

BAB I

PENDAHULUAN

I. 1. Latar Belakang

Seiring pertumbuhan penduduk, permasalahan sandang dan kesehatan, maka industri sandang dan obat-obatan didirikan. Perkembangan industri farmasi yang cepat, dan dengan demikian meluasnya ketersediaan berbagai jenis terapi dan peningkatan asupan obat-obatan, menghasilkan peningkatan konsentrasi obat-obatan dalam air limbah yang menjadi obyek yang menarik bagi industri pengolahan air limbah. Obat-obatan yang ada di air limbah mentah yang dikeluarkan dari rumah sakit, rumah tangga, klinik hewan dan perawatan kesehatan akhirnya berakhir di pabrik pengolahan air limbah.

Metode yang umum diterapkan untuk mengolah air limbah tidak memungkinkan penghapusan kontaminan ini sepenuhnya. Akibatnya, obat-obatan yang masih ada dalam air limbah akan menumpuk ke lingkungan. Oleh karena itu, tidak dapat dipungkiri air limbah yang muncul dari industri sandang dan obat-obatan juga bertambah pula (Tarpani dan Azapagic, 2018) menyatakan bahwa pertumbuhan industri yang pesat dan aktivitas manusia sehari-hari telah membawa peningkatan volume dan kompleksitas limbah (padat, cair atau gas) yang dilepas ke lingkungan (Akhtar *dkk.*, 2021, Mushtaq *dkk.*, 2020). Karri *dkk.* (2021) juga melaporkan tentang ketidakpedulian industri besar terhadap lingkungan, maka pencemaran lingkungan adalah menjadi keniscayaan yang tak mungkin dihindari, yang ditandai dengan penurunan kualitas air (ditinjau dari sifat fisika dan kimia) (Karri *dkk.*, 2021). Poza-Nogueiras *dkk.* (2018) juga

mempertegas pernyataan sebelumnya, yakni tentang limbah cair industri farmasi dan limbah cair industri pestisida adalah sekelompok senyawa berbahaya yang dapat mengotori dan menimbulkan keracunan jika diberikan dalam dosis yang berlebihan (Popescu *dkk.*, 2018). Parasetamol, metformin dan aspirin adalah mikropolutan yang larut dalam air dan merupakan obat yang paling sering digunakan sebagai obat generik yang digunakan bebas di pasaran. Mikropolutan ini merupakan ancaman serius bagi manusia dan lingkungan (Ghoshdastidar *dkk.*, 2015, Kosma *dkk.*, 2015, Niemuth *dkk.*, 2015).

Keberadaan mikropolutan seperti obat-obatan yang dapat terlarut dalam air di perairan, telah diselidiki ada di banyak negara ternyata mempengaruhi lingkungan Hidup. Bahan aktif dan metabolitnya diekskresikan oleh manusia dibuang ke badan air menjadi limbah, maka dapat mempengaruhi lingkungan Hidup. Karena penghapusan tidak dapat lengkap beberapa obat-obatan dan metabolitnya yang terbuang dalam air limbah, akhirnya komponen mikropolutan organik yang telarut, akhirnya masuk ke badan air penerima mikropolutan organik yang telarut, akhirnya masuk ke badan air penerima (aus der Beek *dkk.*, 2016). Demikian pula obat-obatan lainnya yang berasal dari limbah pertanian dan peternakan hewan dapat memasuki lingkungan melalui kotoran dan pupuk kandang yang digunakan dalam pertanian. Luo *dkk.* (2014) melaporkan mikropolutan yang berupa obat-obatan dan obat-obatan untuk hewan dapat mengalami perubahan menjadi produk transformasi/transisi (*Transformation Product*), karena bahan- bahan tersebut dapat mengalami perubahan dan bahkan lebih berbahaya daripada senyawa aslinya, hal yang senada juga dilaporkan.

Sebagai contoh, Sinclair dan Boxall (2003) memperhatikan bahwa 30% dari produk transformasi/transisi (*Transformation Product*), pestisida lebih beracun bagi ikan, daphnia, dan alga daripada senyawa induknya pestisida tersebut (Sinclair, 2009, Sinclair dan Boxall, 2003).

Senyawa/polutan yang tersebar luas dengan transformasi/transisi (*Transformation Product*) yang terkenal adalah antidiabetik yakni obat metformin (MF). MF adalah obat melawan diabetes tipe 2, salah satunya sebagian besar obat-obatan yang diresepkan di seluruh dunia (Ghoshdastidar *dkk.*, 2015, Huschek *dkk.*, 2004) dan juga satu-satunya farmasi di UE yang dikonsumsi lebih dari 5 g per orang dan tahun (antara 5,9 dan 12,1 g) (Ankley *dkk.*, 2007, Greenwood *dkk.*, 2010). Pada 2015 di seluruh dunia 415 juta orang menderita diabetes, 60 juta pasien diabetes berada di Eropa. Diabetes tipe 2 meningkat, karenanya 642 juta pengidap diabetes diperkirakan masuk 2040 (Brinks *dkk.*, 2012). Selain itu, studi klinis mengungkapkan antikanker tambahan efek MF karena regulasi metabolisme glukosa (Salani *dkk.*, 2014). Sebuah studi dari tahun 2005 mendalilkan pengurangan kanker sebesar 23% pada tahun 2008 pasien diabetes tipe 2 yang dirawat dengan MF. Konsekuensinya, semakin banyak pasien diabetes bersama efek antikanker yang mungkin akan menyebabkan peningkatan jumlah resep dan mengkonsumsi MF (Evans *dkk.*, 2005).

Pemerintah Negara Republik Indonesia memiliki komitmen peduli dengan lingkungan. Semua Industri yang ada di wilayah Negara Republik Indonesia memiliki kewajiban untuk memiliki sarana Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL yang ada di suatu industri bertujuan untuk meminimalkan

kadar pencemar yang terkandung dalam limbah cair pabrik tersebut agar memenuhi Baku Mutu dan layak untuk dibuang ke lingkungan. Pendirian suatu industri (farmasi/obat-obatan, sandang/tekstil, pangan, cat, kertas, minyak, pestisida dan rumah sakit) harus disertai dengan IPAL untuk mengolah air limbahnya, hal ini sesuai dengan Regulasi/peraturan Pemerintah Negara Republik Indonesia. Ada beberapa kali penyempurnaan UU lingkungan hidup di negara Republik Indonesia. Diawali dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 Th 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Rumah Sakit (Hidup, 1995), Undang- undang No: 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, serta Permenkes RI Nomor: 340/MENKES/PER/III/2010 tentang Klasifikasi Rumah Sakit, PP 18/1999 Tentang: Pengelolaan Limbah B3, PP No.82/2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air diperkuat dengan UU 44 tahun 2009 tentang Rumah Sakit yaitu pada bagian ke IV pasal 11. Pada tahun yang sama terjadi revisi dengan nama Undang-undang 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Setelah 5 tahun terjadi revisi kembali dengan nama Undang- undang Republik Indonesia, No: 23 tahun 2014 dan revisi terakhir dengan nama Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2018 No: 20/MENLHK/SETJEND/KUM.1/6/2018 tentang Jenis dan Macam Satwa Yang Dilindungi. Oleh karena itu air limbah industri, air limbah rumah sakit, air limbah perhotelan dan lain- lainnya yang ada di seluruh wilayah negara Republik Indonesia harus memenuhi standar kualitas baku yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia sebelum di buang ke sungai/lingkungan.

Pengolahan air limbah dari industri tekstil, farmasi, pestisida dan limbah dari rumah sakit sudah sering dilakukan. Beberapa metoda yang sudah dikenal dalam mengolah air limbah di rumah sakit, air limbah industri pestisida dan air limbah pada industri farmasi adalah dengan metoda fisika (interaksi fisik) (Kesari *dkk.*, 2011), kimia (pemakaian reagen kimia) (Waclawek *dkk.*, 2017), mikrobiologi (Droste dan Gehr, 2018), bioremediasi (Singh, 2014), ozonisasi (Gottschalk *dkk.*, 2009), adsorpsi (Crini dan Lichtfouse, 2018) dan elektrokimia (Deng dan Englehardt, 2007, Fernandes *dkk.*, 2016). Proses elektrokimia dalam perkembangannya dapat dikelompokkan menjadi elektrokoagulasi (Chen *dkk.*, 2020, Zongo *dkk.*, 2009) dan (Kuokkanen dan Kuokkanen, 2013), elektrodekomposisi (Mukimin *dkk.*, 2010), Elektro-fenton dan Macam-macam Elektro-Fenton (Lahkimi *dkk.*, 2007) dan elektrokatalis (Mukimin *dkk.*, 2012). Permasalahan yang dijumpai dalam pengolahan air limbah adalah hasil yang kurang maksimal dan ongkos yang cukup mahal (Mukimin *dkk.*, 2010).

Beberapa penelitian tentang pengolahan air limbah dengan elektrokoagulasi telah banyak dilakukan. Beberapa cara yang sudah dilakukan seperti untuk mengolah air limbah dengan memvariasi elektroda (Kuokkanen dan Kuokkanen, 2013). Sedangkan mengolah air limbah dengan memvariasi permodelan sistem elektroda (Fajardo *dkk.*, 2015, Jiang *dkk.*, 2018) mereview metoda elektrokoagulasi untuk mengolah berbagai macam air limbah industri, seperti air limbah pabrik kertas, air limbah pabrik penyulingan, air limbah pabrik makanan, air limbah pabrik cat, air limbah pabrik elektroplating (pelapisan logam) dan air limbah pabrik tekstil.

Dalam 2 dasa warsa terakhir metoda elektrolisis sangat berkembang pesat dengan adanya perbaikan kualitas anodanya. Para peneliti, seperti Wang *dkk.* (2018) mensintesis elektroda Ce-TiO₂/Karbon digunakan untuk elektrodegradasi 4-florofenol. Yang *dkk.* (2016) mensintesis Pt-graphene dan Logam Bi-Bi₂O₃ yang dapat digunakan untuk elektroda fotokatalitik untuk oksidasi methanol.

Karena perkembangan pertumbuhan penduduk selalu diikuti oleh oleh pertumbuhan industri farmasi, maka pengolahan air limbah di industri farmasi dan air limbah dari rumah sakit menjadi sangat penting dilakukan, agar keberadaan industri dan rumah sakit tidak menghasilkan air limbah yang tidak ramah terhadap lingkungan, sehingga air limbah tersebut masih aman jika digunakan untuk kebutuhan hidup manusia, sehingga walaupun ada aktivitas industri, namun air limbah yang dibuang tetap dalam koridor yang telah diijinkan (Poza-Nogueiras *dkk.*, 2018). Permasalahan yang ada dalam sistem kerja Instalasi Pengolah air Limbah (IPAL) di pabrik/industri farmasi dan atau air limbah dari rumah sakit adalah dengan menggunakan cara kimiawi, yaitu menggunakan reagent kimia dan penggunaan adsorben, sehingga memiliki biaya yang cenderung mahal.

Pada penelitian ini, diawali dengan melakukan pengolahan air limbah industri farmasi (artifisial, yang dipilih adalah aspirin, metformin dan paracetamol) dan air limbah dari rumah sakit. Perlakuan yang dilakukan dengan perlakuan elektrokoagulasi. Pada elektrokoagulasi dipilih adalah elektrolisis dilakukan dengan menggunakan elektroda besi, aluminium dan seng (sebagai anoda) serta besi, aluminium dan karbon sebagai katoda. Menurut penelitian Sahu (2019), untuk memperbesar randemen proses elektrolisis sering dilakukan

kombinasi dengan pengaturan medium (pH), variasi temperatur, variasi jarak elektroda, variasi voltase dan variasi elektroda (anoda). Penelitian terakhirnya beliau juga menambahkan informasi untuk memperbesar randemen proses elektrolisis sering dilakukan (penambahan medium elektrolit, seperti: reagen Fenton, ion hipoklorit maupun ion klorida) (Sahu *dkk.*, 2018). Beberapa penelitian lainnya selain memvariasi 5 variabel tersebut juga memvariasi sistem ozonisasi/aerasi (penambahan oksigen) serta penambahan katalis (Butler *dkk.*, 2017, Gottschalk *dkk.*, 2009, Soldi *dkk.*, 2015). Di dalam penelitian ini, sampel (air limbah artifisial, yang dipilih adalah aspirin, metformin dan paracetamol) dilakukan penyisihan dengan metoda elektrokoagulasi. Untuk memperbesar randemen penyisihan dilakukan beberapa macam variasi perlakuan seperti: elektroda, jarak elektroda, waktu kontak, penambahan medium elektrolit, konsentrasi zat organik terlarut dan kuat arus. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan elektrolisis dari proses pengolahan limbah tersebut, dilakukan pengukuran kualitas airnya baik secara fisika maupun kimia. Parameter fisika seperti pewarna, bau, berat jenis dan temperatur, untuk mengetahui derajat penguraian persenyawaan organik terlarut seperti *penicillin* dan limbah farmasi lainnya (Nariyan *dkk.*, 2017). Hasil yang diperoleh dari proses elektrolisis dapat dilihat dari parameter kualitas kimia air, seperti pH, COD, TOC, BOD dan TSS antara sebelum dan sesudah diproses (Kuokkanen dan Kuokkanen, 2013, Sahu, 2019, Sen *dkk.*, 2019). Dalam penelitian ini hasil yang terbaik dilihat dari hasil analisis penurunan COD dan % penurunan kekeruhan terbesar antara sebelum dan sesudah reaksi elektrolisis. Hasil yang terbaik dipilih/digunakan sebagai metode

elektrolisis, yang nantinya digunakan untuk degradasi persenyawaan organik yang terlarut dalam air limbah industri farmasi (obat-obatan) atau air limbah industri yang lainnya pada skala yang lebih besar (40 liter dan 75-10 liter).

Adapun untuk melacak interaksi molekular yang terjadi pada proses elektrokoagulasi dilakukan dengan menganalisis perubahan senyawa organik yang terjadi sebelum dan sesudah proses elektrolisis dengan spektroskopi FTIR (Silverstein *dkk.*, 2014) dan spektroskopi UV-Visibel (Silverstein *dkk.*, 2014).

I. 2. Perumusan Masalah

Beberapa hal yang mendorong dilaksanakan penelitian ini adalah adanya kebutuhan air bersih yang meningkat namun ketersediaan air bersih semakin terbatas. Oleh karena itu pengolahan air limbah industri farmasi dan air limbah dari rumah sakit menjadi kebutuhan mendesak dan sangat perlu dilakukan. Kebanyakan adanya limbah B3 yang saat ini sudah dikelola dengan baik, namun diperlukan biaya yang mahal. Oleh karena itu terobosan pengolahan air limbah dengan hasil yang optimal namun dengan biaya yang murah perlu diteliti dan dikembangkan, maka penelitian air limbah industri farmasi dan air limbah dari rumah sakit perlu dilakukan.

Untuk hal tersebut, rumusan masalah dinyatakan dalam pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Adakah perbedaan efisiensi pada pengolahan air limbah farmasi artifisial (aspirin, metformin dan paracetamol) dengan menggunakan metoda elektrokoagulasi?

2. Adakah pengaruh rapat arus, konsentrasi zat organik terlarut terhadap efisiensi pada pengolahan air limbah farmasi artifisial (aspirin, metformin dan paracetamol) dengan menggunakan metoda elektrokoagulasi?
3. Adakah pengaruh jenis elektroda, jarak elektrode, konsentrasi garam anorganik terlarut terhadap efisiensi pada pengolahan air limbah farmasi artifisial (aspirin, metformin dan paracetamol) dengan menggunakan metoda elektrokoagulasi?
4. Adakah perbedaan kondisi optimum pada pengolahan air limbah farmasi artifisial (aspirin, metformin dan paracetamol) dengan menggunakan metoda elektrokoagulasi?
5. Bagaimanakah kondisi optimal sistem elektrokoagulasi yang terjadi dituliskan dalam permodelan Response Surface Material (RSM), baik pada penyisihan metformin, penyisihan aspirin dan penyisihan paracetamol?.
6. Bagaimanakah interaksi molekuler persenyawaan organik (aspirin, metformin dan paracetamol serta air limbah rumah sakit) yang terjadi antara katoda (karbon) maupun anoda pada metoda elektrokoagulasi sehingga proses penurunan COD dan penurunan kekeruhan dapat terjadi?
7. Bagaimanakah kinetika penyisihan polutan organik tersebut (aspirin, metformin dan paracetamol) dapat terjadi?

I. 3. Orisinalitas

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti peneliti terkait dengan teknologi pengolahan air limbah industri farmasi, beberapa penelitian dengan metoda elektrolisis dan elektrokatalis dirangkum dalam sebuah matrik

seperti tabel 1.1. Dari penelitian yang terangkum dalam sebuah matrik seperti tabel 1.1 proses elektrolisis akan dilakukan studi optimalisasi proses elektrolisis dari suatu limbah industri farmasi dengan memvariasi jenis elektroda, jarak elektroda, pH, konsentrasi, rapat arus, waktu kontak dan suhu/temperatur terhadap persentase elektrosorpsi dilakukan dengan pendekatan univariant. Dalam disertasi ini yang menjadi noveltisnya adalah membandingkan interaksi dari metode elektrokoagulasi dengan polutan organik yang ada dengan pendekatan multivariant.



SEKOLAH PASCASARJANA

Tabel 1.1. Matrik Orisinalitas

No	Judul	Peneliti	Tujuan	Hasil
1	Electrochemical treatment of rice grain-based distillery effluent: chemical oxygen demand and color removal	A.K. Prajapati, P.K. Chaudhari (2014). <i>Environ. Technol.</i> , 35 (2014) 242–249.	Mengetahui kinerja metode elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda pelat aluminium untuk penyisihan COD pada air limbah penyulingan berbahan dasar butiran beras	Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda pelat aluminium pada air limbah penyulingan berbahan dasar butiran beras sangat efisien pada rapat arus 89,3 A m ⁻² dan pH 8 di tandai dengan penyisihan COD sebesar 93% dan penghilangan warna 87%.
2	Continuous electrocoagulation process for the post-treatment of anaerobically treated municipal wastewater	A.R. Makwana, M.M. Ahammed (2016). <i>Process Saf. Environ. Prot.</i> , 102 (2016) 724–733.	Mengetahui kinerja metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium dikombinasi proses lumpur anaerobic untuk pengolahan air limbah perkotaan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektrokoagulasi dikombinasi proses lumpur anaerobic pada pengolahan air limbah perkotaan mampu menghasilkan COD limbah 90 mg/L, limbah fosfat 0,57 mg/L dan 15,2 NTU serta penghapusan total coliform dan feces coliform hingga 99,81% dan 99,86%.

- 3 Treatment of the baker's yeast wastewater by electrocoagulation M. Koby, S. Delipinar (2018) *J. Hazard. Mater.*, 154 (2008) 1133–1140. Mengetahui kinerja metode elektrokoagulasi dengan elektroda (Fe dan Al) dalam reaktor batch untuk pengolahan air limbah produksi ragi roti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektrokoagulasi dengan elektroda (Fe dan Al) cukup efektif. Efisiensi penyisihan COD, TOC dan turbiditas maksimum pada kondisi operasi, yakni pH 6,5 untuk elektroda Al dan pH 7 untuk elektroda Fe, rapat arus 70 Am^{-2} dan waktu operasi 50 menit adalah 71, 53 dan 90% untuk Elektroda Al dan 69, 52 dan 56% untuk elektroda Fe.
- 4 Treatment Performance of Textile Wastewater Using Electrocoagulation (EC) Process under Combined Electrical Connection of Electrodes. Naje, A.S., Chelliapan, S., Zakaria, Z. and Abbas S.A. 2015 *Int. J. Electrochem. Sci.* 10: A 5924– 5941. Mengetahui kinerja metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium dengan sistem monopolar dan bipolar untuk penyisihan air limbah tekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium dengan sistem monopolar dan bipolar untuk penyisihan air limbah tekstil dengan kondisi operasi: $I = 0,6 \text{ A}$, $\text{pH} = 6$, $\text{NaCl} = 0,1 \text{ kg/m}^3$, $\text{IED} = 0,5 \text{ cm}$, dan $\text{Mrpm} = 500$ waktu elektrolisis 90 menit mampu menyisihkan COD (92,6%), TSS (96,4%), warna (96,5%), BOD5 (88%), TDS (87%), kekeruhan (96%), fenol (lebih dari 99%), dan fosfat (95%).

- 5 Formation and occur-rence of transformation products of metformin in waste water and surface water. Tisler,S., Zwiener,C.(2018) *Science of the Total Environment Science of the Total Environment*, 628–629, 1121–1129. Menyelidiki penguraian metformin dan produk transformasi dalam air limbah dengan pendekatan degradasi elektrokimia dengan elektroda boron-doped-diamond (BDD). Hasil degradasi metformin dengan elektrokimia (elektroda boron-doped-diamond) pada konsentrasi yang rendah dari metformin (sekitar 600- 650 ppm) mampu mengalami degradasi menjadi guanyl urea dengan sempurna (95,79 - 98,99%).
- 6 Removal of pharmaceutical from water with an electrocoagulation process; effect of various parameters and studies of isotherm and kinetic Nariyan, E.A., Aylin S. M., (2017) *Separation and Purification Technology* DOI: 10.1016/j.seppur. 2017.07.031 Mengambil bahan farmasi (oksitetrasiklin hidrosiklorida) memakai metoda elektrokogulasi dengan memvariasi anoda dan katoda. Metoda elektrokogulasi mampu menguraikan oksitetrasiklin hidrosiklorida dengan randemen yang berbeda. Dengan Aluminium sebagai elektroda terurai 93.2% dan jika dengan Besi sebagai elektroda terurai 87.75%.
- 7 Treatment of wastewater from sugarcane process industry by electro-chemical and chemical process: Aluminium (metal and salt) Sahu· O., Rao· D.G., Go- pal· R., Tiwari , A., Pal,D. *Journal of Water Process Engineering*, 17 (2017) p: 50 -62 Pabrik gula banyak mengeluarkan limbah cair, sangat perlu adanya pengolahan limbah dari pabrik gula (blothong) dengan proses elektrokogulasi dan koagulasi. Hasil pengolahan limbah dari pabrik gula (blothong) dengan proses elektrokogulasi dan koagulasi dengan cara batch dan kontinyu berhasil menurunkan COD dari 85,75 % hingga 97,5 %

- 8 Evaluating the Effectiveness of Electrocoagulation (EC) Process in Reducing the COD of Simulated urban Runoffs
Mojtaba Afsharnia, Mehdi Saeidi, (2018)
International Journal Electrochemistry Science, Volume: 13, pp: 5172-5183, doi: 10.20964/2018.06.08
Mengetahui Efektivitas Proses Elektrokoagulasi (elektroda Al dan Fe) dalam Mengurangi COD dari limbah perkotaan. Limbah air di daerah perkotaan dengan membawa polutan dari permukaan perkotaan (dengan melihat variabel curah hujan).
Ternyata hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses Elektrokoagulasi (EC) mampu menghilangkan limpasan menyebabkan kekhawatiran di daerah perkotaan dengan membawa polutan dari permukaan perkotaan dengan indikator pengukuran COD, BOD dan kekeruhan dengan efisiensi maksimum 80, 82 dan 92% pada kondisi optimalnya.
- 9 A Review of Electrocoagulation Process for Wastewater Treatment
Bharath M, Krishna B. M. and Manoj Kumar B., (2018)
International Journal of ChemTech Research, Volume: 11, No: 03, pp: 289-302
Tujuan dari tinjauan ini adalah untuk menjelaskan dasar-dasar dan kemajuan terkini dari metode elektrokoagulasi untuk peningkatan efisiensi penghilangan polutan organik yang terlarut dalam air.
Telah terbukti metoda elektrokoagulasi terbukti sangat efektif dalam mengolah berbagai jenis air limbah polutan organik, namun tetapi jarang diterima. Karena kebanyakan terjadi koagulan (pembentukan gumpalan dalam jenis logam (Al atau Fe) hidroksida dan/atau poli hidroksida).
- 10 Electrocoagulation treatment of industrial wastewater including textile dyeing effluent-A review
Shamal Sen, Abhinesh Kumar Prajapati, Akash Bannatwala, Dharm Pal, (2019) *Desalination and Water Treatment*, Volume: 161, pp: 21–34
Penelitian ini bertujuan untuk dengan metode Electrocoagulation (EC) digunakan sebagai perawatan air limbah yang mengandung polutan 14 bahan organik yang biasanya terlarut.
Ternyata Electrocoagulation (EC) dapat digunakan sebagai perawatan/atau pengolahan air limbah yang mengandung 14 polutan bahan organik yang efektif. Beberapa contoh air limbah seperti: air limbah tekstil, bubur kertas dan kertas, cat, makanan, pelapisan logam, penyulingan, dll dengan hasil 80, 8-92%.

- 11 Electrocoagulation Treatment for Landfill Leachate using Stainless Steel Electrode
 Bharath M, B M Krishna, (2019)
International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249-8958, Volume: 9 Issue-1, October 2019
 Penelitian Proses elektrokoagulasi (EC) ini bertujuan untuk mengolah Lindi Tempat Pembuangan Sampah Akhir. Efisiensinya diukur dengan persentase penghapusan BOD (permintaan oksigen Biokimia)/rasio permintaan oksigen kimia (COD), Warna dan TSS diperoleh hasil yang sangat baik (penurunan COD dan Warna, masing-masing 73,5% dan 65,0%).
- 12 Suitability of aluminum material on sugar industry wastewater with chemical and electrochemical treatment processes
 Sahu, O (2019) *International Journal of Industrial Chemistry*, 10, 4, (2019), 335-347 10.1007/s40090-019-00196-8
 Dalam penelitian EC ini, pelat aluminium digunakan untuk elektroda, untuk penyisihan polutan organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas logam aluminium sebagai elektroda.
 Pelat aluminium dapat digunakan untuk mengolah air limbah industri tekstil, air limbah pewarna, logam berat, air limbah, air limbah petrokimia, air limbah produk susu, air limbah rumah sakit, dalam bentuk garam untuk lindi, air limbah susu, air limbah pestisida, dan air limbah penyamakan, dengan efisiensi 75,88 hingga 95.55%.

13 Removal of veterinary antibiotics from wastewater by electrocoagulation

Wojciech Baran, Ewa Adamek, Marcin Jajko, Andrzej Sobczak (2018), *Chemosphere*, 194, (2018), 381-389
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.165>

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai efektivitas penghilangan antibiotik veteriner dari air limbah dengan metode elektrokoagulasi.

Metode elektrokoagulasi sangat efektif untuk penyisihan antibiotik veteriner dari air limbah, seperti ampisilin, doksisisiklin, sulfathiazole dan tylosin. Efisiensi penghilangan; derajat degradasi antibiotik setelah elektrolisis; dapat dilihat dari toksisitas dan komposisi kualitatif larutan antibiotik setelah mengalami proses elektrokoagulasi, menurun hingga lebih dari 80 %.



SEKOLAH PASCASARJANA

I. 4. Tujuan Penelitian

I. 4. 1. Tujuan Umum

Melakukan proses elektrolisis limbah cair dari industri farmasi serta menghasilkan teknologi pengolahan limbah industri secara optimal, terutama dalam pengolahan air industri farmasi (artificial Paracetamol, Aspirin dan Metformin) dan air limbah dari rumah sakit dengan memvariasikan anoda (besi, aluminium dan seng) serta karbon (sebagai katoda) serta aplikasinya dalam upaya penyelamatan lingkungan dengan melaksanakan reduksi terhadap material air limbah farmasi (*pharmaceutical waste*) yang bersifat beracun, berbau dan berbahaya (B3).

I. 4. 2. Tujuan Khusus

1. Menentukan hasil efisiensi pada pengolahan air limbah farmasi artifisial (aspirin, metformin dan paracetamol) dengan menggunakan metoda elektrokoagulasi.
2. Menentukan pengaruh rapat arus, konsentrasi zat organik terlarut terhadap efisiensi pada pengolahan air limbah farmasi artifisial (aspirin, metformin dan paracetamol) dengan menggunakan metoda elektrokoagulasi.
3. Menentukan pengaruh jenis elektroda, jarak elektroda, konsentrasi zat anorganik terlarut terhadap efisiensi pada pengolahan air limbah farmasi artifisial (aspirin, metformin dan paracetamol) dengan menggunakan metoda elektrokoagulasi.

4. Menentukan kondisi optimum pada pengolahan air limbah farmasi artifisial (aspirin, metformin dan paracetamol) dengan menggunakan metoda elektrokoagulasi.
5. Menentukan kondisi optimal sistem elektrokoagulasi dalam permodelan Response Surface Methodology, baik pada penyisihan metformin, penyisihan aspirin dan penyisihan paracetamol.
6. Menentukan interaksi molekuler persenyawaan organik antara katoda (karbon) maupun anoda pada elektrokoagulasi sehingga proses penurunan COD dapat terjadi.
7. Menentukan order reaksi kinetika penyisihan polutan organik (aspirin, metformin dan paracetamol) tersebut dapat terjadi.

I. 5. Manfaat Penelitian

I. 5. 1. Manfaat Bagi Lingkungan

Sebagai upaya penyelamatan lingkungan dengan mengurangi material yang mampu/berpotensi sebagai limbah berbau, beracun dan berbahaya (B3) di lingkungan, dengan metoda elektrokimia dan elektrokatalis. Diharapkan dengan memvariasi elektroda (anoda) mampu meningkatkan dekomposisi, degradasi dan adsorpsi pada air limbah dari industri farmasi. Jika air limbah dari industri farmasi diolah dengan baik, maka lingkungan tetap terjaga, sehingga industri farmasi tersebut menjadi ramah terhadap lingkungan dan dapat memproduksi secara berkelanjutan.

I. 5. 2. Manfaat Bagi Ilmu dan Teknologi

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumbangan pemikiran untuk pengembangan teknologi pengolahan limbah berbau, beracun dan berbahaya (B3), khususnya pada rekayasa disain elektroda pada proses eletrolisis (baik yang berfungsi sebagai katoda maupun anoda). Diharapkan anoda logam (besi, aluminium dan seng) yang dipasangkan dengan elektroda karbon (sebagai katoda) dalam mengolah air limbah industri farmasi/tekstil/pestisida dapat diperoleh hasil yang terbaik. Oleh karena itu penelitian ini menjadi menarik dan perlu untuk dilakukan.

I. 5. 3. Manfaat Bagi Industri

Meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah, khususnya pada industri industri farmasi yaitu dengan metoda elektrolisis/elektrokoagulasi dan memperoleh sistem permodelannya. Diharapkan akan diperoleh cara pengolahan limbah berbau, beracun dan berbahaya (B3), terutama pada limbah dari industri farmasi, dengan efisiensi yang tinggi dan biaya yang terjangkau (murah). Sebab biasanya pengolahan limbah B3 memerlukan area yang cukup luas serta biaya yang cukup mahal.

I. 6. Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian ini terdapat pada membandingkan anoda logam (besi, aluminium dan seng) sebagai anoda dan elektroda karbon (sebagai katoda) untuk degradasi limbah cair dari industri farmasi sebagai obyek polutan, dan kajian efesiensi proses elektrokagulasi, serta memperoleh sistem permodelan dari sistem elektrokagulasi tersebut.

Dalam penelitian ini, promovendus bermaksud untuk mereduksi limbah cair dari industri farmasi (artificial). Metoda yang dipakai adalah elektrokoagulasi dengan menggunakan berbagai macam variabel seperti: jenis anoda, jarak elektroda, pH, konsentrasi zat organik terlarut, rapat arus, waktu kontak dan pengaruh zat elektrolit (NaCl dan Na_2SO_4) terhadap persentase rendemen hasil proses elektrokoagulasi. Sehingga judul disertasi saya adalah: **Optimalisasi Proses Elektrokoagulasi Pada Pengolahan Air Limbah Farmasi Artifisial (Paracetamol, Aspirin dan Metformin) dengan Variasi Anoda**. Elektroda yang dipilih untuk disertasi ini adalah besi, aluminium dan seng digunakan sebagai bahan elektroda (anoda) dan digunakan elektroda karbon (sebagai katoda). Ketiga tipe anoda tersebut dibandingkan kemampuan atau tingkat efisiensinya. Kemampuan atau tingkat efisiensi elektrokoagulasi dideteksi dengan analisis kualitas air (baik analisis fisika maupun analisis kimia) yang dihasilkan dari proses elektrolisisnya. Kebaharuan disertasi ini adalah pada sistem permodelan multivarian dan *response surface methodology* dari sistem elektrokoagulasi tersebut.

SEKOLAH PASCASARJANA