

SKRIPSI

**PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH PEMOTONGAN HEWAN
(RPH) MENGGUNAKAN METODE ELEKTRO-FLOTASI**

Disusun dan diajukan oleh:

**BAGAS FAIRUZ DAFFA
D131 19 1063**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH PEMOTONGAN HEWAN (RPH) DENGAN METODE ELEKTRO-FLOTASI

Disusun dan diajukan oleh

Bagas Fairuz Daffa
D131191063

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 5 Maret 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T
NIP 197506232015042001

Pembimbing Pendamping,



Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc.
NIP 199201142021074001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Murana Husum, S.T., M.T., IPM., AER.
NIP 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Bagas Fairuz Daffa
NIM : D131 19 1063
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH PEMOTONGAN HEWAN (RPH) MENGGUNAKAN METODE ELEKTRO-FLOTASI}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 14 November 2023

Menyatakan



Bagas Fairuz Daffa

KATA PENGANTAR

Maha Besar Allah Subhanahu Wata'ala dengan segala keagungan dan kekuasaan-Nya yang masih menyempatkan nafas panjang dan tubuh yang sehat wal'afiat sehingga sampai dengan hari ini penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Pengolahan Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Menggunakan Metode Elektro-Flotasi". Semoga Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW., sang penggores tinta peradaban yang goresan tintanya masih berbekas dalam ilmu dan keseharian penulis sampai dengan hari ini.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang Strata-I Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa banyak kesulitan, tantangan, dan hambatan yang dihadapi selama penulis menyusun tugas akhir ini, namun dari semua tantangan tersebut semuanya terasa mudah berkat bantuan dari pembimbing, nasehat dan doa'a dari segala pihak yang membuat penulis merasa harus menjawab do'a tersebut dengan menyelesaikan penelitian ini.

Ucapan terima kasih banyak dan penghormatan setinggi-tingginya kepada kedua orang tua Mustafa, S.Kom., M.M. dan Endah Kurniasih, serta bunda Dwi Hanriyani, S.H. yang senantiasa memberikan dukungan serta mendoakan dan memberikan nasehat kepada penulis. Semoga keberkahan dan rasa syukur selalu terhentak di hati kita. Pada kesempatan ini pula, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin
2. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Roslinda Ibrahim, S.P, M.T., selaku pembimbing pertama yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Annisa Mangarengi, S.T., M.Sc., selaku pembimbing kedua yang senantiasa memberikan masukan dan arahan sampai penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

5. Seluruh Bapak/Ibu dosen serta karyawan dan staf Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak pengetahuan selama ini.
6. Pak Syarif selaku laboran Laboratorium Kualitas Air yang senantiasa membantu penulis selama melakukan penelitian di Laboratorium.
7. Teman-teman seperjuangan di HMTL FT-UH periode 2021/2022 kabinet rekonstruksi dan Keluarga Dg. Aso yang telah memberikan banyak pelajaran kepada penulis serta menjadi teman berdebat sepanjang waktu.
8. Teman-teman diskusi di HOME (obit, didik, egi, firman, lingga, dan yonex) yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan setiap permasalahan pada penyelesaian tugas akhir ini.
9. Teman-teman Lehaa & Friends (Umrah, Leha, Qalbi, Devi, Obit, dan Ainul) yang telah kebersamai dan memebrikan peneglaman lebih kepada penulis dalam menghadapi dinamika sosial di masyarakat yang keras.
10. Perkumpulan HIMAB yang telah banyak menyumbang gagasan dan ide kepada penulis serta menjadi tempat beraksi dan berekspresi.
11. Teman-teman Asisten Laboratorium Kualitas Air yang sangat sabar dan tahan banting dalam semua tantangan yang dihadapi.
12. Teman-teman Portland 2020 yang telah kebersamai penulis dalam berproses di Teknik *Till The End*.

Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Allah Subhanahu Wata'Ala membalas kebaikan kalian. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk memperbaiki kekurangan dari tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberi manfaat untuk perkembangan dalam bidang ilmu pengetahuan.

Gowa, 14 November 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	4
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	4
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Air Limbah.....	6
2.2 Air Limbah Rumah Pematangan Hewan.....	7
2.3 Pengolahan Air Limbah.....	10
2.4 Flotasi.....	12
2.5 Elektrolisis.....	13
2.6 Elektro-flotasi.....	15
2.7 Studi Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	28
3.2 Rancangan penelitian.....	29
3.3 Alat dan bahan.....	30
3.4 Populasi dan Sampel.....	36
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	36
3.6 Teknik pengumpulan data.....	41
3.7 Teknik analisis data.....	41
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	43
BAB IV PEMBAHASAN.....	44
4.1 Gambaran Umum Penelitian.....	44
4.2 Pengaruh Tegangan Lisrik Dan Jumlah Pelat.....	46
4.3 Pengaruh Pembentukan Gas H ₂ dan O ₂	66
4.4 Peran dan Efisiensi Metode Elektrofotasi.....	85
Bab V PENUTUP.....	93
5.1 Kesimpulan.....	93
5.2 Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA.....	95
LAMPIRAN.....	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Elektrolisis Air	15
Gambar 2. Mekanisme Elektro-Flotasi Antara Gelembung Gas Oksigen Dan Hidrogen.....	16
Gambar 3. Lokasi Penelitian	28
Gambar 4. Lokasi Pengambilan Sampel	28
Gambar 5. Pengambilan Sampel	37
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 7. Rangkaian Pelat dan Pengolahan Elektroflotasi.....	45
Gambar 8. Air Limbah Hasil Pengolahan	45
Gambar 9. Pengaruh Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap Parameter pH.....	48
Gambar 10. Pengaruh Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap Parameter COD	51
Gambar 11. Pengaruh Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap Parameter BOD	54
Gambar 12. Pengaruh Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap Parameter TSS	58
Gambar 13. Pengaruh Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap Parameter Minyak lemak.....	61
Gambar 14. Pengaruh Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap Parameter Amonia	65
Gambar 15. Jumlah Mol Gas H ₂ dan O ₂	72
Gambar 16. Hubungan Pembentukan Gas H ₂ pada Parameter pH	74
Gambar 17. Hubungan Pembentukan Gas O ₂ pada Parameter pH	75
Gambar 18. Hubungan Pembentukan Gas H ₂ pada Parameter COD.....	76
Gambar 19. Hubungan Pembentukan Gas O ₂ pada Parameter COD.....	77
Gambar 20. Hubungan Pembentukan Gas H ₂ pada Parameter BOD.....	78
Gambar 21. Hubungan Pembentukan Gas O ₂ pada Parameter BOD.....	79
Gambar 22. Hubungan Pembentukan Gas H ₂ pada Parameter TSS	80
Gambar 23. Hubungan Pembentukan Gas O ₂ pada Parameter TSS.....	81
Gambar 24. Hubungan Pembentukan Gas H ₂ pada Parameter Minyak Lemak	82
Gambar 25. Hubungan Pembentukan Gas O ₂ pada Parameter Minyak Lemak....	83
Gambar 26. Hubungan Pembentukan Gas H ₂ pada Parameter Amonia.....	84
Gambar 27. Hubungan Pembentukan Gas O ₂ pada Parameter Amonia.....	85
Gambar 28. Nilai Parameter pH.....	86
Gambar 29. Efisiensi Pengolahan pada Parameter COD	87
Gambar 30. Efisiensi Pengolahan pada Parameter BOD	88
Gambar 31. Efisiensi Pengolahan pada Parameter TSS.....	89
Gambar 32. Efisiensi Pengolahan pada Parameter Minyak Lemak.....	90
Gambar 33. Efisiensi Pengolahan pada Parameter Amonia.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan	10
Tabel 2. Kemampuan Efisiensi Pengolahan Air Limbah Menggunakan Metode Elektro-flotasi.....	19
Tabel 3. Sifat-sifat Fisis Alumunium	21
Tabel 4. Sifat-Sifat Fisis Graphite.....	21
Tabel 5. Studi Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	23
Tabel 6. Matriks Penelitian	29
Tabel 7. Alat pengujian	30
Tabel 8. Metode Pengujian Sampel	38
Tabel 9. Karakteristik Awal Air Limbah RPH.....	44
Tabel 10. Hasil Pengujian Parameter pH pada Variasi Tegangan	46
Tabel 11. Hasil Pengujian Parameter pH pada Variasi Jumlah Pelat	46
Tabel 12. Analisis Statistik Pengaruh Variasi Tegangan dan Jumlah Pelat Terhadap pH.....	47
Tabel 13. Hasil Pengujian Parameter COD pada Variasi Tegangan Listrik	49
Tabel 14. Hasil Pengujian Parameter COD pada Variasi Jumlah Pelat.....	49
Tabel 15. Analisis Statistik Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap COD	50
Tabel 16. Hasil Pengujian Parameter BOD pada Variasi Tegangan Listrik.....	52
Tabel 17. Hasil Pengujian Parameter BOD pada Variasi Jumlah Pelat.....	52
Tabel 18. Analisis Statistik Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap BOD	53
Tabel 19. Hasil Pengujian Parameter TSS pada Variasi Tegangan Listrik.....	55
Tabel 20. Hasil Pengujian Parameter TSS pada Variasi Jumlah Pelat	55
Tabel 21. Analisis Statistik Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap TSS.....	57
Tabel 22. Hasil Pengujian Parameter Minyak Lemak pada Variasi Tegangan Listrik	59
Tabel 23. Hasil Pengujian Parameter Minyak lemak pada Variasi Jumlah Pelat	59
Tabel 24. Analisis Statistik Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap Minyak Lemak	60
Tabel 25. Hasil Pengujian Parameter Amonia pada Variasi Tegangan Listrik.....	62
Tabel 26. Hasil Pengujian Parameter Amonia pada Variasi Jumlah Pelat	62
Tabel 27. Analisis Statistik Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat Terhadap Parameter Amonia.....	64
Tabel 28. Arus Listrik, Densitas Arus, dan Mol Elektron dari Variasi Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat.....	67
Tabel 29. Jumlah Mol dan Volume Gas H ₂ yang Terbentuk pada Variasi Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat	70
Tabel 30. Jumlah Mol dan Volume Gas O ₂ yang Terbentuk pada Variasi Tegangan Listrik dan Jumlah Pelat	72
Tabel 31. Mol H ₂ dan O ₂ Terhadap Parameter pH.....	73
Tabel 32. Analisis Hubungan Pembentukan Gas H ₂ dan O ₂ Terhadap Parameter pH.....	73

Tabel 33. Mol H ₂ dan O ₂ terhadap Parameter COD	75
Tabel 34. Analisis Hubungan Pembentukan Gas H ₂ dan O ₂ Terhadap Parameter COD	75
Tabel 35. Mol H ₂ dan O ₂ terhadap Parameter BOD.....	77
Tabel 36. Analisis Hubungan Pembentukan Gas H ₂ dan O ₂ terhadap Parameter BOD	77
Tabel 37. Mol H ₂ dan O ₂ terhadap Parameter TSS.....	79
Tabel 38. Analisis Hubungan Pembentukan Gas H ₂ dan O ₂ terhadap Parameter TSS	80
Tabel 39. Mol H ₂ dan O ₂ terhadap Parameter Minyak Lemak.....	81
Tabel 40. Analisis Hubungan Pembentukan Gas H ₂ dan O ₂ terhadap Parameter Minyak Lemak	82
Tabel 41. Mol H ₂ dan O ₂ terhadap Parameter Amonia.....	83
Tabel 42. Analisis Hubungan Pembentukan Gas H ₂ dan O ₂ terhadap Parameter Amonia	84
Tabel 43. Efisiensi Metode Elektroflotasi pada Pengolahan Air Limbah RPH....	92

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor

1. Lembar Pengesahan Skripsi
2. Laporan Hasil Pengujian Laboratorium Departemen Teknik Lingkungan
3. Baku Mutu Air Limbah RPH
4. Metode Pengujian Sampel
5. Dokumentasi
6. Hasil Analisis Statistik

ABSTRACT

BAGAS FAIRUZ DAFFA. *Processing of Waste from Slaughterhouses (RPH) using Electro-Flotation Method* (Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T. and An-Nisa Mangarengi, S.T., M.Sc.)

The high demand for meat has led to an increase in the intensity of slaughter, resulting in a larger volume of wastewater produced. The aim of this research is to identify the effectiveness of the Electro-Flotation method in reducing pollutant parameters in the liquid waste of slaughterhouses (RPH).

This study employed a batch system, with predetermined reactor time and electrodes of 15 minutes using graphite anode and aluminum cathode. The independent variables in this research were electrical voltage and the number of plates. Voltage variations were 5 volts (T1), 10 volts (T2), and 15 volts (T3), while the plate variations were 3 pairs (V1), 4 pairs (V2), and 5 pairs (V3). The characteristics of RPH wastewater were determined with pH 6.18; 2,360 COD; 1,487 BOD; 280 TSS; 1,251 fat and oil; and 67.057 ammonia.

The research results indicate that the variables used significantly influence the removal of contaminants in RPH wastewater. However, the parameter of fat and oil has not been processed to meet quality standards. The highest efficiency was achieved with a voltage variation of 15 volts and 5 pairs of plates (10 plates) with efficiencies of 94.2% for COD; 96.6% for BOD; 97.02% for TSS; and 84.823% for ammonia, as well as 91.77% for fat and oil, although it does not yet meet the quality standards. The optimal gas requirements were 0.061 mol H₂ for pH; 0.0485 mol H₂ for COD; 0.0172 mol H₂ for BOD; 0.008 mol H₂ for TSS; 0.134 mol H₂ for fat and oil; and 0.0411 mol H₂ for ammonia. The formation of O₂ gas needed to adjust electro-flotation to the quality standards of RPH wastewater was 0.015 mol O₂ for pH; 0.0121 mol O₂ for COD; 0.0043 mol O₂ for BOD; 0.002 mol O₂ for TSS; 0.0288 mol O₂ for fat and oil; and 0.0103 mol O₂ for ammonia.

Keywords: RPH Tamangapa, Electrolysis, Electro-Flotation, gas bubbles

ABSTRAK

BAGAS FAIRUZ DAFFA. *Pengolahan Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) dengan Metode Elektro-flotasi* (dibimbing oleh Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T. dan An-Nisa Mangarengi, S.T., M.Sc.)

Tingginya jumlah permintaan daging menyebabkan intensitas pemotongan juga meningkat. Semakin banyak jumlah hewan yang dipotong di RPH maka semakin besar volume air limbah yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengidentifikasi bagaimana efektifitas metode Elektro-flotasi untuk mengurangi parameter pencemar dalam limbah cair RPH.

Penelitian ini menggunakan sistem *batch*. Waktu dan elektroda dalam reaktor yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 15 menit dengan anoda graphite dan katoda alumunium. Variabel bebas dalam penelitian ini tegangan listrik dan jumlah pelat. Variasi tegangan listrik 5 volt (T1), 10 volt (T2), dan 15 volt (T3) serta variasi jumlah pelat sebanyak 3 pasang (V1), 4 pasang (V2), dan 5 pasang (V3). Karakteristik air limbah RPH yang diketahui pH 6,18; 2.360 COD; 1.487 BOD; 280 TSS; 1.251 Minyak lemak; dan 67,057 amonia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel yang digunakan cukup berpengaruh terhadap penyisihan kontaminan dalam air limbah RPH. Namun, parameter minyak lemak belum mampu diolah hingga sesuai dengan baku mutu. Variasi tegangan listrik 15 volt dan jumlah pasang pelat 5 pasang (10 pelat) memiliki efisiensi tertinggi dengan efisiensi 94,2 % pada parameter COD; 96,6 % pada parameter BOD; 97,02 % pada parameter TSS; dan 84,823 % pada parameter amonia, serta minyak lemak sebesar 91,77 % meskipun belum sesuai baku mutu. Kebutuhan gas optimal 0,061 mol H₂ untuk pH; 0,0485 mol H₂ untuk COD; 0,0172 H₂ untuk parameter BOD; 0,008 mol H₂ untuk parameter TSS; 0,134 mol H₂ untuk minyak dan lemak; dan 0,0411 mol H₂ untuk amonia. Adapun pembentukan gas O₂ yang dibutuhkan untuk menyesuaikan elektroflotasi dengan baku mutu air limbah RPH adalah 0,015 mol O₂ pada pH; 0,0121 mol O₂ pada COD; 0,0043 mol O₂ pada BOD; 0,002 mol O₂ pada TSS; 0,0288 mol O₂ pada minyak dan lemak; dan 0,0103 mol O₂ pada amonia.

Kata Kunci: RPH Tamangapa, Elektrolisis, Elektro-flotasi, gelembung gas

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri di Indonesia berdampak serius terhadap kebutuhan akan air, hal tersebut telah memperbesar potensi pencemaran air tawar akibat pembuangan air limbah yang tidak memadai. Peningkatan produksi limbah menjadi pemicu suatu dampak yang mengkhawatirkan (Marcos et al., 2017). Salah satu faktor yang mempengaruhi pencemaran air tersebut adalah pola konsumsi masyarakat yang berbanding lurus dengan pola produksi pangan yang semakin meningkat. Sehingga, menurunnya ketersediaan sumber daya air tawar seharusnya mampu untuk mengubah persepsi masyarakat dan industri tentang bagaimana pencemaran air menjadi sangat kritis untuk diperhatikan.

Salah satu industri yang bergerak untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat adalah industri daging yang dikelola pada Rumah Potong Hewan (RPH). Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 2 Tahun 2006, RPH adalah suatu bangunan atau kompleks bangunan dengan desain dan konstruksi khusus yang memenuhi persyaratan teknis dan higienis tertentu serta digunakan sebagai tempat pemotongan hewan. RPH merupakan tempat yang membutuhkan konsumsi air dalam volume yang cukup besar, air limbah dari industri ini juga berdampak terhadap lingkungan (Abdouni et al., n.d.). Menurut Bustillo-Lecompte dan Mehrvar (2015) industri pengolahan daging adalah salah satu industri pangan yang membutuhkan konsumsi air bersih dalam jumlah besar, yang menjadikan RPH sebagai penghasil limbah yang signifikan. The World Bank Group (2007) mengklasifikasikan industri RPH sebagai tempat pengolahan daging yang mampu mengonsumsi antara 2,5 – 40 m³ air per metrik ton daging yang diproduksi atau 24% dari yang digunakan industri pangan dunia (The World Bank Group, 2007). Tingginya jumlah permintaan daging menyebabkan intensitas pemotongan juga meningkat (Suparman, Arif.M, 2019). Hal ini memperjelas bahwa semakin banyak jumlah hewan yang dipotong di RPH maka semakin besar volume air limbah yang dihasilkan. Kondisi ini tentunya menjadi kekhawatiran apabila air limbah tersebut

tidak dikelola secara optimum melihat pula pengolahan limbah cair RPH Tamangapa di Kota Makassar yang terbatas pada kolam penampungan dan IPAL sederhana pada operasionalnya.

Pengolahan air limbah RPH dapat dibagi menjadi lima subkelompok utama: *land application*, pengolahan fisika-kimia, pengolahan biologis, AOP, dan *Combined proces* (Valta et al., 2015). *Land application* biasanya melibatkan irigasi langsung dari RPH ke lahan pertanian, kelebihan hal ini dapat menjadi alternatif penyuburan lahan namun memiliki kekurangan membutuhkan lahan pengalihan serta menimbulkan pencemaran tanah dan bau yang terpapar di lahan tersebut (Mittal, 2006). Perawatan fisika-kimia melibatkan pemisahan air limbah menjadi berbagai komponen, biasanya pemisahan padatan dari zat tersuspensi dengan sedimentasi atau koagulasi/flokulasi, *Dissolved air flotation*, dan penghilangan polutan menggunakan elektrokoagulasi (EC) serta teknologi membran, dari beberapa teknologi tersebut bergantung pada jenis koagulan serta penentuan jenis teknologi berdasarkan karakteristik air limbah RPH (Mittal, 2006). Perawatan biologis dibagi menjadi sistem anaerobik dan aerobik serta lahan basah yang dibangun (CWs). Sistem aerobik umumnya beroperasi pada tingkat yang lebih tinggi daripada sistem anaerobik; sedangkan sistem anaerobik membutuhkan peralatan yang tidak terlalu rumit, namun demikian, baik anaerobik maupun sistem aerobik dapat dibagi lagi menjadi proses lain, yang memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, kelebihan terletak pada efisiensi penguraian limbah organik namun memiliki kekurangan pada tingginya jumlah biaya dan besarnya lahan yang dibutuhkan (Mittal, 2006). *Advance Oxidation Procces* (AOP) merupakan pengolahan yang menggunakan UV/H₂O₂ dan UV/O₃ untuk oksidasi dan degradasi bahan organik dan anorganik yang terdapat pada air limbah RPH melalui reaksi dengan radikal hidroksil (OH) dengan kemampuan degradasi cepat, kekurangan dalam pengolahan sulitnya bahan dan alat yang akan digunakan serta membutuhkan biaya yang relatif besar dalam aplikasinya (Bustillo-Lecompte & Mehrvar, 2017). Pengolahan *combined proces* merupakan pengolahan dengan mengabungkan proses hemat biaya dengan efisiensi penyisihan tinggi yang bisa mengarah pada pengurangan biaya operasi dan perawatan dibandingkan dengan

proses individual, namun sulitnya dalam perawatan akibat dari gabungan tiap pengolahan individu yang disatukan (Bustillo-Lecompte & Mehrvar, 2017)

Elektro-flotasi merupakan suatu metode pemisahan dan pemurnian air melalui pembentukan gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan pada katoda dan anoda pada reaksi oksidasi dan reduksi. Proses tersebut dapat mengapungkan komponen seperti ion dan partikel padat tersuspensi, sehingga dapat menjadi alternatif dalam pengolahan limbah cair (Alam et al., 2017). Elektro-flotasi sebagai versi elektrokimia flotasi, biasanya memiliki efisiensi pemisahan yang lebih tinggi daripada *dissolved air flotation* konvensional karena jumlah gelembung hidrogen dan oksigen yang lebih kecil dan lebih banyak melalui proses yang dihasilkan secara elektrolisis. Diketahui bahwa elektro-flotasi mampu mereduksi 88,9% COD dan tingkat warna 93,3% (Haryono et al., 2018). Elektro-flotasi juga mampu untuk mereduksi minyak dan lemak sebesar 95% pada pengolahannya (Ji et al., 2014). Karakteristik yang hampir sama dari beberapa pengolahan menggunakan metode elektro-flotasi menunjukkan bahwa elektro-flotasi bisa menjadi alternatif yang layak untuk mengolah limbah cair RPH.

Sebagai salah satu metode pengolahan limbah, Elektro-flotasi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan pengolahan air limbah RPH yang lainnya, yaitu lebih fleksibel dan kompetitif daripada sistem tangki yang membutuhkan lahan yang luas, Elektro-flotasi berukuran kecil sehingga hanya membutuhkan biaya perawatan dan pengoperasian yang rendah jika dibandingkan dengan proses pengapungan yang lain., menghasilkan gelembung yang lebih efektif dari metode pengapungan lainnya yang berdampak terhadap penyisihan parameter pencemar serta efektifitas gelembung dapat dikontrol dengan pemilihan elektroda yang tepat (Shah, 2023) Yang mana dalam hal ini menjadi keuntungan dalam pengolahan air limbah RPH.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diperlukan penelitian terkait “Pengolahan Limbah Rumah Pemotongan Hewan Menggunakan Metode Elektro-flotasi” dalam skala laboratorium. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sampel air limbah RPH yang berada di kota Makassar. Adapun parameter zat pencemar yang akan diamati terbatas pada pH, COD, BOD, TSS, minyak lemak, dan amonia (NH₃-N).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, metode elektro-flotasi digunakan untuk menurunkan kadar polutan pada limbah cair RPH, namun belum banyak penelitian terkait limbah RPH sehingga diharapkan menjadi salah satu teknik pengolahan limbah terbarukan. Berdasarkan masalah tersebut, berikut ini adalah rumusan masalah penelitian ini:

1. Bagaimana karakteristik parameter air limbah Rumah Pemotongan Hewan?
2. Bagaimana pengaruh variasi tegangan listrik dan pasangan jumlah pelat terhadap efisiensi pengolahan air limbah RPH menggunakan metode elektro-flotasi?
3. Berapa jumlah mol gas H_2 dan O_2 yang dibutuhkan untuk mengurangi parameter pencemar dalam limbah cair RPH pada metode elektro-flotasi?
4. Bagaimana peran dan efektifitas metode elektro-flotasi untuk mengurangi parameter pencemaran dalam limbah cair RPH?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik parameter air limbah Rumah Pemotongan Hewan
2. Menganalisis pengaruh variasi tegangan listrik dan pasangan jumlah pelat terhadap efisiensi pengolahan air limbah RPH menggunakan metode elektro-flotasi.
3. Menganalisis pembentukan jumlah mol gas H_2 dan O_2 yang dibutuhkan untuk mengurangi parameter pencemar dalam limbah cair RPH.
4. Mengidentifikasi bagaimana peran metode Elektro-flotasi untuk mengurangi parameter pencemar dalam limbah cair RPH.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis:
Merupakan kontribusi dalam melaksanakan penelitian sebagai bagian dari kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi serta merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi instansi pendidikan:

Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya dalam pengembangan riset bidang kualitas air pada metode pengolahan air limbah terutama pada pengolahan air limbah RPH dan metode elektro-flotasi.

3. Bagi pelaku usaha:

Sebagai salah satu alternatif pengolahan air limbah RPH dalam usaha pengelolaan lingkungan terutama pada bidang air limbah.

4. Bagi masyarakat:

Memberikan pengetahuan kepada masyarakat terkait pengolahan air limbah RPH menggunakan metode elektro-flotasi sehingga masyarakat dapat sadar akan pentingnya pengolahan air limbah terutama limbah RPH.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Ruang lingkup dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan berupa penelitian eksperimental pada skala laboratorium.
2. Model prototipe pengolahan limbah RPH menggunakan metode elektro-flotasi sederhana dengan sistem batch.
3. Sampel air limbah RPH yang digunakan berupa sampel yang diperoleh dari RPH di kota Makassar.
4. Variasi yang akan digunakan adalah beberapa konfigurasi jumlah pasang pelat dan tegangan listrik.
5. Parameter yang akan dipantau adalah *Potential of Hydrogen* (pH), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solid* (TSS), Minyak lemak, dan Amonia (NH₃-N).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Air limbah merupakan air yang telah digunakan oleh kegiatan manusia dengan berbagai aktivitasnya. Air limbah tersebut umumnya berasal dari aktivitas domestik, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum, industri maupun dari tempat lain (Rahmawan et al., n.d.) Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair.

Menurut Metcalf and Eddy (2003), sumber air limbah dikelompokkan menjadi tiga:

1. Air limbah domestik

Limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari usaha dan atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik mengandung berbagai bahan antara lain: kotoran, urin, dan air bekas cucian yang mengandung deterjen, bakteri, dan virus.

2. Air limbah non-domestik

Air yang dihasilkan oleh industri, baik akibat proses pembuatan atau produksi yang dihasilkan industri tersebut maupun proses lainnya. Limbah non-domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber lainnya.

3. Infiltrasi

Infiltrasi adalah masuknya air tanah ke dalam saluran air buangan melalui sambungan pipa, pipa bocor, atau dinding *manhole*. Sedangkan *inflow* adalah masuknya aliran air permukaan melalui tuotp *manhole*, atap, area drainase, *cross connection* saluran air hujan maupun air buangan. Besarnya infiltrasi dan *inflow* yang masuk ke saluran air buangan tergantung pada panjang saluran, umur saluran konstruksi material, jarak muka air tanah terhadap saluran, tipe tanah, penutup tanah, dan kondisi topografi.

Pada dasarnya air limbah tidak memberi efek pencemaran sepanjang kandungannya tidak membawa senyawa-senyawa yang membahayakan ataupun

bahan-bahan endapan. Air adalah salah satu media yang efektif untuk membawa limbah yang pada gilirannya mencemari lingkungan. Apabila limbah cair tidak melalui pengolahan dan dibuang ke lingkungan secara umum seperti ke sungai, danau, dan laut maka akan berdampak negatif pada lingkungan akibat peningkatan konsentrasi polutan dalam air. Setiap air limbah yang keluar harus memenuhi baku mutu limbah yang ditetapkan sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku (Hermanto 2008; dalam Masiara, 2019).

2.2 Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan

Air limbah merupakan air yang telah digunakan oleh kegiatan manusia dengan berbagai aktivitasnya. Air limbah tersebut umumnya berasal dari aktivitas domestik, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum, industri maupun dari tempat lain (Rahmawan et al., n.d.) Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 2006, air limbah RPH adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan RPH yang berwujud cair. Air buangan RPH sebagian besar terdiri dari zat organik seperti darah, tinja, bulu, lemak, daging, dan serbuk tulang. Polutan tersebut terbagi menjadi zat tersuspensi dan juga zat terlarut. Karena sifatnya yang organik, membuat zat-zat tersebut mudah membusuk dan menimbulkan bau. Oleh karena itu air limbah RPH yang langsung dibuang ke badan air akan menimbulkan kondisi *deoksigenasi* atau pengurangan kadar oksigen di dalam badan air.

2.2.1 Sumber Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan

Limbah utama RPH berasal dari pemotongan, penanganan isi perut, pemotongan bagian-bagian yang tidak berguna, pengelolaan dan pekerjaan pembersihan, limbah cair RPH berasal dari :

1. Laboratorium dan kantor : limbah cair yang berasal dari perkantoran dan laboratorium dialirkan pada *septic tank*.
2. Pencucian jeroan : Kegiatan pencucian kamar potong, berupa sisa-sisa darah, urine, hewan dan air kotor yang merupakan sisa-sisa penggunaan air pada saat proses produksi.

3. Kandang : Kegiatan penampungan sapi pada kandang akan menghasilkan limbah seperti kotoran dan urin. Selain itu, kegiatan pencucian sapi dan kandang juga menghasilkan limbah cair.
4. *Slaughterhouse* : Kegiatan penyembelihan akan menghasilkan limbah cair berupa darah.
5. *Boning Room* : Kegiatan *trimming* karkas dan/atau daging akan menghasilkan limbah berupa sisa cucian potongan daging dan lemak.

2.2.2 Parameter Limbah Cair RPH

Parameter air limbah RPH menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 meliputi :

1. pH (*potential hydrogen*)

pH adalah ukuran derajat keasaman dan kebasaan air. Pada limbah RPH, nilai pH berasal dari kesetimbangan kandungan ion H^+ dan OH^- berupa intensitas keasaman maupun kebasaan dari suatu bahan. Nilai pH ini sangat dipengaruhi dengan larutan yang memiliki sifat asam dan basa.

2. COD (*chemical oxygen demand*)

COD atau *chemical oxygen demand* merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan zat organik karbon materi secara kimiawi. Ini digunakan untuk mengukur bahan organik, nitrit, sulfida dan garam besi dalam air limbah.

COD dalam air limbah dapat berupa bahan yang mudah terurai secara hayati, biomassa autotrof aktif dan heterotrofik, bahan organik inert yang dapat larut, bahan anorganik inert. Umumnya kandungan COD dalam air limbah bersifat terlarut atau partikulat (tergantung). Klasifikasi air limbah domestik berdasarkan COD termasuk rendah (300-500 mg/L), kekuatan sedang (500-750 mg/L) dan tinggi (700 – 1200 mg/L) (Armah et al, 2020). Dalam limbah cair RPH, nilai COD berasal dari komponen organik amonia.

3. BOD (*biological oxygen demand*)

BOD atau *biochemical oxygen demand* merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. BOD juga merupakan parameter yang menjadi indikasi tingkat kontaminasi pencemaran dalam suatu perairan, yang mana hal tersebut

mempengaruhi jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan organisme akuatik dan jika < 6 mg/L dapat menyebabkan kematian suatu organisme tersebut. Nilai BOD air limbah domestik dan air limbah industri kecil berkisar antara 100 – 200 mg/L, 200 – 300 mg/L dan 300 – 560 mg/L untuk kategori rendah, air limbah berkekuatan sedang, dan tinggi (Armah et al, 2020).

Hubungan antara BOD dan oksigen terlarut berbanding terbalik, karena oksigen terlarut yang rendah menunjukkan tingginya kandungan BOD dalam air limbah. BOD yang merupakan ukuran kandungan oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba dalam perairan sebagai indikasi terhadap masuknya bahan organik yang dapat terurai. Dalam limbah cair RPH, nilai BOD berasal dari komponen organik amonia.

4. TSS (*total suspended solid*)

TSS merupakan padatan yang tidak larut dan tidak dapat mengendap langsung serta menyebabkan kekeruhan pada air. Dalam limbah cair RPH, nilai TSS umumnya berasal dari sisa-sisa serat daging dan darah sisa kegiatan pemotongan dalam RPH.

5. Minyak dan lemak

Minyak dan lemak masuk ke dalam padatan yang mengapung di permukaan air. Komponen hidrokarbon jenuh tersebut mampu untuk mereduksi sinar matahari, pengambilan oksigen dari atmosfer, dan mengganggu kehidupan satwa air. Dalam limbah cair RPH, minyak dan lemak didapati pada daging dan darah hewan ternak.

6. Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Amonia merupakan gas alkalin yang tidak berwarna, lebih ringan dari udara dan punya aroma khas menyengat. Amonia merupakan senyawa kasutik dan dapat merusak kesehatan. Dalam limbah cair RPH, amonia didapati dalam urine dan darah hewan ternak.

2.2.3 Baku Mutu Limbah Cair RPH

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam badan air dari suatu usaha dan/atau kegiatan (Permen LH No. 5 tahun 2014). Adapun menurut lampiran XLV Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Kegiatan Rumah Potong Hewan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan

No.	Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi
1	BOD	Mg/L	100
2	COD	Mg/L	200
3	TSS	Mg/L	100
4	Minyak dan lemak	Mg/L	15
5	NH ₃ -N	Mg/L	25
6	pH	unit	6-9

Volume air limbah paling tinggi untuk sapi, kerbau, dan kuda : 1,5 m³/ekor/hari

Volume air limbah paling tinggi untuk kambing dan domba : 0,15 m³/ekor/hari

Volume air limbah paling tinggi untuk babi : 0,65 m³/ekor/hari

Sumber : Lampiran XLV Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014

2.3 Pengolahan Air Limbah

2.3.1 Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah merupakan proses penyisihan kontaminan dari air limbah baik berupa limpasan maupun domestik. Hal ini meliputi proses fisika, kimia, dan biologi untuk menghilangkan kontaminan fisik, kimia, dan biologi. Proses pengolahan air limbah ini bertujuan agar air limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan setidaknya pada tingkatan yang tetap menjaga kemampuan purifikasi lingkungan. (Metcalf & Eddy (2004), menyebutkan mengenai tingkatan dalam pengolahan air limbah sebagai berikut :

1. Preliminer

Penyisihan konstituen air limbah seperti kain, kayu, bahan terapung, pasir, dan lemak yang dapat memicu perbaikan atau masalah operasi pada sistem operasi, proses pengolahan, dan sistem tambahan.

2. Primer

Penyisihan bagian dari padatan tersuspensi dan bahan organik dari air limbah.

3. Primer lanjutan

Penyisihan yang ditingkatkan untuk padatan tersuspensi dan bahan organik dari air limbah. Biasanya dapat dicapai dengan penambahan bahan kimia atau filtrasi.

4. Sekunder

Penyisihan bahan organik yang dapat diurai berbentuk larutan maupun suspensi dan padatan tersuspensi. Proses disinfeksi juga termasuk dalam pengolahan sekunder konvensional.

5. Sekunder dengan penyisihan unsur hara

Penyisihan bahan organik terurai, padatan tersuspensi, dan unsur hara seperti nitrogen, fosfat, atau keduanya nitrogen dan fosfat.

6. Tersier

Penyisihan sisa padatan tersuspensi setelah pengolahan sekunder, biasanya dengan menggunakan filtrasi media granula atau lapisan mikro. Disinfeksi juga termasuk bagian dari pengolahan tersier. Penyisihan unsur hara sering termasuk dalam pengolahan tersier.

7. Pengolahan tingkat lanjut

Penyisihan materi tersuspensi dan terlarut yang tersisa setelah pengolahan biologi biasa yang dilakukan ketika dibutuhkan untuk keperluan penggunaan air kembali.

2.3.2 Pengolahan Air Limbah RPH

Menurut (Bustillo-Lecompte & Mehrvar, 2017), metode pengolahan air limbah RPH dibagi menjadi lima sub-kelompok utama, yaitu :

1. Land Application

Teknologi pilihan ini umumnya memanfaatkan lahan yang besar untuk memasukkan air limbah langsung masuk ke dalam suatu lahan, hal ini berfungsi untuk memulihkan produk sampingan yang masih berguna untuk Rumah Potong Hewan.

2. Psycho-chemical Treatment

Dalam pengolahan ini, pengolahan fisika-kimia melibatkan pemisahan pada padatan dan polutan organik yang terkandung dalam limbah cair RPH. Teknologi yang sering dijumpai adalah *dissolved air flotation*, teknologi membran dan juga elektrokoagulasi.

3. *Biological Treatment*

Dalam pengolahan ini, umumnya digunakan sebagai *secondary treatment* dalam pengolahan air limbah RPH. Digunakan pengolahan aerobik dan anaerobik berdasarkan karakteristik air limbah RPH.

4. *Advanced Oxidation Procces*

Salah satu teknologi pengolahan air limbah RPH yang mampu difungsikan sebagai *pre-treatment* maupun *primery treatment*. AOP dapat menonaktifkan mikroorganisme tanpa menambahkan bahan kimia ke dalam air limbah RPH. Salah satu pengolahan AOP adalah ozonisasi dan penggunaan UV/H₂O₂ serta foto penton.

5. *Combined Procces*

Merupakan teknologi pengolahan air limbah RPH dengan menggabungkan semua teknologi pengolahan sebelumnya menjadi teknologi dengan efektifitas penyisihan tinggi namun rentan terhadap perawatan di masing-masing teknologi individu dalam pengolahan air limbah RPH. Salah satu *combined procces* adalah pengolahan biologis yang dikombinasikan dengan AOP, pengolahan biologis dan pengolahan fisika-kimia.

2.4 Flotasi

Flotasi digunakan guna memisahkan padatan yang terbentuk dalam suatu air limbah. Beberapa aplikasi flotasi diantaranya flotasi dalam *primary clarification*, flotasi sebagai *secondary clarification* dengan atau tanpa penambahan bahan kimia, flotasi dalam pengentalan biosolid. Penghapusan padatan tersuspensi juga mempengaruhi beban COD/BOD karena beberapa fraksi fase tersuspensi bersifat organik yang dalam hal ini mengakibatkan beban BOD/COD dapat berkurang akibat teradsorpsi dan terurai melalui flotasi.

Menurut (Wang et al., n.d.) terdapat empat langkah pada proses flotasi, antara lain:

1. terbentuknya gelembung dalam air limbah.
2. Terjadinya kontak antara gelembung gas dan partikel tersuspensi dalam air.
3. Terikatnya partikel tersuspensi atau droplet minyak dengan gelembung gas.

4. Naiknya gelembung kompleks yang terdiri atas udara-padatan ke permukaan yang mana material yang mengapung akan disingkirkan.

Terdapat lima tipe dalam sistem flotasi yang mana diklasifikasikan berdasarkan persebaran gelembung, yaitu:

1. ***Dissolved air flotation***

Gelembung yang terbentuk dari kondisi jenuh akibat adanya reduksi tekanan.

2. ***Induced (Dispersed) air flotation***

Gelembung yang terinduksi dan terbentuk akibat pencampuran mekanis antara suatu gas dan cairan.

3. ***Froth Air Flotation***

Gelembung yang terbentuk akibat adanya injeksi gas ke dalam cairan menggunakan *sparger*.

4. ***Electrolytic air flotation***

Gelembung yang terbentuk akibat adanya proses elektrolisis dalam air.

5. ***Vacuum air flotation***

Gelembung yang terbentuk akibat terlepasnya udara dari suatu larutan jenuh dengan tekanan negatif.

2.5 Elektrolisis

Elektrolisis adalah pemisahan senyawa menjadi elemen-elemen penyusunannya dengan memberikan arus listrik. Elektrolisis sendiri berarti suatu proses memecah molekul menjadi bagian-bagian kecil dengan menggunakan arus listrik yang mana kutub positif dan kutub negatif dalam sebuah sumber listrik dapat menyerap ion yang berlawanan dari sebuah larutan atau elektrolit dan menyebabkan terjadinya pemisahan ion dan membentuk zat baru.

Komponen yang diperlukan dalam proses elektrolisis adalah:

1. **Elektrolit**

Elektrolit adalah zat yang mengandung ion bebas yang merupakan pembawa arus listrik dalam suatu larutan. Jika ion-ion dalam elektrolit tidak bergerak, seperti pada garam padat (solid salt) maka elektrolisis tidak dapat terjadi.

2. Sumber arus listrik searah (DC)

Sumber arus listrik searah (DC) ini berfungsi sebagai penyedia energi yang diperlukan untuk membuat atau melepaskan ion dalam elektrolit. Arus listrik dibawa oleh elektron dalam sirkuit eksternal.

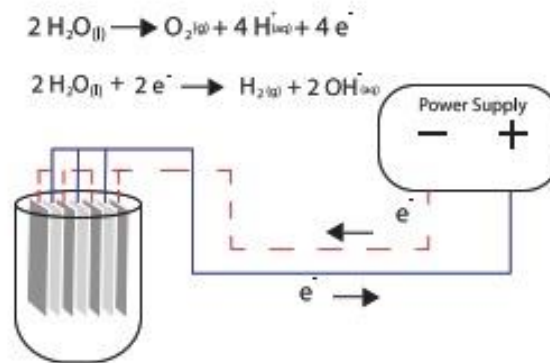
3. Elektroda

Elektroda adalah sebuah penghantar listrik antara sumber listrik atau rangkaian listrik sebagai penyedia energi dan elektrolit. Elektroda yang digunakan kebanyakan terbuat dari logam, Graphite dan bahan semikonduktor. Pemilihan bahan elektroda tergantung pada reaksi kimia antara elektroda dan elektrolit serta biaya pembuatannya.

Setiap elektroda akan menarik ion yang berlawanan muatan. Ion bermuatan positif (kation) bergerak membawa elektron menuju katoda (negatif), sedangkan ion bermuatan negatif (anion) bergerak menuju anoda (positif). Oleh karena itu, pada elektroda elektron akan diserap atau dilepaskan oleh atom atau ion. Atom-atom yang mendapatkan atau kehilangan elektron menjadi ion bermuatan akan masuk ke dalam elektrolit. Ion-ion yang mendapatkan atau kehilangan elektron menjadi atom bermuatan, terpisah dengan elektrolit yang mana energi yang dibutuhkan untuk melakukan proses migrasi tersebut disediakan oleh sumber listrik eksternal.

2.5.1 Elektrolisis air

Elektrolisis air adalah penguraian air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan hidrogen (H_2) karena adanya arus listrik yang dialirkan melewati air. Prinsip dari elektrolisis air adalah sumber arus listrik searah (*rectifier*) yang dihubungkan ke dua elektroda atau dua pelat (umumnya merupakan logam inert) yang ditempatkan di dalam air. Hidrogen akan muncul pada katoda (elektroda bermuatan negatif, dimana elektron memasuki air) dan oksigen akan terbentuk di anoda (elektroda bermuatan positif). Dengan asumsi efisiensi faraday ideal, jumlah molekul hidrogen akan dua kali jumlah molekul oksigen, yang mana keduanya akan sebanding dengan jumlah muatan listrik yang dihantarkan oleh larutan.



Gambar 1. Elektrolisis Air

Dalam air murni, pada katoda bermuatan negatif akan terjadi reaksi reduksi dengan elektron (e^-) dari katoda yang diberikan kepada kation hidrogen untuk membentuk gas hidrogen (H_2). Sedangkan pada anoda bermuatan positif, reaksi oksidasi terjadi menghasilkan gas oksigen dan memberikan elektron ke anoda untuk menyelesaikan reaksi yang terjadi.

2.5.2 Elektroda

Elektroda adalah sebuah penghantar listrik yang digunakan untuk membuat kontak dengan bagian non-logam dari sebuah rangkaian (semikonduktor, elektrolit, atau vakum). Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut juga sebagai anoda dan katoda. Anoda didefinisikan sebagai elektroda yang mana elektron datang dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, sedangkan katoda didefinisikan sebagai elektroda yang mana elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi anoda dan katoda tergantung dari arus listrik yang diberikan. Dalam elektrolisis anoda merupakan kutub positif sedangkan katoda adalah kutub negatif.

2.6 Elektro-flotasi

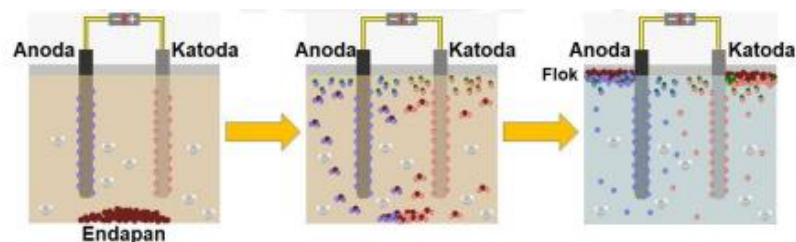
Elektro-flotasi adalah proses mengapungkan polutan ke permukaan badan air dengan gelembung kecil gas H_2 dan O_2 yang dihasilkan dari elektrolisis air dan dalam hal ini reaksi elektrokimia di katoda dan anoda adalah reaksi evolusi hidrogen dan reaksi evolusi oksigen (Comninellis & Chen, 2010).

2.6.1 Mekanisme elektro-flotasi

Elektro-flotasi dipengaruhi oleh mekanisme elektrolisis yang terjadi pada air limbah, reaksi kimia yang berlangsung dalam hal ini adalah oksidasi dan reduksi air yang mengarah pada evolusi oksigen dan evolusi hidrogen di permukaan elektroda anoda dan katoda. Produksi gelembung dengan elektrolisis terjadi dalam tiga tahap : nukleasi, pertumbuhan, dan pelepasan.

Elektronukleasi terjadi oleh pengaruh kerapatan arus yang diterapkan. Timbulnya gelembung elektronukleasi ditandai dengan akumulasi gas pada permukaan elektroda. Fase terakhir evolusi gas adalah pelepasan gelembung yang terjadi ketika gaya apung dan massa jenis cairan saling berikatan, maka partikel tersuspensi menempel pada gelembung gas yang mengapung di atas cairan, dan berakhir sebagai lumpur (Alberto Martínez-Huitle et al., n.d.) Oleh karena itu, elektro-flotasi terdiri dari pelat logam yang disebut elektroda yang dikonfigurasi sesuai dengan keoptimuman dan jenis limbah yang akan diolah.

Mekanisme kontak antarmuka antara gelembung gas dengan molekul polutan dalam sistem elektro-flotasi terdiri dari pengapungan, penyerapan, dan pelekatan. Pengapungan terjadi karena ikatan antara gelembung gas dengan molekul polutan yang berlangsung secara fisik. Penyerapan berlangsung pada struktur flokulan tersuspensi terhadap gelembung gas. Pelekatan terjadi gaya tarik intra molekular yang digunakan pada suatu permukaan antara dua fasa dan mengakibatkan tegangan permukaan (Putri, 2020).



Gambar 2. Mekanisme Elektro-Flotasi Antara Gelembung Gas Oksigen Dan Hidrogen

2.6.2 Reaksi elektrokimia

Chen (2010) berpendapat, dalam proses elektro-flotasi gelembung oksigen dan hidrogen dihasilkan di anoda dan katoda yang reaksinya sebagai berikut :

Reaksi di Anoda:



Reaksi di Katoda:



Reaksi total:



Jumlah molekul hidrogen yang dihasilkan dengan demikian dua kali jumlah molekul oksigen. Dengan asumsi suhu dan tekanan yang sama untuk kedua gas, gas hidrogen yang dihasilkan memiliki perbandingan dua kali volume gas oksigen yang dihasilkan. Jumlah elektron yang bermigrasi melalui air adalah dua kali lipat jumlah molekul hidrogen yang dihasilkan dan empat kali jumlah molekul oksigen yang dihasilkan.

Ketika efluen melewati reaktor antara dua elektroda positif (anoda) dan elektroda negatif (katoda), medan listrik dapat terbangun sehingga terjadi koagulasi partikel limbah di anoda. Pada katoda, gas hidrogen dihasilkan yang mendukung flotasi partikel terflokulasi.

2.6.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi elektro-flotasi

Kinerja pada metode elektro-flotasi terlihat pada efisiensi penyisihan polutan dan/atau penggunaan bahan kimia. Efisiensi polutan tergantung pada ukuran gelembung yang terbentuk, sementara untuk konsumsi daya berhubungan dengan desain elektroda, bahan elektroda, serta kondisi operasi seperti densitas, konduktivitas air (Chen, 2004a). Sementara itu, menurut Putri (2020) hal-hal yang perlu diperhatikan pada proses elektro-flotasi yaitu pemilihan elektroda yang non korosi, kuat arus listrik, waktu kontak, ukuran partikel polutan, dan pembentukan gelembung hidrogen yang dihasilkan dari katoda dan gelembung oksigen yang dihasilkan dari anoda. Kedua gas tersebut berguna untuk mengangkat flok yang terbentuk akibat berikatan dengan muatan positif dan negatif padatan tersuspensi akibat elektroda yang menghasilkan ion-ion.

1. Gelembung elektrolit

Reaksi elektrolisis mengarah pada pembentukan gelembung gas yang seragam dan sangat halus serta bergerak naik dengan sangat lambat. Gelembung yang sangat halus serta lebih kecil memberikan luas permukaan yang lebih besar untuk pelekatan partikel (Alberto Martínez-Huitle et al., n.d.). Gelembung yang jauh lebih kecil hasil elektrolisis, maka elektro-flotasi memiliki efisiensi yang lebih tinggi untuk memisahkan zat tersuspensi (Chen, 2004a).

2. pH

Ukuran gelembung hidrogen lebih besar dalam suasana asam dibandingkan dalam suasana netral atau basa. Pada katoda gelembung hidrogen sangat mudah

terlihat dalam suasana asam, sedangkan pada anoda gelembung hidrogen menjadi kurang signifikan dalam suasana basa. Sedangkan menurut Chen (2004) gelembung hidrogen paling kecil berada di pH netral dan gelembung oksigen ukurannya bertambah seiring dengan bertambahnya pH.

3. Kerapatan arus

Gelembung gas juga bergantung pada kerapatan arus yang mana permukaan pelat juga mempengaruhi ukuran partikel. Permukaan *stainless steel* memberikan gelembung terbaik. Menurut Chen (2004), penurunan ukuran partikel gelembung gas ditemukan dengan peningkatan intensitas arus.

4. Material elektroda

Elektro-flotasi dapat bekerja dengan efisien karena elektroda yang bekerja sebagai anoda dan katoda, sistem elektroda merupakan bagian yang sangat penting dalam proses elektro-flotasi. Elektroda seperti besi, aluminium, dan *stainless steel* sangat murah, mudah dijumpai, dan dapat bekerja pada elektrokoagulasi dan elektro-flotasi (Chen, 2004a). Pemilihan elektroda sangat penting karena didasari oleh ketahanan elektroda, biaya serta kemampuan dalam menghasilkan gas hidrogen dan oksigen pada proses elektro-flotasi (Mamakov et al., 1977). Adapun material elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda graphite dan aluminium yang didasarkan pada kestabilan, biaya rendah, dan reaksi yang terjadi.

2.6.4 Laju pembangkitan gas

Berdasarkan total reaksi kimia yang dihasilkan pada proses elektrolisis, menunjukkan bahwa jumlah gas hidrogen yang dihasilkan dua kali lipat gas oksigen. Laju pembangkitan gas dapat dihitung melalui persamaan Faraday:

$$Q_H = \frac{IV_0}{n_H F} \quad (4)$$

$$Q_O = \frac{IV_0}{n_O F} \quad (5)$$

Dimana Q_H adalah laju pembangkitan gas hidrogen (L/s pada keadaan normal), Q_O adalah laju pembangkitan gas oksigen (L/s pada keadaan normal), V_0 adalah volume molar gas pada keadaan normal (22,4 L/mol), F tetapan faraday (96500 C/mol elektron), n_H adalah jumlah transfer elektron dari H_2 (2 mol elektron

per mol H₂) dan n_o adalah jumlah transfer elektron dari O₂ (4 mol elektron per mol O₂). Maka total laju pembangkitan gas dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_g = Q_H + Q_o = \frac{IV_o}{n_o F} \left(\frac{1}{n_H} + \frac{1}{n_o} \right) = 1,74 \times 10^{-4} I \quad (6)$$

Yang mana Q_g adalah laju pembangkitan gas total (L/s pada keadaan normal). Di satu sisi hubungan kuantitatif antara waktu dan tegangan (kuat arus) listrik terhadap jumlah spesi kimia pada reaksi redoks :

$$W = \frac{e \times I \times t}{F} \quad (7)$$

Dimana W adalah berat endapan (gram), e adalah berat ekuivalen zat, t menunjukkan waktu (detik), dan F adalah 96,500. Persamaan (7) menyatakan, pada kuat arus listrik tertentu, yang nilainya sebanding dengan tegangan listrik, jumlah (berat) gas O₂ dan H₂ akan semakin meningkat seiring dengan diperlamanya pelaksanaan reaksi redoks. Demikian pula jika ditinjau pada lama reaksi redoks tertentu, gas O₂ dan H₂ yang dihasilkan akan semakin banyak dengan ditingkatkannya kuat arus listrik (Chang & Zenyuk, 2023).

2.6.5 Efisiensi pengolahan metode elektro-flotasi

Metode elektro-flotasi dalam pengolahan air limbah memiliki kemampuan pengolahan yang relatif bergantung pada jenis elektroda dan air limbah yang akan diolah, tetapi merupakan pengolahan yang efektif dan efisien. (Alberto Martínez-Huitle et al., n.d.) merangkum efisiensi pengolahan polutan menggunakan elektro-flotasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Kemampuan Efisiensi Pengolahan Air Limbah Menggunakan Metode Elektro-flotasi

Anoda	pH	Polutan	Efisiensi (%)
AL	10	<i>Heavy Metals</i>	97
Ti-IrO ₂	7	<i>Bitumen</i>	92.6
Ti/IrO ₂ -Sb ₂ O ₅ -SnO ₂	5-9	<i>Restaurant Wastewater</i>	84.3
Graphite - Al	7.5	<i>Emulsion And Oil-Bearing Wastewater</i>	94-95
PbO ₂ -Al	4.5	<i>Oil-Emulsion</i>	92

Al	7	<i>Tween 20</i>	74.79
Al	4-5	<i>Fluor</i>	100
Al	6-7	<i>Fluor</i>	79
Ti/IrO ₂	7.5	<i>Synthetic Wastewater</i>	94
Al	5-6	<i>Cafeteria Wastewater</i>	>95
Al	8	<i>Heavy Metals</i>	99
Al-Ti/Ru _{0.34} Ti _{0.66} O ₂	4.5	<i>Emulsified Oil</i>	95.90
Al	5	<i>Melanoidins</i>	95
Al-Fe	7.5	<i>Dyes</i>	98
Ti-Al	6-7	<i>Laundry Wastewater</i>	70
Al-Fe	7-11	<i>Nitrate</i>	96

Sumber: Martinez-Huitle, 2018.

2.6.6 Karakteristik Alumunium dan Graphite

Aluminium adalah logam dengan rumus kimia Al, yang mana aluminium termasuk unsur logam terbanyak ketiga dalam kerak bumi setelah oksigen dan silikon (Syarif, 2020). Aluminium memiliki sifat yang bermacam-macam, diantaranya adalah memiliki ketahanan korosi yang baik, material logam yang mudah ditempa ataupun dibentuk dengan baik, serta memiliki sifat konduktivitas termal dan dapat menghantarkan listrik dengan baik. Aluminium memiliki kekuatan tarik sekitar 90 Mpa dan dapat ditingkatkan kekuatan tariknya dengan proses heat treatment dan association sehingga dapat meningkatkan kekuatan tariknya sampai sekitar 690 MPa. Sifat yang dimiliki aluminium tersebut membuat logam aluminium sangat kompetitif dan banyak digunakan di bidang manufaktur maupun industri seperti industri kapal,omotif, pesawat terbang, dan sebagainya. Aluminium memiliki bentuk yang bermacam-macam, seperti berbentuk lembaran tipis ataupun tebal (sheet), batang (bar), pipa (pipe), dan bentuk lainnya sesuai kebutuhan konsumen. Adapun sifat-sifat Fisis Aluminium dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat-sifat Fisis Alumunium

Sifat-Sifat	Kemurnian alumunium (%)	
	99,9	>99,0
Massa Jenis (20°C)	26,989	2,71
Titik Cair	66-,2	653 – 657
Panas Jenis (cal/g. °C)(100 °C)	0,2226	0,2297
Jenis Kristal, Konstanta Kisi	Fcc, a = 4,013 Kx	Fcc, a = 4,04 kX
Koefisien Pemuai (20-100°C)	23,86 x 10 ⁶	23,5 X 10 ⁻⁶
Tahan Listrik Koefiensi Temeprature (°C)	0,00429	0,0115
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)

Sumber: Hendrawan, 2013

Sementara itu, Graphite adalah bentuk kristal karbon, biasanya terjadi pada batuan metamorf sebagai serpihan atau lapisan kristal. Ini terbentuk oleh metamorfosis sedimen karbon. Di alam juga ditemukan pada batuan beku, meteorit, dan mineral plumbago. Graphite merupakan padatan kovalen karena atom karbon penyusunnya terikat kuat oleh ikatan kovalen. graphite sendiri merupakan elektroda inert yang tidak bereaksi dengan air. Adapun sifat-sifat fisis graphite dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat-Sifat Fisis Graphite

Sifat-Sifat	Graphite
Massa Jenis (20°C)	1,7
Titik Leleh (°C)	3651-3697
Panas Jenis (J/Kg.°C)	710
Koefisien Pemuai (20-100°C)	8 X 10 ⁻⁵
Konduktivitas Termal (300 K)	119 – 165 W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Hantaran Listrik (%)	43 %

2.6.7 Kelebihan dan Kekurangan metode elektro-flotasi

Menurut Shah (2023) menjabarkan elektro-flotasi memiliki tiga manfaat, pertama mampu sangat baik mendispersi gelembung gas daripada teknologi pengapungan yang lain; kedua, kerapatan arus memberikan kemungkinan

pengubahan konsentrasi gelembung gas yang berpengaruh terhadap penyisihan polutan; ketiga, penentuan elektroda yang tepat membuat efektifitas elektrofotasi menjadi optimum.

1. Keunggulan

- a. Elektro-flotasi lebih fleksibel dan kompetitif daripada sistem tangki yang membutuhkan lahan yang luas.
- b. Elektro-flotasi berukuran kecil sehingga hanya membutuhkan biaya perawatan dan pengoperasian yang rendah jika dibandingkan dengan proses pengapungan yang lain.
- c. Menghasilkan gelembung yang lebih efektif dari metode pengapungan lainnya yang efektif terhadap penyisihan parameter pencemar.
- d. Efektifitas gelembung dapat dikontrol dengan pemilihan elektroda yang tepat.

2. Kelemahan

- a. Konsumsi energi yang tinggi.
- b. Dalam keadaan tertentu membutuhkan elektroda yang khusus yang umumnya sulit ditemukan dan juga mahal.
- c. Membutuhkan perawatan elektroda secara intensif.

2.7 Studi Penelitian Terdahulu yang Relevan

Tabel 5. Studi Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Javier Dávila Rincón , Fiderman Machuca Martínez, dan Nilson Marrianga Cabrales	Using Electro-Flotation/Oxidation For Reducing Chemical Oxygen Demand, Total Organic Carbon And Total Solids In Vinasses	Penggunaan elektroda besi, alumunium, dan baja galvanis dalam metode pengolahan anggur dengan metode elektroflotasi mampu untuk mereduksi COD dengan presentasi sebesar 58% dengan mempertimbangkan pH, Densitas, dan kondisi elektroda
2	Guillermo J. Rincon dan Enrique J. La Motta b	Simultaneous Removal Of Oil And Grease, And Heavy Metals From Artificial Bilge Water Using Electro-Coagulation/Flotation	Penggunaan elektroda baja karbon dan alumunium dalam metode elektrokoagulasi/elektroflotasi menjadi efektif dalam menyisihkan limbah lambung kapal yang berfokus pada penyisihan minyak dan beberapa logam seperti Zn, Cu, dan Ni.
3	Merzouk Belkacema , Madani Khodirb, dan Sekki Abdelkrimc	Treatment Characteristics Of Textile Wastewater And Removal Of Heavy Metals Using The Electroflotation Technique	Menemukan bahwa pH dan konduktivitas berperan signifikan dalam penyisihan parameter kekeruhan dan TSS dalam metode eletkroflotasi.

4	Kulyash Meiramkulova, Zhanar Jakupova, Duman Orynbekov, Erbolat Tashenov, Aliya Kydyrbekova, Timoth Mkilima dan Vassilis J. Inglezakis	Evaluation Of Electrochemical Methods For Poultry Slaughterhouse Wastewater Treatment	<p>Memahami efisiensi berbagai teknologi elektrokimia bergantung kepada jenis pelat yang digunakan. Dalam studi ini, air limbah rumah pemotongan unggas asli yang berasal dari proses pencabutan, pendinginan, dan pengeluaran isi perut diperlakukan menggunakan proses elektrokimia skala lab dengan menggunakan besi-besi (Fe-Fe), besi-Graphite (Fe-Gr) dan kombinasi elektroda aluminium-Graphite (Al-Gr). Indeks kualitas air (WQI) dikembangkan dan digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi dan mengklasifikasikan keefektifan kombinasi elektroda yang berbeda. Dan menemukan kombinasi elektroda Al-Gr menunjukkan kinerja yang mengesankan mencapai status "sangat baik".</p>
---	--	---	---

5	<p>Ramom R. Nunes, Rui Ribeiro, Gabriel M. Morão, Maria O. O. Rezende dan Matilde Moreira-Santos</p> <p>Treatment Of Wastewaters Containing Sulfonylurea Herbicides By Electroflotation: Chemical And Ecotoxicological Efficacy</p>	<p>Penelitian menunjukkan bahwa senyawa organik beracun berpotensi teroksidasi oleh elektroflotasi jika dikombinasikan dengan pendekatan kimia dan ekotoksikologi.</p>
6	<p>Faidur Rochman, Hamami Hamami dan Imam Sapuan</p> <p>Pembuatan Ipal Limbah Deterjen Metode Elektrflotasi Skala Pilot</p>	<p>Dalam penelitian ini telah dikembangkan sistem pengolahan limbah deterjen metode elektroflotasi yang mudah dan murah serta efisien. Beberapa variasi dilakukan untuk mendapatkan kondisi optimum proses yang meliputi kecepatan alir, kuat arus dan jumlah kolom. Kondisi optimum didapatkan pada reactor ini yang mana mampu menghasilkan daya reduksi limbah diterjen sebesar 78.33%.</p>
7	<p>Haryono, Muhammad Faizal D., Christi Liamita N., Atiek Rostika</p> <p>Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi Dengan Metode Elektroflotasi</p>	<p>Dalam penelitian ini, limbah tekstil diolah secara elektro floatation pada variasi tegangan 6 dan 12 V, dan variasi waktu kontak 30, 40, 50, 60</p>

menit. COD dan warna limbah tekstil diukur terlebih dahulu. Kemudian COD dan warna air limbah tekstil diukur kembali untuk mengetahui seberapa besar pengaruh elektro floatation di dalamnya menghilangkan polutan. Hasil terbaik proses elektroflotasi dengan COD sebesar 122,4 mg/L (karena %penghilangan polutan adalah 88,9%) dan kadar warna 100 mg/L Pt-Co (sebagai %penghilangan polutan sebesar 93,3%) didapatkan pada saat tegangan 12 V dan waktu kontak 60 menit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar tegangan dan waktu pengapungan elektro yang semakin lama, akan menurunkan COD dan warna

-
- | | | | |
|----------|---|--|--|
| 8 | L Ben Mansour, S Chalbi dan I Kesentini | Experimental Study Of Hydrodynamic And Bubble Size Distributions In Electroflotation Process | Dalam penelitian ini menunjukan bahwa dinamika ukuran gelembung dan juga banyaknya gelembung dalam metode elektroflotasi bergantung kepada densitas, tegangan, dan visikositas limbah. Sementara |
|----------|---|--|--|
-

			kecepatan gelembung untuk naik ke atas naik seiring naiknya tegangan dan arus listrik tetapi menurun seiring dengan meningkatnya viskositas.
9	Irfan Arirahman	Peningkatan Kinerja Elektroflotasi Menggunakan Biokoagulan Biji Alpukat (<i>Persea Americana</i>) Dan Kulit Buah Naga (<i>Hylocerus Polyhizus</i>) Untuk Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia	Menunjukkan bahwa metode elektroflotasi mampu untuk dikombinasikan dengan biokoagulan sebagai katalis dalam reaksi elektrolisis dan menambah efisiensi dalam mereduksi parameter pencemar.
10	Anis Roihatin dan Arina Kartika Rizq	Pengolahan Air Limbah Rumah Pematangan Hewan (Rph) Dengan Cara Elektrokoagulasi Aliran Kontinyu	Penelitian ini mendapatkan kesimpulan bahwa tegangan elektrolisis, waktu elektrokoagulasi, dan susunan elektroda sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar COD, TDS, TSS dan turbiditas pada limbah. Penambahan waktu elektrokoagulasi dan rapat arus cenderung menurunkan kadar COD, TDS, TSS dan turbiditas limbah.

Sumber: Kajian Pustaka, 2023.