



D-009

PENGARUH TEGANGAN DAN WAKTU KONTAK TERHADAP PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LAUNDRY DENGAN ELEKTROKOAGULASI

Alfina Noviyani¹⁾, Nabilah Pratama Putri¹⁾, Dwi Hery Astuti^{1)*}, Isni Utami¹⁾, Sani¹⁾

¹⁾ Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Jalan Raya Rungkut Madya No.1 Gunung Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur 60294

* Penulis Korespondensi: E-mail: dwiher59@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya volume air limbah laundry terjadi seiring dengan berkembangnya usaha laundry di tengah masyarakat. Air limbah laundry terdiri atas banyak polutan yang dapat menimbulkan masalah serius pada lingkungan. Pengolahan air limbah melalui metode elektrokoagulasi dapat menjadi solusi untuk meminimalisir kontaminan yang terdapat dalam limbah cair laundry. Pada proses elektrokoagulasi, polutan yang terdapat dalam limbah cair laundry membentuk endapan yang lebih mudah diserap oleh tanah dan tidak menimbulkan pencemaran bagi lingkungan. Penelitian dilakukan untuk mempelajari pengaruh waktu kontak beserta tegangan terhadap kandungan COD dan TSS pada limbah cair laundry. Penelitian ini menggunakan elektroda karbon-aluminium sebagai katoda-anoda. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan cara merangkai dan mengoperasikan alat elektrokoagulasi dengan variabel tegangan 9, 12, 15, 18, 21 Volt dan waktu kontak selama 120, 150, 180, 210, 240 menit. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh kadar COD terbaik air limbah laundry setelah melalui proses elektrokoagulasi terdapat pada tegangan 21 Volt serta waktu kontak selama 120 menit yaitu sebesar 199,3 mg/L dengan presentase removal COD 74,8%. Kadar TSS terbaik air limbah laundry setelah melalui proses elektrokoagulasi terdapat pada tegangan 18 Volt serta waktu kontak selama 180 menit yaitu sebesar 1 mg/L dengan presentase removal TSS sebesar 99,4%.

Kata kunci : aluminium; elektrokoagulasi; limbah laundry

THE EFFECT OF VOLTAGE AND CONTACT TIME ON LAUNDRY LIQUID WASTE TREATMENT WITH ELECTROCOAGULATION

Abstract

The increasing number of laundry industries results in increasing volume of laundry wastewater. Laundry wastewater contains pollutants that can impact for the environment. Electrocoagulation method can solve the problem. Electrocoagulation process changes the pollutants become precipitates which are more easily absorbed by the soil and save the environment. The aim of research is to determine the effect of voltage and contact time on the content of COD and TSS in laundry wastewater. In this study, the electrodes used were aluminum as the anode and carbon as the cathode. The electrocoagulation process was carried out by assembling and operating an electrocoagulation device with variable voltages of 9,12,15,18,21 Volts and contact times of 120, 150, 180, 210, 240 minutes. Based on the research, the best concentration of COD is 199,3 mg/L with presentation of removal COD 74,8% at 21 volts and in 120 minutes. The best concentration of TSS is 1 mg/L with presentation of removal TSS 99,4% at 18 volts and in 180 minutes.

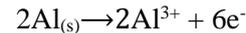
Keywords : aluminum; electrocoagulation; laundry wastewater

PENDAHULUAN

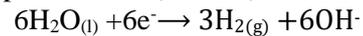
Pada setiap tahun, volume air limbah semakin meningkat seiring dengan pesatnya perkembangan industri di Indonesia. Air limbah dapat berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan khususnya di sungai. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, penurunan kualitas air sungai pada tahun 2019 lebih buruk dibandingkan dengan beberapa tahun sebelumnya. Pada tahun 2019 dari 98 kasus pencemaran sungai, terdapat 38 sungai mengalami cemar berat (Firmansyah, 2021). Salah satu sungai yang dilaporkan mengalami pencemaran adalah Kali Surabaya. Sebagian besar air limbah dari proses industri maupun kegiatan masyarakat di sekitar Kali Surabaya dibuang tanpa penanganan khusus sehingga merusak lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat yang menggunakan air Kali Surabaya dalam kehidupan sehari-hari (Aufar, 2020). Untuk meminimalisir terjadinya pencemaran sungai atau badan air di Indonesia, pemerintah telah menetapkan sejumlah peraturan baik peraturan berskala nasional seperti yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup maupun peraturan skala provinsi yang ditetapkan oleh Gubernur.

Usaha laundry termasuk salah satu usaha yang turut menghasilkan air limbah dengan kuantitas yang besar. Limbah cair laundry mengandung detergen yang bersifat basa dan memiliki kandungan garam dan fosfor yang tinggi. Garam-garam ini dapat terakumulasi dalam tanah dan dapat menghambat pertumbuhan tanaman jika air limbah laundry dibuang tanpa pengolahan yang tepat (Katam, 2017). Salah satu metode yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan mengenai air limbah laundry adalah elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi (EC) adalah proses yang melibatkan elektrolisis, koagulasi, dan flotasi yang digabungkan menjadi satu sel elektrokimia (Tavangar, 2019). Umumnya logam aluminium dan besi digunakan sebagai elektroda untuk menghasilkan endapan hidroksida (Barışçıl, 2016). Pada proses elektrokoagulasi, arus searah (DC) dialirkan ke reaktor dengan elektroda (katoda dan anoda) terendam dalam larutan. (Safwat, 2020). Reaksi kimia yang terjadi pada elektroda aluminium dan karbon yang dialiri arus listrik searah yaitu :

Reaksi pada anoda (oksidasi):

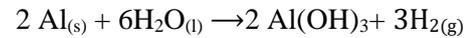


Reaksi pada katoda (reduksi):



(Vepsalainen, 2012)

Untuk penggunaan aluminium dan karbon sebagai elektroda, reaksi secara keseluruhan dalam kondisi netral atau basa adalah sebagai berikut:



Ketika arus listrik dihubungkan ke elektroda, aluminium yang berperan sebagai elektroda bagian anoda mengalami oksidasi dan menghasilkan kation Al^{3+} . Sementara itu, karbon yang berperan sebagai katoda mengalami reduksi sehingga melepaskan gas H_2 dan anion OH^{-} . Kation Al^{3+} dari bagian anoda berikatan dengan anion OH^{-} sehingga $\text{Al}(\text{OH})_3$ terbentuk (Mondal, 2018). $\text{Al}(\text{OH})_3$ merupakan senyawa yang berfungsi sebagai koagulan yang akan mengadsorpsi kontaminan sehingga kadar kontaminan dari air limbah dapat berkurang (Srivasta, 2010). Koagulasi terjadi karena interaksi antara kation yang diproduksi dengan ion muatan negatif yang terdapat pada partikel kontaminan sehingga membentuk flok. Gelembung gas H_2 membantu proses flotasi polutan yang telah terelektrokoagulasi ke permukaan. Flok-flok yang dihasilkan kemudian berkumpul kemudian bergabung menjadi ukuran yang lebih besar. Flok yang besar tersebut jika memiliki massa jenis yang lebih besar dibandingkan dengan massa jenis larutan maka akan mengendap dengan adanya gaya gravitasi sehingga polutan dalam limbah laundry mengalami penurunan (Mondal, 2018).

Kelebihan utama dari penggunaan proses elektrokoagulasi adalah pengoperasian yang sederhana, tidak memerlukan waktu yang lama, tanpa penambahan bahan kimia, sedimentasi flok berlangsung lebih cepat serta meminimalkan pengembangan lumpur, efisiensi tinggi dalam menghilangkan polutan dengan penggunaan energi listrik yang lebih rendah (Asaithambi, 2020). Beberapa jenis polutan dapat dihilangkan dengan pengolahan elektrokoagulasi, termasuk tekstil dan pewarna, koloid dan bahan organik, limbah industri, minyak dan lemak, dan mikroalga (Liu, 2021). Menurut Vepsalainen (2012), faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses elektrokoagulasi pada air limbah yaitu sebagai berikut: bahan elektroda, pH larutan,

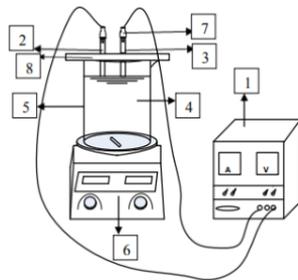
elektrokoagulasi pada limbah tekstil dapat menurunkan kadar COD, warna dan turbiditas secara berturut-turut adalah 63,05%, 99,07% dan 96,31%. Sementara proses koagulasi dapat menurunkan kadar COD, warna dan turbiditas secara berturut-turut adalah 54,02%, 96,21%, dan 97,78%. Efisiensi kedua proses memiliki selisih yang kecil. Namun limbah yang diolah menggunakan proses elektrokoagulasi lebih memenuhi standar baku mutu dan lebih mudah untuk digunakan kembali pada industri tekstil. Pada saat ini, penelitian terkait pengolahan limbah laundry menggunakan elektroda Al-C masih belum tersedia, sehingga dengan diadakannya penelitian ini dapat menambah pengetahuan dalam pengolahan limbah. Selain itu, penelitian dilakukan untuk mempelajari pengaruh waktu kontak beserta tegangan terhadap kandungan COD dan TSS pada limbah cair laundry melalui metode elektrokoagulasi serta menggunakan elektroda Al-C untuk memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian yaitu air limbah laundry sebagai larutan elektrolit, lempeng aluminium sebagai anoda, karbon sebagai katoda, kertas saring sebagai media filtrasi, dan larutan HCl untuk menurunkan pH limbah laundry.

Alat



Gambar 1. Rangkaian alat elektrokoagulasi
 Keterangan :

1. Power supply
2. Elektroda karbon bagian katoda (-)
3. Elektroda aluminium bagian anoda (+)
4. Air limbah
5. Reaktor elektrokoagulasi
6. Magnetic Stirrer

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan meliputi : air limbah dimasukkan ke dalam beaker glass. Jarak antara karbon dengan aluminium diatur sebesar 2 cm kemudian dimasukkan ke dalam air limbah. Elektroda dihubungkan dengan power supply dengan tegangan sesuai variabel yang ditentukan yaitu sebesar (9 V, 12 V, 15 V, 18 V, 21 V). Setelah itu, dilakukan pengadukan dengan kecepatan pengadukan sebesar 200 rpm dan waktu kontak sesuai variabel yang ditentukan yaitu selama (120 menit, 150 menit, 180 menit, 210 menit, 240 menit). Kemudian dilakukan proses penyaringan pada effluent elektrokoagulasi menggunakan kertas saring.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Awal Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Laundry

Tabel 1 Analisa Awal Limbah Cair Laundry

No.	Limbah	Parameter	Hasil analisa (mg/L)
1	Limbah awal laundry	COD	780,6
		TSS	108

Hasil analisa awal limbah cair laundry sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi disajikan pada Tabel 1, menunjukkan kadar COD sebesar 780,6 mg/L serta kadar TSS sebesar 108 mg/L. Kadar COD dan TSS tersebut melebihi baku mutu yang ditentukan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Baku mutu air limbah laundry memiliki kadar maksimum sebanyak 250 mg/L untuk parameter COD dan 100 mg/L untuk TSS. Kadar polutan yang berlebih pada air limbah dapat mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan air limbah lebih lanjut. Oleh karena itu, pengolahan air limbah laundry untuk meminimalisir polutan yang terkandung di dalamnya.

Analisa Kadar COD dengan Metode Spektrofotometri

Tabel 2. Kandungan COD Setelah Dilakukan Proses Elektrokoagulasi

Tegangan (V)	Kadar <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) (mg/L)				
	9	12	15	18	21
120	298,9	279,7	260,5	241,3	199,3
150	275,8	264,3	252,8	241,3	278,3
180	268,4	254,1	237,2	216,4	286,2
210	258,0	237,0	226,0	180,1	295,6
240	272,3	264,5	242,4	203,8	311,2

Analisa kadar COD juga dilakukan pada air limbah laundry yang telah dilakukan proses elektrokoagulasi dan diperoleh hasil seperti yang tercantum dalam Tabel 2. Kadar COD dilakukan pengujian dengan metode spektrofotometri berdasarkan SNI 6989.2:2019. Berdasarkan hasil analisa tersebut diperoleh hasil bahwa proses elektrokoagulasi mampu mengurangi kadar COD air limbah laundry.

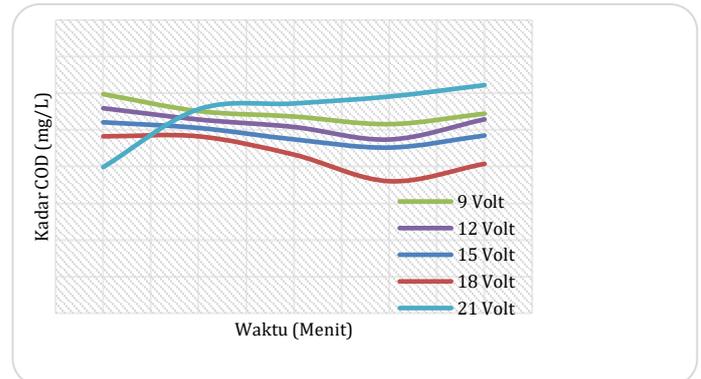
Analisa Kadar TSS dengan Metode Gravimetri

Tabel 3 Kandungan TSS Setelah Dilakukan Proses Elektrokoagulasi

Tegangan (V)	Kadar <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) (mg/L)				
	9	12	15	18	21
120	39	27	13	6	4
150	24	13	8	2	2
180	16	7	5	1	1
210	11	5	1	1	1
240	9	4	1	1	1

Analisa kadar TSS juga dilakukan pada air limbah laundry yang telah dilakukan proses elektrokoagulasi dan diperoleh hasil seperti yang tercantum dalam Tabel 3. Kadar TSS dilakukan pengujian dengan metode gravimetri berdasarkan SNI 06-6989.3-2004. Berdasarkan hasil analisa tersebut diperoleh hasil bahwa proses elektrokoagulasi mampu mengurangi kadar TSS air limbah laundry.

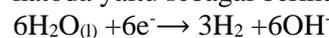
Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak terhadap Kadar COD Limbah Cair Laundry



Gambar 2 Pengaruh tegangan dan waktu terhadap kadar COD

Pengaplikasian tegangan dari 9 volt sampai 18 volt dengan waktu kontak 120 menit sampai 210 menit menyebabkan nilai COD pada limbah cair laundry menurun (Gambar 2). Pada kondisi tersebut terjadi reaksi oksidasi-reduksi sehingga anoda aluminium melepaskan ion Al^{3+} ke lingkungan dan membentuk $Al(OH)_3$ dengan ion OH^- . Jumlah koagulan $Al(OH)_3$ yang diproduksi akan semakin banyak apabila tegangan dan waktu kontak yang digunakan semakin besar. Koagulan $Al(OH)_3$ yang semakin banyak akan meningkatkan kemampuan $Al(OH)_3$ dalam mengadsorpsi kontaminan berupa senyawa organik dan anorganik sehingga kebutuhan oksigen (COD) untuk mendegradasi senyawa tersebut turun. Kadar COD mengalami peningkatan pada waktu kontak 210 menit hingga 240 menit untuk variabel tegangan 9 volt hingga 18 volt serta peningkatan pada tegangan 21 volt dari waktu kontak 150 menit sampai dengan 240 menit (Gambar 2). Tegangan dan waktu kontak yang diaplikasikan pada proses elektrokoagulasi dapat mempengaruhi pH air limbah yang dilakukan proses pengolahan (Rindatami, 2016). Tegangan yang terlalu besar dan waktu kontak yang terlalu lama dapat memperbesar kuat arus listrik sehingga pada saat reaksi reduksi terjadi produksi ion OH^- berlebih sehingga dapat meningkatkan pH limbah cair laundry.

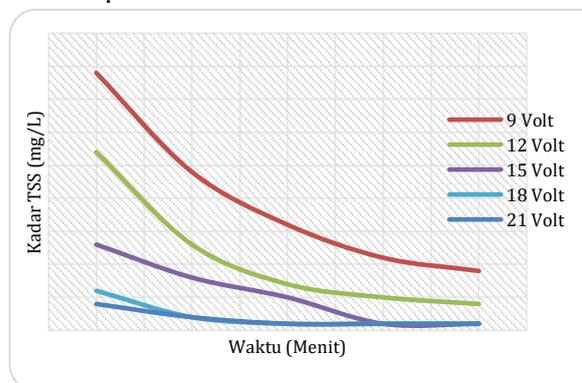
Reaksi pembentukan ion OH^- terjadi pada katoda yaitu sebagai berikut :



pH larutan yang basa menyebabkan terbentuknya ion $Al(OH)_4^-$ (Mondal, 2018).

Ion tersebut dapat menurunkan efisiensi proses elektrokoagulasi karena pembentukan koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ menjadi terhambat dan menambah beban pencemar terhadap air limbah. Kuantitas senyawa anorganik dan organik dalam limbah cair yang semakin bertambah banyak akan meningkatkan kebutuhan oksigen (COD) yang diperlukan untuk mereduksi senyawa-senyawa tersebut. Kadar COD terbaik dalam proses elektrokoagulasi terdapat pada tegangan 21 Volt dan waktu kontak selama 120 menit yaitu sebesar 199,3 mg/L dengan presentase removal COD 74,8%. Kadar COD tersebut sudah memenuhi baku mutu yang diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak terhadap Kadar TSS Limbah Cair Laundry



Gambar 3 Pengaruh tegangan dan waktu terhadap kadar TSS

Seiring dengan besarnya tegangan dan lamanya waktu kontak yang digunakan maka memperkecil konsentrasi TSS pada limbah (Gambar 3). Menurut Hukum I Faraday, waktu elektrolisis sebanding dengan berat logam yang terelektrolisis. Semakin besar waktu yang digunakan pada proses elektrolisis yang terjadi maka semakin besar logam Al yang terelektrolisis sehingga semakin besar pula kecenderungan logam tersebut dalam memproduksi koagulan dalam wujud $\text{Al}(\text{OH})_3$. Koagulan mengikat polutan sehingga membentuk flok. Semakin lama waktu yang diperlukan untuk proses elektrokoagulasi maka terjadi peningkatan massa flok yang terbentuk. Jumlah koagulan yang cukup dapat meningkatkan efisiensi

dalam penyisihan polutan. Selain itu, tegangan yang semakin besar serta semakin lama waktu dapat meningkatkan produksi gas hidrogen.

Produksi gas hidrogen yang banyak akan meningkatkan partikel pengotor yang terangkat ke permukaan limbah sehingga air limbah tampak lebih jernih dan kekeruhannya mengalami penurunan. Kadar TSS terbaik pada proses elektrokoagulasi tersebut terdapat pada tegangan 18 Volt dan waktu kontak selama 180 menit yaitu sebesar 1 mg/L dengan presentase removal TSS sebesar 99,4%. Kadar tersebut sudah memenuhi dengan baku mutu yang diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengurangi kadar COD serta TSS pada air limbah laundry sehingga sesuai baku mutu limbah laundry yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Kadar COD terbaik dalam proses elektrokoagulasi terdapat pada tegangan 21 Volt dan waktu kontak selama 120 menit yaitu sebesar 199,3 mg/L dengan presentase removal COD 74,8%. Kadar TSS terbaik dalam proses elektrokoagulasi terdapat pada tegangan 18 Volt dan waktu kontak selama 180 menit yaitu sebesar 1 mg/L dengan presentase removal TSS sebesar 99,4%. Pengembangan penelitian dapat dilakukan yaitu penelitian kedepannya disarankan untuk melakukan penelitian dengan peubah jenis elektroda sehingga dapat diketahui jenis elektroda yang tepat dalam mengolah limbah cair industry laundry menggunakan metode elektrokoagulasi dengan efisiensi removal yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asaithambi, P., Govindarajan, R., Yesuf, M. B., Selvakumar, P., & Alemayehu, E. (2020). Investigation of direct and alternating current–electrocoagulation process for the treatment of distillery industrial effluent: studies on operating parameters. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 104811. doi:10.1016/j.jece.2020.104811
- Aufar, D.V.G. & Muzayanah, M.T., 2020, ‘Analisis Kualitas Air Sungai Pada

- Aliran Sungai Kali Surabaya', *Swara Bhumi*, Vol. 1, No. 1.
- Barişçi, S., & Turkay, O. (2016). Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybrid electrode combinations. *Journal of Water Process Engineering*, 10, 56–66. doi:10.1016/j.jwpe.2016.01.015
- Firmansyah, Y.W., Setiani, O. & Darundiati, Y.H., 2021, 'Kondisi Sungai di Indonesia Ditinjau dari Daya Tampung Beban Pencemaran: Studi Literatur', *Jurnal Serambi Engineering*, Vol. 6, No. 2.
- Gasmi, A., Ibrahim, S., Elboughdiri, N., Tekaya, M.A., Ghernaout, D., Hannachi, A., Mesloub, A., Ayadi, B. and Kolsi, L., 2022, 'Comparative study of chemical coagulation and electrocoagulation for the treatment of real textile wastewater: Optimization and operating cost estimation', *ACS omega*, Vol. 7, No. 26, pp.22456-22476.
- Gemala, M & Oktarizal, H, 2019, 'Rancang Bangun Alat Penyaringan Air Limbah Laundry', *Chempublish Journal*, Vol. 4, No. 1, pp. 38-43.
- Katam, K., & Bhattacharyya, D. (2017). Biodegradation of Laundry Wastewater Under Aerobic and Anaerobic Conditions: A Kinetic Evaluation. *Water Environment Research*, 89(12), 2071–2077. doi:10.2175/106143017x14902968254638
- Liu, Y., Zhang, X., Jiang, W., Wu, M., & Li, Z., 2021, 'Comprehensive Review of Floc Growth and Structure Using Electrocoagulation: Characterization, Measurement, and Influencing Factors', *Chemical Engineering Journal*, Vol. 417
- Mondal, S 2018, *Advances in Dye Removal Technologies*, Springer Nature Singapore, Beach Road.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang BakuMutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Ridantami, V., Wasito, B. and Prayitno, P., 2017. Pengaruh Tegangan Dan Waktu Pada Pengolahan Limbah Radioaktif Uranium Dan Thorium Dengan Proses Elektrokoagulasi. *Jurnal Forum Nuklir*, Vol. 10, No. 2, pp. 102-10.
- Safwat, S. M. (2020). Treatment of real printing wastewater using electrocoagulation process with titanium and zinc electrodes. *Journal of Water Process Engineering*, 34, 101137. doi:10.1016/j.jwpe.2020.101137
- Srivastava, S., 2010, *Novel Biomaterials Decontamination of Toxic Metals from Wastewater*, Springer Verlag Berlin, Berlin.
- Tavangar, T., Jalali, K., Alaei Shahmirzadi, M. A., & Karimi, M. (2019). Toward real textile wastewater treatment: Membrane fouling control and effective fractionation of dyes/inorganic salts using a hybrid electrocoagulation – Nanofiltration process. *Separation and Purification Technology*, 216, 115–125. doi:10.1016/j.seppur.2019.01.070
- Vepsäläinen, M., 2012, *Electrocoagulation in the Treatment of Industrial Waters And Wastewaters*, VTT, Finlandia.