

**PENGARUH TEGANGAN DAN WAKTU PADA PENINGKATAN
KUALITAS AIR SUNGAI SEBAGAI AIR BERSIH DALAM PROSES
ELEKTROKOAGULASI**

SKRIPSI

Oleh:
EKY SAPTA DANJAR
NIM. 17640062



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**PENGARUH TEGANGAN DAN WAKTU PADA PENINGKATAN
KUALITAS AIR SUNGAI SEBAGAI AIR BERSIH DALAM PROSES
ELEKTROKOAGULASI**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memperoleh Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
EKY SAPTA DANIAR
NIM. 17640062**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH TEGANGAN DAN WAKTU PADA PENINGKATAN
KUALITAS AIR SUNGAI SEBAGAI AIR BERSIH DALAM PROSES
ELEKTROKOAGULASI

SKRIPSI

Oleh:
Eky Sapta Daniar
NIM. 17640062

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 22 Februari 2022

Pembimbing I



Farid Samsu Hananto, M.T
NIP. 19740513 200312 1 001

Pembimbing II



Dr. Erna Hastuti, M.Si.
NIP. 19811119 200801 2 009

Mengetahui
Ketua Program Studi




Dr. Kuam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

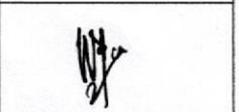
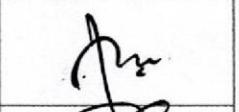
HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH TEGANGAN DAN WAKTU PADA PENINGKATAN KUALITAS AIR SUNGAI SEBAGAI AIR BERSIH DALAM PROSES ELEKTROKOAGULASI

SKRIPSI

Oleh:
Eky Sapta Daniar
NIM. 17640062

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal 9 April 2022

Ketua Penguji	:	<u>Drs. Cecep Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D</u> NIP. 19590729 198602 1 001	
Anggota 1	:	<u>Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si</u> NIDT. 19870215 20180201 2 233	
Anggota 2	:	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Anggota 3	:	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Eky Sapta Daniar

NIM : 17640062

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Tegangan dan Waktu Pada Peningkatan
Kualitas Air Sungai Sebagai Air Bersih Dalam Proses
Elektrokoagulasi

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 2 Februari 2022
Yang Membuat Pernyataan



Eky Sapta Daniar
NIM 17640062

MOTTO

“Berusahalah untuk tidak menjadi manusia yang berhasil, tapi berusahalah menjadi manusia yang berguna”

(Albert Einstein)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

- Kedua orang tuaku tercinta yang pengorbanannya tak kan pernah sanggup kubalas, Bapak Agus Subagiyono dan Ibu Nurhayanti
- Suami tercinta yang memberi semangat dan menjadi motivasi terbesar untuk meraih cita-cita
- Kedua adikku satu-satunya Erlangga Gusti Nugroho yang menjadi motivasi
- Semua teman terbaik dengan nama dan kisah yang selalu terkenang dalam benak dan ingatanku
- Almamaterku, Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan hidayah-Nya sehingga penulisan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Tegangan dan Waktu Pada Peningkatan Kualitas Air Sungai Sebagai Air Bersih Dalam Proses Elektrokoagulasi” dapat diselesaikan.

Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu persyaratan kelulusan Sarjana Sains (S.Si). Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang memberikan kesempatan dengan peraturan dalam mempermudah bimbingan skripsi ini.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengarahkan, membantu, memotivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. M. Tirono, M.Si selaku Ketua Program Studi Biofisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim telah mengarahkan, membantu, memotivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Farid Samsu Hananto, M.T selaku pembimbing utama yang telah banyak memberikan masukan, saran, dan bimbingan serta motivasi selama proses penulisan skripsi.
6. Dr. Erna Hastuti, M.Si selaku pembimbing integrasi yang telah menyempurnakan dan memberikan pengarahan serta dorongan moril sehingga skripsi ini dapat selesai.
7. Muthmainnah, M.Si selaku dosen wali yang tidak henti-hentinya memberikan motivasi, bimbingan, pengarahan, dan ilmu pengetahuan.
8. Seluruh dosen, laboran dan admin jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memotivasi, memberi pengarahan dan ilmu pengetahuan.
9. Orangtua dan seluruh keluarga yang memberi doa, motivasi, dan dukungan

selama proses penelitian.

10. Teman-teman Jurusan Fisika angkatan 2017, khususnya bidang minat biofisika yang memberikan dukungan kepada penulis.
11. Kepada suami tercinta, Muhammad 'Afaf Hasyimy yang selalu mendukung dan membantu saya untuk segera menyelesaikan penelitian ini.
12. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan selama proses penelitian.

Khususnya untuk Bapak dan Ibu atas segala do'a dan dukungannya baik moril maupun materil, yang dengan sepenuh hati mendidik, memberikan dorongan dan semangat agar proposal ini selesai dengan lancar, semoga Allah selalu melindungi. Semangat dan dorongan untuk kelancaran skripsi ini.

Dengan diiringi do'a dan ucapan terima kasih, diharapkan semoga skripsi ini dapat dilanjutkan ke penelitian skripsi, guna menunjukkan kepada masyarakat terkait dengan pengetahuan air yang layak pakai. Guna penyempurnaan skripsi ini, sangat dihargai apabila ada yang memberikan saran dan kritik yang bersifat membangun.

Malang, 11 April 2022
Penulis



Eky Sapta Daniar

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المخلص	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Air Sungai	8
2.2 Kualitas Air Sebagai Air Bersih	10
2.2.1 Parameter Baku Mutu Air Bersih	11
2.3 Pencemaran Sungai	15
2.4 Elektrokoagulasi	16
2.4.1 Reaksi Kimia pada Proses Elektrokoagulasi	18
2.4.2 Parameter yang Mempengaruhi Proses Elektrokoagulasi	22
2.4.3 Efisiensi Penyisihan	30
2.4.4 Pemisahan Koagulan	31
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Jenis Penelitian	34
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	34
3.3 Alat dan Bahan	34
3.3.1 Alat Penelitian	34
3.3.2 Bahan	35
3.4 Variabel Penelitian	36
3.5 Diagram Alir Penelitian	37
3.6 Kerangka Berfikir	38
3.7 Prosedur Penelitian	39
3.7.1 Tahap Pertama (Persiapan)	39
3.7.2 Tahap Kedua (Pra Penelitian)	39
3.7.3 Tahap Ketiga (Penelitian)	40
3.7.3.1 Proses Elektrokoagulasi	41

3.7.3.2 Proses Pengujian pH	42
3.7.3.3 Proses Pengujian <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS).....	43
3.7.3.4 Proses Pengujian Temperatur.....	44
3.7.3.5 Proses Pengujian Kekeruhan.....	45
3.7.3.6 Proses Pengujian Besi (Fe).....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Karakteristik Air Sungai	49
4.2 Proses Elektrokoagulasi	50
4.3 Analisis Kekeruhan	52
4.4 Analisis Warna	54
4.5 Analisis Temperatur.....	58
4.6 Analisis <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS).....	60
4.7 Analisis Bau	62
4.8 Analisis Rasa.....	64
4.9 Analisis pH.....	65
4.10 Analisis Besi (Fe).....	68
4.11 Air Dalam Perspektif Islam.....	70
BAB IV PENUTUP	75
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Elektrokoagulasi	17
Gambar 2.2 Mekanisme Pembentukan Koagulasi	21
Gambar 2.3 Mekanisme Pembentukan Flokulasi	21
Gambar 2.4 Mekanisme Proses Elektrokoagulasi.....	22
Gambar 2.5 Berbagai Susunan Elektroda dalam Proses Elektrokoagulasi	29
Gambar 3.1 Diagram Rangkaian Penelitian Kualitas Air Sungai	37
Gambar 3.2 Alur Kerangka Berfikir Penelitian	38
Gambar 4.1 Reaksi Elektrokoagulasi	51
Gambar 4.2 Sampel Air Sungai	52
Gambar 4.3 Pembentukan Flok.....	52
Gambar 4.4 Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Proses Elektrokoagulasi Terhadap Kekeruhan Air Sungai.....	53
Gambar 4.5 Efisiensi Penurunan Kekeruhan Air Sungai.....	54
Gambar 4.6 Penjernihan Warna Air Sungai Proses Elektrokoagulasi Pada Tegangan 6 V dan variasi Waktu	56
Gambar 4.7 Penjernihan Warna Air Sungai Proses Elektrokoagulasi Pada Tegangan 9 V dan variasi Waktu	56
Gambar 4.8 Penjernihan Warna Air Sungai Proses Elektrokoagulasi Pada Tegangan 12 V dan variasi Waktu	56
Gambar 4.9 Grafik Peningkatan Kualitas Warna.....	57
Gambar 4.10 Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Proses Elektrokoagulasi Terhadap Nilai Suhu Air Sungai.....	59
Gambar 4.11 Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Proses Elektrokoagulasi Terhadap Nilai TDS Air Sungai	61
Gambar 4.12 Efisiensi Penurunan TDS Air Sungai.....	61
Gambar 4.13 Pengaruh Variasi Tegangan dan waktu Proses Elektrokoagulasi Terhadap Nilai pH Air Sungai	66
Gambar 4.14 Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Proses Elektrokoagulasi Terhadap Kadar Besi (Fe) Air Sungai	69
Gambar 4.15 Efisiensi Penurunan Kadar Besi (Fe) Air Sungai.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kondisi Lingkungan Air Sungai	10
Tabel 3.1 Metode Analisis Kualitas Air Parameter Fisika	40
Tabel 3.2 Metode Analisis Kualitas Air Parameter Kimia	40
Tabel 3.3 Data Hasil Uji Elektrokoagulasi	41
Tabel 3.4 Data Hasil Uji pH	43
Tabel 3.5 Data Hasil Uji TDS	44
Tabel 3.6 Data Hasil Uji Temperatur	44
Tabel 3.7 Data Hasil Uji Kekerusuhan	46
Tabel 3.8 Data Hasil Uji Besi (Fe)	48
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Kualitas Air Sungai dan Hasil Elektrokoagulasi dengan Permenkes 416 Tahun 1990	49
Tabel 4.2 Data Hasil Nilai Kekerusuhan	53
Tabel 4.3 Data Hasil Nilai RGB Warna	55
Tabel 4.4 Data Hasil Nilai Suhu	58
Tabel 4.5 Data Hasil Nilai TDS	60
Tabel 4.6 Data Hasil Responden Bau	63
Tabel 4.7 Data Hasil Responden Rasa	64
Tabel 4.8 Data Hasil Nilai pH	66
Tabel 4.9 Data Hasil Nilai Besi (Fe)	68

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Gambar
- Lampiran 2 Data Hasil
- Lampiran 3 Bukti Hasil Konsultasi

ABSTRAK

Daniar, Eky Sapta. 2022. **Pengaruh Tegangan dan Waktu Pada Peningkatan Kalitas Air Sungai Sebagai Air Bersih Dalam Proses Elektrokoagulasi.** Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Farid Samsu Hananto, M.T (II) Dr. Erna Hastuti, M.Si

Kata Kunci: Elektrokoagulasi, Air limbah, Kualitas air

Elektrokoagulasi adalah proses pembentukan koagulan yang dapat memisahkan polutan dalam air limbah yang dialiri arus listrik. Dalam proses elektrokoagulasi menggunakan dua buah elektroda aluminium yang digunakan sebagai anoda dan katoda. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas air sungai agar dapat digunakan sebagai air bersih bagi masyarakat terutama di Dusun Tamanayu Desa Jatirejoyoso Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang. Hasil kualitas air sungai sebelum proses elektrokoagulasi dapat dikatakan belum memenuhi standar baku mutu. Dimana untuk parameter kekeruhan hasil kualitas air sungai dari 30,11 NTU menjadi 1,367 NTU dan efisiensi penurunan sebesar 95,46%, Warna air sungai kuning kecoklatan menjadi jernih atau tidak berwarna, TDS dari 202,3 mg/l menjadi 82 mg/l dan efisiensi penurunan sebesar 59,47%, suhu dari 25,9°C menjadi 26,2°C, bau air sungai dari berbau menjadi tidak berbau, rasa air sungai dari berasa menjadi tidak berasa, pH dari 7,3 menjadi 7,8, dan besi dari 4,51 mg/l menjadi 0,033 mg/l dan efisiensi penurunan sebesar 99,25%. Hasil uji beberapa parameter telah menunjukkan peningkatan kualitas air sungai yang dapat digunakan sebagai air bersih. Sehingga hasil kualitas air sungai telah memenuhi standar baku mutu air bersih Menurut Permenkes No.416 Tahun 1990.

ABSTRACT

Daniar, Eky Sapta. 2022. **Effect of Voltage and Time on Improving River Water Quality as Clean Water in the Electrocoagulation Process**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Advisor: (I) Farid Samsu Hananto, M.T (II) Dr. Erna Hastuti, M.Si

Keywords: Electrocoagulation, Wastewater, Water quality

Electrocoagulation is the process of forming a coagulant that can separate pollutants in wastewater that is electrified. In the electrocoagulation process, two aluminum electrodes are used as anode and cathode. This study aims to improve the quality of river water so that it can be used as clean water for the community, especially in Tamanayu Hamlet, Jatirejoyoso Village, Kepanjen District, Malang Regency. The results of river water quality before the electrocoagulation process can be said to have not met the quality standards. Where for the parameter of turbidity the river water quality results from 30.11 NTU to 1.367 NTU and the efficiency decreases by 95.46%, the color of the river water is brownish yellow to clear or colorless, TDS from 202.3 mg/l to 82 mg/l and efficiency decreased by 59.47%, temperature from 25.9°C to 26.2°C, smell of river water from smelly to odorless, taste of river water from tasteless to tasteless, pH from 7.3 to 7.8, and iron from 4.51 mg/l to 0.033 mg/l and the reduction efficiency was 99.25%. The test results of several parameters have shown an increase in the quality of river water that can be used as clean water. So that the results of river water quality have met the water quality standard clean according to the Minister of Health Regulation No. 416 of 1990.

الملخص

دنيار، اكي سبتة.2022. تأثير الجهد والوقت في تحسين جودة مياه النهر كميها نظيفة في عملية التختير الكهربائي . البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفة: (I) إفيد سمث حننت، الماجستير (II) إرنا هاستوتي، الماجستير

الكلمات الرئيسية: التختير الكهربائي ، مياه الصرف الصحي ، جودة المياه

التختير الكهربائي هو عملية تكوين مادة تخرت يمكنها فصل الملوثات في مياه الصرف الصحي المكهربة. في عملية التختير الكهربائي ، يتم استخدام قطبين من الألومنيوم كقطب موجب وكاثود. تهدف هذه الدراسة إلى تحسين جودة مياه النهر بحيث يمكن استخدامها كميها نظيفة للمجتمع ، لا سيما في تامانايو ، قرية جاتيرجويوسو ، منطقة كييانجين ، مالانج ريغيسي. يمكن القول إن نتائج جودة مياه النهر قبل عملية التختير الكهربائي لم تستوف معايير الجودة. حيث تنتج جودة مياه النهر بالنسبة لمعامل التعكر من 30.11 NTU إلى 1.367 NTU ، وتنخفض الكفاءة بنسبة 95.46٪ ، يصبح لون مياه النهر الأصفر واضحًا أو عديم NTU ، وتنخفض الكفاءة بمقدار 59.47٪ ، ودرجة الحرارة من 25.9 درجة مئوية إلى 82 TDS mg / ، اللون ، درجة مئوية ، ورائحة مياه النهر من عديم الرائحة ، وطعم مياه النهر من كونها لا طعم لها ، ودرجة الحموضة من 7.8 إلى 26.2 والحديد من 4.51 مجم / لتر إلى 0.033 مجم / لتر وكفاءة تقليل 99.25٪ . أظهرت نتائج الاختبار لعدة معايير زيادة في جودة مياه النهر التي يمكن استخدامها كميها نظيفة. حتى تكون نتائج جودة مياه الأنهار قد استوفت المعيار جودة المياه النظيفة حسب لائحة وزير الصحة رقم 416 لعام 1990

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan yang paling mendasar bagi makhluk hidup untuk menjaga keberlangsungan hidup. Air adalah unsur utama bagi kehidupan manusia. Air sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi, sehingga diperlukan sumber air bersih yang dapat dilihat dari segi kuantitas dan kualitasnya. Masyarakat menggunakan air untuk kebutuhan sehari-hari seperti memasak, mencuci pakaian, mencuci peralatan rumah tangga, mandi, dan lain sebagainya. Semua kegiatan manusia dari sektor pangan dan industri semua membutuhkan air dalam jumlah dan kualitas air yang cukup.

Sungai di Dusun Tamanayu Desa Jatirejoyoso Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang merupakan sungai yang digunakan oleh masyarakat sebagai sarana untuk keperluan sehari-hari. Semakin bertambahnya pertumbuhan penduduk maka kualitas air sungai akan semakin menurun. Hal ini seperti pencemaran dari limbah industri dan limbah rumah tangga. Selain itu penurunan kualitas air sungai karena belum adanya pengolahan limbah secara maksimal dari masyarakat sekitar.

Kurangnya kesadaran masyarakat terhadap alam dapat menimbulkan bencana alam, kerusakan lingkungan, hal ini diungkapkan oleh (Indrawati, 2011) bahwa kerusakan alam terjadi akibat ulah dari masyarakat sendiri, salah satunya membuang sampah di sungai, sehingga air sungai akan keruh (kotor). Hal ini tentunya akan merugikan manusia sendiri. Seperti yang difirman oleh Allah SWT dalam Al Qur'an Surat Ar-Rum [30] ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ - ٤١

Artinya :

“Telah tampak kerusakan di darat dan dilaut disebabkan karena perbuatan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (kejalan yang benar).”

Dalam Tafsir *Al-Maraghi* dalam QS Ar-Rum ayat 41 menyebutkan, bahwa ayat ini menjadi petunjuk bahwa telah banyaknya kerusakan di muka bumi yang dilakukan oleh ulah manusia berupa kedzaliman, karena hilangnya perasaan dari pengawasan Yang Maha Pencipta. Mereka benar-benar lupa akan hari hisab, hawa nafsu menjadikan mereka lupa akan siapa mereka sebenarnya sehingga menimbulkan kerusakan di muka bumi. Karena mereka tidak memiliki kesadaran dari dalam diri, dan agama tidak dapat lagi berfungsi untuk menekan hawa nafsu serta menghindarkan kecerobohan. Kurangnya kesadaran manusia dalam menjaga lingkungan, utamanya pada air, sebab air sebagai kebutuhan pokok manusia untuk minum, mandi, ataupun bersuci. Air yang mencemari akan mengakibatkan turunnya kualitas air, sehingga air menjadi tidak layak (tidak sehat) digunakan sebagaimana yang dibutuhkan oleh manusia. Akhirnya Allah SWT memberikan balasan kepada apa yang telah mereka kerjakan berupa perbuatan-perbuatan di masa lalu yang berdosa dan kemaksiatan. Agar mereka mau kembali ke jalan yang benar dan bertaubat atas apa yang telah mereka perbuat. Namun jika peringatan yang telah Allah berikan tidak mereka hiraukan, maka Allah memperingatkan mereka di hari pembalasan (*Al-Maraghi*, 1365 H).

Penurunan kualitas air yang mengakibatkan pencemaran air. Pencemaran air yang berasal dari limbah domestik maupun industri yang di buang langsung ke sungai seharusnya dilakukan pengolahan dahulu sebelum di buang ke badan sungai.

Besar kecilnya standar baku mutu sangat bergantung dengan kualitas air sungai yang digunakan masyarakat setempat. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990 yang menyatakan bahwa air sungai harus memenuhi persyaratan fisika dan kimia yang terdiri dari kekeruhan dengan nilai maksimal 25 NTU, warna dengan nilai maksimal 50 TCU, TDS dengan nilai maksimal 1500 mg/l, suhu $\pm 3^{\circ}\text{C}$ suhu udara, tidak memiliki bau, tidak memiliki rasa, pH dengan nilai maksimal 6.5 - 8.5, dan Besi dengan nilai maksimal 1 mg/l.

Metode-metode yang pernah dilakukan untuk mengolah air sungai adalah dengan menambahkan zat kimia agar mendapatkan air yang jernih. Serta metode lain untuk mengolah air antara lain koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan metode kombinasi lainnya. Namun dari metode-metode tersebut masih memiliki kekeruhan serta kurang efektif dalam mengolah air. Maka dibutuhkan metode lain yang digunakan untuk mengolah kualitas air dengan menggunakan metode elektrokoagulasi tanpa zat kimia dan biaya oprasional yang terjangkau.

Metode elektrokoagulasi menggunakan peralatan yang sederhana, lebih hemat biaya serta mudah untuk dioperasikan. Elektrokoagulasi dirancang untuk berbagai kapasitas pengolahan limbah tanpa bahan kimia. Proses pengolahan dengan elektrokoagulasi dapat efektif karena flok yang terbentuk lebih besar dan flok dapat dengan mudah dihilangkan dengan proses penyaringan. Metode elektrokoagulasi dapat secara efektif menghilangkan partikel koloid dan menghasilkan jumlah lumpur yang lebih sedikit dibandingkan dengan proses lainnya. Elektrokoagulasi proses mengalirkan arus listrik ke suatu plat elektroda sehingga menghasilkan ion yang bertindak sebagai koagulan yang dapat mengikat pengotor dalam air. Prinsip dasar elektrokoagulasi adalah reaksi reduksi dan

oksidasi (redoks).

Metode elektrokoagulasi sebelumnya telah diaplikasikan pada pengolahan air limbah dalam beberapa penelitian yaitu pengolahan limbah cair yang mengandung minyak (Prabowo, 2012), pengolahan air limbah rumah tangga (Isyanto et al., 2015), penurunan kandungan besi (Fe) dalam air tanah (Pusfitasari et al., 2018), pengolahan limbah cair industri tahu Kota Samarinda (Ananda et al., 2018), pengolahan air limbah industri elektroplating (Erawati & Marfiana, 2020).

Sedangkan aplikasi elektrokoagulasi pada air sungai dalam beberapa penelitian antara lain :

1. Menurut Suparman et al. (2016), yang membahas tentang kondisi optimal pengolahan air menggunakan proses elektrokoagulasi dengan menggunakan plat aluminium. Dan berfokus pada penurunan turbiditas dan TDS pada air sungai. Serta mengkaji pengoptimalan proses elektrokoagulasi terhadap tegangan dan waktu.
2. Menurut Sudjarwo et al. (2016), yang membahas tentang proses elektrokoagulasi untuk menjernihkan air sungai menjadi air bersih menggunakan elektroda aluminium dan bekas plat dari pengrajin logam. Berfokus untuk penurunan kekeruhan, warna, dan besi (Fe).
3. Menurut Lavianiga et al. (2019), membahas tentang peningkatan kualitas air tanah gambut (parameter warna, pH, TDS, dan kadar besi) pada proses elektrokoagulasi dengan penambahan garam pada menggunakan elektroda aluminium.
4. Menurut (Masthura, 2020), membahas tentang proses elektrokoagulasi dalam menghilangkan polutan dalam air sumur dan air sungai dengan menggunakan

elektroda tembaga (Cu) serta sebagai proses alternatif untuk mengolah air.

Sebagai langkah percobaan dari penelitian diatas maka penulis mencoba melakukan penelitian tentang pengolahan air sungai di Dusun Tamanayu Desa Jatrejoyoso Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang sebagai air bersih menurut Permenkes No. 416 Tahun 1990. Penelitian ini menggunakan elektroda aluminium sebagai katoda dan anoda. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air sungai sebelum dan setelah dilakukan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium (Al) dengan menggunakan parameter fisika dan parameter kimia. Parameter fisika antara lain : kekeruhan, warna, total padatan terlarut (*Total Dissolved Solids*), suhu, rasa, dan bau. Sedangkan parameter kimia antara lain : pH, dan besi (Fe).

1.2 Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang diatas adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi tegangan dan waktu dalam meningkatkan kualitas air sungai sebagai air bersih dengan metode elektrokoagulasi ?
2. Bagaimana hasil pengujian sampel air sungai sebagai air bersih menggunakan metode elektrokoagulasi menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 ?

1.3 Tujuan Penelitian

Bedasarkan latar belakang diatas adapun tujuan penelitian dalam penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui pengaruh variasi tegangan dan waktu dalam

meningkatkan kualitas air sungai sebagai air bersih dengan metode elektrokoagulasi.

2. Dapat mengetahui hasil pengujian sampel air sungai sebagai air bersih menggunakan metode elektrokoagulasi menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 ?

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya pelebaran pokok atau penyimpangan masalah agar penelitian lebih terarah maka dilakukan adanya batasan masalah. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini berupa analisis kualitas air sungai.
2. Bahan atau sampel yang digunakan berasal dari air sungai di Dusun Tamanayu Desa Jatirejoyoso Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang.
3. Metode yang digunakan adalah metode elektrokoagulasi.
4. Parameter yang diujikan adalah kekeruhan, warna, TDS, suhu, bau, rasa, pH, dan besi (Fe).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dalam penelitian ini adalah :

1. Bagi masyarakat adalah dapat memberikan informasi terkait kualitas air sungai di Dusun Tamanayu Desa Jatirejoyoso Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang.
2. Bagi jurusan adalah dapat dijadikan sebagai referensi bagi mahasiswa

lainnya, terutama bagi mahasiswa yang meneliti terkait dengan metode elektrokoagulasi.

3. Bagi penulis adalah dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang proses penjernihan air sungai menggunakan metode elektrokoagulasi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Sungai

Sungai adalah suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi di samping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus-menerus sepanjang masa existensinya dan terbentuklah lembah-lembah sungai. Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing-tebing sungai di daerah pegunungan dan tertimbun di dasar sungai tersebut, terangkut ke hilir oleh aliran sungai. Hal ini diakibatkan karena pada daerah pegunungan kemiringan sungainya curam dan gaya tarik aliran airnya cukup besar, setelah itu gaya tariknya menjadi sangat menurun ketika mencapai dataran. Dengan demikian beban yang terdapat dalam arus sungai berangsur-angsur diendapkan (Sosrodarsono, 19984 dalam Benyamin et al., 2017).

Proses terbentuknya sungai berasal dari mata air yang mengalir di atas permukaan bumi. Proses selanjutnya adalah debit air akan bertambah seiring dengan terjadinya hujan, karena limpasan air hujan yang tidak dapat di serap bumi akan ikut mengalir ke dalam sungai. Perjalanan dari hulu menuju hilir, secara bertahap akan bergabung dengan banyaknya sungai lainnya. Proses penggabungan ini akan mengakibatkan volume air sungai akan bertambah besar (Junaidi F Fathona, 2014).

Air sungai sebagai salah satu kebutuhan masyarakat Desa Tamanayu, Kepanjen, Kabupaten Malang untuk kebutuhan sehari-hari dalam mencuci piring, mencuci pakaian, mandi. Air sungai dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk

meminimalisir pengeluaran ekonomi masyarakat, sehingga tidak menggunakan air PDAM. Maka air sungai ini merupakan salah satu nikmat yang diberikan oleh Allah kepada makhluk-Nya untuk kebutuhan hidup. Hal ini seperti yang difirmankan dalam QS. Ibrahim Ayat 32 yang berbunyi :

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَكُمْ وَسَخَّرَ لَكُمْ الْفُلْكَ لِتَجْرِيَ فِي

الْبَحْرِ بِأَمْرِهِ ۗ وَسَخَّرَ لَكُمْ الْأَنْهَارَ - ٣٢

Artinya :

“Allah-lah yang telah menciptakan langit dan bumi dan menurunkan air hujan dari langit, kemudian Dia mengeluarkan dengan air hujan itu berbagai buah-buahan menjadi rezeki untukmu; dan Dia telah menundukkan bahtera bagimu supaya bahtera itu, berlayar di lautan dengan kehendak-Nya, dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu sungai-sungai.”(QS Ibrahim Ayat 32).

Menurut Tafsir Ibnu Katsir dalam QS Ibrahim Ayat 32, Allah memberikan kenikmatan bagi setiap makhluk-Nya, dan Dia menciptakan lapisan-lapisan langit yang sebagai atap yang dipelihara-Nya, dan menciptakan bumi sebagai hamparannya. Dan Allah menurunkan air yang jatuh dari langit. Maka Allah jadikan semua jenis tanaman tumbuh bersamanya, maksudnya berbagai macam-macam tumbuh-tumbuhan dan buah-buahan yang beraneka ragam warna, bentuk, rasa, bau, dan manfaatnya. Allah juga menjadikan sungai-sungai mengalir dari satu daerah ke daerah lain yang diberikan kenikmatan dan rezeki bagi setiap makhluk-Nya yaitu berupa air, yang digunakan sebagai air minum, pengairan, dan untuk yang lainnya yang bermanfaat bagi mereka (Ghofar, 2004).

Ketersediaan sungai dapat dimanfaatkan bagi kehidupan manusia dan alam. Fungsi sungai dalam kehidupan manusia dapat berguna sebagai penyedia air, tempat penampungan air, air untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, industri, pariwisata, olahraga, pembangkit listrik, transportasi, pertahanan negara, dan

kebutuhan lain-lain. Sedangkan fungsi air sungai terhadap alam digunakan sebagai habitat ekosistem hewan dan tumbuhan, pemulih kualitas air, dan penyalur banjir (PP No. 38 Tahun 2011 tentang sungai).

Sungai terdapat tiga bagian kondisi lingkungan yaitu hulu, hilir, dan muara.

Terdapat perbedaan kualitas air pada ketiga kondisi tersebut, yaitu :

Tabel 2.1 Kondisi lingkungan Air Sungai

Bagian	Kondisi
Hulu	Kualitas airnya lebih baik, yaitu lebih jernih mempunyai variasi kandungan senyawa kimia lebih rendah atau sedikit, kandungan biologis lebih rendah.
Hilir	Mempunyai potensi tercemar jauh lebih besar sehingga kandungan kimiawi dan biologis lebih bervariasi dan cukup tinggi. Pada umumnya diperlukan pengolahan secara lengkap.
Muara	Letaknya mencapai laut atau pertemuan sungai-sungai lain, arus air sangat lambat dengan volume yang lebih besar, banyak mengandung bahan terlarut, lumpur dan hilir membentuk delta dan warna air sangat keruh.

2.2 Kualitas Air Sebagai Air Bersih

Air yang akan digunakan sebagai air baku harus memiliki kualitas yang baik dan memenuhi baku mutu air yang telah ditetapkan. Kualitas air ini adalah kondisi dan kualitas air yang diuji dengan parameter dan metode yang ditentukan sesuai dengan regulasi yang berlaku. Pada saat yang sama, standar kualitas airnya adalah batas ukuran atau kandungan biologis, material, energi atau komponen atau kontaminan yang harus atau dapat ditoleransi di dalam air.

Kualitas air baku sangat menentukan skala investasi instalasi pemurnian air serta biaya operasi dan pemeliharaan, sehingga situasinya semakin parah kualitas air membebani masyarakat dengan tagihan air yang berat bersih. Air bersih adalah air untuk pemakaian sehari-hari, proses perebus menjadi salah satu metode untuk mendapatkan air siap minum, biasanya sering ditemui di daerah pedesaan.

Permintaan yang dimaksud adalah tentang air berkualitas tinggi termasuk kualitas fisik, kimiawi, biologi dan radiologi sehingga jika dimakan tidak akan menimbulkan efek samping (Permenkes No.416/MENKES/PER/IX/1990).

2.2.1 Parameter Baku Mutu Air Bersih

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/2010 tentang persyaratan kualitas air bersih. Syarat air bersih yang aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, kimiawi, mikrobiologi, dan radioaktif. Parameter fisika dan kimia tersebut yaitu sebagai berikut :

1. Parameter Fisika

Indikator fisika menjelaskan keadaan fisik air bersih, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa. Beberapa persyaratan uji fisika antara lain: kekeruhan, warna, total zat padat terlarut (*Total Dissolved Solid*) , suhu, bau, dan rasa.

a. Kekeruhan

Kekeruhan menggunakan metode *Nephelometric*, pada metode *Nephelometric*, sumber cahaya melewati sampel dan intensitas cahaya yang dipantulkan oleh bahan-bahan penyebab kekeruhan diukur menggunakan larutan standar. Kekeruhan yang diukur menggunakan metode *Nephelometric* dinyatakan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*) (Effendi, 2003).

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air, yang ditentukan oleh jumlah cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh zat-zat yang terkandung di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik tersuspensi dan terlarut (seperti lumpur dan pasir halus), serta plankton dan mikroorganisme lainnya berupa bahan organik dan anorganik (Effendi, 2003). Menurut

PERMENKES No. 416 Tahun (1990) tentang syarat kualitas air bersih menyebutkan bahwa nilai kekeruhan yang diperbolehkan dalam kualitas air bersih adalah sebesar 25 NTU.

b. Warna

Warna air disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain larutan tersuspensi, dekomposisi pada bahan organik, bahan-bahan yang teralut dalam air dan biota air. Warna air sungai biasanya berwarna kuning kecoklatan yang disebabkan adanya fitoplankton dan gangga keemasan atau *Chryssophyta* (M. Ghufuran et al., 2007). Warna air menurut persyaratan kualitas air bersih senilai 15 TCU (*True Color Unit*), air dengan nilai TCU melebihi standar baku mutu maka air tersebut terlihat tidak jernih dan tidak memenuhi persyaratan air bersih.

c. Total Padat Terlarut (*Total Dissolved Solids*)

Air yang berkualitas adalah air yang bersih tidak mengandung padatan terlarut melebihi batas yang telah ditentukan. Total padatan terlarut (TDS) merupakan zat yang terarut di dalam air. Penyebab terjadinya TDS adalah bahan kimia anorganik yang berupa ion-ion dan gas terlarut. Total padatan terlarut (TDS) adalah suatu padatan yang memiliki ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi (TSS). TDS sering dijumpai pada perairan, seperti air sungai, air limbah, dll. Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang terlarut di dalam air, mineral, dan garam (Helard et al., 2021). Menurut Permenkes No.416 Tahun 1999 kandungan TDS yang diperbolehkan sebagai air bersih adalah 1000 mg/l.

d. Suhu

Suhu dinyatakan dalam satuan derajat Celcius (°C) atau derajat Fahrenheit (°F). Pengukuran suhu di dalam air biasanya dilakukan menggunakan alat seperti

reversing thermometer, thermophone, atau thermistor. Pada badan air suhu dipengaruhi oleh musim, posisi lintang, ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam hari (siang atau malam), sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran kedalaman badan air. Perubahan suhu dapat dipengaruhi oleh proses fisika, kimia, atau biologi. Suhu memiliki berperan mengendalikan ekosistem perairan (Effendi, 2003).

Peningkatan suhu perairan sebesar 10°C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen dan organisme akuatik sekitar 2-3 kali lipat. Peningkatan suhu juga disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut, sehingga keberadaan oksigen tidak dapat memenuhi kebutuhan oksigen bagi mikroorganisme untuk proses metabolisme dan respirasi. Peningkatan suhu juga dapat menyebabkan terjadinya peningkatan penguraian bahan organik oleh mikroba. Kisaran suhu optimal bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20°C - 30°C (Effendi, 2003).

e. Rasa

Air minum tidak memiliki rasa (tawar). Air yang memiliki rasa akan menunjukkan bahwa air tersebut telah tercampur berbagai zat yang dapat berbahaya bagi kesehatan. Dampak yang akan ditimbulkan pada kesehatan manusia tergantung pada penyebab terjadinya rasa (Effendi, 2003).

f. Bau

Air minum biasanya tidak memiliki bau. Kualitas air dapat ditunjukkan dengan adanya bau pada air. Air yang memiliki bau busuk menandakan telah terjadinya proses dekomposisi atau pembusukan oleh bahan-bahan organik atau mikroorganisme didalam air. Sedangkan air air yang berbau amis dapat disebabkan

oleh adanya algae di dalam air (Effendi, 2003).

2. Parameter kimia

Indikator kimia menjelaskan kandungan zat kimia pada air bersih tidak boleh melebihi batas yang telah ditentukan. Beberapa persyaratan uji kimia antara lain : pH, dan besi (Fe).

a. Derajat Keasaman atau pH

Derajat keasaman atau biasa disebut dengan pH. pH merupakan singkatan dari (*power of hydrogen*), yaitu skala yang menentukan keasaman atau kebasaan yang dimiliki dari suatu larutan. Air normal mengandung pH yang sempurna yaitu 7. Semakin tinggi nilai suatu pH atau $pH > 7$ maka air tersebut bersifat basa, sebaliknya jika nilai suatu pH rendah atau $pH < 7$ maka air tersebut bersifat asam (Effendi, 2003).

Batas maksimal suatu pH terhadap organisme bervariasi tergantung pada suhu, kandungan garam ionik di dalam air, dan oksigen terlarut. Kisaran pH perairan alami memiliki pH 6-9. Sebagian besar biota air sensitif terhadap perubahan pH dan dapat bertahan pada pH 7-8,5. Nilai pH sangat menentukan pengaruh fitoplankton. Alga biru bertahan hidup pada pH netral hingga basa dan pada pH asam pertumbuhan alga biru menurun. Ganggang emas atau nama latin *Chrysophyta* bertahan hidup pada kisaran pH 4,5-8,5. Secara umum pada kisaran pH netral akan menunjang keanekaragaman spesies.

b. Besi (Fe)

Kandungan besi dalam air akan menyebabkan warna air menjadi kuning dan menimbulkan korosi dari hasil elektrokimia pada air yang mengandung padatan terlarut yang bersifat menghantarkan listrik dan mempercepat terjadinya korosi. Air

yang mengandung besi apabila dikonsumsi dapat menyebabkan rasa mual. Kandungan besi yang diperbolehkan dalam air minum adalah 1,0 mg/l. Air yang mengandung besi melebihi kadar akan menimbulkan bau seperti berkarat.

Besi termasuk unsur esensial bagi makhluk hidup. Pada tumbuhan, seperti algae, besi berperan sebagai penyusun sitokrom dan klorofil. Kadar besi yang berlebihan dapat mengakibatkan timbulnya warna merah dan pada peralatan yang terbuat dari logam dapat menyebabkan berkarat dan dapat memudahkan bahan celupan dan tekstil. Pada tumbuhan, besi berperan dalam sistem enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis (Effendi, 2003).

2.3 Pencemaran Air Sungai

Menurut definisi tentang pencemaran air, pencemaran air dapat disebabkan oleh masuknya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain yang masuk ke dalam air berupa gas, zat terlarut, dan partikel sehingga menyebabkan kualitas air menjadi tercemar sehingga mengganggu fungsi air. Masuknya zat-zat penyebab terjadinya pencemaran air tersebut sering disebut sebagai unsur pencemar (polutan), namun pada kenyataannya polutan tersebut merupakan limbah yang dibuang secara terus menerus, misalnya seperti limbah cair.

Bahan pencemar (polutan) merupakan bahan-bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan-bahan yang berasal dari alam yang masuk ke dalam tatanan ekosistem sehingga dapat merusak ekosistem. Berdasarkan cara masuknya ke dalam lingkungan, polutan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu polutan alamiah dan polutan antropogenik. Polutan alamiah merupakan polutan yang secara alami dapat memasuki suatu lingkungan misalnya ke dalam badan air. Polutan alamiah dapat diakibatkan letusan gunung berapi, tanah longsor, dan fenomena

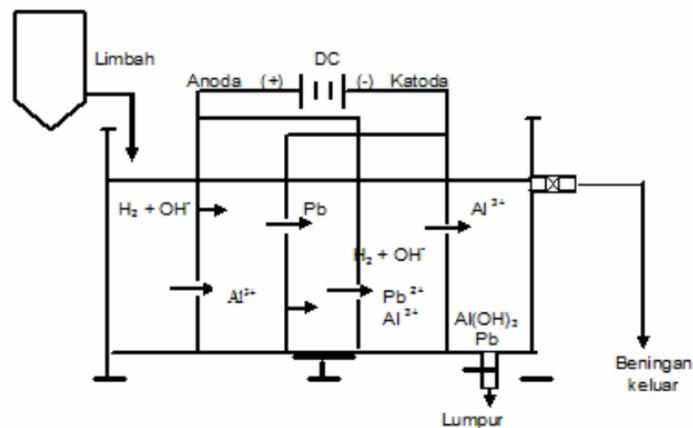
alam lainnya. Sedangkan polutan antropogenik merupakan polutan yang masuk ke dalam badan air akibat aktivitas manusia misalnya limbah domestik (rumah tangga), limbah industri, atau kegiatan urban (perkotaan). Intensitas polutan antropogenik dapat dikendalikan dengan cara mengontrol aktivitas yang dapat menimbulkan polutan tersebut (Effendi, 2003).

2.4 Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses flokulasi-koagulasi. Flokulasi merupakan suatu proses pengolahan air dengan proses pengadukan secara lambat, untuk mendapatkan partikel-partikel flok yang lebih besar dan berperan dalam penggabungan flok sehingga dapat mempercepat proses pengendapan. Sedangkan koagulasi merupakan suatu proses pengolahan air dengan proses pengadukan cepat sehingga dapat mereaksikan (koagulan) bahan kimia secara menyeluruh ke semua bagian di dalam bejana untuk membantu partikel-partikel halus di dalam air untuk bertumbukan satu sama lain sehingga membentuk mikroflok (Mulyani, 2017). Prinsip kerja metode elektrokoagulasi adalah dengan menggunakan dua buah plat elektroda yang dimasukkan ke dalam bejana berisi limbah cair yang akan diolah untuk mendapatkan air jernih. Kedua plat elektroda dialiri arus listrik searah (DC) sehingga terjadi proses elektrokimia (Yolanda, 2015). Pada proses elektrokoagulasi, untuk membentuk koagulan yang dapat memisahkan polutan dalam air limbah menggunakan elektroda besi atau aluminium (Mehmet Kobya et al., 2011).

Beda potensial diperlukan antar elektroda untuk menghasilkan ion logam yang bertindak sebagai koagulan. Beda potensial ini diperlukan untuk

menghasilkan reaksi elektrokimia pada setiap elektroda. Pada proses ini menggunakan reaksi redoks (reduksi dan oksidasi), dimana ion positif (kation) bergerak menuju katoda dan mengambil elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak menuju anoda dan melepaskan elektron dioksidasi (Susetyaningsih et al., 2008). Gambar proses elektrokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses Elektrokoagulasi (Susetyaningsih et al., 2008)

Beberapa kelebihan pada metode elektrokoagulasi antara lain adalah sebagai berikut (Rachmawati et al., 2015):

1. Peralatan yang mudah untuk dioperasikan dan sederhana.
2. Metode elektrokoagulasi air sungai yang diolah menghasilkan *effluent* yang jernih, tidak berbau dan tidak berwarna.
3. Tidak membutuhkan zat kimia tambahan karena lebih banyak menggunakan proses fisika.
4. Teknik yang digunakan metode elektrokoagulasi lebih irit dan hemat biaya karena hanya menggunakan listrik yang relatif kecil.
5. Dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai jenis polutan seperti senyawa organik, logam berat, bakteri, dll.

6. Membutuhkan energi yang lebih redah disbanding proses-proses lainnya.
7. Flok yang terbentuk selama metode elektrokoagulasi memiliki kesamaan dengan flok pada proses kimia. Flok pada metode elektrokoagulasi memiliki ukuran yang lebih besar, memiliki kandungan air yang lebih sedikit, lebih stabil, dan dapat dipisahkan dengan cemat melalui filtrasi.
8. Pada metode elektrokoagulasi akan dihasilkan gelembung-gelembung gas yang dapat membawa polutan ke permukaan air.
9. Lebih cepat mereduksi kandungan koloid dengan partikel-partikel kecil pada metode elektrokoagulasi disebabkan karena medan listrik di dalam air dapat mempercepat pergerakan dan mempermudah proses koagulasi.

Beberapa kekurangan pada metode elektrokoagulasi antara lain adalah sebagai berikut (Rachmawati et al., 2015):

1. Akan terbentuknya lapisan pada elektroda yang menyebabkan kurangnya efisiensi pengolahan.
2. Elektroda yang digunakan selama metode elektrokoagulasi harus di ganti secara teratur.
3. Reduksi logam berat dalam air sungai dapat mempengaruhi besarnya tegangan dan arus searah (DC) pada elektroda, karena jarak antar elektroda dan sempitnya bidang kontak antar elektroda.
4. Tidak dapat digunakan untuk mengolah air yang mempunyai sifat elektrolisis kuat, karena dapat menyebabkan korsleting antar elektroda.

2.4.1 Reaksi Kimia pada Proses Elektrokoagulasi

Pada proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis di dalamnya terdapat dua atau lebih penghantar arus listrik searah yang disebut

elektroda, yang dicelupkan kedalam larutan air sebagai elektrolit (Kurniasih et al., 2016). Dari reaksi tersebut, pada anoda akan menghasilkan gas, buih, dan flok. Selanjutnya flok yang terbentuk akan mengikat logam (kontaminan) di dalam air. Flok yang telah mengikat logam (kontaminan) tersebut selanjutnya diendapkan pada wadah sedimentasi dan sisa buih akan dipisahkan pada unit filtrasi. Karena dalam proses elektrokoagulasi menghasilkan gelembung-gelembung gas, maka kotoran yang terbentuk di dalam air akan terangkat keatas permukaan air (Kurniasih et al., 2016).

Logam aluminium merupakan logam yang digunakan dalam metode elektrokoagulasi. Logam aluminium mempunyai nilai konduktivitas yang tinggi sehingga dapat menghantarkan listrik dengan mudah melalui proses tersebut. Aluminium digunakan sebagai koagulan dalam proses pengolahan pencemaran air.

1. Reaksi pada Katoda

Pada persamaan (1), ion H^+ yang berasal dari senyawa-senyawa asam akan direduksi menjadi suatu gas hidrogen yang bebas dengan membentuk gelembung-gelembung gas.



Jika larutan mengandung ion logam alkali, alkali tanah, maka ion-ion tersebut tidak dapat direduksi dari larutan yang mengalami reduksi. Larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut air akan mengalami reaksi reduksi sehingga membentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda yang ditunjukkan pada persamaan (2).



2. Reaksi pada Anoda

Reaksi yang terjadi pada anoda merupakan reaksi oksidasi, dimana logam

aluminium yang digunakan mengalami oksidasi. Reaksi yang terjadi pada anoda ditunjukkan pada persamaan (3).

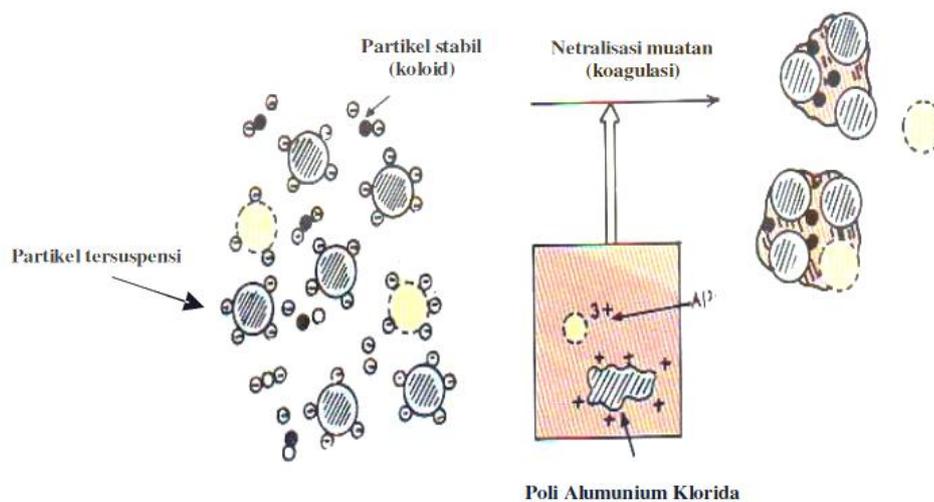


Pada persamaan (4), ion OH^- berasal dari basa akan mengalami oksidasi yang akan membentuk gas oksigen (O_2).

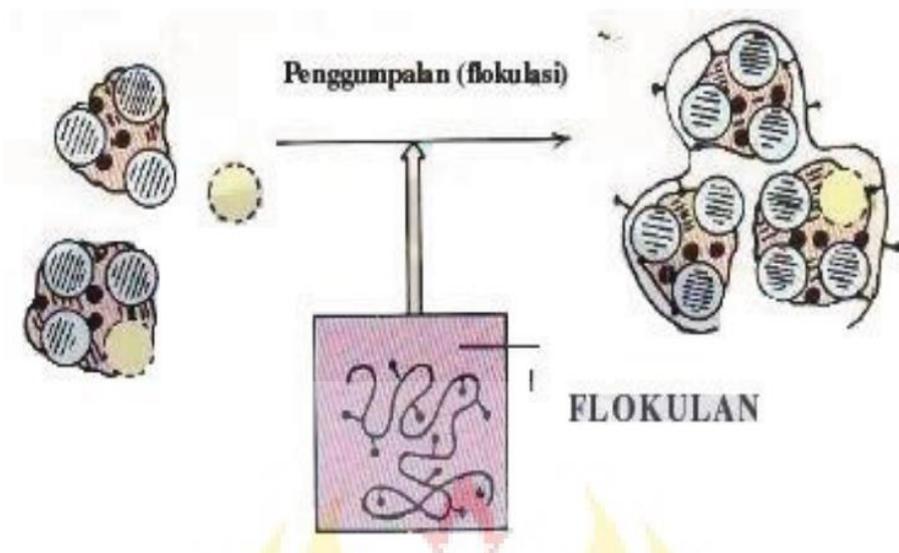


Dalam reaksi tersebut, pada anoda akan dihasilkan gas, buih, dan flok logam hidroksida $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Susetyaningsih et al., 2008). Flok yang terbentuk akan menjebak secara elektroionik terhadap logam atau kontaminan di dalam limbah (Prayitno & Kismolo, 2012). Ketika medan magnet diantara plat elektroda masih cukup besar, sistem ionik dari polutan limbah cenderung akan berkompeten membentuk suatu flok-flok dengan ukuran yang jauh lebih besar sehingga proses oksidasi pada plat anoda juga semakin besar (Prayitno et al., 2017).

Mekanisme pengendapan flok logam hidroksida $\text{Al}(\text{OH})_3$ di dalam air pada proses elektrokoagulasi mengikuti prinsip koagulasi-flokulasi karena flok yang terbentuk mempunyai ukuran yang relatif kecil sehingga semakin lama flok yang terbentuk akan bertambah besar ukurannya dan mengalami peningkatan massa flok sehingga flok akan bertambah berat dan akhirnya mengendap (Kurniasih et al., 2016). Mekanisme pembentukan koagulasi dan flokulasi ditunjukkan pada gambar 2.2 dan gambar 2.3 (Susanto, 2008).

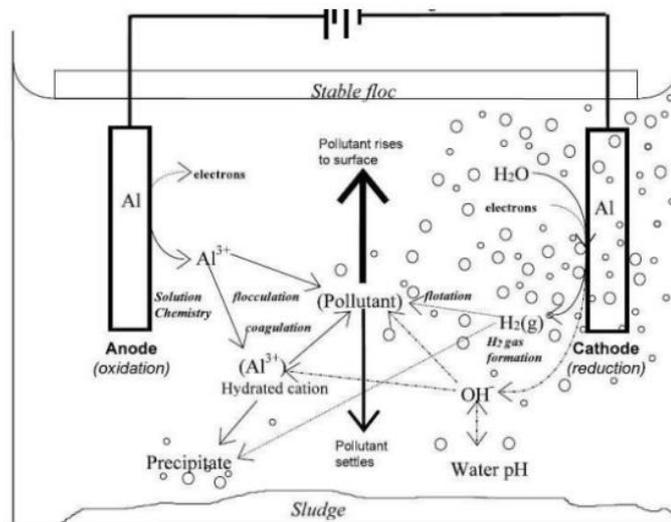


Gambar 2.2 Mekanisme Pembentukan Koagulasi (Susanto, 2008)



Gambar 2.3 Mekanisme Pembentukan Flokulasi (Susanto, 2008)

Hal ini juga terjadi karena adanya perubahan arus listrik akan terjadi medan disekitar elektroda. Dengan adanya medan magnet di sekitar elektroda, maka ion-ion logam (kontaminan) akan bergerak dengan lintasan berbentuk helik yang mengitari plat elektroda sehingga pada saat itu ada kecenderungan ion-ion logam (kontaminan) dapat menempel pada seluruh permukaan elektroda. Mekanisme proses elektrokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 2.4 (Kurniasih et al., 2016).



Gambar 2.4 Mekanisme Proses Elektrokoagulasi (Kurniasih et al., 2016)

2.4.2 Parameter yang Mempengaruhi Proses Elektrokoagulasi

Beberapa parameter-parameter yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi antara lain adalah sebagai berikut :

1. Kuat Arus

Kuat arus merupakan salah satu parameter yang penting dalam proses elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi diartikan sebagai rasio arus I yang didefinisikan sebagai rasio arus terhadap luas permukaan elektroda S . Persamaan kontinuitas arus antara anoda dan katoda, kerapatan arus dapat bervariasi antarelektroda :

$$I = i_A \cdot S_A = i_C \cdot S_C$$

Dimana :

I = rapat arus

I_A = arus anoda

S_A = luas permukaan anoda

I_C = arus katoda

S_C = luas permukaan katoda

Hukum Faraday menentukan, densitas arus yang menentukan jumlah koagulan anoda dan gas hidrogen (H₂) yang dilepaskan pada katoda. Kerapatan arus mempengaruhi spesies logam yang terhidrolisis melalui perubahan pH selama proses elektrokoagulasi. Kerapatan arus secara langsung mengontrol mekanisme koagulasi atau flokulasi dan mendukung perpindahan ion dan koloid yang bermuatan.

Konsumsi energi listrik dituliskan sebagai fungsi dari waktu perlakuan t , energi listrik yang dibutuhkan dalam proses elektrokoagulasi terkait dengan arus listrik dan potensial energi dituliskan pada persamaan :

$$P = \int_0^t U \cdot I \cdot dT$$

Nilai kerapatan arus dapat divariasikan sesuai dengan seberapa banyak polutan yang akan dihilangkan pada air limbah. Pada arus yang tinggi juga meningkatkan tegangan dan penurunan ohmic antara anoda dan katoda, penurunan ohmic atau penurunan IR hasil dari ohmic hambatan elektrolit R , yang dituliskan pada persamaan :

$$R = \frac{d}{S k}$$

Dimana :

d = menunjukkan jarak antar elektroda

k = konduktifitas air

Arus listrik menyebabkan terjadinya transfer elektron dari elektroda menuju larutan elektrolit. Arus listrik ini menyebabkan terjadinya reaksi kimia pada larutan, dengan bertambahnya logam hidroksida dan gelembung (gas) yang terbentuk (Kurniasih et al., 2016). Semakin besar kuat arus, maka semakin meningkat

kepadatan gelembung sehingga meningkatkan jumlah flok logam hidroksida yang mengakibatkan peningkatan efisiensi penyisihan polutan dalam air. Namun jika kuat arus semakin rendah maka waktu proses yang dibutuhkan akan semakin lama (Mulyani, 2017).

Kuat arus secara langsung menentukan banyaknya koagulan dan laju pembentukan gelembung serta mempengaruhi pencampuran larutan dan perpindahan massa di elektron. Jumlah logam yang terlarut bergantung pada larutan elektrolit yang teraliri arus listrik. Hubungan jumlah bahan elektroda terlarut diturunkan pada hukum Faraday (Sahu et al., 2014).

$$C = \frac{i \cdot t \cdot M}{Z \cdot F \cdot V}$$

Dimana :

C = konsentrasi aluminium dalam sel elektrolisis

I = arus (A)

t = waktu perlakuan (s)

M = berat molekul anoda (g/mol)

Z = ekuivalen kimia

F = konstanta Faraday (96.500 C/mol)

V = volume air limbah yang diolah (l)

Suplai kuat arus pada proses elektrokoagulasi menentukan jumlah ion Al^{3+} yang dilepaskan dari masing-masing elektron. Untuk aluminium, massa ekuivalen elektrokimia adalah sebesar 335,6 mg/(Ah) (Sahu et al., 2014).

Proses elektrokoagulasi dapat beroperasi dalam waktu yang lama dan tanpa adanya perawatan, kuat arus disarankan berada pada kisaran 20-25 A/m². Efisiensi arus didefinisikan sebagai rasio arus yang dikonsumsi dalam memproduksi target

dengan total arus yang dikonsumsi (Sahu et al., 2014).

Efisiensi arus merupakan perbandingan antara berat logam yang terelektrolisis pada permukaan elektroda dengan berat logam yang terelektrolisis, secara teoritis menurut hukum Faraday sebagai berikut (Mukimin, 2006):

$$\eta = \frac{W_d}{W_t} \times 100\%$$

Dimana :

η = efisiensi arus

W_d = Berat logam yang terelektrolisis

W_t = Berat logam yang terelektrolisis secara teori

2. Kadar Keasaman (pH)

pH larutan merupakan parameter yang penting dalam proses elektrokoagulasi. Tiga langkah utama dalam proses elektrokoagulasi yaitu resipitasi, absorpsi, dan koagulasi. Pada proses resipitasi terjadi pada pH rendah spesies logam umumnya pada anoda yang akan bergerak menuju spesies anionik dan akan terjadi suatu proses penetralan muatan dan menguraikan kelarutan. Pada proses absorpsi dan koagulasi terjadi pada pH lebih dari 6,5. Pada pH 7-9 ion logam akan terhidrolisis sehingga menghasilkan variasi kompleks logam hidroksida dan $M(OH)_3$ yang netral (Mulyani, 2017).

Untuk elektroda Al bahwa jumlah aluminium hidroksida yang tidak terlarut meningkat dengan meningkatnya nilai pH 4,5-7 untuk merusak ion hidroksida dan sebaliknya berlaku pada pH 7-10. Peningkatan pH dalam media asam disebabkan oleh evolusi hidrogen di katoda sedangkan penurunan pH disebabkan oleh pembentukan endapan hidroksida yang melepaskan kation H^+ di sekitar anoda dan reaksi sekunder seperti oksidasi air dan produksi klorin dan hidrolisis (Hakizimana

et al., 2017).

Menurut Lekhlif et al. (2014) berdasarkan spesies mononuklir, dalam pada pH sekitar 3,5 dalam kondisi asam dominansi spesies kation bebas Al^{3+} , semakin besarnya nilai pH maka menghasilkan perbedaan distribusi kompleks hidrok monomer dan polimer seperti $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$, $\text{Al}_6(\text{OH})_{15}^{3+}$, $\text{Al}_7(\text{OH})_{17}^{4+}$, $\text{Al}_8(\text{OH})_{20}^{7+}$, $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{34}^{5+}$. Pada pH 4 dan 9 fase padatan yang terdiri dari pengendapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang netral.

Menurut Cerqueira & Marques (2012) efisiensi penghilang polutan maksimum adalah pada pH larutan yang optimum untuk polutan tertentu. Efisiensi penurunan polutan dengan menaikkan atau menurunkan pH larutan dari pH optimum. Pada pH larutan setelah proses elektrokoagulasi meningkat dengan meningkatnya waktu elektrolisis karena menghasilkan OH^- dalam proses elektrokoagulasi.

3. Waktu Perlakuan

Pada proses elektrokoagulasi waktu perlakuan merupakan fungsi dari efisiensi penyisihan polutan. Jumlah koagulan yang dihasilkan pada proses elektrolisis dapat dihitung menurut hukum Faraday ketika arus dan waktu perlakuan diketahui (Sahu et al., 2014). Efisiensi penyisihan polutan meningkat dengan meningkatnya waktu perlakuan. Semakin lama waktu perlakuan maka terjadi pembentukan gas H_2 dan OH^- sehingga terjadi peningkatan pembentukan flok yang meningkatkan efisiensi penyisihan polutan (Cerqueira & Marques, 2012).

4. Kuat Tegangan

Kuat tegangan (beda potensial) berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang mengalir pada elektroda. Arus listrik menyebabkan terjadinya transfer elektron

pada elektroda ke larutan elektrolit. Adanya aliran listrik ini menyebabkan terjadinya reaksi kimia dalam larutan yaitu semakin banyaknya aluminium hidroksida maupun gelembung (gas) yang terbentuk. Saat kuat tegangan tinggi, kecepatan pembentukan aluminium hidroksida meningkat dan hidroksil yang larut sehingga menurunkan polutan lebih banyak di dalam air (Kurniasih et al., 2016). Kuat tegangan berpengaruh terhadap pembentukan logam hidroksida, ukuran gelembung, dan pembentukan flok. Kerapatan gelembung akan meningkat dengan bertambahnya kuat tegangan (Mulyani, 2017).

5. Jenis Plat Elektroda

Proses elektrokoagulasi, jenis plat elektroda yang digunakan harus tidak berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Elektroda yang digunakan umumnya terbuat dari besi, aluminium, tembaga, stainless steel, dll yang mudah untuk didapatkan serta biaya yang rendah (Cerqueira & Marques, 2012). Jenis elektroda yang biasanya digunakan dalam proses elektrokoagulasi adalah aluminium dan besi. Penyangga untuk plat elektroda harus terbuat dari bahan inert pada permukaan plat elektroda.

6. Jarak antar elektroda

Jarak antar elektroda merupakan parameter penting dalam proses elektrokoagulasi karena medan elektrostatis bergantung pada anoda dan katoda. Efisiensi maksimum penghilang polutan dengan cara menjaga jarak optimal antar elektroda. Pada jarak antar elektroda minimum maka efisiensi penghilang polutan rendah. Hal ini disebabkan oleh pembentukan logam hidroksida bertindak sebagai flokulasi dan menghilangkan polutan melalui pengendapan dengan tumbukan satu sama lain karena adanya tarik elektrostatis yang tinggi. Efisiensi penghilang polutan

meningkat dengan meningkatnya jarak antar elektroda dari jarak minimum sampai jarak optimal antar elektroda. Hal ini disebabkan oleh semakin jauh jarak antar elektroda maka penurunan efek elektrostatik yang menghasilkan pergerakan ion yang semakin lambat. Untuk menghasilkan efisiensi peningkatan penghilangan polutan memerlukan lebih banyak waktu untuk logam hidroksida menggumpal dan membentuk flok. Meningkatnya jarak elektroda lebih dari jarak elektroda optimal dapat menurunkan efisiensi penghilangan polutan disebabkan karena waktu tempuh ion meningkat dengan bertambahnya jarak antar elektroda, hal ini disebabkan oleh penurunan gaya tarik elektrostatik yang mengakibatkan lebih sedikit flok untuk menghilangkan polutan (Cerqueira & Marques, 2012).

Semakin besar jarak antar elektroda, maka semakin besar tegangan yang dibutuhkan, karena larutan tersebut memiliki resistansi terhadap kuat arus. Berdasarkan karakteristik larutan, jarak antar elektroda dapat divariasikan untuk menghasilkan nilai efisiensi yang maksimal. Misalkan, konduktivitas air limbah relatif besar maka jarak antar elektroda yang digunakan semakin besar, sedangkan konduktivitas yang lebih rendah jarak antar elektroda yang digunakan lebih rendah (Mulyani, 2017).

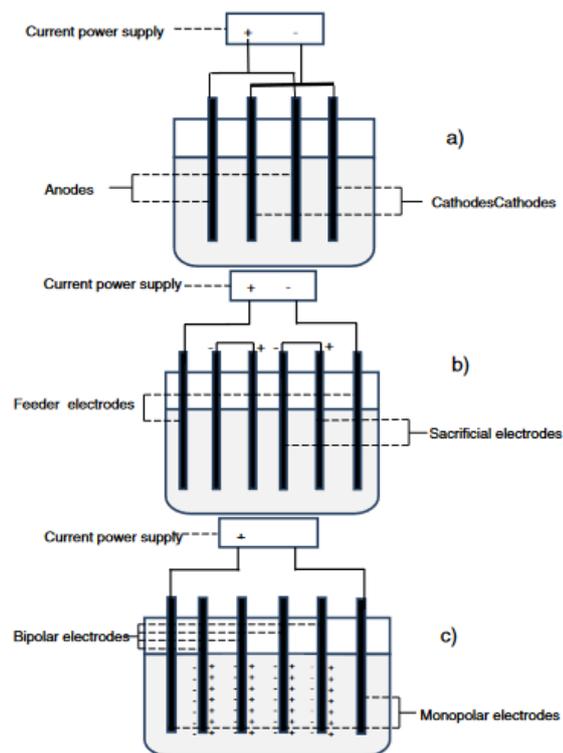
7. Suhu

Suhu memiliki pengaruh sedikit dalam proses elektrokoagulasi. Beberapa penelitian menjelaskan proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda aluminium pada suhu 60 °C meningkatkan nilai efisiensi, namun pada suhu lebih dari itu nilai efisiensi menurun. Ketika kenaikan suhu terlalu tinggi maka terjadi penyusutan pori-pori $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang menyebabkan pembentukan flok padat yang mungkin disimpan pada permukaan elektroda. Peningkatan suhu juga

meningkatkan kelarutan aluminium. Pengaruh suhu pada efisiensi penyisihan tergantung pada mekanisme penghilangan polutan (Sahu et al., 2014).

8. Susunan Elektroda

Elektroda monopolar secara paralel (MP-P), dimana anoda dan katoda dihubungkan secara paralel yang mana kuat arus dibagi pada seluruh elektroda yang saling berhadapan. Setiap pasangan katoda dan anoda pada larutan elektrolit mempunyai tegangan yang sama. Rangkaian secara paralel ini membutuhkan beda potensial yang lebih rendah dibandingkan dengan cara dihubungkan secara seri (Cerqueira & Marques, 2012). Berbagai susunan elektroda dalam proses elektrokoagulasi ditunjukkan pada gambar 2.5 (Mehmet Kobya et al., 2011).



Gambar 2.5 Berbagai Susunan Elektroda dalam Proses Elektrokoagulasi (a) MP-P (b) MP-S (c) BP-S (Hakizimana et al., 2017).

Elektroda monopolar secara seri (MP-S), pada elektroda monopolar yang dihubungkan secara seri, setiap pasangan elektroda (*sacrificial electrode*) yang

dihubungkan satu sama lain. Penambahan tegangan sel meningkatkan beda potensial, dan arus yang diberikan. Elektroda bipolar secara seri (BP-S) dimana dalam elektroda bipolar, elektroda terluar dihubungkan pada *power supply*, elektroda bipolar tidak saling berhubungan dan masing masing sisinya bertindak secara bersamaan sebagai anoda dan katoda. Ini berarti sisi berlawanan dari setiap elektroda bipolar bermuatan berlawanan, pelarutan anodik terjadi di sisi positif sedangkan pada sisi negatif rentan terhadap reaksi katodik (Hakizimana et al., 2017). Pada elektroda monopolar secara paralel (MP-P) merupakan elektroda yang membutuhkan tegangan rendah dan arus yang lebih tinggi, serta pada elektroda ini elektroda yang paling hemat biaya untuk elektroda aluminium dan besi (Cerqueira & Marques, 2012).

9. Konduktivitas air

Konduktivitas larutan merupakan salah satu parameter yang berpengaruh terhadap efisiensi penghilang polutan, kuat arus, dan voltase. Konduktivitas air limbah disebut juga dengan kapasitas untuk menghantarkan kuat arus dan sesuai untuk ion dalam cairan konduktif. Ion-ion tersebut digunakan untuk menghantarkan kuat arus listrik. Maka, semakin tinggi konsentrasi ion dalam air limbah maka semakin besar kemampuan untuk menghantarkan arus listrik dan semakin besar kemungkinan terjadinya reaksi antara senyawa dalam air limbah (Cerqueira & Marques, 2012).

2.4.3 Efisiensi Penyisihan

Setelah air sungai dilakukan perlakuan menggunakan metode elektrokoagulasi, selanjutnya dilakukan perhitungan efisiensi penyisihan pada masing parameter fisika dan kimia dengan cara membandingkan konsentrasi awal

sebelum dilakukan perlakuan dan setelah dilakukan perlakuan elektrokoagulasi. Efisiensi elektrokoagulasi merupakan seberapa besar penurunan konsentrasi untuk menghilangkan polutan pada air limbah yang dituliskan dengan satuan persentase (%). Dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut (M Koby et al., 2014) :

Rumus perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

E = Efisiensi

C₁ = Konsentrasi sebelum perlakuan

C₂ = Konsentrasi setelah perlakuan

2.4.4 Pemisahan Koagulan

Tujuan terpenting dalam proses setelah elektrokoagulasi adalah proses pemisahan koagulan dan air. Proses pemisahan koagulan dan air meliputi dua proses yaitu pengendapan dan penyaringan.

2.4.4.1 Pengendapan

Teori fluks didasarkan pada desain dan pengoprasian tangki pengendapan. Menurut teori fluks, padatan dibawa ke dasar tangki oleh fluks pengendapan gravitas, fluks curah, dan fluks total mencapai nilai minimum pada batas konsentrasi tertentu. Dalam sedimentasi batch, proses pengendapan dibagi menjadi lima keadaan yaitu 1) keadaan transparan 2) keadaan diskrit 3) keadaan serpihan 4) keadaan terblokir 5) keadaan terkompresi. Pada awal pengendapan konsentrasilumpur seragam, keadaan jernih (air limbah setelah proses elektrokoagulasi) dapat diabaikan. Laju konstan, kecepatan pengendapan dapat dituliskan pada persamaan dibawah ini (Sahu et al., 2014):

$$V = \frac{K(1 - bX)^3}{bX}$$

Dimana :

X = konsentrasi suspensi (g/dm^3)

V = zona kecepatan pengendapan (m/h)

K = densitas dan geometri padatan, viskositas air, dan geometri pori (m/h)

b = kepadatan padatan dan tingkat hidrasi (m^3/kg)

2.4.4.2 Penyaringan

Penyaringan gravitasi dapat digunakan untuk menghasilkan data eksperimen. Penyaringan gravitasi dianggap sebagai penyaringan tekanan konstan dengan mengabaikan efek perubahan head hidrostatik pada tekanan total. Keseimbangan gaya untuk penyaringan gravitasi dituliskan dalam persamaan berikut (Sahu et al., 2014):

$$\frac{\Delta t}{\Delta V} = \frac{\mu}{A\Delta P} \left(\frac{\alpha C V}{A} + R_m \right)$$

Atau

$$\frac{\Delta t}{\Delta V} = \frac{\mu\alpha C}{A^2\Delta P} \cdot V + \frac{\mu}{A\Delta P} \cdot R_m$$

Dimana :

Δt = selang waktu penyaringan (s)

ΔV = volume filtrat yang dikumpulkan hingga selang waktu t (m^3)

C = konsentrasi padatan dalam bubuk (kg/m^3)

V = total volume filtrat cair yang dikumpulkan hingga selang waktu t (m^3)

μ = viskositas filtrat cair (Pa s)

ΔP = penurunan tekanan melintasi filter = ρgh (paskal)

A = luas filtrasi (m^2)

R_m = resistansi media filter (m)

α = resistansi spesifik terhadap filtrasi disebut SC

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Sampel yang digunakan berasal dari air sungai di Dusun Tamanayu Kelurahan Jatirejoyoso Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang air sungai tersebut umumnya digunakan warga setempat sebagai kebutuhan sehari-hari, seperti air untuk mencuci baju, mencuci piring, hingga mandi.

3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan selama 1 bulan yaitu, pada tanggal 23 Agustus 2021 – 23 September 2021. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biofisika dan Laboratorium SSA (Lab Kimia) Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat Dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

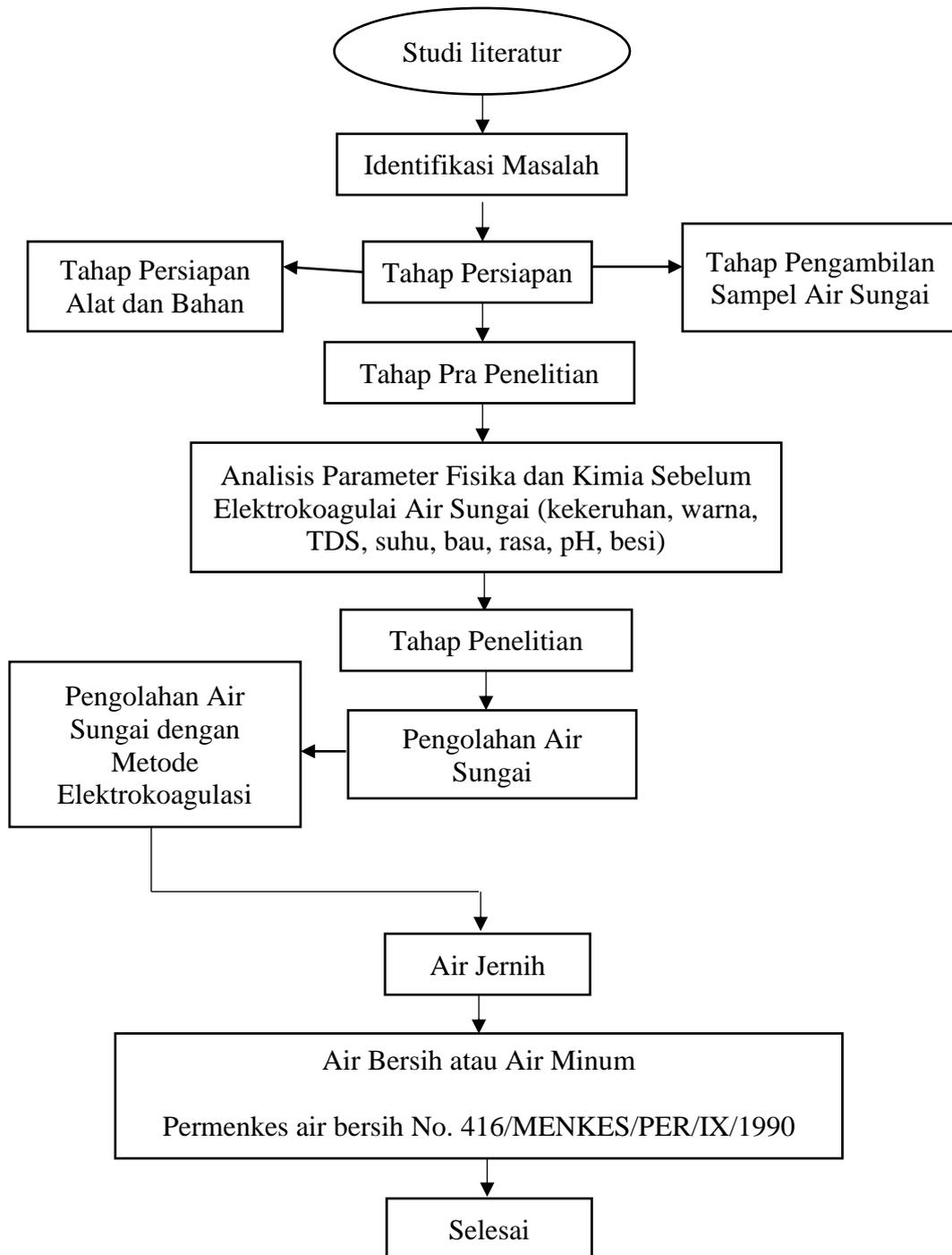
1. Plat aluminium 8x12 cm		4 buah
2. Stopwatch		1 buah
3. Power Supply		1 buah
4. Kabel penghubung		8 buah
5. Hot plate		1 buah
6. Bar stirer		1 buah
7. Beaker glass	500 ml	2 buah
8. Beaker glass	50 ml	4 buah

9. Corong	100 ml	2 buah
10. Corong	60 ml	1 buah
11. Erlenmeyer	500 ml	2 buah
12. pH-meter		1 buah
13. TDS & EC (hold)		1 buah
14. Turbidimeter (set)		1 buah
15. Kaca arloji		4 buah
16. Pipet volume	25 ml	2 buah
17. Pipet volume	5 ml	2 buah
18. Pipet volume	1 ml	1 buah
19. Labu ukur	5 ml	1 buah
20. Labu ukur	50 ml	18 buah
21. Labu ukur	100 ml	1 buah
22. Labu ukur	500 ml	1 buah
23. Botol semprot	1 liter	1 buah
24. SSA (set)		-

3.3.2 Bahan

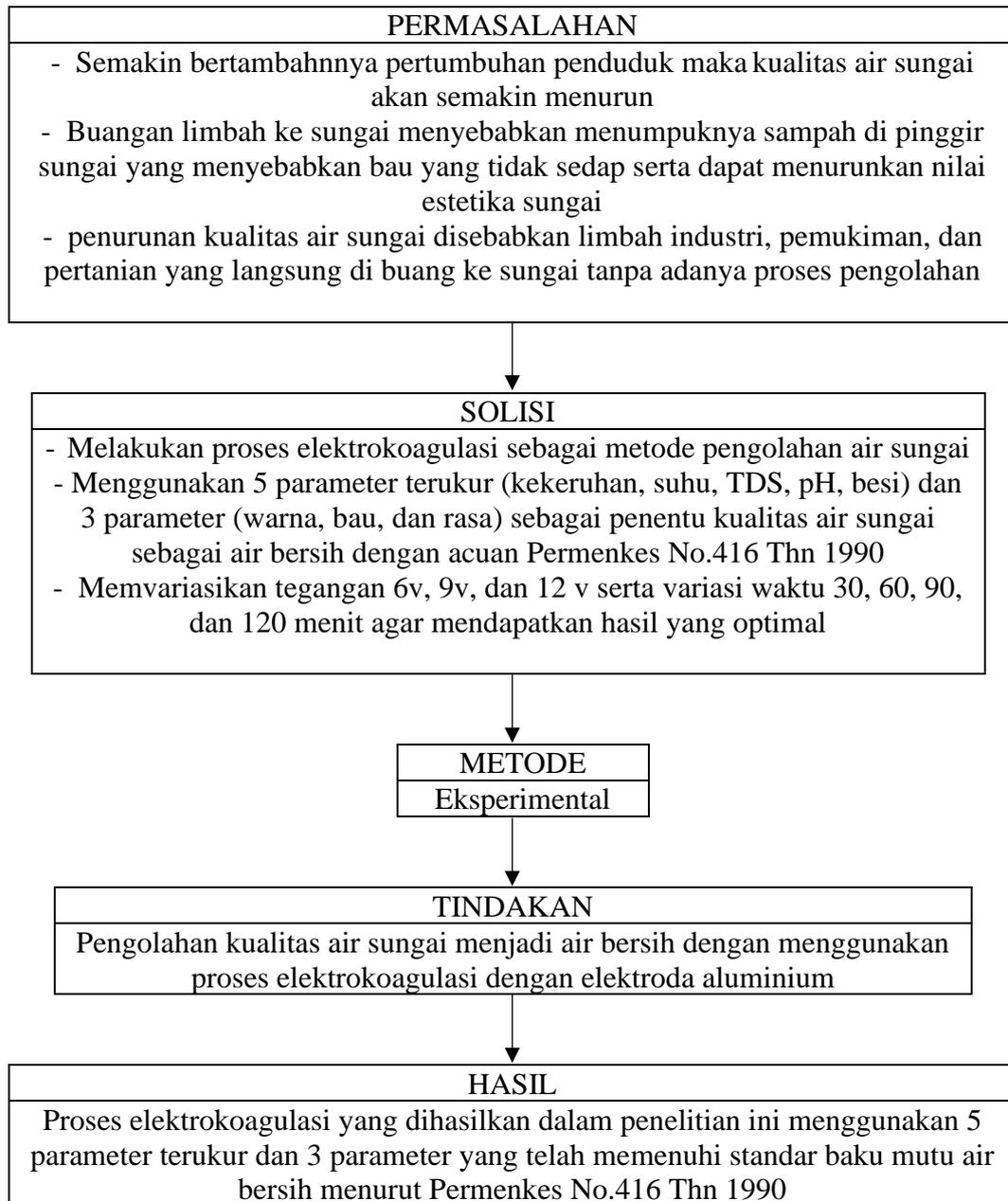
1. Sampel air sungai di Dusun Tamanayu Kelurahan Jatirejoyoso Kecamatan Kapanjen Kabupaten Malang 20 liter
2. Larutan HNO_3 p.a 65% 100 ml
3. Larutan induk Fe 1 ml
4. Aquades 10 liter
5. Aquabides steril 2 liter
6. Kertas saring halus

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Rangkaian Penelitian Kualitas Air Sungai

3.6 Kerangka Berfikir



Gambar 3.2 Alur Kerangka Berfikir Penelitian

3.7 Prosedur Penelitian

Pada langkah penelitian ini meliputi beberapa tahapan-tahapan. Beberapa tahapan-tahapan meliputi antara lain sebagai berikut :

3.7.1 Tahapan Pertama (Persiapan)

Pada tahapan pertama yaitu tahapan persiapan yang digunakan untuk mempersiapkan sebelum melakukan penelitian ini, beberapa persiapan yang akan dilakukan antara lain sebagai berikut :

- a. Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan.
- b. Pengambilan air sungai di Dusun Tamanayu Kelurahan Jatirejoyoso Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang yang akan digunakan sebagai sampel.

3.7.2 Tahapan Kedua (Pra Penelitian)

Pada tahapan kedua yaitu tahapan pra penelitian merupakan prosedur untuk mengetahui kualitas sungai di Dusun Tamanayu Kelurahan Jatirejoyoso Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang dengan menganalisis parameter-parameter pencemaran air yang meliputi, parameter fisika dan parameter kimia. Parameter fisika antara lain kekeruhan, warna, zat padat terlarut (*Total Dissolved Solid*), suhu, rasa, dan bau. Sedangkan pada parameter kimia meliputi pH, besi (Fe).

Beberapa tahapan pra penelitian untuk mengetahui kualitas air antara lain sebagai berikut :

- a. Menganalisis dengan menggunakan parameter fisika

Metode analisis kualitas air sungai menggunakan parameter fisika dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Metode Analisis Kualitas Air Pada Parameter Fisika

Parameter Fisika	Satuan	Metode Analisis	Peralatan
1. Kekeruhan	Skala NTU	SNI 06-6989.25-2005 (Turbidimeter)	Turbidimeter
2. Warna	Skala TCU	-	-
3. Zat padat terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>)	mg/l	Potensiometer	TDS Meter
4. Suhu	°C	SNI 06-6989.23-2005 (Pemuaian)	Thermometer
5. Rasa		Organoleptik	Indra perasa
6. Bau		Organoleptik	Indra penciuman

b. Menganalisis dengan menggunakan parameter kimia

Metode analisis kualitas air menggunakan parameter kimia dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Metode Analisis Kualitas Air Pada Parameter Kimia

Parameter Kimia	Satuan	Metode Analisis	Peralatan
1. pH	-	SNI 06-6989.11-2004 (Elektrometrik)	pH meter
2. Besi	mg/l	SNI 06-6989.4-2009	Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

3.7.3 Tahapan Ketiga (Penelitian)

Pada tahapan ketiga yaitu tahapan penelitian merupakan tahapan dengan melakukan metode elektrokoagulasi sebagai berikut :

- a. Pengolahan sampel air sungai dengan metode elektrokoagulasi, menggunakan parameter-parameter uji yang sama dengan parameter uji pra penelitian.

Prinsip pengolahan sampel air sungai dengan metode elektrokoagulasi adalah reaksi reduksi-oksidasi (redoks). Pada proses elektrokoagulasi peristiwa oksidasi terjadi pada elektroda positif sedangkan pada peristiwa reduksi terjadi pada elektroda negatif. Prinsip elektrokoagulasi pada dasarnya merupakan suatu proses sel elektrolisis dimana energi listrik searah (DC) dapat menghasilkan suatu reaksi elektrolit.

3.6.3.1 Proses Elektrokoagulasi

antara lain sebagai berikut :

1. Proses elektrokoagulasi untuk mengolah sampel air yang ditunjukkan pada diagram rangkaian pada gambar 3.1.
2. Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan, kemudian dirangkai dan mulai melakukan penelitian.
3. Dimasukkan sampel kedalam beaker glass.
4. Dijepit plat menggunakan penjepit buaya dan disambungkan ke *power supply*.
5. Diatur tegangan pada *power supply* dengan memvariasikan nilai tegangan mulai dari 6 volt, 9 volt, dan 12 volt dan waktu perlakuan 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.
6. Diperhatikan dan dicatat arus dan waktu yang optimal.
7. Dilanjutkan dengan pengujian sampel air sungai parameter fisika antara lain kekeruhan, warna, zat padat terlarut (*Total Dissolved Solid*), suhu, rasa, dan bau. Sedangkan pada parameter kimia meliputi pH, besi (Fe).

Tabel 3.3. Data hasil uji Elektrokoagulasi

Parameter Uji	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Keterangan
Kekeruhan	NTU			
Warna	TCU			
TDS	mg/l			
Suhu	°C			
Rasa	-			
Bau	-			
pH				
Besi	Mg/l			

3.6.3.2 Proses Pengujian pH

Alat yang digunakan untuk pengujian pH adalah pH meter. Metode yang digunakan adalah elektrometrik. Pengukuran pH dilakukan untuk mengukur pH yang terkandung dalam sampel air sungai. Proses pengujian pH menurut SNI 06-6989.23-2005, adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan larutan penyangga (*buffer*)
 - a. Larutan penyangga pH 7
 - b. Larutan penyangga pH 10
2. Persiapan pengujian
 - a. Dilakukan kalibrasi pada alat pH-meter dengan menggunakan larutan penyangga atau *buffer* pH 7 dan pH 10
3. Langkah-langkah pengujian pH pada air sungai
 - a. Dikeringkan menggunakan tisu kering pada elektroda yang telah dilakukan kalibrasi selanjutnya bilas menggunakan aquades
 - b. Dibilas elektroda menggunakan sampel
 - c. Dituangkan sampel uji ke dalam beaker glass 50 ml
 - d. Dichelupkan elektroda ke dalam sampel uji dan tunggu pH-meter menunjukkan hasil yang tetap

- e. Dicatat hasil skala yang ditampilkan pada pH-meter.

Tabel 3.4 Data hasil uji pH

Tegangan	Waktu	pH			
		1	2	3	Rata-rata

3.6.3.3 Proses Pengujian *Total Dissolved Solid* (TDS)

Alat yang digunakan untuk pengujian TDS adalah TDS meter. Metode yang digunakan adalah potensiometer. Pengukuran TDS dilakukan untuk mengukur total padatan terlarut dalam sampel dituliskan dengan satuan mg/l. Proses pengujian TDS (*Total Dissolved Solid*) menggunakan alat TDS meter adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan larutan penyangga (*buffer*)
 - a. Larutan penyangga pH 7
 - b. Larutan penyangga pH 10
2. Persiapan pengujian
 - a. Ditekan tombol on pada alat TDS meter
 - b. Disetting untuk pengujian TDS, layar menunjukkan satuan ppm
 - c. Dilakukan kalibrasi pada alat TDS-meter dengan menggunakan larutan penyangga atau *buffer* pH 7 dan pH 10
3. Langkah-langkah pengujian TDS pada air sungai
 - a. Dikeringkan menggunakan tisu kering pada elektroda yang telah dilakukan kalibrasi selanjutnya bilas menggunakan aquades
 - b. Dibilas elektroda menggunakan sampel uji
 - c. Dituangkan sampel uji ke dalam beaker glass 50 ml
 - d. Dichelupkan elektroda ke dalam sampel dan tunggu TDS meter

menunjukkan hasil yang tetap dalam satuan ppm

- e. Dicatat hasil skala yang ditampilkan pada TDS-meter
- f. Dibilas TDS meter menggunakan aquades lalu dikeringkan dengan tisu.

Tabel 3.5 Data hasil uji TDS

Tegangan	Waktu	TDS			
		1	2	3	Rata-rata

3.6.3.4 Proses Pengujian Temperatur

Pengukuran temperatur menggunakan alat thermometer air raksa. Pengukuran dilakukan untuk air atau air limbah untuk keperluan pemeriksaan kualitas air. Proses pengujian Temperatur menurut SNI 06.6989.23-2005, adalah sebagai berikut :

1. Langkah-langkah pengujian Termometer pada air sungai
 - a. Dituangkan sampel uji ke dalam beaker glass 50 ml
 - b. Dichelupkan termometer ke dalam sampel uji dan ditunggu selama 2 menit sampai 5 menit hingga termometer menunjukkan hasil pembacaan yang tetap
 - c. Dicatat hasil pembacaan skala pada termometer tanpa mengangkat termometer yang dicelupkan ke dalam sampel uji.

Tabel 3.6 Data hasil uji Temperatur

Tegangan	Waktu	Temperatur			
		1	2	3	Rata-rata

3.6.3.5 Proses Pengujian Kekeruhan

Pengujian kekeruhan pada air dilakukan menggunakan alat turbidimeter. Dalam pengukuran kekeruhan satuan yang digunakan adalah skala NTU (*Nephelometer Turbidity Units*). Metode yang digunakan adalah turbidimetri. Proses pengujian kekeruhan adalah sebagai berikut :

1. Pengkalibrasian Nefelometer
 - a. Dihidupkan alat nefelometer sesuai dengan buku petunjuk penggunaan alat
 - b. Dioptimalkan alat nefelometer sebagai pengujian kekeruhan sampel uji air sungai, sesuai dengan buku petunjuk penggunaan alat
 - c. Dimasukkan larutan standar baku kekeruhan ke dalam tabung nefelometer
 - d. Dipasang tutup pada tabung nefelometer, selanjutnya dibersihkan permukaan tabung nefelometer menggunakan tisu bersih
 - e. Dimasukkan tabung nefelometer sesuai dengan tanpa panah yang tertera pada alat nefelometer
 - f. Dibiarkan alat melakukan pembacaan hasil hingga memperoleh hasil yang stabil
 - g. Dicatat hasil kekeruhan sampel uji air sungai yang sudah teramati
2. Langkah-langkah pengujian kekeruhan
 - a. Dicuci tabung nefelometer yang telah dilakukan kalibrasi menggunakan aquades
 - b. Dibilas menggunakan sampel uji ke dalam tabung nefelometer
 - c. Dimasukkan sampel uji ke dalam tabung nefelometer
 - d. Dipasang tutup pada tabung nefelometer, selanjutnya dibersihkan permukaan tabung nefelometer menggunakan tisu bersih

- e. Dimasukkan tabung nefelometer sesuai dengan tanpa panah yang tertera pada alat nefelometer
- f. Dibiarkan alat melakukan pembacaan hasil hingga memperoleh hasil yang stabil
- g. Dicatat hasil kekeruhan sampel uji air sungai yang sudah teramati.

Tabel 3.7 Data hasil uji Kekeruhan

Tegangan	Waktu	Kekeruhan			
		1	2	3	Rata-rata

3.6.3.6 Proses Pengujian Besi (Fe)

Pengujian besi pada sampel air sungai menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Pada konsentrasi besi dituliskan satuan mg/l. Proses pengujian besi (Fe) menurut SNI 06-6989.4-2009, adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan larutan HNO_3 0,5 M
 - a. Dipipet sebanyak 17 ml larutan HNO_3 p.a 65%
 - b. Dimasukkan ke dalam labu ukur 500 ml
 - c. Ditandabatkan menggunakan aquabides steril
2. Pembuatan larutan baku besi (Fe) 10 ppm
 - a. Dipipet sebanyak 1 ml larutan induk logam besi 1000 mg/l
 - b. Dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml
 - c. Ditandabatkan menggunakan larutan HNO_3 0,5 M
3. Pembuatan larutan baku 0,2 ppm
 - a. Dipipet sebanyak 1 ml larutan baku besi (Fe)

- b. Dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml
 - c. Ditandabatkan dan dihomogenkan menggunakan larutan HNO_3 0,5 M
4. Pembuatan larutan baku 0,4 ppm
 - a. Dipipet sebanyak 2 ml larutan baku besi (Fe)
 - b. Dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml
 - c. Ditandabatkan dan dihomogenkan menggunakan larutan HNO_3 0,5 M
5. Pembuatan larutan baku 0,6 ppm
 - a. Dipipet sebanyak 3 ml larutan baku besi (Fe)
 - b. Dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml
 - c. Ditandabatkan dan dihomogenkan menggunakan larutan HNO_3 0,5 M
6. Pembuatan larutan baku 0,8 ppm
 - a. Dipipet sebanyak 4 ml larutan baku besi (Fe)
 - b. Dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml
 - c. Ditandabatkan dan dihomogenkan menggunakan larutan HNO_3 0,5 M
7. Pembuatan larutan baku 1 ppm
 - a. Dipipet sebanyak 5 ml larutan baku besi (Fe)
 - b. Dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml
 - c. Ditandabatkan dan dihomogenkan menggunakan larutan HNO_3 0,5 M
8. Langkah-langkah preparasi sampel uji besi (Fe)
 - a. Dihomogenkan contoh uji, dipipet sebanyak 50 ml sampel uji di masukkan ke dalam beaker glass 100 ml
 - b. Ditambahkan sebanyak 5 ml HNO_3 p.a ke dalam beaker glass 100 ml yang berisi sampel uji, ditutup menggunakan kaca arloji
 - c. Dipanaskan perlahan-lahan hingga volume sampel uji bersisa 20 ml -15

ml

- d. Ditambah sebanyak 5 ml HNO₃ p.a, jika destruksi sampel uji belum sempurna (tidak jernih), ditutup menggunakan kaca arloji,
- e. Dilakukan proses (e) secara berulang sampai logam terlarut sempurna, terlihat menjadi warna endapan sampel uji menjadi agak putih atau sampel uji menjadi jernih
- f. Dibilas kaca arloji dan dimasukkan air bilasannya ke dalam beaker glass 50 ml yang berisi sampel setelah di destruksi
- g. Dipindahkan sampel uji ke dalam labu ukur 50 ml, ditandabataskan dan dihomogenkan menggunakan aquabides steril

Tabel 3.8 Data hasil uji Besi

Tegangan	Waktu	Besi			
		1	2	3	Rata-rata

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Sungai

Pada penelitian ini air yang digunakan berasal dari air sungai di Dusun Tamanayu Desa Jatirejoyoso Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang. Sungai tersebut digunakan oleh masyarakat sekitar salah satunya sebagai sumber air bersih dan kegiatan sehari-hari seperti mencuci baju, mandi, mencuci piring, dan lain sebagainya serta mempunyai masalah yang berkaitan dengan sungai digunakan sebagai tempat pembuangan limbah domestik. Sebagian masyarakat membuang limbah domestik langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Maka dari itu peneliti ingin mengetahui tentang kualitas air sungai tersebut. Adapun kualitas air sungai di Dusun Tamanayu Desa Jatirejoyoso Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang sebelum dilakukan perlakuan elektrokoagulasi, dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Kualitas Air Sungai Dan Hasil Elektrokoagulasi Dengan Pemenkes 416 Tahun 1990

No.	Parameter	Hasil Kualitas Air Sungai	Hasil Elektrokoagulasi	Keterangan Menurut Standar Air Bersih Permenkes No. 416 Tahun 1990
1.	Kekeruhan	30.11 NTU	1.367 NTU	25 NTU
2.	Warna	Kuning Kecoklatan	Jernih / Tidak berwarna R=193.3 G=196.3 B=198.6	50 TCU
3.	TDS	202.3 mg/l	82 mg/l	1500 mg/l
4.	Suhu	25.9 °C	26.2 °C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
5.	Bau	Berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
6.	Rasa	Berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
7.	pH	7.3	7.8	6.5-8.5
8.	Besi (Fe)	4.51 mg/l	0.033 mg/l	1.0 mg/l

Dapat dilihat dari tabel 4.1 bahwa konsentrasi awal parameter fisika, untuk kekeruhan dalam sampel air sungai adalah 30.11 NTU, hasil setelah elektrokoagulasi nilai kekeruhan air sungai sebesar 1.367 NTU. Untuk TDS dalam sampel air sungai adalah 202.33 mg/l hasil setelah elektrokoagulasi nilai TDS air sungai sebesar 82 mg/l. Sedangkan untuk suhu pada sampel air sungai adalah 25,9°C, hasil setelah elektrokoagulasi sebesar 26.2°C. Untuk warna air sungai dilakukan penelitian dengan menghitung nilai *Red Green Blue*, dan untuk rasa dan bau pada sampel air sungai dilakukan responden kepada 4 orang dengan variasi umur yang berbeda-beda. Sedangkan pada parameter kimia, yaitu pH untuk sampel air sungai adalah 7.3, setelah elektrokoagulasi nilai pH air sungai sebesar 7.8 dan kandungan logam besi (Fe) dalam sampel air sungai adalah 4.51 mg/l, setelah elektrokoagulasi nilai kadar besi sebesar 0.033 mg/l. Dapat dikatakan bahwa kualitas air sungai belum memenuhi standar baku mutu air bersih menurut Permenkes No.416 Tahun 1990. Data batas maksimal yang diperbolehkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416 Tahun 1990 tentang kualitas air bersih dapat dilihat pada tabel diatas. Berdasarkan hasil data diatas dapat diketahui bahwa air sungai yang telah diuji telah menimbulkan pencemaran dan melebihi standar baku mutu air bersih yang telah ditetapkan.

4.2 Proses Elektrokoagulasi

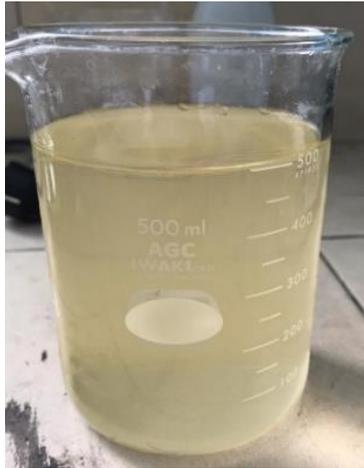
Elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi yang menggunakan arus listrik searah melalui reaksi elektrokimia, yaitu dokemposisi elektrolit yang elektrodanya menggunakan elektroda aluminium. Pada proses elektrokoagulasi ini terjadi suatu reaksi redoks (reduksi dan oksidasi), pada reaksi reduksi terjadi reaksi logam-logam akan diendapkan atau direduksi pada elektroda negatif, sedangkan

pada reaksi oksidasi yang terjadi pada elektroda positif (Al) akan dioksidasi menjadi $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang berfungsi sebagai koagulan. Pada gambar dibawah ini merupakan gambaran reaksi elektrokoagulasi, elektroda positif (hitam) dan elektroda negatif (merah).



Gambar 4.1 Reaksi Elektrokoagulasi

Menurut (Nasution, 2012), anoda berfungsi sebagai koagulan pada proses koagulasi yang terjadi pada sel tersebut. Pada reaksi katodik yang terjadi pada katoda dengan membentuk gelembung-gelembung gas hidrogen, yang berfungsi untuk meningkatkan terjadinya flok-flok yang tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel. Pada proses elektrokoagulasi ini akan menghasilkan gelembung-gelembung gas hidrogen, sehingga pengotor yang terbentuk di dalam air akan terangkat ke permukaan air. Flok yang dihasilkan pada proses elektrokoagulasi ini berukuran relatif kecil, sehingga ukurannya akan meningkat secara bertahap (Sunardi, 2007). Perubahan air sungai selama proses elektrokoagulasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.2 Sampel Air Sungai



Gambar 4.3 Pembentukan Flok

4.3 Analisis Penurunan Kekeruhan

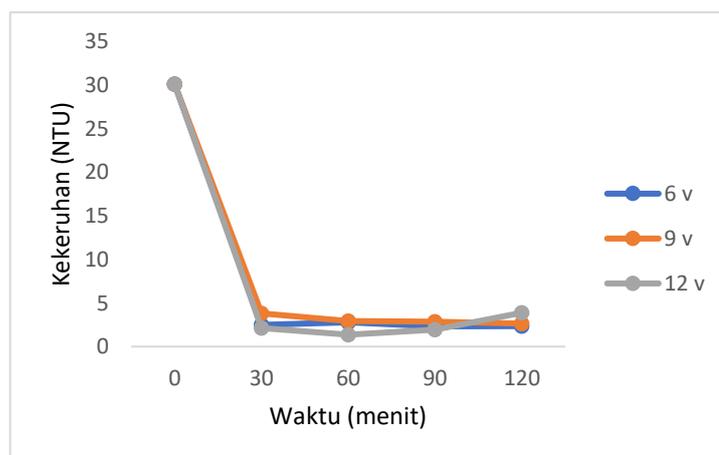
Menurut Yolanda (2015), kekeruhan merupakan syarat fisik untuk menilai estetika air bersih. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air, yang ditentukan oleh banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh zat-zat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik tersuspensi dan terlarut (seperti lumpur dan pasir halus). Ada korelasi positif antara padatan tersuspensi dan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi maka semakin tinggi pula nilai kekeruhannya, namun padatan terlarut yang tinggi tidak selalu disertai dengan kekeruhan yang tinggi. Kekeruhan atau kekeruhan air disebabkan oleh cemaran biologis, senyawa makromolekul, senyawa anorganik yang tidak larut, dan partikel tersuspensi atau koloid. Hasil dari kekeruhan air adalah padatan tersuspensi, seperti tanah atau partikel anorganik lainnya yang berasal dari limpasan air hujan (erosi). Air keruh perlu diolah untuk memenuhi persyaratan air bersih, meskipun kekeruhan tersebut tidak secara spontan mengganggu kesehatan organisme. Tingkat kekeruhan air menunjukkan adanya komponen terlarut dan tersuspensi, baik yang berasal dari efek erosi maupun sisa degradasi tanaman

(Mulyana, 2019).

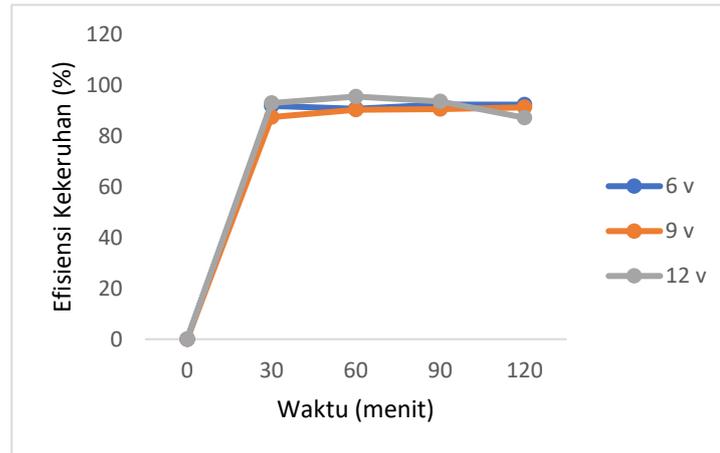
Tabel 4.2 Data Hasil Nilai Kekeruhan

No.	Tegangan	Waktu	Kekeruhan	
			Nilai	Efisiensi
1.	6 v 9 v 12 v	0	30.116	0.00%
2.	6 v	30	2.49	-91.71%
3.	6 v	60	2.804	-90.65%
4.	6 v	90	2.32	-92.28%
5.	6 v	120	2.345	-92.21%
6.	9 v	30	3.803	-87.31%
7.	9 v	60	2.916	-90.29%
8.	9 v	90	2.852	-90.52%
9.	9 v	120	2.644	-91.20%
10.	12 v	30	2.132	-92.91%
11.	12 v	60	1.367	-95.46%
12.	12 v	90	1.961	-93.50%
13.	12 v	120	3.889	-87.09%

Data hasil pengujian nilai kekeruhan dan efisiensi penurunan kekeruhan pada air sungai berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan setelah dilakukan elektrokoagulasi dapat dilihat pada tabel 4.2. Dalam penelitian ini variasi tegangan dan waktu perlakuan metode elektrokoagulasi untuk pengujian kekeruhan ditunjukkan pada gambar 4.4 dan efisiensi penurunan kekeruhan pada air sungai ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.4 Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Proses Elektrokoagulasi Terhadap Kekeruhan Air Sungai



Gambar 4.5 Efisiensi Penurunan Kekeruhan Air Sungai

Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengaruh tegangan dan waktu perlakuan elektrokoagulasi terhadap kekeruhan air sungai. Dapat diketahui bahwa grafik pada Gambar 4.4 mengalami penurunan kemudian meningkat. Nilai kekeruhan mengalami penurunan kemudian meningkat kembali disebabkan oleh elektroda yang telah jenuh jenuh (plat elektroda sudah berkurang kemampuannya), sehingga dalam proses elektrokoagulasi menjadi minimum karena terdapat penggumpalan flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang berada pada permukaan air. Nilai kekeruhan awal air sungai diketahui adalah 30.11 NTU. Nilai kekeruhan mengalami penurunan yang signifikan yaitu pada tegangan 12 volt dan pada waktu perlakuan 60 menit setelah dilakukan elektrokoagulasi adalah sebesar 1.367 NTU. Efisiensi penurunan kekeruhan pada tegangan dan waktu perlakuan tersebut adalah sebesar 95.46% dapat dilihat pada gambar 4.5.

4.4 Analisa Penurunan Warna

Syarat fisik yang mempengaruhi estetika atau keindahan pada air, salah satunya adalah warna. Menurut Yolanda, (2015) warna di dalam air terdiri dari dua macam yaitu, warna semua dan warna sejati. Warna semu merupakan warna yang disebabkan oleh partikel-partikel penyebab kekeruhan, partikel halus, dan ion

logam seperti besi dan mangan, dan partikel mikroorganisme, pewarna industri, dll. Sedangkan warna sejati merupakan warna hasil penguraian zat organik alami. Warna pada air disebabkan karena adanya logam berat yang terkandung dalam air sungai seperti besi, mangan, dll, serta bahan organik yang terlarut biasanya berasal dari pembusukan vegetasi, pertumbuhan alga, dan sampah masyarakat.

Tabel 4.3 Data Hasil Nilai RGB Warna

No.	Tegangan	Waktu	Warna	
			Nilai RGB	Keterangan
1.	6 v 9 v 12 v	0	R = 139 G = 131,66 B = 105	Kuning kecoklatan
2.	6 v	30	R = 160,66 G = 160,66 B = 158,66	Jernih/tidak berwarna
3.	6 v	60	R = 167,66 G = 168 B = 165	Jernih/tidak berwarna
4.	6 v	90	R = 176 G = 175,66 B = 173,666	Jernih/tidak berwarna
5.	6 v	120	R = 182,66 G = 181 B = 178,33	Jernih/tidak berwarna
6.	9 v	30	R = 157,66 G = 160,66 B = 161,33	Jernih/tidak berwarna
7.	9 v	60	R = 162 G = 163 B = 166,33	Jernih/tidak berwarna
8.	9 v	90	R = 171 G = 175 B = 179	Jernih/tidak berwarna
9.	9 v	120	R = 178,33 G = 178,66 B = 182,66	Jernih/tidak berwarna
10.	12 v	30	R = 150,33 G = 153 B = 152	Jernih/tidak berwarna
11.	12 v	60	R = 155,66 G = 158,66 B = 162,33	Jernih/tidak berwarna
12.	12 v	90	R = 179,33 G = 183,33	Jernih/tidak berwarna

			B = 186,33	
13.	12 v	120	R = 193,33 G = 196,33 B = 198,66	Jernih/tidak berwarna

Data hasil pengujian nilai RGB warna pada air sungai berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan setelah dilakukan elektrokoagulasi dapat dilihat pada tabel 4.3. Gambar 4.6 hasil penjernihan warna pada air sungai menggunakan elektrokoagulasi dengan variasi tegangan dan waktu perlakuan.



Gambar 4.6 Penjernihan Warna Air Sungai Proses Elektrokoagulasi Pada Tegangan 6 v dan Variasi Waktu

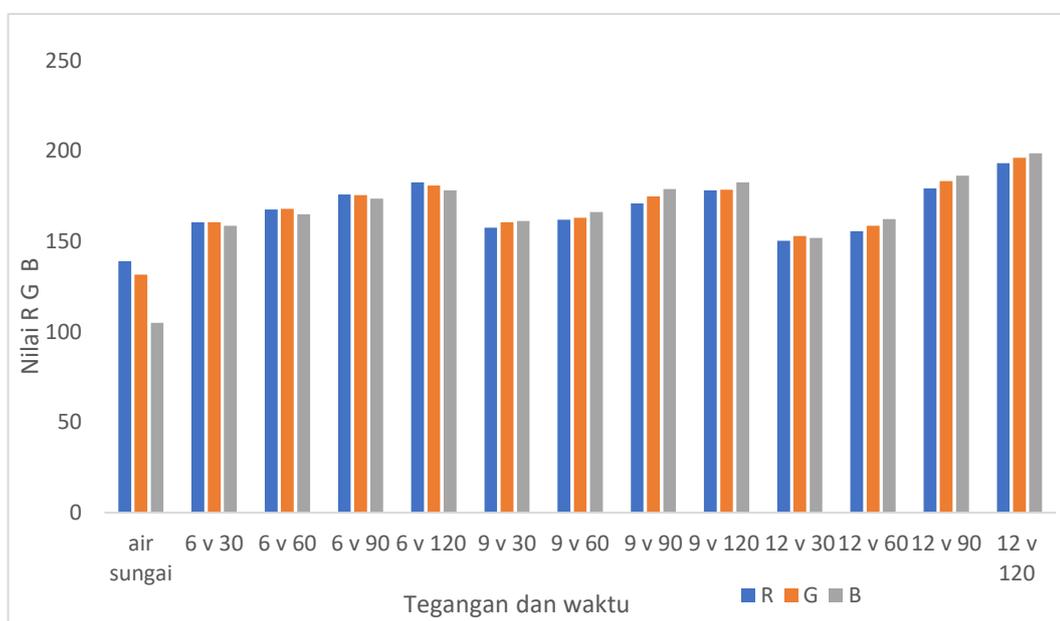


Gambar 4.7 Penjernihan Warna Air Sungai Proses Elektrokoagulasi Pada Tegangan 9 v dan Variasi Waktu



Gambar 4.8 Penjernihan Warna Air Sungai Proses Elektrokoagulasi Pada Tegangan 12 v dan Variasi Waktu

Berdasarkan gambar 4.6, 4.7, dan 4.8 menunjukkan pengaruh tegangan dan waktu perlakuan terhadap penjernihan warna air sungai. Semakin besar tegangan dan waktu perlakuan yang dilakukan maka kualitas air sungai akan semakin jernih atau tidak berwarna. Warna awal pada air sungai adalah berwarna kuning kecoklatan, sedangkan setelah dilakukan elektrokoagulasi dengan berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan maka warna air sungai menjadi jernih.



Gambar 4.9. Grafik Peningkatan Kualitas Warna

Dapat dilihat pada gambar 4.9 grafik peningkatan kualitas warna pada sampel air sungai. Nilai RGB masing-masing tegangan pada waktu perlakuan yang berbeda-beda mengalami peningkatan. Nilai RGB mengalami kenaikan nilai yang tinggi terjadi pada saat tegangan 12 v dan waktu 120 menit didapatkan nilai *Red* = 193,33 *Green* = 196,33 *Blue* = 198,66 dan didapatkan nilai *grayscale* sebesar 65,37 dengan keterangan tidak berwarna atau jernih.

Menurut Nasution, (2012) perubahan warna pada air dari coklat kekuningan

menjadi berwarna putih jernih, disebabkan karena pada perubahan warna air yang disebabkan oleh adanya pengotor telah dijernihkan melalui proses elektrokoagulasi. Adanya pengotor ini penyebab terjadinya warna kuning kecoklatan pada air. Untuk menghilangkan pengotor yang ada di dalam air ada dua cara, yang pertama pengotor yang lebih berat akan mengendap didasar reaktor (proses koagulasi) dan yang kedua pengotor yang lebih ringan akan mengapung keatas reaktor (proses pengapungan).

4.5 Analisis Pengaruh Temperatur (Suhu)

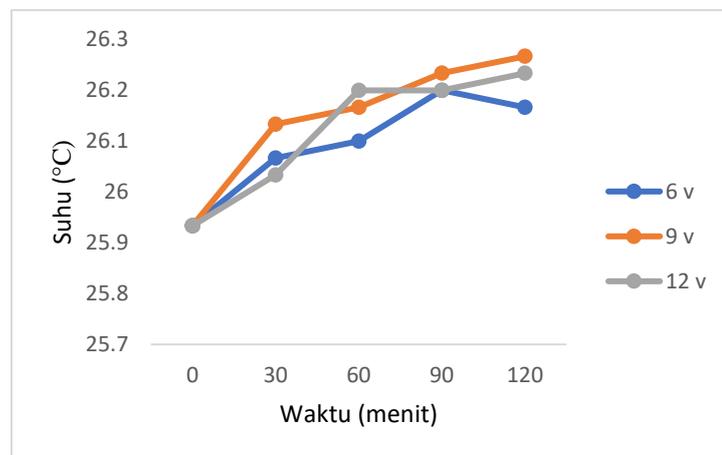
Dalam setiap penentuan kualitas air, parameter suhu merupakan hal yang harus dilakukan untuk menentukan kualitas suatu perairan. Suhu pada perairan normal biasanya berkisar antara suhu 20°C -30°C atau $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu udara. Menurut Gustiningsih, (2018) peningkatan suhu pada suatu perairan biasanya disebabkan oleh beberapa hal antara lain: perairan yang dekat dengan pegunungan, atau karna pembuangan limbah cair panas yang langsung di buang ke perairan, selain itu peningkatan suhu air disebabkan oleh bahan organik yang mengalami proses kimia atau biologis mengakibatkan kelarutan oksigen dalam air menjadi berkurang, sehingga meningkatkan kebutuhan oksigen pada biota air.

Tabel 4.4 Data Hasil Nilai Suhu

No.	Tegangan	Waktu	Suhu
			Nilai
1.	6 v 9 v 12 v	0	26
2.	6 v	30	26.1
3.	6 v	60	26.1
4.	6 v	90	26.2
5.	6 v	120	26.2
6.	9 v	30	26
7.	9 v	60	26.2
8.	9 v	90	26.1
9.	9 v	120	26.1
10.	12 v	30	26
11.	12 v	60	26.2
12.	12 v	90	26.2

13.	12 v	120	26.2
-----	------	-----	------

Data hasil pengujian nilai suhu pada air sungai berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan setelah dilakukan elektrokoagulasi dapat dilihat pada tabel 4.4. Dalam penelitian ini variasi tegangan dan waktu perlakuan metode elektrokoagulasi untuk pengujian suhu pada air sungai ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Proses Elektrokoagulasi Terhadap Nilai Suhu Air Sungai

Berdasarkan gambar 4.10 menunjukkan hasil pengaruh variasi tegangan dan waktu perlakuan setelah dilakukan elektrokoagulasi terhadap nilai suhu pada air sungai. Dapat dilihat bahwa gambar grafik diatas menunjukkan peningkatan. Sehingga menurut Permenkes No.416 Tahun 1990, suhu air sungai setelah dilakukan elektrokoagulasi telah memenuhi standar baku mutu air bersih yaitu $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu udara. Data hasil percobaan nilai suhu terdapat pada Lamprian 4.

Suhu merupakan salah satu parameter yang sering diukur karena dapat digunakan untuk mempelajari proses fisika, kimia, dan biologi. Kandungan oksigen terlarut didalam air sangat berpengaruh terhadap suhu air. Jika suhu air tinggi maka kandungan oksigen di dalam air akan cepat jenuh dibandingkan dengan suhu air yang

rendah. Suhu air sangat berpengaruh terhadap proses kualitas air, sehingga perubahan suhu pada suatu perairan maka akan menyebabkan perubahan kualitas di suatu perairan. Hal ini dapat dilihat jika penambahan suhu di suatu perairan sebesar 10°C maka konsumsi oksigen oleh organisme akan meningkat 2-3 kali lipat, sehingga meningkatkan kebutuhan oksigen organisme akuatik.

4.5 Analisis Penurunan TDS

Padatan Terlarut Total (*Total Dissolved Solid*) atau biasa disebut TDS merupakan zat terlarut yang memiliki diameter 10^{-6} mm dan koloid yang merupakan senyawa-senyawa kimia dan zat lain yang memiliki diameter 10^{-6} mm sampai dengan 10^{-3} mm dan tidak tersaring pada kertas saring berdiameter $0,45\ \mu\text{m}$. Satuan dari TDS adalah *part per million* (ppm) atau sama dengan *miligram per liter* (mg/l). lainnya. Kandungan TDS yang tinggi memberi rasa asin seperti garam pada air.

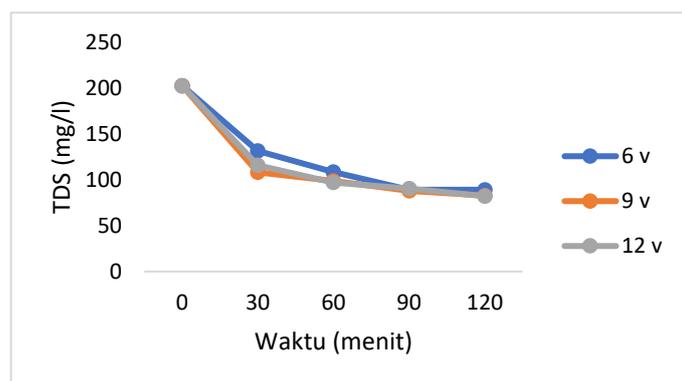
Sumber polutan TDS di dalam air berasal dari berbagai sumber organik seperti daun, lumpur, plankton, limbah industri, maupun limbah rumah tangga serta masih banyak lainnya. Sedangkan sumber polutan TDS di dalam air yang berasal dari sumber anorganik berasal dari batuan dan udara yang mengandung ion-ion seperti kalsium bikarbonat, nitrogen, besi, fosfor, sulfur, dan banyak mineral lainnya.

Tabel 4. Data Hasil Nilai TDS

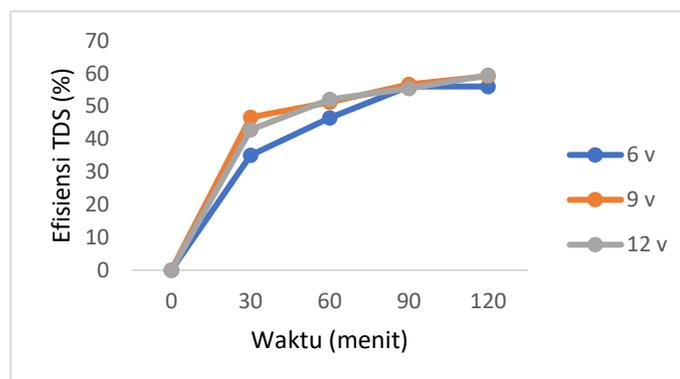
No.	Tegangan	Waktu	TDS	
			Nilai	Efisiensi
1.	6 v 9 v 12 v	0	202.33	0.00
2.	6 v	30	131.33	-35.09
3.	6 v	60	108.33	-46.45
4.	6 v	90	89	-56.02
5.	6 v	120	88	-56.51
6.	9 v	30	108	-46.63

7.	9 v	60	98.66	-51.24
8.	9 v	90	87.66	-56.66
9.	9 v	120	82.66	-59.16
10.	12 v	30	115.66	-42.84
11.	12 v	60	97	-52.06
12.	12 v	90	90.33	-55.36
13.	12 v	120	82	-59.47

Data hasil pengujian nilai TDS dan efisiensi penurunan TDS pada air sungai berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan setelah dilakukan elektrokoagulasi dapat dilihat pada tabel 4.5. Berdasarkan gambar 4.11 dapat dilihat bahwa grafik data yang dihasilkan menurun. Penurunan yang signifikan TDS pada air sungai terjadi pada saat tegangan 12 v dan waktu 120 menit didapatkan nilai TDS sebesar 82 mg/l dan efisiensi penurunan TDS didapatkan sebesar 59.47 %.



Gambar 4.11 Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Proses Elektrokoagulasi Terhadap Nilai TDS Air Sungai



Gambar 4.12 Efisiensi Penurunan TDS Air Sungai

Berdasarkan gambar 4.11 dapat diketahui bahwa data yang dihasilkan menggambarkan grafik menurun. Hal ini disebabkan karena semakin besar tegangan yang diberikan akan menurunkan nilai TDS pada air sungai sejalan dengan waktu perlakuan, semakin besar waktu perlakuan yang diberikan maka semakin kecil nilai TDS pada air sungai. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin besar tegangan yang diberikan maka akan semakin banyak flok-flok yang terbentuk pada permukaan sampel air sungai. Pada tegangan 12 volt dan waktu perlakuan 120 menit merupakan tingkat penurunan tertinggi pada nilai TDS setelah elektrokoagulasi yaitu dengan rata-rata sebesar 82 mg/l. Sedangkan pada gambar 4.12 dapat dilihat bahwa penurunan efisiensi TDS pada tegangan dan waktu tersebut dengan rata-rata sebesar 59.47 mg/l. Berdasarkan data hasil penelitian dapat dikatakan bahwa nilai TDS pada air sungai setelah elektrokoagulasi sudah memenuhi standar baku mutu air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan No.416 Tahun 1990 dengan nilai maksimal sebesar 1500 mg/l. Data hasil pengujian nilai TDS pada berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan setelah dilakukan metode elektrokoagulasi dapat dilihat pada Lampiran 5.

4.6 Analisis Bau

Menurut Effendi, (2003) air yang aman dan dapat dikonsumsi adalah air yang tidak memiliki bau jika dicium dari jauh atau dari dekat. Air yang memiliki bau busuk mengandung bahan organik yang mengalami penguraian oleh mikroorganisme air.

Bau dapat dirasakan langsung oleh indra pencium. Bau khas pada air disebabkan oleh benda asing yang masuk ke dalam air seperti, bahan buangan, bangkai binatang, ataupun oleh proses penguraian senyawa organik yang

membusuk oleh bakteri, serta adanya campuran nitrogen, sulfur, dan pospor. Bau yang tercium karena terbentuknya amoniak dan asam sulfur. Air yang berbau busuk biasanya memiliki rasa yang kurang enak. Peristiwa penguraian pada senyawa organik yang dilakukan oleh bakteri akan dihasilkan gas-gas dengan bau yang menyengat dan bahkan sampai memiliki gas beracun. Bau pada air dapat ditunjukkan dengan menurunnya kualitas air tersebut. Pada peristiwa penguraian oleh senyawa organik akan menyebabkan peningkatan penggunaan oksigen terlarut di dalam air.

Tabel 4.6 Data Hasil Responden Bau

No.	Sampel	Responden 1	Responden 2	Responden 3	Responden 4
1.	Sampel air sungai	Berbau	Berbau	Berbau	Berbau
2.	Sampel 6 v 30 menit	Berbau	Tidak berbau	Berbau	Berbau
3.	Sampel 6 v 60 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Berbau	Tidak berbau
4.	Sampel 6 v 90 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
5.	Sampel 6 v 120 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
6.	Sampel 9 v 30 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
7.	Sampel 9 v 60 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
8.	Sampel 9 v 90 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
9.	Sampel 9 v 120 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
10.	Sampel 12 v 30 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
11.	Sampel 12 v 60 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
12.	Sampel 12 v 90 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
13.	Sampel 12 v 120 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau

Berdasarkan tabel 4.6 menunjukkan data hasil penelitian bau pada air

sungai setelah dilakukan elektrokoagulasi dengan berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan dengan responden sebanyak 4 orang. Nilai rasa pada air sungai sebelum elektrokoagulasi ada 4 responden mengatakan air tersebut berasa. Dengan meningkatnya tegangan dan waktu perlakuan maka bau air sungai menjadi tidak berbau. Bau awal air sungai adalah sedikit busuk, sedangkan setelah dilakukan elektrokoagulasi dengan berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan bau pada air sungai menjadi tidak memiliki bau. Menurut Permenkes No.416 Tahun 1990, bau pada air sungai setelah dilakukan elektrokoagulasi telah memenuhi standar baku mutu air bersih dengan keterangan tidak berbau.

4.7 Analisis Rasa

Kualitas air yang baik yakni air yang tidak memiliki rasa. Rasa dapat dirasakan langsung oleh indra perasa. Air yang memiliki rasa dapat ditimbulkan karena adanya zat organik, bakteri atau unsur lain yang masuk ke dalam badan air. Rasa yang kurang enak pada air biasanya juga berbau busuk (Effendi, 2003).

Tabel 4.7 Data Hasil Responden Rasa

No.	Sampel	Responden 1	Responden 2	Responden 3	Responden 4
1.	Sampel air sungai	Berasa	Berasa	Berasa	Berasa
2.	Sampel 6 v 30 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Berasa
3.	Sampel 6 v 60 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
4.	Sampel 6 v 90 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
5.	Sampel 6 v 120 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
6.	Sampel 9 v 30 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
7.	Sampel 9 v 60 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
8.	Sampel 9 v 90 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa

9.	Sampel 9 v 120 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
10.	Sampel 12 v 30 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
11.	Sampel 12 v 60 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
12.	Sampel 12 v 90 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
13.	Sampel 12 v 120 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa

Berdasarkan tabel 4.7 menunjukkan data hasil penelitian rasa pada air sungai setelah dilakukan elektrokoagulasi dengan berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan dengan responden sebanyak 4 orang. Nilai rasa pada air sungai sebelum elektrokoagulasi semua responden mengatakan air tersebut berasa. Dengan meningkatnya tegangan dan waktu perlakuan maka rasa air sungai menjadi tidak berasa. Rasa awal air sungai adalah sedikit busuk sedangkan setelah dilakukan elektrokoagulasi dengan berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan rasa pada air sungai menjadi tidak memiliki rasa. Menurut Permenkes No.416 Tahun 1990, rasa pada air sungai setelah dilakukan elektrokoagulasi telah memenuhi standar baku mutu air bersih, air bersih yang layak untuk kebutuhan sehari-hari adalah air yang tidak memiliki rasa atau tawar.

Rasa pada air berhubungan dengan adanya kandungan nitrat yang terkandung di dalam air, semakin tinggi kandungan nitrat di dalam air maka akan mempengaruhi tingkat rasa yang terkandung di dalam air tersebut. Selain itu, apa bila air tersebut memiliki kandungan besi yang tinggi maka air tersebut memiliki rasa pahit sehingga dapat mempengaruhi kualitas rasa di dalam air.

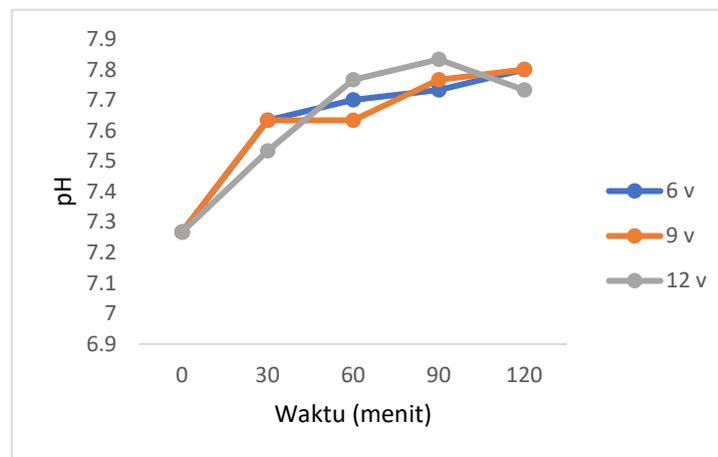
4.7 Analisis Penurunan pH

pH atau biasa disebut derajat keasaman merupakan suatu indikator basa atau

asam dari suatu larutan. Semakin meningkatnya gelembung gas hidrogen dan ion $(OH)^-$ yang terbentuk melalui reduksi molekul air (H_2O) yang terjadi pada katoda maka nilai pH pada air sungai akan meningkat (Yolanda, 2015).

Tabel 4.8 Data Hasil Nilai pH

No.	Tegangan	Waktu	pH
			Nilai
1.	6 v 9 v 12 v	0	7.3
2.	6 v	30	7.7
3.	6 v	60	7.7
4.	6 v	90	7.7
5.	6 v	120	7.8
6.	9 v	30	7.7
7.	9 v	60	7.7
8.	9 v	90	7.8
9.	9 v	120	7.8
10.	12 v	30	7.5
11.	12 v	60	7.7
12.	12 v	90	7.8
13.	12 v	120	7.7



Gambar 4.13 Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Proses Elektrokoagulasi Terhadap Nilai pH Air Sungai

Data hasil pengujian nilai pH pada air sungai berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan setelah dilakukan elektrokoagulasi dapat dilihat pada tabel 4.5. Berdasarkan gambar 4.13 dari hasil penurunan nilai pH pada air sungai yang didapatkan setelah dilakukan proses elektrokoagulasi. Dapat dilihat pada gambar

grafik diatas naik turun. Berdasarkan data hasil penelitian dapat dikatakan bahwa nilai pH pada air sungai setelah elektrokoagulasi dengan berbagai variasi tegangan dan waktu mulai dari tegangan terendah hingga tertinggi dan waktu sudah memenuhi standar baku mutu air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan No.416 Tahun 1990 dengan nilai 6.5-8.5.

Menurut (Mukimin, 2006) peningkatan pH akan mendorong pembentukan ion hidroksida dan meningkatkan konduktivitas larutan sehingga interaksi antara koagulan dan kontaminan akan meningkat. Ion hidroksi akan bereaksi dengan polutan logam berat menjadi senyawa logam hidroksida yang tidak larut dan mudah diserap oleh koagulan lainnya.

Menurut (Yolanda, 2015) peningkatan pH akan mengakibatkan penurunan kandungan bahan pencemar pada air sungai. Hal ini disebabkan oleh ion-ion hidroksida (OH^-), semakin bertambahnya jumlah ion hidroksida maka energi yang dibutuhkan untuk pembentukan gas hidrogen atau oksigen semakin sedikit sehingga pembentukan gelembung hidrogen atau oksiden menjadi lebih banyak. Meningkatnya gelembung udara maka semakin meningkat kinerja pembentukan flotasi.

Menurut (Nasution, 2012) kenaikan tegangan pada bejana elektrokoagulasi akan mengakibatkan kenaikan nilai arus listrik sehingga akan meningkatkan daya kerja di dalam bejana tersebut. Kenaikan nilai pH ini terdapat reaksi yang ada di dalam bejana terutama pada elektroda katoda. Pada elektroda katoda pada proses elektrolisis akan membentuk ion-ion OH^- yang akan menaikkan nilai pH. Kenaikan nilai pH dapat mempengaruhi nilai efisiensi penurunan polutan dalam air sungai dari proses elektrokoagulasi.

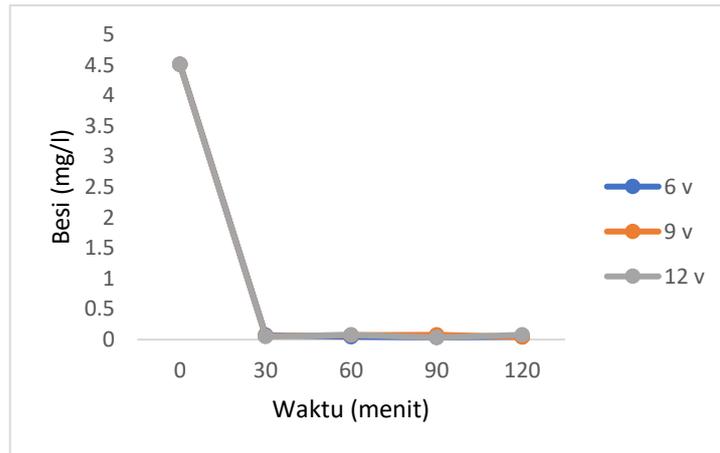
4.8 Analisis Penurunan Besi (Fe)

Kandungan zat besi dalam air dapat berasal dari dalam tanah itu sendiri atau dari sumber lain. Fe merupakan logam esensial, dan organisme membutuhkan zat besi dalam jumlah tertentu, tetapi jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksik (Kamarati et al., 2018).

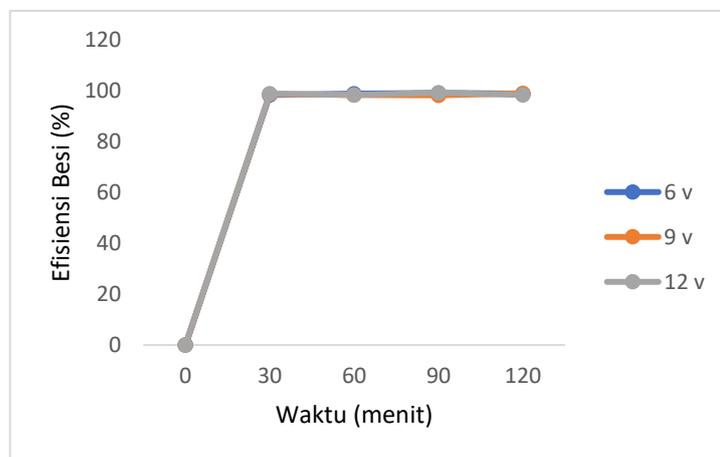
Secara umum besi dalam air dapat larut dalam bentuk Fe^{2+} (ferrous) atau Fe^{3+} (besi); tersuspensi sebagai partikel koloid (diameter $<1 \mu m$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, dll.; dikombinasikan dengan zat organik atau padatan anorganik (seperti tanah liat). Di air permukaan, kandungan besi lebih dari 1 mg/L jarang ditemukan, tetapi di air tanah, kandungan besi mungkin jauh lebih tinggi. Konsentrasi zat besi yang tinggi ini dapat dirasakan dan akan menodai kain dan peralatan dapur. Apabila kadar logam berat besi yang lebih dari standar baku mutu air bersih atau lebih dari 1 mg/l dapat menyebabkan terjadinya iritasi pada kulit dan sekitar mata. Sedangkan apabila kadar besi lebih dari 10 mg/l akan menyebabkan air berbau busuk seperti telur busuk (Febrina & Astrid, 2014).

Tabel 4.9 Data Hasil Nilai Kadar Besi

No.	Tegangan	Waktu	Besi	
			Nilai	Efisiensi
1.	6 v 9 v 12 v	0	4.51	0.00
2.	6 v	30	0.07	-98.44
3.	6 v	60	0.046	-98.94
4.	6 v	90	0.036	-99.17
5.	6 v	120	0.046	-98.93
6.	9 v	30	0.056	-98.72
7.	9 v	60	0.073	-98.37
8.	9 v	90	0.08	-98.22
9.	9 v	120	0.043	-99.04
10.	12 v	30	0.05	-98.86
11.	12 v	60	0.076	-98.37
12.	12 v	90	0.033	-99.25
13.	12 v	120	0.076	-98.39



Gambar 4.14 Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Proses Elektrokoagulasi Terhadap Kadar Besi (Fe) Air Sungai



Gambar 4.15 Efisiensi Penurunan Kadar Besi (Fe) Air Sungai

Data hasil pengujian nilai kadar besi (Fe) dan efisiensi penurunan kadar besi (Fe) pada air sungai berbagai variasi tegangan dan waktu perlakuan setelah dilakukan elektrokoagulasi dapat dilihat pada tabel 4.9. Berdasarkan gambar 4.14 terlihat gambar grafik yang dihasilkan bersifat fluktuatif. Dimana disebabkan karena pada semua permukaan plat yang tercelup air sungai tertutup oleh flok yang terbentuk pada permukaan air. Sehingga sudah berkurang kemampuannya untuk menarik ion-ion dalam air sungai. kekeruhan selain diakibatkan karena polutan di dalam air sungai juga disebabkan karena flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang mengapung di

permukaan air (Susetyaningsih et al., 2008).

Pada saat tegangan 12 v dan waktu 90 menit merupakan penurunan kadar besi tertinggi sebesar 0.033 mg/l dan efisiensi penurunan besi sebesar 99.25 %. Hal ini menunjukkan kadar besi air sungai sudah memenuhi standar baku mutu air bersih menurut Permenkes No.416 Tahun 1990 sebesar 1 mg/l. Efisiensi saat tegangan dan waktu perlakuan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.15.

Berdasarkan teori hukum Faraday yang menyatakan bahwa jumlah reaksi kimia untuk menghasilkan koagulan bergantung pada jumlah arus listrik yang dialirkan. Jumlah arus listrik yang dialirkan antara dua lempeng elektroda bergantung pada kuat arus yang mengalir dan waktu perlakuan. Kuat arus yang mengalir bergantung kepada daya hantar listrik dan tegangan listrik yang digunakan.

4.9 Air dalam Perpektif Islam

Air merupakan kebutuhan pokok makhluk hidup yang tidak dapat tergantikan, karena air berfungsi membantu proses pencernaan makhluk hidup, menjaga suhu tubuh, mengangkut nutrisi, pembakaran lemak, mencuci, dan bersuci. Oleh sebab itu Allah menciptakan air ini memiliki fungsi yang banyak, sehingga sebagai makhluk hidup tentunya haruslah beriman kepada Allah SWT. Hal ini sebagaimana dijelaskan dalam QS al-Anbiya' ayat 30 yaitu :

... وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ - ٣٠

Artinya :

“... Dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air, maka mengapa mereka tidak beriman?”.

Dalam tafsir *Al-Mishbah* pada ayat tersebut menjelaskan bahawa tidakkah luas pikiran dan mata hati orang-orang kafir itu sehingga tidak mengetahui bahwa

langit dan bumi itu awalnya suatu gumpalan kemudian kami membelahnya, dan kami jadikan air sebagai kebutuhan semua yang hidup atau kami jadikan semua yang dihidup bersumber dari air (Shihab, 2002).

Air adalah unsur yang sangat diperlukan oleh semua makhluk hidup, bahkan ada yang berpendapat bahwa air sangat vital bagi kehidupan, air sebagai dasar dari segala kehidupan, jika tidak ada air maka tidak akan ada kehidupan. Dengan demikian sebagaimana yang telah dijelaskan pada QS al-Anbiya' ayat 30, bahwa air merupakan unsur yang sangat penting bagi kehidupan.

Permasalahan yang mendasar yang banyak terjadi di lingkungan adalah membuang sampah ke sungai, yang dapat menyebabkan pencemaran air dan menghilangkan nilai estetika sungai. Aktivitas ini menjadikan masalah adanya kerusakan lingkungan yang ada di masyarakat. Kerusakan lingkungan akibat pencemaran air merupakan suatu permasalahan yang serius. Bahkan Allah SWT pun langsung memberi teguran bagi orang-orang yang membuat kerusakan lingkungan di muka bumi, sebagaimana disebutkan dalam QS al-Baqarah ayat 11 yang berbunyi :

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نُحَسِّنُ مُصْلِحُونَ - ١١

Artinya :

“Dan bila dikatakan kepada mereka: “Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi”. Mereka menjawab: “Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan”.

Dalam tafsir *Al-Mishbah* , dalam ayat tersebut menjelaskan bahwa orang yang kufur atau ingkar apabila dikatakan keteguran kepada perbuatan mereka *“jangan membuat kerusakan di muka bumi, mereka menjawab sesungguhnya hanya kami yang selalu melakukan perbaikan.”* Sebenarnya peringatan tersebut diberitahukan bahwa pengerusakan di bumi adalah aktivitas yang mengakibatkan

kehilangan nilai-nilai manfaat dan fungsi yang baik dari segala sesuatu yang ada di muka bumi. Kehilangan nilai manfaat adalah bukti nyata keadaan bumi telah menjadi rusak. Dalam pernyataan ayat tersebut sebenarnya dituntut supaya kita menjadi orang yang memelihara nilai-nilai manfaat di muka bumi sehingga kondisinya tetap tidak berubah sebagaimana adanya. Oleh karena itu maka bumi selalu menjadi manfaat kepada kita dalam keadaan yang harmoni (Shihab, 2002).

Berdasarkan ayat ini dapat dipahami bahwa salah satu unsur yang paling penting di muka bumi adalah air. Air menjadi penting di pelihara dengan baik, karena semua unsur lain yang ada di muka bumi bukan hanya manusia saja pasti memerlukan air yang cukup. Seperti hewan, tumbuh-tumbuhan dan segala unsur lainnya. Dengan demikian penjagaan kondisi air dengan baik di muka bumi merupakan satu perintah yang wajib dilakukan. Karena kerusakan air mengakibatkan kerusakan semua unsur yang ada di muka bumi. Jika kerusakan ini terjadi maka pasti keseimbangan bumi akan rusak dan hancur.

Adapun dalam konsep ini, ayat tersebut sebenarnya sangat berkaitan dengan bentuk menjaga kualitas air dengan baik, serta jangan membuat kerusakan lingkungan terutama air sehingga air menjadi tercemar. Kata “jangan membuat kerusakan” dapat dipahami dengan Allah sangat melarang terhadap siapa saja yang membuat kerusakan pada air baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Karena kerusakan tersebut dapat menyebabkan kemudharatan juga bagi manusia sendiri. Seperti pencemaran air yang disebabkan oleh kotoran yang langsung dibuang ke sungai.

Maka untuk menjaga kualitas air upaya yang perlu diperhatikan, yaitu pelestarian air berkaitan dengan usaha manusia untuk menjaga air yang berkualitas.

Sedangkan pelestarian pada tempat penyediaan air, berkaitan dengan proses kelakuan manusia terhadap penyediaan tempat yang layak kepada air untuk digunakan sesuai dengan keperluan manusia sendiri. Dalam QS at-Taqhabun ayat 16 yang berbunyi :

فَاتَّقُوا اللَّهَ مَا اسْتَطَعْتُمْ وَأَطِيعُوا وَأَنْفُسَكُمْ وَأَنْفُسَكُمْ خَيْرًا لَّأَنْفُسِكُمْ وَمَنْ يُؤَقِّ شَحَّ نَفْسِهِ ۖ فَأُولَٰئِكَ هُمُ الْمُفْلِحُونَ - ١٦

Artinya :

“Maka bertakwalah kamu kepada Allah menurut kesanggupanmu dan dengarlah serta taatlah dan nafkahkanlah nafkah yang baik untuk dirimu. Dan barang siapa yang dipelihara dari kekikiran dirinya, maka mereka itulah orang-orang yang beruntung.”

Dalam Tafsir *Al-Mishbah* dapat dipahami yaitu ayat ini menegaskan untuk memahami perintahnya supaya dapat bertakwa sekuat kemampuan, yakni jangan meninggalkan sedikitpun kemampuan untuk digunakan dalam bertakwa. Dengan demikian pemahaman ayat tersebut dapat diaplikasikan untuk menjaga amanah yang telah diperintahkan yaitu melakukan usaha dengan menggunakan segala kemampuan supaya kualitas air dalam lingkungan hidup di sekeliling kita dapat terjaga dengan baik, dan terjamin kualitas kebersihan air tersebut. Oleh karena ini dapat dipahami bahwa menjaga amanah adalah sebaik-baik orang yang bertakwa (Shihab, 2002).

Dalam ayat diatas bentuk usaha untuk pelestarian yang perlu dilakukan oleh manusia yaitu menjaga keutuhan kebersihan pada diri air tersebut, dengan cara tidak membuang sampah langsung ke dan sungai yang menyebabkan air tercemar. Bentuk aplikasi yang sangat jelas seperti membuang sampah ataupun kotoran dalam air yang tergenang, bahkan ke dalam air yang mengalir sekalipun, apabila dengan sebab pembuangan sampah dalam air yang mengalir dapat mencemarkan kualitas diri air tersebut. Adapun sikap menjaga kualitas air

merupakan bentuk menjaga kebersihan air tersebut.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan hasil pengujian elektrokoagulasi adalah sebagai berikut :

1. Besarnya tegangan yang digunakan akan mempengaruhi hasil peningkatan kualitas air sungai ini dapat terjadi karena apabila semakin besar tegangan maka kecepatan pembentukan aluminium hidroksida meningkat dan hidroksil yang larut sehingga menurunkan polutan lebih banyak di dalam air dan efisiensi akan semakin meningkat. Karena pada penelitian ini menggunakan variasi tegangan secara bertahap dari 6 volt sampai 12 volt dan waktu perlakuan secara bertahap dari 30 menit sampai 120 menit maka peningkatan kualitas air sungai menjadi air bersih meningkat secara linier dengan tegangan dan waktu perlakuan yang digunakan.
2. Konsentrasi awal dan konsentrasi setelah elektrokoagulasi adalah sebagai berikut :
 - a. Konsentrasi awal kekeruhan sebesar 30,116 NTU, konsentrasi penurunan kekeruhan tertinggi pada tegangan 12 V dan waktu perlakuan 60 menit sebesar 1.367 NTU dan penurunan efisiensi sebesar 95.46 %.
 - b. Nilai RGB awal air sungai sebesar *Red* = 139 *Green* = 131.66 *Blue* = 105 dan nilai *Grayscale* sebesar 41.74. Nilai RGB tertinggi setelah elektrokoagulasi pada tegangan 12 v dan waktu 120 menit sebesar *Red* = 193.33 *Green* = 196.33 *Blue* = 198.66 dan nilai *Grayscale* sebesar

65.37.

- c. Suhu awal air sungai sebesar 26°C. Nilai suhu setelah elektrokoagulasi mengalami peningkatan.
- d. Nilai TDS awal air sungai sebesar 202.33 mg/l, nilai penurunan TDS tertinggi pada tegangan 12 V dan waktu 120 menit sebesar 87 mg/l dan penurunan efektivitas sebesar 59.47 %.
- e. Nilai pH awal air sungai sebesar 7.3. Nilai pH setelah elektrokoagulasi mengalami peningkatan.
- f. Konsentrasi besi (Fe) awal air sungai sebesar 4.51 mg/l. Konsentrasi penurunan besi (Fe) tertinggi pada tegangan 12 v dan waktu 90 menit sebesar 0.033 mg/l dan penurunan efisiensi tertinggi sebesar 99.25 %.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa proses elektrokoagulasi yang dihasilkan dalam penelitian ini telah memenuhi standar baku mutu air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416 Tahun 1990.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Pada parameter uji TDS yang mana pada penelitian ini menggunakan alat yang bernama TDS-meter diharapkan pada penelitian selanjutnya menggunakan metode penelitian TDS yang telah SNI.
2. Untuk parameter uji warna yang mana pada penelitian ini menggunakan pengolahan citra dengan mencari nilai RGB pada masing-masing gambar sampel, maka diperlukan penelitian selanjutnya dengan menggunakan metode uji warna dengan metode spektrofotometri.

DAFTAR PUSTAKA

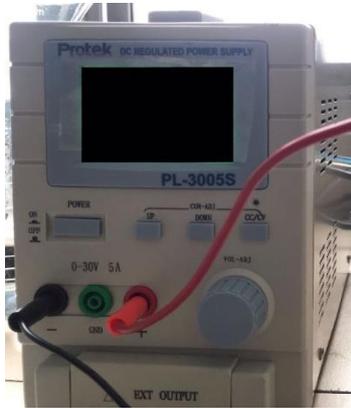
- Ananda, E. R. dkk. 2018. *Pembuatan Alat Pengolah Limbah Cair Dengan Metode Elektrokoagulasi Untuk Industri Tahu Kota Samarinda*. JTT (Jurnal Teknologi Terpadu), Vol.6. No.1, 54.
- Benyamin, E. A., Udiana, I M., dan Utomo, S. 2017. *Perkuatan Tebing Menggunakan Bronjong Di Sungai Manikin*. Jurnal Teknik Sipil. Vol.6No.2, 187-198.
- Cerqueira, A. A., and Marques, M. R. C. 2012. *Electrolytic Treatment of Wastewater in the Oil Industry*. Brazil. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air (Bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan)*. PT Kanisius.
- Erawati, E., dan Marfiana, K. 2020. *Kinetika Reaksi Reduksi Ion Logam Tembaga pada Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Elektrokoagulasi*. Jurnal Eksergi. Vol. 17. No.2, 93.
- Febrina, A., dan Astrid, A. 2014. *Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik*. Jurnal Teknologi, Vol.7.No.1, 36–44.
- Ghofar, M. A. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir* (M. Y. Harun (ed.)). Pustaka Imam Syafi'i. halaman 1-159.
- Gustiningsih, A. 2018. *Analisis Kadar Zat Warna , pH dan Suhu pada Air Siap Minum PDAM Tirtanadi Kota Medan*. Skripsi Kimia Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Helard, D., dkk. 2021. *Spatial Variation of Electrical Conductivity, Total Suspended Solids, and Total Dissolved Solids in the Batang Arau River, West Sumatera, Indonesia*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol.1041.No.1, 012027.
- Indrawati, D. 2011. *Upaya Pengendalian Pencemaran Sungai yang diakibatkan oleh Sampah*. TJL, 5(6), 193–200.
- Isyanto, H., dkk. 2015. *Desain Alat Pengolah Air Limbah Rumah Tinggal menggunakan Sistem Elektrokoagulasi*. Jurnal RESISTOR. Vol.4.No.1, 43-36.
- Junaidi, F. F., 2014. *Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai Dengan Pulau Kemaro)*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. Vol.2.No.3, 603-609.

- Kamarati, K. F. A., dkk. 2018. *Kandungan Logam Berat Besi (Fe), Timbal (Pb) dan Mangan (Mn) Pada Air Sungai Santan*. Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa. Vol.4, 50-56.
- Kurniasih, R. F., dkk. 2016. *Aplikasi Metode Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar Ion Logam Fe Dan Mn, Kekeruhan Serta Warna Pada Pengolahan Air Gambut Secara Batch*. Jurnal Atomik: 42-46.
- Lavianiga, F. E., dkk. 2019. *Peningkatan Kualitas Air Gambut Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Dengan Penambahan Garam*. Jurnal Prisma Fisika. Vol.7(1), 34.
- M. Ghufuran, H. Kordi K., Tancung, dan Baso, A. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air : Dalam Budidaya perairan*. PT. Rineka Cipta : Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Masthura, 2020. *The Effect Of Applied Voltage In The Electrocoagulation Process Of Reducing Pond Amd River Water Turbidity*. Jurnal Elkawnie. Vol.6, No.1, 156-164.
- Mehmet Kobya. 2011. *Treatment of potable water containing low concentration of arsenic with electrocoagulation: Different connection modes and Fe-Al electrodes*. Jurnal Separation and Purification Technology Vol.77.No.3, 282-293.
- Mehmet, Kobya. 2014. *Modeling and Optimization of Arsenite Removal from Groundwater Using Al Ball Anodes by Electrocoagulation Process*. Jurnal of Selcuk University Natural and Applied Science. Turkey : Gebze Institute of Technology.
- Mukimin, A. 2006. *Pengolahan Limbah Industri Berbasis Logam dengan Teknologi Elektrokoagulasi Flotasi*. Thesis Teknik Lingkungan. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Muliyana, R. 2019. *Upaya Penurunan Kadar Logam Berat Air Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Untuk Menghasilkan air Bersih*. Skripsi. Medan : Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Nasution, M. A. 2012. *Pengolahan LCPKS Keluaran Fat Pit, Kolaman aerobik dan Reaktor Biogas Dengan Elektrokoagulasi*. InSINas, 56–63.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No., & 416/MENKES/PER/IX/1990. *Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*. Jakarta. Kementerian Kesehatan RI.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001. *Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta. Kementrian Lingkungan Hidup RI.

- Prabowo, A. 2012. *Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Minyak dengan Proses Elektrokoagulasi dengan Elektroda Besi*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri. Vol.1.No.1, 355.
- Prayitno, P., dkk. 2017. *Reduksi Aktivitas Uranium Dalam Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Proses Elektrokoagulasi*. Urania Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir. Vol.22(3).
- Pusfitasari, M. D., dkk. 2018. *Penurunan Kandungan Besi (Fe) Dalam Air Tanah Dengan Metode Elektrokoagulasi*. Jurnal Teknik Kimia. Vol. 12 No. 2, 59-63.
- Rachmawati, B. 2015. *Metode Elektrokoagulasi Pengolahan Limbah Laundry*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. Vol.6.No.1. Surabaya : Universitas Pembangunan Nasional.
- Sahu, Omprakash, B. M., & P. K. C. 2014. *Treatment of wastewater by electrocoagulation: A review*. Jurnal Environmental Science and Pollution Research. Vol.21.No.4, 2397-2413.
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keselarasan AlQur'an*. vol5.cet 1. Jakarta.
- Sudjarwo, W. A., dkk. 2016. *Aplikasi Teknik Elektrokoagulasi pada Penjernihan Air Sungai Pepe Surakarta Menuju Standar Baku Mutu Air Bersih*. Jurnal Biomedika, 9 No. 2.
- Sunardi. 2007. *Pengaruh Tegangan Listrik dan Kecepatan Alir terhadap Hasil Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Logam Pb, Cd, dan TSS Menggunakan Alat Elektrokoagulasi*. Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir. November, 21–22.
- Suparman., Rahman A., dan Purwanto H. 2016. *Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Sebagai Alternatif Pengolahan Air Bersih Tanpa Bahan Kimia*. Jurnal Agroteknose: Vol. VII. Yogyakarta : Institute Pertanian Stiper.
- Susetyaningsih R., Kismolo E., & Prayitno. 2008. *Kajian Proses Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Cair*. Seminar Nasional IV SDM Teknik Nuklir Yogyakarta, 339–344.
- Yolanda, G. M. 2015. *Pengolahan Limbah Cair Industri Dengan Proses Elektrokoagulasi*. Skripsi. Bogor : Institute Pertanian Bogor.

LAMPIRAN I
GAMBAR ALAT DAN BAHAN

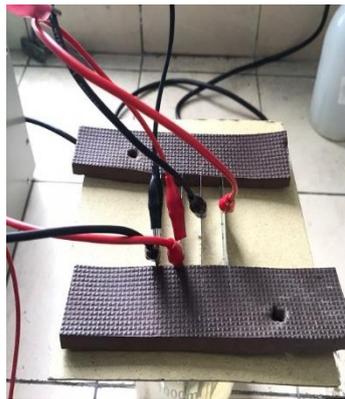
A. ALAT



PSA 30V / 5A



Beaker Glass 500 ml



Penyangga dan kabel penjepit buaya



TDS dan EC



Stopwach



pH meter



Kertas saring halus



Corong dan Erlenmeyer

B. BAHAN



Air sungai



Plat aluminium (Al)

Lampiran 1 Standar baku mutu air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/KEM/KES/IX/1990

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
	A. FISIKA		
1.	Bau	-	Tidak berbau
2.	Jumlah Zat Padat Terlarut	Mg/l	1000
3.	Kekeruhan	NTU	5
4.	Rasa	-	Tidak berasa
5.	Suhu	0°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
6.	Warna	TCU	15
	B. KIMIA		
	a. Kimia Organik		
1.	Air Raksa (Hg)	Mg/l	0,001
2.	Arsen (As)	Mg/l	0,05
3.	Besi (Fe)	Mg/l	1,0
4.	Fluorida (F)	Mg/l	1,5
5.	Kadmium (Cd)	Mg/l	0,005
6.	Kesadahan sebagai CaCO_3	Mg/l	500
7.	Klorida (Cl^-)	Mg/l	600
8.	Kromium, valensi 6 (Cr^{6+})	Mg/l	0,05
9.	Mangan (Mn)	Mg/l	0,5
10.	Nitrat (NO_3)	Mg/l	10
11.	Nitrit (NO_2)	Mg/l	1,0
12.	pH	Mg/l	0,05
13.	Selenium (Se)	Mg/l	0,01
14.	Seng (Zn)	Mg/l	15
15.	Sianida (CN^-)	Mg/l	0,1
16.	Sulfat (SO_4)	Mg/l	400
17.	Timbal (Pb)	Mg/l	0,05
	b. Kimia Organik		
1.	Aldrin dan dieldrin	Mg/l	0,007
2.	Benzene	Mg/l	0,01
3.	Benzo (a) pyrene	Mg/l	0,00001
4.	Chloroform (total isomer)	Mg/l	0,07
5.	Chloroform	Mg/l	0,03
6.	2,4-D	Mg/l	0,10
7.	DDT	Mg/l	0,03
8.	Detergen	Mg/l	0,5
9.	1,2-Dichloroethene	Mg/l	0,01
10.	1,1-Dichloroethene	Mg/l	0,0003
11.	Heptachlor dan heptachlor epoxide	Mg/l	0,003
12.	Hexachlorobenzene	Mg/l	0,00001
13.	Gamma-HCH (Lindane)	Mg/l	0,004

14.	Methoxychlor	Mg/l	0,10
15.	Pentachloropenol	Mg/l	0,01
16.	Pestisida Total	Mg/l	0,10
17.	2,4,6-trichlorophenol	Mg/l	0,01
18.	Zat organik (KmNO ₄)	Mg/l	10
	c.Mikrobiologi		
1.	MPN (Golongan Coliform)	Jumlah per 100 ml	0

Lampiran 2 Data hasil pengujian kekeruhan air sungai terhadap varias tegangan dan waktu perlakuan dalam metode elektrokoagulasi

Tegangan	Waktu	Kekeruhan							
		1	2	3	Rata-rata	Efisiensi			
						1	2	3	Rata-rata
6 v	0	30.07	30.77	29.51	30.116	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	30	2.3	2.2	2.97	2.49	-92.35%	-92.85%	-89.94%	-91.71%
	60	3	2	3.413	2.804	-90.02%	-93.50%	-88.43%	-90.65%
	90	3.27	1.56	2.13	2.32	-89.13%	-94.93%	-92.78%	-92.28%
	120	2.131	2.484	2.42	2.345	-92.91%	-91.93%	-91.80%	-92.21%
9 v	0	30.07	30.77	29.51	30.116	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	30	5.2	2	4.21	3.803	-82.71%	-93.50%	-85.73%	-87.31%
	60	3.8	2	2.95	2.916	-87.36%	-93.50%	-90.00%	-90.29%
	90	2.387	3.03	3.14	2.852	-92.06%	-90.15%	-89.36%	-90.52%
	120	2.868	2.131	2.933	2.644	-90.46%	-93.07%	-90.06%	-91.20%
12 v	0	30.07	30.77	29.51	30.116	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	30	2.1	2.1	2.198	2.132	-93.02%	-93.18%	-92.55%	-92.91%
	60	1.047	1.627	1.429	1.367	-96.52%	-94.71%	-95.16%	-95.46%
	90	1.073	2.729	2.083	1.961	-96.43%	108.13%	-92.94%	-93.50%
	120	3.597	4.139	3.933	3.889	-88.04%	-86.55%	-86.67%	-87.09%

Lampiran 3 Data hasil pengujian warna air sungai terhadap variasi tegangan dan waktu perlakuan dalam metode elektrokoagulasi

No	Tegangan dan waktu	Percobaan								Keterangan
		Percobaan 1	(GS)	Percobaan 2	(GS)	Percobaan 3	(GS)	Rata-rata	(GS)	
1.	Air Sungai	R = 135 G = 125 B = 105	50,77	R = 139 G = 133 B = 105	41,88	R = 143 G = 137 B = 105	42,77	R = 139 G = 131,66 B = 105	41,74	Kuning kecoklatan
2.	Sampel 6 v 30 menit	R = 163 G = 163 B = 161	54,11	R = 161 G = 161 B = 159	53,44	R = 158 G = 158 B = 156	52,44	R = 160,66 G = 160,66 B = 158,66	53,33	Jernih/tidak berwarna
3.	Sampel 6 v 60 menit	R = 178 G = 178 B = 176	59,11	R = 164 G = 165 B = 160	54,33	R = 161 G = 161 B = 159	53,44	R = 167,66 G = 168 B = 165	55,62	Jernih/tidak berwarna
4.	Sampel 6 v 90 menit	R = 185 G = 184 B = 182	61,22	R = 173 G = 173 B = 171	57,44	R = 170 G = 170 B = 168	56,44	R = 176 G = 175,66 B = 173,666	58,37	Jernih/tidak berwarna
5.	Sampel 6 v 120 menit	R = 185 G = 185 B = 183	61,44	R = 186 G = 182 B = 180	60,88	R = 177 G = 176 B = 172	58,33	R = 182,66 G = 181 B = 178,33	60,22	Jernih/tidak berwarna
6.	Sampel 9 v 30 menit	R = 145 G = 147 B = 146	48,66	R = 162 G = 165 B = 167	54,88	R = 166 G = 170 B = 171	56,33	R = 157,66 G = 160,66 B = 161,33	53,29	Jernih/tidak berwarna
7.	Sampel 9 v 60 menit	R = 157 G = 158 B = 160	52,77	R = 161 G = 162 B = 166	54,33	R = 168 G = 169 B = 173	56,66	R = 162 G = 163 B = 166,33	54,59	Jernih/tidak berwarna
8.	Sampel 9 v 90 menit	R = 163 G = 167 B = 170	55,55	R = 174 G = 179 B = 183	59,55	R = 176 G = 179 B = 184	59,88	R = 171 G = 175 B = 179	58,33	Jernih/tidak berwarna
9.	Sampel 9 v 120 menit	R = 171 G = 176 B = 180	58,55	R = 185 G = 180 B = 184	61	R = 179 G = 180 B = 184	60,33	R = 178,33 G = 178,66 B = 182,66	59,96	Jernih/tidak berwarna
10.	Sampel 12 v 30 menit	R = 145 G = 147 B = 146	48,66	R = 143 G = 145 B = 144	48	R = 163 G = 167 B = 166	55,11	R = 150,33 G = 153 B = 152	50,59	Jernih/tidak berwarna
11.	Sampel 12 v 60 menit	R = 149 G = 150 B = 159	50,88	R = 154 G = 158 B = 159	52,33	R = 164 G = 168 B = 169	55,66	R = 155,66 G = 158,66 B = 162,33	52,96	Jernih/tidak berwarna
12.	Sampel 12 v 90 menit	R = 175 G = 179 B = 182	59,55	R = 174 G = 178 B = 181	59,22	R = 189 G = 193 B = 196	64,22	R = 179,33 G = 183,33 B = 186,33	61	Jernih/tidak berwarna
13.	Sampel 12 v 120 menit	R = 191 G = 195 B = 198	64,88	R = 193 G = 197 B = 198	65,33	R = 196 G = 197 B = 200	65,88	R = 193,33 G = 196,33 B = 198,66	65,37	Jernih/tidak berwarna

Lampiran 4 Data hasil pengujian suhu air sungai terhadap variasi tegangan dan waktu perlakuan dalam metode elektrokoagulasi

Tegangan	Waktu	Suhu			
		1	2	3	Rata-rata
6 v	0	25.9	26.1	25.8	26
	30	26.1	26.1	26	26.1
	60	26.1	26.1	26.1	26.1
	90	26.3	26.2	26.1	26.2
	120	26.2	26.2	26.1	26.2
9 v	0	25.9	26.1	25.8	26
	30	26.2	26.1	26.1	26
	60	26.1	26.3	26.1	26.2
	90	26.3	26.3	26.1	26.1
	120	26.3	26.3	26.2	26.1
12 v	0	25.9	26.1	25.8	26
	30	26.1	26.1	25.9	26
	60	26.3	26.3	26	26.2
	90	26.2	26.3	26.1	26.2
	120	26.3	26.3	26	26.2

Lampiran 5 Data hasil pengujian TDS air sungai terhadap varias tegangan dan waktu perlakuan dalam metode elektrokoagulasi

Tegangan	Waktu	TDS							
		1	2	3	Rata-rata	Efisiensi (%)			
						1	2	3	Rata-rata
6 v	0	201	203	203	202.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	133	113	148	131.33	33.83	-44.33	-27.09	-35.09
	60	110	101	114	108.33	45.27	-50.25	-43.84	-46.45
	90	85	86	96	89	57.71	-57.64	-52.71	-56.02
	120	85	90	89	88	57.71	-55.67	-54.68	-56.51
9 v	0	201	203	203	202.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	102	111	111	108	49.25	-45.32	-45.32	-46.63
	60	94	96	106	98.66	53.23	-52.71	-47.78	-51.24
	90	92	76	95	87.66	54.23	-62.56	-53.20	-56.66
	120	74	86	88	82.66	63.18	-57.64	-56.65	-59.16
12 v	0	201	203	203	202.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	110	117	120	115.66	45.27	-42.36	-40.89	-42.84
	60	96	95	100	97	52.24	-53.20	-50.74	-52.06
	90	88	91	92	90.33	56.22	-55.17	-54.68	-55.36
	120	81	78	87	82	59.70	-61.58	-57.14	-59.47

Lampiran 6 Data hasil pengujian bau air sungai terhadap variasi tegangan dan waktu perlakuan dalam metode elektrokoagulasi

No.	Sampel	Responden 1	Responden 2	Responden 3	Responden 4
1.	Sampel air sungai	Berbau	Berbau	Berbau	Berbau
2.	Sampel 6 v 30 menit	Berbau	Tidak berbau	Berbau	Berbau
3.	Sampel 6 v 60 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Berbau	Tidak berbau
4.	Sampel 6 v 90 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
5.	Sampel 6 v 120 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
6.	Sampel 9 v 30 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
7.	Sampel 9 v 60 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
8.	Sampel 9 v 90 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
9.	Sampel 9 v 120 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
10.	Sampel 12 v 30 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
11.	Sampel 12 v 60 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
12.	Sampel 12 v 90 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
13.	Sampel 12 v 120 menit	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau

Lampiran 7 Data hasil pengujian rasa air sungai terhadap variasi tegangan dan waktu perlakuan dalam metode elektrokoagulasi

No.	Sampel	Responden 1	Responden 2	Responden 3	Responden 4
1.	Sampel air sungai	Berasa	Berasa	Berasa	Berasa
2.	Sampel 6 v 30 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Berasa
3.	Sampel 6 v 60 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
4.	Sampel 6 v 90 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
5.	Sampel 6 v 120 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
6.	Sampel 9 v 0 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
7.	Sampel 9 v 30 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
8.	Sampel 9 v 60 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
9.	Sampel 9 v 90 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
10.	Sampel 9 v 120 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
11.	Sampel 12 v 30 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
12.	Sampel 12 v 60 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
13.	Sampel 12 v 90 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
14.	Sampel 12 v 120 menit	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa

Lampiran 8 Data hasil pengujian pH air sungai terhadap variasi tegangan dan waktu perlakuan dalam metode elektrokoagulasi

Tegangan	Waktu	pH			
		1	2	3	Rata-rata
6 v	0	7.3	7.3	7.2	7.3
	30	7.7	7.5	7.7	7.7
	60	7.7	7.6	7.8	7.7
	90	7.7	7.6	7.9	7.7
	120	7.8	7.8	7.8	7.8
9 v	0	7.3	7.3	7.2	7.3
	30	7.6	7.6	7.7	7.7
	60	7.6	7.6	7.7	7.7
	90	7.7	7.8	7.8	7.8
	120	7.8	7.8	7.8	7.8
12 v	0	7.3	7.3	7.2	7.3
	30	7.4	7.5	7.7	7.5
	60	7.7	7.8	7.8	7.7
	90	7.7	8	7.8	7.8
	120	7.7	7.8	7.7	7.7

Lampiran 9 Data hasil pengujian besi (Fe) air sungai terhadap variasi tegangan dan waktu perlakuan dalam metode elektrokoagulasi

Tegangan	Waktu	Besi							
		1	2	3	Rata-rata	Efisiensi (%)			
						1	2	3	Rata-rata
6 v	0	4.88	4.20	4.45	4.51	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	0.06	0.06	0.09	0.07	-98.77	-98.57	-97.98	-98.44
	60	0.02	0.05	0.07	0.046	-99.59	-98.81	-98.43	-98.94
	90	0.02	0.05	0.04	0.036	-99.59	-98.81	-99.10	-99.17
	120	0.01	0.06	0.07	0.046	-99.80	-98.57	-98.43	-98.93
9 v	0	4.88	4.20	3.98	4.51	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	0.04	0.08	0.05	0.056	-99.18	-98.10	-98.88	-98.72
	60	0.08	0.07	0.07	0.073	-98.36	-98.33	-98.43	-98.37
	90	0.08	0.08	0.08	0.08	-98.36	-98.10	-98.20	-98.22
	120	0.05	0.05	0.03	0.043	-98.98	-98.81	99.33	-99.04
12 v	0	4.88	4.20	3.98	4.51	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	0.03	0.07	0.05	0.05	-99.39	-98.33	-98.88	-98.86
	60	0.16	0.03	0.04	0.076	-96.72	-99.29	-99.10	-98.37
	90	0.02	0.04	0.04	0.033	-99.59	-99.05	-99.10	-99.25
	120	0.18	0.02	0.03	0.076	-96.31	-99.52	-99.33	-98.39