LAPORAN AKHIR

PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI TAHUN 2023

(PENELITIAN TAHAP AKHIR PADA TAHUN KETIGA)

PENGARUH PENAMBAHAN ARANG AKTIF PADA ELEKTROKOAGULASI SEBAGAI REDUKTOR LOGAM Pb (TIMBAL) DALAM AIR LIMBAH PERUSAHAAN AKI MENGGUNAKAN ELEKTRODA ALUMINIUM DENGAN TEGANGAN 20 VOLT DAN WAKTU KONTAK 60 MENIT MELALUI PENELITIAN LAPANGAN

(PROSES PATEN SEJAK TANGGAL 14 SEPTEMBER 2023 DI DIREKTORAT JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL (DJKI) PATEN KEMENKUMHAM RI DENGAN NOMOR PERMOHONAN S00202308951 DAN SUDAH TAHAP PROSES PEMERIKSAAN SUBSTABSI https://paten.dgip.go.id/#/pasca-permohonan/list)

TIM PENGUSUL

Winarko, SKM.,M.Kes / NIDN. 4002026301
Ferry Kriswandana, SST., MT. / NIDN. 4011077002
Imam Thohari, ST., M.MKes / NIDN. 4018126201

KEMENTERIAN KESEHATAN RI
DIREKTORAT JENDERAL TENAGA KESEHATAN
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES SURABAYA
TAHUN 2023

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

Judul Penelitian	: Pengaruh Penambahan Arang Aktif Pada Elektrokoagulasi Sebagai Reduktor Logam Pb (Timbal) Dalam Air Limbah Perusahaan Aki Menggunakan Elektroda Aluminium Dengan Tegangan 20 Volt Dan Waktu Kontak 60 Menit Melalui Penelitian Lapangan (Tahap III atau Tahap Akhir).
Kode/Nama Rumpun Ilmu	: 359 / Kesehatan Lingkungan
Peneliti Utama	
a. Nama Lengkap	: Winarko, SKM, M.Kes.
b. NIDN	: 4002026301
c. Jabatan Fungsional	: Lektor Kepala
d. Program Studi	: D IV Kesehatan Lingkungan Surabaya
e. Nomor HP	: 081330187163
f. Alamat Surel (e-mail)	: win_bonang@yahoo.co.id
Anggota Peneliti (1)	
a. Nama Lengkap	: Ferry Kriswandana, SST, MT
b. NIDN	: 4011077002
c. Program Studi	: D III Kesehatan Lingkungan Surabaya
d. Perguruan Tinggi	: Poltekkes Kemenkes Surabaya
Anggota Peneliti (2)	
a. Nama Lengkap	: Imam Thohari, ST, M.Mkes.
b. NIDN	: 4018126201
c. Program Studi	: D III Kesehatan Lingkungan Surabaya
d. Perguruan Tinggi	: Poltekkes Kemenkes Surabaya
Laporan Penelitian Tahun Ke	: 3 (Tahap Akhir Tahun 2023)
Biaya Penelitian Tahun 2023	: Rp 40.000.000,00
Sumber Biaya Penelitian	: DIPA Tahun 2023 Poltekkes Kemenkes surabaya

Surabaya, Desember 2023

Kepala Unit PPM
Poltekkes Kemenkes Surabaya

Hery Sumasto, S.Kep, Ns, M.Mkes
NIP. 196801041988031003

Ketua,

Winarko, SKM, M.Kes.
NIP. 196302021987031004

Mengesahkan
Direktur Poltekkes Kemenkes Surabaya

Luthfi Rusyadi, SKM, M.Sc.
NIP. 971051161994031001

Judul

Pengaruh Penambahan Arang Aktif Pada Elektrokoagulasi Sebagai Reduktor Logam Pb (Timbal) Dalam Air Limbah Perusahaan Aki Menggunakan Elektroda Aluminium Dengan Tegangan 20 Volt Dan Waktu Kontak 60 Menit.
(Tahap III/Akhir Tahun 2023)

Abstrak

Timbal (Pb) masuk ke tubuh manusia salah satunya melalui makanan dan atau minuman yang tercemar Pb akibat buangan air limbah yang tidak memenuhi baku mutu effluent. Pb dalam badan air dapat mencemari sumber air dan makanan serta melalui rantai makanan masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan/atau minuman. Pb dalam darah dapat mengakibatkan keracunan akut, kronis, hipertensi dan gangguan fungsi ginjal pada orang dewasa. Proses elektrokoagulasi sebagai reduktor Logam Pb (Timbal) dalam air limbah sebagai salah alternatif pengolahan air limbah dengan memanfaatkan reaksi kimia dari aliran listrik pada elektroda. Penelitian lapangan ini sebagai tindak lanjut hasil penelitian laboratorium (Winarko dkk.,2022) bahwa penambahan Arang Aktif paling efektif pada prodes elektrokoagulasi dengan penurunan Pb sebesar 60,01 %. Penelitian ini bertujuan membuktikan penambahan arang aktif pada elektrokoagulasi sebagai reduktor Pb (Timbal) air limbah Pabrik Aki menggunakan eletroda aluminium bertegangan 20 Volt, kuat Arus 10 Ampere dengan waktu kontak 60 menit system bacth melalui penelitian lapangan.

Metode penelitian lapangan menggunakan rancangan eksperimen dengan disain post test only control group design yaitu suatu desain penelitian yang terdiri dari 1 kelompok kontrol dan 2 kelompok perlakuan. Besar sampel menurut Prihanti, (2016) yang dihitung menggunakan rumus Federer sebagai berikut (t-1) x (r-1) > 15 didapat 16 sampel, sehingga suluruhnya sebesar 48 sampel. Selanjutnya hasil pemeriksaan laboratorium diolah dan di analisis secara statistic dengan alphan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1) pH pada control maupun perlakuan tidak mengalami perubahan, yaitu 1 (asam), 2) Rata-rata kadar Pb air limbah Perusahaan Aki sebesar 10,01 mg/L dan sesudah 1 jam sebagai kontrol rata-rata 10,00 mg/L (turun 0.04 mg/L atau 0,37%), 3) Penurunan Pb Air Limbah Perusahaan Aki setelah proses elektrokoagulasi turun dengan rata-rata 7.15 mg/L (71,81%), 4) Penurunan Pb Air Limbah Perusahaan Aki rata-rata 7,75 mg/L (80,3%), dan 5) Kadar Pb air limbah Perusahaan Aki pada kontrol turun sebesar sebesar 0,37%, pada proses Elektrokoagulasi turun sebesar 71,81% dan pada penambahan Arang Aktif sesudah proses Elektrokoagulasi turun sebesar 80,3 % secara statistik terjadi penurunan Pb (Pb) yang bermakna dengan nilai p 000.

Disarankan penambahan adsorbs menggunakan Arang Atif tempurung kelapa setebal 20 cm pada Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm, tegangan 20 Volt, kuar arus 10 Amper dengan waktu kontak 60 menit sistem bacth.

Kata Kunci : Pb, Elektrokoagulasi, Elektroda Almunium dan Arang aktif.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan kemudahanNya sehingga tersusunlah laporan akhir penelitian tahun ketiga atau tahap akhir berjudul **"Pengaruh Penambahan Arang Aktif Pada Elektrokoagulasi Sebagai Reduktor Logam Pb (Timbal) Dalam Air Limbah Perusahaan Aki Menggunakan Elektroda Aluminium Dengan Tegangan 20 Volt Dan Waktu Kontak 60 Menit Melalui Penelitian Lapangan Tahun 2023 (Tahap III atau Tahap Akhir)".**

Tersusunnya laporan akhir penelitian ini tidak lepas dari peran berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini Tim peneliti menyampaikan terima kasih Kepada Yth.:

1. Bapak Luthfi Rusyadi, SKM, M.Sc., selaku Direktur Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya yang telah memberikan kesempatan kepada Peneliti untuk melaksanakan penelitian dan penyusunan laporan akhir penelitian pada tahun ketiga atau tahap akhir pada tahun 2023 ini.
2. Para wakil Direktur Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian Laporan akhir penelitoan ini.
3. Kepala Pusat Penelitian berserta jajrannya yang selalu memberikan pencerahan mulai saat penyusunan Proposal, Pelaksanaan dan Penyusunan laporan ini.
4. Ketua Jurusan, Sekretaris Jurusan, Ketua Program Studi Sanitasi Lingkungan Program Sarjana Terapan di Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Surabaya.
5. Kepala Laboratorium Gizi Universitas Airlangga yang memberi kesempatan untuk melakukan pemeriksaan sampel hasil Penelitian ini.
6. Semua pihak yang selalu mendukung dan memberikan semangat atas terselesainya laporan ini.

Semoga Allah SWT membalas seluruh amal kebaikan Bapak/Ibu/Saudara..aamiin.

Tim Peneliti menyadari bahwa penulisan laporan akhir ini masih terdapat kekurangan, sehingga pada kesempatan ini Tim Peneliti dengan seanghati dan lapang dada menerima segala masukan atas segala kekurangan dalam penulisan laporan akhir in. Tim Peneliti berharap laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan bagi penulis sendiri.

Surabaya, Desember 2023

Ketua Peneliti

Ttd.

Winarko, SKM, M.Kes.

DAFTAR TABEL

Tabel III.1.	Definisi Operasional Penelitian	16
Tabel IV.1.	Distribusi pH Air Limbah Perusahaan Aki S Sebelum Dan Sesudah Elektrokoagulasi Dengan Waktu Kontak 60 Menit Di Lapangan Tahun 2023	19
Tabel IV.2.	Distribusi Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Pada Kontrol Sebelum Dan Sesudah 60 Menit Di Lapangan Tahun 2023	20
Tabel IV.3.	Distribusi Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Sebelum Dan Sesudah Elektrokoagulasi Dengan Waktu Kontak 60 Menit Di Lapangan Tahun 2023	21
Tabel IV.4.	Distribusi Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Sebelum Dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi Dengan Waktu Kontak 60 Menit Di Lapangan Tahun 2023	22
Tabel IV.5.	Distribusi pH dan Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Sebelum Dan Sesudah Elektrokoagulasi Dengan Waktu Kontak 60 Menit Di Lapangan Tahun 2023	23
Tabel IV.6.	Distribusi Penurunan Kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan AkiPada Kontrol, Elektrokoagulasi dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi di Lapangan Tahun 2023	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Susunan Atom Berkala Unsur Kimia…… 7
Gambar 2.2. Mekanisme Elektrokoagulasi…… 10
Gambar 2.3. Kerangka Konsep Penelitian…… 11
Gambar 3.1 Desain Penelitian…….. 14
Gambar 3.2. Bak Reaktor Elektrokoagulasi……. 15
Gambar 3.3. Tatalaksana Proses Eksperimen Lapangan……... 16
Gambar 3.3. Bagan Alir Penelitian Tahapan Penelitian Dan Luaran…… 18

DAFTAR GAMBAR

Lampiran 1. Hasil Pemeriksaan Pb di Laboratorium Gizi Unair Surabaya…….. 35
Lampiran 2. Tabel Induk Hasil Pengukuran Variabel…… 37
Lampiran 3. Tabel Distribusi Kadar Pb Air Limbah Aki Kontrol dan Perlakuan …… 39
Lampiran 4 Hasil Analisis Statistik…….. 42

DAFTAR ISI

Halaman Judul……. i
Lembar Pengesahan……. ii
Abstrak…….. iii
Kata Pengantar……. iv
Daftar Tabel……. v
Daftar Gambar……. vi
Daftar Lampiran……... vii
Daftar Isi…….. viii

BAB I PENDAHULUAN…… 1
A. Latar belakang…… 1
B. Rumusan dan Batasan Masalah……. 3
C. Tujuan Penelitian…… 4
D. Manfaat Penelitian……. 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA…….. 5
A. Penelitian Terdahulu…… 5
B. Logam Berat…… 6
C. Timbal (Pb)……. 7
D. Pronsip Kerja Elektrokoagulasi…….. 9
E. Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Proses Elektrokoagulasi……. 11
F. Kerangka Konsep Dan Hipotesis…… 13

BAB III METODE PENELITIAN……... 14
A. Rancang Bangun dan Disain Penelitian…….. 14
B. Besar Sampel…….. 14
C. Alur Penelitian…… 15
D. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional……. 16
E. Teknik Pengumpulan Data……. 16
F. Pengolahan dan Analisis Data…… 17
G. Tahapan Penelitian dan Bagan Alir Penelitian…… 17

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN……..... 19
A. Hasil Penelitian…….. 19
B. Pembahasan …….. 25

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN…….
A. Kesimpulan…… 31
B. Saran…….. 31

Daftar Pustaka……. 33
Lampiran-Lampiran…… 35

BAB I
PENDUHULUAN

A. Latar Belakang

Hasil sensus Badan Pusat Statistik Tahun 2015 jumlah industri mikro dan kecil yang berfokus pada penanganan logam dasar berjumlah 31.122 usaha mikro dan 461 usaha kecil di 33 Provinsi di Indonesi. Hasil samping (limbah) yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan logam ini bersifat beracun dan berbahaya, seperti yang sering dijumpai adalah limbah logam timbal (Pb).

Provinsi Jawa Timur berdasarkan data pada Jawa Timur Dalam Angka Tahun 2022, bahwa Jumlah Perusahaan Menurut Klasifikasi Industri pada Industri Besar dan Sedang di Provinsi Jawa Timur tahun 2019 yang berindikasi adan Pb pada air limbahnya terdapat 1.436 Industri terdiri dari a) Tekstil 347 Industri, b) bahan kimia 320 Industri, c) Percetakan dan Reproduksi Media Rekaman 149 Industri, d) Logam dasar 100 Industri, e) Perusahaan, Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya 303 Industri, f) Peralatan Listrik 76 Insudtri, g) Farmasi, Produk Obat Kimia dan Obat Tradisional 59 Industri. h) Komputer, Barang Elektronik dan Optik 35 Industri, dan i) Kendaraan Bermotor, Trailer dan Semi Trailer 82 Industri. Jumlah Jumlah Perusahaan dan Tenaga Kerja Menurut Klasifikasi Industri pada Industri Mikro dan Kecil di Provinsi Jawa Timur, 2020 terdiri dari: a) Tekstil 26.26.193 Industri, b) Percetakan dan Reproduksi Media Rekaman 7.065 Industri, c) Bahan kimia dan barang dari bahan kimia 6.106 Industri, d) Farmasi, Produk Obat Kimia dan Obat Tradisional 8.943 Industri, e) Logam dasar

Timbal memiliki toksisitas yang tinggi ketika kontak dengan kulit manusia, sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum di buang ke lingkungan. Dampak yang timbul adalah badan air akan tercemar oleh timbal dan resiko karsinogenik lebih besar. Contoh terkini kontaminasi logam berat dan risiko kesehatan meliputi kasus penyakit Minamata, Jepang; bencana bendungan Bento Rodrigues di Brazil, kandungan timbal yang tinggi pada pasokan air minum kepada penduduk Flint, Michigan, di timur laut Amerika Serikat.

Hasil penelitian Hendra Eka dan Jojok Mukono (2016) dalam Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 9, No. 1 Januari 2017c: 66–74, bahwa keracunan akut Pb berpengaruh terhadap tekanan darah dan keracunan kronis menimbulkan hipertensi dan gangguan fungsi ginjal pada pada orang dewasa. Kadar Pb pada pekerja sebagai kelompok control yang tidak terpapar timbal menunjukkan kadar Pb darah ≤ 10 μg/d. Hasil penelitian ini

diperkuat oleh penelitian Chesaria Candra C. dkk (2016) bahwa Pb dapat mempengaruhi sistem syaraf, sistem ginjal, sistem reproduksi, sistem endokrin, dan jantung.

Hasil penelitian Irma Fatmayani (2022) tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Timbal Dan Kromium Pada Masyarakat Yang Mengonsumsi Kerang Marcia hiantina Di Perairan Selat Makassar dalam dalam Window of Public Heath Journal Volume 3 Nomor 2 (2022) menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dalam kerang berkisar antara 0,68-1,20 mg/kg. Intake Pb melalui konsumsi kerang bakalang sebesar 0,964 mg/kg/hari, Diketahui bahwa RQ Pb pada 80 responden RQ Pb 8,7 % ≤ 1, dan memiliki RQ >1 sebanyak 91,3%. https://jurnal.fkm.umi.ac.id/index.php/woph/article/view/384

Metode elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan limbah cair yang memanfaatkan reaksi kimia dari aliran listrik pada elektroda yang diduga dapat menjadi solusi permasalahan pengelolaan limbah cair di industri mengandung timbal. Alumunia (Al) salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai elektroda pada proses elektrokoagulasi dan Alumunium (Al) sebagai reduktor.

Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan Ferry Kriswandana dkk, (2019) menunjukkan bahwa Pb dalam air dapat tereduksi oleh elektroda alumunium pada proses elektrokoagulasi pada tegangan 20 Volt dan 10 ampere dengan waktu kontak 60 menit turun sebesar 85,21%. Hasil penelitian Winarko dkk, (2021) menunjukkan bahwa elektroda almunium yang paling efektif pada berjarak 20 Cm. Penelitian tahap II sebagai lanjutan tahap I yang dilakukan oleh Winarko dkk, (2022) melalui penambahan Ca(OH)2 dan Arang Aktif menunjukkan bahwa secara laboratorium penambahan Arang Aktif paling efektif pada elektrokoagulasi sebagai reduktor logam Pb (Timbal) dalam air menggunakan elektroda Aluminium dengan teegangan 20 Volt dan Waktu Kontak 60 menit dengan penurunan Pb sebesar 60,01 % menarik untuk dibuktikan konsitensi hasil melalui penelitian lapangan.

Menurut Juvita Ayu Puspitaloka dkk (2018) bahwa rata – rata kadar timbal (Pb) 0,235 mg/l. setelah perlakuan dengan variasi ketebalan arang aktif tempurung kelapa granul 4 cm turun menjadi sebesar 0,189 mg/l, 8 cm turun menjadi sebesar 0,184 mg/l, 12 cm turun menjadi sebesar 0,171 mg/l, 16 cm turun menjadi sebesar 0,161 mg/l, dan 20 cm turun menjadi sebesar 0,140 mg/l. Penelitian Juvita Ayu Puspitaloka menunjukkan bahwa Arang Aktif memiliki kemampuan menurunkan Pb (Timbal) dalam air. *Ida Hasmita, Herlina S. Manap, Eka Marya Mistar (2022)* Adsorpsi Pb Menggunakan Karbon Aktif dari Bambu Kuning (Bambusa Vulgaris Striata)

Teraktivasi KOH dalam jurnal Rona Teknik Pertanian Volume 15 Nomor 1, tahun 2022 menunjukkan bahwa menunjukkan daya adsorpsi Pb tertinggi pada laju alir 5 mL/menit, yaitu pada menit ke 100 menghasilkan konsentrasi effluent 5,82 mg/L. https://jurnal.usk.ac.id/RTP/article/view/22733. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki kemampuan mengadsorbis Pb.

Penelitian tahap ke tiga ini sebagai penerapan hasil penelitian laboratorium tahap Kedua dilaksanakan dengan memperhatikan roadmap penelitian Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya tahun 2019 s/d 2024 dengan Visi dan misi Poltekkes Kemenkes Surabaya", dengan salah satu sasarannya yaitu : "Dihasilkannya produk unggulan hasil penelitian dan teknologi tepat guna dalam bidang kesehatan". Roadmap Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya memuat roadmap penelitian Program Studi Kesehatan Lingkungan Surabaya untuk 4 (empat) tahun mendatang (2020 s/d 2023) dengan 5 (lima) grup kajian dan salah satunya adalah Pengelolaan Limbah dan Penyediaan Air.

Usulan Penelitian Lapangan tentang "Pengaruh Penambahan Arang Aktif Pada Elektrokoaggulasi Sebagai Reduktor Pb (Timbal) Dalam Air Limbah Pabrik Aki Menggunakan Elektroda Almunium Tegangan 20 *Volt* 10 *Ampere* Dengan Waktu Kontak 60 Menit". Penelitian Tahap III Tahun 2023 dilaksanakan melalui Eksperimen Lapangan.

B. Rumusan dan Batasan Masalah

1. Rumusan Masalah

   Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan penelitian dirumuskan sebagai berikut: "Apakah Penambahan Arang Aktif Pada Elektrokoaggulasi Menggunakan Elektroda Almunium Dengan Waktu Kontak 60 Menit Berpengaruh Terhadap Kadar Pb (Timbal) Dalam Air Limbah Perusahaan Aki Pada Eksperimen Lapangan Tahun 2023)?".

2. Batasan Masalah

   Permasalahan penelitian pada "Penambahan Arang Aktif Pada Elektrokoaggulasi Menggunakan Elektroda Almunium Dengan Waktu Kontak 60 Menit Berpengaruh Terhadap Kadar Pb (Timbal) Dalam Air Limbah Perusahaan Aki Pada Eksperimen Lapangan Tahun 2023" dilakukan pembatasan sebagai berikut:

   a. Reaktor Elektrokoagulasi system bacth :

      1) Ukuran bak reaktor : 30 Cm X 40 Cm X 40 Cm
      2) Ukuran Elektroda Almunium : 25 Cm X 30 Cm X 0,1 Cm

3) Jarak antar elektroda : 20 Cm
4) *Power Suply Swicthing* : 20 *Volt* 10 *Ampere*
5) Volume air limbah pada Reaktor : 30 liter
6) Waktu kontak : 60 menit

b. Arang Aktif:
1) Ukuran Bak Arang Aktif : 30 Cm X 40 Cm X 40 Cm
2) Volume Arang Aktif : 30 Cm X 40 Cm X 20 Cm (Tebal 20 Cm)

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Menganalisis Pengaruh Penambahan Arang Aktif Pada Elektrokoaggulasi Menggunakan Elektroda Almunium Berjarak 20 Cm, Tegangan 10 Volt, Kuat Arus 10 Ampere Dengan Waktu Kontak 60 Menit Terhadap Kadar Pb (Timbal) Dalam Air Limbah Perusahaan Aki Melalui Eksperimen Lapangan Tahun 2023.

2. Tujuan Khusus:
   a. Mengukur pH air limbah pada kontrol dan proses elektrokoagulasi selama 60 menit.
   b. Menganalisis penurunan kadar Pb sebelum dan sesudah 60 menit pada kontrol.
   c. Mengukur penurunan kadar Pb pada proses elektrokoagulasi sesudah 60 menit
   d. Mengukur penurunan kadar Pb pada penambahan arang aktif setelah proses elektrokoagulasi sesudah 60 menit.
   e. Menganalisis pengaru pH terhadap penurunan kadar pada control dan elekrokoagulasi menggunakan elektroda Almunium dengan waktu kontak 60 menit
   f. Menganalisis perbedaan penurunan kadar Pb pada control, Elektrokoagulasi dan Elektrokoagulasi dilanjutkan adsorbsi dengan arang aktif
   g. Menentukan efektifitas penambahan arang aktif pada elektrokoaglasi menggunakan elektroda Almunium berjarak 20 Cm, tengangan 20 Volt,kuat arus 10 Ampere dengan waktu kontak 60 menit.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian "Penambahan Arang Aktif Pada Elektrokoagulasi Meggunakan Elektroda Almunium Berjarak 20 Cm, Tegangan 20 *Volt*, Kuat Arus 10 *Anpere* dengan

waktu kontak 60 menit *system bacth* diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu alternatif teknologi tepat guna untuk menurunkan kadar Pb dalam air limbah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

1. Hasil Penelitian Tahap I Tahun 2021

   Peneltian pada tahap I tahun 2021 tentang jarak elektrokoagulasi menggunakan elektroda Almunium pada tegangan 20 Volt kuat arus 10 ampere dengan waktu kontak 60 menit menunjukkan hasil bahwa efektifitas paling baik terjadi pada reaktor dengan elektroda Almunium berjarak 20 cm dengan rata-rata penurunan Pb sebesar 0,024 mg/liter dan berbeda secara signifikan dengan jarak elektroda jarak 15 cm sebesar 0,018 mg/liter.

   Hasil penelitian ini sebagai dasar penelitian lanjutan pada tahap II tahun 2022, bahwa jarak elektroda Almunium 20 cm pada tegangan 20 Volt, kuat arus 10 Ampere dengan waktu kontak 60 menit dilanjutkan dengan penambahan Ca $(OH)_2$, Arang Aktif dan kombinasi penambahan Ca $(OH)_2$ dengan Arang Aktif melelui Eksperimen Laboratorium.

2. Hasil Penelitian Tahap II Tahun 2022

   Hasil penelitian tahap II tahun 2022 (Winarko, skk) tentang Pengaruh Penambahan Ca(OH)2 Dan Arang Aktif Pada Elektrokoaggulasi Sebagai Reduktor Pb (Timbal) Dalam Air Menggunakan Elektroda Almunium Dengan Tegangan 20 VOLT,Kuat Arus 10 Ampere dengan Waktu Kontak 60 Menit menunjukkan bahwa Efektifitas penurunan kadar Pb dalam air melalui proses elektrokoagulasi menggunakanElektroda Almunium berjarak 20 cm menggunakan tegangan 20 Volt dengan kuat arus 10 Ampere selama 1 jam terjadi pada perlakuan penambahan Arang Aktif sebesar 60,01 % dan penambahan gabungan Ca(OH)2 dan Arang Aktif sebesar 61, 86%, sedangkan penambahan Ca(OH)2 hanya 52,96 %, hampir sama dengan elektroda berjarak 20 Cm, yaitu 52%.

   Hasil ini sebagai dasar untuk eksperimen lapangan di Perusahaan Aki untuk membuktikan konsistensi hasil peneltian laboratorium di lapangan pada penelitian tahap III (tahap akhir) tahun 2023. Eksperimen lapangan dilakukan melalui Penambahan Arang Aktif pada elektrokoagulasi menggunakan elektroda Almunium berjarak 20 Cm pada tegangan 20 Volt kuat arus 10 Ampere dengan waktu kontak 60 menit menggunakan *system bath* untuk meneurunkan kada Pb air limbah Perusahaan Aki.

3. Peneltian Lain Terkait Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Alumnium

Penelitian Yunan Gumara Yudhistira, Endang Susilaningsih, dan Nuni Widiarti (2018) tentang Efisiensi Penurunan Kadar Logam Berat (Cr dan Ni) dalam Limbah Elektroplating secara Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dalam Indonesian Journal of Chemical Science, E-ISSN 2502-6844, 30 Mei 2018, Hal. 28 – 34 menunjukkan bahwa penurunan kadar logam berat krom (Cr) pada limbah elektroplating dengan waktu kontak 80 menit sebesar 60,63%. Perbedaanya padapenelitian ini pada kadar logam krom, jarak elektroda Almunium 1 cm dengan waktu kontak 80. Elektroda Almunium juga dapat digunakan sebagai elktroda paad elektrokoagulasi untuk logam lain selain Pb (https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/18936/10922).

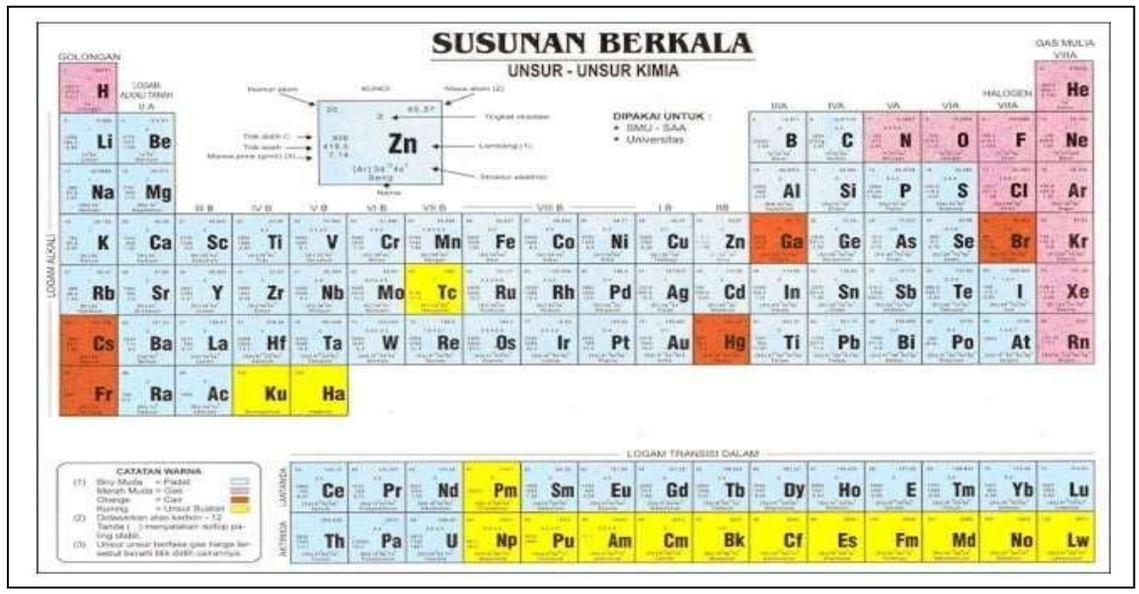
Penelitian lain dilakukan oleh Aji Prasetyaningrum, Dessy Ariyanti, Widayat, dan Bakti Jas (2021) Copper and Lead Ions Removal by Electrocoagulation: Process Performance and Implications for Energy Consumption, yang diterbitkan pada Internasional Journal of Renewable Energy Development, ISSN: 2252-4940, Vol.10 No.3, Hal. 415 – 424. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses Eletrokoagulasi dapat dijadikan salah satu alternatif metode untuk menghilangkan ion tembaga dan timbal dari air limbah electroplating pada pH 3: 73,86%, pH 5:85,21%, pH 7:90,54%, pH 9:99,38% dan pH 11: 83,34 %. Perbedaan penelitian ini terletak pada Reaktor EC untuk percobaan diisi dengan 60 liter air limbah, tegangan 0 – 30 Volt, kuat arus 0 – 8 Ampere dan lektroda Almunium berukuran lebar 5 cm, Panjang 10 cm dan tebal 1 mm (https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijred/article/view/31665/pdf).

B. Logam Berat

1. Pengertian dan Karakteristik

Menurut Badan Pengowas Obat Dan Makanan (2010), bahwa logam berat merupakan logam yang mempunyai berat jenis (specific gravity) 5,0 atau lebih, dengannomor atom antara 21 (scandium) dan 92 (uranium) dari Sistem Periodik Bahan Kimia(Gambar 2.1). Menurut Vouk (1986) terdapat 80 jenis dari 109 unsur kimia di muka bumiini yang telah teridentifikasi sebagai logam berat. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dapat dibedakan menjadi logam berat esensial dan logam berat non esensial.Logam berat merupakan unsur kimia yang siap membentuk ion (kation) dan memiliki ikatan logam. Logam merupakan salah satu dari tiga kelompok unsur yangdibedakan oleh sifat ionisasi dan ikatan, bersama dengan metaloid dan nonlogam. Sistem Periodik Bahan Kimia seperti

Nampak pada Gambar 2.1 berikut, garis diagonal digambar dari boron (B) ke polonium (Po) membedakan logam dari nonlogam. Unsur dalam garisini adalah metaloid, kadangkala disebut semi-logam; unsur di kiri bawah adalah logam;unsur ke kanan atas adalah nonlogam. Beberapa contoh logam terkenal adalah aluminium, tembaga, emas, besi, timah, perak, titanium, uranium, dan seng.



Gambar 2.1. Susunan Atom Berkala Unsur Kimia

Logam berat dapat didefinisikan berdasarkan kerapatan, sedangkan pada fisika, kriteria pembeda adalah nomor atom. Logam yang paling awal dikenal logam biasa seperti besi, tembaga, dan timah, dan logam mulia seperti perak, emas, dan platina adalahlogam berat. Sejak tahun 1809 dan seterusnya, ditemukan logam ringan, seperti magnesium, aluminium, dan titanium, dan juga logam berat yang kurang terkenal termasuk galium, talium, dan hafnium. Beberapa logam berat ada yang merupakan nutrisi esensial (biasanya besi, kobalt,dan seng), atau relatif tidak berbahaya (seperti ruthenium, perak, dan indium), tetapi dapat beracun dalam jumlah besar atau dalam bentuk tertentu. Logam berat lainnya, seperti kadmium, raksa, dan timbal, sangat beracun. Sumber potensi keracunan logam berat antara lain limbah penambangan dan industri, limpasan pertanian, paparan kerja, dan cat serta pengawetan kayu.

Kadmium, merkuri, dan timbal memiliki potensi terbesar yang dapat menyebabkankerusakan karena penggunaannya yang luas, toksisitas beberapa bentuk gabungan atau unsurnya, dan penyebarannya yang luas di lingkungan, misalnya, sangat beracun seperti uap raksa dan banyak senyawa raksa. Unsur ini memiliki affinitas yang kuat terhadap belerang; dalam tubuh manusia mereka biasanya terikat pada enzim, melalui gugus tiol (-SH), yang bertanggung jawab untuk mengendalikan

laju reaksi metabolik. Ikatan belerang-logam yang dihasilkan menghambat fungsi enzim yang terlibat; memperburukkesehatan manusia, kadang-kadang berakibat fatal. Kadmium menyebabkan penyakit tulang degeneratif; dan raksa dan timbal merusak sistem saraf pusat.

Karakterisasi fisika dan kimia logam berat harus dilakukan dengan hati-hati, karenalogam yang terlibat tidak selalu didefinisikan dengan baik. Selain relatif padat, logam berat cenderung kurang reaktif daripada logam yang lebih ringan dan memiliki sulfida dan hidroksida terlarut yang jauh lebih sedikit. Meskipun relatif mudah untuk mengenalilogam berat seperti tungsten dari logam yang lebih ringan seperti natrium, beberapa logam berat seperti seng, raksa, dan timbal memiliki karakteristik logam yang lebih ringan, sebaliknya logam yang lebih ringan seperti berilium, skandium, dan titanium memiliki beberapa karakteristik logam berat. Logam berat relatif langka di kerak bumi tetapi hadir dalam banyak aspek kehidupan modern. Mereka digunakan pada tongkat golf, mobil, antiseptik, oven yang dapat membersihkan sendiri, plastik, panel surya, telepon genggam, dan partikel (Goldsmith, 2012).

2. Toksisitas Logam Berat

Efek toksik logam berat yang lebih serius, termasuk kanker, kerusakan otak atau kematian, dan bukan bahaya yang dapat menyebabkan salah satu dari kulit, paru-paru, perut, ginjal, hati, atau jantung. Logam berat sering dianggap sangat beracun atau merusak lingkungan, beberapa lainnya beracun jika dan hanya jika dikonsumsi berlebihan atau ditemui dalam bentuk tertentu (Koparal, 2012).

3. Peran Biologis

Sejumlah renik membutuhkan beberapa logam berat yang diperlukan untuk proses biologis tertentu. Menurut Renk (2009) bahwa logam tersebut adalah besi dan tembaga (untuk transportasi oksigen dan elektron); kobalt (sintesis kompleks dan metabolism sel); seng (hidroksilasi); vanadium dan mangan (fungsi dan pengatur enzim); kromium (pemanfaatan glukosa); nikel (reproduksi sel); arsenik (pertumbuhan metabolik pada beberapa hewan dan mungkin pada manusia).

C. Timbal (Pb)

Timbal mempunyai berat atom 207,21; berat jenis 11,34; bersifat lunak serta berwarnabiru atau silver abu - abu dengan kilau logam, nomor atom 82 mempunyai titik leleh 327,4ºCdan titik didih 1.620ºC. Timbal termasuk logam berat ”trace metals” karena mempunyai berat jenis lebih dari lima kali berat jenis air. Timbal adalah sebuah

unsur yang biasanya ditemukan di dalam batu - batuan, tanah, tumbuhan dan hewan. Timbal adalah unsur kimia dengan Lambang Pb dan nomor atom 82. Unsur ini merupakan logam berat dengan massa jenis yang lebih tinggi daripada banyak bahan yang ditemui sehari-hari. Sifat timbal memiliki kepadatan yang tinggi, titik leleh rendah, kemudahan ditempa dan tahan korosi (Trimitanmetals, 2020).

Timbal 95% bersifat anorganik dan pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air. Selebihnya berbentuk timbal organik. Timbalorganik ditemukan dalam bentuk senyawa Tetra Ethyl Lead (TEL) dan Tetra Methyl Lead (TML). Jenis senyawa ini hampir tidak larut dalam air, namun dapat dengan mudah larut dalam pelarut organik misalnya dalam lipid. Waktu keberadaan timbal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti arus angin dan curah hujan. Timbal tidak mengalami penguapan namun dapat ditemukan di udara sebagai partikel. Karena timbal merupakan sebuah unsur maka tidak mengalami degradasi (penguraian) dan tidak dapat dihancurkan (Sudarwin 2008).

Timbal (Pb) adalah kontaminan logam berat yang paling umum Tingkatannya di lingkungan perairan masyarakat industri diperkirakan dua sampai tiga kali tingkatan di masa pra-industri. Sebagai komponen tetraetil timbal, $(CH_3CH_2)_4Pb$, timbal digunakan secara luas dalam bensin selama tahun 1930-1970. Logam berat lainnya yang dicatat untuk sifat potensi bahayanya, biasanya sebagai polutan toksik lingkungan, termasuk mangan (kerusakan sitem saraf pusat. Nikel (karsinogen), tembaga, seng, selenium, dan perak (gangguan endokrin, kelainan bawaan, atau efek keracunan umum pada ikan, tumbuhan, unggas, atau organismeair lainnya); timah, sebagai organotimah (kerusakan sistem saraf pusat); antimon (ditengarai karsinogen);dan talium (kerusakan sistem saraf pusat) (Mukimin, 2009).

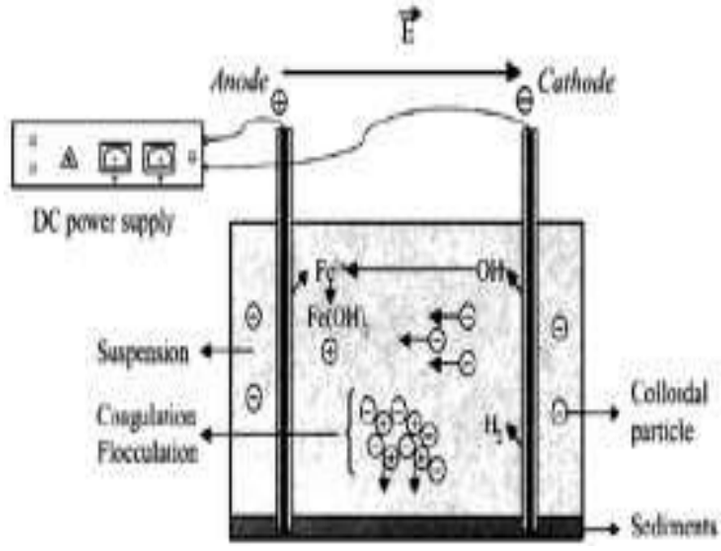
Keracunan timbal adalah kondisi ketika seseorang mengalami pengendapan timbal didalam tubuh. Timbal itu sendiri merupakan unsur kimia berbentuk logam yang sangat beracun bagi tubuh. Racun timbal dapat merusak fungsi organ dan sistem tubuh manusia, terutama anak-anak. Timbal dapat masuk ke dalam tubuh jika terserap melalui kulit, tertelan, atau terhirup.Tidak ada batas aman untuk kadar timbal dalam tubuh, bahkan kadar timbal yang rendah tetap dapat menyebabkan gangguan kesehatan.

Paparan timbal dalam jumlah kecil secara terus-menerus akan dapat terakumulasi di dalam tubuh sampai kadarnya cukup untuk menimbulkan gejala keracunan. Akumulasi timbal pada akhirnya menimbulkan gejala bisa berlangsung dalam hitungan bulan hingga tahun. Anak-anak berusia di bawah 6 tahun merupakan

kelompok yang rentan terhadap keracunan timbal karena sering memasukkan benda atau jari tangan ke dalam mulut. Meski begitu, siapa pun bisa saja mengalami keracunan timbal.

D. Prinsip Kerja Elektrokoagulasi

Prinsip kerja metode elektrokoagulasi adalah dengan menggunakan dua buah lempeng elektroda yang dimasukkan ke dalam reaktor berisi limbah cair yang akan diolah. Kedua elektroda dialiri arus listrik searah (DC) sehingga terjadi proses elektrokimia yang menyebabkan ion positif (kation) bergerak menuju katoda yang bermuatan negatif. Ion-ion negatif (anion) bergerak menuju anoda yang bermuatan positif selanjutnya akan terbentuk suatu flokulan yang akan mengikat kontaminan maupun partikel-partikel dari limbah cair tersebut. Suatu aliran listrik mampu menyebabkan destabilitasi unsur-unsur partikel atau senyawa terikat, diantaranya senyawa logam, hidro karbon, dan organik. Aliran listrik saat tidak stabil menyebabkan muatan partikel dan ion menarik unsur atau senyawa lain hingga terbentuk senyawa yang sangat stabil (Mukimin, 2009). Gambar 2.2 menunjukkan mekanismeyang terjadi di dalam reaktor elektrokoagulasi.



Gambar 2.2. Mekanisme Elektrokoagulasi (Ni'am *et al.*2007)

Elektrokoagulasi digunakan untuk mengolah limbah cair yang mempunyai sifat elektrolit cukup tinggi dikarenakan akan adanya hubungan singkat antar elektroda, besarnya reduksi logam berat dalam cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus voltase listrik searah pada elektroda, luas sempitnya bidang kontak elektroda dan jarak antar elektroda, penggunaan listrik yang mungkin mahal dan plat elektroda dapat terlarut sehingga harus selalu diganti.

Menurut Rusdianasari (2013), kelebihan proses pengolahan limbah dengan elektrokoagulasi antara lain:

1 Flok yang dihasilkan elektrokoagulasi ini sama dengan flok yang dihasilkan koagulasi biasa.
2 Lebih cepat mereduksi kandungan koloid atau partikel yang paling kecil, halini disebabkan pengaplikasian listrik ke dalam air akan mempercepat pergerakan partikel di dalam air dengan demikian akan memudahkan proses.
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,
5 Tidak memerlukan pengaturan pH.
6 Tidak perlu menggunakan bahan kimia tambahan.

Persamaan redoks yang terjadi pada keseluruhan proses elektrokoagulasi:R: $2H_2O + 2e^- \; H_2 + 2OH^-$ x3 O : $Al(s)^{3+} + 3e^-$ x2

Redoks :

$6H_2O+6e^-2+6OH^-2Al^{3+}+6e6H_2O+2Al\ 3H_2+6OH\ +2Al3+2Al\ (OH)_3 + 3H_2$

Selanjutnya aluminium hidroksida akan mendestabilisasi partikel pencemar dan membentuk flok yang berfungsi sebagai adsorben dan dapat menyebabkan prespitasi ion logam sehingga dapat menurunkan partikel pencemar.

Proses elektrokoagulasi dipengaruhi oleh kuat arus listrik dan densitas arus (Novita, 2017), jarak elektroda (Ahmed Samir, N., dkk, 2015), jenis elektroda (Saptati&Himma, 2017), waktu kontak (Novita, 2017), tegangan (Saptati&Himma, 2017), pH (Merzoukdkk, 2019), dan luas permukaan elektroda efektif (Atina, 2015).

E. Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Proses Elektrokoagulasi

1. Suhu

Semakin tinggi suhu dalam cairan semakin cepat proses oksidasi yang dilakukan karena semakin besarnya energi aktifasinya. Namun, terdapat efek negatif jika suhu terlalu tinggi akan menyebebakan terpecahnya flok yang sudah terbentuk.

2. Kuat Arus Listrik dan Densitas Arus

Menurut Novita, (2017) kuat arus listrik memiliki pengaruh dalam pembentukan flok karena kuat arus listrik lah yang akan mempengaruhi banyaknya ion Al^{3+} yang berasal dari anoda dilepaskan sebagai agen koagulan. Kuat arus listrik

semakin besar maka mampu menghasilkan efisiensi penurunan COD dan warna pada limbah cair batik, namun kuat arus listrik berkaitan dengan pemakaian listrik untuk proses. Densitasatau kerapatan arus listrik adalah satuan yang menyatakan besarnya arus listrik yang mengalir dalam suatu permukaan. Menurut Saptati & Himma, (2017) kerapatan arus listrik memiliki kaitan erat dengan pemeliharaan elektroda. Pemeliharaan elektroda dapat diminimasi dengan penggunaan densitas arus antara 20-25 A.

3. Jarak Elektroda

Besarnya jarak elektroda mempengaruhi hambatan proses elektrolisis sehingga semakinrenggang jarak elektroda semakin besar pula hambatan yang diakibatkan oleh larutan. Jarak elektroda yang besar akan mengakibatkan kerugian ohmik sehingga akan menyebabkan berkurangnya optimalisasi proses.

4. Jenis Elektroda

Jenis elektroda dalam hal ini adalah jenis logam penghantar listrik yang terdiri dari anoda dan katoda. Anoda dan katoda harus memiliki penjumlahan energi potensial (yang dilihat berdasarkan deret volta) lebih dari 0 agar terpenuhi syarat terjadinya reaksi spontan. Pemilihan elektroda menjadi faktor penting dalam opimalisasi proses elektrokoagulasi. Elektroda yang biasanya digunakan dalam proses elektrokoagulasi umumnya adalah Alumunium-Ferri, Ferri-Alumunium, dan logam lainnya. Elektroda semakin lama akan semakin pasif atau akan semakin menurun kemampuannya dalam melakukan proses elektrolisis oleh karena itu jika diperlukan dapat dilakukan pencucian elektroda secara berkala untuk perawatan elektroda (Saptati & Himma, 2017)

5. Waktu Kontak

Waktu kontak elektrokoagulasi adalah lamanya perlakuan pada limbah cair denganmetode elektrokoagulasi. Menurut penelitian Dwi & Agung, (2012) semakin lama waktu kontak limbah pada elektroda maka semakin banyak pula ion-ion yang menempel pada elektroda. Sedangkan menurut Novita, (2017), waktu kontak memiliki pengaruh terhadap banyaknya ion yang berasal dari elektroda yang dilepaskan ke limbah cair.

6. Tegangan

Proses elektrokoagulasi memanfaatkan perubahan kimia oleh alur listrik pada medium yang disebabkan beda potensial maka perlu diperhatikan jarak antar medium, dan jenis medium yang digunakan. Tegangan listrik pada elektroda mempengaruhi konsumsi listrik yang diperlukan dalam proses elektrokoagulasi.

Semakin tinggi tegangan konsumsi listrik juga semakin besar.

7. Kadar Keasaman Larutan (pH)

Proses elektrolisis pada metode elektrokoagulasi ini akan menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida. Jika semakin banyak hidrogen dan ion hidroksida maka akan berdampak pada pH yang akan cenderung naik (bersifat basa). Menurut penelitian Merzouk *et* al., (2009) dekolorisasi pewarna pada limbah cair tekstil tidak maksimal pada pH $\pm$ 3,16 sedangkan pH optimum untuk proses dekolorisasi warna sebesar 80-90% ketika pH antara 4,1-9,0.

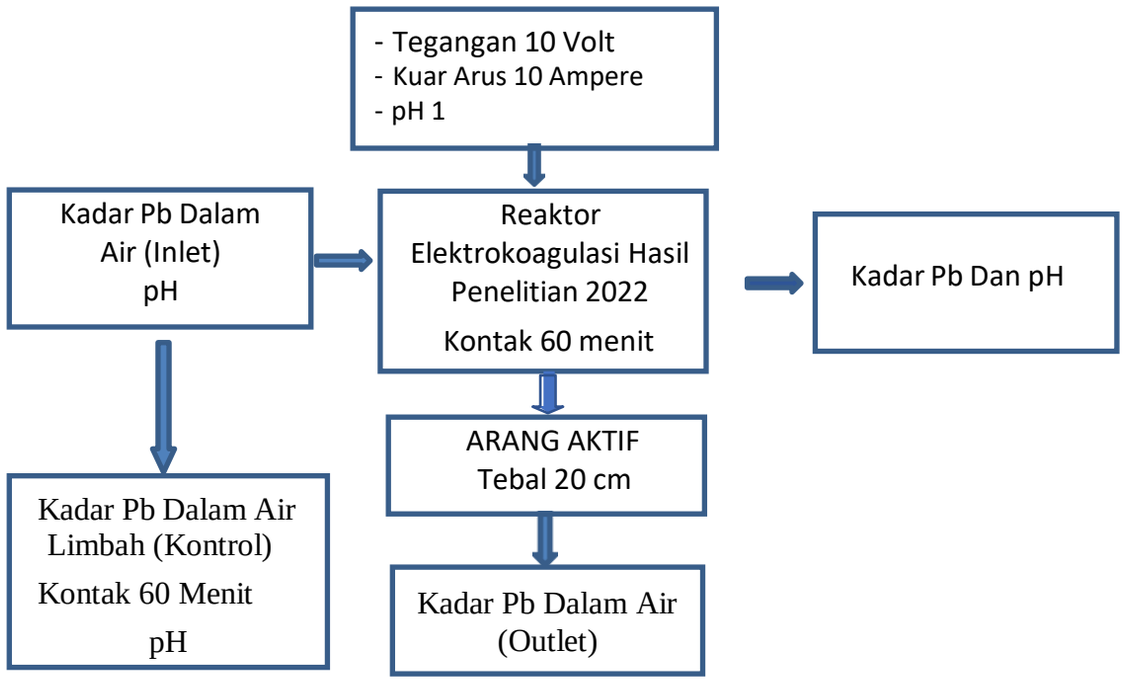
8. Luas Permukaan Elektroda Efektif

Luas permukaan elektroda efektif adalah luas permukaan elektroda yang tercelup pada suatu larutan atau air limbah yang diolah. Semakin besar luas permukaan elektroda tercelup, maka semakin mudah elektroda tersebut dalam mentransfer elektron- elektronnya. Sedangkan apabila luas permukaan elektroda yang tercelup kecil, maka akan mempersulit elektroda untuk mentransfer elektron, yang mengakibatkan proses elektrolisis akan berjalan lambat (Atina, 2015).

F. Kerangka Konsep Dan Hipotesis

1. Kerangka Konsep

Kerangka konsep "Pengaruh Penambahan Ca(OH)2 Dan Arang Aktif Pada Elektrokoaggulasi Sebagai Reduktor Pb (Timbal) Dalam Air Menggunakan Elektroda Almunium Dengan Tegangan 20 VOLT Dan Waktu Kontak 60 Menit tersebut pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 2.3. Kerangka Konsep Penelitian

2. Hipotesis

Berdasarkan landasan teori tersebut, maka hipotesis penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut : “Penambahan Arang Aktif Pada Elektrokoagulasi Sebagai Reduktor Logam Pb (Timbal) Dalam Air Limbah Perusahaan Aki Menggunakan Elektroda Aluminium Dengan Tegangan 20 Volt Dan Waktu Kontak 60 Menit Melalui Penelitian Lapangan”.

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Rancang Bangun dan Disain Penelitian

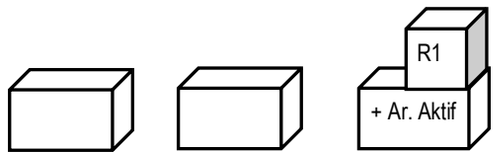
Rancang bangun penelitian adalah *True eksperimental* yang dilaksanakan di laboratorium dengan disain *post test only control group design* yaitu suatu desain penelitian yang terdiri dari kelompok control dan kelompok eksperimen yang berjumlah 3 perlakuan. Adapun disain penelitiannya sebagai berikut :

- (R1) X O1 (Perlakuan 1)
- (R2) X O2 (Perlakuan 2)
- (Ro) Oo (Kontrol)

Keterangan :

- R1 perlakuan berdasarkan hasil penelitian 2021 dan 2022
- R2 perlakuan R1 dilanjutkan proses adsorbsi dengan media arang aktif hasil penelitian 2022
- Ro tanpa perlakuan (kontrol)

Rancangan eksperimen dan control, selanjutnya diambil sampel untuk pemeriksaan kadar Pb sebagaimana nampak pada gambar 4.1 berikut ini.



(Ro) (R1) (R2)

Gambar 3.1 Desain Penelitian

B. Besar Sampel

Replikasi digunakan untuk melakukan validasi dan homogenisasi terhadap sampel. Besar sampel dihitung berdasarkan rumus replikasi sesuai dengan jumlah perlakuan menurut Prihanti, (2016) dihitung menggunakan rumus Federer sebagai berikut.

$(t-1) \times (r-1) \geq 15$

r= jumlah replikasi

t = jumlah perlakuan dan control (5)

Dalam penelitian ini terdapat 2 perlakuan dan 1 kontrol. Maka jumlah replikasinya yaitu :

$$(2-1) \times (r-1) \geq 15$$
$$(r-1) \geq 15$$

$r - 1 \geq 15$

$r \geq 15 + 1$

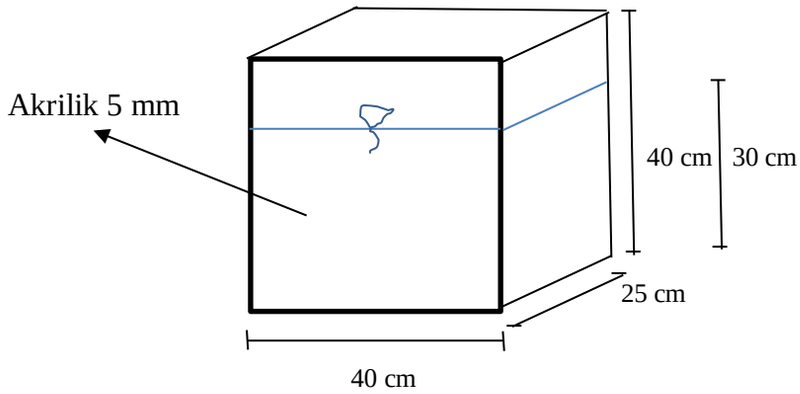
$\mathbf{r \geq 16}$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, didapatkan hasil replikasi 16 kali. Besar sampel penelitian didapatkan dari jumlah replikasi dikali jumlah perlakuan (2) ditambah kontrol (1), total replikasi adalah 16 × 3 = 48 sampel.

C. Alur Penelitian

1. Menyiapan tempat atau media eksperimen

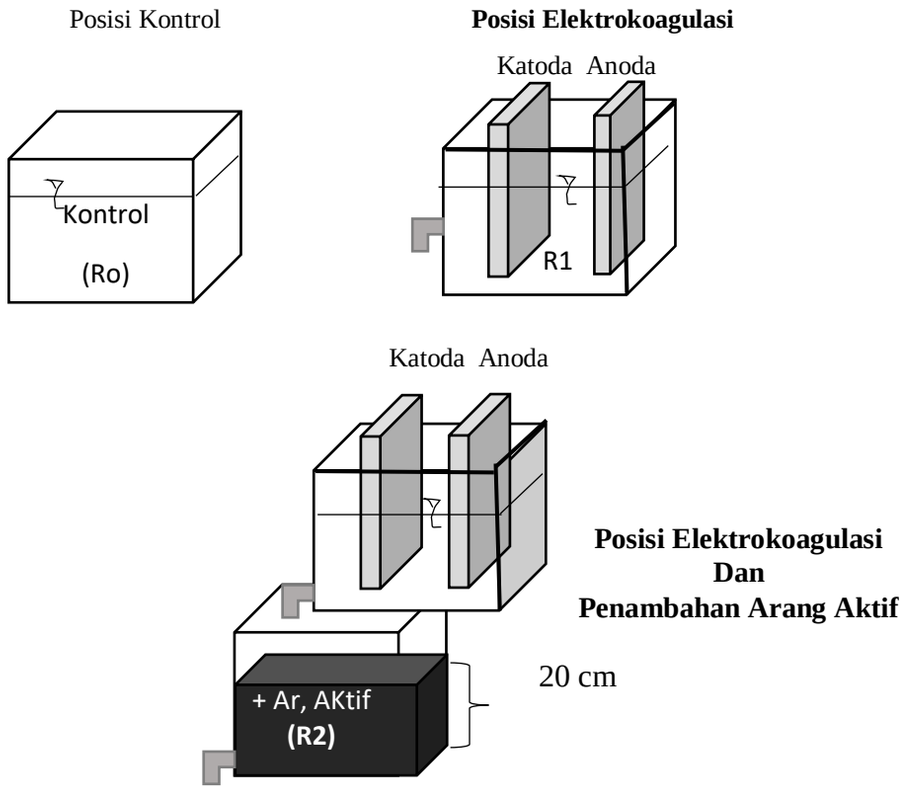
   Media yang dirancang untuk penelitian diberi air yang mengandung Pb sebanyak 30 liter. Dimensi media reaktor berupa kotak kaca berkapasitas 40 liter (Dimensi p x l x t = 40 cm x 25 cm x 40 cm), tampak pada gambar 4.2



Gambar 3.2. Bak Reaktor Elektrokoagulasi

2. Menyiapkan peralatan elektrokoagulasi

   Menyiapkan elektroda sesuai dengan jarak efektif 20 cm (hasil penelitian tahun 2021), kemudian masing-masing elektroda pada perlakuan yang akan dialiri tegangan listrik sebesar 20 volt dengan kuat arus 10 ampere dan timer sebagai waktu kontak 60 menit.
3. Menyiapkan bahan berupa air limbah Pabrik Aki dengan pH 4
4. Menyiapkan bahan berupa Arang Aktif Tempurung kelapa.
5. Masukan Arang Aktif ke dalam bak reactor setebal 20 cm.
6. Mengambil sampel untuk pemeriksaan Laboratorium kadar Pb sebelum digunakan.
7. Menuangkan bahan berupa air limbah Pabrik Aki ke dalam bak reaktor sebanyak 30 liter pada control, perlakuan 1 dan perlakuan 2.
8. Memasukan sepasang elektroda yang telah disiapkan ke dalam reaktor
9. Menjalankan reaktor dengan waktu kontak selama 60 menit.
10. Mengambil sampel pada kontrol dan perlakuan (gambar 4.3)
11. Pemeriksaan kadar Pb pada laboratorium.



Gambar 3.3. Tatalaksana Proses Eksperimen Lapangan

D. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

Variabel dan definisi operasional masing-masing variable penelitian tersebut pada tabel 4.1 berikut ini

Tabel 3.1

Definisi Operasional Penelitian

No	Variabel	Definisi	Parameter	Skala
1	Jarah elektroda	Bentangan katoda bermuatan listrik negatif dengan anoda bermutan listrik positif yang dinyatakan dalam cm	cm,	Rasio
2	Arang Aktif Tempurung Kelapa	Butiran arang aktif dari tempurung kelapa sebagai media adsorben setebal setebal 20 cm	20 cm	Rasio
3	Penurunan Timbal (Pb) dalam air	Pengurangan kadar timbal (Pb) dalam air sebelum dan sesudah elektrokoagulasi dengan tegangan 20 volt, kuat arus 10 ampere selama 60 menit dalam satuan mg/l	Persen	Rasio
4	pH	Keasaman air limbah sebelum dan sesudah proses yang diukur dengan Pengukur pH.	Angka	Rasio

E. Teknik Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan langsung oleh peneliti melalui pengambilan sampel sebelum Proses dan setelah proses Elektrokoagulasi dan Penambahan Arang Aktif untuk

pemeriksaan laboratorium dan pengukuran lapangan, sedangkan data sekunder dikumpulkan melalui penelusuran dokumen (referensi).

F. Pengolahan dan Analisis Data

Data yang telah terkumpul dalam kegiatan penelitian selanjutnya diolah dan dianalisis melalui uji Anova Satu Arah atau *One-way Anova* dengan alpha 5%. Sebelum analisis dilakukan uji normalitas dan jika tidak berdistribusi normal, uji hipotesis dilakukan menggunakan uji *Kruskal Wallis*.

Selanjutnya, apabila hasil uji perbedaan terdapat perbedaan kadar Pb dari setiap perlakuan, maka perlu dilakukan uji lanjutan yaitu menggunakan uji *Post-Hoc* yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan mean penurunan parameter uji. Selanjutnya, efektifitas jarak ditentukan berdasarkan prosentase penurunan timbal (Pb) setelah perlakuan.

G. Tahapan Penelitian dan Bagan Alir Penelitian

1. Tahapan Penelitian

a. Tahap Pertama (Tahun 2021)

Penelitian tahap pertama sebagai usulan penelitian tahun 2021 “Pengaruh Jarak Elektroda Aluminium Pada Elektrokoagulasi Sebagai Reduktor Logam Pb (Timbal) Dalam Air Menggunakan Tegangan 20 Volt Dengan Waktu Kontak 60 Menit” merupakan lanjutan penelitian terdahulu yang berjudul “Elektrokoagulasi Sebagai Reduktor Logam Berat Pb (Timbal) Dan Hg Dalam Air”. Luaran pada penelitian berupa model/disain pengolahan Pb dalam air dengan sertifikat HaKI dan Publikasi pada jurnal Internasional bereputasi.

b. Tahap Kedua (Tahun 2022)

Pengembangan model dengan penambahan Ca(OH)2 dan Arang Aktif tempurung kelapa untuk meningkatkan kinerja lektrokoagulasi menggunakan elektroda Aluminium lebih baik lagi dalam menurunkan timbal (Pb). Luaran hasil penelitian ini berupa model dengan sertifikat HaKI dan Publikasi dalam Jurnal Internasiona bereputasi,

c. Tahap Ketiga (Tahun 2023)

Penelitian ketiga merupakan penelitian tahap akhir pada penelitian ini sesuai dengan peta berjalan yang direncanakan. Penelitian ketiga atau tahap akhir ini

merupakan penelitian lapangan dari hasil terbaik berdasarkan penelitian tahap kedua yang diterapkan di dunia nyata pada industri yang berindikasi adanya kandungan timbal (Pb) pada air limbahnya. Luaran hasil penelitian ini berupa model dengan sertifikat HaKI, dan Publikasi dalam Jurnal Internasiona bereputasi,

2. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian berikut ini menggambarkan alur yang tahapan sesuai dengan sekuen waktu dan indicator capaian penelitian sesuai dengan peta jalan penelitin sebagaimana tersebut pada gambar 4.3 berikut ini.

TAHAPAN	KEGIATAN PENELITIAN	INDIKATOR CAPAIAN
Awal (tahun 2020)	Uji Fungsi Elektrokoagulasi Sebagai Reduktor Pb	Laporan Penelitian berupa "Model atau Disain"
Awal tahun (tahun 2021)	**Penelitian Laboratorium** Pengaruh Jarak Elektroda Al Pada Elektrokoagulasi Sebagai Reduktor Logam Pb (Timbal) Dalam Air Menggunakan Tegangan 20 Volt Dengan Waktu Kontak 60 Menit	1. Tahun 2021 (T+0) HaKI. 2. Tahun 2022 (T+1) Publikasi Jurnal Internasional bereputasi
Tahun Kedua (tahun 2022)	**Penelitian Laboratorium** Efektifitas antara Elektroda Aluminium Pada Elektrokoagulasi Sebagai Reduktor Logam Pb (Timbal) Dalam Air dan tambahan Ca(OH)2 dan tambahan arang aktif tempurung kelapa	1. Tahun 2022 (T+0) HaKI 2. Tahun 2022 Submit Jurnal Internasional 3. Tahun 2023 (T+1) Terbit Jurnal Internasional
Tahun Ketiga (tahun 2023)	**Penelitian Lapangan** Penerapan Hasil Penelitian Laboratorium Tahun kedua (Tahun 2022)	1. Tahun 2023 (T+0) Paten sederhana proses tedaftar di DJKI Paten Kemenkumham RI (proses pemeriksaan Substansi) 2. HaKI siaran radio

		3. Tahun 2024 (T+1) Publikasi Jurnal Internasional

Gambar 3.3. Bagan Alir Penelitian Tahapan Penelitian Dan Luaran

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Nilai pH Air Limbah Perusahaan Aki Sebelum Dan Sesudah Elektrokoagulasi

   Hasil pengukuran) Air Limbah Perusahaan Aki sebelum dan sesudah Elektrokoaglasi Menggunakan Elektroda Almunium dengan waktu kontak 60 menit tersebut pada tabel IV.1 berikut ini.

Tabel IV.1

Distribusi pH Air Limbah Perusahaan Aki S Sebelum Dan Sesudah Elektrokoagulasi Dengan Waktu Kontak 60 Menit Di Lapangan Tahun 2023

Replikasi Ke	pH		Penurunan pH	
	Sebelum	Sesudah	N	%
1	1	1	0	0
2	1	1	0	0
3	1	1	0	0
4	1	1	0	0
5	1	1	0	0
6	1	1	0	0
7	1	1	0	0
8	1	1	0	0
9	1	1	0	0
10	1	1	0	0
11	1	1	0	0
12	1	1	0	0
13	1	1	0	0
14	1	1	0	0
15	1	1	0	0
16	1	1	0	0
Jumlah	**16**	**16**	**0**	**0**
Kisaran	**1**	**1**	**0**	**0**
Rata-Rata	**1**	**1**	**0**	**0**

Hasil peneltian pH air Limbah Perusahaan Aki sebelum dan sesudah Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm dengan waktu kontak 60 menit sebesar 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa pH air limbah Perusahaan Aki sebesar 1 tidak mengalami perubahan.

2. Penurunan Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Sebagai Kontrol

Hasil pemeriksaan laboratorium kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki sebagai kontrol sebelum dan sesudah 60 menit (lampiran 2) tersebut pada table IV.2 berikut ini.

Tabel IV.2

Distribusi Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Pada Kontrol Sebelum Dan Sesudah 60 Menit Di Lapangan Tahun 2023

Replikasi Ke	Kadar Pb Kontrol (,g/L)		Penurunan Kadar Pb Pada Kontrol (mg/L)	
	Sebelum	Sesudah	N	%
1	11.25	11.21	0.04	0.36
2	10.73	10.69	0.04	0.37
3	11.64	1162	0.02	0.17
4	10.59	10.56	0.03	0.28
5	10.22	10.18	0.04	0.39
6	10.14	10.11	0.03	0.30
7	10.15	10.10	0.05	0.50
8	10.16	10.15	0.01	0.10
9	10.23	10.21	0.02	0.20
10	10.22	10.19	0.03	0.29
11	9.72	9.68	0.04	0.41
12	9.88	9.84	0.04	0.41
13	9.98	9.94	0.04	0.40
14	8.21	8.17	0.04	0.49
15	8.68	8.62	0.06	0.69
16	8.41	8.37	0.04	0.48
Jumlah	**160.2**	**159,64**	0.57	5.84
Kisaran	**8,41-11,64**	**8,11-11,21**	0.01 -0.06	0.10 – 0.69
Rata-Rata	**10,01**	**10.00**	0.04	0.37

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada penurunan kadar Pb (Timbal) pada Air Limbah Perusahaan Aki sebagai kontrol sesudah 60 menit berkisar antara 0, 1- 0,69 % dengan rata-rata penurunan sebesar 0,37% dan hasil uji - t menunjukkan penurunan yang bermakna dengan nilai p sebesar 0,000.

3. Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Sebelum Dan Sesudah Elektrokoagulasi

Hasil pemeriksaan laboratorium kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki sebelum dan sesudah Elektrokoaglasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20

cm pada tegangan 20 Volt,kuat arus 10 Ampere dengan waktu kontak 60 menit (lampiran 3) tersebut pada tabel IV.3 berikut ini.

Tabel IV.3

Distribusi Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Sebelum Dan Sesudah Elektrokoagulasi Dengan Waktu Kontak 60 Menit Di Lapangan Tahun 2023

Replikasi Ke	Kadar Pb Kontrol (,g/L)		Penurunan Kadar Pb Pada Kontrol (mg/L)	
	Sebelum	Sesudah	n	%
1	11.25	4.12	7.13	63.4
2	10.73	3.98	6.75	62.9
3	11.64	4.28	7.36	63.2
4	10.59	3.76	6.83	64.5
5	10.22	3.95	6.27	61.4
6	10.14	2.98	7.16	70.1
7	10.15	3.08	7.07	69.7
8	10.16	2.64	7.52	74.0
9	10.23	2.71	7.52	73.5
10	10.22	2.29	7.93	77.6
11	9.72	1.98	7.74	79.6
12	9.88	2.26	7.62	77.1
13	9.98	2.13	7.85	78.7
14	8.21	1.99	6.22	75.8
15	8.68	1.74	6.94	80.0
16	8.41	1.89	6.52	77.5
Jumlah	**160.2**	**45.78**	**114.43**	**1.149**
Kisaran	**8,41-11,64**	**1.74 – 4,28**	**6.22 – 7.93**	**62.9 – 80.0**
Rata-Rata	**10,01**	**2.86**	**7.15**	**71.81**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penurunan kadar Pb (Timbal) pada Air Limbah Perusahaan Aki sesudah Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm dengan waktu kontak 60 menit berkisar 6,22 – 7.93 mg/L dengan rata-rata 7,15 mg/L atau sebsar 71,81% dan hasil uji-t menunjukkan penurunan yang bermakna nilai p sebesar 0,000.

4. Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Sebelum Dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi

Hasil pemeriksaan laboratorium kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki sebelum dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoaglasi menggunakan

Elektroda Almunium berjarak 20 cm pada tegangan 20 Volt, kuat arus 10 Ampere dengan waktu kontak 60 menit (lampiran 3) tersebut pada tabel IV. berikut ini.

Tabel IV.4

Distribusi Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Sebelum Dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi Dengan Waktu Kontak 60 Menit Di Lapangan Tahun 2023

Replikasi Ke	Kadar Pb Kontrol (,g/L)		Penurunan Kadar Pb Pada Kontrol (mg/L)	
	Sebelum	Sesudah	N	%
1	11,25	2,85	8,40	74,7
2	10,73	3,12	7,61	70,9
3	11.64	2,77	8,87	76,2
4	10,59	2,92	7,67	72,4
5	10,22	3,41	6,81	66,6
6	10,14	2,53	7,61	75,1
7	10,15	2,46	7,69	75,8
8	10,16	2,07	8,09	79,6
9	10,23	2,36	7,87	76,9
10	10,22	1,94	8,28	81,0
11	9,20	1,83	7,89	81,2
12	9,80	1,98	7,90	80,0
13	9,98	1,76	8,22	82,4
14	8,21	1,66	6,55	79,8
15	8,68	1,32	7,36	84,8
16	8,41	1,26	7,15	85,0
Jumlah	**160,2**	**36,24**	**123,97**	**1.242,4**
Kisaran	**8,41-11,64**	**1,74 – 4,28**	**6,81 – 8,87**	**66,6 – 85,0**
Rata-Rata	**10,01**	**2,27**	**7,75**	**80,3**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penurunan kadar Pb (Timbal) pada Air Limbah Perusahaan Aki dengan penambahan Arang Aktif sesudah Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm dengan waktu kontak 60 menit berkisar 6,81 – 8,87 mg/L dengan rata-rata 80,3 mg/L (Penurunan sebesar 80,3 %) dan hasil uji-t menunjukkan penurunan yang bermakna nilai p sebesar 0,000.

5. Pengaruh pH terhadap Penurunan Kadar Pb (Timbal) Pada Elektrokoaglasi

Hasil pengukuran penurunan pH dan kadar Pb (Timbal) sesudah proses Elektrokoagulasi Air Limbah Perusahaan Aki tersebut pada table IV.5 berikut ini.

Tabel IV.5

Distribusi pH dan Kadar Pb Air Limbah Perusahaan Aki Sebelum Dan Sesudah Elektrokoagulasi Dengan Waktu Kontak 60 Menit Di Lapangan Tahun 2023

Replikasi Ke	Penurunan pH			Penurunan Kadar Pb Pada Elektrokoagulasi (mg/L)		
	Sebelum	Sesudah	Penurunan	Sebelum	Sesudah	Penurunan
1	1	1	0	11.25	4.12	7.13
2	1	1	0	10.73	3.98	6.75
3	1	1	0	11.64	4.28	7.36
4	1	1	0	10.59	3.76	6.83
5	1	1	0	10.22	3.95	6.27
6	1	1	0	10.14	2.98	7.16
7	1	1	0	10.15	3.08	7.07
8	1	1	0	10.16	2.64	7.52
9	1	1	0	10.23	2.71	7.52
10	1	1	0	10.22	2.29	7.93
11	1	1	0	9.72	1.98	7.74
12	1	1	0	9.88	2.26	7.62
13	1	1	0	9.98	2.13	7.85
14	1	1	0	8.21	1.99	6.22
15	1	1	0	8.68	1.74	6.94
16	1	1	0	8.41	1.89	6.52
Jumlah	**16**	**16**	**0**	**160.2**	**45.78**	**114.43**
Kisaran	**1**	**1**	**0**	**8,41-11,64**	**1.74 – 4,28**	**6.22 – 7.93**
Rata-Rata	**1**	**1**	**0**	**10,01**	**2.86**	**7.15**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH Air Limbah Perusahaan Aki tidak mengalami penurunan selama proses Elektrokoagulasi, sedangkan kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki mengalami penurunan berkisar 6,22 – 7,93 dengan rata-rata 7,15 mg/L, sehingga dapat disimpulkan bahwa pH tidak berpengaruh terhadap penurunan kadar Pb (Timbal) pada proses Elektrokoagulasi.

6. Perbedaan Penurunan Kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki Pada Kontrol, Elektrokoagulasi dan Penambahan Arang Aktif

Hasil penelitian terhadap penurunan kadar Pb (Timbal) Air Limbah Prusahaan Aki pada Kontrol, Elektrokoagulasi dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi tersebut pada table IV.6 berikut ini.

Tabel IV.6

Distribusi Penurunan Kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan AkiPada Kontrol, Elektrokoagulasi dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi di Lapangan Tahun 2023

Replikasi Ke	Penurunan Kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki (mg/L)					
	Kontrol		Elektrokoagulasi		Penambahan Arang Aktif	
	n	%	n	%	n	%
1	0.04	0.36	7.13	63.4	8,40	74,7
2	0.04	0.37	6.75	62.9	7,61	70,9
3	0.02	0.17	7.36	63.2	8,87	76,2
4	0.03	0.28	6.83	64.5	7,67	72,4
5	0.04	0.39	6.27	61.4	6,81	66,6
6	0.03	0.30	7.16	70.1	7,61	75,1
7	0.05	0.50	7.07	69.7	7,69	75,8
8	0.01	0.10	7.52	74.0	8,09	79,6
9	0.02	0.20	7.52	73.5	7,87	76,9
10	0.03	0.29	7.93	77.6	8,28	81,0
11	0.04	0.41	7.74	79.6	7,89	81,2
12	0.04	0.41	7.62	77.1	7,90	80,0
13	0.04	0.40	7.85	78.7	8,22	82,4
14	0.04	0.49	6.22	75.8	6,55	79,8
15	0.06	0.69	6.94	80.0	7,36	84,8
16	0.04	0.48	6.52	77.5	7,15	85,0
Jumlah	**0.57**	**5.84**	**114.43**	**1.149**	**123,97**	**1.242,4**
Kisaran	**0.01 -0.06**	**0.10 – 0.69**	**6.22 – 7.93**	**62.9 – 80.0**	**6,81 – 8,87**	**66,6 – 85,0**
Rata-Rata	**0.04**	**0.37**	**7.15**	**71.81**	**7,75**	**80,3**

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan penurunan kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki pada kontrol 0,04 mg/L, Elektrokoagulasi sebesar 7,15 mg/L dan penambahan Arang Aktif sesudah elektrokoagulasi sebesar 7,75 mg/L.

Perbedaan penurunan kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki terbesar terjadi pada penambahan Arang Aktif sesudah proses Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium sebesar 80,3 %. Hasil uji Anova tidak bisa dilanjutkan karena data tidak homogen walaupun berdistribusi normal, sehingga dilanjutkan dengan uji Kruskal Wallis dan terbukti ada perbedaan yang bermakna antara penurunan kadar Pb (Timbal) pada kontrol dengan Elektrokoagulasi dan penambahan Arang Aktif dengan nila p sebesar 0,000 ≤ 0,05.

Hasil uji lanjutan Kruskal Wallis (Post Hoc) pada lampiran 4 terbukti ada perbedaan antara Kadar Pb (Timbal) pada control dengan Elektrkoagulasi dengan nilai p 0,000 ≤ 0,05 dan antara kontrol dengan penambahan Arang Aktif sesudah proses Elektrokoagulasi dengan nilai p : 0,000 ≤ 0,05, namun tidak ada perbedaan penurunan kadar Pb (Timbal) antara Elektrokoagulasi dengan penamabhan Arang Aktif sesudah proses Elektrokoagulasi dengan nilai p :0,211 > 0,005.

7. Efektifitas Penurunan Kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki Pada Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi

Penambahan Arang Aktif sesudah proses Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm pada tegangan 20 Volt, kuat arus 10 Ampere denagn waktu kontak 60 menit paling efektif karena mampu menurunkan kadar Pb (Timbal) air limbah Perusahaan Aki sebesar 80,3% dibandingkan dengan hanya proses Elektrokoagulasi sebesar 71,81%.

B. Pembahasan

1. pH Air

Hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa pH air limbah Perusahaan Aki terukur sebesar 1 dan tidak mengalami perubahan selama proses Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium. Hal ini sebagai bukti bahwa Logam berat termasuk Pb (Timbal) stabil dalam larutan asam. Menurut teori Arrhnius dalam Heny Ekawati Haryono (2019) dalam buku Kimia Dasar, penerbit Deepublish Yogyakarta, bahwa dalam air asam merupakan zat yang menghasilkan ion Hidrogen, H+ (aq) dan basa merupakan zat yang menghasilkan ion hidroksida OH (aq), yang saling menetralkan sesuai dengan reaksi $H^+ + OH^- \rightarrow H2O$. Asam kuat terionisasi secara sempurna menjadi ion-ion H^+ (aq) dan basa kuat terdisosiasi secara sempyrna menjadi ion-ion OH^- (aq).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Pbdalam larutan asan lebih stabil sehingga tidak mempengaruhi proses Elektrokoagulasi pada Elektroda almunium berjarak 20 cm, tegangan 20 Volt, kuat arus 10 Ampere selama 60 menit. Sejalan dengan penelitian tahap I (Winarko, dkk, 2021) dan tahap II (Wianrko, dkk, 2022) bahwa pH air dalam selama proses Elektrokoagulasi tidak berpengaruh terhadap penurunan Pb (Timbal). Stabilitas Pb (Timbal) dalam pH asam sejalan dengan penelitian Rosliza Mohd Salim, dkk. (2015), bahwa kelarutan senyawa timbal di dalam air dapat dipengaruhi oleh pH, kesadahan, salinitas, dan keberadaan bahan humat. Kelarutan timbal yang paling tinggi terjadi pada kondisi air lunak dan asam. Logam Pb

cenderung larut di dalam air dengan pH < 5. Hasil penelitian Aji Prasetyaningrum dkk.,(2021), Bahwa proses Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almuniam digunakan pada pH 3, 5, 7, 9 dan 11 mmapu menurnkan Pb berkisar antara 73,86 % - 99.38%, sehingga proses Elektrokoagulasi menggnnakan Elektroda Almunium dapat dijadikan salah sati alternatif menurunkan ion Pb dari air limbah electroplating.

2. Pb (Timbal) Kontrol

Hasil menunjukkan bahwa Pb (Timbal) pada control mengalami penurunan secara bermakna walupun hanya 0,37%. Penurunan ini sebagai akibat berat jenis Pb (Pb) lebih dari satu sehingga secara grafitasi mengalami pengendapat walaupun dalam suasana asam lebih stabil. Menurut teori atom Pb dalam susunan atom berkala, bahwa Pb (Timbal) mempunyai berat atom 207,21; berat jenis 11,34; Unsur ini merupakan logam berat dengan massa jenis yang lebih tinggi daripada banyak bahan yang ditemui sehari-hari. Sifat timbal memiliki kepadatan yang tinggi, titik leleh rendah, kemudahan ditempa dan tahan korosi (Trimitanmetals, 2020***)***.

Hasil penltian ini sejalan dengan penelitian Winarko dkk (2022), bahwa secara laboratorium menunjukkan adanya penurunan Pb (Timbal) pada control dengan pH 1 selama 60 menit berkisar antara 0,51 – 1,02 dengan rata-rata sebesar 0,72% (< 1%). Hasi peneltian menunjukkan bahwa secara alami bahwa Pb (Timbal) dalam air mengalami penurunan walapun < 1%.

3. Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Almunium Berjarak 20 cm, 20 Volt, 10 Ampere Dengan Waktu Kontak 60 Menit Sistem Bacth

Hasil penelitian penunjukkan bahwa proses Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm, tegangan 20 Volt, kuat arus 10 Ampere dengan waktu kontak 60 mampu menurukan kadar PB (Timbal) air limbah Petusahaan Aki pada pH 1. Hal ini sebagai akibat adanya reaksi elektrokimiasetekah ada alkiran listrik searah (DC) sebsar 20 Volt. Muata listrik Pistif secara otomatis menarik ion negatif dan sebalik elektroda bermuatan negative menarik partikel ion positif sehingga terbentuk Flok yang semakin mebersar dan terendapankan secara grvitasi akibat beratnya.

Hasil penelitian lapangan ini sebagai kelanjutan untuk membuktikan konsistensi proses Elektrokoagulas menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm, tegangan 20 Volt, kuat arus 10 Ampere dengan waktu kontak 60 menit secara laboratorium

Winarko dkk (2022). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa Elektroda Almunium berjarak tersebut mampu menurnkan Pb (Timbal) dalam air sebesar 52 %, sedangkan penelitian lapangan mampu menurunkan Pb (Timbal) sebesar 71,81 %.

Penelitian lain yang sejalan dilakukan Aji Prasetyaningrum dkk,(2021), Bahwa proses Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almuniam digunakan pada pH 3, 5, 7, 9 dan 11 mmapu menurnkan Pb berkisar antara 73,86 % - 99.38% Demikian juga Hasil penelitian Forat Yasir dkk (2023) menunjukkan bahwa reactor Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium pada pH 10, kuat arus 1,4 Ampere dengan waktu kontak 60 menit mampu menurunkan Pb 99,73%. Hasil penelitian ini menunjukan bahwa dengan variasi pH dan waktu kontak menunjukkan hasil bahwa Elektroda Almunium pada porses Elektrokoagulasi mampu menurunkan Pb (Timbal), sehingga dapat digunakan sebagai alternatif penurunan Pb pada air limbah.

Proses lanjutan dengan Arang aktif sesudah proses Elektrokoagulasi pada penelitian Winarko dkk (2022) menunjukkan hasil secara laboratorium mampu menurunkan kadar Pb (Timbal) sebesar 60,01 %, sedangkan hasil penelitian lapangan menunjukkan lebih besar, yaitu 80,3%. Penambahan Arang Aktif sesudah proses Elektrokoagulasi melalui proses adsorbsi mempu meningkatkan penurunan kadar Pb dalam air limbah sehingga dapat digunakan sebagai alternatif untuk menurnkan Pb (Timbal) dalam air limbah. Hasil pnenelitian dengan penambahan Arang Aktif juga dilakukan oleh Ida Hasmita dkk (2022). Hasil penelitiannyanya menunjukan adanya daya adsorpsi Pb pada laju alir 5 mL/menit pada menit ke 100 menghasilkan konsentrasi effluent 5,82 mg/L.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. pH air Limbah Perusahaan Aki sebelum dan sesudah Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium selama 60 menit tidak mengalami perubahan atau tetap 1.
2. Penurunan kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki sebagai kontrol setelah 60 menit berkisar 0,1 - 0,69 % dengan rata-rata sebesar 0,37% dan hasil uji-t menunjukkan adanya penurunan yang bermakna dengan nilai p 0,000.
3. Penurunan kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki sesudah proses elektrokoagulasi dengan waktu kontak 60 menit berkisar antara 6,22 – 7,93 mg/L engan rata-rata 7,15 mg/L atau 71.81% dan hasil uji-t menunujukkan ada perbedaan yang bermakna dengan nilai p 0,000.
4. Penurunan kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki dengan penambahan Arang Aktif sesudah Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm dengan waktu kontak 60 menit berkisar 6,81 – 8,87 mg/L dengan rata-rata 80,3 mg/L atau 80,3 % dan hasil uji-t menunjukkan penurunan yang bermakna nilai p sebesar 0,000.
5. pH Air Limbah Perusahaan Aki pada proses Elektrokoagulasi tidak berpengaruh terhadap penurunan kadar Pb (Timbal).
6. Ada perbedaan penurunan kadar Pb (Timbal) Air Limbah Perusahaan Aki pada control dengan Elektrokoagulasi dan penambahan Arang Aktif dengan nila p sebesar 0,000, serta hasil uji Pos Hoc perbedaan terjadi antara kontrol dengan Elektrkoagulasi dengan nilai p 0,000 $\leq$ 0,05 dan penambahan Arang Aktif dengan nilai p : 0,000 $\leq$ 0,05, sedangkan penurunan kadar Pb (Timbal) antara Elektrokoagulasi dan penamabhan Arang Aktif tidak ada perbedaan dengan nilai p :0,211.
7. Penurunan Pb air limbah Perusahaan Aki paling efektif terjadi pada penambahan Arang Aktif sesudah proses Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm pada tegangan 20 Volt, kuat arus 10 Ampere denagn waktu kontak 60 menit sebesar 80,3 % dibandingkan dengan hanya proses Elektrokoagulasi sebesar 7,15 mh/L (71.81%).

B. Saran

1. Penambahan Arang Aktif setebal 20 cm, lebar 30 cm dan Panjang 40 cm sesudah Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm, pada

tegangan 20 Volt, kuat arus 10 Ampere dengan waktu kontak 60 sistem bacth dengan kapasitas 30 liter dimensi lebar: 30 cm, Panjang: 40 cm dan tinggi 40 cm dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan air dan air limbah yang mengandung Pb (Timbal).

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut melalui variasi pH untuk mendapatkan pH optimal pada" Penambahan Arang Aktif setebal 20 cm, lebar 30 cm dan Panjang 40 cm sesudah Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm sesudah Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Almunium berjarak 20 cm, pada tegangan 20 Volt, kuat arus 10 Ampere dengan waktu kontak 60 sistem bacth dengan kapasitas 30 liter dimensi lebar: 30 cm, Panjang: 40 cm dan tinggi 40 cm.

DAFTAR PUSTAKA

Aji Prasetyaningrum, Dessy Ariyanti, Widayat, dan Bakti Jas (2021) Copper and Lead Ions Removal by Electrocoagulation: Process Performance and Implications for Energy Consumption. Semarang: Internasional Journal of Renewable Energy Development, ISSN: 2252-4940, Vol.10 No.3, Hal. 415 - 424: https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijred/article/view/31665/pdf

al-Qodah, Z., & Al-Shannag, M. (2017). *Heavy Metal Ions Removal From Wastewater Using Electrocoagulation Processes: A Comprehensive Review*, *6395* (September). (https://Doi.Org/10.1080/01496395.2017.1373677)

Arief Yandra Putra dan Fitri Mairizki (2023). Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Ph, Degradasi Cod Dan Pb Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. Jurnal Katalisator, ISSN Online : 2502-0943,IVol 8 No. 1 (April 2023), Hal. 13-23. https://publikasi.lldikti10.id/index.php/katalisator/article/view/1837

BPS Provinsi Jawa Timur (2020). *Jawa Timur Dalam Angka Tahun 2019)*. Suravaya : BPS

Chesaria Candra C, Onny Setiani, Yusniar Hanani (2016). E-Jurnal Volume 4, Nomor 3, Juli 2016 (ISSN: 2356-3346). https://media.neliti.com/media/ publications/107839-ID-none.pdf

Dwi, N., & Agung, T. (2012). Penurunan TSS Dan Warna Limbah Batik, *6*(1), 37–44.

Ferry Kriswandana & Winarko (2019). The Effectiveness of Reduction of Weight Metal Contents of Pb, and Hg in Water Electro-coagulation Method. Journal of Global Pharma Technology. Volume 12 Issues 09 (2020) Sept.2020 ((ISSN: 0975 -8542) http://www.jgpt.co.in/index.php/jgpt/article/download/3776/2900

Forat Yasir AlJaberi and Zahraa Alaa Hawaas (2023) **Electrocoagulation removal of Pb, Cd, and Cu ions from wastewater using a new configuration of electrodes**. MethodsX, Volume 10, Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY license, ISSN: 2215-0161 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016122003272

Hanumi Oktiyani Rusdi, Surjani Wonorahardjo, Yudhi Utomo, Anugrah Ricky Wijaya (2020). **Jurnal Cis-Trans: Kimia dan Terapannya**. Malang: Universitas Negeri, e-ISSN: 2549-6573, https://journal2.um.ac.id/index.php/jct/article/view/17274

Hendra Eka dan Jojok Mukono (2017). Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 9, No. 1 Januari 2017c: 66–74. Surabaya : FKM Unair.

Heny Ekawati Haryono (2019. Kimia Dasar. Yogyakarta: Deeppublis. Hal.:55. http://repository.unisda.ac.id/564/2/BUKU%20AJAR%20KIMIA%20DASAR.pdf

Ida Hasmita, Herlina S. Manap, Eka Marya Mistar (2022). **Jurnal Ilmiah dan Penerapan Keteknian Pertanian**. Volume 15, No. 1, e-ISSN :2528-2654 **https://jurnal.usk.ac.id/RTP/article/view/22733**

Juvita Ayu Puspitaloka, Nur Endah Wahyuningsih, Budiyono (2018). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Semarang : (e-Journal), Volume 6, Nomor 6, Oktober 2018 (ISSN: 2356-3346). *http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm*

Kemenkes RI (2016). *Peraturan Menteri Kesehatan RI No 57 tahun 2016 tentan Rencana Aksi Penegndalian Dampak Kesehatan Akibat Pajanan Merkuri Tahun 2016-2020*. Jakarta : Biro Hukum dan Organisasi.

Ketut Sudama (2006). *Jurnal Teknik Kimia Vol. 1, No. 1*. Surabaya : Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN 'Veteran' Jawa Timur. httpsmedia.neliti.commediapublications133239-ID-kajian-instalasi-pengolahan-air-limbah-i.pdf

Merzouk, B., Gourich, B., Sekki, A., Madani, K., Vial, C., & Barkaoui, Mukimin (2009). Studies On The Decolorization Of Textile Dye Wastewater By Continuous Electrocoagulation Process. *Chemical Engineering Journal*, *149*(1–3), 207–214. (https://Doi.Org/10.1016/J.Cej.2008.10.018)

Novita, S. (2017). *Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Dan Waktu Pengadukan Pada Proses Elektrokoagulasi Untuk Penjernihan Air Baku Pdam Tirtanadi Ipa Sunggal*.

Prihanti, G. S. (2016). *Pengantar Biostatistik* - Dr. Gita Sekar Prihanti, Mpd.Ked - Google Buku. Retrieved January 28, 2019. (https://Books.Google.Co.Id/Books?Id=Pcridwaaqbaj&Pg=Pa12&Dq=Rumus+Replikasi+Federer&Hl=Id&Sa=X&Ved=0ahukewiwtrssti_Gahui3o8khzbvdo8q6aeiktaa#V=Onepage&Q=Rumus Replikasi Federer&F=False)

Rosliza Mohd Salim, Ahmed Jalal Khan Chowdhury, Ruzaina Rayathulhan, Kamaruzzaman Yunus & Md. Zaidatul Islam Sarkar (2015). Desalination and Water Treatment, Vol. 57, No. 1, 2015, Hal. 1 – 12. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19443994.2015.1091613

Saptati, D., & Himma, N. F. (2017). *Perlakuan Fisiko-Kimia Limbah Cair Industri. Retrieved February 4, 2019.* (https://Books.Google.Co.Id/Books?Id=Klrjdwaaqbaj&Pg=Pa37&Dq=Elektrokoagulasi&Hl=Id&Sa=X&Ved=0ahukewjy58ic0kdgahvhli8khfleaveq6aeiltab#V=Onepage&Q=Elektrokoagulasi&F=False)

Vasudevan, S., & Lakshmi, J. (2012). *Optimization Of Electrocoagulation Process For The Simultaneous Removal Of Mercury , Lead , And Nickel From Contaminated Water*, 2734–2744. (https://Doi.Org/10.1007/S11356-012-0773-8)

Yunan Gumara Yudhistira, Endang Susilaningsih, dan Nuni Widiarti (2018). Efisiensi Penurunan Kadar Logam Berat (Cr dan Ni) dalam Limbah Elektroplating secara Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium. Semarang: Indonesian Journal of Chemical Science. E-ISSN 2502-6844, 30 Mei 2018,Hal. 28 – 34 https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/18936/10922

Lampiran 1. Hasil Pemeriksaan Pb Di Laboratorium Gizi Unair Surabaya

LABORATORIUM GIZI
DEPARTEMEN GIZI KESEHATAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

Kampus C. Jl. Mulyorejo Surabaya, 60115
Telp. 031596-1808

Nomer : 289/Lab. Gizi/2023
Jenis bahan : 32 (Tiga Puluh Dua) Contoh Air
Dikirim oleh : **WINARKO ,SKM ,M.Kes**
Alamat : **Poltekkes Kemenkes Surabaya .**
Diambil oleh : Yang bersangkutan
Diterima di BBLK tgl : 11 Agustus 2023

HASIL

NO.	KODE	TIMBAL/Pb (mg/L)	NO.	KODE	TIMBAL /Pb (mg/L)
1.	K 1.1	11,25	17.	K 9.1	10,23
2.	K 1.2	11,21	18.	K 9.2	10,21
3.	K 2.1	10,73	19.	K 10.1	10,22
4.	K 2.2	10,69	20.	K 10.2	10,19
5.	K 3.1	11,64	21.	K 11.1	9,72
6.	K 3.2	11,62	22.	K 11.2	9,68
7.	K 4.1	10,59	23.	K 12.1	9,88
8.	K 4.2	10,56	24.	K 12.2	9,84
9.	K 5.1	10,22	25.	K 13.1	9,98
10.	K 5.2	10,18	26.	K 13.2	9,94
11.	K 6.1	10,14	27.	K 14.1	8,21
12.	K 6.2	10,11	28.	K 14.2	8,17
13.	K 7.1	10,15	29.	K 15.1	8,68
14.	K 7.2	10,10	30.	K 15.2	8,62
15.	K 8.1	10,16	31.	K 16.1	8,41
16.	K 8.2	10,15	32.	K 16.2	8,37

Surabaya, 28 Agustus 2023
Kepala

Evy Artanti , S.KM, M.Kes.
NIP. 197303282000032005

LABORATORIUM GIZI
DEPARTEMEN GIZI KESEHATAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
Kampus C. Jl. Mulyorejo Surabaya, 60115
Telp. 031596-1808

Nomer : 290/Lab. Gizi/2023
Jenis bahan : 32 (Tiga Puluh Dua) Contoh Air
Dikirim oleh : **WINARKO ,SKM ,M.Kes**
Alamat : **Poltekkes Kemenkes Surabaya .**
Diambil oleh : Yang bersangkutan
Diterima di BBLK tgl : 11 Agustus 2023

HASIL

NO.	KODE	TIMBAL/Pb (mg/L)	NO.	KODE	TIMBAL /Pb (mg/L)
1.	AA.1	2,85	17.	EL.1	4,12
2.	AA.2	3,12	18.	EL.2	3,98
3.	AA.3	2,77	19.	EL.3	4,28
4.	AA.4	2,92	20.	EL.4	3,76
5.	AA.5	3,41	21.	EL.5	3,95
6.	AA.6	2,53	22.	EL.6	2,98
7.	AA.7	2,46	23.	EL.7	3,08
8.	AA.8	2,07	24.	EL.8	2,64
9.	AA.9	2,36	25.	EL.9	2,71
10.	AA.10	1,94	26.	EL.10	2,29
11.	AA.11	1,83	27.	EL.11	1,98
12.	AA.12	1,98	28.	EL.12	2,26
13.	AA.13	1,76	29.	EL.13	2,13
14.	AA.14	1,66	30.	EL.14	1,99
15.	AA.15	1,32	31.	EL.15	1,74
16.	AA.16	1,26	32.	EL.16	1,89

Surabaya , 28 Agustus 2023
Teknisi ,

LAB GIZI KESMAS FKM.UNAIR

Evy Artianti , S.KM, M.Kes.
NIP 197308282000032005

Lampiran 2. Tabel Induk Hasil Pengukuran Variabel

TABEL HASIL PENELITI ELEKTROKOAGULASI SELAMA 1 JAM PADA TEGANGAN 20 VOLT 10 AMPERE UNTUK AIR LIMBAH PABRIK AKI 2023

PERLAKUAN	KODE HASIL PENGUKURAN							Keterangan
	Pb Kontrol		Pb Elektrokoagulasi	Pb Elektrokoagulasi + Arang Aktif	Ph		Kuat Arus (A)	
	Sblm	Stlh			Sblm	Stlh		
1	11.25	0,022	4.12	2,85	1	1	10	**Pb Kontrol Sblm** Pukul: 10.16 WIB **Pb Kontrol Stlh** Pukul: 11.16 WIB **Pb Elektrokoagulasi** Pukul: 11.16 WIB **Pb Elektrokoagulasi + Arang Aktif** Pukul: 11.31 WIB
2	10.73	K2.2	3.98	3,12	1	1	10	
3	11.64	K3.2	4.28	2,77	1	1	10	
4	10.59	K4.2	3.76	2,92	1	1	10	**Pb Kontrol Sblm** Pukul: 11.35 WIB **Pb Kontrol Stlh** Pukul: 12.35 WIB **Pb Elektrokoagulasi** Pukul: 12.35 WIB **Pb Elektrokoagulasi + Arang Aktif** Pukul: 12.50 WIB
5	10.22	K5.2	3.95	3,41	1	1	10	
6	10.14	K6.2	2.98	2,53	1	1	10	
7	10.15	K7.2	3.08	2,46	1	1	10	**Pb Kontrol Sblm** Pukul: 14.45 WIB **Pb Kontrol Stlh** Pukul: 15.45 WIB **Pb Elektrokoagulasi** Pukul: 15.45 WIB **Pb Elektrokoagulasi + Arang Aktif** Pukul: 16.00 WIB
8	10.16	K8.2	2.64	2,07	1	1	10	
9	10.23	K9.2	2.71	2,36	1	1	10	
10	10.22	K10.2	2.29	1,94	1	1	10	**Pb Kontrol Sblm** Pukul: 16.10 WIB **Pb Kontrol Stlh**

PERLAKUAN	KODE HASIL PENGUKURAN							Keterangan
	Pb Kontrol		Pb Elektrokoagulasi	Pb Elektrokoagulasi + Arang Aktif	Ph		Kuat Arus (A)	
	Sblm	Stlh			Sblm	Stlh		
11	9.72	K11.2	1.98	1,83	1	1	10	Pukul: 17.10 WIB **Pb Elektrokoagulasi** Pukul: 17.10 WIB **Pb Elektrokoagulasi + Arang Aktif** Pukul: 17.25 WIB
12	9.88	K12.2	2.26	1,98	1	1	10	
13	9.98	K13.2	2.13	1,76	1	1	10	**Pb Kontrol Sblm** Pukul: 17.33 WIB **Pb Kontrol Stlh** Pukul: 18.33 WIB **Pb Elektrokoagulasi** Pukul: 18.33 WIB **Pb Elektrokoagulasi + Arang Aktif** Pukul: 18.48 WIB
14	8.21	K14.2	1.99	1,66	1	1	10	
15	8.68	K15.2	1.74	1,32	1	1	10	
16	8.41	K16.2	1.89	1,26	1	1	10	**Pb Kontrol Sblm** Pukul: 18.50 WIB **Pb Kontrol Stlh** Pukul: 19.50 WIB **Pb Elektrokoagulasi** Pukul: 19.50 WIB **Pb Elektrokoagulasi + Arang Aktif** Pukul: 20.05 WIB
Jumlah	**160.2**		**45.78**	**36,24**	16	16	160	
Kisaran	**8,41-11,64**		**1.74 – 4,28**	**1,74 – 4,28**	1	1	10	
Rata-Rata	**10,01**		**2.86**	**2,27**	1	1	10	

Surabaya, 23 Agustus 2023
Ketua Tim Peneliti,

Winarko, SKM, M.Kes

Lampiran 3. Tabel Distribusi Kadar Pb Air Limbah Aki Kontrol dan Perlakuan

Tabel 1. Distribusi Kadar Pb Pada Air Limbah Aki Sebagai Kontrol

Replikasi Ke	Kadar Pb Kontrol (mg/L)		Penurunan Kadar Pb Pada Kontrol (mg/L)	
	Sebelum	Sesudah	n	%
1	11.25	11.21	0.04	0.36
2	10.73	10.69	0.04	0.37
3	11.64	1162	0.02	0.17
4	10.59	10.56	0.03	0.28
5	10.22	10.18	0.04	0.39
6	10.14	10.11	0.03	0.30
7	10.15	10.10	0.05	0.50
8	10.16	10.15	0.01	0.10
9	10.23	10.21	0.02	0.20
10	10.22	10.19	0.03	0.29
11	9.72	9.68	0.04	0.41
12	9.88	9.84	0.04	0.41
13	9.98	9.94	0.04	0.40
14	8.21	8.17	0.04	0.49
15	8.68	8.62	0.06	0.69
16	8.41	8.37	0.04	0.48
JUMLAH	**160.2**	**159,64**	0.57	5.84
KISARAN	**8,41-11,64**	**8,11-11,21**	0.01 -0.06	0.10 – 0.69
RATA-RATA	**10,01**	**10.00**	0.04	0.37

Tabel 2. Distribusi Kadar Pb Pada Air Limbah Aki Sebelum Dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Almunium Selama 60 Menit

Replikasi Ke	Kadar Pb Sebelum Dan Sesudah Elektrokoagulasi (mg/L)		Penurunan Sebelum Dan Sesudah Elektrokoagulasi (mg/L)	
	Sebelum	Sesudah	n	%
1	11.25	4.12	7.13	63.4
2	10.73	3.98	6.75	62.9
3	11.64	4.28	7.36	63.2
4	10.59	3.76	6.83	64.5
5	10.22	3.95	6.27	61.4
6	10.14	2.98	7.16	70.1
7	10.15	3.08	7.07	69.7
8	10.16	2.64	7.52	74.0
9	10.23	2.71	7.52	73.5
10	10.22	2.29	7.93	77.6
11	9.72	1.98	7.74	79.6
12	9.88	2.26	7.62	77.1
13	9.98	2.13	7.85	78.7
14	8.21	1.99	6.22	75.8
15	8.68	1.74	6.94	80.0
16	8.41	1.89	6.52	77.5
JUMLAH	**160.2**	**45.78**	**114.43**	**1.149**
KISARAN	**8,41-11,64**	**1.74 – 4,28**	**6.22 – 7.93**	**62.9 – 80.0**
RATA-RATA	**10,01**	**2.86**	**7.15**	**71.81**

Tabel 3. Distribusi Kadar Pb Pada Air Limbah Aki Sebelum Dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Almunium Selama 60 Menit

Replikasi Ke	Kadar Pb Sebelum dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi (mg/L)		Penurunan Kadar Pb Sebelum dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi (mg/L)	
	Sebelum	Sesudah	n	%
1	11,25	2,85	8,40	74,7
2	10,73	3,12	7,61	70,9
3	11.64	2,77	8,87	76,2
4	10,59	2,92	7,67	72,4
5	10,22	3,41	6,81	66,6
6	10,14	2,53	7,61	75,1
7	10,15	2,46	7,69	75,8
8	10,16	2,07	8,09	79,6
9	10,23	2,36	7,87	76,9
10	10,22	1,94	8,28	81,0
11	9,20	1,83	7,89	81,2
12	9,80	1,98	7,90	80,0
13	9,98	1,76	8,22	82,4
14	8,21	1,66	6,55	79,8
15	8,68	1,32	7,36	84,8
16	8,41	1,26	7,15	85,0
JUMLAH	**160,2**	**36,24**	**123,97**	**1.242,4**
KISARAN	**8,41-11,64**	**1,74 – 4,28**	**6,81 – 8,87**	**66,6 – 85,0**
RATA-RATA	**10,01**	**2,27**	**7,75**	**80,3**

Tabel 4. Distribusi Penurunan Kadar Pb Pada Kontrol, Sesudah Elektrokoagulasi Dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Almunium Selama 60 Menit

Replikasi Ke	Penurunan Kadar Pb Air Limbah Aki Sebagai Kontrol (mg/L)		PENURUNAN Pb HASIL SESUDAH PERLAKUAN			
			Kadar Pb Sesudah Elektrokoagulasi (mg/L)		Kadar Pb Pada Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulai (mg/L)	
	n	%	n	%	n	%
1	0.04	0.36	7.13	63.4	8,40	74,7
2	0.04	0.37	6.75	62.9	7,61	70,9
3	0.02	0.17	7.36	63.2	8,87	76,2
4	0.03	0.28	6.83	64.5	7,67	72,4
5	0.04	0.39	6.27	61.4	6,81	66,6
6	0.03	0.30	7.16	70.1	7,61	75,1
7	0.05	0.50	7.07	69.7	7,69	75,8
8	0.01	0.10	7.52	74.0	8,09	79,6
9	0.02	0.20	7.52	73.5	7,87	76,9
10	0.03	0.29	7.93	77.6	8,28	81,0
11	0.04	0.41	7.74	79.6	7,89	81,2
12	0.04	0.41	7.62	77.1	7,90	80,0
13	0.04	0.40	7.85	78.7	8,22	82,4
14	0.04	0.49	6.22	75.8	6,55	79,8
15	0.06	0.69	6.94	80.0	7,36	84,8
16	0.04	0.48	6.52	77.5	7,15	85,0
JUMLAH	**0.57**	**5.84**	**114.43**	**1.149**	**123,97**	**1.242,4**
KISARAN	**0.01 -0.06**	**0.10 – 0.69**	**6.22 – 7.93**	**62.9 – 80.0**	**6,81 – 8,87**	**66,6 – 85,0**

RATA-RATA	**0.04**	**0.37**	**7.15**	**71.81**	**7,75**	**80,3**

[Output Paired T-test] Tabel 1. Distribusi Kadar Pb Pada Air Limbah Aki Sebagai Kontrol

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	[Kotrol] PRE	10.0131	16	.92792	.23198
	[Kontrol] POST	9.9775	16	.93342	.23336

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	[Kotrol] PRE & [Kontrol] POST	16	1.000	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	[Kotrol] PRE - [Kontrol] POST	.03562	.01209	.00302	.02918	.04207	11.783	15	.000

Sig (2 Tailed) = 0,000 (<0,05) = Ada perbedaan

[Output Paired T-test] Tabel 2. Distribusi Kadar Pb Pada Air Limbah Aki Sebelum Dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Almunium Selama 60 Menit

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	[Elektroda] PRE	10.0131	16	.92792	.23198
	[Elektroda] POST	2.8613	16	.89199	.22300

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	[Elektroda] PRE & [Elektroda] POST	16	.826	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	[Elektroda] PRE - [Elektroda] POST	7.15188	.53758	.13439	6.86542	7.43833	53.216	15	.000

Sig (2 Tailed) = 0,000 (<0,05) = Ada perbedaan

[Output Paired T-test] Tabel 3. Distribusi Kadar Pb Pada Air Limbah Aki Sebelum Dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Almunium Selama 60 Menit

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	[Elektroda+Arang Aktif] PRE	10.0131	16	.92792	.23198
	[Elektroda+Arang Aktif] POST	2.2650	16	.63895	.15974

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	[Elektroda+Arang Aktif] PRE	10.0131	16	.92792	.23198
	[Elektroda+Arang Aktif] POST	2.2650	16	.63895	.15974

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	[Elektroda+Arang Aktif] PRE - [Elektroda+Arang Aktif] POST	7.74813	.59080	.14770	7.43331	8.06294	52.459	15	.000

Sig (2 Tailed) = 0,000 (<0,05) = Ada perbedaan

[Output Anova] Tabel 4. Distribusi Penurunan Kadar Pb Pada Kontrol, Sesudah Elektrokoagulasi Dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Almunium Selama 60 Menit

Descriptives

Penurunan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	16	.0356	.01209	.00302	.0292	.0421	.01	.06
Elektroda	16	7.1519	.53758	.13439	6.8654	7.4383	6.22	7.93
Elektroda+Arang Aktif	16	7.7481	.59080	.14770	7.4333	8.0629	6.55	8.87
Total	48	4.9785	3.56936	.51519	3.9421	6.0150	.01	8.87

Tests of Normality

	Perlakuan	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Penurunan	Kontrol	.266	16	.004	.906	16	.101
	Elektroda	.128	16	.200*	.957	16	.606
	Elektroda+Arang Aktif	.158	16	.200*	.978	16	.947

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Sig > 0,05 = Data berdistribusi normal

Test of Homogeneity of Variances

Penurunan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
12.984	2	45	.000

Sig = 0,000 (< 0,05) Data tidak homogen

Tidak bisa lanjut uji anova

ANOVA

Penurunan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	589.222	2	294.611	1384.931	.000
Within Groups	9.573	45	.213		
Total	598.795	47			

[Output Kruskal Wallis] Tabel 4. Distribusi Penurunan Kadar Pb Pada Kontrol, Sesudah Elektrokoagulasi Dan Penambahan Arang Aktif Sesudah Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Almunium Selama 60 Menit

KRUSKAL-WALLIS TEST

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Perlakuan	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Penurunan	Kontrol	.266	16	.004	.906	16	.101
	Elektroda	.128	16	.200*	.957	16	.606
	Elektroda+Arang Aktif	.158	16	.200*	.978	16	.947

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Sig > 0,05 = Data berdistribusi normal

Ranks

	Perlakuan	N	Mean Rank
Penurunan	Kontrol	16	8.50
	Elektroda	16	28.03
	Elektroda+Arang Aktif	16	36.97
	Total	48	

Test Statistics[a,b]

	Penurunan
Chi-Square	34.781
df	2
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Perlakuan

Asymp. Sig > 0,005 = Tidak ada perbedaan

Asymp.Sig < 0,05 = Ada Perbedaan

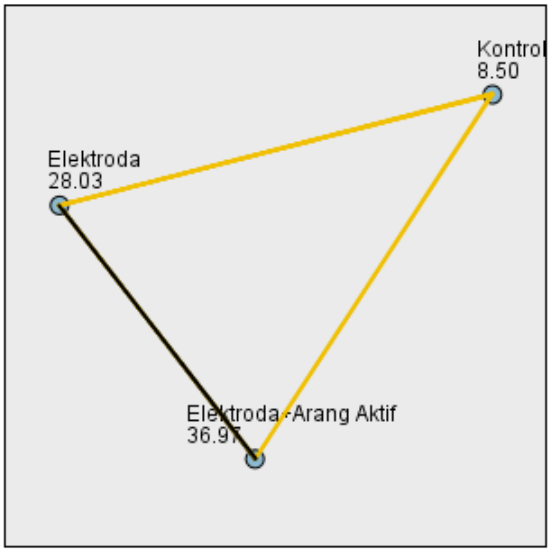
UJI LANJUTAN KRUSKAL WALLIS (Post Hoc)

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Penurunan is the same across categories of Perlakuan.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

Pairwise Comparisons of Perlakuan



Each node shows the sample average rank of Perlakuan.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
Kontrol-Elektroda	-19.531	4.937	-3.956	.000	.000
Kontrol-Elektroda+Arang Aktif	-28.469	4.937	-5.766	.000	.000
Elektroda-Elektroda+Arang Aktif	-8.938	4.937	-1.810	.070	.211

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same.
Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

Warna oren (Adj. Sig) < 0,005 = Ada perbedaan antara sampel 1 dan sampel 2

Berarti:

Ada perbedaan antara kontrol dan elektroda

Ada perbedaan antara kontrol dan elektroda+arang aktif

Tidak ada perbedaan antara elektroda dan elektroda arang aktif