

**PENGARUH WAKTU KONTAK DAN KERAPATAN
ARUS PROSES ELEKTROKOAGULASI DALAM
MENGOLAH LIMBAH CAIR BENGKEL**

TUGAS AKHIR



IRPAN FIRFANSYAH

1700825201041

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BATANGHARI

JAMBI

2022

**PENGARUH WAKTU KONTAK DAN KERAPATAN
ARUS PROSES ELEKTROKOAGULASI DALAM
MENGOLAH LIMBAH CAIR BENGKEL**

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



IRPAN FIRFANSYAH

1700825201041

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BATANGHARI

JAMBI

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH WAKTU KONTAK DAN KERAPATAN ARUS PROSES ELEKTROKOAGULASI DALAM MENGOLAH LIMBAH CAIR BENGKEL

TUGAS AKHIR

Oleh

Irfan Furfansyah
1700825201041

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul penyusun sebagaimana tersebut diatas telah di setujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku pada program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Jambi, September 2022

Pembimbing I



Monik Kasman, ST, M Eng, Sc
NIDN. 0003088001

Pembimbing II



Angerika Riyanti, ST, M.Si
NIDN. 1010028704

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH WAKTU KONTAK DAN KERAPATAN ARUS PROSES ELEKTROKOAGULASI DALAM MENGOLAH LIMBAH CAIR BENGKEL

Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan Pada Sidang Tugas Akhir Komprhensif
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Nama : Irpan Firfansyah
NPM : 1700825201041
Hari/ Tanggal : Selasa/16 Agustus 2022
Tempat : Ruang FT. 8

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua:

1. Hadrah, ST, MT
NIDN 1026088802

()

Anggota:

2. Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc
NIDN. 0003088001

()

3. Angerika Riyani, ST, M.Si
NIDN. 1010028704

()

4. Sarah Fiebrina Heraningsih, ST, MT
NIDN 196437

()

5. Marhadi, ST, M.Si
NIDN. 1008038002

()

Disahkan Oleh

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik
Lingkungan


Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME
NIDN 1015126501


Marhadi, ST, M.Si
NIDN. 1008038002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:



Nama : Irpan Firfansyah

NPM : 1700825201041

Judul : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus
Proses Elektrokoagulasi Dalam Mengolah
Limbah Cair Bengkel

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima saksi akademik dari Universitas Batanghari sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi, 07 September 2022

Irpan Firfansyah

ABSTRAK

PENGARUH WAKTU KONTAK DAN KERAPATAN ARUS PROSES ELEKTROKOAGULASI DALAM MENGOLAH LIMBAH CAIR BENGKEL

Irpan Firfansyah; Dibimbing Oleh Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc dan Anggrika Riyanti, ST, M.Si

XV + 85 halaman + 13 Tabel + 16 Gambar + 37 halaman

ABSTRAK

Kegiatan usaha perbengkelan menghasilkan limbah cair yang memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air penerima. Salah satu metode pengolahan limbah cair usaha perbengkelan adalah metode elektrokoagulasi. Penelitian ini bertujuan mengamati efektifitas metode elektrokoagulasi dalam mengolah limbah cair kegiatan bengkel. Pengamatan dibatasi pada pengaruh waktu kontak dan kerapatan arus terhadap efisiensi penyisihan polutan limbah cair kegiatan bengkel, meliputi pH, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), minyak lemak dan Fe (besi). Variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit, sedangkan variasi kerapatan arus yaitu 62 A/m^2 , 53 A/m^2 dan 31 A/m^2 . Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan tertinggi untuk parameter polutan BOD, COD, TSS, secara berurut adalah 91,53%, 94,90%, 88,96% pada kerapatan arus 62 A/m^2 dan waktu kontak 60 menit. Efisiensi penyisihan tertinggi untuk parameter polutan minyak lemak adalah 81,38% pada kerapatan arus 62 A/m^2 dan waktu kontak 30 menit. Efisiensi penyisihan tertinggi untuk parameter polutan Fe (besi) adalah 71,87% pada kerapatan arus 62 A/m^2 dan 53 A/m^2 waktu kontak 15 menit. Pada proses elektrokoagulasi yang paling mempengaruhi penyisihan polutan adalah kerapatan arus, dimana semakin tinggi kerapatan arus, semakin tinggi efisiensi penyisihan.

Kata Kunci : *Elektrokoagulasi, Limbah Cair Kegiatan Bengkel Bermotor, pH, BOD, COD, TSS, Minyak Lemak, Fe*

ABSTRACT

INFLUENCE OF CONTACT TIME AND CURRENT DENSITY OF ELECTROCOAGULATION PROCESS IN TREATING AUTOMOTIVE WORKSHOP WASTE WATER

Irpan Firfansyah; Guided By Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc and Anggrika Riyanti, ST, M.Si

XV + 85 pages + 13 Tables + 16 Pictures + 37 pages

ABSTRACT

Automotive workshop activities generate waste water requiring some treatments before being discharged into receiving water bodies. One of the wastewater treatment methods for is the electrocoagulation method. This study aims to observe the effectiveness of the electrocoagulation method in treating wastewater from automotive workshop activities. Observations were limited to the effect of contact time and current density on the efficiency of removal of pollutants from wastewater from automotive workshop activities, including pH, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), oil a grease and Fe (iron). Contact time were varied into 15, 30, 45, and 60 minutes. Current density were varied into 62 A/m², 53 A/m², and 31 A/m². The results showed that the highest removal efficiency for the pollutant parameters BOD, COD, TSS, respectively were 91,53%, 94.90%, 88,96% at current density 62 A/m² and contact time 60 minutes. Efficiency highest allowance for pollutant parameters oil grease is 81,38% at current density 62 A/m² and time 30 minutes contact. The highest removal for the pollutant parameter Fe (iron) was 71,87% at current density 62 A/m² and 53 A/m² time 15 minutes contact. In the electrocoagulation process, the most influencing pollutant removal is the current density, where the higher the current density, the higher the removal efficiency.

Keywords : *Electrocoagulation, Liquid Waste Activity Automotive Workshop, Ph, BOD, COD, TSS, Oil Grease, Fe*

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil'alamin segala puji syukur pada kehadiran Allah subhannahu wata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel”. Laporan ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang strata-1 di jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, doa bantuan, arahan dan petunjuk dari semua pihak, untuk itu penulis pada kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
2. Bapak Marhadi, ST, M.Si Selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
3. Ibu Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc Selaku Pembimbing I Laporan Tugas Akhir.
4. Ibu Anggrika Riyanti, ST, M.Si Selaku Pembimbing II Laporan Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua dan keluarga yang memberikan do'a dan semangat yang berarti.

6. Seluruh staf pengajar yang telah memberikan ilmu sejak awal perkuliahan hingga penulis menyelesaikan strata 1 di jurusan Teknik Lingkungan Universitas Batanghari.
7. Seluruh teman-teman sealmameter dan semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Demikian mudahan-mudahan laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan khususnya bagi penulis.

Jambi, 07 September 2022

Penulis

Irpan Firfansyah

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irpan Firfansyah

NIM : 1700825201041

Judul : Pengaruh Waktu Kontak dan Kerapatan Arus Proses Elektrokoagulasi
Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Batanghari untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding Author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun

Jambi, 07 September 2022

Penulis

Irpan Firfansyah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
PRAKATA.....	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Limbah Cair.....	7
2.2. Limbah Cair Kegiatan Bengkel.....	8
2.2.1. Sumber dan Karakteristik Limbah Cair Kegiatan Bengkel.....	9
2.2.2. Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Bengkel.....	10
2.2.3. Parameter Kualitas Limbah Cair Kegiatan Bengkel.....	12
2.3. Elektrokoagulasi.....	16
2.3.1. Reaksi Elektrokoagulasi.....	17
2.3.2. Faktor Yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi.....	20
2.3.3. Logam Aluminium (Al).....	21
2.3.4. Arus Listrik.....	22

2.3.5. Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi.....	25
2.4. Penelitian Terdahulu.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	33
3.1. Jenis Penelitian.....	33
3.2. Tempat dan Waktu Eksperimen.....	33
3.3. Diagram Alir Eksperimen.....	34
3.4. Persiapan Eksperimen.....	36
3.4.1. Alat dan Bahan.....	36
3.4.2. Tahap Eksperimen.....	37
3.4.3. Variabel Eksperimen.....	39
3.5. Desain Reaktor.....	42
3.6. Analisis dan Pembahasan.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1. Karakteristik Awal Parameter Limbah Cair Kegiatan Bengkel.....	45
4.2. Hasil Uji Parameter Limbah Cair Kegiatan Bengkel Setelah Pengolahan.....	46
4.2.1. Parameter pH.....	47
4.2.2. Parameter BOD.....	50
4.2.3. Parameter COD.....	54
4.2.4. Parameter TSS.....	59
4.2.5. Parameter Minyak dan Lemak.....	63
4.2.6. Parameter Besi (Fe).....	68
4.3. Pembentukan Flok Dengan Metode Elektrokoagulasi.....	72
4.4. Perubahan Daya Hantar Listrik Larutan (DHL).....	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	79
5.1. Kesimpulan.....	79
5.2. Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA.....	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses Elektrokoagulasi	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Eksperimen	35
Gambar 3.2 Reaktor Elektrokoagulasi	43
Gambar 4.1 Hasil uji parameter pH	48
Gambar 4.2 (a) Penyisihan konsentrasi BOD dan (b) Efisiensi penyisihan BOD	51
Gambar 4.3 (a) Penyisihan konsentrasi COD dan (b) Efisiensi penyisihan COD	55
Gambar 4.4 (a) Penyisihan konsentrasi TSS dan (b) Efisiensi penyisihan TSS	59
Gambar 4.5 (a) Penyisihan konsentrasi minyak lemak dan (b) Efisiensi	64
Gambar 4.6 (a) Penyisihan konsentrasi besi dan (b) Efisiensi penyisihan besi	68
Gambar 4.7 Perubahan air limbah bengkel dengan elektrokoagulasi	73
Gambar 4.8 Mekanisme reaktor elektrokoagulasi	75

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan	11
Tabel 2.2 Daftar penelitian Terdahulu	27
Tabel 3.1 Tahapan Eksperimen.....	38
Tabel 3.2 Varian Eksperimen.....	40
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Limbah Cair Kegiatan Bengkel	45
Tabel 4.2 Hasil uji limbah cair setelah pengolahan dengan elektrokoagulasi	46
Tabel 4.3 Hasil parameter pH	47
Tabel 4.4 Penyisihan konsentrasi parameter BOD	50
Tabel 4.5 Penyisihan konsentrasi parameter COD	55
Tabel 4.6 Penyisihan konsentrasi parameter TSS	59
Tabel 4.7 Penyisihan konsentrasi parameter minyak dan lemak	64
Tabel 4.8 Penyisihan konsentrasi parameter besi	68
Tabel 4.9 Perubahan kuat arus listrik.....	78

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Hasil Uji Sampel	86
Perhitungan Kerapatan Arus	89
Perhitungan Efisiensi Penyisihan	90
Dokumentasi Eksperimen	95
Jadwal Eksperimen.....	97
SK Penunjukkan Dosen Pembimbing Tugas Akhir	98
Lembar Asistensi Tugas Akhir.....	100
SK Penunjukkan Dosen Penguji Tugas Akhir	113
Undangan Seminar Tugas Akhir.....	114
Berita Acara Tugas Akhir	115

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring meningkatnya jumlah pengguna kendaraan bermotor maka kegiatan bengkel kendaraan bermotor semakin meningkat, berdasarkan Badan Pusat Statistik Provinsi Jambi, jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2020 mencapai 1.779.594 unit. Peningkatan jumlah transportasi berakibat pada peningkatan kegiatan usaha bengkel yang melayani jasa perawatan dan perbaikan kendaraan bermotor. Perkembangan kegiatan usaha bengkel ini berdampak pada peningkatan limbah cair dalam usaha bengkel. Sumber limbah cair dari usaha perbengkelan berasal dari kegiatan domestik seperti penggunaan wastafel, service kendaraan, pembersihan bengkel, dan pencucian kendaraan.

Limbah cair dari usaha perbengkelan mengandung oli (minyak pelumas), minyak gemuk, bahan bakar sisa cuci sparepart, serta bekas cuci tangan montir. Jika langsung dibuang air limbah ini akan mengalir mengikuti saluran yang ada, sehingga akan menyebarkan bahan-bahan kontaminan yang terbawa olehnya (Saleh, 2010). Pada air limbah dari hasil kegiatan bengkel memiliki kandungan BOD sebesar 100,5 mg/l, COD sebesar 334,6 mg/l, TSS sebesar 106 mg/l, minyak lemak sebesar 3,7 mg/l dan besi(Fe) sebesar 2,689 mg/l. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air penerima (Priliandana, 2021).

Beberapa metode yang digunakan untuk mengolah limbah cair bengkel yaitu menggunakan *grease trap*, *filtrasi*, *fitoremediasi* dan *elektrokoagulasi*. Metode elektrokoagulasi adalah suatu proses pengendapan partikel-partikel halus yang ada didalam air limbah dengan cara mengalirkan arus listrik pada dua buah lempeng elektroda yang dimasukkan kedalam air limbah yang diolah. Elektrokoagulasi merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang mudah dilakukan dan cukup efektif untuk mengolah limbah cair bengkel. Elektrokoagulasi yang memiliki keunggulan diantaranya yaitu merupakan metode yang sederhana, efisien, baik digunakan untuk menghilangkan senyawa organik dan an-organik, tanpa penambahan zat kimia sehingga mengurangi pembentukan residu (*sludge*), dan baik untuk menghilangkan padatan tersuspensi (Sutanto, 2019).

Besarnya rapat arus, waktu kontak dan jarak elektroda akan mempengaruhi kecepatan dan efisiensi penyisihan pada metode elektrokoagulasi. Hal ini berkaitan dengan pelepasan ion elektroda sebagai koagulan untuk pembentukan flok. Semakin lama proses elektrokoagulasi berlangsung maka akan semakin banyak koloid-koloid yang terikat membentuk flok-flok berukuran besar atau yang terflotasi ke atas (Prabowo, 2012). Jarak elektroda berdampak pada kecepatan transfer elektron antara anoda yang menerima elektron dengan katoda sebagai tempat terjadinya proses reduksi. Kerapatan arus sangat mempengaruhi kecepatan elektrolisis logam anoda dan produksi gelembung secara elektrolitik pada katoda (Yusbarina, 2014).

Beberapa penelitian tentang metode pengolahan air limbah menggunakan sistem elektrokoagulasi telah banyak dilakukan. Penelitian Nur dkk (2014) melakukan penelitian daur ulang *gray water* hotel dengan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda alumunium diperoleh kondisi optimum pada kerapatan arus 104 A/m^2 , pada menit ke-15 memberikan hasil terbaik pada penyisihan kekeruhan, COD dan minyak lemak. Sementara itu penelitian yang dilakukan Rusdianasari dkk (2017) mengolah lindi dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium menunjukkan penyisihan yang optimum pada rapat arus 30 A/m^2 dengan waktu proses 60 menit dalam menurunkan parameter TSS, BOD, COD, $\text{NH}_3\text{-N}$ dan peningkatan pH.

Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak dan kerapatan arus proses elektrokoagulasi dalam menurunkan pencemaran yang terdapat pada air limbah kegiatan bengkel.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari topik penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh waktu kontak pada proses elektrokoagulasi dalam penyisihan polutan limbah cair bengkel?
2. Bagaimana pengaruh kerapatan arus pada proses elektrokoagulasi dalam penyisihan polutan limbah cair bengkel?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu kontak pada proses elektrokoagulasi dalam penyisihan polutan limbah cair bengkel.
2. Untuk mengetahui pengaruh kerapatan arus pada proses elektrokoagulasi dalam penyisihan polutan limbah cair bengkel.

1.4. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian yang digunakan yaitu:

1. Sampel limbah cair yang digunakan adalah dari PT. DIPO Internasional Pahala Otomotif yang merupakan *showroom* dan bengkel dealer dikota Jambi.
2. Variabel bebas pada penelitian ini adalah waktu kontak selama 1 jam dengan pengambilan sampel 15, 30, 45, 60 menit dan varian kerapatan arus yaitu 62 A/m², 53 A/m² dan 31 A/m².
3. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah efisiensi penyisihan parameter polutan pH, BOD, COD, TSS, minyak lemak dan besi (Fe).

1.5. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penulisan laporan tugas akhir ini, maka sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini, dituliskan semua landasan teori dari topik Tugas Akhir. Dasar teori yang benar-benar menjadi rujukan teori dalam Tugas Akhir harus mendalam, lengkap dengan referensinya.

BAB III Metodologi Penelitian

Uraian metodologi penyelesaian masalah dapat berupa variabel-variabel dalam penelitian, model/desain yang digunakan, rancangan penelitian, teknik pengumpulan data dan analisis data, cara analisa hasil penelitian. Bab 3 terdiri dari:

1. Jenis Penelitian, menjelaskan metode penelitian yang akan digunakan, baik kuantitatif maupun kualitatif.
2. Tempat dan Waktu Penelitian, menjelaskan lokasi dan waktu penelitian berlangsung.
3. Diagram Alir Penelitian, menjelaskan tahapan alur penelitian secara rinci.
4. Alat dan bahan yang digunakan, prosedur laboratorium dan lain sebagainya.

5. Analisis Data, menjelaskan metode analisis yang digunakan untuk menganalisis data penelitian secara rinci.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan menguraikan hasil penelitian dan pembahasan sesuai dengan topik kajian. Hasil dan pembahasan dapat disajikan dalam bentuk narasi, tabel, gambar terkait dengan data primer. Pembahasan tidak keluar dari tujuan penelitian dan batasan masalah.

BAB V Kesimpulan Dan Saran

Bab penutup berisi kesimpulan dan saran. Kesimpulan berisi tentang ringkasan hasil penelitian, Sedangkan saran berisi tentang usulan-usulan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Cair

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, menyatakan bahwa air limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri, secara umum di dalam limbah rumah tangga tidak terkandung zat-zat berbahaya, sedangkan di dalam limbah industri harus dibedakan antara limbah yang mengandung zat-zat yang berbahaya dan yang tidak.

Untuk yang mengandung zat-zat yang berbahaya harus dilakukan penanganan khusus tahap awal sehingga kandungannya bisa diminimalisasi terlebih dahulu, karena zat-zat berbahaya itu dapat mematikan fungsi mikroorganisme yang berfungsi menguraikan senyawa-senyawa di dalam limbah cair. Penanganan limbah industri tahap awal ini biasanya dilakukan secara kimiawi dengan menambahkan zat-zat kimia yang bisa mengeliminasi zat-zat yang berbahaya (Iswanto, 2009).

Apabila limbah tersebut tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Limbah cair sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia mengingat bahwa banyak penyakit yang dapat ditularkan melalui air limbah. Selain sebagai pembawa dan kandungan kuman penyakit, limbah cair juga dapat

mengandung bahan-bahan beracun, penyebab iritasi, bau, dan bahkan suhu yang tinggi, serta bahan-bahan lainnya yang mudah terbakar. Keadaan demikian ini sangat dipengaruhi oleh sumber asal limbah cair. Alat penjernih limbah cair konvensional umumnya menggunakan arang sekam padi. Bahan-bahan yang dapat digunakan untuk menjernihkan air secara alami, misalnya batu, pasir, kerikil, arang sekam padi, ijuk, kapur, tawas, biji kelor dan lain-lain. Bahan-bahan tersebut mudah dijumpai di lingkungan sekitar (Metcalf, 2003).

2.2. Limbah Cair Kegiatan Bengkel

Limbah cair dari usaha perbengkelan dapat berupa oli bekas, bahan ceceeran, pelarut atau pembersih dan air. Bahan pelarut atau pembersih pada umumnya mudah sekali menguap, sehingga keberadaannya dapat menimbulkan pencemaran terhadap udara. Terhirupnya bahan pelarut juga dapat menimbulkan gangguan terhadap pernafasan para pekerja. Bahan bakar merupakan cairan yang mudah terbakar oleh nyala api, dan juga merupakan bahan yang mudah sekali terbawa oleh aliran air. Bahan bakar bensin mudah sekali menguap dan terhirup oleh para pekerja. Limbah cair dari usaha perbengkelan banyak terkontaminasi oleh oli (minyak pelumas), gemuk dan bahan bakar.

Air yang sudah terkontaminasi akan mengalir mengikuti saluran yang ada, sehingga air ini mudah sekali untuk menyebarkan bahan-bahan kontaminan yang terbawa olehnya (Saleh, 2010). Limbah cair bengkel ini memiliki kandungan minyak

lemak, COD dan BOD yang apabila limbah ini tidak diolah terlebih dahulu akan sangat membahayakan lingkungan dan badan air (Kadaria, 2017).

Ada beberapa teknik pengolahan limbah cair bengkel yaitu menggunakan grease trap, filtrasi dan fitoremediasi. Minyak lemak dapat diolah dengan menggunakan grease trap sedangkan COD dan BOD dapat diolah dengan fitoremediasi. Grease trap adalah salah satu pengolahan yang termasuk dalam pengolahan fisik dengan memanfaatkan gaya gravitasi serta perbedaan massa jenis antara minyak dan air dalam keadaan kecepatan aliran yang lambat. Filtrasi menggunakan karbon aktif dimana penggunaan karbon aktif sebagai adsorben mampu menurunkan fosfat dan menyerap logam berat. Sedangkan fitoremediasi adalah salah satu pengolahan biologis dengan memanfaatkan tanaman dan mikroorganisme yang ada (Arini, 2015).

2.2.1. Sumber dan Karakteristik Limbah Cair Kegiatan Bengkel

Pada penelitian Mukhlisoh (2012) limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan bengkel meliputi oli bekas, pelarut atau pembersih, H_2SO_4 dari aki bekas. Pencemaran oli bekas dapat terjadi dikarenakan tidak adanya sistem yang mengenai pengelolaan minyak pelumas bekas terutama dari bengkel–bengkel kendaraan bermotor. Selain oli bekas limbah bengkel lain yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran adalah tidak adanya pengelolaan limbah aki bekas, sehingga dapat mencemari lingkungan karena mengandung kadar timbal yang tinggi.

Limbah timbal yang mencemari perairan dapat menyebabkan adanya kandungan timbal di dalam darah masyarakat yang menggunakan air tersebut dan akan membahayakan kesehatan. Bahaya limbah diperparah dengan adanya paparan timah hitam atau timbal (Pb) karena bensin yang sekarang ini masih mengandung zat itu. Dalam bentuk Tetra Etil Lead (TEL), timbal meningkatkan nilai oktan bensin serta berfungsi sebagai pelumas dudukan katup kendaraan bermotor (Saleh,2010). Timbal (Pb) sangat berbahaya bagi kesehatan karena cenderung untuk terakumulasi dalam jaringan tubuh serta meracuni jaringan syaraf (Widowati, 2008).

Penurunan kualitas air tanah dapat juga disebabkan oleh masuknya bahan-bahan pencemar yang dikeluarkan oleh bengkel ke dalam tanah maupun ke dalam selokan. Beberapa jenis bakteri dan bahan partikel kecil biasanya mencemari air permukaan dan dapat tersaring oleh tanah sehingga menjadi cukup bersih di dalam air tanah. Akan tetapi, bila mana pencemarannya sangat berat dan melebihi kapasitas filtrasi tanah terhadap air yang tercemar, maka daya filtrasi tanah akan menurun (Sumadi, 2008).

2.2.2. Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Bengkel

Baku mutu limbah cair kegiatan bengkel kendaraan bermotor dapat dilihat dalam Permen LH No.5 Tahun 2014 Lampiran XLVII, tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan yang belum memiliki Baku Mutu air limbah dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu air limbah Bagi Usaha dan /atau Kegiatan yang belum memiliki Baku Mutu air limbah.

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	Temperatur	°C	38
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	Mg/L	2.000
3	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	Mg/L	200
4	pH	-	6,0 - 9,0
5	Fe	Mg/L	5
6	Mangan Terlarut (Mn)	Mg/L	2
7	Barium (Ba)	Mg/L	2
8	Tembaga (Cu)	Mg/L	2
9	Seng (Zn)	Mg/L	5
10	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	Mg/L	0,1
11	Krom Total (Cr)	Mg/L	0,5
12	Cadmium (Cd)	Mg/L	0,05
13	Air Raksa (Hg)	Mg/L	0,002
14	Timbal (Pb)	Mg/L	0,1
15	Stanum (Sn)	Mg/L	2
16	Arsen (As)	Mg/L	0,1
17	Selenium (Se)	Mg/L	0,05
18	Nikel (Ni)	Mg/L	0,2
19	Kobalt (Co)	Mg/L	0,4
20	Sianida (CN)	Mg/L	0,05
21	Sulfida (H ₂ S)	Mg/L	0,5
22	Fluorida (F)	Mg/L	2
23	Klorin bebas (Cl ₂)	Mg/L	1
24	Amonia-Nitrogen (NH ₃ -N)	Mg/L	5
25	Nitrat (NO ₃ -N)	Mg/L	20
26	Nitrit (NO ₂ -N)	Mg/L	1
27	Total Nitrogen	Mg/L	30
28	BOD	Mg/L	50
29	COD	Mg/L	100
30	Senyawa Aktif Biru Metilen	Mg/L	5
31	Fenol	Mg/L	0,5
32	Minyak & Lemak	Mg/L	10
33	Total Bakteri Koliform	MPN/100 mL	1000

Sumber: Permen LH No.5 Tahun 2014

2.2.3. Parameter Kualitas Limbah Cair Kegiatan Bengkel

1. *Potential Hydrogen* (pH)

Potential Hydrogen (pH) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. Hal ini bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional. Nilai pH merupakan ukuran untuk konsentrasi ion hidrogen dalam larutan akuatik. Nilai pH menentukan sifat dari suatu larutan yaitu bersifat basa, netral atau basa. Jika pH 1 sangat asam, pH 7 netral, dan pH 14 sangat basa. Nilai pH dapat ditentukan dengan elektrometrik atau dengan indikator warna (Zulius, 2017).

2. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganis dan organis. Penurunan COD menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia (Ginting, 2007). Menurut Metcalf dan Eddy (2003), COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air yang sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium

bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat sehingga segala macam bahan organik baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai akan teroksidasi.

3. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik dalam kondisi aerobik (Eckenfelder, 2000). BOD merupakan suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat-zat organik yang tersuspensi (Mara, 2004). Menurut Tchobanoglous (2003), hasil tes BOD dipergunakan untuk menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk stabilisasi biologi dari zat organik yang ada, untuk menentukan ukuran fasilitas pengolahan yang dibutuhkan, untuk menentukan tingkat efisiensi proses pengolahan yang dilakukan, dan untuk menyesuaikan dengan baku mutu limbah cair yang diperbolehkan.

Menurut Tchobanoglous dkk, (2003), hubungan antara BOD dan COD adalah bahwa BOD merupakan bagian dari COD. Nilai BOD selalu lebih kecil dari nilai COD.

Hal ini terjadi karena beberapa alasan antara lain :

- a. Banyak zat organik yang sulit untuk mengoksidasi biologis, seperti lignin hanya dapat dioksidasi secara kimiawi.

- b. Zat anorganik yang dioksidasi oleh dikromat meningkatkan sampel kandungan organik
- c. Zat organik tertentu dapat menjadi racun bagi mikroorganisme yang digunakan dalam tes BOD
- d. Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik dengan dikromat yang dapat bereaksi. Dari sudut pandangan operasional, salah satu keuntungan utama dari tes COD adalah bahwa hal itu dapat diselesaikan dalam waktu sekitar 3 jam, dibanding dengan 5 hari atau lebih untuk tes BOD.

4. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solids (TSS) merupakan material yang halus di dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas filter ukuran 0.042 mm. Nilai konsentrasi TSS yang tinggi dapat menurunkan aktivitas fotosintesa dan penambahan panas di permukaan air sehingga oksigen yang dilepaskan tumbuhan air menjadi berkurang dan mengakibatkan ikan-ikan menjadi mati (Budianto dan Hariyanto 2017).

5. Besi (Fe)

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat-tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Pada umumnya, besi yang ada di dalam air dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri), tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter $<1 \mu m$) atau lebih

besar. Buangan industri yang mengandung persenyawaan logam berat Fe bersifat toksik hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan, dapat terakumulasi dalam biota perairan termasuk kerang, ikan dan sedimen, memiliki waktu paruh yang tinggi dalam tubuh biota laut serta memiliki nilai factor konsentrasi yang besar dalam tubuh organisme. Logam Fe merupakan logam essential yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun. (Parulian, 2009).

6. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan salah satu senyawa yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran di suatu perairan sehingga konsentrasinya harus dibatasi. Minyak mempunyai berat jenis lebih kecil dari air sehingga akan membentuk lapisan tipis di permukaan air. Kondisi ini dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Minyak yang menutupi permukaan air juga akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga mengganggu ketidak seimbangan rantai makanan. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sulit diuraikan bakteri (Andreozzi dkk, 2000).

2.3. Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt dkk, 2005). Proses elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan limbah yang dikembangkan secara luas untuk pengolahan berbagai limbah di antaranya limbah industri tekstil, limbah laundry, limbah electroplating, limbah minyak, limbah industri kertas dan pulp. Selain itu, proses elektrokoagulasi juga dapat memindahkan berbagai kontaminan bakteri, virus, arsen, fosfat, sulfit, sulfat, boron, nitrat, florida, dan krom (El Taweel, 2015).

Elektrokoagulasi punya efisiensi yang tinggi dalam penghilangan kontaminan dan biaya operasi yang lebih rendah. Reaktor elektrokoagulasi adalah sel elektrokimia dimana anoda (biasanya menggunakan aluminium atau besi) digunakan sebagai agen koagulan. Secara simultan, gas-gas elektrolit dihasilkan (hidrogen pada katoda). Beberapa material elektroda dapat dibuat dari aluminium, besi, stainless steel, dan platina (Holt, 2002).

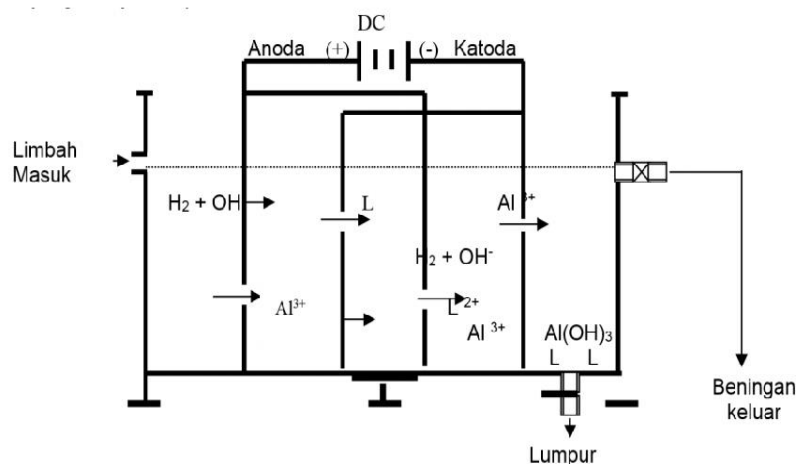
Proses elektrokoagulasi terjadi karena presipitasi elektrolitik dengan adanya medan listrik di antara dua elektroda sehingga terlepaslah ion Al dari anoda melalui reaksi oksidasi. Ion tersebut terhidrolisis menjadi hidroksida kompleks yang disebut koagulan, dan selanjutnya akan mendestabilkan kontaminan dalam limbah, yang

kemudian akan terjadi adsorpsi oleh partikel-partikel bermuatan negatif atau koloid bermuatan negatif dari limbah yang ada di sekitarnya (El Taweel, 2015).

Pada umumnya, proses elektrokoagulasi terjadi karena transfer elektron dari satu elektroda ke elektroda lainnya, di mana aliran listrik yang disediakan oleh tegangan dialirkan di antara dua elektroda. Pada proses elektrokoagulasi tegangan yang biasa digunakan antara 0-60 V (Dehghani, 2014).

2.3.1. Reaksi Elektrokoagulasi

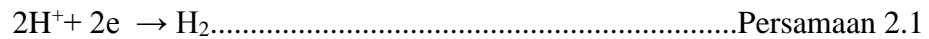
Proses elektrokoagulasi meliputi beberapa tahap yaitu proses ekualisasi, proses elektrokimia (flokulasi-koagulasi) dan proses sedimentasi. Proses ekualisasi dimaksudkan untuk menyeragamkan limbah cair yang akan diolah terutama kondisi pH, pada tahap ini tidak terjadi reaksi kimia. Pada proses elektrokimia akan terjadi pelepasan Al^{3+} dari plat elektrode (anoda) sehingga membentuk flok Hidroksida kompleks $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam limbah (Susetyaningsih, 2008). Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:



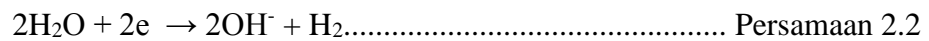
Gambar 2.1. Proses Elektrokoagulasi (Prayitno, 2016)

Pada prinsipnya, metoda elektrokoagulasi menerapkan dua buah lempeng elektroda yang dimasukkan kedalam limbah cair yang diolah. Kedua elektroda dialiri arus searah (DC = *direct current*) sehingga terjadi proses elektrokimia. Susunan rangkaian elektroda dapat diterapkan secara paralel monopolar atau bipolar dengan elektroda bantu. Selain dari itu arus bolak balik (AC= *alternating current*) juga dapat diterapkan (Mollah, 2001). Peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi (Djajadiningrat, 2004). Selain proses elektrokimia, pada proses elektrokoagulasi juga terjadi flotasi elektrolitik, karena gas yang terbentuk di katoda berupa gas hidrogen akan membuat alumunium hidroksida kompleks ($\text{Al}(\text{OH})_3$) yang terbentuk akan mengikat kontaminan dalam air limbah.

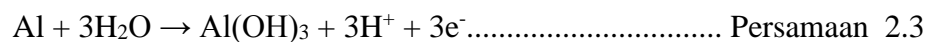
Pada katoda, Ion H^+ dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.



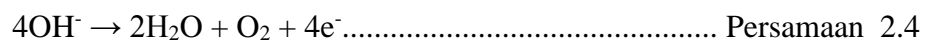
Larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda.



Pada Anoda yang biasanya terbuat dari logam almunium akan mengalami teroksidasi.



Ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2),



Jika larutan mengandung ion-ion logam lain maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang katoda.



Dari reaksi tersebut, pada anoda akan dihasilkan gas, buih, dan flok $Al(OH)_3$. Selanjutnya flok yang terbentuk akan mengikat unsur yang ada di dalam limbah, sehingga flok akan memiliki kecenderungan mengendap. Selanjutnya flok yang telah

mengikat kontaminan tersebut diendapkan pada bak sedimentasi (proses sedimentasi) dan sisa buih akan terpisahkan pada unit filtrasi.

Tingkat keberhasilan proses elektrokoagulasi diukur dari tingkat efisiensi pemisahan, yang dinyatakan dengan nilai sebelum dan sesudah proses berjalan, dapat dirumuskan sebagai berikut (Ridantami, 2017):

$$Efisiensi (\%) = \frac{C_0 - C_t}{C_0} 100\% \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.6}$$

Dengan C_0 adalah konsentrasi awal kontaminan dalam sampel limbah, dan C_t adalah konsentrasi kontaminan pada waktu tertentu.

2.3.2. Faktor Yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda seperti aluminium ataupun besi. Besi dan aluminium merupakan *sacrificialelectrode* yang telah berhasil dan efektif dalam penghilangan polutan. *Sacrificialelectrode* adalah elektroda yang berperan sebagai anoda dan katoda. Menurut Prayitno (2016) faktor-faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi antara lain:

1. Kerapatan arus listrik

Kenaikan kerapatan arus akan mempercepat ion bermuatan membentuk flok. Jumlah arus listrik yang mengalir berbanding lurus dengan bahan yang dihasilkan selama proses.

2. Waktu

Menurut hukum Faraday, jumlah muatan yang mengalir selama proses elektrolisis sebanding dengan jumlah waktu kontak yang digunakan.

3. Tegangan

Karena arus listrik yang menghasilkan perubahan kimia mengalir melalui medium (logam atau elektrolit) disebabkan adanya beda potensial, karena tahanan listrik pada medium lebih besar dari logam, maka yang perlu diperhatikan adalah mediumnya dan batasan antar logam dengan medium.

4. Jarak antara elektroda

Jarak antara elektroda mempengaruhi besarnya hambatan elektrolit, semakin jauh jaraknya semakin besar hambatannya sehingga semakin kecil arus yang mengalir.

5. Kadar keasaman (pH)

Karena pada proses elektrokoagulasi terjadi proses elektrolisis air yang menghasilkan gas hydrogen dan ion. Apabila ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak maka akan menaikkan pH larutan.

2.3.3. Logam Aluminium (Al)

Aluminium merupakan salah satu logam anorganik yang dijumpai dalam air minum. Aluminium juga merupakan salah satu elektroda yang paling umum digunakan dalam proses elektrokoagulasi karena nilai konduktivitasnya yang cukup tinggi sehingga dianggap baik untuk menghantarkan muatan- muatan listrik dalam proses tersebut (yulianto, 2016). Dalam banyak kasus, elektroda aluminium memiliki

keunggulan dalam segi efisiensi penyisihan bila dibandingkan dengan elektroda lain (Pulkka, 2014).

Proses elektrokoagulasi melibatkan logam aluminium yang menghasilkan ion Al^{3+} untuk ditambahkan ke limbah sebagai koagulan. Jika proses kimia sebagai koagulannya berupa kation aluminium hasil elektrokoagulasi maka sludge yang dihasilkan secara teoritis lebih kecil dibandingkan dengan koagulan aluminium sulfat pada reaksi dengan surfaktan. Hasil sludge juga lebih aman karena tidak mengandung sulfat atau klorida, sehingga lebih mudah penanganannya dibanding dengan memakai koagulan aluminium sulfat atau Poly Aluminium Chlorida (PAC). Besar kecilnya ion Al^{3+} yang dihasilkan dari elektrolisis logam aluminium sangat tergantung pada besar kecilnya sifat elektrolit atau TSS, sulfat dan klorida dari limbah yang diolah (Iswanto, 2009).

2.3.4. Arus Listrik

Arus Listrik merupakan aliran elektron-elektron dari atom ke atom yang terjadi pada sebuah penghantar dengan kecepatan dalam waktu tertentu. Penyebab timbulnya arus listrik tersebut dikarenakan adanya beda potensial pada kedua ujung penghantar yang terjadi karena mendapatkan suatu tenaga untuk mendorong elektron - elektron tersebut berpindah - pindah tempat. Kecepatan perpindahan arus listrik ini dapat disebut laju arus yang dapat ditulis dengan I dengan satuan ampere (Atina, 2015).

Kemampuan penghantar untuk mengalirkan arus listrik disebut dengan konduktivitas, lawan dari resistivitas atau lebih dikenal dengan istilah hambatan (R). Semakin besar resistivitas sebuah penghantar, akan semakin sulit arus listrik melawitinya.

(Sukarjo,1985) menjelaskan hubungan antara beda potensial dalam elektrolit dan kekuatan arus listrik yang mengalir menurut Hukum Ohm yaitu:

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.7}$$

Keterangan:

I = Arus listrik (A)

V = Tegangan (Volt)

R =Resistansi atau tahanan (Ohm)

Dalam pembahasan tentang arus listrik dikenal istilah rapat arus (J) yang menyatakan besarnya arus yang melewati luas penampang (A). Satuan rapat arus dinyatakan dalam A/m², A/Ft²,A/in². Secara matematis rapat arus listrik dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$J = \frac{I}{A} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.8}$$

Keterangan:

$J =$ rapat arus (A/m^2)

$A =$ luas penampang (m^2)

$I =$ arus listrik (A)

Begitu juga sama halnya dengan tegangan, tegangan atau potensial listrik adalah fenomena berpindahnya arus listrik akibat lokasi yang berbeda tegangannya. Dengan kata lain, dalam suatu rangkaian listrik, tegangan listrik diartikan sebagai beda potensial di antara dua titik. Beda potensial atau tegangan listrik dapat dihasilkan dengan memberikan tegangan listrik dari suatu pembangkit listrik pada salah satu tempat penghantar. Tegangan listrik terbentuk adanya aliran-aliran arus listrik dengan hambatan listrik. Tegangan listrik terbagi menjadi 2 bagian : tegangan listrik searah (*Direct Voltage*) dan tegangan listrik bolak-balik (*Alternating Voltage*). Satuan dari tegangan adalah Voltage. Beda potensial atau tegangan menurut hukum Ohm dapat dirumuskan dengan persamaan berikut : .

$$v = I \times R \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.9}$$

Keterangan:

$V =$ Tegangan (Volt)

$I =$ arus listrik (A)

$R =$ Resistansi atau tahanan (Ohm)

Hambatan Listrik adalah perbandingan antara tegangan listrik dengan arus listrik, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R = \frac{V}{I} \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.10}$$

Keterangan:

R = Resistansi atau tahanan (Ohm)

V = Tegangan (Volt)

I = arus listrik (A)

2.3.5. Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi

Menurut (Purwaningsih, 2008) memberikan gambaran tentang kelebihan dan kekurangan dari penggunaan elektrokoagulasi. Kelebihan proses pengolahan limbah dengan elektrokoagulasi antara lain sebagai berikut:

1. Flok yang dihasilkan elektrokoagulasi ini sama dengan flok yang dihasilkan koagulasi biasa.
2. Lebih cepat mereduksi kandungan koloid atau partikel yang paling kecil, hal ini disebabkan pengaplikasian listrik ke dalam air akan mempercepat pergerakan koloid atau partikel di dalam air dengan demikian akan memudahkan proses penyisihan.
3. Gelembung-gelembung gas yang dihasilkan pada proses elektrokoagulasi ini dapat membawa polutan ke atas air sehingga dapat dengan mudah dihilangkan.

4. Mampu memberikan efisiensi proses yang cukup tinggi untuk berbagai kondisi, dikarenakan tidak dipengaruhi temperatur, tidak memerlukan pengaturan pH, serta tidak perlu menggunakan bahan kimia tambahan.

Kekurangan dari proses pengolahan limbah dengan metode elektrokoagulasi adalah:

1. Tidak dapat digunakan untuk mengolah air limbah yang mempunyai sifat elektrolit cukup tinggi dikarenakan akan terjadi hubungan singkat antar elektroda.
2. Besarnya reduksi logam berat dalam air limbah dipengaruhi oleh besar kecilnya arus voltase listrik searah pada elektroda, luas sempitnya bidang kontak elektroda dan jarak antar elektroda.
3. Penggunaan listrik terkadang lebih mahal.
4. Batangan anoda yang mudah mengalami korosi sehingga harus selalu diganti.

2.4. Penelitian Terdahulu

Daftar penelitian terdahulu yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Daftar Penelitian Terdahulu Yang Digunakan Sebagai Rujukan Dalam Penelitian Ini

No	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
1	Agung Prabowo, dkk, (2012)	Pengolahan Limbah Cair Yang Mengandung Minyak Dengan Proses Elektrokoagulasi Dengan Elektroda Besi	Untuk mengetahui kemungkinan penggunaan metode elektrokoagulasi sebagai alternatif dalam pengolahan limbah cair industry.	Kerapatan arus dan waktu kontak berpengaruh pada proses elektrokoagulasi. Semakin tinggi kerapatan arus dan semakin lama waktu kontak maka semakin tinggi penyisihan COD. Hasil optimal terdapat pada kerapatan arus 32 A/dm ² dengan jarak antara plat 2 cm dan waktu kontak selama 120 menit dapat menurunkan konsentrasi COD sebesar 223,45 mg/l dari konsentrasi awal sebesar 317,53 mg/l sehingga terjadi penurunan konsentrasi sebesar 94,08 mg/l dengan efisiensi penurunan 29,83%,.

Tabel 2.2. Daftar Penelitian Terdahulu Yang Digunakan Sebagai Rujukan Dalam Penelitian Ini (lanjutan)

No	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
2	Ansiha Nur dan Agus Jatnika, (2014)	Aplikasi Elektrokoagulasi Pasangan Elektroda Alumunium pada Proses Daur Ulang Grey Water Hotel	Mempelajari proses elektrokoagulasi menggunakan pasangan elektroda aluminium untuk menyisihkan kontaminan di dalam air buangan domestik (grey water) hotel sehingga dapat digunakan kembali (reclaimed water) untuk keperluan pembilasan (flushing) toilet dan penyiraman tanaman.	Kondisi optimum pada kerapatan arus 104 A/m ² pada menit ke-15 dengan laju pelepasan ion alumunium sebesar 0,0071 g/menit. Kinetika laju perubahan konsentrasi pada reactor elektrokoagulasi mengikuti orde 1 pada memberikan hasil terbaik pada penyisihan kekeruhan, COD dan minyak lemak yaitu sebesar 87,73 %, 87,48 % dan 77,50 %. Pada aplikasi elektrokoagulasi sistem menerus pada variasi beban pengolahan 400 mg COD/L memberikan hasil terbaik dengan tingkat penyisihan kekeruhan sebesar 89,97 %, COD sebesar 61,52 % dan minyak lemak sebesar 90,05 %.
3	Butler et.al., (2011)	Electrocoagulation in Wastewater Treatment	Pengolahan elektrokimia dalam air limbah dan perbandingan dengan metode pengolahan lainnya.	Teknik elektrokoagulasi dapat menurunkan warna sampai 95% dengan kerapatan arus 31 A/cm, waktu 4 jam. Pengolahan limbah oli dan grease dapat menghilangkan COD sampai 55,4 %, menghilangkan 98,4% oli dan grease; menghilangkan TSS sampai 96,59% pada penerapan voltase 18,2 Volt dalam waktu 23,5 menit.

Tabel 2.2. Daftar Penelitian Terdahulu Yang Digunakan Sebagai Rujukan Dalam Penelitian Ini (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Tujuan	Hasil
4	Angger Sulistyaningsih dan Tuhuh Agung R, 2020	Peningkatan Efektivitas Elektrokoagulasi dan Fotokalitas Pada Proses Degradasi Limbah Batik	Mengetahui efisiensi pengolahan limbah batik dengan metode kombinasi penambahan elektrolit dan AOP pada proses elektrokoagulasi dan fotokatalis berdasarkan rapat arus, konsentrasi elektrolit dan konsentrasi H ₂ O ₂ .	Penambahan elektrolit pada proses elektrokoagulasi didapatkan hasil penurunan tertinggi terjadi pada konsentrasi NaCl 7 g/L dan rapat arus 0,0384 A/cm. Pada waktu sampling ke 120 menit dengan persentase penurunan TSS: 84,01%, COD: 87,8%, warna, 87,89 TDS: 4,07%, dan pH: 7,2.
5	Vemi Ridantami., dkk, 2016	Pengaruh Tegangan Dan Waktu Pada Pengolahan Limbah Radioaktif Uranium dan Torium Dengan Proses Elektrokoagulasi	Mengetahui pengolahan limbah uranium dan torium dengan proses elektokoagulasi untuk memisahkan uranium dan torium dalam limbah cair	Tegangan dan waktu kontak berpengaruh pada proses elektrokoagulasi. Penurunan kontaminan terbaik pada pengolahan ini diperoleh pada kondisi 12,5 V waktu 60 menit, dengan efisiensi sebesar 97,2% untuk uranium, sedangkan untuk torium pada 12,5 V waktu 30 menit dengan efisiensi sebesar 99,6%
6	Achmad Chusnun Ni'am, Jenny Caroline, 2017	Variasi Jumlah Elektroda Dan Besar Tegangan Dalam Menurunkan Kandungan COD dan TSS Limbah Cair Tekstil Dengan Metode Elektrokoagulasi	Kemampuan metode elektrokoagulasi dalam menurunkan konsentrasi COD dan TSS pada limbah cair dari industri tekstil skala rumah tangga.	Elektrokoagulasi memiliki efisiensi dalam menurunkan konsentrasi COD hingga range 65%-76% pada perlakuan jumlah 4 elektroda dengan tegangan 12 volt dan efisiensi penurunan konsentrasi TSS terbesar didapatkan nilai 81,85% pada perlakuan jumlah 4 elektroda dengan tegangan 12 volt

Tabel 2.2. Daftar Penelitian Terdahulu Yang Digunakan Sebagai Rujukan Dalam Penelitian Ini (lanjutan)

No	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
7	Sutanto dan Kareina Artanti, 2019	Pengolahan Limbah Cair Kosmetik Secara Elektrokoagulasi Sistem Batch	Menentukan kondisi optimum kerapatan voltase dan waktu yang dapat hasil pengolahan limbah cair kosmetik yang efektif metoda elektrokoagulasi sistem batch.	Penerapan voltase yang tinggi pada metode elektrokoagulasi maka semakin baik penurunan COD, TSS dan dapat menaikkan pH. Kondisi optimum diperoleh pada penerapan voltase 20 volt (kerapatan voltase 4 volt/cm) dan waktu elektrokoagulasi selama 45 menit. Pengolahan terbaik kondisi optimum menghasilkan mutu air : pH=9,96; DO= 6,9 mg/L; COD = 280 mg/L (penurunan 74,19%); TSS = 88 mg/L (penurunan 86,21%); Fe = 0,31 mg/L (penurunan Fe 80,38 %).
8	Irawan, dkk (2012)	Proses Penurunan zat warna dalam limbah cair industri sarung samarinda dengan metode elektrokoagulasi	Untuk menurunkan zat warna direct black 38 dalam limbah cair industri sarung tenun setelah melalui proses elektrokoagulasi	Kondisi terbaik untuk menurunkan zat warna limbah cair tekstil sarung samarinda yaitu penerapan tegangan listrik 9 volt dengan jarak elektroda 3 cm (kerapatan 3 volt/cm), waktu elektrokoagulasi 180 menit, dengan penghilangan COD mencapai 94,29%

Tabel 2.2. Daftar Penelitian Terdahulu Yang Digunakan Sebagai Rujukan Dalam Penelitian Ini (lanjutan)

No	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
9	Farida Hanum., dkk (2015)	Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit	Mengetahui pengaruh parameter tegangan pada adaptor terhadap kinerja sistem elektrokoagulasi serta menentukan waktu terbaik untuk pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit tersebut.	Tegangan berpengaruh pada metode elektrokoagulasi dalam menurunkan konsentrasi COD pada limbah cair PKS. Hasil terbaik diperoleh pada tegangan 5 volt untuk penyisihan COD sebesar 81,32 % dengan nilai COD 233,5 mg/l pada waktu pengolahan 180 menit. Hal ini menunjukkan bahwa limbah olahan telah memenuhi baku mutu limbah cair PKS untuk COD yaitu 350 mg/l. Adapun persentase penyisihan turbiditas yang tertinggi diperoleh pada tegangan 5 volt dan pada waktu 180 menit dengan perolehan 95,08 %.
10	Widayatno T dan Sriyani 2008	Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Menggunakan Metode Elektroflokulasi	Mempelajari penerapan metode elektroflokulasi untuk pengolahan limbah cair industri tapioka dengan menguji beberapa variabel yaitu pengaruh voltase dan waktu terhadap TSS, COD dan pH.	Semakin besar tegangan listrik dan waktu proses elektrolisis, semakin besar pula penurunan TSS dan COD serta pH semakin netral. Adapun kondisi optimal terjadi pada tegangan 60 Volt dengan waktu 4 jam menghasilkan COD sebesar 160 ppm dan TSS sebesar 60 mg/L serta pH 6.

Tabel 2.2. Daftar Penelitian Terdahulu Yang Digunakan Sebagai Rujukan Dalam Penelitian Ini (lanjutan)

No	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
11	Rafif Piliandana, 2021	Penyisihan Parameter Pencemar Air Limbah Kegiatan Bengkel Dengan Metode Elektrokoagulasi	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dengan metode elektrokoagulasi terhadap penurunan parameter pada air limbah kegiatan bengkel	Pengolahan air limbah kegiatan bengkel dengan metode elektrokoagulasi dinilai efektif. Semakin tinggi tegangan, berpengaruh terhadap penyisihan parameter BOD, COD, dan TSS. Hasil terbaik terjadi pada tegangan 12 volt untuk penyisihan parameter BOD sebesar 97,1%, parameter COD sebesar 95,1%, parameter minyak lemak sebesar 87,7% t dan hasil tertinggi parameter TSS sebesar 95%, parameter besi (Fe) sebesar 63%, terjadi pada tegangan 9 volt.
12	Elvinda Bendra Agustina, Abdul Hakim Prima Yuniarto, Dian Arif Rachman, Alif Tiana Dewi, 2022	Pengaruh Jarak Elektroda dan Waktu Terhadap Kandungan COD dan TSS Menggunakan Metode Filtrasi-Elektrokoagulasi Pada Pengolahan Limbah Batik	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dengan metode elektrokoagulasi dalam menurunkan kandungan COD dan TSS pada limbah cair batik	Jarak antara elektroda dan waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan kandungan COD dan TSS. Penelitian menunjukkan efisiensi penurunan COD dan TSS tertinggi pada variasi jarak 2 cm dengan waktu kontak 150 menit. Efisiensi penurunan COD sebesar 95% sedangkan efisiensi penurunan TSS sebesar 94%.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya tentang penyisihan parameter pencemar air limbah kegiatan bengkel dengan metode elektrokoagulasi (Prihandana, 2021). Penelitian tersebut merupakan penelitian eksperimental laboratorik dengan metode elektrokoagulasi sistem batch. Teknik pengolahan tersebut berfungsi untuk menyisihkan parameter pencemar air limbah kegiatan bengkel, dimana hasil air olahannya diharapkan memenuhi baku mutu air limbah mengacu pada Permen LH No.5 Tahun 2014. Pada penelitian ini, pengolahan limbah cair kegiatan bengkel dilakukan dengan metode elektrokoagulasi dengan sistem kontinyu. Sistem kontinyu merupakan suatu sistem proses dimana selama proses berlangsung terdapat masukan dan pengeluaran hasil dilakukan dalam selang waktu tertentu. Metode sampling yang digunakan yaitu *grab sample* dimana sampel diambil langsung pada saat tertentu dari satu titik, yaitu pada titik dan kedalaman yang sama pada titik *outlet* pada reaktor.

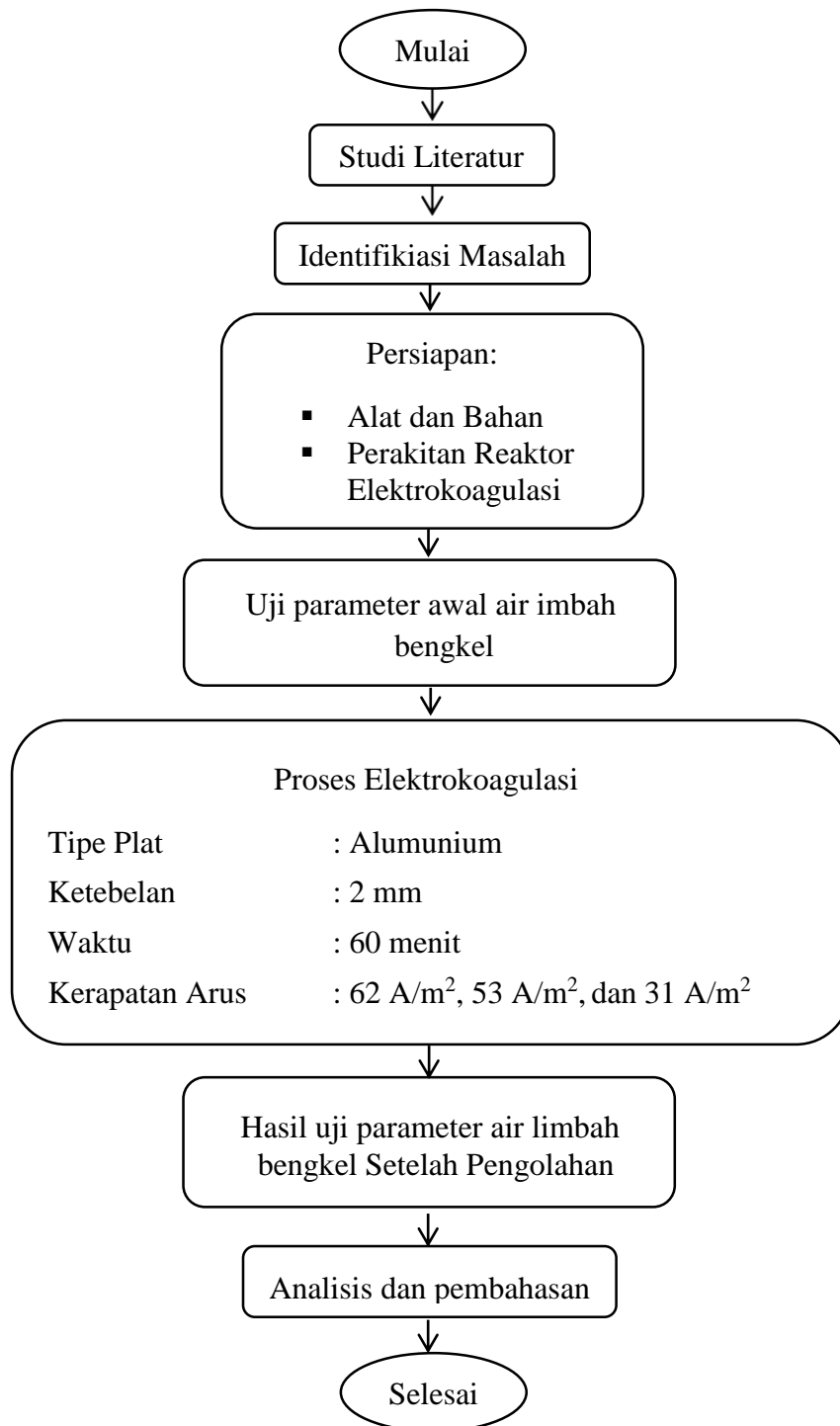
3.2. Tempat dan Waktu Eksperimen

Tempat pengambilan sampel limbah cair diperoleh dari bengkel *dealer* di Kota Jambi dan penelitian dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari. Hasil penelitian ini akan diuji di laboratorium PT. Jambi Lestari

Internasional kota Jambi. Waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai April 2022.

3.3. Diagram Alir Eksperimen

Diagram alir penelitian dibuat dengan tujuan untuk mendapatkan langkah-langkah sistematis dalam melakukan tahapan dari penelitian ini. Diagram alir penelitian dijelaskan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Eksperimen

3.4. Persiapan Eksperimen

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Perakitan reaktor elektrokoagulasi

3.4.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Reaktor, digunakan sebagai tempat limbah saat proses elektrokoagulasi berlangsung
2. Plat Aluminium, digunakan sebagai plat elektroda pada proses elektrokoagulasi
3. *Power supply*, digunakan sebagai penghantar listrik pada proses elektrokoagulasi
4. *Ampere meter*, digunakan untuk mengetahui seberapa besar arus listrik yang mengalir ke dalam reaktor. karena kuat arus dapat berkurang akibat adanya hambatan.
5. Kabel penghubung, digunakan untuk menghubungkan antara plat elektroda dengan *power supply*
6. Penjepit buaya, digunakan sebagai penjepit antara kabel plat elektroda dengan kabel penghubung
7. Tembaga, untuk kedudukan plat aluminium pada reaktor
8. Jerigen, digunakan sebagai wadah limbah sebelum diolah

9. Botol, digunakan sebagai wadah limbah setelah diolah
10. Limbah cair kegiatan bengkel.

3.4.2. Tahap Eksperimen

Tahap penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perakitan Reaktor Elektrokoagulasi.
2. Siapkan sampel limbah cair kegiatan bengkel (Cin).
3. Masukkan limbah cair (Cin) ke dalam reaktor elektrokoagulasi.
4. Atur jarak anoda dan katoda dengan varian jarak 2 cm, 4 cm, dan 6 cm. Dari varian jarak tersebut akan menghasilkan kerapatan arus yang berbeda disetiap jarak antar plat.
5. Setelah itu nyalakan *power supply* dan atur tegangan listrik sebesar 16 V (Volt) selama 1 jam. Lakukan pengukuran arus listrik menggunakan *ampere meter*.
6. Pada waktu kontak selama 1 jam dilakukan pengambilan sampel setiap 15, 30, 45, dan 60 menit
7. Setiap pengambilan sampel, matikan terlebih dahulu *power supply*, lalu diamkan selama 15 menit dan masukkan ke dalam botol sampel.
8. Kemudian lakukan uji pH, BOD, COD, TSS, minyak lemak dan besi (Fe) diuji di laboratorium PT. Jambi Lestari Internasional kota Jambi.
9. Bersihkan reaktor elektrokoagulasi menggunakan aquades.
10. Ulangi tahapan dengan varian jarak antar anoda dan katoda.

Tahapan eksperimen diuraikan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Tahapan Eksperimen

No	Tahapan Kerja
1	Persiapan reaktor limbah cair, disini menggunakan kaca dengan bentuk kubus dengan kapasitas 12 liter
2	Pemasangan kran sebagai outlet reaktor
3	Pemotongan Plat Almunium berukuran 17 x 19 cm sebanyak 4 plat kemudian buat lubang untuk kedudukan plat
4	Pemotongan tembaga dan rangkai di plat sebagai kedudukan pada reaktor
5	Penyusunan plat di reaktor dengan varian jarak 2 cm, 4 cm dan 6 cm antar plat
6	Siapkan kabel ukuran 2 mm panjang 1,5 meter dan penjepit buaya 6 buah, Kemudian rangkai dengan penjepit buaya sesuaikan warnanya
7	Pemasangan kabel di out <i>power supply</i> sesuaikan dengan kutubnya (positif dan negatif)
8	Pemasukan arus listrik dengan penjepit buaya di jepit ke tembaga kedudukan plat, satu plat satu kutub (positif atau negatif)
9	Limbah cair diambil dari bak ekualisasi di bengkel <i>dealer</i>
10	Pengambilan dilakukan secara manual dari atas bak
11	Tampung limbah cair di tempat yang disiapkan
12	Mengisi bak rektor dengan limbah cair Bengkel
13	Menghidupkan <i>Power supply</i>
14	Mengatur tegangan (voltase) yg digunakan
15	Lakukan pengukuran kuat arus listrik menggunakan <i>Ampere meter</i> , agar dapat mengetahui seberapa besar arus listrik yang mengalir pada reaktor.

Tabel 3.1 Tahapan Eksperimen (lanjutan)

No	Tahapan Kerja
16	Lakukan pengambilan sampel pada menit ke- 15, 30, 45, dan 60. Saat pengambilan sampel, matikan <i>power supply</i> lalu diamkan selama 15 menit.
17	Masukan air kedalam botol sampel untuk diuji di laboratorium
18	Cek pH menggunakan pH meter
19	Isi kembali reaktor dengan air limbah sampai penuh dan hidupkan kembali <i>power suplly</i>
20	Bersihkan reaktor dan plat elektrokoagulasi setelah digunakan untuk penggunaan varian jarak selanjutnya

3.4.3. Variabel Eksperimen

Adapun variabel pengolahan limbah cair kegiatan bengkel dengan metode elektrokoagulasi ini sebagai berikut:

1. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian yaitu parameter yang diuji pH, BOD, COD, TSS, minyak lemak dan besi.

2. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah waktu kontak selama 1 jam dengan pengambilan sampel setiap 15, 30, 45, dan 60 menit. Kerapatan arus yang digunakan yaitu 62 A/m^2 , 53 A/m^2 dan 31 A/m^2 dengan tegangan listrik sebesar 16 V (Volt).

Tabel 3.2 Varian Eksperimen

No	Jarak	Rapat Arus	Parameter	Satuan
1	2 cm	62 A/m ²	pH	-
			BOD	Mg/l
			COD	Mg/l
			TSS	Mg/l
			Minyak & Lemak	Mg/l
			Besi	Mg/l
			2	4 cm
BOD	Mg/l			
COD	Mg/l			
TSS	Mg/l			
Minyak & Lemak	Mg/l			
Besi	Mg/l			
3	6 cm	31 A/m ²		
			BOD	Mg/l
			COD	Mg/l
			TSS	Mg/l
			Minyak & Lemak	Mg/l
			Besi	Mg/l

Pada tabel 3.2 varian penelitian akan dilakukan sebanyak 3 kali, dimana varian menggunakan jarak antar plat 2 cm, 4 cm dan 6 cm, dengan menggunakan air limbah kegiatan bengkel sebanyak 12 liter. Plat Elektroda yang digunakan adalah plat alumunium dengan ukuran 17 cm x 19 cm x 0,2 cm berjumlah 4 buah. Plat yang terendam dalam air limbah adalah 17 cm dengan tegangan yang digunakan adalah 16 V (Volt). Untuk mencari kerapatan arus disetiap jarak antar plat dapat menggunakan rumus persamaan 2.8. dikarenakan setiap jarak antar plat menghasilkan kuat arus yang berbeda maka perlu menggunakan ampere meter untuk mengetahui berapa kuat arus yang mengalir kedalam reaktor. Berikut adalah perhitungan dalam mencari kerapatan arus.

a. Jarak Plat 2 cm

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \text{Panjang plat} \times \text{lebar plat} \\ &= 17 \text{ cm} \times 19 \text{ cm} = 323 \text{ cm}^2 \\ &= 323 \text{ cm}^2 \times 10.000 = 0,0323 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kerapatan arus} &= j = \frac{I}{A} \\ &= \frac{2}{0,0323} = 62 \text{ A/m}^2 \end{aligned}$$

b. Jarak Plat 4 cm

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \text{Panjang plat} \times \text{Jarak plat} \\ &= 17 \text{ cm} \times 19 \text{ cm} = 323 \text{ cm}^2 \\ &= 323 \text{ cm}^2 : 10.000 = 0,00323 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kerapatan arus} = j = \frac{I}{A}$$

$$= \frac{1,7}{0,0323} = 53 \text{ A/m}^2$$

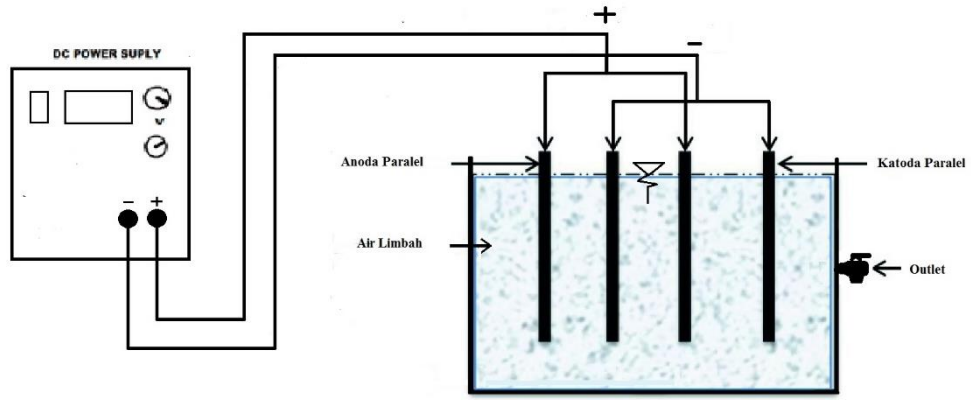
c. Jarak Plat 6 cm

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \text{Panjang plat} \times \text{Jarak plat} \\ &= 17 \text{ cm} \times 19 \text{ cm} = 323 \text{ cm}^2 \\ &= 323 \text{ cm}^2 : 10.000 = 0,0323 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kerapatan arus} &= j = \frac{I}{A} \\ &= \frac{1}{0,0323} = 31 \text{ A/m}^2 \end{aligned}$$

3.5. Desain Reaktor

Reaktor elektrokoagulasi yang akan digunakan merupakan reaktor dengan limbah cair yang dialirkan dari atas reaktor kemudian sebagai outletnya menggunakan kran, kapasitas reaktor 12 liter. Konfigurasi elektroda monopolar disusun secara paralel, dipasang secara berselang yang dimana memiliki dua kutub sebagai elektroda yaitu elektroda positif (Anoda) dan elektroda negatif (Katoda) Berikut ini adalah gambar desain reaktor elektrokoagulasi yang akan di gunakan dalam penelitian ini.



a. Desain Reaktor Elektrokoagulasi



b. Tampak Reaktor Elektrokoagulasi

Gambar 3.2. Reaktor elektrokoagulasi

Spesifikasi reaktor adalah sebagai berikut:

1. Bentuk : kubus
2. Ukuran : 25 cm x 20 cm x 25 cm
3. Bahan : kaca dengan ketebalan 5 mm
4. Elektroda : Anoda & Katoda menggunakan aluminium

5. Ukuran Elektroda : 17 cm x 19 cm
6. Jumlah Elektroda : 2 Anoda & 2 Katoda
7. Ketebalan Elektroda : 2 mm
8. Jarak Elektroda : 2 cm, 4 cm dan 6 cm
9. Kerapatan arus : 62 A/m², 53 A/m² dan 31 A/m²
10. Power Supply Dc 30 Ampere 16 Volt

3.6. Analisis dan Pembahasan

Analisis yang dilakukan adalah perhitungan efisiensi penyisihan pencemar, efisiensi penyisihan pencemar dihitung dengan membandingkan nilai pada influen dan efluen yang akan dinyatakan dalam persen (%). Penentuan efisiensi penyisihan pencemar dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan dibawah ini (Telambanua, 2017):

$$\text{Efisiensi (E)} = \frac{\text{Influen} - \text{Effluen}}{\text{influen}} \times 100\% \dots \dots \dots \text{Persamaan 3.1}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Awal Parameter Limbah Cair Kegiatan Bengkel

Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair yang berasal dari bengkel salah satu *dealer* di kota Jambi. Limbah cair kegiatan bengkel secara visual dan organoleptik berwarna hitam gelap dan memiliki bau menyengat. Pengujian karakteristik limbah cair kegiatan bengkel sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi meliputi parameter pH, COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), minyak lemak dan besi (Fe). Karakteristik awal limbah cair kegiatan bengkel sebelum dilakukan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Karakteristik awal limbah cair kegiatan bengkel

No	Parameter	Satuan	Hasil uji Awal	Baku Mutu (Permen LH No.5 Tahun 2014 Lampiran XLVII)
1	pH	-	6,80	6-9
2	BOD	Mg/l	71,32	50
3	COD	Mg/l	226,50	100
4	TSS	Mg/l	99,67	200
5	Minyak Lemak	Mg/l	8,38	10
6	Besi (Fe)	Mg/l	0.9794	5

Baku mutu limbah cair di atas mengacu pada Permen LH No. 5 Tahun 2014 lampiran XLVII tentang baku mutu air limbah. Berdasarkan Tabel 4.1 di atas dapat diketahui bahwa limbah cair kegiatan bengkel belum sesuai dengan baku mutu yang

telah ditentukan. Hasil uji parameter polutan BOD dan COD melebihi baku mutu air limbah dimana parameter BOD sebesar 71,32 mg/l melebihi baku mutu yaitu 50 mg/l dan parameter COD sebesar 226,5 mg/l melebihi baku mutu 100 mg/l. Untuk parameter polutan TSS, minyak lemak dan besi masih memenuhi baku mutu air limbah dimana hasil uji awal TSS sebesar 99,67 mg/l dengan baku mutu 200 mg/l, minyak lemak 8,38 mg/l dengan baku mutu 10 mg/l dan besi (Fe) 0,9794 mg/l dengan baku mutu 5 mg/l.

4.2. Hasil Uji Parameter Limbah Cair Kegiatan Bengkel Setelah Pengolahan

Eksperimen ini menyesuaikan variasi jarak antara plat sehingga menghasilkan variasi kerapatan arus yang berbeda pada reaktor elektrokoagulasi yaitu kerapatan arus 62 A/m² jarak 2 cm, kerapatan arus 53 A/m² jarak 4 cm dan kerapatan arus 31 A/m² jarak 6 cm dengan waktu kontak selama 1 jam setiap kerapatan arus. Pada Tabel 4.2 didapatkan hasil uji parameter limbah cair kegiatan bengkel setelah pengolahan dengan metode elektrokoagulasi.

Tabel 4.2. Hasil uji limbah cair setelah pengolahan dengan metode elektrokoagulasi

No	Jarak	Rapat Arus	Parameter	Satuan	Waktu				Baku Mutu (Permen LH No.5 Tahun 2014 Lampiran XLVII)
					15	30	45	60	
1	2 cm	62 A/m ²	pH	-	7,29	7,49	7,72	7,88	6-9
			BOD	Mg/l	25,97	18,36	16,09	6,04	50
			COD	Mg/l	86,57	32,01	54,75	11,56	100
			TSS	Mg/l	24,67	17,33	20,25	11,00	200
			Minyak & Lemak	Mg/l	< 1,56	< 1,56	1,61	2,26	10
			Besi	Mg/l	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755	5

Tabel 4.2. Hasil uji limbah cair setelah pengolahan dengan metode elektrokoagulasi (lanjutan)

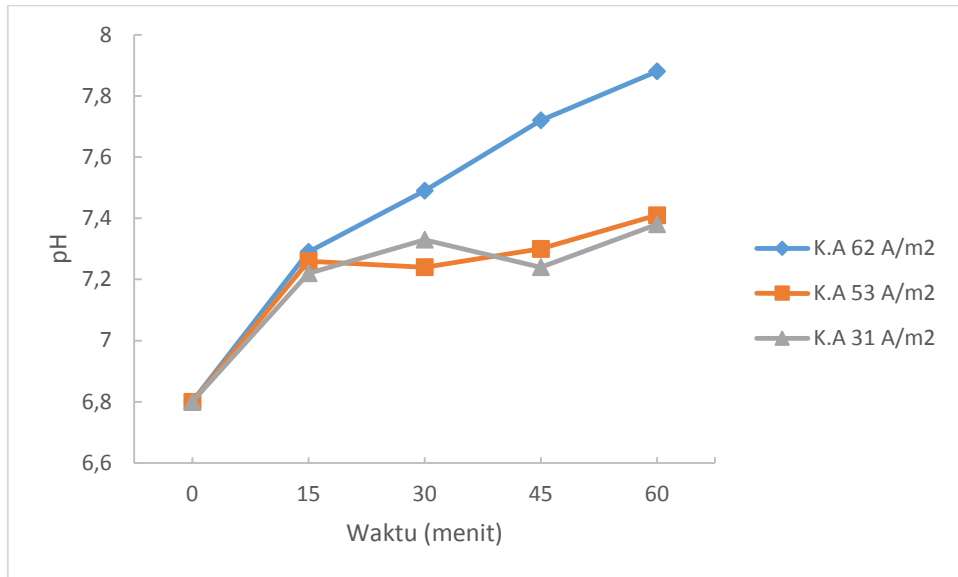
No	Jarak	Rapat Arus	Parameter	Satuan	Waktu				Baku Mutu (Permen LH No.5 Tahun 2014 Lampiran XLVII)
					15	30	45	60	
2	4 cm	53 A/m ²	pH	-	7,26	7,24	7,30	7,41	6-9
			BOD	Mg/l	35,96	23,93	21,88	14,27	50
			COD	Mg/l	127,49	70,66	57,02	20,65	100
			TSS	Mg/l	24,67	24,00	29,50	22,67	200
			Minyak & Lemak	Mg/l	1,96	< 1,56	2,28	2,39	10
			Besi	Mg/l	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755	5
3	6 cm	31 A/m ²	pH	-	7,22	7,33	7,24	7,38	6-9
			BOD	Mg/l	39,59	31,71	22,18	18,09	50
			COD	Mg/l	152,22	97,94	66,11	57,02	100
			TSS	Mg/l	45,00	35,67	36,67	27,00	200
			Minyak & Lemak	Mg/l	4,35	2,70	1,65	4,44	10
			Besi	Mg/l	0,3115	< 0,2755	0,4640	< 0,2755	5

4.2.1. Parameter pH

Potential Hydrogen (pH) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Dari penelitian ini didapatkan nilai pH pada pengolahan limbah cair kegiatan bengkel dengan metode elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.3. Hasil uji parameter pH

Jarak	Kerapatan Arus	Uji Awal (mg/l)	Uji Akhir (mg/l)			
			Waktu (menit)			
			15	30	45	60
2 cm	62 A/m ²	6,80	7,29	7,49	7,72	7,88
4 cm	53 A/m ²	6,80	7,26	7,24	7,30	7,41
6 cm	31 A/m ²	6,80	7,22	7,33	7,24	7,38



Gambar 4.1. Hasil uji parameter pH

Nilai pH meningkat setelah dilakukan proses elektrokoagulasi. Sebelum dilakukan pengolahan air limbah nilai pH sudah memenuhi baku mutu 6-9 dengan hasil uji awal sebesar 6,80. Berdasarkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 kerapatan arus 62 A/m² dengan jarak 2 cm terjadi kenaikan pH yang paling tinggi diantara varian kerapatan arus yang lainnya pada menit ke-60 sebesar 7,88. Sedangkan untuk kerapatan arus 53 A/m² jarak 4 cm terjadi kenaikan pH tertinggi pada menit ke-60 sebesar 7,41 dan pada kerapatan arus 31 A/m² jarak 6 cm terjadi kenaikan pH tertinggi pada menit ke-60 sebesar 7,38.

Nilai pH setelah proses elektrokoagulasi mengalami peningkatan dari pada sebelum dilakukan pengolahan dengan proses elektrokoagulasi. Berdasarkan hasil uji, semakin kecil jarak menghasilkan kerapatan arus yang tinggi, sehingga mempengaruhi nilai pH. Hal ini disebabkan intensitas elektrolisis tinggi, karena jarak antar elektroda

mempengaruhi laju transfer elektron antara anoda yang menerima elektron dan katoda sebagai tempat terjadinya proses reduksi (Saputra, 2016).

Peningkatan nilai pH disebabkan karena pada proses elektrokoagulasi terjadi akumulasi peningkatan ion hidroksida (OH^-). Menurut Ali dan Yaakob (2012), reaksi yang terjadi pada katoda: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ dan reaksi pada anoda: $\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + 3\text{e}^-$. Semakin tinggi kerapatan arus maka semakin besar laju pelepasan ion Al^{3+} pada anoda dan pembentukan ion hidroksil (OH^-) pada katoda. Dalam larutan kation Al^{3+} , hasil oksidasi dari logam aluminium di anoda akan berkaitan dengan ion hidroksil (OH^-) membentuk koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang bersifat basa. Sehingga, semakin lama waktu kontak, semakin banyak ion hidroksil (OH^-) yang dihasilkan maka pH pada air limbah akan meningkat seiring berjalannya waktu (Sutanto, 2019).

Hasil penelitian Nur (2017), menyatakan elektrokoagulasi dapat menaikkan pH pada air buangan domestik, kondisi optimum pada kerapatan arus 104 A/m^2 yaitu sebesar 8,30 pada menit ke-60 jarak elektroda 2,5 cm dengan pH awal penelitiannya 7,00. Sementara Sandi (2019), menyatakan bahwa dengan metode elektrokoagulasi dapat menaikkan pH, dimana pH awal penelitiannya 4,76 meningkat hingga 7,85 pada menit ke-120 dan terjadi pada jarak elektroda 2 cm.

Berdasarkan hasil eksperimen, kondisi optimum untuk peningkatan pH tertinggi sebesar 7,88 pada kerapatan arus 62 A/m^2 jarak 2 cm dengan waktu kontak 60 menit. Pada proses elektrokoagulasi di katoda terbentuk ion hidroksida (OH^-) yang lebih banyak dibandingkan ion H^+ di anoda. Hal ini menyebabkan sifat air limbah

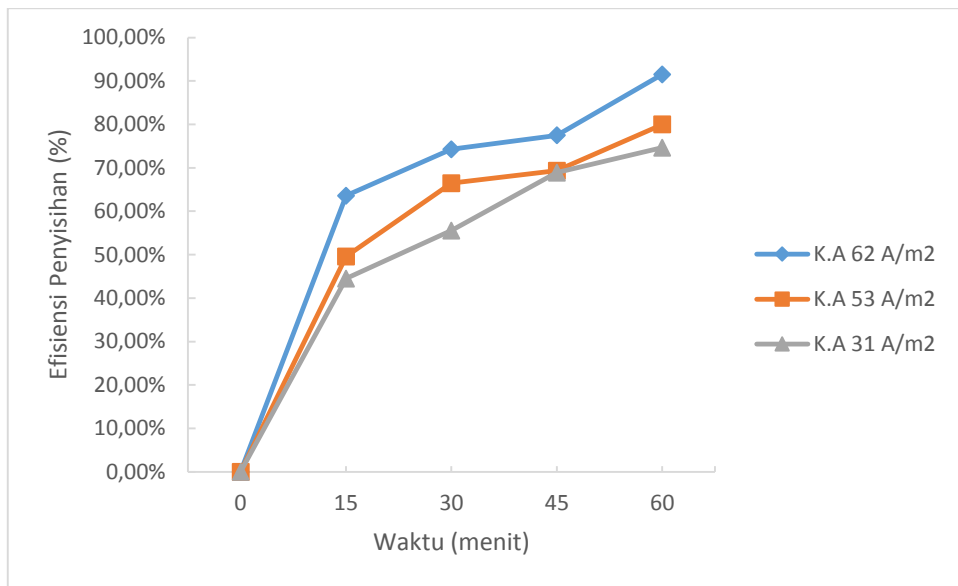
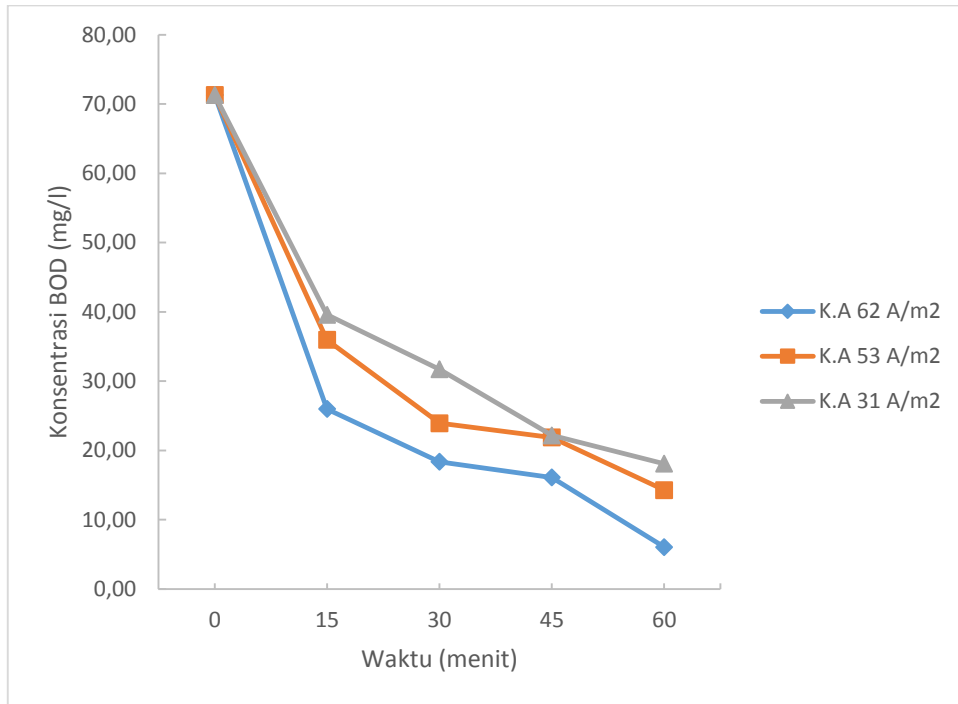
adalah basa. Dalam larutan kation Al^{3+} , hasil oksidasi dari logam Al dianoda akan berkaitan membentuk koagulan $Al(OH)_3$ yang bersifat basa. Semakin lama waktu proses semakin banyak terbentuk ion hidroksil (OH^-) sehingga pH air limbah meningkat dan bersifat basa. Menurut Harif (2012), penyisihan paling baik terjadi pada pH 6-8. Pada rentang tersebut terjadi proses hidrolisis ion Al^{3+} yang menghasilkan senyawa $Al(OH)^{2+}$, $Al_2(OH)^{24+}$, $Al(OH)^{3+}$ dan senyawa polimer $Al_{13}(OH)_{32}^{7+}$ yang efektif dalam proses koagulasi. Pada pH di bawah 4 senyawa yang terbentuk adalah ion Al^{3+} , sedangkan pada pH di atas 10 senyawa yang terbentuk adalah $Al(OH)^{4-}$. Kedua senyawa ini bersifat amfoter dan memiliki sifat kurang efektif dalam proses koagulasi.

4.2.2. Parameter BOD

Pengujian BOD yang dimaksudkan untuk mengukur seberapa banyak oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme dalam menguraikan bahan-bahan organik dalam limbah. Berikut adalah efisiensi penyisihan parameter polutan BOD dengan proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.4. Penyisihan konsentrasi parameter BOD

Jarak	Kerapatan Arus	Uji Awal (mg/l)	Uji Akhir (mg/l)			
			Waktu (menit)			
			15	30	45	60
2 cm	62 A/m ²	71,32	25,97	18,36	16,09	6,04
4 cm	53 A/m ²	71,32	35,96	23,93	21,88	14,27
6 cm	31 A/m ²	71,32	39,59	31,71	22,18	18,09



Gambar 4.2 (a) Penyisihan konsentrasi BOD (mg/l) (b) Efisiensi penyisihan BOD (%)

Pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.2 ditunjukkan pola perubahan parameter polutan BOD limbah cair sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi dengan variasi kerapatan arus 62, 53 dan 31 A/m² dengan jarak 2, 4, dan 6 cm. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2, proses elektrokoagulasi berhasil menyisihkan konsentrasi BOD dari waktu ke waktu. Sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi BOD limbah cair bengkel adalah 71,32 mg/l. Pada kerapatan arus 62 A/m² jarak elektroda 2 cm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit terjadi penyisihan konsentrasi BOD sebesar 25,97 mg/l 18,36 mg/l 16,09 mg/l dan 6,04 mg/l, dengan efisiensi sebesar 63,59%, 74,26%, 77,48%, dan 91,53%. Kerapatan arus 53 A/m² pada jarak elektroda 4 cm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit didapatkan penyisihan konsentrasi BOD sebesar 35,96 mg/l, 23,71 mg/l, 21,88 mg/l dan 14,27 mg/l dengan efisiensi sebesar 49,57%, 66,45%, 69,32% dan 79,99%. Untuk kerapatan arus 31 A/m² pada jarak elektroda 6 cm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit didapatkan hasil penyisihan konsentrasi BOD sebesar 39,59 mg/l, 31,71 mg/l, 22,18 mg/l dan 18,09 mg/l dengan efisiensi sebesar 44,49%, 55,54%, 68,90% dan 74,64%.

Pengolahan limbah cair kegiatan bengkel dengan metode elektrokoagulasi dinilai efektif dalam menurunkan parameter polutan BOD, dimana penyisihan tertinggi terdapat pada kerapatan arus 62 A/m² jarak 2 cm menit ke-60 terjadi penyisihan BOD sebesar 6,04 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 91,53% dari hasil uji awal sebesar 71,32 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak dan semakin besar rapat arus yang dialirkan pada proses elektrokoagulasi maka semakin besar pula presentase penyisihan konsentrasi BOD yang terjadi. Hal ini disebabkan

karena semakin lama waktu kontak maka semakin banyak flok-flok yang terbentuk (aglomerasi) dan partikel-partikel ringan yang mudah mengapung (*floatable*). Jarak antar elektroda mempengaruhi laju transfer elektron antara anoda yang menerima elektron dan katoda sebagai tempat terjadinya proses reduksi. Semakin kecil jarak antar elektroda maka semakin besar rapat arus yang dihasilkan pada luas penampang elektroda (Riadi, 2014).

Bertambahnya rapat arus dapat menurunkan kandungan beban pencemar, dikarenakan semakin tinggi rapat arus yang diberikan maka pelarutan aluminium di anoda akan lebih cepat meningkat menghasilkan ion Al^{3+} dan membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ lebih banyak (Sulistyaningsih, 2020). Ion aluminium Al^{3+} berfungsi sebagai koagulan yang dapat membentuk flok-flok yang akan mengendap, sehingga limbah menjadi lebih jernih dari sebelumnya, maka senyawa-senyawa organik yang tertinggal didalam limbah cair menjadi lebih mudah terdegradasi oleh mikroorganisme (Setianingrum, 2016). Pada anoda terjadi reaksi oksidasi yaitu terbentuknya oksigen akibat reaksi: $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$ (Ali, 2012). Penyisihan BOD pada air limbah diakibatkan semakin banyak zat organik yang terikat pada flok, sehingga teroksidasi akibat kehadiran oksidator kuat, yaitu oksigen (O_2). Semakin banyak oksigen pada air limbah maka kebutuhan oksigen bagi mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik akan tercukupi (Gustiana, 2020).

Hasil penelitian Agustina (2022), menunjukkan bahwa elektrokoagulasi dengan jarak elektroda 2 cm dan tegangan 24 volt, dengan waktu proses selama 180 menit dapat menurunkan kadar BOD tertinggi dari pada limbah cair, dengan kadar BOD awal 434 mg/L menjadi 192 mg/L dengan efisiensi sebesar 55,90%.

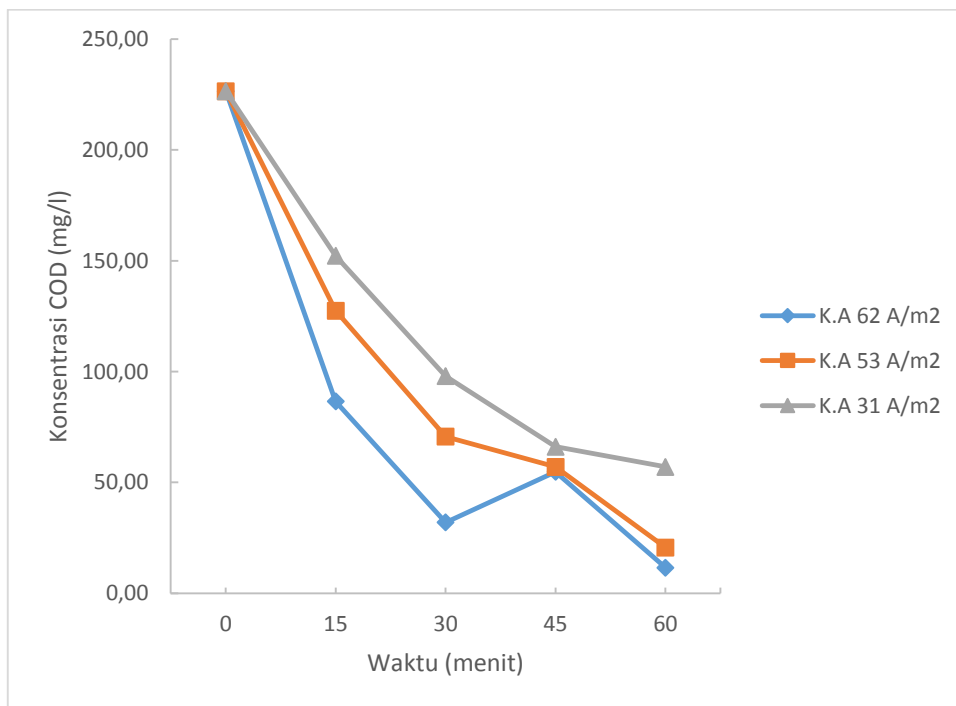
Berdasarkan hasil eksperimen kondisi optimum untuk penyisihan BOD dengan efisiensi penyisihan tertinggi sebesar 91,53% terjadi pada kerapatan arus 62 A/m² jarak 2 cm dan waktu kontak 60 menit. Semakin lama proses elektrokoagulasi berlangsung maka akan semakin tinggi efisiensi penyisihan BOD. Semakin tinggi kerapatan arus akan mempercepat proses reduksi oksidasi pada plat elektroda aluminium, menyebabkan semakin banyak koloid yang terikat sehingga membentuk flok berukuran besar, akibat banyaknya flok- lok yang terbentuk dan partikel-partikel ringan yang terflotasi akibat adanya proses oksidasi yaitu oksigen (O₂).

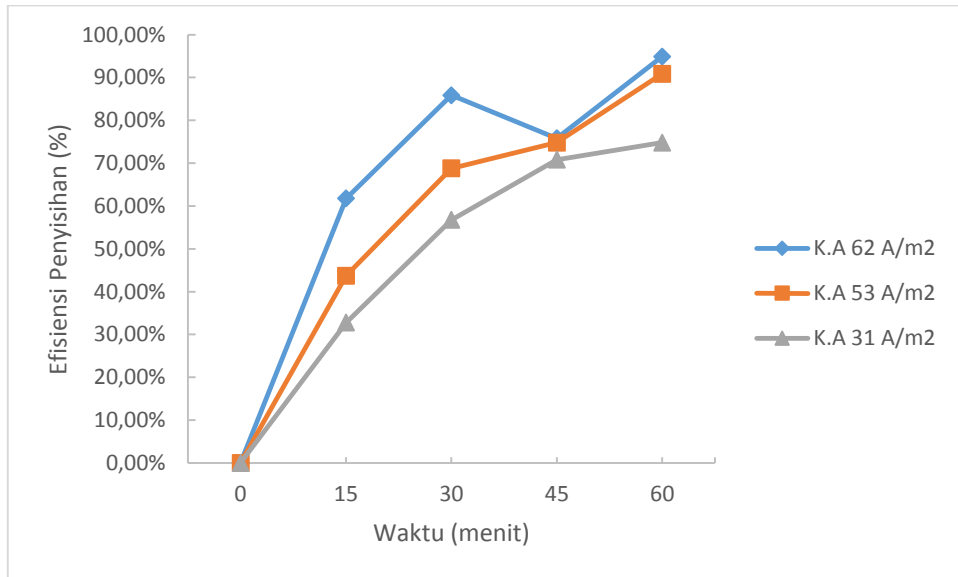
4.2.3. Parameter COD

COD merupakan salah satu parameter penting pada air limbah. COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam air secara kimia. Oleh karena itu penyisihan konsentrasi COD penting untuk diuji dalam penelitian ini. Hasil penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.5. Penyisihan konsentrasi parameter COD

Jarak	Kerapatan Arus	Uji Awal (mg/l)	Uji Akhir			
			Waktu (menit)			
			15	30	45	60
2 cm	62 A/m ²	226,50	86,57	32,01	54,75	11,56
4 cm	53 A/m ²	226,50	127,49	70,66	57,02	20,65
6 cm	31 A/m ²	226,50	152,22	97,94	66,11	57,02





Gambar 4.3 (a) Penyisihan konsentrasi COD (mg/l) (b) Efisiensi penyisihan COD (%)

Penyisihan konsentrasi COD yang ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.3 kerapatan arus 62 A/m² dengan jarak elektroda 2 cm dan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit didapat penyisihan konsentrasi COD sebesar 86,57 mg/l, 32,01 mg/L, 54,75 mg/l dan 11,56 mg/l dengan efisiensi sebesar 61,78%, 85,87%, terjadi penurunan efisiensi pada menit ke-45 sebesar 75,83% dan naik kembali pada menit ke-60 sebesar 94,90%. Kerapatan arus 53 A/m² dengan jarak elektroda 4 cm dan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit didapatkan penyisihan konsentrasi COD sebesar 127,49 mg/L, 70,66 mg/l, 57,02 mg/l, dan 20,65 mg/l dengan efisiensi sebesar 43,71%, 68,80%, 74,83%, dan 90,88%. Untuk kerapatan arus 31 A/m² dengan jarak elektroda 6 cm dan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit didapatkan hasil penyisihan konsentrasi

COD sebesar 152,22 mg/l, 97,94 mg/l, 66,11 mg/l dan 57,02 mg/l dengan efisiensi sebesar 32,79%, 56,76%, 70,81% dan 74,83%.

Pengolahan air limbah kegiatan bengkel dengan menggunakan reaktor elektrokoagulasi dinilai efektif dalam menyisihkan parameter polutan COD, dimana penyisihan tertinggi terdapat pada kerapatan arus 62 A/m² jarak 2 cm menit ke-60 terjadi penyisihan COD sebesar 11,56 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 94,90% dari hasil uji awal sebesar 226,50 mg/l. Namun secara keseluruhan efisiensi penyisihan terlihat lebih stabil pada kerapatan arus 53 A/m² walaupun konsentrasi akhir, tidak sebaik kerapatan arus 62 A/m² pada waktu kontak 60 menit. Sementara pada kerapatan arus 62 A/m² terjadi penurunan efisiensi penyisihan pada waktu kontak 45 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak proses elektrokoagulasi berlangsung maka akan semakin tinggi efisiensi penyisihan COD pada limbah cair bengkel. Hal tersebut disebabkan karna semakin banyak koloid yang terikat sehingga membentuk flok berukuran besar. Akibat banyaknya flok-flok yang terbentuk dan partikel-partikel ringan yang terflotasi, maka terjadi proses penurunan konsentrasi COD dalam limbah cair (Agustina, 2022).

Semakin tinggi kerapatan arus semakin cepat terjadi penyisihan hal ini karena arus listrik yang dialirkan lebih tinggi sehingga ion Al³⁺ teroksidasi dalam jumlah banyak dan berikatan dengan kuat dengan OH⁻ menjadi Al(OH)₃ dan terdestabilisasi membentuk flok dengan cepat (Nur, 2017). Penurunan konsentrasi COD ini disebabkan adanya reaksi oksidasi dan reduksi yang berlangsung pada anode dan katode, mengikuti persamaan reaksi 2.2 sampai 2.3: pada anoda: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$ dan

pada katoda: $\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + 3\text{e}^-$. Ion Al^{3+} yang dilepaskan pada anoda dapat bereaksi dengan ion OH^- dan partikel koloid yang bermuatan negatif atau ion senyawa organik membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ sehingga membentuk flok-flok pada air limbah. Flok-flok ini perlahan-lahan akan mengendap didasar reaktor elektrokoagulasi. Sedangkan reaksi reduksi oksidasi yang terjadi pada katoda menghasilkan gas hidrogen (H_2) dan pada anoda menghasilkan oksigen (O_2) yang membawa koloid-koloid zat pengotor naik kepermukaan (proses flotasi). Hal ini ditandai dengan adanya gelembung atau buih yang banyak (Amri, 2020).

Nur (2017), menyatakan penurunan kandungan COD pada air buangan domestik, mencapai kondisi optimum pada kerapatan arus 104 A/m^2 yaitu sebesar 87,48% pada menit ke-60 jarak elektroda 2,5 cm. Sementara Setianingrum (2017), menyatakan bahwa metode elektrokoagulasi dapat menurunkan COD dengan variasi jarak 2 dan 3 cm. Penurunan konsentrasi COD mencapai 87% pada menit ke-60 dengan menggunakan tegangan listrik 15 volt dan jarak antar elektroda sebesar 2 cm.

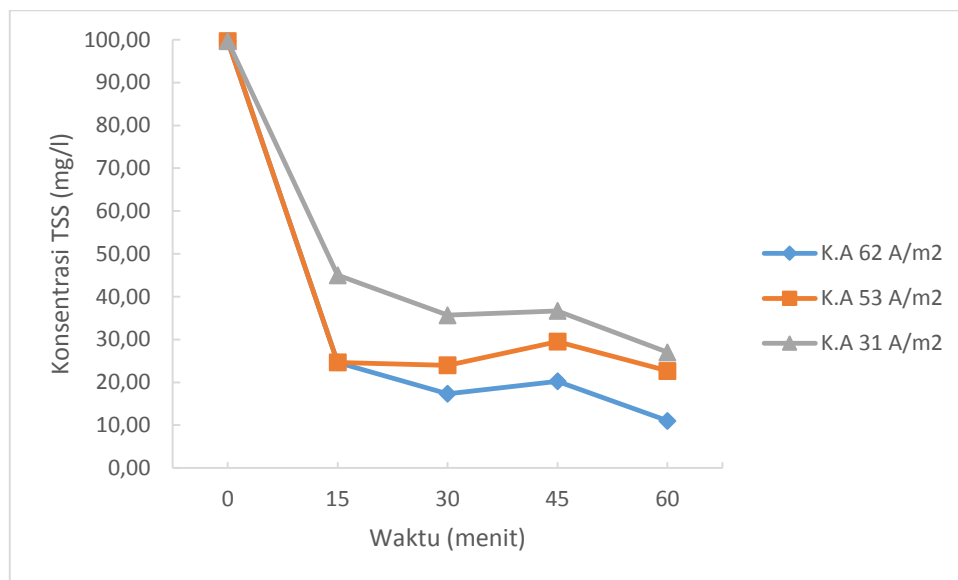
Kondisi optimum untuk penyisihan COD terjadi pada kerapatan arus 62 A/m^2 jarak 2 cm dan waktu kontak 60 menit dengan efisiensi sebesar 94,90%. Pada kerapatan arus ini, ion Al^{3+} teroksidasi dalam jumlah banyak dan berikatan dengan kuat dengan OH^- dan terdestabilisasi membentuk flok dengan cepat. Penyisihan COD disebabkan zat-zat organik yang terlarut ikut terikat dengan flok dan teroksidasi akibat kehadiran oksidator kuat, yaitu O_2 . Semakin lama waktu kontak proses elektrokoagulasi berlangsung maka semakin banyak koloid yang terikat sehingga membentuk flok berukuran besar.

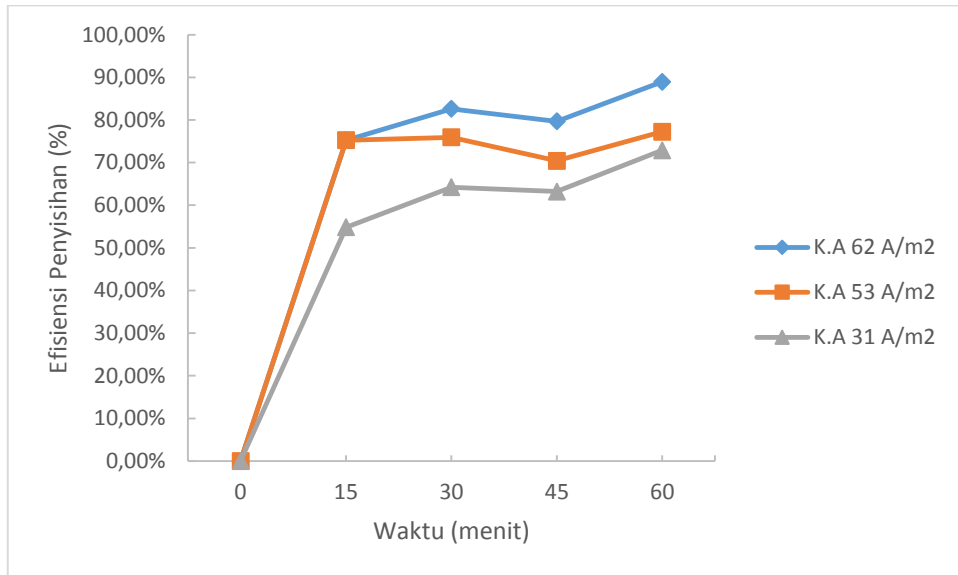
4.2.4. Parameter TSS

Total suspended solid (TSS) merupakan jumlah material padat tersuspensi dalam suatu volume cair tertentu. TSS menunjukkan jumlah kepekatan padatan dalam sampel cair. Efisiensi penyisihan TSS pada limbah cair kegiatan bengkel dengan proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.6. Penyisihan konsentrasi parameter TSS

Jarak	Kerapatan Arus	Uji Awal (mg/l)	Uji Akhir (mg/l)			
			Waktu (menit)			
			15	30	45	60
2 cm	62 A/m ²	99,67	24,67	17,33	20,25	11,00
4 cm	53 A/m ²	99,67	24,67	24,00	29,50	22,67
6 cm	31 A/m ²	99,67	45,00	35,67	36,67	27,00





Gambar 4.4 (a) Penyisihan konsentrasi TSS (mg/l) (b) Efisiensi penyisihan TSS (%)

Pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.4 menunjukkan pengaruh variasi kerapatan arus (62, 53, dan 31) A/m² dan waktu kontak (15, 30, 45 dan 60) menit terhadap penyisihan konsentrasi TSS. Kerapatan arus 62 A/m² jarak elektroda 2 cm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit, didapat penyisihan konsentrasi TSS sebesar 24,67 mg/l, 17,33 mg/l, 20,25 mg/l, dan 11,00 mg/l dengan efisiensi sebesar 75,25%, 82,61%, terjadi penurunan efisiensi pada menit ke-45 sebesar 79,68% dan naik kembali pada menit ke-60 sebesar 88,96%. Kerapatan arus 53 A/m² jarak elektroda 4 cm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit, didapatkan penyisihan konsentrasi TSS sebesar 24,67 mg/l, 24,00 mg/l, 29,50 mg/l dan 22,67 mg/l dengan efisiensi sebesar 75,25%, 75,92%, terjadi penurunan efisiensi pada menit ke-45 sebesar 70,40%, dan naik kembali pada menit ke-60 sebesar 77,25%. Untuk kerapatan arus 31 A/m² jarak

elektroda 6 cm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit, didapatkan hasil penyisihan konsentrasi TSS sebesar 45,00 mg/l, sebesar 35,67 mg/l, 36,67 mg/l, dan 27,00 mg/l dengan efisiensi sebesar 54,85%, 64,21%, terjadi penurunan efisiensi pada menit ke-45 sebesar 63,21% dan naik kembali pada menit ke-60 sebesar 72,91%.

Efisiensi penyisihan TSS tertinggi terdapat pada waktu kontak ke-60 menit, kerapatan arus 62 A/m² jarak elektroda 2 cm, terjadi efisiensi penyisihan sebesar 88,96% dan penurunan konsentrasi sebesar 11,00 mg/l dari hasil uji awal sebesar 99,67 mg/l. Namun penyisihan kurang stabil pada kerapatan arus 62 dan 53 A/m², terjadi penurunan efisiensi pada menit ke-45. Sementara peningkatan efisiensi pada kerapatan arus 31 A/m² terlihat lebih stabil walaupun hasil akhir tidak sebaik nilai TSS pada kerapatan arus 62 A/m². Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama proses elektrokoagulasi berlangsung maka akan semakin tinggi efisiensi penyisihan TSS. Penyisihan TSS disebabkan karna partikel yang terdapat pada air limbah umumnya bermuatan negatif. Ion positif dan negatif yang dihasilkan oleh elektroda akan menstabilkan partikel-partikel yang terkandung didalam limbah (Agustina, 2022). Hal ini sesuai dengan penelitian Nur (2017), bahwa semakin besar kerapatan arus dan lama waktu kontak semakin banyak pula flok yang dihasilkan yang dapat mengikat kontaminan yang terdapat pada air limbah.

Jarak antar plat elektroda sangat berpengaruh terhadap kuat arus yang mengalir kedalam reaktor elektrokoagulasi. Semakin dekat jarak antar elektroda maka lintasan perputaran arus listrik semakin tinggi dan menghasilkan kuat arus yang tinggi (Setianingrum, 2016). Akibat kuat arus yang mengalir semakin tinggi maka

berpengaruh terhadap kerapatan arus yang mengalir pada permukaan elektroda. Semakin tinggi kerapatan arus yang mengalir pada permukaan elektroda maka akan mengalami reaksi reduksi oksidasi lebih cepat.

Penyisihan konsentrasi TSS disebabkan oleh adanya oksidasi logam aluminium menjadi ion Al^{3+} di katoda serta pembentukan ion OH^- di anoda. Ion Al^{3+} dan OH^- selanjutnya akan membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang bertindak sebagai koagulan. Koagulan akan mengikat padatan tersuspensi yang terdapat pada limbah cair sehingga terbentuklah flok. Flok yang telah terbentuk akan terangkat ke permukaan oleh gas hydrogen (H_2) akibat reaksi reduksi yang terbentuk di katoda. Proses penyisihan TSS dapat dikarenakan TSS adalah polutan yang berada dalam bentuk tersuspensi. Partikel tersuspensi merupakan material berbentuk solid dengan ukuran tertentu. Material solid ini dapat dengan mudah teradsorpsi ke dalam koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ atau teradsorpsi ke dalam gelembung udara. Hasil adsorpsi ini akan terpisahkan ke atas (terflotasi) sehingga terjadi penurunan konsentrasi TSS di dalam air limbah (Hanum, 2015).

Hasil penelitian Agustina (2022), dalam menurunkan kandungan TSS dengan metode elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah batik, efisiensi penurunan TSS tertinggi terdapat pada variasi waktu 150 menit dengan jarak antar elektroda 2 cm sebesar 94%. Hal ini juga didukung Riadi (2014), dengan varian jarak 2, 3, dan 4 cm, menyatakan bahwa penurunan TSS tertinggi terdapat pada variasi waktu 60 menit dengan jarak antar elektroda 2 cm efisiensi sebesar 49,17%.

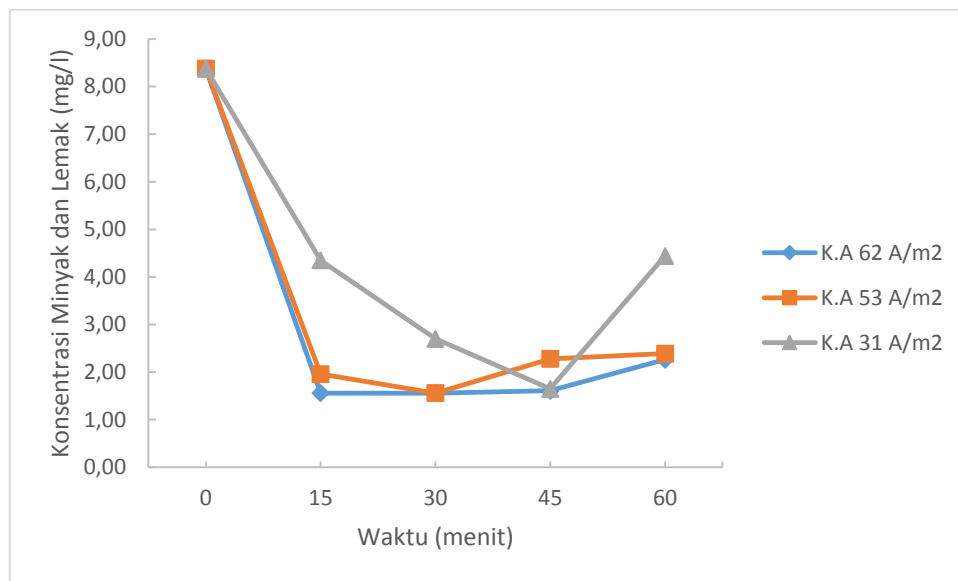
Berdasarkan hasil eksperimen kondisi optimum untuk penyisihan TSS terjadi pada kerapatan arus 62 A/m^2 jarak 2 cm dan waktu kontak 60 menit dengan efisiensi sebesar 88,96%. Kedua perlakuan memberikan pengaruh terhadap TSS, bahwa semakin lama waktu kontak dan semakin tinggi kerapatan arus dapat menaikkan efisiensi penyisihan TSS. Semakin tinggi kerapatan arus yang mengalir pada permukaan elektroda maka akan mengalami reaksi reduksi oksidasi lebih cepat. Sehingga Al^{3+} akan mengikat OH^- dan membentuk senyawa $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dapat mengikat polutan akan lebih banyak. Sedangkan pada katoda akan menghasilkan gas hydrogen (H_2) yang berfungsi untuk mengangkat flok yang terbentuk keatas permukaan. Semakin lama waktu kontak semakin banyak flok yang terbentuk sehingga akan bertambah besar dan akhirnya mengendap ke dasar bak elektrokoagulasi. Penyisihan konsentrasi TSS mengakibatkan tidak terhalangnya sinar matahari yang masuk ke dalam air, sehingga proses fotosintesis berjalan dengan baik oleh tanaman, menghasilkan oksigent terlarut yang sangat penting bagi ekosistem akuatik.

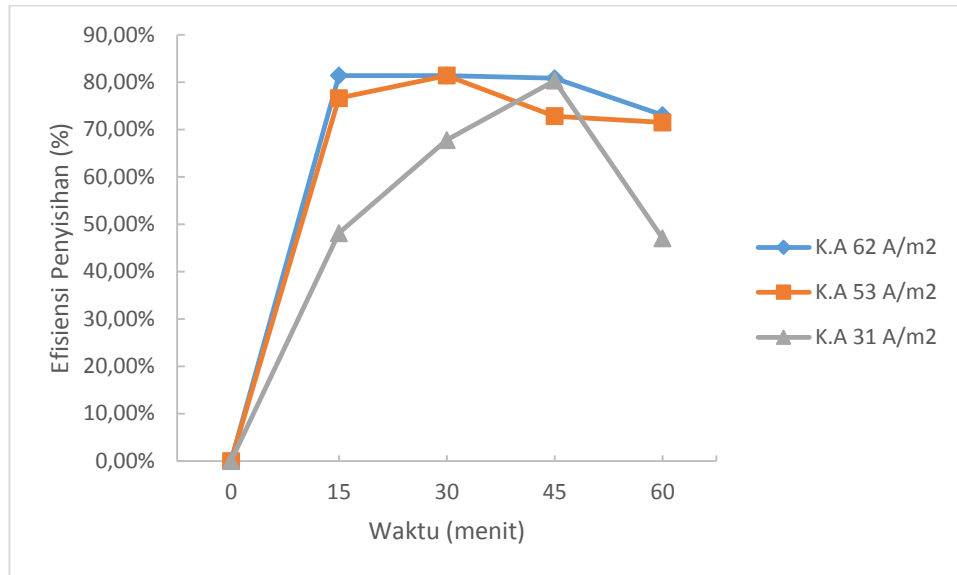
4.2.5. Parameter Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan bahan organik yang tidak mudah teruraikan oleh bakteri sehingga konsentrasinya harus dibatasi disuatu perairan. Selama eksperimen ini didapatkan nilai dan efisiensi penyisihan konsentrasi parameter polutan minyak dan lemak pada limbah cair bengkel dengan proses elektrokoagulasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.7. Penyisihan konsentrasi parameter minyak dan lemak

Jarak	Kerapatan Arus	Uji Awal (mg/l)	Uji Akhir (mg/l)			
			Waku (menit)			
			15	30	45	60
2 cm	62 A/m ²	8,38	< 1,56	< 1,56	1,61	2,26
4 cm	53 A/m ²	8,38	1,96	< 1,56	2,28	2,39
6 cm	31 A/m ²	8,38	4,35	2,70	1,65	4,44





Gambar 4.5 (a) Penyisihan konsentrasi minyak dan lemak (mg/l) (b) Efisiensi penyisihan minyak dan lemak (%)

Pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.5 menunjukkan pengaruh variasi kerapatan arus (62, 53, dan 31) A/m² dan waktu kontak (15, 30, 045 dan 60) menit terhadap penyisihan konsentrasi minyak dan lemak. Kerapatan arus 62 A/m² jarak elektroda 2 cm dan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit, didapat penyisihan konsentrasi minyak lemak sebesar < 1,56 mg/l, < 1,56 mg/l, 1,61 mg/l dan 2,26 mg/l dengan efisiensi sebesar 81,38%, 81,38%, terjadi penurunan efisiensi pada menit ke-45 sebesar 80,79%, dan menit ke-60 sebesar 73,03%. Kerapatan arus 53 A/m² jarak elektroda 4 cm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit didapatkan penyisihan konsentrasi minyak lemak sebesar 1,96 mg/l, < 1,56 mg/l, 2,28 mg/l dan 2,39 mg/L dengan efisiensi sebesar 76,61%, 81,38%, terjadi penurunan efisiensi pada menit ke-45 sebesar 72,79%,

dan menit ke-60 sebesar 71,48%. Untuk kerapatan arus 31 A/m² jarak elektroda 6 cm dengan 15, 30, 45, dan 60 menit, didapatkan hasil penurunan konsentrasi minyak lemak sebesar 4,35 mg/l, sebesar 2,70 mg/l, 1,65 mg/l, dan 4,44 mg/l dengan efisiensi sebesar 48,09%, 67,68%, 80,31% dan terjadi penurunan efisiensi pada menit ke-60 sebesar 47,02%.

Pada penelitian ini penyisihan tertinggi konsentrasi minyak lemak terjadi pada kerapatan arus 62 dan 53 A/m². Kerapatan arus 62 A/m² jarak elektroda 2 cm terjadi penyisihan tertinggi konsentrasi minyak lemak pada menit ke-15 dan menit ke-30, efisiensi penyisihan sebesar 81,38% dengan hasil < 1,56 mg/l dari hasil uji awal sebesar 8,38 mg/l. Sedangkan untuk kerapatan arus 53 A/m² jarak 4 cm dengan hasil yang sama terjadi pada menit ke-30. Jumlah Al³⁺ yang dilepaskan ke dalam larutan sangat mempengaruhi interaksi yang terjadi pada mekanisme destabilisasi minyak dan lemak. Semakin banyak pelepasan Al³⁺ pada anoda, maka pemerangkapan dan pengikatan minyak lemak semakin tinggi oleh inti koagulan sehingga penyisihan juga semakin besar (Nur, 2017). Semakin kecil jarak antar plat elektroda, arus listrik yang dialirkan lebih tinggi akan membuat ion Al³⁺ yang teroksidasi dalam jumlah banyak dan berikatan dengan OH⁻ membentuk koagulan dengan cepat.

Parameter polutan minyak dan lemak pada menit ke-45 sudah menunjukkan penurunan efisiensi. Hal ini bisa terjadi karena distabilisasii flok (koagulan) atau pasitivitas elektroda, dimana elektroda mengalami kejenuhan kemudian flok-flok tersebut jatuh mengendap dan kembali bereaksi pada anoda dan katoda alumunium (Amelia, 2019). Demikian pula aroma air (bau) semakin berkurang dari tingkat sangat

menyengat mengarah ke kurang menyengat. Dalam hal ini deteksi aroma dilakukan dengan cara mencium perubahan aroma tersebut tanpa menggunakan alat ukur. Menurunnya aroma (bau) dalam air terjadi akibat berkurangnya kandungan minyak dan lemak dalam air.

Penelitian Nur, (2017), dalam menurunkan kandungan minyak lemak yaitu dengan metode elektrokoagulasi, kondisi optimum diperoleh pada kerapatan arus 104 A/m^2 dengan jarak elektroda $2,5 \text{ cm}$ menghasilkan penyisihan minyak lemak yaitu sebesar $77,50\%$.

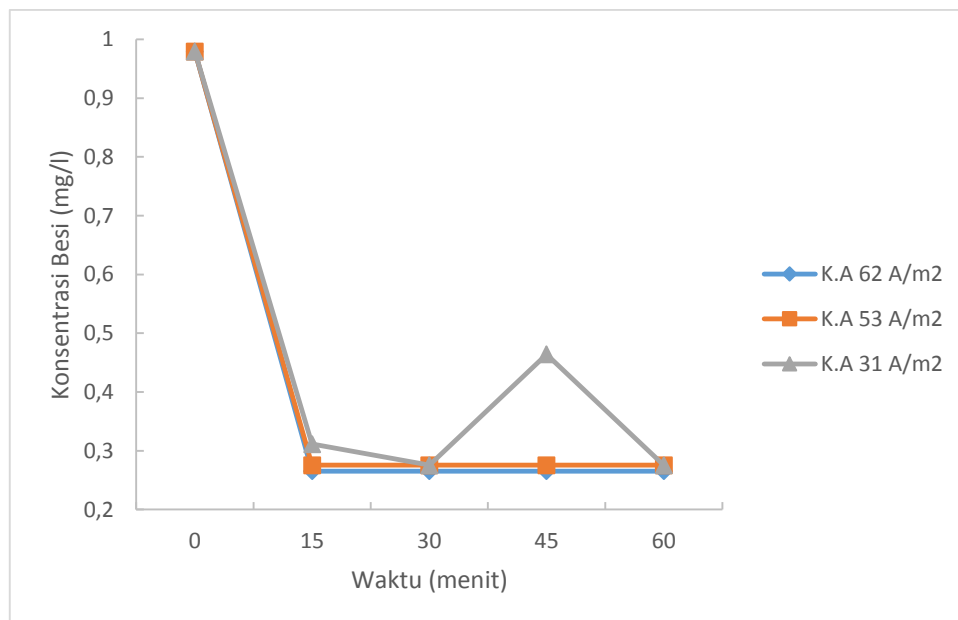
Kondisi optimum untuk penyisihan parameter polutan minyak dan lemak sebesar $81,38\%$ terjadi pada kerapatan arus 62 A/m^2 jarak 2 cm dengan waktu kontak 30 menit. Konsentrasi minyak dan lemak pada menit ke-45 sudah menunjukkan penurunan efisiensi. Hal ini bisa terjadi karena distabilisasii flok (koagulan) atau pasitivitas elektroda, dimana elektroda mengalami kejenuhan kemudian flok-flok tersebut jatuh mengendap dan kembali bereaksi pada anoda dan katoda aluminium. Penyisihan konsentrasi minyak lemak menyebabkan tidak terjadinya lapisan tipis (film) yang akan menghambat masuknya oksigen dan penetrasi sinar matahari ke dalam air. Dengan tidak adanya lapisan tersebut maka oksigen terlarut dalam air akan lebih banyak dan keseimbangan rantai makanan dalam air tidak terganggu.

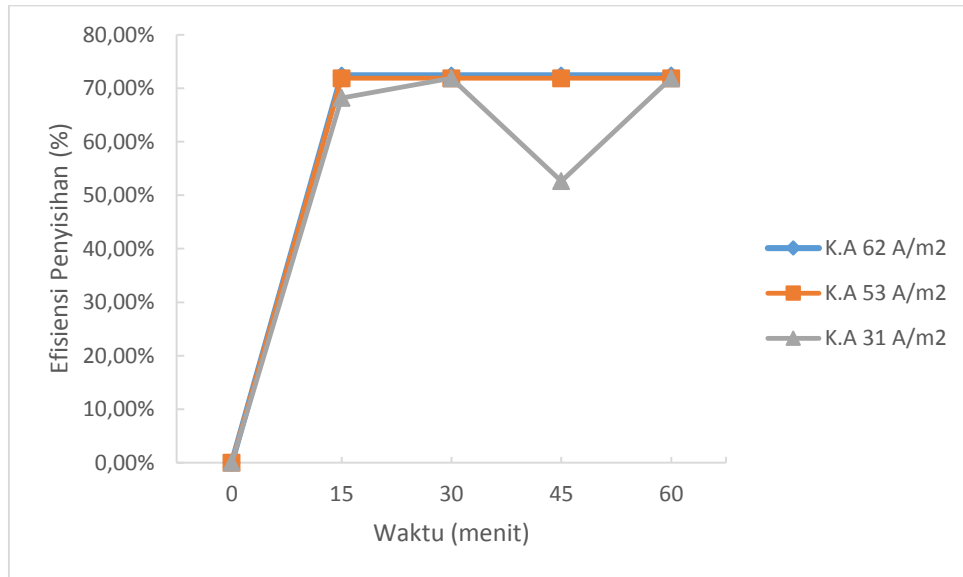
4.2.6. Parameter Besi (Fe)

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat-tempat dibumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Dari penelitian ini didapatkan nilai dan efisiensi penyisihan konsentrasi Besi (Fe) pada limbah cair kegiatan bengkel dengan proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.8 Penyisihan konsentrasi parameter Besi (Fe)

Jarak	Kerapatan Arus	Uji Awal (mg/l)	Uji Akhir (mg/l)			
			Waktu (menit)			
			15	30	45	60
2 cm	62 A/m ²	0,9794	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755
4 cm	53 A/m ²	0,9794	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755
6 cm	31 A/m ²	0,9794	0,3115	< 0,2755	0,4640	< 0,2755





Gambar 4.6 (a) Penyisihan konsentrasi Besi (mg/l) (b) Efisiensi penyisihan Besi (%)

Pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.6 menunjukkan pengaruh variasi kerapatan arus (62, 53, dan 31) A/m² dan waktu kontak (15, 30, 45 dan 60) menit terhadap penyisihan konsentrasi besi (Fe). Kerapatan arus 62 A/m² jarak elektroda 2 cm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit didapatkan penyisihan konsentrasi besi (Fe) dari menit ke-15 sampai menit ke-60 sebesar < 0,2755 mg/l dengan efisiensi sebesar 71,87%. Sama halnya dengan kerapatan arus 53 A/m² jarak elektroda 4 cm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit didapatkan penyisihan konsentrasi besi (Fe) dari menit ke-15 sampai menit ke-60 sebesar <0,2755 mg/l dengan efisiensi sebesar 71,87%. Untuk kerapatan arus 31 A/m² jarak elektroda 6 cm dengan waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit didapatkan hasil penyisihan konsentrasi besi (Fe)

sebesar 0,3115 mg/l, sebesar < 0,2755 mg/l, 0,4640 mg/l dan < 0,2755 mg/l dengan efisiensi sebesar 68,19%, 71,87%, terjadi penurunan efisiensi pada menit ke-45 sebesar 52,62% dan naik kembali pada menit ke-60 sebesar 71,87%.

Eksperimen pengolahan air limbah kegiatan bengkel dengan menggunakan proses elektrokoagulasi dapat menurunkan parameter polutan besi (Fe), dimana penyisihan tertinggi terdapat pada kerapatan arus 62 dan 53 A/m² dengan jarak 2 dan 4 cm. Karena penyisihan tertinggi mulai terjadi pada menit ke-15 konstan sampai menit ke-60. Penurunan konstan tersebut diduga karena terjadi kejenuhan pada plat elektroda yang digunakan sehingga semua permukaan plat elektroda tertutup oleh flok yang terbentuk, sehingga berkurang kemampuannya untuk menarik ion-ion besi (Fe) dalam limbah. Saat lempengan elektroda sudah jenuh dan medan magnet yang terjadi sudah sangat kecil maka proses elektrokimia sudah minimum dan proses koagulasi tidak terjadi sehingga kadar Fe dalam limbah akan tetap (Atikah, 2021). Menurut Fakhruddin (2017), jika medan magnet diantara plat elektroda cukup besar menyebabkan sistem ionik dari logam-logam yang dominan saling berkomepetisi untuk menempel pada plat elektroda katoda. Reaksi yang terjadi pada katoda yaitu $Fe^{2+} + 2e \rightarrow Fe$ (Suwanto, 2017).

Pada kerapatan arus 31 A/m² jarak 6 cm terjadi kenaikan dan penurunan efisiensi hal ini diduga diakibatkan flok yang terbentuk akan semakin banyak dan saling bertumbukan. Tumbukan antar flok menyebabkan berat jenis flok meningkat sehingga sebagian akan jatuh dan membentuk endapan (Ridantami, 2016). Sehingga konsentrasi besi (Fe) yang telah terikat oleh inti koagulan, terangkat ke permukaan air

limbah oleh gas hidrogen (H_2), lama kelamaan akan jatuh kembali sehingga menyebabkan naik turunnya efisiensi penyisihan selama elektrokoagulasi berlangsung.

Penyisihan logam tidak hanya dengan cara menempel pada plat elektorda, penyisihan besi (Fe) dalam limbah terlarut akan semakin tinggi seiring terbentuknya $Al(OH)_3$. Penyisihan besi (Fe) terjadi ketika semakin banyaknya ion Al^{3+} yang dihasilkan pada anoda dan membentuk flok $Al(OH)_3$ yang berperan sebagai koagulan sehingga flok $Al(OH)_3$ tersebut dapat mengikat senyawa organik dan logam-logam yang terkandung dalam air (Suwanto, 2017).

Kondisi operasi yang terbaik untuk penyisihan konsentrasi parameter polutan besi (Fe) terjadi penurunan secara konstan dari menit ke-15 sampai menit ke-60 sebesar 71,87% pada kerapatan arus 62 A/m^2 jarak 2 cm dan 53 A/m^2 jarak 4 cm. Penurunan secara konstan tersebut diduga karena terjadi kejenuhan pada plat elektroda sehingga berkurang kemampuannya untuk menarik ion-ion besi (Fe) dalam limbah. Penyisihan konsentrasi besi (Fe) mengakibatkan turunnya kandungan logam berat pada badan air penerima. Dikarenakan besi (Fe) merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun.

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa metode elektrokoagulasi efektif dalam menaikkan pH, menyisihkan parameter BOD, COD, TSS, minyak lemak dan besi (Fe) pada limbah cair kegiatan bengkel. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi kerapatan arus dan semakin lama waktu kontak maka semakin tinggi penyisihan kandungan BOD, COD, dan TSS. Penyisihan tertinggi BOD sebesar 91,53%, COD

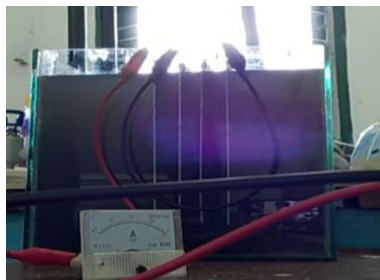
sebesar 94,90% dan TSS sebesar 88,96% terdapat pada variasi kerapatan arus 62 A/m² dengan waktu kontak 60 menit. Kondisi operasi yang terbaik untuk penyisihan parameter polutan minyak dan lemak terjadi penyisihan tertinggi sebesar 81,38% pada kerapatan arus 62 A/m² dengan waktu kontak 30 menit, untuk parameter besi (Fe) terjadi penyisihan secara konstan dari menit ke-15 sampai menit ke-60 dengan penyisihan sebesar 71,87% pada kerapatan arus 62 dan 53 A/m².

4.3. Pembentukan Flok Dengan Metode Elektrokoagulasi

Pada eksperimen ini digunakan tegangan 16 V (volt) dengan variasi kerapatan arus elektroda yaitu 62, 53, dan 31 A/m² dan waktu kontak selama 1 jam dengan pengambilan sampel setiap 15, 30, 45 dan 60 menit. variabel waktu kontak dan kerapatan arus berpengaruh pada penyisihan konsentrasi pada limbah cair bengkel hal ini berkaitan dengan reaksi pembentukan flok. Pengaruh waktu pada metode elektrokoagulasi ini adalah semakin lama waktu kontak dalam proses elektrokoagulasi, semakin banyak Al³⁺ yang dihasilkan dan bereaksi dengan OH⁻ membentuk Al(OH)₃. Partikel-partikel koloid dalam limbah cair akan terperangkap pada flok Al(OH)₃ dan akhirnya mengendap ke dasar reaktor elektrokoagulasi. Hal ini sama dengan penelitian terdahulu yang mempelajari pengaruh waktu terhadap pengolahan limbah cair. Dari hasil penelitian diperoleh hasil semakin lama waktu kontak maka semakin baik pengolahannya karena penyisihan konsentrasi dan efisiensi tertinggi terjadi pada waktu kontak selama 60 menit.

Jarak antar elektroda mempengaruhi laju transfer elektron antara anoda yang menerima elektron dan katoda sebagai tempat terjadinya proses reduksi. Dari hasil penelitian diperoleh, semakin kecil jarak elektroda maka semakin besar arus yang mengalir pada reaktor sehingga semakin baik pengolahannya karena penyisihan konsentrasi dan efisiensi tertinggi terjadi kerapatan arus 62 A/m^2 jarak elektroda 2 cm.

Semakin kecil jarak elektroda maka semakin cepat reaksi ionisasi antar elektroda akan semakin cepat pembentukan Al(OH)_3 dan gas hidrogen (H_2) pada elektroda, sehingga efisiensi penyisihan polutan pada limbah cair semakin tinggi. Pada jarak elektroda 2 cm mulai bereaksi dari menit awal dan terbentuknya flok pada menit ke-3. Pada jarak elektroda 4 cm mulai bereaksi pada menit ke-1 dan mulai terbentuknya flok pada menit ke-4 sedangkan jarak 6 cm mulai bereaksi pada menit ke-2 dan terbentuknya flok pada menit ke-5. Dapat dilihat pada gambar 4.7 perubahan air limbah bengkel dengan metode elektrokoagulasi.



(a) sebelum elektrokoagulasi



(b) setelah elektrokoagulasi

Gambar 4.7 Perubahan air limbah Bengkel dengan elektrokoagulasi

Dari ketiga gambar di atas dapat dilihat bahwa Gambar 4.7 (a) kondisi awal air limbah bengkel yang masih berwarna hitam. Gambar 4.7 (b) setelah proses elektrokoagulasi dilakukan, warna air limbah terlihat jernih, hal tersebut terjadi akibat arus listrik yang memaksa ion yang ada pada elektroda keluar dan menjadi koagulan sehingga dapat mengikat bahan pencemar limbah. Sebelum pengambilan sampel dilakukan masing-masing pengendapan selama 15 menit untuk memberikan waktu flok-flok yang telah terbentuk mengendap lalu air limbah kemudian ditampung di wadah. Terlihat warna air limbah berubah seiring lamanya waktu kontak sehingga limbah cair bengkel menjadi lebih jernih.

Pada plat elektroda anoda akan mengalami reaksi redoks (reduksi oksidasi). Reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif) membentuk Al^{3+} dan mengikat OH^- hasil reaksi reduksi pada katoda membentuk senyawa $Al(OH)_3$ yang dapat mengikat polutan, sedangkan pada katoda juga akan menghasilkan gas hydrogen (H_2) yang berfungsi untuk mengangkat flok yang terbentuk keatas permukaan, flok yang terbentuk semakin lama akan bertambah besar dan akhirnya mengendap ke dasar bak elektrokoagulasi.

Ion-ion Al^{3+} dihasilkan dari pelat aluminium yang digunakan sebagai anoda, ditandai dengan munculnya pori- pori pada pelat aluminium setelah proses selesai. Pada katoda akan dihasilkan ion hidroksida (OH^-) dan gas hidrogen (H_2). Munculnya gas hidrogen pada katoda ditandai dengan munculnya gelembung gas selama proses berlangsung sehingga timbul buih di permukaan air limbah dan setelah selesai proses pada plat katoda terdapat bercak-bercak putih sebagai tanda dihasilkannya gas hidrogen pada pelat katoda. Selain itu pada katoda yang digunakan timbul bercak-

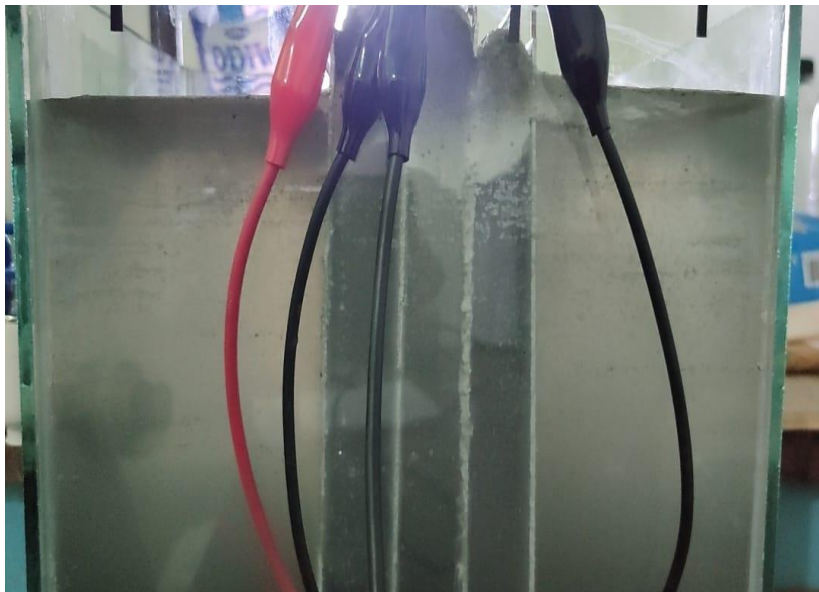
bercak warna coklat yang menandakan adanya ion-ion logam dari air limbah yang direduksi menjadi logamnya dan menempel pada pelat katoda. Mekanisme tersebut dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 (a) Membentuk gelembung



Gambar 4.8 (b) Membentuk flok-flok



Gambar 4.8 (c) Fok-flok terangkat ke atas



Gambar 4.8 (d) Flok-flok mengendap

Gambar 4.8 Mekanisme reaktor elektrokoagulasi

4.4. Perubahan Daya Hantar Listrik Larutan (DHL)

Daya hantar listrik (DHL) atau konduktivitas pada air merupakan bilangan yang menyatakan kemampuan larutan cair untuk menghantarkan arus listrik. Daya hantar listrik air tergantung dari konsentrasi ion dan suhu air, oleh karena itu kenaikan padatan terlarut akan mempengaruhi kenaikan daya hantar listrik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (mulyadi, 2020), menunjukkan bahwa Jumlah reaksi kimia untuk menghasilkan koagulan tergantung kepada jumlah listrik yang dialirkan, sebagaimana dirumuskan oleh hukum Faraday. Jumlah listrik yang dialirkan antara elektroda, tergantung kepada kuat arus yang mengalir dan lama waktu arus mengalir. Kuat arus

yang dapat dialirkan sangat tergantung kepada daya hantar listrik larutan, serta tegangan listrik yang diterapkan.

Pada air hasil penjernihan dengan metode elektrokoagulasi terdapat penurunan pada nilai daya hantar listrik (DHL). Pada pemberian tegangan listrik 16 volt, dengan varian jarak 2, 3, dan 6 cm menghasilkan kuat arus yang berbeda. Penurunan DHL dapat dilihat pada kuat arus (ampere) yang terjadi penurunan dari waktu ke waktu. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perubahan kuat arus listrik

Jarak	Satuan	Waktu (menit)			
		15	30	45	60
2 cm	Ampere (A)	2,5	1,8	1,2	0,8
4 cm	Ampere (A)	1,8	1,7	1,4	1,3
6 cm	Ampere (A)	0,9	0,9	0,8	0,8

Penyebab terjadinya penurunan daya hantar listrik pada air hasil penjernihan karena disebabkan sebagian besar ion ikut terflokulasi sehingga ion penghantar listrik dalam larutan semakin berkurang. Maka dapat disimpulkan bahwa berkurangnya kandungan-kandungan parameter didalam air maka akan mengakibatkan terjadinya penurunan konduktivitas listrik pada air (Novita, 2017).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat disimpulkan dari hasil eksperimen pengolahan limbah cair kegiatan bengkel dengan proses elektrokoagulasi adalah sebagai berikut:

1. Semakin lama waktu kontak penyisihan BOD, COD, dan TSS semakin tinggi. Tetapi untuk minyak lemak penyisihan tertinggi pada menit ke-30 dan besi pada menit ke-15. Penambahan waktu kontak tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penyisihan minyak lemak dan besi (Fe).
2. Peningkatan kerapatan arus berpengaruh dalam peningkatan pH dan penyisihan parameter BOD, COD, TSS, minyak lemak, dan besi (Fe).

5.2. Saran

Meskipun pengolahan limbah cair dengan menggunakan metode elektrokoagulasi dapat diperoleh hasil yang sangat baik, dimana saran dari eksperimen ini yaitu:

1. Diperlukan proses sedimentasi dan filtrasi untuk menyaring flok-flok dari elektrokoagulasi tersebut.
2. Untuk penggunaan elektrokoagulasi dengan debit air yang lebih besar, maka ada penambahan waktu kontak dan tegangan (voltase).
3. Pada pH netral Al^{3+} punya kelarutan yang rendah sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan seperti memvariasikan nilai pH untuk meningkatkan penyisihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, P., & Gagah, H. B. (2012). Pengolahan limbah cair yang mengandung minyak dengan proses elektrokoagulasi dengan elektroda besi. *Jurnal teknologi kimia dan industri*, 1(1), 352-355.
- Agustina, E. B., Yuniarto, A. H. P., Rachman, D. A., & Dewi, A. T. (2022). Pengaruh Jarak Elektroda dan Waktu Terhadap Kandungan COD dan TSS Menggunakan Metode Filtrasi-Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Batik. *Lontar Physics Today*, 1(1), 45-50.
- Akbal, F., & Camcı, S. (2012). Treatment of metal plating wastewater by electrocoagulation. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 31(3), 340-350.
- Ali, E., dan Yaakob, Z. (2012). Electrocoagulation for Treatment of Industrial Effluents and Hydrogen Production, Chapter 11. INTECH, pp: 228-242.
- Andreozzi R, Caprio V, Insola A, Maritta R, dan Sanchirico R. (2000). Advanced oxidation processes for the treatment of mineral oilcontaminated wastewater. *Water Resource*. 34(2): 620-628.
- Arini, A. (2015). Perencanaan Ipal Penangkap Minyak (Oil Catcher) Menggunakan Proses Biologi dan Filtrasi. Laporan Kerja Praktek. Pontianak. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik UNTAN.
- Artanti, K. (2019). “Pengolahan Limbah Cair Kosmetik Secara Elektrokoagulasi Sistem Batch”, 19(2), 44-54.
- Atikah, A. (2021). Penyisihan Logam Dalam Limbah Cair Kerajinan Tenun Songket Dengan Metode Elektrokimia. *Jurnal Redoks*, 6(1), 17-25.

- Atina, A. (2015). Tegangan dan kuat arus listrik dari sifat asam buah. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 12(2).
- Budianto, S. dan Hariyanto, T. (2017). Analisis perubahan konsentrasi Total Suspended Solids (TSS) dampak bencana lumpur Sidoarjo menggunakan Citra Landsat Multi Temporal (Studi Kasus: Sungai Porong, Sidoarjo). *Jurnal Teknik ITS*. 6(1): 130-135.
- Butler E, Yung-T H , Ruth Yu-Li Yeh, MSuleiman Al Ahmad. (2011). Review:Electrocoagulation in Wastewater Treatment. *Water*, 3. 495-525. doi:10.3390/w3020495.
- Dehghani, M., Shabestari, R., Anushiravani, A., & Shamsedini, N. (2014). Application of electrocoagulation process for reactive red 198 dye removal from the aqueous solution.
- Djajadiningrat, A. H. (2004), "Pengolahan Limbah Cair Tanpa Bahan Kimia", ITB, Bandung.
- El-Taweel, Y. A., Nassef, E. M., Elkheriany, I., & Sayed, D. (2015). Removal of Cr (VI) ions from waste water by electrocoagulation using iron electrode. *Egyptian Journal of Petroleum*, 24(2), 183-192.
- Fakhrudin, F., Nurdiana, J., & Wijayanti, D. W. (2017). Analisis Penurunan Kadar Cr (chromium), Fe (besi) dan Mn (mangan) pada limbah cair laboratoium teknologi lingkungan fakultas teknik universitas mulawarman samarinda dengan menggunakan metode elektrolisis. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Inovasi dan Aplikasi di Lingkungan Tropis* (Vol. 1, No. 1, pp. 10-15).
- Hanum F, Rondang T, M Yusuf R, William W K. (2015). Aplikasi Elektrokoagulasi dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Journal Teknik Kimia USU*. 4(4): 13-17.

- Hanum, F., Tambun, R., Ritonga, M. Y., & Kasim, W. W. (2015). Aplikasi elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(4), 13-17.
- Harif, T., Khai, M., dan Adin, A. (2012). Electrocoagulation Versus Chemical Coagulation: Coagulation/Flocculation Mechanisms and Resulting Floc Characteristics. *Water Research* 46, 3177 – 3188.
- Holt, P. K., Barton, G. W., Wark, M., & Mitchell, C. A. (2002). A quantitative comparison between chemical dosing and electrocoagulation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 211(2-3), 233-248.
- Irawan, D., Arifin, Z., & Maulidya, E. (2016). Proses Penurunan zat warna dalam limbah cair industri sarung samarinda dengan metode elektrokoagulasi. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 6(11), 31-36.
- Iswanto, B. (2016). Teknologi elektrokoagulasi hasil penelitian untuk pengolahan limbah domestik. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 5(4), 113-116.
- Iswanto, B. dan Silalahi, M. (2009). “Pengolahan Air Limbah Emulsi Minyak-Deterjen dengan Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium”. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 5 No. 2, hlm. 55-61,
- Kadaria, A. A. I. A. U. (2017). Pengolahan Limbah Cair Cuci Tangan Bengkel Menggunakan Tiga Tahap Pengolahan Oil Catcher, Filtrasi Dan Fitoremediasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 5(1).
- Metcalf. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, New York: McGrawHill.

- Mollah, M. Yousuf A., Robert Schennach, Jose R. Parga, Dan David LCocke. (2001). "Electrocoagulation(Ec) — Science And Applications." *Journal OHazardous Materials* 84:29–41.
- Ni'am, A. C., Caroline, J., & Afandi, M. H. (2017). Variasi Jumlah Elektroda Dan Besar Tegangan Dalam Menurunkan Kandungan Cod Dan Tss Limbah Cair Tekstil Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 21-26.
- Nur, A., & Effendi, A. J. (2014). Aplikasi elektrokoagulasi pasangan elektroda aluminium pada proses daur ulang Grey Water Hotel. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 20(1), 58-67.
- Nur, A., & Jatnika, A. (2017). Elektrokoagulasi monopolar untuk menyisahkan organik dan minyak lemak air buangan domestik (grey water). *Jurnal Dampak*, 14(2), 81-86.
- Parulian, A. (2009). Monitoring dan Analisis Kadar Aluminium (Al) dan Besi (Fe) Pada Pengolahan Air Minum PDAM Tirtanadi Sunggal. Medan: Pascasarjana Universitas Sumatera Utara (USU).
- Phalakornkule, C., Mangmeemak, J., Intrachod, K., & Nuntakumjorn, B. (2010). Pretreatment of palm oil mill effluent by electrocoagulation and coagulation. *Science Asia*, 36(2), 142-149.
- Prayitno, P., Ridantami, V., & Prayogo, I. (2017). Reduksi Aktivitas Uranium dalam Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Proses Elektrokoagulasi. *Urania: Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, 22(3).
- Prihandana, R. (2021). Penyisihan Parameter Pencemar Air Limbah Kegiatan Bengkel Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Skripsi*. Jambi: Universitas Batanghari.

- Pulkka, S., Martikainen, M., Bhatnagar, A., & Sillanpää, M. (2014). Electrochemical methods for the removal of anionic contaminants from water—a review. *Separation and Purification Technology*, *132*, 252-271.
- Purwaningsih, I. (2008). Pengolahan Air limbah Industri Batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta Dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau Dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) dan Warna, Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan, UII, Yogyakarta.
- Riadi, L., Ferydhiwati, W., & Loeman, L. D. S. (2014). Pengolahan Primer Limbah Tekstil Dengan Elektrokoagulasi. *Reaktor*, *15*(2), 73-78.
- Ridantami, V., Wasito, B., & Prayitno, P. (2017). “Pengaruh Tegangan Dan Waktu Pada Pengolahan Limbah Radioaktif Uranium dan Torium Dengan Proses Elektrokoagulasi”. *Jurnal Forum Nuklir* (Vol. 10, No. 2, pp. 102-107).
- Ridantami, V., Wasito, B., & Prayitno, P. (2017). Pengaruh Tegangan Dan Waktu Pada Pengolahan Limbah Radioaktif Uranium dan Torium Dengan Proses Elektrokoagulasi. In *Jurnal Forum Nuklir* (Vol. 10, No. 2, pp. 102-107).
- Rusdianasari, R., Taqwa, A., Jaksen, J., & Syakdani, A. (2017). Treatment of landfill leachate by electrocoagulation using aluminum electrodes. In *MATEC web of conferences* (Vol. 101, No. 02010). EDP Sciences.
- Saleh, R. (2010). Tinjauan Hukum Terhadap Penggunaan Kendaraan Bermotor Yang Menyebabkan Terjadinya Pencemaran Udara Dihubungkan Dengan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. UNICOM..
- Sulistyaningsih, A., dan Rachmanto, T. A. (2020). *Peningkatan Efektivitas Elektrokoagulasi Dan Fotokatalis Pada Proses Degradasi Limbah Batik* (Doctoral dissertation, UPN" VETERAN" JATIM).

- Susetyaningsih, R., & Endro Kismolo, P. (2008). Kajian proses elektrokoagulasi untuk pengolahan limbah cair. In *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta*.
- Sutanto dan Artanti, K. (2019). Pengolahan Limbah Cair Kosmetik Secara Elektrokoagulasi Sistem Batch. *Ekologia*, 19(2), 44-54.
- Suwanto, N., Sudarno, S., Sari, A. A., & Harimawan, H. (2017). *Penyisihan Fe, warna, dan kekeruhan pada air gambut menggunakan metode elektrokoagulasi* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- Widayatno, T. (2008). Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka dengan menggunakan Metode Elektroflokulasi. In *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*.
- Yulianto, A., Hakim, L., Purwaningsih, I., & Pravitasari, V. A. (2009). "Pengolahan limbah cair industri batik pada skala laboratorium dengan menggunakan metode elektrokoagulasi". *Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti*, 5(1), 6-11.
- Zulius A. (2017). Rancang bangun monitoring pH air menggunakan Soil Moisture Sensor di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang. *JUSIKOM*. 2(1): 37-43.



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

CERTIFICATE OF ANALYSIS

LAB-JLI-2203266A

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification LAB-JLI-2203266A 1/1	Identifikasi Contoh Uji/ Sample Identification AL-1 (Air Limbah Bengkel Sebelum Diolah)	Matriks/ Matrix Air Limbah	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling 27/03/2022
---	---	----------------------------------	--

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT		BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-1				
I FISIKA/PHYSICS						
1	Padatan Tersuspensi Total/Total Suspended Solids , (TSS)	99,67		-	mg/L	APHA 23rd Edition,2540-D,2017
II KIMIA/CHEMICAL						
1	pH	6,80		-	mg/L	SNI 6989.11-2019
2	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand , (BOD ₅)	71,32		-	mg/L	SNI 6989.72:2009
3	Kebutuhan Oksigen Kimiawi/Chemical Oxygen Demand , (COD)	226,50		-	mg/L	IKM.JLI-12 (Spektrofotometer)
4	Minyak dan Lemak/Oil and Grease	8,38		-	mg/L	SNI 6989.10-2011
LOGAM TOTAL/TOTAL METAL						
5	Besi/Iron , (Fe)	0,9794		-	mg/L	SNI 6989-84:2019

Keterangan/Note:

(*) BML -
EQS -



Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang di uji dan laporan ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya.
The result relate only to the samples tested and this report shall not be reproduced except in full.



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

CERTIFICATE OF ANALYSIS

LAB-JLI-2203298A

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification	Identifikasi Contoh Uji/ Sample Identification	Matriks/ Matrix	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling
LAB-JLI-2203266A 1/4	AL-1 (Air Limbah Jarak 6 cm Menit ke-15)	Air Limbah	28/03/2022
LAB-JLI-2203266A 2/4	AL-2 (Air Limbah Jarak 6 cm Menit ke-30)	Air Limbah	28/03/2022
LAB-JLI-2203266A 3/4	AL-3 (Air Limbah Jarak 6 cm Menit ke-45)	Air Limbah	28/03/2022
LAB-JLI-2203266A 4/4	AL-4 (Air Limbah Jarak 6 cm Menit ke-60)	Air Limbah	28/03/2022

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT				BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-1	AL-2	AL-3	AL-4			
I FISIKA/PHYSICS								
1	Padatan Tersuspensi Total/Total Suspended Solids, (TSS)	45,00	35,67	36,67	27,00	-	mg/L	APHA 23rd Edition,2540-D,2017
II KIMIA/CHEMICAL								
1	pH	7,22	7,33	7,24	7,38	-	mg/L	SNI 6989.11-2019
2	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD ₅)	39,59	31,71	22,18	18,09	-	mg/L	SNI 6989.72-2009
3	Kebutuhan Oksigen Kimiawi/Chemical Oxygen Demand, (COD)	152,22	97,94	66,11	57,02	-	mg/L	IKM.JLI-12 (Spektrofotometer)
4	Minyak dan Lemak/Oil and Grease	4,35	2,70	1,65	4,44	-	mg/L	SNI 6989.10-2011
LOGAM TOTAL/TOTAL METAL								
5	Besi/Iron, (Fe)	0,3115	< 0,2755	0,4640	< 0,2755	-	mg/L	SNI 6989-84-2019

Keterangan/Note:

(*) BML -
EQS -



Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang di uji dan laporan ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya.
The result relate only to the samples tested and this report shall not be reproduced except in full.



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

CERTIFICATE OF ANALYSIS

LAB-JLI-2203309A

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification	Identifikasi Contoh Uji/ Sampel Identification	Matriks/ Matrix	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling
LAB-JLI-2203309A-1/8	AL-1 (Air Limbah Jarak 4 cm Menit ke-15)	Air Limbah	29/03/2022
LAB-JLI-2203309A-2/8	AL-2 (Air Limbah Jarak 4 cm Menit ke-30)	Air Limbah	29/03/2022
LAB-JLI-2203309A-3/8	AL-3 (Air Limbah Jarak 4 cm Menit ke-45)	Air Limbah	29/03/2022
LAB-JLI-2203309A-4/8	AL-4 (Air Limbah Jarak 4 cm Menit ke-60)	Air Limbah	29/03/2022
LAB-JLI-2203309A-5/8	AL-5 (Air Limbah Jarak 2 cm Menit ke-15)	Air Limbah	29/03/2022
LAB-JLI-2203309A-6/8	AL-6 (Air Limbah Jarak 2 cm Menit ke-30)	Air Limbah	29/03/2022
LAB-JLI-2203309A-7/8	AL-7 (Air Limbah Jarak 2 cm Menit ke-45)	Air Limbah	29/03/2022
LAB-JLI-2203309A-8/8	AL-8 (Air Limbah Jarak 2 cm Menit ke-60)	Air Limbah	29/03/2022

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT				BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-1	AL-2	AL-3	AL-4			
I FISIKA/PHYSICS								
1	Padatan Tersuspensi Total/Total Suspended Solids, (TSS)	24,67	24,00	29,50	22,67	-	mg/L	APHA 23rd Edition,2540-D,2017
II KIMIA/CHEMICAL								
1	pH	7,26	7,24	7,30	7,41	-	mg/L	SNI 6989.11-2019
2	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD ₅)	35,96	23,93	21,88	14,27	-	mg/L	SNI 6989.72:2009
3	Kebutuhan Oksigen Kimiawi/Chemical Oxygen Demand, (COD)	127,49	70,66	57,02	20,65	-	mg/L	IKM.JLI-12 (Spektrofotometer)
4	Minyak dan Lemak/Oil and Grease	1,96	< 1,56	2,28	2,39	-	mg/L	SNI 6989.10-2011
LOGAM TOTAL/TOTAL METAL								
5	Besi/Iron, (Fe)	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755	-	mg/L	SNI 6989-84:2019

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT				BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-5	AL-6	AL-7	AL-8			
I FISIKA/PHYSICS								
1	Padatan Tersuspensi Total/Total Suspended Solids, (TSS)	24,67	17,33	20,25	11,00	-	mg/L	APHA 23rd Edition,2540-D,2017
II KIMIA/CHEMICAL								
1	pH	7,29	7,49	7,72	7,88	-	mg/L	SNI 6989.11-2019
2	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD ₅)	25,97	18,36	16,09	6,04	-	mg/L	SNI 6989.72:2009
3	Kebutuhan Oksigen Kimiawi/Chemical Oxygen Demand, (COD)	86,57	32,01	54,75	11,56	-	mg/L	IKM.JLI-12 (Spektrofotometer)
4	Minyak dan Lemak/Oil and Grease	< 1,56	< 1,56	1,61	2,26	-	mg/L	SNI 6989.10-2011
LOGAM TOTAL/TOTAL METAL								
5	Besi/Iron, (Fe)	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755	< 0,2755	-	mg/L	SNI 6989-84:2019

Keterangan/Note :

(*) BML -

EQS -

< Menunjukkan nilai terkecil dari pengukuran yang didapatkan berdasarkan metoda yang berlaku
Shows the smallest value of the measurements obtained based on the method that applies



Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang di uji dan laporan ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya.
The result relate only to the samples tested and this report shall not be reproduced except in full.

Perhitungan Kerapatan Arus

a. Jarak Plat 2 cm

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang} &= \text{Panjang plat} \times \text{lebar plat} \\ &= 17 \text{ cm} \times 19 \text{ cm} = 323 \text{ cm}^2 \\ &= 323 \text{ cm}^2 \times 10.000 = 0,0323\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kerapatan arus} &= j = \frac{I}{A} \\ &= \frac{2}{0,0323} = 62 \text{ A/m}^2\end{aligned}$$

b. Jarak Plat 4 cm

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang} &= \text{Panjang plat} \times \text{Jarak plat} \\ &= 17 \text{ cm} \times 19 \text{ cm} = 323 \text{ cm}^2 \\ &= 323 \text{ cm}^2 : 10.000 = 0,00323 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kerapatan arus} &= j = \frac{I}{A} \\ &= \frac{1,7}{0,00323} = 53 \text{ A/m}^2\end{aligned}$$

c. Jarak Plat 6 cm

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang} &= \text{Panjang plat} \times \text{Jarak plat} \\ &= 17 \text{ cm} \times 19 \text{ cm} = 323 \text{ cm}^2 \\ &= 323 \text{ cm}^2 : 10.000 = 0,0323 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kerapatan arus} &= j = \frac{I}{A} \\ &= \frac{1}{0,0323} = 31 \text{ A/m}^2\end{aligned}$$

Perhitungan Efisiensi

$$\text{Efisiensi (E)} = \frac{\text{Influen} - \text{Effluen}}{\text{influen}} \times 100\% \dots \text{Persamaan 3.1}$$

1. BOD

K.A 31 A/m ²			K.A 53 A/m ²			K.A 62 A/m ²		
Waktu	Sesudah	Efisiensi	Waktu	Sesudah	Efisiensi	Waktu	Sesudah	Efisiensi
0	71,32	0,00%	0	71,32	0,00%	0	71,32	0,00%
15	39,59	44,49%	15	35,96	49,57%	15	25,97	63,59%
30	31,71	55,54%	30	23,93	66,45%	30	18,36	74,26%
45	22,18	68,90%	45	21,88	69,32%	45	16,09	77,48%
60	18,09	74,64%	60	14,27	79,99%	60	6,04	91,53%

Kerapatan arus 62 A/m²

$$\text{menit ke} - 15 = \frac{71,32 - 25,97}{71,32} \times 100\% = 63,59\%$$

$$\text{menit ke} - 30 = \frac{71,32 - 18,36}{71,32} \times 100\% = 74,26\%$$

$$\text{menit ke} - 45 = \frac{71,32 - 16,09}{71,32} \times 100\% = 77,48\%$$

$$\text{menit ke} - 60 = \frac{71,32 - 6,04}{71,32} \times 100\% = 91,53\%$$

Kerapatan arus 53 A/m²

$$\text{menit ke} - 15 = \frac{71,32 - 49,57}{71,32} \times 100\% = 49,57\%$$

$$\text{menit ke} - 30 = \frac{71,32 - 66,45}{71,32} \times 100\% = 66,45\%$$

$$\text{menit ke} - 45 = \frac{71,32 - 69,32}{71,32} \times 100\% = 69,32\%$$

$$\text{menit ke} - 60 = \frac{71,32 - 79,99}{71,32} \times 100\% = 79,99\%$$

Kerapatan arus 31 A/m²

$$\text{menit ke} - 15 = \frac{71,32 - 39,59}{71,32} \times 100\% = 44,49\%$$

$$\text{menit ke} - 30 = \frac{71,32 - 31,71}{71,32} \times 100\% = 55,54\%$$

$$\text{menit ke} - 45 = \frac{71,32 - 22,18}{71,32} \times 100\% = 68,90\%$$

$$\text{menit ke} - 60 = \frac{71,32 - 18,09}{71,32} \times 100\% = 74,64\%$$

2. COD

K.A 62 A/m ²			K.A 53 A/m ²			K.A 31 A/m ²		
Waktu	Sesudah	Efisiensi	Waktu	Sesudah	Efisiensi	Waktu	Sesudah	Efisiensi
0	226,5	0,00%	0	226,5	0,00%	0	226,5	0,00%
15	86,57	61,78%	15	127,49	43,71%	15	152,22	32,79%
30	32,01	85,87%	30	70,66	68,80%	30	97,94	56,76%
45	54,75	75,83%	45	57,02	74,83%	45	66,11	70,81%
60	11,56	94,90%	60	20,65	90,88%	60	57,02	74,83%

Kerapatan arus 62 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{226,50 - 86,57}{226,50} \times 100\% = 61,78\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{226,50 - 32,01}{226,50} \times 100\% = 85,87\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{226,50 - 54,75}{226,50} \times 100\% = 75,83\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{226,50 - 11,56}{226,50} \times 100\% = 94,90\%$$

Kerapatan arus 53 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{226,50 - 127,49}{226,50} \times 100\% = 43,71\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{226,50 - 70,66}{226,50} \times 100\% = 68,80\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{226,50 - 57,02}{226,50} \times 100\% = 74,83\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{226,50 - 20,65}{226,50} \times 100\% = 90,88\%$$

Kerapatan arus 31 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{226,50 - 152,22}{226,50} \times 100\% = 32,79\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{226,50 - 97,94}{226,50} \times 100\% = 56,76\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{226,50 - 66,11}{226,50} \times 100\% = 70,81\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{226,50 - 57,02}{226,50} \times 100\% = 74,83\%$$

3. TSS

K.A 62 A/m ²			K.A 53 A/m ²			K.A 31 A/m ²		
Waktu	Sesudah	Efisiensi	Waktu	Sesudah	Efisiensi	Waktu	Sesudah	Efisiensi
0	99,67	0,00%	0	99,67	0,00%	0	99,67	0,00%
15	24,67	75,25%	15	24,67	75,25%	15	45,00	54,85%
30	17,33	82,61%	30	24,00	75,92%	30	35,67	64,21%
45	20,25	79,68%	45	29,50	70,40%	45	36,67	63,21%
60	11,00	88,96%	60	22,67	77,25%	60	27,00	72,91%

Kerapatan arus 62 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{99,67 - 24,67}{99,67} \times 100\% = 75,25\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{99,67 - 17,33}{99,67} \times 100\% = 82,61\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{99,67 - 20,25}{99,67} \times 100\% = 79,68\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{99,67 - 11,00}{99,67} \times 100\% = 88,96\%$$

Kerapatan arus 53 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{99,67 - 24,67}{99,67} \times 100\% = 75,25\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{99,67 - 24,00}{99,67} \times 100\% = 75,92\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{99,67 - 29,50}{99,67} \times 100\% = 70,40\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{99,67 - 22,67}{99,67} \times 100\% = 77,25\%$$

Kerapatan arus 31 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{99,67 - 45,00}{99,67} \times 100\% = 54,85\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{99,67 - 35,67}{99,67} \times 100\% = 64,21\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{99,67 - 36,67}{99,67} \times 100\% = 63,21\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{99,67 - 27,00}{99,67} \times 100\% = 72,91\%$$

4. Minyak dan Lemak

K.A 62 A/m ²			K.A 53 A/m ²			K.A 31 A/m ²		
Waktu	Sesudah	Efisiensi	Waktu	Sesudah	Efisiensi	Waktu	Sesudah	Efisiensi
0	8,38	0,00%	0	8,38	0,00%	0	8,38	0,00%
15	1,56	81,38%	15	1,96	76,61%	15	4,35	48,09%
30	1,56	81,38%	30	1,56	81,38%	30	2,70	67,78%
45	1,61	80,79%	45	2,28	72,79%	45	1,65	80,31%
60	2,26	73,03%	60	2,39	71,48%	60	4,44	47,02%

Kerapatan arus 62 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{8,38 - 1,56}{8,38} \times 100\% = 81,38\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{8,38 - 1,56}{8,38} \times 100\% = 81,38\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{8,38 - 1,61}{8,38} \times 100\% = 80,79\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{8,38 - 2,26}{8,38} \times 100\% = 73,03\%$$

Kerapatan arus 53 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{8,38 - 1,96}{8,38} \times 100\% = 76,61\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{8,38 - 1,56}{8,38} \times 100\% = 81,38\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{8,38 - 2,28}{8,38} \times 100\% = 72,79\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{8,38 - 2,39}{8,38} \times 100\% = 71,48\%$$

Kerapatan arus 31 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{8,38 - 4,35}{8,38} \times 100\% = 48,09\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{8,38 - 2,70}{8,38} \times 100\% = 67,78\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{8,38 - 1,65}{8,38} \times 100\% = 80,31\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{8,38 - 4,44}{8,38} \times 100\% = 47,02\%$$

5. Besi (Fe)

K.A 62 A/m ²			K.A 53 A/m ²			K.A 31 A/m ²		
Waktu	Sesudah	Efisiensi	Waktu	Sesudah	Efisiensi	Waktu	Sesudah	Efisiensi
0	0,9794	0,00%	0	0,9794	0,00%	0	0,9794	0,00%
15	0,2755	71,87%	15	0,2755	71,87%	15	0,3115	68,19%
30	0,2755	71,87%	30	0,2755	71,87%	30	0,2755	71,87%
45	0,2755	71,87%	45	0,2755	71,87%	45	0,4640	52,62%
60	0,2755	71,87%	60	0,2755	71,87%	60	0,2755	71,87%

Kerapatan arus 62 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{0,9794 - 0,2755}{0,9794} \times 100\% = 71,87\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{0,9794 - 0,2755}{0,9794} \times 100\% = 71,87\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{0,9794 - 0,2755}{0,9794} \times 100\% = 71,87\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{0,9794 - 0,2755}{0,9794} \times 100\% = 71,87\%$$

Kerapatan arus 53 A/m²

$$\text{menit ke } - 15 = \frac{0,9794 - 0,2755}{0,9794} \times 100\% = 71,87\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{0,9794 - 0,2755}{0,9794} \times 100\% = 71,87\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{0,9794 - 0,2755}{0,9794} \times 100\% = 71,87\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{0,9794 - 0,2755}{0,9794} \times 100\% = 71,87\%$$

Kerapatan arus 31 A/m²

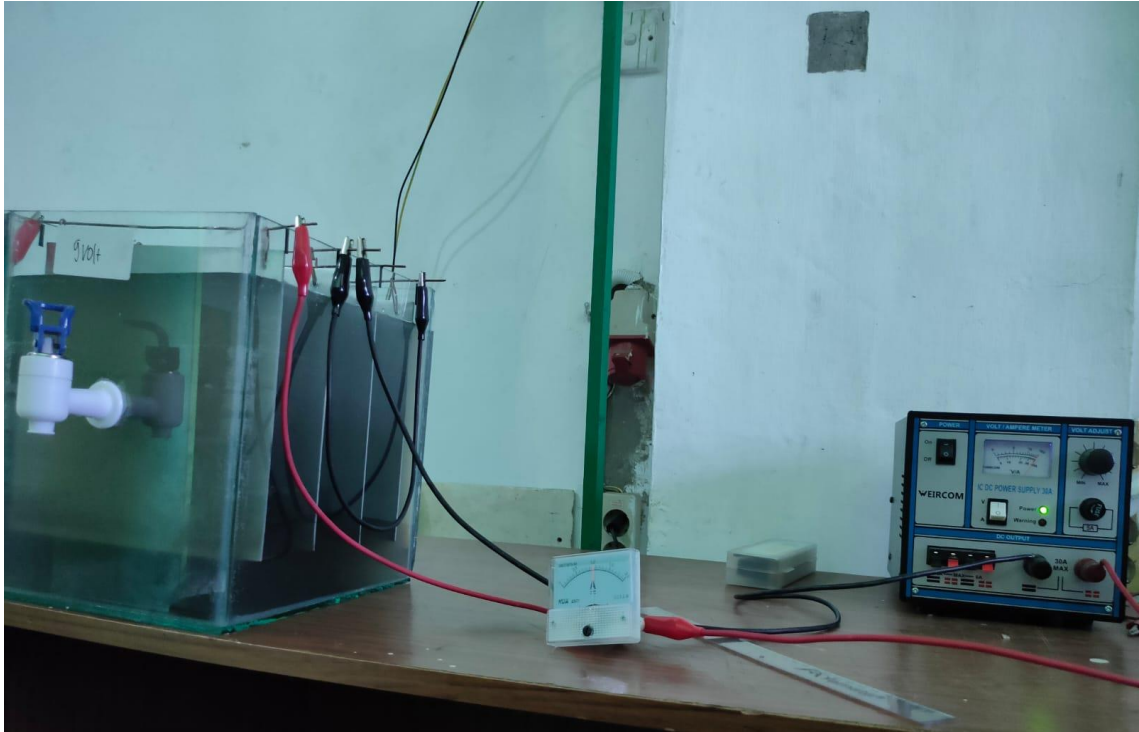
$$\text{menit ke } - 15 = \frac{0,9794 - 0,3115}{0,9794} \times 100\% = 68,19\%$$

$$\text{menit ke } - 30 = \frac{0,9794 - 0,2755}{0,9794} \times 100\% = 71,87\%$$

$$\text{menit ke } - 45 = \frac{0,9794 - 0,4640}{0,9794} \times 100\% = 52,62\%$$

$$\text{menit ke } - 60 = \frac{0,9794 - 0,2755}{0,9794} \times 100\% = 71,87\%$$

DOKUMENTASI



Reaktor Elektrokoagulasi



Pengambilan Air Limbah



Perakitan Alat



Pengisian Reaktor



Power Supply DC



Sebelum diolah



Hasil setelah diolah

Jadwal Eksperimen

No	Tahapan Kegiatan	Maret				April				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan Eksperimen												
2	Persiapan Alat dan Bahan												
3	Perakitan Reaktor												
4	Pengambilan Limbah Cair												
5	Eksperimen												
6	Uji Hasil Eksperimen												
7	Analisis dan Pembahasan												



Universitas Batanghari

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Letkol Slamet Riyadi Broni - Jambi 36122 Telp./F ax. (0741) 668280 Website www.unbari.ac.id

SURAT KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI
NOMOR : 115 TAHUN 2022
T E N T A N G
PERPANJANGAN TERAKHIR
PENUNJUKKAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN PROGRAM STRATA SATU (S-1)
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI :

- MEMBACA** : Usulan Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Tentang Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- MEMINBANG** :
- a. Bahwa untuk melengkapi syarat-syarat yang diperlukan guna menyelesaikan studi Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari perlu diselenggarakan Tugas Akhir Mahasiswa.
 - b. Bahwa mahasiswa yang namanya tercantum pada lampiran keputusan ini telah memenuhi syarat dan berhak untuk melaksanakan Tugas Akhir.
 - c. Bahwa Staf Pengajar yang namanya tercantum pada lampiran keputusan ini dianggap mampu dan memenuhi syarat untuk ditunjuk sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
 - d. Bahwa untuk pelaksanaan Tugas Akhir Mahasiswa dimaksud perlu dibuat Keputusan Dekan.
- MENGINGAT** :
1. Undang Undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Nasional.
 2. Undang Undang Nomor : 14 Tahun 2005 Tentang Guru dan Dosen.
 3. Peraturan Pemerintah Nomor : 04 Tahun 2014 Tentang Pendidikan Tinggi
 4. Peraturan Akademik Universitas Batanghari Tahun 2018
 5. Surat Keputusan Rektor Nomor : 45 Tahun 2018 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Pejabat wakil Rektor, Dekan, Kepala Biro, Pustaka, Lembaga dan Badan dilingkungan Universitas Batanghari.

MEMUTUSKAN

MENETAPKAN :

- Pertama** : Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Program Strata Satu (S-1) yang nama dan NPM nya tercantum pada kolom (2) untuk melaksanakan Tugas Akhir dengan Judul seperti pada kolom (3) Lampiran Keputusan ini dan berhak untuk mendapat bimbingan Tugas Akhir.
- Kedua** : Menunjuk Staf Pengajar yang namanya tercantum pada kolom (4) menjadi Dosen Pembimbing I dan kolom (5) menjadi Dosen Pembimbing II mahasiswa dalam melaksanakan Tugas Akhir.
- Ketiga** : Dosen Pembimbing bertugas memberi petunjuk dan arahan kepada mahasiswa dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
- Kecempat** : Dosen pembimbing bertanggung jawab kepada Dekan melalui Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari.
- Kelima** : Program Studi agar menyelenggarakan seminar proposal Tugas Akhir bersangkutan agar judul, tujuan, ruang lingkup, dan metode penelitian Tugas Akhir mahasiswa benar dari kaidah-kaidah ilmiah.
- Keenam** : Masa berlaku Surat Keputusan ini adalah 6 (enam) bulan dan setelahnya dapat diperpanjang maksimal dua (2) kali atau diganti dengan pembimbing lain.
- Ketujuh** : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dan apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan akan diadakan perbaikan sebagaimana mestinya.

DITETAPKAN DI : JAMBI
 PADA TANGGAL : 1 AGUSTUS 2022
 Dekan,

Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME

Tembusan Disampaikan kepada :-

1. Yth. Rektor Universitas Batanghari
2. Yth. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari
3. Yth. Dosen Pembimbing yang bersangkutan
4. Mahasiswa yang bersangkutan
5. Arsip

LAMPIRAN : SK DEKAN NOMOR : 115 TAHUN 2022 TENTANG PERPANJANGAN TERAKHIR PENUNJUKKAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN PROGRAM STRATA SATU (S-1) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI.

NO	NAMA NPM	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING I	DOSEN PEMBIMBING II
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	IRPAN FIRPANSYAH 1700825201041	"PENGARUH WAKTU KONTAK DAN KERAPATAN ARUS PROSES ELEKTROKOAGULASI DALAM MENGOLAH LIMBAH CAIR BENGKEL"	MONIK KASMANA, ST, M. Eng, Sc	ANGGRIKA RIYANTI, ST, M. Si

DI TETAPKAN DI : JAMBI
PADA TANGGAL : 1 AGUSTUS 2022
Dekan,

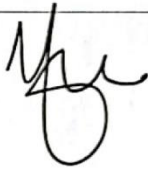


Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	----------------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firsansyah
 NPM : 1700825201041
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
 Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	03-09-22	Azc jnd	

Jambi, 03 September 2022


Dosen Pembimbing I


 (Monik/Kasman, S.T, M.Eng, Sc.)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	----------------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firdiansyah
 NPM : 1700825201041
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
 Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	01-05-22	Bab I - II dan perbaiki abstrak terhadap lampiran ²	

Jambi, _____, _____ 2022


Dosen Pembimbing I

(Monik Kasman, S.T, M.Eng, Sc.)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	----------------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firfanyah
 NPM : 1700825201041
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
 Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	30/8-22	ACC jilid laporan TA	

Jambi, _____, _____ 2022


Dosen Pembimbing II


 (Anggrika Riyanti, S.T, M.Si)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	----------------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firsansyah
 NPM : 1700825201041
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
 Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	25-08-20	1-14 di Ty. parobek ngru > tabel 4-2. v. sk. ke p II kelepri lampiran	

Jambi, _____, _____ 2022

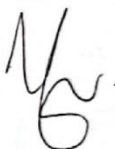
Dosen Pembimbing I

(Monik Kasman, S.T, M.Eng, Sc.)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	---------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firfanyah
 NPM : 1700825201041
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
 Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	27-07-22	Bab IV. Reaksi Redoks. transfer lautan + deflasi I - III de. IV. de. Acc only TA	

Jambi, 27. 07 2022

Dosen Pembimbing I




 (Monik Kasman, S.T, M.Eng, Sc.)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firfansyah
NPM : 1700825201041
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	18/7-22	- Perbaiki kesimpulan - Tambahkan alasan terbentuk Al(OH) ³⁺ sehingga larutan bersifat kaku di pH. (bawah)	
	3/8.22	ACC nday TA	

Jambi, _____, _____ 2022

Dosen Pembimbing II

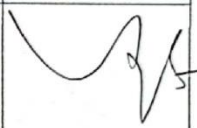

(Anggrika Riyanti, S.T, M.Si)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firfanyah
NPM : 1700825201041
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	16/6-22	- Tabulasi penjelasan kegiatan penelitian & Kerapatan arus - Tabulasi penjelasan pH tidak mengalami peningkatan pd jarak 4 & 6 cm.	

Jambi, _____, _____ 2022

Dosen Pembimbing II


(Anggrika Riyanti, S.T, M.Si)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05


HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firfanyah
NPM : 1700825201041
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	27-5-'22	- Perbaiki kalimat pada Bab 4 - tambahkan penjelasan mengapa MCL & besi lebih efisien & penambahan waktu kontak	

Jambi, _____, 2022

Dosen Pembimbing II




(Anggrika Riyanti, S.T, M.Si)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

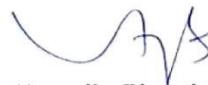
HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firfansyah
NPM : 1700825201041
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	23/2-2022	- Perbaiki latar belakang. - Mantkan kisaran parameter - perbaiki susunan kalimat pada latar belakang	

Jambi, 23, Februari 2022

Dosen Pembimbing II



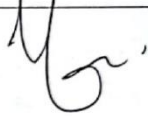
(Anggrika Riyanti, S.T, M.Si)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firsansyah
NPM : 1700825201041
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	25/12-21	ACC examu proyek TA. Seminar 03/01-22 online	

Jambi, _____, _____ 2021

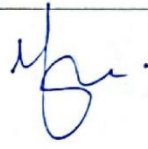
Dosen Pembimbing I

(Monik Kasman, S.T, M.Eng, Sc.)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	----------------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firdiansyah
 NPM : 1700825201041
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
 Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	14/10-21	Bds I → perbaiki latar Gkgt Beton rusak, perbaiki terdulus rusak + tumpukan Bds II → + Gkgt air beku, BOD, COD, padatan kumulatif Bds III → perbaiki	

Jambi, _____, 2021

Dosen Pembimbing I


(Monik Kasman, S.T, M.Eng, Sc.)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firfanyah
NPM : 1700825201041
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	09/12/21	Acc seminar proposal TA	

Jambi, _____, _____ 2021

To



Dosen Pembimbing II


(AnggRIka Riyandi, S.T, M.Si)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	----------------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firsansyah
 NPM : 1700825201041
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses
 Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	22/10-21	<ul style="list-style-type: none"> - Pelajari pengaruh Arus (I) dan L penampang (A). - Tentukan kerapatan arus yg akan digunakan dan variasi penelitian 	
	30/10-21	<ul style="list-style-type: none"> - perbaiki latar belakang - tambahkan literatur penelitian di 2 sumber pada latar belakang yg pengaruh arus & Hz - perbaiki Rumusan masalah & tujuan. 	

Jambi, _____, _____ 2021

Dosen Pembimbing II


 (Anggrika Riyanti, S.T, M.Si)



Universitas Batanghari

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Letkol Slamet Riyadi Broni - Jambi 36122 Telp./F ax. (0741) 668280 Website www.unbari.ac.id

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI
NOMOR : 82 TAHUN 2022
T E N T A N G
PENUNJUKAN DOSEN PENGUJI UJIAN TUGAS AKHIR MAHASISWA
DI LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI :

- MEMBACA** : Surat Ketua Program studi Teknik Lingkungan Tentang usulan Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
- MENIMBANG** : 1. Bahwa Mahasiswa yang namanya tercantum pada Surat Keputusan ini memenuhi syarat untuk mengikuti Ujian Tugas Akhir.
 2. Bahwa Dosen yang namanya tercantum pada Surat Keputusan ini memenuhi syarat sebagai Penguji Ujian Tugas Akhir yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Dekan.
- MENINGGAT** : 1. Undang Undang Nomor :12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Nasional.
 2. Undang Undang Nomor : 14 Tahun 2005 Tentang Guru dan Dosen.
 3. Peraturan Pemerintah RI Nomor : 04 Tahun 2014 Tentang Pendidikan Tinggi
 4. Surat Keputusan Rektor Nomor : 45 Thn 2018 ttg Pemberhentian dan Pengangkatan Dekan, Kepala Biro,Lembaga dan Badan di Lingkungan Unbari.

MEMUTUSKAN

- MENETAPKAN** :
 Pertama : Menunjuk Dosen sebagaimana dalam Surat Keputusan ini.sebagai Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir mahasiswa seperti disebutkan di bawah ini.

Nama Mahasiswa	:	Irpan Firpansyah
NPM/Program Studi	:	1700825201041/Teknik Lingkungan
Judul Tugas Akhir	:	Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel
No	Nama Dosen Penguji	Jabatan
1	Hadrah, ST, MT	: Pembimbing I
2.	Anggrika Riyanti, ST, M. Si	: Pembimbing II
No	Nama Dosen	Jabatan
1	Monik Kasman, ST, M. Eng, Sc	: Ketua
2	Anggrika Riyanti, ST, M. Si	: Sekretaris
3	Hadrah, ST, MT	: Penguji I
4	Sarah Fiebrina, ST, MT	: Penguji II
5	Marhadi, ST, M. Si	: Penguji III

- Kedua** : Pelaksanaan Ujian Tugas Akhir pada **Selasa/16 Agustus 2022** di Ruang Sidang Fakultas Teknik
- Ketiga** : Biaya yang timbul akibat keputusan ini dibebankan pada anggaran Ujian Tugas Akhir mahasiswa.
- Keempat** : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dan akan diadakan perbaikan jika dikemudian hari terdapat kekeliruan.

DITETAPKAN DI : J A M B I
 PADA TANGGAL : 12 Agustus 2022

Dekan,



Dr. Ir.H. FakhriulRozi Yamali, ME

Tembusan disampaikan kepada

1. Yth. Bpk Rektor c.q. Wakil Rektor I Unbari
2. Yth. Ketua Prodi Teknik Lingkungan
3. Yth. Dosen Penguji yang bersangkutan
4. Arsip.



Universitas Batanghari Fakultas Teknik

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

JALAN SLAMET RIYADI BRONI JAMBI INDONESIA TELP. (0741) 668280

Nomor : 30 /TL-UBR/VIII/2022
Lampiran : 1 (satu) TA
Perihal : Undangan Sebagai Penguji Tugas Akhir

Jambi, 12 Agustus 2022

Kepada Yth,
Ibu Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc (Ketua Sidang)
Ibu Anggrika Riyanti, ST, M.Si (Sekretaris Sidang)
Ibu Hadrah, ST, MT (Penguji I)
Ibu Sarah Feibrina, ST, MT (Penguji II)
Bapak Marhadi, ST, M.Si (Penguji III)

Di

Tempat

Dengan hormat,
Sehubungan dengan telah selesainya pembuatan Laporan Tugas akhir Mahasiswa, maka kami mengundang Bapak/Ibu untuk menghadiri Sidang Kompre Tugas akhir yang akan dilaksanakan pada :

Hari/ Tanggal : Selasa/16 Agustus 2022
Jam : 09.00 WIB s/d selesai
Tempat : Ruang FT. 08
Nama Mahasiswa : **Irpan Firpansyah**
NPM : 1700825201041
Ujian : **Offline**
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Tugas Akhir : **"Pengaruh Waktu Kontak Dan Kerapatan Arus Proses Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel"**

Demikian, atas kesediaan Bapak/ Ibu untuk menguji dan datang tepat pada waktunya diucapkan terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Marhadi, ST, M. Si

Tembusan Disampaikan Kepada :

1. Yth. Dekan Fakultas Teknik
2. Yth, Bapak Wakil Dekan I
3. Bendahara
4. Arsip.

Catatan : Untuk Penguji pria, Pakaian memakai kemeja lengan panjang dan dasi kecuali Hari Kamis memakai baju batik

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLC-05
---	----------------------

BERITA ACARA UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Pada hari ini, Selasa, Tanggal 16 Agustus, 2022, telah dilaksanakan Ujian Tugas Akhir mahasiswa

Nama : Irfan Firpancyah
 NPM : 192082520041
 Waktu : 08.30 s/d selesai
 Tempat : PT. 08

Judul Tugas Akhir :
Pengaruh Waktu Kontak dan Kemampatan Arus Proses
Elektrolisis Dalam Mengolah Limbah Cair Benyol.

Hasil evaluasi Tim Penguji sebagai berikut :

	Nama Tim Penguji	Nilai	Tanda tangan
Pembimbing I	Monik Karman, ST, M.Eng. SC	87	1.
Pembimbing II	Anggrika Ryanti, ST, M.Si	85	2.
Penguji I	Hadrah, ST, MT	82,8	3.
Penguji II	Sarah Febrina, ST, MT	80,8	4.
Penguji III	Marhaeni, ST, M. Si	80	5.
	Jumlah	414,8	
	Nilai Rata-Rata / Huruf	82,96	A

Keputusan Tim Penguji pada Sidang Tugas Akhir :

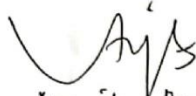
1. **LULUS**, dengan nilai : 82,96 (A)

Perbaikan :

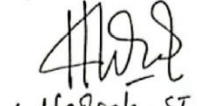
2. **TIDAK LULUS**, dengan catatan sebagai berikut :

Jambi, 16 Agustus 2022

Sekretaris sidang,


(Anggrika Rizanti, ST, M.Si)

Ketua sidang,


(Habrah, ST, MT)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan


Marhadi, ST, M.Si


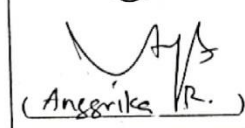
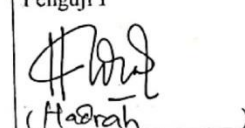
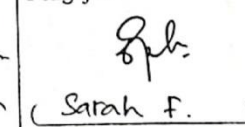
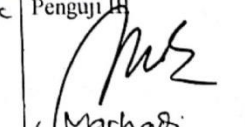
Kriteria Penilaian:

1. 80 - 100 : Lulus, Nilai Huruf: A
2. 75 - 79,99 : Lulus, Nilai Huruf: B⁺
3. 70 - 74,99 : Lulus, Nilai Huruf: B
4. 65 - 69,99 : Lulus, Nilai Huruf: C⁺
5. 60 - 64,99 : Lulus, Nilai Huruf: C
6. < 59,99 : Tidak Lulus

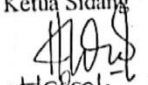
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLC-07
---	---------------

LEMBAR REVISI UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Nama : Irpan Firpansyah
 NPM : 1700825201041
 Judul Proposal TA : Pengaruh Waktu Kontak dan Kerapatan Arus Proses Elektrokoagulasi Dalam Mengolah Limbah Cair Benykat.

No.	Uraian	Tanda Tangan
1.	- Perbaiki penulisan sesuai koreksi	Pembimbing I  (Mohik Kasman)
2.	- Kurva, ganti model garis dg line	Pembimbing II  (Anggrika R.)
3.	- perbaiki penulisan.	Penguji I  (Habrah)
4.	- tambahkan alasan BOD semakin lama waktu semakin rendah BOD - jelaskan redoks & keterkaitannya dengan mekanisme penyisihan - Alasan kenapa Fe & Mn harus ditiriskan	Penguji II  (Sarah F.)
5.	- Judul diubah diperbaiki agar lebih menarik -	Penguji III  (Marhadi)

Jambi, 16, Agustus, 2022

Ketua Sidang

(Habrah, ST, MT)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLC-06
---	---------------

**FORM PENILAIAN
UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR**

Hari/ Tanggal : Selasa/ 16-08-2022
 Nama : IRPAN FIRFANSYAH
 NPM : 170082201041
 Judul Tugas Akhir : Pengetahuan waduk kembang dan kerapatan arus proses
 Elektrokatalisis Dalam Mengolah limbah CAS
 benykel.

No.	Kriteria Penilaian	Persentase	Nilai (Angka)
1.	Isi laporan Tugas Akhir dan sistematika penulisan	30%	87
2.	Pengujian Tugas Akhir	35%	87
3.	Pengujian Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) dan Mata Kuliah Keahlian (MKK)	15%	87
3.	Penyajian (kejelasan power point), sikap, cara penyampaian dan kemampuan menjawab pertanyaan	20%	87
	Jumlah	100%	
	Nilai Rata-Rata		87

Jambi, 16. Agustus 2022

Dosen Pembahas

(Monika ... ST, M. Eng. SE)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLC-06
---	---------------

FORM PENILAIAN
UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Hari/ Tanggal : Selasa / 16 Agustus 2022
 Nama : Irpan Firpanjaya
 NPM : 1700825201041
 Judul Tugas Akhir : Penyaris Waktu Kontrol dan Kerapatan Arus Proses Elektrokoagulasi Dalam Menyelesa Limbah Cair Benjkel.

No.	Kriteria Penilaian	Persentase	Nilai (Angka)
1.	Isi laporan Tugas Akhir dan sistematika penulisan	30%	85
2.	Pengujian Tugas Akhir	35%	85
3.	Pengujian Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) dan Mata Kuliah Keahlian (MKK)	15%	85
3.	Penyajian (kejelasan power point), sikap, cara penyampaian dan kemampuan menjawab pertanyaan	20%	85
	Jumlah	100%	85
	Nilai Rata-Rata		85

Jambi, 16, Agustus, 2022

Dosen Pembahas

Anggrika Ryanti, S.T.M. SI

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLC-06
---	---------------

FORM PENILAIAN
UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Hari/ Tanggal : Selasa / 16 Agustus 2022
 Nama : Irpan Firdiansyah
 NPM : 1700825201041

Judul Tugas Akhir :
Pengaruh Waktu Kontak dan Kerapatan Arus Proses Elektrokoagulasi dalam Mengolah Limbah Cair Bengkel

No.	Kriteria Penilaian	Persentase	Nilai (Angka)
1.	Isi laporan Tugas Akhir dan sistematika penulisan	30%	25,2
2.	Pengujian Tugas Akhir	35%	28,7
3.	Pengujian Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) dan Mata Kuliah Keahlian (MKK)	15%	12,3
3.	Penyajian (kejelasan power point), sikap, cara penyampaian dan kemampuan menjawab pertanyaan	20%	16,6
	Jumlah	100%	82,8
	Nilai Rata-Rata		

Jambi, 16 Agustus 2022

Dosen Pembahas


 (Hadrah, ST, MT)

FORM PENILAIAN
UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Hari/ Tanggal : Selasa / 16 Agustus 2022
N a m a : Irpan Firfan Syah
NPM : 1700825201091
Judul Tugas Akhir :
Pengaruh Waktu Kontak & Kerapatan arus proses elektro-
koagulasi dalam mengolah limbah cair bengkel.

No.	Kriteria Penilaian	Persentase	Nilai (Angka)
1.	Isi laporan Tugas Akhir dan sistematika penulisan	30%	80
2.	Pengujian Tugas Akhir	35%	80
3.	Pengujian Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) dan Mata Kuliah Keahlian (MKK)	15%	80
3.	Penyajian (kejelasan power point), sikap, cara penyampaian dan kemampuan menjawab pertanyaan	20%	80
	Jumlah	100%	80
	Nilai Rata-Rata		80

Jambi, 16 Agustus 2022

Dosen Pembahas



(Sarah Pielina Heraningsih, STMT)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLC-06
---	---------------

FORM PENILAIAN
UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Hari/ Tanggal : SELASA, 16 AGUSTUS 2022
 Nama : IRFAN FIRFAN SYAH
 NPM : 1700825201041

Judul Tugas Akhir : Pengaruh waktu kontak & besarnya arus
 proses elektrolisis dan pengaruh untuk air
 Bengkel.

No.	Kriteria Penilaian	Persentase	Nilai (Angka)
1.	Isi laporan Tugas Akhir dan sistematika penulisan	30%	24
2.	Pengujian Tugas Akhir	35%	28
3.	Pengujian Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) dan Mata Kuliah Keahlian (MKK)	15%	12
3.	Penyajian (kejelasan power point), sikap, cara penyampaian dan kemampuan menjawab pertanyaan	20%	16
	Jumlah	100%	80
	Nilai Rata-Rata		

Jambi, 16 / 8 / 2022
 Dosen Pembimbing : [Signature]
Marhaeni, S. U. S.