (0.34

mgKOH/g), Stabilitas Oksidasi (10.03 jam), titik nyala (164.3 ^{o}C), dan akan iodine (98.2 %) memenuhi standar biodiesel ASTM dan EN.

Penelitian serupa dilakukan oleh (Nurulita, Nur, Silitonga, Milano, & Siregar, 2023) hasil penelitian didapatkan, kinematika campuran metil ester dari minyak goreng dan minyak mimba dengan variasi konsentrasi KOH telah memenuhi syarat sebagai bahan bakar biodiesel dan solar. Viskositas terendah adalah pada konsentrasi KOH 1,00 wt%, 4,547 mm^2/s, sedangkan yang tertinggi ditemukan pada konsentrasi katalis KOH 1,50 wt%, 4,641 mm^2/s. Bahan bakar harus memiliki viskositas rendah agar mengalir dengan mudah dan otomatis. Hasil pengujian lainnya (densitas, bilangan asam, stabilitas oksidasi, flash point) memenuhi standar ASTM dan EN.

Jumlah katalis KOH yang semakin besar juga akan menyebabkan proses metanolisis semakin cepat sehingga nilai viskositas semakin besar, yang tidak baik untuk mesin (Milano, Ong, Masjuki, Silitonga, Chen, et al., 2018). Hal ini sesuai dengan pendapat (Faputri & Agustiorini, 2019), kondisi viskositas semakin tinggi akan memiliki kemampuan mengalirkan akan semakin tinggi, karena akan mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel.

Adanya penambahan metanol maka menurunkan kadar asam yang dimiliki oleh biodiesel, karena metanol bersifat basa sehingga akan mengurangi kadar keasamannya biodiesel tersebut (Cordero-Ravelo & Schallenberg-Rodriguez, 2018). Angka asam yang tinggi merupakan penanda bahwa biodiesel masih mengandung asam lemak bebas. Biodiesel dinyatakan mengandung asam lemak siklopropenoid yang akan berpolimerisasi mengakibatkan injektor mesin diesel akan tersumbat diatas 0.5 mgKOH (Milano, Ong, Masjuki, Silitonga, Kusumo, et al., 2018). Tingkat keasaman ini berhubungan dengan daya penyimpanan dan tingkat korosifitasnya. Besarnya nilai bilangan asam dapat pula dipengaruhi juga oleh cara menyimpan yang bisa menyebabkan terjadinya hidrolisis (Nurfadillah, 2011).

4.2 Laju Korosi

Karakterisasi logam korosif sangat penting untuk ketahanan jangka panjang bagian-bagian mesin saat menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar mesin. Tabel 4.2 dan gambar 4.1 membandingkan laju korosi biodiesel WCONO yang dicampur dengan bahan bakar diesel pada suhu kamar. Pada penelitian ini, berat yang hilang selama proses perendaman digunakan untuk menghitung laju korosi. Laju korosi baja seluruh campuran bahan bakar (B0, B10, B20, B30, B40, dan B100) lebih tinggi pada perendaman 336 jam yaitu 0,0026 mpy, 0,0013 mpy, 0,024 mpy, 0,026 mpy, 0,0272 mpy dan 0,03 mpy.

Tabel 4. 2 Laju Korosi Biodiesel-diesel WCONO

	Laju Korosi (mpy)	
Nama Sampel	336 jam	768 jam
B0	0.0026	0.003
B100	0.03	0.034
B10	0.0013	0.009
B20	0.024	0.0124
B30	0.026	0.018
B40	0.0272	0.025

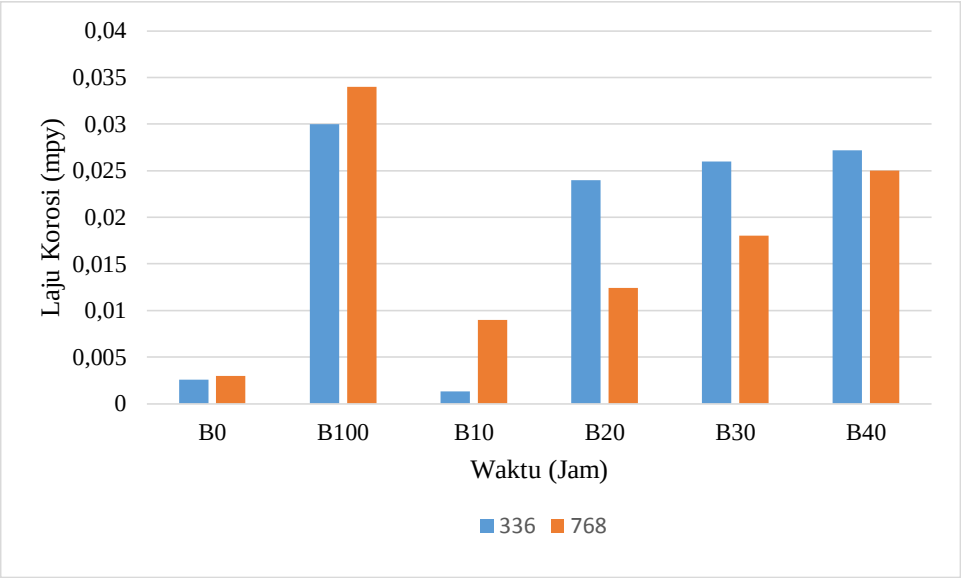
Laju korosi baja direndam dalam B40 dan B100 15 kali lebih cepat dibandingkan dengan bahan bakar diesel. B40 dan B100 ini memiliki laju korosi paling tinggi dibandingkan bahan bakar lain, sedangkan B10 memiliki laju korosi paling rendah, sekitar 39% lebih rendah dibandingkan bahan bakar diesel. Secara keseluruhan penambahan biodiesel WCONO ke dalam bahan bakar solar menyebabkan percepatan laju korosi pada baja. Laju korosi tergantung pada persentase volume biodiesel dalam campuran biodiesel-diesel. Peningkatan laju korosi berhubungan dengan peningkatan kandungan biodiesel dalam campuran (Sterpu, Simedrea, Chis, & Săpunaru, 2024). Tingginya laju korosi menunjukkan bahwa biodiesel lebih korosif dibandingkan bahan bakar diesel (S Dharma et al., 2023). Peningkatan laju korosi akibat penambahan biodiesel juga sejalan dengan temuan (Samuel, Ashiedu, & Oreko, 2016) yang melaporkan bahwa penambahan biodiesel minyak sawit yang dihasilkan dari proses transesterifikasi dengan katalis alkali berdampak pada peningkatan laju korosi masing-masing sebesar 0,054, 0,0954 dan 0,139 mpy untuk B0, B50 dan B100.

(S Dharma et al., 2023) juga menambahkan bahwa baja karbon ringan dan tembaga merupakan bahan yang mudah teroksidasi dibandingkan dengan aluminium dan baja tahan karat.

Stabilitas oksidasi biodiesel yang rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel pada mesin menimbulkan permasalahan seperti korosi, penyumbatan filter dan deposit pada mesin. Selain itu kandungan metil ester tak jenuh seperti metil linoleat (C18:2) dan metil linolenat (C18:3) menyebabkan terbentuknya senyawa biodegradable yaitu asam, aldehida, ester, keton, peroksida dan alkohol (Sorate & Bhale, 2015). Asam yang dihasilkan juga dapat menimbulkan korosi pada komponen otomotif meskipun dapat meningkatkan pelumasan dalam jangka pendek . Baja yang direndam dalam jangka waktu lama kemungkinan besar memiliki laju korosi yang lebih rendah. Namun perlu diperhatikan, penurunan berat badan tidak linier dengan waktu perendaman karena cenderung mengalami perlambatan dibandingkan dengan waktu pertambahan. Penurunan laju korosi dapat terjadi seperti yang ditunjukkan oleh (Sterpu et al., 2024) yang menemukan adanya penurunan laju korosi aluminium, dimana laju korosi aluminium pada waktu 1200 jam lebih rendah dibandingkan pada waktu 600 jam. (Koutsouki et al., 2016) juga mencatat adanya penurunan laju korosi magnesium dan aluminium yang seiring dengan bertambahnya lama perendaman. Pada penelitian ini laju korosi pada waktu 768 jam mengalami penurunan masing-masing menjadi 0,0124 mpy, 0,018 mpy, 0,025 mpy untuk B20, B30, dan B40.

Karakteristik permukaan Perubahan warna baja akibat pemaparan campuran bahan bakar biodiesel-diesel WCONO sebelum dan sesudah perendaman baja direndam dalam bahan bakar solar namun hampir tidak terlihat perubahan warnanya namun kemudian perubahan warna semakin terlihat yaitu sedikit lebih gelap. Hal ini berbeda dengan baja yang direndam dalam campuran bahan bakar biodiesel-diesel WCONO. Terlihat adanya perubahan warna atau degradasi pada semua jenis campuran biodiesel WCONO. Pada awal perendaman, warna tampak kecoklatan yang lama kelamaan menjadi gelap seiring bertambahnya waktu perendaman. Setelah perendaman selama 768 jam, lapisan tipis warna hitam terlihat pada permukaan produk, terutama untuk beberapa campuran, seperti B40. Perendaman baja dalam jangka waktu lama dalam

biodiesel menyebabkan perubahan warna dan pembentukan sedimen. Pembentukan sedimen dan gum dapat menyebabkan masalah kinerja mesin termasuk penyumbatan filter bahan bakar (Rocabruno-Valdés et al., 2019).

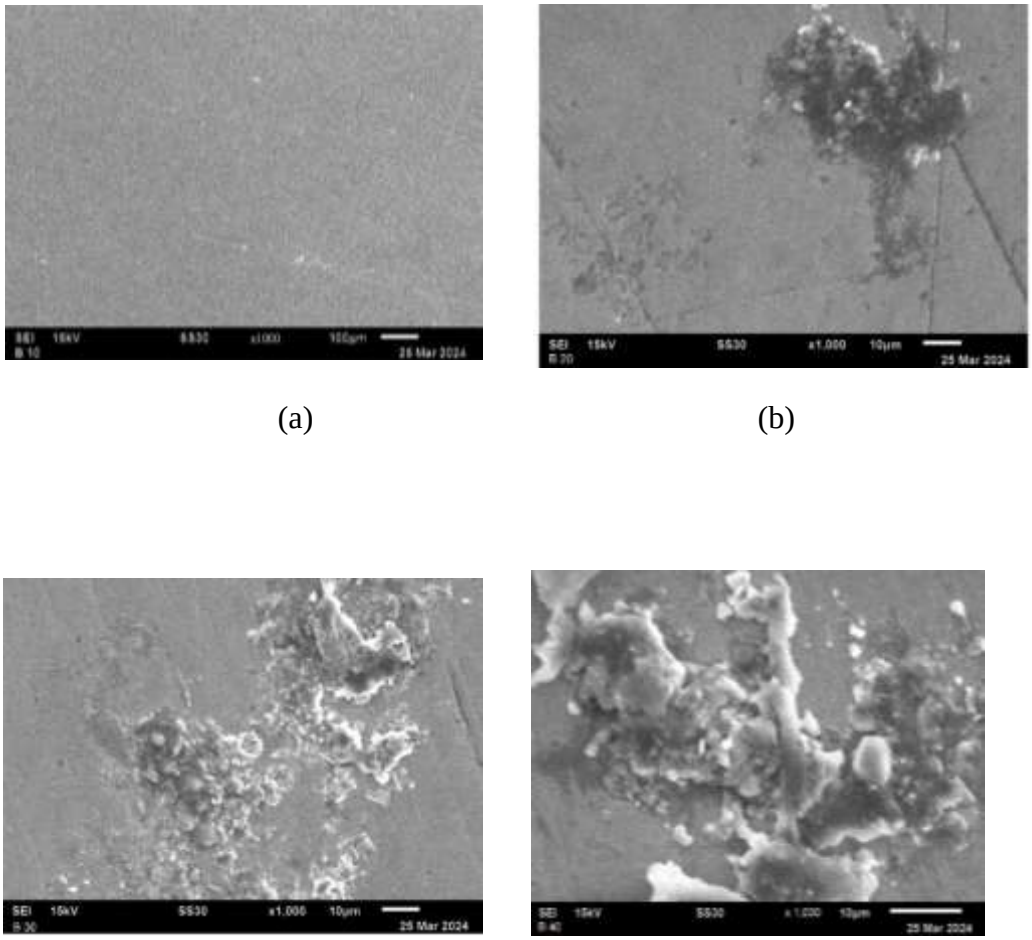


Gambar 4. 1 Laju korosi biosolar

4.3 Analisa SEM Biosolar

SEM digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan baja yang direndam dalam bahan bakar: B0, B10, B20, B30, B40 masing-masing selama 336 jam dan 768 jam seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2 . Pengamatan ini dilakukan untuk mengevaluasi dampak bahan bakar biodiesel terhadap korosi selama perendaman statis. Terlihat jelas adanya perubahan morfologi permukaan logam akibat korosi. Waktu perendaman menunjukkan degradasi material baja lebih besar akibat perendaman pada bahan bakar yang dicampur dengan biodiesel. Pada perbesaran 1000×, luas area pada permukaan logam yang terkena korosi baja menjadi lebih luas dengan bertambahnya durasi waktu. SEM juga menunjukkan tingkat korosi dan degradasi material permukaan. Lubang-lubang berbentuk bulat yang terlihat di permukaan merupakan indikasi serangan korosi (S Dharma et al., 2023). Korosi pitting pada permukaan logam juga dapat disebabkan oleh beberapa jenis asam monokarboksilat, seperti asam format, asam asetat, asam propionat, asam kaproat (S Dharma et al., 2023; Saluja, Kumar, & Sham, 2016). Baja rentan terhadap serangan campuran biodiesel sedangkan kupon baja yang direndam

dalam solar tidak menunjukkan adanya korosi yang berarti. Lamanya waktu perendaman juga mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan morfologi permukaan baja. Baja yang direndam pada waktu 768 jam dibandingkan dengan 336 jam menunjukkan adanya lubang-lubang bulat pada seluruh permukaan dengan warna hitam yang lebih merata.



(a) (b)

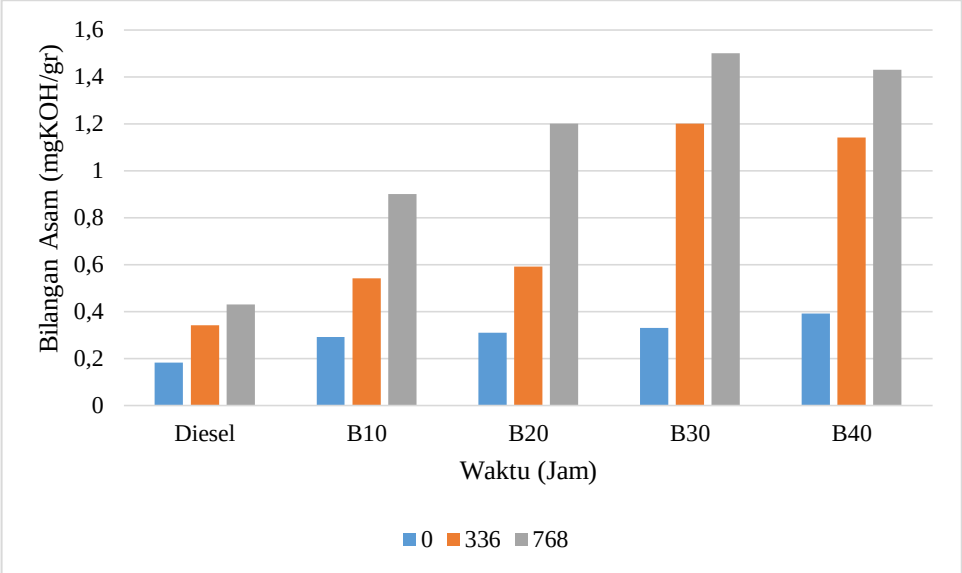
(c) (d)

Gambar 4. 2 Foto optik (1000 ×) menunjukkan morfologi produk korosi pada permukaan baja setelah direndam selama 768 jam pada suhu sekitar untuk (a) B10, (b) B20, (c) B30, (d) B40

4.4 Pengaruh korosi terhadap bilangan asam pada biodiesel WCONO dan biosolar

Bilangan asam adalah nilai konsentrasi kandungan asam dalam larutan tidak berair. Nilai ini diperoleh dengan menghitung jumlah kalium hidroksida (KOH) yang diperlukan untuk menetralkan 1 g sampel dan menunjukkan jumlah gugus asam karboksilat di dalamnya (Saluja et al., 2016). Standar batas bilangan asam pada campuran biodiesel adalah 0,5 mg KOH/g untuk standar ASTM D6751 dan EN 14214. Nilai asam yang diukur untuk campuran bahan bakar biodiesel-diesel WCONO selama 0 jam adalah (0,182; 0,29; 0,31; 0,33; 0,39) mg KOH/g masing-masing untuk B0, B10, B20, B30, B40.

Bilangan asam meningkat seiring bertambahnya waktu perendaman baja. Gambar 4.3 juga menunjukkan bahwa peningkatan nilai asam yang signifikan pada setiap waktu pengamatan akibat paparan baja. Nilai asam bahan bakar solar lebih stabil dan sedikit meningkat, namun dalam skala yang lebih kecil. Nilai asam yang diamati menunjukkan peningkatan pada hampir seluruh bahan bakar yang menunjukkan kupon logam (baja) telah mengalami proses oksidasi, yang pada akhirnya meningkatkan konsentrasi asam dalam campuran bahan bakar.



Gambar 4. 3 Perubahan nilai asam campuran bahan bakar biodiesel-diesel WCONO sebelum dan sesudah terpapar baja pada suhu sekitar selama 0, 336, 768 perendaman

Sesuai dengan penelitian (Thangavelu, Ahmed, & Ani, 2016) bilangan asam B40 yang menunjukkan nilai tertinggi bila direndam antara 400 jam dan 2000 jam, berturut-turut adalah 1,9618; 1,95798; 2,3378; 2,4206; 2,5152 mg KOH/g. Menurut (Yeşilyurt, Öner, & Yilmaz, 2019) peningkatan bilangan asam tersebut disebabkan oleh meningkatnya oksidasi biodiesel sehingga membentuk asam lemak bebas pada bahan bakar. Adanya asam korosif pada bahan bakar dapat meningkatkan nilai asam. Selain itu, jumlah asam juga dapat digunakan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas dan asam lainnya yang bertanggung jawab terhadap degradasi biodiesel (Rocabruno-Valdés et al., 2019).

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah

1. Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba sesuai dengan standar ASTM dan EN. Penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi biodiesel dalam campuran (B20, B30, dan B40), semakin rendah laju korosi yang diamati seiring dengan peningkatan waktu perendaman. Namun, campuran B10 menunjukkan laju korosi yang hampir sama dengan bahan bakar solar, bahkan lebih baik pada perendaman yang lebih lama. SEM menunjukkan perubahan morfologi pada baja yang direndam dalam B0, B10, B20, B30, dan B40 selama 336 dan 768 jam. Degradasi logam meningkat dengan waktu perendaman. Lubang-lubang bulat di permukaan logam menunjukkan serangan korosi, yang lebih parah pada campuran biodiesel dibandingkan solar.
2. Nilai asam yang diamati menunjukkan peningkatan pada hampir seluruh bahan bakar yang menunjukkan kupon logam (baja) telah mengalami proses oksidasi, yang pada akhirnya meningkatkan konsentrasi asam dalam campuran bahan bakar.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah

1. Melakukan studi lebih lanjut untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi dan proporsi campuran biodiesel-diesel minyak goreng sisa dan minyak biji mimba terhadap laju korosi dan karakteristik material logam lainnya, guna memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang interaksi antara bahan bakar alternatif dan material logam dalam berbagai kondisi operasional.
2. Melakukan analisis komprehensif terhadap mekanisme korosi yang terjadi pada material logam yang terendam dalam campuran biodiesel-diesel , termasuk studi mikrostruktur dan analisis kimia, guna mendukung

pengembangan strategi pencegahan korosi yang lebih efektif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Abukhadra, M. R., & Sayed, M. A. (2018). K+ trapped kaolinite (Kaol/K+) as low cost and eco-friendly basic heterogeneous catalyst in the transesterification of commercial waste cooking oil into biodiesel. *Energy Conversion and Management, 177*, 468-476.

Affandi, Siregar, A. Marabdi., Siregar, Chandra. A., Nasution, A, Rudi., Tanjung, Iqbal., Fonna, Syarizal., & Huzni, Syifaul. (2020). Analisa Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah di Kecamatan Medan Belawan. *Multitek Indonesia*, 14(2), 80-88.

Anya, A., Jack, I., & Osagie, O. (2016). Synthesis and characterization of oil-modified alkyd resin from epoxidized neem oil. *Am. Chem. Sci. J, 15*(2), 1-7.

Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Badruddin, I. A., Mahlia, T., Masjuki, H., & Mekhilef, S. (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and sustainable energy reviews, 16*(4), 2070-2093.

Babaki, M., Yousefi, M., Habibi, Z., & Mohammadi, M. (2017). Process optimization for biodiesel production from waste cooking oil using multi-enzyme systems through response surface methodology. *Renewable Energy, 105*, 465-472.

Boontawee, H., Nakason, C., Kaesaman, A., Thitithammawong, A., & Chewchanwuttiwong, S. (2017). Benzyl esters of vegetable oils as processing oil in carbon black–filled SBR compounding: chemical modification, characterization, and performance. *Advances in Polymer Technology, 36*(3), 320-330.

Chandran, D., Ng, H. K., Lau, H. L. N., Gan, S., & Choo, Y. M. (2016). Investigation of the effects of palm biodiesel dissolved oxygen and conductivity on metal corrosion and elastomer degradation under novel immersion method. *Applied Thermal Engineering, 104*, 294-308.

Chen, C., Chitose, A., Kusadokoro, M., Nie, H., Xu, W., Yang, F., & Yang, S. (2021). Sustainability and challenges in biodiesel production from waste cooking oil: An advanced bibliometric analysis. *Energy Reports, 7*, 4022-4034.

Chen, Q., Sun, F., & Xu, Y. (2017). Does winter heating cause smog? Evidence from a city panel in north China. Nankai Econ. *Stud, 4*, 25-40.

Cordero-Ravelo, V., & Schallenberg-Rodriguez, J. (2018). Biodiesel production as a solution to waste cooking oil (WCO) disposal. Will any type of WCO do for a transesterification process? A quality assessment. *Journal of environmental management, 228*, 117-129.

Dharma, S., Masjuki, H., Ong, H. C., Sebayang, A., Silitonga, A., Kusumo, F., & Mahlia, T. (2016). Optimization of biodiesel production process for mixed Jatropha curcas–Ceiba pentandra biodiesel using response surface methodology. *Energy Conversion and Management, 115*, 178-190.

Dharma, S., Silitonga, A., Shamsuddin, A., Sebayang, A., Milano, J., Sebayang, R., . . . Ginting, B. (2023). Properties and corrosion behaviors of mild steel

in biodiesel-diesel blends. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 45*(2), 3887-3899.

Faputri, A. F., & Agustiorini, I. (2019). Optimalisasi Produksi Biodiesel Dari Minyak Kacang Tanah Bekas Pedagang Sate Menggunakan Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi Dengan Perbedaan Konsentrasi Katalis KOH. *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, 528-534.

Fazal, M., Rubaiee, S., & Al-Zahrani, A. (2019). Overview of the interactions between automotive materials and biodiesel obtained from different feedstocks. *Fuel Processing Technology, 196*, 106178.

Foteinis, S., Chatzisymeon, E., Litinas, A., & Tsoutsos, T. (2020). Used-cooking-oil biodiesel: Life cycle assessment and comparison with first-and third-generation biofuel. *Renewable Energy, 153*, 588-600.

Gupta, A. R., & Rathod, V. K. (2018). Calcium diglyceroxide catalyzed biodiesel production from waste cooking oil in the presence of microwave: Optimization and kinetic studies. *Renewable Energy, 121*, 757-767.

Haseeb, A., Fazal, M., Jahirul, M., & Masjuki, H. (2011). Compatibility of automotive materials in biodiesel: A review. *Fuel, 90*(3), 922-931.

Haseeb, A., Masjuki, H. H., Ann, L., & Fazal, M. (2010). Corrosion characteristics of copper and leaded bronze in palm biodiesel. *Fuel Processing Technology, 91*(3), 329-334.

Koutsouki, A., Tegou, E., Badeka, A., Kontakos, S., Pomonis, P., & Kontominas, M. (2016). In situ and conventional transesterification of rapeseeds for biodiesel production: The effect of direct sonication. *Industrial crops and products, 84*, 399-407.

Kugelmeier, C. L., Monteiro, M. R., da Silva, R., Kuri, S. E., Sordi, V. L., & Della Rovere, C. A. (2021). Corrosion behavior of carbon steel, stainless steel, aluminum and copper upon exposure to biodiesel blended with petrodiesel. *Energy, 226*, 120344.

Kumar, V. S., & Navaratnam, V. (2013). Neem (Azadirachta indica): Prehistory to contemporary medicinal uses to humankind. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine, 3*(7), 505-514.

Lelawati, L. (2022). PENGARUH PEMANASAN DAN QUENCHING DENGAN AIR LAUT TERHADAP STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG. *Jurnal Redoks, 7*(1), 62-72.

Matějovský, L. s., Macák, J., Pleyer, O., Straka, P., & Staš, M. (2019). Efficiency of steel corrosion inhibitors in an environment of ethanol–gasoline blends. *ACS omega, 4*(5), 8650-8660.

Mathew, B. C., & Thangaraja, J. (2018). Material compatibility of fatty acid methyl esters on fuel supply system of CI engines. *Materials Today: Proceedings, 5*(5), 11678-11685.

Milano, J., Ong, H. C., Masjuki, H. H., Silitonga, A. S., Chen, W.-H., Kusumo, F., . . . Sebayang, A. H. (2018). Optimization of biodiesel production by microwave irradiation-assisted transesterification for waste cooking oil-Calophyllum inophyllum oil via response surface methodology. *Energy Conversion and Management, 158*, 400-415.

Milano, J., Ong, H. C., Masjuki, H. H., Silitonga, A. S., Kusumo, F., Dharma, S., . . . Wang, C.-T. (2018). Physicochemical property enhancement of

biodiesel synthesis from hybrid feedstocks of waste cooking vegetable oil and Beauty leaf oil through optimized alkaline-catalysed transesterification. *Waste Management, 80*, 435-449.

Mofijur, M., Atabani, A., Masjuki, H. a., Kalam, M., & Masum, B. (2013). A study on the effects of promising edible and non-edible biodiesel feedstocks on engine performance and emissions production: a comparative evaluation. *Renewable and sustainable energy reviews, 23*, 391-404.

Mohadesi, M., Aghel, B., Maleki, M., & Ansari, A. (2019). Production of biodiesel from waste cooking oil using a homogeneous catalyst: Study of semi-industrial pilot of microreactor. *Renewable Energy, 136*, 677-682.

Mulyana, C., Saad, A. H., Nurhilal, O., & Yusuf, M. F. (2015). Penentuan Umur Sisa Pipa (Tube) Pada Pengilangan Minyak (Halaman 18 sd 22). *Jurnal Fisika Indonesia, 19*(55).

Naveen, S., Gopinath, K. P., Malolan, R., Ramesh, S. J., Aakriti, K., & Arun, J. (2020). Novel solar parabolic trough collector cum reactor for the production of biodiesel from waste cooking oil using calcium oxide catalyst derived from seashells waste. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification, 157*, 108145.

Nugroho, A., Haryadi, G. D., Ismail, R., & Kim, S. J. (2016). *Risk based inspection for atmospheric storage tank.* Paper presented at the AIP Conference Proceedings.

Nurfadillah, N. (2011). *Pembuatan dan Uji Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah.* Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar,

Nurulita, B., Nur, T. B., Silitonga, A. S., Milano, J., & Siregar, M. A. (2023). Effect of Concentration Catalyst in Production and Physicochemical Properties of Frying Cooking Oil and Neem Oil Mixture. *Journal of Innovative Technology, 5*(1), 29-38.

Pambudi, H. R. JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG 2016.

Paryanto, I., Prakoso, T., Suyono, E. A., & Gozan, M. (2019). Determination of the upper limit of monoglyceride content in biodiesel for B30 implementation based on the measurement of the precipitate in a Biodiesel–Petrodiesel fuel blend (BXX). *Fuel, 258*, 116104.

Putra, M. D., Nata, I. F., & Irawan, C. (2020). Biodiesel production from waste cooking oil using heterogeneous catalyst: Biodiesel product data and its characterization. *Data in brief, 28*.

Qi, D., & Lee, C.-F. (2014). Influence of soybean biodiesel content on basic properties of biodiesel-diesel blends. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 45*(2), 504-507.

Rocabruno-Valdés, C., González-Rodriguez, J., Díaz-Blanco, Y., Juantorena, A., Muñoz-Ledo, J., El-Hamzaoui, Y., & Hernández, J. (2019). Corrosion rate prediction for metals in biodiesel using artificial neural networks. *Renewable Energy, 140*, 592-601.

RS, M. M. K. C. P. (2018). Batalha MO da Silva César A. *Renewable Sustainable Energy Rev, 88*, 109-122.

Saluja, R. K., Kumar, V., & Sham, R. (2016). Stability of biodiesel–A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62*, 866-881.

Samuel, O., Ashiedu, F., & Oreko, B. (2016). Analysis of coconut ethyl ester (biodiesel) and fossil diesel blending: properties and corrosion characteristics. *Nigerian Journal of Technology, 35*(1), 107-113.

Silitonga, A., Masjuki, H., Mahlia, T., Ong, H., Atabani, A., & Chong, W. (2013). A global comparative review of biodiesel production from jatropha curcas using different homogeneous acid and alkaline catalysts: Study of physical and chemical properties. *Renewable and sustainable energy reviews, 24*, 514-533.

Silitonga, A. S., & Ibrahim, H. (2020). *Buku Ajar Energi Baru Dan Terbarukan*: Deepublish.

Slepski, P., Gerengi, H., Jazdzewska, A., Orlikowski, J., & Darowicki, K. (2014). Simultaneous impedance and volumetric studies and additionally potentiodynamic polarization measurements of molasses as a carbon steel corrosion inhibitor in 1M hydrochloric acid solution. *Construction and Building Materials, 52*, 482-487.

Soegiantoro, G. H., Chang, J., Rahmawati, P., Christiani, M. F., & Mufrodi, Z. (2019). Home-made eco green biodiesel from chicken fat (CIAT) and waste cooking oil (PAIL). *Energy Procedia, 158*, 1105-1109.

Sorate, K. A., & Bhale, P. V. (2015). Biodiesel properties and automotive system compatibility issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41*, 777-798.

Sterpu, A. E., Simedrea, B. G., Chis, T. V., & Săpunaru, O. V. (2024). Corrosion Effect of Biodiesel-Diesel Blend on Different Metals/Alloy as Automotive Components Materials. *Fuels, 5*(1), 17-32.

Stojković, I. J., Stamenković, O. S., Povrenović, D. S., & Veljković, V. B. (2014). Purification technologies for crude biodiesel obtained by alkali-catalyzed transesterification. *Renewable and sustainable energy reviews, 32*, 1-15.

Suherman, S., Sabri, M., Silitonga, A. S., & Suroso, B. (2022). Pengaruh Perbedaan Jumlah Katalis terhadap Angka Yield pada Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Sisa Menggunakan Pemanas Double Jacket. *Jurnal Rekayasa Mesin, 17*(1), 113-120.

Sundus, F., Fazal, M., & Masjuki, H. (2017). Tribology with biodiesel: A study on enhancing biodiesel stability and its fuel properties. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 70*, 399-412.

Thangavelu, S. K., Ahmed, A. S., & Ani, F. N. (2016). Impact of metals on corrosive behavior of biodiesel–diesel–ethanol (BDE) alternative fuel. *Renewable Energy, 94*, 1-9.

Topare, N. S., & Patil, K. D. (2021). Biodiesel from waste cooking soybean oil under ultrasonication as an alternative fuel for diesel engine. *Materials Today: Proceedings, 43*, 510-513.

Vickers, N. J. (2017). Animal communication: when i'm calling you, will you answer too? *Current biology, 27*(14), R713-R715.

Yeşilyurt, M. K., Öner, İ. V., & Yilmaz, E. C. (2019). Biodiesel induced corrosion and degradation. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25*(1), 60-70.

Zahra, F. A., Aliyah, B., & Nurhadi, L. O. (2019). Ekstrak Kafein Ampas Kopi Sebagai Inhibitor Korosi Baja Murni Dalam Media H2SO4. *Prosiding Semnastek*.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISA KOROSI BAJA KARBON PADA BIODIESEL DARI CAMPURAN MINYAK GORENG SISA DAN MINYAK BIJI MIMBA

Nama : Alfira Faradhila
NPM : 2107230169P

Dosen Pembimbing 1: Dr. Suherman, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	12/09/2024	Diskusi Lanjutan BAB I s/d III	
	23/09/2024	Diskusi Lanjutan Metode Penelitian	
	15/10/2024	Diskusi Hasil Penelitian	
	17/10/2024	Diskusi Pembahasan dan Analisa Data	
	21/10/2024	Diskusi Pembahasan dan Analisa Data	
	28/10/2024	Diskusi Kesimpulan	
	12/11/2024	ACC Seminar Hasil	

Dipindai dengan CamScanner

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
https://fatek.umsu.ac.id fatek@umsu.ac.id umsumedan umsumedan umsumedan umsumedan

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 1389/II.3AU/UMSU-07/F/2022

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada 31 Oktober 2022 dengan ini menetapkan :

Nama	:	ALFIRA FARADHILA
Npm	:	2107230169 P
Program Studi	:	TEKNIK Mesin
Semester	:	VIII (Delapan))
Judul Tugas Akhir	:	ANALISA KOROSI BAJA KARBON PADA BIO DIESEL DARI CAMPURAN MINYAK GORENG SISA DAN MINYAK BIJI MIMBA
Pembimbing 1	:	SUHERMAN ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan,06 Rabiul Akhir 1444 H
01 November 2022 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

Dipindai dengan CamScanner

RIWAYAT HIDUP PENULIS



DATA PRIBADI

Nama	: Alfira Faradhila
Tempat, Tanggal Lahir	: Pangkalan Susu, 2 Mei 1999
Jenis Kelamin	: Perempuan
Agama	: Islam
Alamat	: Jalan Nelayan , Kel.Beras Basah, Kec. Pangkalan Susu, Kab. Langkat
Nomor Telepon	: 085207217030
E-mail	: faradhilaalfira@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

2005-2011 : SD Negeri 050771 Pangkalan Susu

2011-2014 : SMP Negeri 1 Pangkalan Susu

2014-2017 : SMA Negeri 1 Binjai

2017-2020 : Politeknik Negeri Medan

2021-2025 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Dipindai dengan CamScanner

LABORATORIUM PENGUJIAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE
Jalan Banda Aceh-Medan Km. 280,3 Buketrata-Lhokseumawe, 24301 P.O Box 90 Telepon / Fax : (0645) 42785

SURAT KETERANGAN

Nama Pengirim	**: Alfira faradhila**
Instansi	**: Universitas Muhammadiah Sumatera Utara**
Jenis Contoh Uji	**: Briket**
Lokasi Pengambilan Contoh Uji	**: -**
Tanggal Penerimaan	**: 24 Maret 2024**
Tanggal Selesai Analisis	**: 25 Maret 2024**
Acuan	**:**
Peralatan pengujian SEM	

Benar yang tersebut nama diatas menggunakan Jasa Laboratorium untuk penelitian SEM Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe, Terlampir juga hasil pengujian yang sudah di Email. Demikianlah surat keterangan ini dibuat, agar dapat dipergunakan seperlunya.

Buketrata, 6 Juni 2023
Staff Admin Laboratorium,

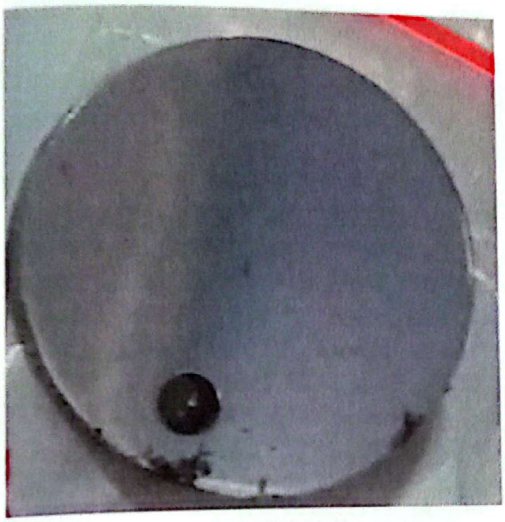
Aulia Fikri, S.T
Nip.-

Ka.sie Laboratorium Pengujian
Teknik Kimia

Elfiana, ST.,MT
Nip.19721118 1998032003

Dipindai dengan CamScanner

B30 sebelum perendaman



B30 Setelah perendaman



Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025

Peserta seminar
Nama : Alfira Faradhila
NPM : 2107230169P
Judul Tugas Akhir : Analisa Korosi Baja Karbon Ringan Pada Biodiesel Dari Campuran Minyak Goreng Sisa Dan Minyak Biji Mimba

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	**: Dr. Suherman, ST.MT**	:
Pembanding – I	**: Affandi, ST.MT**	:
Pembanding – II	**: Arya Rudi Nst ST.MT**	:

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1807230045	M SUKMA BUDI MARTO	
2	2007230123	Mohmad Iqbal Saputra	
3	2007230031	YERRY SUHADA	
4	1807230088	Arief Prizdi	
5	1807230076	REZA AGUSPRI	
6	2107230169P	ALFIRA FARADHILA	
7	1907230151	Dwi Putra Atmoju	
8	1907230169	ARMANSYAH NASUTION	
9			
10			

Medan 18 Dzulhijjah 1446 H
14 Juni 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar ST.MT

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Alfira Faradhila
NPM : 2107230169P
Judul Tugas Akhir : Analisa Korosi Baja Karbon Ringan Pada Biodiesel Dari Campuran Minyak Goreng Sisa Dan Minyak Biji Mimba

Dosen Pembanding – I : Affandi, ST.MT
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nst ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr. Suherman, ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
   Lihat contoh perbaikan di buku skripsi
3. Harus mengikuti seminar kembali
   Perbaikan :

Medan 18 Dzulhijjah 1446 H
14 Juni 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- I

Affandi, ST.MT

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Alfira Faradhila
NPM : 2107230169P
Judul Tugas Akhir : Analisa Korosi Baja Karbon Ringan Pada Biodiesel Dari Campuran Minyak Goreng Sisa Dan Minyak Biji Mimba

Dosen Pembanding – I : Affandi, ST.MT
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nst ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr. Suherman, ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
   - Perbaiki Sesuai Catatan pada Buku.
   - Tujuan Dan Hasil Harus di lihat dan di Perjelas lagi.
3. Harus mengikuti seminar kembali
   Perbaikan :

Medan 18 Dzulhijjah 1446 H
14 Juni 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II

Arya Rudi Nst ST.MT

Dipindai dengan CamScanner