Journal Purifikasi
DOI: https://doi.org/10.12962/purifikasi.v25i2.469

RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

Check for updates

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI *ADHESIVE TAPE* MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI

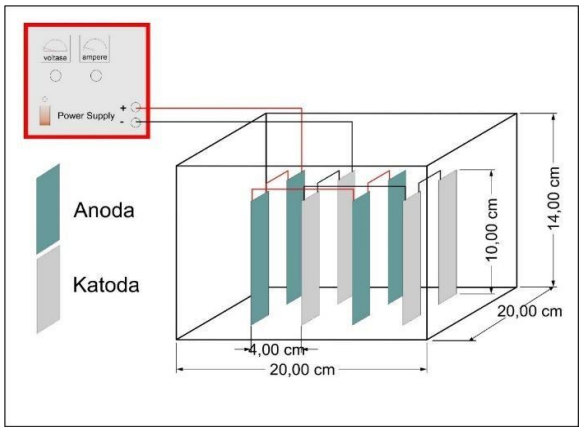
Ahmad Wahid[1)], Sugito[1)], Sri Widyastuti[1)], Rhenny Ratnawati[2*)]

[1)]Department of Environmental Engineering, Universitas PGRI Adi Buana, Dukuh Menanggal, Surabaya, 60234
[2)]Department of Environmental Engineering, UIN Sunan Ampel Surabaya, Gunung Anyar, Surabaya, 60294

Article history
Received
24 Mei 2025
Received in revised form
17 June 2026
Accepted
29 June 202Y
Published online
8 December 2025

*Corresponding author
ratnawati@uinsa.ac.id

Graphical abstract



ABSTRAK

Limbah cair dari hasil industri *adhesive tape* mengandung kadar COD, TSS, amonia total, minyak lemak dan pH yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi tegangan dan waktu kontak saat proses elektrokoagulasi terhadap penurunan kadar COD, TSS, amonia total, minyak lemak dan pH pada limbah adhesive tape. Pengujian dilakukan menggunakan reaktor berukuran 20 cm x 20 cm x 14 cm. Tegangan yang digunakan adalah 8V, 14V dan 20V, sedangkan waktu kontak terdiri dari 40 menit dan 70 menit. Elektroda yang digunakan adalah plat Seng (Zn) dengan ukuran 10 cm x 4 cm dengan jumlah total 8 plat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan yang paling efektif adalah 20V dengan waktu pengolahan selama 70 menit. Efisiensi penurunan kadar COD sebesar 99,12% TSS sebesar 89,61% amonia total sebesar 93,14% dan minyak lemak sebesar 97,38%.

Kata kunci: *Adhesive Tape*, COD, Elektroda Zn, Elektrokoagulasi, TSS.

Copyright ©2026 Institut Teknologi Sepuluh Nopember, All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang memiliki industri besar maupun kecil. Industri tersebut terpusat di satu kawasan dan ada juga yang di luar kawasan. Industri- industri yang terdapat di surabaya berpotensi menghasilkan limbah baik limbah padat, cair maupun gas (Ali et al., 2018). Salah satunya adalah pabrik industri adhesive tape atau isolasi yang menghasilkan

Corresponding Author: Rhenny Ratnawati
ratnawati@uinsa.ac.id
Department of Environmental Engineering, UIN Sunan Ampel Surabaya, Gunung Anyar, Surabaya, 60294

limbah cair dalam proses produksinya. Limbah cair tersebut sebagian besar dihasilkan dari pembersihan sisa bahan baku berupa lem atau adhesive yang digunakan. Limbah cair ini di lapangan masih dibuang langsung ke badan air yang membuat potensi pencemaran air di sekitar lingkungan tersebut (Alqadri & Agung, 2021). Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 baku mutu yang harus diperhatikan pada limbah cair industri lem mencakup kadar Chemical Oxigen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), phenol, formaldehid, ammonia, minyak dan lemak, dan pH.

Berdasarkan kondisi tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk menentukan pengolahan limbah yang efektif untuk mengolah limbah cair dari industri adhesive tape tersebut (Ayu et al., 2013). Salah satunya yaitu menggunakan metode elektrokoagulasi untuk pengolahan limbah cair. Pemilihan metode ini dikarenakan Metode elektrokoagulasi merupakan metode yang memiliki keuntungan yaitu tidak membutuhkan senyawa kimia, dapat digunakan untuk mereduksi berbagai jenis polutan seperti suspended dan colloidal solids, logam berat, dan senyawa organik, biaya operasional murah, konsumsi energi rendah., serta penggunaannya mudah dan sederhana (Majid & Sugito, 2022). Pada penelitian sebelumnya metode elektrokoagulasi dapat diterapkan pada berbagai jenis limbah cair dari berbagai industri dengan keefektifitasan yang terbilang cukup tinggi (Athavale, 2019). Metode elektrokoagulasi yang ditemui pada penelitian terdahulu menggunakan berbagai macam elektroda seperti besi (Fe), aluminium (Al), dan tembaga (Cu) dengan rangkaian plat yang sama maupun menyilang. Pada dasarnya pemilihan plat ditentukan melalui posisi unsur logam pada deret volta. Semakin reaktif logam yang digunakan maka akan lebih efektif reaksi yang dihasilkan (Sugito et al., 2022).

Kandungan didalam limbah cair dari industri adhesive tape yang meliputi COD, TSS, amonia total, minyak dan lemak, dan pH yang masih belum memenuhi baku mutu (Harmawan, 2022). Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi tegangan dan waktu kontak terhadap penurunan kadar COD, TSS, amonia total, minyak lemak dan pH pada limbah *adhesive tape* menggunakan metode elektrokoagulasi.

2. METODE

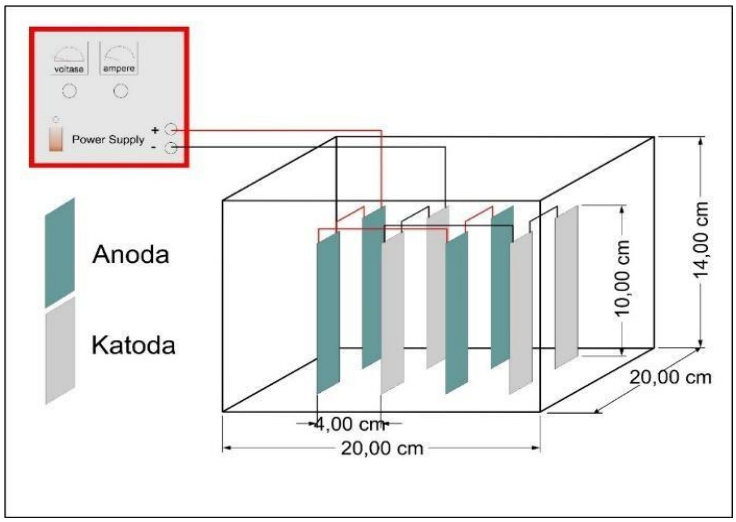
A. Pengambilan Sampel dan Uji Karakteristik Awal

Penelitian dilakukan di Kota Surabaya. Sampel yang digunakan untuk penelitian ini adalah air limbah dari industri adhesive tape yang berlokasi di Kecamatan Tandes Kota Surabaya. Uji karakteristik awal dilakukan dengan pengujian kadar COD, TSS, amonia total, minyak lemak, dan pH.

B. Instalasi Reaktor Elektrokoagulasi

Pembuatan reaktor elektrokoagulasi dengan menggunakan bahan kaca dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 14 cm dengan elektroda Zn berukuran 10 cm x 4 cm dengan jumlah total 8 plat disusun secara seri guna memberikan tegangan yang sama di setiap platnya (Gambar 1). Elektroda yang digunakan adalah plat Zn (Alqadri & Agung, 2021). Berdasarkan (Prabowo et al., 2012) dalam melakukan penelitian, alat yang digunakan meliputi power supply, reaktor dari bak kaca, penjepit buaya, kabel dengan warna merah dan hitam untuk membedakan kutub positif dan negatif, kemudian elektroda Zn dan corong plastik. Untuk bahan penelitian yang digunakan adalah sampel air limbah dari industri adhesive tape. Pengumpulan data dilakukan dalam metode eksperimen

elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda Zn berdasarkan variasi tegangan dan waktu kontak (Sutrisno et al., 2023).



Gambar 1. Desain Reaktor

C. Variasi Pengujian

Kombinasi yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari: R1 (tegangan 8 V dan waktu kontak 40 menit), R2 (tegangan 8 V dan waktu kontak 70 menit), R3 (tegangan 14 V dan waktu kontak 40 menit), R4 (tegangan 14 V dan waktu kontak 70 menit), R5 (tegangan 20 V dan waktu kontak 40 menit), R6 (tegangan 20 V dan waktu kontak 70 menit). Penelitian terdahulu menyimpulkan bahwa hasil terbaik penurunan limbah dengan metode elektrokoagulasi berada pada rentang tegangan sebesar 8 V sampai dengan 24 V, dengan waktu kontak antara 30-90 menit (Sugito et al., 2022; Fauzi et al., 2019).

D. Pelaksanaan Penelitian

Persiapan dalam melakukan penelitian dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan, kemudian merangkai rangkaian kabel dan penjepit buaya yang dipasangkan ke dalam elektroda Zn yang dipasangkan di dalam reaktor. Rangkaian kabel yang terhubung dengan elektroda kemudian disambungkan ke power supply dan diatur tegangan pada 8V, 14V dan 20V. Setelah semua rangkaian siap kemudian memasukkan sampel ke dalam reaktor. Sampel yang dibutuhkan untuk setiap reaktor sebanyak 4 liter. Proses elektrokoagulasi dilakukan dalam sistem batch serta dilakukan pemantauan pH di setiap variasi penelitian. Selanjutnya hasil penelitian dilakukan pengujian di laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur untuk memastikan kadar COD (SM APHA 24th, 2540 C, 2022), TSS (SM APHA 24th, 2540 D, 2022), Amonia Total SNI (06-6989.30-2005) dan Minyak Lemak (SNI 6989.10-2011).

3. RESULT AND DISCUSSION

A. Kondisi Awal Limbah

Kondisi awal limbah cair industri adhesive tape sebelum dilakukan pengolahan elektrokoagulasi memiliki penampakan keruh dengan warna hijau serta berbau tidak sedap. Hasil pengujian parameter awal dari sample air limbah industri adhesive tape diperlukan untuk

mengetahui karakteristik awal limbah tersebut, meliputi parameter COD, TSS, Amonia Total, Minyak dan Lemak, dan pH. Hasil pengujian awal dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Awal Limbah

Parameter	Satuan	Konsentrasi	Baku Mutu*)
COD	mg/L	92.360	200
TSS	mg/L	3.870	200
Amonia Total	mg/L	135,50	5
Minyak dan Lemak	mg/L	42,40	10
pH	-	5,73	6,00-9,00

*) Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya

Tabel 1. menunjukkan bahwa semua parameter dari limbah industri adhesive tape masih belum memenuhi baku mutu yang tercantum pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014

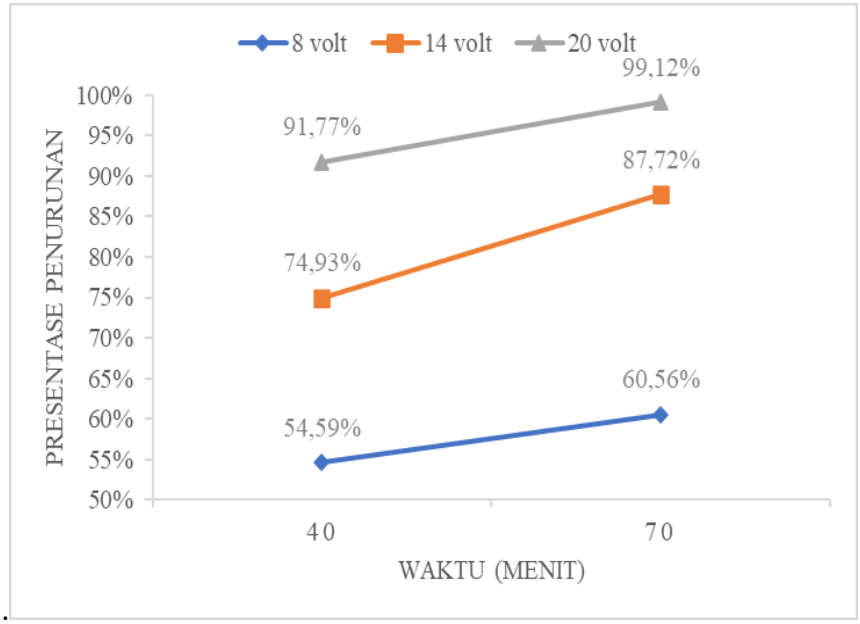
B. Penurunan Kadar COD pada Limbah Industri *Adhesive tape*

Perubahan fisik dari limbah cair menandakan perubahan komponen pencemar yang ada dalam limbah cair tersebut. Salah satu komponen yang berubah yaitu COD. Kadar COD pada limbah cair setelah dilakukan pengolahan secara elektrokoagulasi mengalami penurunan yang berbeda beda. Penurunan kadar COD tergantung dari lama waktu kontak dan besar tegangan yang digunaan saat proses elektrokoagulasi. Penurunan konsentrasi COD disebabkan oleh adanya proses reduksi dan oksidasi didalam reaktor elektrokoagulasi. Pada elektroda akan membentuk gas oksigen dan gas hidrogen sehingga akan mempengaruhi reduksi COD dalam limbah (Yulianto et al., 2009). Proses penurunan COD dalam elektrokoagulasi dengan elektroda Zn melibatkan beberapa tahapan dan reaksi kimia. Saat arus listrik dialirkan melalui larutan yang mengandung polutan, elektroda Zn akan mengalami oksidasi pada anoda. Ion-ion ini kemudian berinteraksi dengan polutan dan membentuk flok (gumpalan partikel) melalui proses koagulasi. Pada saat yang sama, di katoda terjadi reaksi reduksi yang membantu mengangkat flok ke permukaan. Selain itu, ion yang terbentuk dapat bereaksi dengan hidroksida dalam air, membentuk Zn $(OH)_2$ yang tidak larut dan dapat mengadsorpsi polutan organik, sehingga mengurangi nilai COD (Masthura et al., 2021; Safwat, 2020).

Pada proses elektrokoagulasi, elektroda Zn berfungsi sebagai sumber utama ion seng (Zn^{2+}) yang dilepaskan ke dalam larutan selama proses elektrokoagulasi (Safwat et al., 2020). Sebelum pengolahan, ion Zn^{2+} berperan penting sebagai koagulan dalam proses elektrokoagulasi. Ketika arus listrik diterapkan, Seng metalik pada elektroda anoda mengalami oksidasi menjadi ion Zn^{2+} yang kemudian larut dalam larutan. Ion Zn^{2+} berfungsi dalam mengkoagulasi partikel-partikel kecil dalam air dengan membentuk flok yang lebih besar, sehingga mengurangi kekeruhan dan menghilangkan partikel tersuspensi serta kontaminan logam berat melalui pengendapan awal (Marlina, 2023). Aktivitas ion Zn^{2+} dalam kondisi ini terbukti efektif dalam mengatasi berbagai

kontaminan dan secara signifikan meningkatkan kualitas air sebelum proses pemisahan lebih lanjut. Setelah pengolahan, ion Zn^{2+} mengalami perubahan menjadi Seng logam melalui reaksi reduksi pada elektroda katoda. Selama proses ini, ion Zn^{2+} direduksi menjadi endapan Seng yang mengikat partikel tersisa dalam larutan, sehingga menghilangkannya secara efektif. Endapan Seng yang terbentuk mempermudah proses pemisahan, menghasilkan air yang lebih bersih dan bebas dari kontaminan. Penurunan konsentrasi ion Zn^{2+} dalam larutan setelah pengolahan menunjukkan efisiensi proses elektrokoagulasi dalam mengurangi kontaminan dan meningkatkan kualitas air.

Karakteristik kimia bahan penyusun media tanam (red mud (RM), tanah kebun, dan pupuk kandang) serta media tanam pada uji rentang (reaktor S1-S5 dan kontrol) merupakan faktor penting yang menentukan ketersediaan hara yang mempengaruhi respons fisiologis tanaman selama uji rentang dosis RM. Data karakteristik ini dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi amandemen terhadap karakteristik kimia media tanam. Peningkatan presentase dalam penurunan kadar COD pada limbah cair industri adhesive tape. Dapat dilihat berdasarkan Gambar 2 semakin lama waktu kontak dan semakin besar tegangan yang digunakan maka presentase penurunan COD juga akan semakin meningkat (Ningsih et al., 2022)



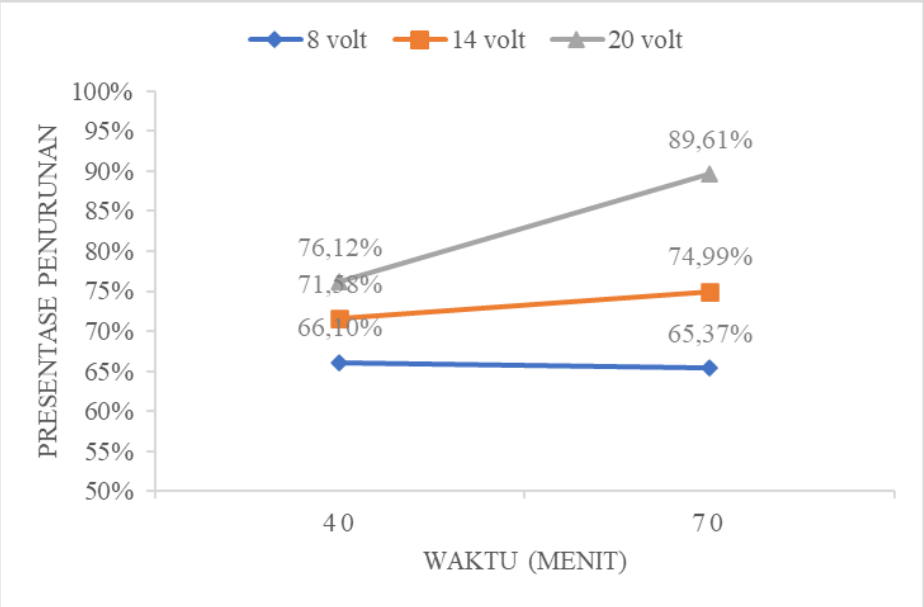
Gambar 2. Penurunan Kadar COD

Hasil penurunan kadar COD tertinggi pada Gambar 2 adalah selama 70 menit dengan tegangan 20V yaitu sebesar 99,12%, dimana kadar COD akhir bernilai 817 mg/L. Mengacu pada penelitian sebelumnya yang menggunakan logam Zn sebagai elektroda, penurunan kadar COD lebih efektif menggunakan elektrodan Zn-Zn dengan presentase penurunan lebih tinggi di angka 99,12% dibanding kombinasi elektroda Al-Zn yang mampu menurunkan kadar COD sebesar 93,49% dengan waktu kontak 300 menit (Ningsih *et al*., 2022). Kadar COD akhir pada semua reaktor berada pada rentang 817-41.944 mg/L, nilai ini masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

This journal is © Wahid et al., 2025

C. Penurunan Kadar TSS pada Limbah Lindustri *Adhesive tape*

TSS dapat mempengaruhi kekeruhan dan dapat mengganggu aktivitas yang ada di lingkungan air tersebut. Proses elektrokoagulasi menghasilkan koagulan yang dihasilkan oleh anoda dan molekul OH- yang berasal dari molekul H2O. Dimana koagulan ini akan megadsorbsi polutan polutan ke dalam rongganya (Saputra & Hanum, 2016). Proses penurunan TSS dalam elektrokoagulasi dengan elektroda Zn melibatkan beberapa mekanisme fisik dan kimia. Mekanisme fisik terjadi pada proses reduksi-oksidasi, dimana pelepasan ion Zn sebagai bahan koagulan telah terjadi pada anoda maupun katoda. Penurunan ion positif terjadi pada anoda dan absorpsi terjadi pada katoda (Baitsah, 2023). Mekanisme kimia dalam sel elektrolisis terjadi karena adanya perbedaan potensial dan dipicu oleh sistem luar. Pada elektrolisis, anoda bermuatan positif dan katoda bermuatan negatif, maka arus listrik mengalir dari anoda ke katoda (Farandy et al., 2020). Ketika arus listrik diterapkan, elektroda Zn akan teroksidasi pada anoda menghasilkan ion Zn^{2+} yang tersebar dalam larutan. Ion-ion Zn^{2+} ini akan bereaksi dengan ion hidroksida (OH^-) yang terbentuk di katoda, membentuk Seng hidroksida ($Zn(OH)_2$) yang tidak larut. Senyawa ini akan berfungsi sebagai agen koagulan yang mampu menjebak partikel-partikel tersuspensi, membentuk flok yang lebih besar dan berat (Ko et al., 2023).

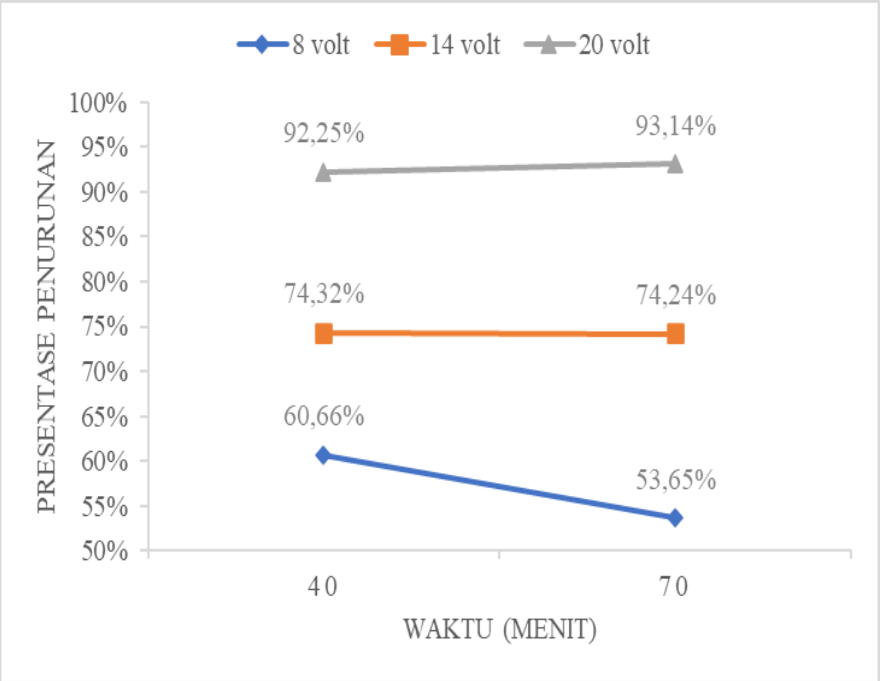


Gambar 3. Penurunan Kadar TSS

Penurunan kadar TSS dalam air limbah industri adhesive tape dapat dipahami dari Gambar 3. Dimana menunjukkan semakin tinggi tegangan yang diterapkan saat pengolahan maka akan semakin tinggi pula presentase penurunan kadar TSS. Penurunan kadar TSS terbesar yaitu pada waktu 70 menit dengan tegangan 20V dengan penurunan kadar sebesar 402 mg/L (removal 89,61%). Kadar TSS akhir pada semua reaktor bernilai 402-1.312 mg/L, nilai ini masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

D. Penurunan Kadar Amonia Total pada Limbah Industri *Adhesive tape*

Amonia dalam air (NH3 atau NH4+) dapat bereaksi dengan produk elektrokoagulasi, seperti OH- atau gas oksigen, membentuk senyawa yang kurang larut atau gas yang dapat dikeluarkan dari air.



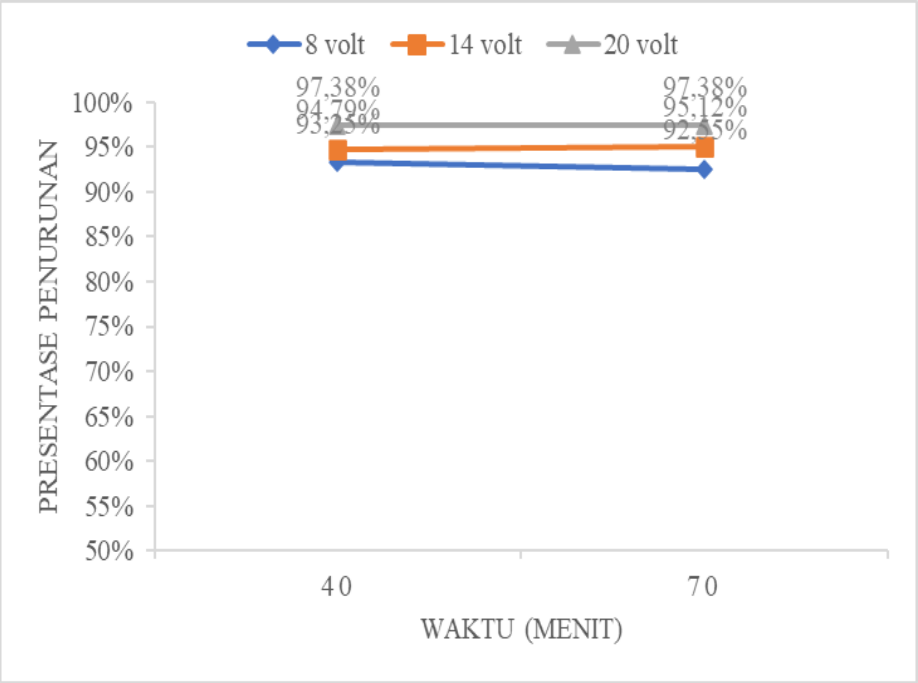
Gambar 4. Penurunan Kadar Amonia Total

Presentase penurunan kadar amonia total terlihat pada Gambar 4. Penurunan terbesar dalam menurunkan kadar amonia total dari limbah cair industri adhesive tape didapat pada waktu 70 menit dengan tegangan sebesar 20V yaitu sebesar 9,3 mg/L (removal 93,14%) dan presentase terkecil didapatkan pada waktu 70 menit dengan tegangan 8V yaitu sebesar 62,8 mg/L (removal 53,65%). Kadar amonia akhir pada semua reaktor masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya dengan rentang nilai 9,3-53,3 mg/L.

E. Penurunan Kadar Minyak Lemak pada Limbah Industri Adhesive

Proses penurunan kadar minyak dan lemak dalam elektrokoagulasi dengan elektroda Zn pada limbah cair melibatkan reaksi elektrokimia dan mekanisme koagulasi. Saat arus listrik diterapkan, elektroda Zn di anoda teroksidasi menghasilkan ion Zn^{2+}, sementara di katoda terjadi reduksi air yang menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida (OH^-). Ion Zn^{2+} yang terbentuk berinteraksi dengan ion hidroksida, membentuk $Zn(OH)_2$ yang tidak larut dan bertindak sebagai koagulan. Koagulan ini mampu mengadsorpsi dan mengikat partikel minyak dan lemak dalam larutan. Gelembung gas hidrogen yang dihasilkan di katoda membantu mengangkat flok minyak dan lemak ke permukaan, memungkinkan pemisahan melalui flotasi.

This journal is © Wahid et al., 2025

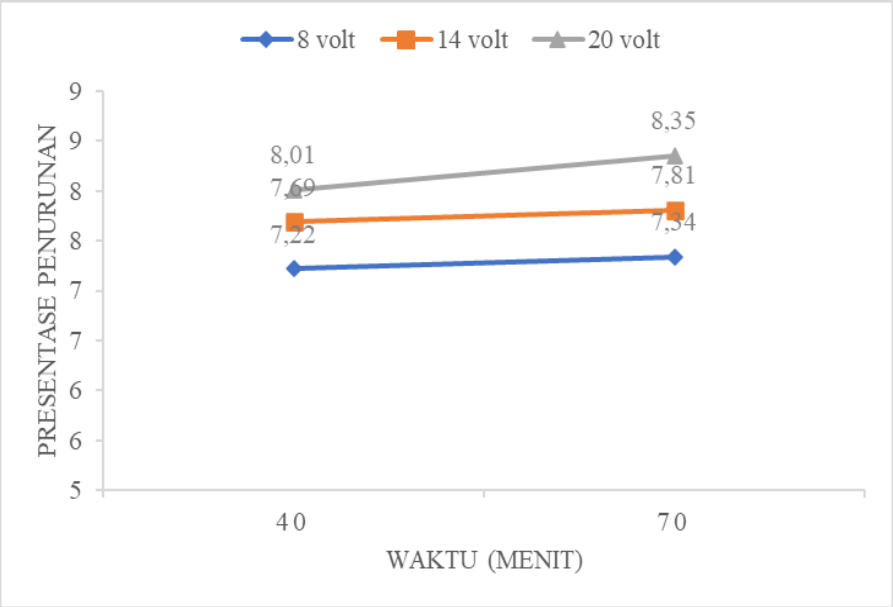


Gambar 5. Penurunan Kadar Minyak Lemak

Penurunan kadar minyak dan lemak dengan metode elektrokoagulasi menunjukkan hasil penurunan konsentrasi yang besar. Dilihat dari Gambar 5 dalam penurunan kadar minyak dan lemak pada percobaan dengan lama waktu 70 menit dengan tegangan 20V dan pada waktu 40 menit dengan tegangan 20V didapatkan hasil penurunan yang sama yaitu sebesar 97,38%. Pada percobaan di waktu 70 menit dengan teganggan 20V dan pada waktu 40 menit dengan tegangan 20V didapatkan hasil yang sama yaitu <1,11 mg/L. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan instrumen analisa untuk mengukur kadar minyak dan lemak. Kadar minyak dan lemak bernilai antara <1,11-3,16 mg/L, nilai ini memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

F. Perubahan Nilai pH pada Limbah Industri Adhesive tape

Selama elektrokoagulasi, elektroda Zn melepaskan ion-ion yang dapat bereaksi dengan komponen limbah, mengubah pH dari keadaan awalnya. Perubahan pH ini dapat mempengaruhi efisiensi koagulasi dan flokulasi partikel-partikel serta komponen lainnya dalam limbah. Pemantauan perubahan pH penting untuk mengoptimalkan kondisi pengolahan, memastikan bahwa proses berjalan efektif, dan hasil akhirnya sesuai dengan standar lingkungan yang berlaku (Fauzi et al., 2019). Perubahan pH pada sampel limbah industri adhesive tape setelah dilakukan pengolahan elektrokoagulasi dengan elektroda Zn merupakan indikator penting dalam menilai efektivitas proses pengolahan tersebut. Gambar 6 menunjukkan hasil perubahan pH pada tiap perlakuan. Perubahan pH menunjukkan peningkatan di tiap perbedaan waktu dan juga tegangan. Semakin lama waktu kontak maka akan semakin tinggi nilai pH. Begitu juga dengan tegangan, semakin besar tegangan yang digunakan maka pH juga akan semakin meningkat (Andili & Agung, 2021).



Gambar 6. Perubahan Nilai pH

Peningkatan pH tertinggi terjadi pada waktu kontak selama 70 menit dengan tegangan 20V dengan nilai pH 8,35. Nilai pH akhir berada pada rentang 7,22-8,35, memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

4. KESIMPULAN

Hasil pengolahan dengan metode elektrokoagulasi yang optimal dihasilkan pada reaktor dengan tegangan 20 V dan waktu kontak 70 menit, dimana efisiensi penurunan kadar COD sebesar 99,12%, TSS sebesar 89,61%, amonia total sebesar 93,14%, dan minyak lemak sebesar 97,38%.

REFERENCES

Ali, A., Phull, A. R., & Zia, M. (2018). Elemental zinc to zinc nanoparticles: Is ZnO NPs crucial for life? Synthesis, toxicological, and environmentalconcerns. Nanotechnology Reviews, 7(5), 413–441. https://doi.org/10.1515/ntrev-2018-0067

Alqadri, E., & Agung, T. (2021). Kendaraan Dengan Metode Elektrokoagulasi. 2, 129–135.

Andili, E. A., & Agung, T. (2021). Pengelolaan Limbah Cair Jasa Pencucian Kendaraan dengan Metode Elektrokoagulasi. Envirous, 2(1), 129–135.

Athavale, S. (2019). A Review of Adhesive tape Manufacturing Industry in India in comparasion with the Global Adhesive tape Manufacturing. January.

Ayu R. B., Siti A., Rudi A. H., & Yusuf R. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. Jurnal Teknik Kimia USU, 2(1), 7–13. https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1420

Fauzi, N., Udyani, K., Zuchrillah, D. R., & Hasanah, F. (2019). Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan ElektrodaAlumunium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik. Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri 2019, 100, 2013–2018.

Harmawan, T. (2022). Analisis Kandungan Minyak dan Lemak pada Limbah Outlet Pabrik Kelapa Sawit di Aceh Tamiang. QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan, 4(1), 15–19. https://doi.org/10.33059/jq.v4i1.4318

Ko, J., So, S., Kim, M., Tae Kim, I., Nam Ahn, Y., & Hur, J. (2023). Promoting Zn2+ Migration through Polar Perovskite Dielectric Layer on Zn Metal Anode for the Enhanced Aqueous Zn ion Batteries. Chemical Engineering Journal, 462(April). https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.142308

Majid D., Savana Y. J., & Sugito. (2022). Penurunan Kadar COD dan Logam Merkuri (Hg) Limbah Cair Laboratorium Dengan Elektrokoagulasi. WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA, 20(02), 88–93. https://doi.org/10.36456/waktu.v20i02.5893

Marlina. (2023). Penurunan Kadar Logam Seng (Zn) Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium. In Skripsi Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.

Masthura, M., Daulay, A. H., & Koto, I. (2021). Pengaruh Variasi Elektroda Dalam Menurunkan Kadar Bod Dan Cod Limbah Cair Kelapa Sawit. JISTech (Journal of Islamic Science and Technology), 6(1), 20–24. https://doi.org/10.30829/jistech.v6i1.10009

Ningsih, E., Mirzayanti, Y. W., Ni'am, A. C.,

Fajrin, D. A., & Imam, M. A. (2022). Elektrokoagulasi Limbah Industri Sarung Tenun dengan Elektroda Al-Zn disusun Seri. Dinamika Kerajinan Dan Batik: Majalah Ilmiah, 37(1), 41–54. https://doi.org/10.22322/dkb.V36i1.4149

Prabowo, A., Basrori, G. H., & Purwanto. (2012). Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Minyak dengan Proses Elektrokoagulasi dengan Elektroda Besi. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, 1(1), 352–355. http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtki

Safwat, S. M. (2020). Treatment of real printing wastewater using electrocoagulation process with titanium and zinc electrodes. Journal of Water Process Engineering, 34(April). https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101137

Safwat, S. M., Mamdouh, M., Rozaik, E., & Abd-Elhalim, H. (2020). Performance evaluation of electrocoagulation process using aluminum and titanium electrodes for removal of urea. Desalination and Water Treatment, 191, 239–249. https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25616

Saputra, E., & Hanum, F. (2016). The Effect of Inter Electrode Distance on Electrocoagulation Reactor to Treat Palm Oil Mill Effluent of Palm Oil Mill. Jurnal Teknik Kimia USU, 5(4), 33–38. https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1552

Sugito, Kholif, M. Al, Tyas, Y. A. N., & Sutrisno, J. (2022). Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan Amonia untuk Mengolah Limbah Cair Industri Pembekuan Udang (Cold Storage). Jurnal Alam dan Lingkungan, 13(1), 57–65.

Sutrisno, J., Shofwan, M., & Majid, D. (2023). Efektivitas Elektrokoagulasi dengan Elektroda Al, Zn, dan Ni dalam Mengolah Limbah Cair Industri Kertas: Pengurangan COD dan Turdibitas. Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV), 9(1), 255–263.

Yulianto, A., Hakim, L., Purwaningsih, I., & Pravitasari, V. A. (2009). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Pada Skala Laboratorium Dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti, 5(1), 6–11.