

Nomor Urut: 109 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/XII/2022

Laporan Tugas Akhir

**PERENCANAAN DESAIN *SLUDGE TREATMENT PLANT*
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
INDUSTRI KECAP DAN SIRUP
PT. X KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR**



Disusun oleh:

Handika Ezha Pradana

21080119130044

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2023

HALAMAN PENGESAHAN

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir dengan judul:

**PERENCANAAN DESAIN *SLUDGE TREATMENT PLANT*
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) INDUSTRI KECAP
DAN SIRUP PT. X KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR**

Disusun oleh:

Handika Ezha Pradana 21080119130044

Telah disetujui dan disahkan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 22 November 2023

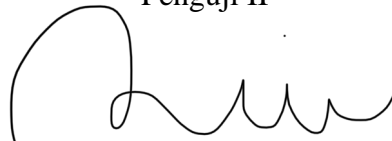
Menyetujui

Penguji I



Dr. Ing. Sudarno, S.T., M.Sc.
197401311999031003

Penguji II



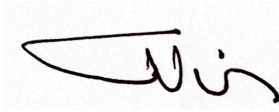
Prof. Ir. Mochamad Arief Budihardjo,
S.T., M.Eng.Sc, Env.Eng, Ph.D.,
IPM., ASEAN Eng.
197409302001121002

Pembimbing I



Junaidi, S.T., M.T.
196609011998021001

Pembimbing II



Wiharyanto Oktiawan S.T., M.T.
197310242000031001

Mengetahui

Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Ing. Sudarno, S.T., M.Sc.
197401311999031003

ABSTRAK

PT. X merupakan industri FMCG yang produk utamanya adalah kecap dan sirup. Salah satu pabrik produksinya berada di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Dalam pengolahan air limbah dihasilkan lumpur dengan jumlah yang tidak sedikit. Produksi *cake* lumpur diketahui mencapai 6 ton per hari dengan kadar air yang sangat tinggi yaitu 90,68 %. Ketidakefektifan dalam pengolahan lumpur menyebabkan target kadar air tidak dapat tercapai. Sehingga lumpur menjadi sulit untuk diolah lebih lanjut dan biaya pengolahan lumpur akan meningkat secara signifikan. Pengolahan lumpur yang dilakukan memakan lebih dari 60 % biaya operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mencapai target dari pengolahan lumpur baik secara teknis maupun ekonomis. Perencanaan dilakukan dengan *green technology* dan *resource recovery*. Metode *electro-dewatering* (EDW) dipilih untuk meningkatkan dewaterabilitas air dengan mempertimbangan hasil olahan dan proses yang berlangsung. EDW terjadi akibat adanya penerapan medan listrik pada lumpur melalui elektroda. EDW menghasilkan lumpur yang lebih bersih karena tidak memerlukan bahan kimia/polimer tambahan dalam pengaplikasiannya. Sedangkan untuk *resource recovery* berdasarkan kondisi eksisting direncanakan metode *Hidrothermal Carbonization* (HTC). Dengan perencanaan ini, pengolahan lumpur dapat berjalan dengan optimal, biaya pengolahan lumpur berkurang, dan lumpur diolah lebih lanjut menjadi sumber daya yang berharga.

Kata Kunci: EDW, kadar air, industri kecap dan sirup, *resource recovery*, unit pengolahan lumpur

ABSTRACT

PT. X is an FMCG industry whose main products are soy sauce and syrup. One of the production factories is in Pasuruan Regency, East Java. In wastewater processing, quite large amounts of sludge are produced. Sludge cake production is known to reach 6 tons per day with a high moisture content of 90.68%. Non-optimality in sludge processing causes the target water content to not be achieved. So the sludge becomes difficult to process further and the cost of sludge processing will increase significantly. Sludge processing takes up more than 60% of the operational costs of Wastewater Treatment Plants (WWTP). The aim of this planning is to achieve the target of sludge processing both technically and economically. Planning is carried out with green technology and resource recovery. The electro-dewatering (EDW) method was chosen to increase the dewaterability of water by considering the results and the ongoing process. EDW occurs due to the application of an electric field to the sludge through electrodes. EDW produces cleaner sludge because it does not require additional chemicals/polymers in its application. Meanwhile, for resource recovery based on existing conditions, the Hydrothermal Carbonization (HTC) method is planned. With this planning, sludge processing can run optimally, sludge processing costs are reduced, and sludge is further processed into a valuable resource.

Keywords: *EDW, moisture content, soy sauce and syrup industry, resource recovery, sludge treatment*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. X merupakan industri FMCG yang produk utamanya adalah kecap dan sirup. Berdasarkan laporan bulanan PT. X tahun 2022, proses pengolahan air limbah menghasilkan *cake* lumpur sebanyak 6 ton per hari. Hasil pengujian menunjukkan nilai kadar air lumpur *dewatering* sebesar 90,68 % (Anonim, 2022). Ketidakefektifan dalam proses pengolahan menyebabkan target kadar air lumpur tidak dapat tercapai. Lumpur menjadi sulit untuk diolah lebih lanjut dan biaya operasional meningkat secara signifikan. Secara keseluruhan proses pengolahan lumpur memerlukan lebih dari 60 % total biaya operasional. Rata-rata biaya *dewatering* dan pengolahan lumpur tiap bulan yang dikeluarkan perusahaan pada tahun 2022 mencapai Rp. 97.246.953,16.

Electro-dewatering (EDW) merupakan proses *hybrid* yang dinilai efektif dalam meningkatkan efisiensi pengeringan lumpur (Mahmoud et al, 2013). EDW dapat digunakan untuk meningkatkan *mechanical dewatering* seperti filtrasi dan centrifugasi (Dizon & Orazem, 2020). Konsumsi energi EDW kurang dari 50 % jika dibandingkan metode *thermal dewatering* (Mahmoud et al, 2011). Dalam proses EDW, medan listrik diaplikasikan ketika pembebanan berjalan untuk meningkatkan efisiensi proses pemisahan lumpur, meningkatkan kandungan padatan kering, dan mempercepat kinetika *dewatering* (Mahmoud et al, 2016). EDW mengurangi kadar air secara efisien hingga di bawah 60 % berat lumpur dan menghasilkan lumpur kering yang lebih bersih (Zhang et al, 2017).

Redesain dan optimalisasi unit pengolahan lumpur diperlukan untuk memperoleh lumpur *dewatering* dengan kadar air rendah dan mewujudkan paradigma limbah sebagai sumber daya. Dalam perencanaan ini digunakan metode *electro-dewatering* (EDW) dan *resource recovery*. Sehingga pengolahan lumpur dapat berjalan dengan optimal, biaya pengolahan lumpur berkurang, dan lumpur dapat diolah lebih lanjut menjadi sumber daya yang berharga.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, identifikasi masalah pada perencanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Unit pengolahan lumpur tidak berfungsi dengan baik sehingga kadar air lumpur hasil pengolahan masih sangat tinggi.
- b. Biaya pengolahan dapat ditekan dengan pengurangan berat lumpur melalui proses *dewatering* yang optimal.
- c. *Electro-dewatering* (EDW) merupakan metode pengeringan lumpur dengan memanfaatkan arus listrik untuk mengurangi kadar air.
- d. Belum adanya upaya untuk melakukan pemanfaatan lumpur lebih lanjut menjadi sumber daya berharga.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka dirumuskan masalah pada perencanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Apakah tegangan dan pembebanan berpengaruh dalam proses *electro-dewatering* (EDW) terhadap pengurangan kadar air pada lumpur IPAL industri kecap dan sirup?
- b. Bagaimana desain unit pengolahan lumpur IPAL industri kecap dan sirup?
- c. Bagaimana perencanaan metode *resource recovery* lumpur *dewatering* IPAL industri kecap dan sirup?
- d. Berapa penghematan operasional dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan unit pengolahan lumpur IPAL industri kecap dan sirup?

1.4 Rumusan Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka dirumuskan tujuan pada perencanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh tegangan dan pembebanan dalam proses *electro-dewatering* (EDW) terhadap pengurangan kadar air pada lumpur IPAL industri kecap dan sirup.
- b. Merancang desain unit pengolahan lumpur IPAL industri kecap dan sirup.

- c. Merencanakan metode *resource recovery* lumpur *dewatering* IPAL industri kecap dan sirup.
- d. Menghitung penghematan operasional dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan unit pengolahan lumpur IPAL industri kecap dan sirup.

1.5 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam perencanaan unit pengolahan lumpur industri kecap dan sirup terdiri dalam tiga ruang lingkup sebagai berikut:

1. Ruang Lingkup Kajian

Perencanaan bangunan pengolahan lumpur industri kecap dan sirup difokuskan untuk mengkaji hal-hal berikut:

- a. Kajian mengenai pengaruh tegangan dan pembebanan dalam proses *electro-dewatering* (EDW) terhadap pengurangan kadar air pada lumpur IPAL industri kecap dan sirup.
- b. Kajian mengenai desain unit pengolahan lumpur IPAL industri kecap dan sirup.
- c. Kajian mengenai metode *resource recovery* lumpur *dewatering* IPAL industri kecap dan sirup.
- d. Kajian mengenai penghematan operasional dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan unit pengolahan lumpur IPAL industri kecap dan sirup.

2. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah perencanaan sistem pengolahan lumpur pada tugas akhir ini adalah desain unit pengolahan lumpur dengan penerapan proses *electro-dewatering* (EDW) dan *resource recovery* industri kecap dan sirup di PT. X Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

3. Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang lingkup perencanaan desain unit pengolahan lumpur IPAL industri kecap dan sirup ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan data primer dan data sekunder.
- b. Mengolah dan analisis data yang dikumpulkan.

- e. Menganalisis pengaruh tegangan dan pembebanan dalam proses *electro-dewatering* (EDW) terhadap pengurangan kadar air.
- c. Menghitung volume lumpur dan *mass balance* IPAL.
- d. Merancang desain unit pengolahan lumpur IPAL.
- e. Merencanakan metode *resource recovery* lumpur *dewatering*.
- f. Menghitung penghematan operasional dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan unit pengolahan lumpur IPAL.

1.6 Rumusan Manfaat

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari perencanaan desain unit pengolahan lumpur IPAL industri kecap dan sirup ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Pengelola

Sebagai dasar pertimbangan untuk pengembangan terkait metode *residual management and recovery*. Selain itu, dapat menjadi pertimbangan metode pengolahan lumpur yang bisa diterapkan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri kecap dan sirup.

2. Bagi Universitas dan Pihak Luar

Sebagai salah satu sumber literatur atau bahan pembelajaran terkait desain pengolahan lumpur dengan menerapkan proses *electro-dewatering* (EDW) dan *resource recovery* pada industri kecap dan sirup.

3. Bagi Penulis

Sebagai pemenuhan tugas akhir dan merupakan sebuah karya yang berguna bagi penulis dimasa depan. Menjadi bukti dari sebuah ide yang melandasi perencanaan pengolahan lumpur secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2022. *Hasil Pengujian Kualitas Air Limbah PT. X Tahun 2022*.
- Anonim. 2022. *Laporan Bulanan WWTP PT. X Tahun 2022*.
- Anonim. 2022. *Manual Book for WWTP PT. X Tahun 2022*.
- Arakelian, R. J. G. 2019. *A Comparative Study of the Electro-dewatering of Pulp and Paper Mill Biosludge*. Tesis. Dikutip dari ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 22588625).
- APHA. 1999. *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*. Twentieth Edition.
- Brand, S., Hardi, F., Kim, J., Suh, D. J. 2014. *Effect of Heating Rate on Biomass Liquefaction: Differences Between Subcritical Water and Supercritical Ethanol*. *Energy* 68:420–7.
- Davis, M. L. 2010. *Water and Wastewater Engineering Design Principle and Practice*. Fourth Edition. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Davis, M. L. dan Cornwell, D. A. 2013. *Introduction to Environmental Engineering*. Fifth Edition. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Daneshmand, T. N. 2014. *Electro-dewatering Process Parameters Affecting Dewaterability and Microbiological Quality of Residual Biosolids*. Tesis. Dikutip dari ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 28254133).
- Deviatkin, I., Lyu, L., Chen, S., Havukainen, J., Wang, F., Horttanainen, M. 2019. *Technical Implications and Global Warming Potential of Recovering Nitrogen Released During Continuous Thermal Drying of Sewage Sludge*. *Waste Manag.* 90, 132–140.
- Ding, A., Zhang, R., Ngo, H. H., He, X., Ma, J., Nan, J., Li, G. 2021. *Life Cycle Assessment of Sewage Sludge Treatment and Disposal Based on Nutrient and Energy Recovery: A Review*. *Science of the Total Environment*. 769.
- Ding, N., Peng, C., Ren, Y., Liu, Y., Wang, P., Dong, L., Liu, H., Wang, D. 2018. *Improving The Dewaterability of Citric Acid Wastewater Sludge by Fenton Treatment*. *J. Clean. Prod.* 196, 739–746.
- Dizon, A. dan Orazem, M. E. 2020. *Advances and Challenges of Electrokinetic Dewatering of Clays and Soils*. *Curr. Opin. Electrochem.* 22, 17–24.

- Hamalainen, A., Kokko, M., Kinnunen, V., Hilli, T., Rintala. 2022. *Hydrothermal Carbonization of Pulp and Paper Industry Wastewater Treatment Sludges - Characterization and Potential Use of Hydrochars and Filtrates*. *Bioresource Technology*. 355, 127258.
- Hamalainen, A., Kokko, M., Kinnunen, V., Hilli, T., Rintala. 2021. *Hydrothermal Carbonisation of Mechanically Dewatered Digested Sewage Sludge - Energy and Nutrient Recovery in Centralised Biogas Plant*. *Water Research*. 201, 117284.
- Harrison, E. Z., Oakes, S. R., Hysell, M., Hay, A. G. 2006. *Organic Chemicals in Sewage Sludges*. *Sci. Total Environ*. 367, 481–497.
- Lynam JG, Coronella CJ, Yan W, Reza MT, Vasquez VR. 2011. *Acetic Acid and Lithium Chloride Effects on Hydrothermal Carbonization of Lignocellulosic Biomass*. *Bioresour Technol* 102:6192–9.
- Mahmoud, A., Hoadley, A. F. A., Citeau, M., Sorbet, J. M., Olivier, G., Vaxelaire, J., Olivier, J. 2018. *A Comparative Study of Electro-Dewatering Process Performance for Activated and Digested Wastewater Sludge*. *Water Res*. 129, 66–82.
- Mahmoud, A., Hoadley, A. F. A., Conrardy, J. B., Olivier, J., Vaxelaire, J. 2016. *Influence of Process Operating Parameters on Dryness Level and Energy Saving During Wastewater Sludge Electro-Dewatering*. *Water Res*. 103, 109–123.
- Mahmoud, A., Olivier, J., Vaxelaire, J., Hoadley, A. F. A. 2013. *Advances in Mechanical Dewatering of Wastewater Sludge Treatment*. In: Sharma, S.K., Sanghi, R. (Eds.), *Wastewater Reuse and Management*. Springer, London, pp. 253–303.
- Mahmoud, A., Olivier, J., Vaxelaire, J., Hoadley, A. F. A. 2011. *Electro-Dewatering of Wastewater Sludge: Influence of The Operating Conditions and Their Interactions Effects*. *Water Res*. 45 (9), 2795–2810.
- Mahmoud, A., Olivier, J., Vaxelaire, J., Hoadley, A. F. A. 2010. *Electrical Field: A Historical Review of Its Application and Contributions in Wastewater Sludge Dewatering*. *Water Res*. 44 (8), 2381–2407.
- Nakakubo, T., Tokai, A., Ohno, K. 2012. *Comparative Assessment of Technological Systems for Recycling Sludge and Food Waste Aimed At Greenhouse Gas Emissions Reduction and Phosphorus Recovery*. *J. Clean. Prod*. 32, 157–172.

- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, D. S. 2004. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Fourth Edition. McGraw-Hill, New York.
- Paiboonudomkarn, S., Wantala, K., Lophoo, Y., Khunphonoi, R. 2023. *Conversion of Sewage Sludge from Industrial Wastewater Treatment to Solid Fuel Through Hydrothermal Carbonization Process*. *Materials Today: Proceedings*. 75, 85-90.
- Peavy, H. S., Rowe, D. R., Tchobanoglous, G. 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill Book Company, New York
- Peirce, J. J., Weiner, R. F., Vesilind P. A. 1997. *Environmental Pollution and Control*. Fourth Edition. Elsevier Science & Technology Books.
- Reynold, T. D. dan Richards, P. A. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Second Edition. PWS Publishing Company, Boston.
- Robbiani, Z. 2013. *Hydrothermal Carbonization of Biowaste/Fecal Sludge. Conception and Construction of A HTC Prototype Research Unit for Developing Countries*. Switzerland: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- Rovira, J., Mari, M., Nadal, M., Schuhmacher, M., Domenitgo, J. L. 2011. *Use of Sewage Sludge as Secondary Fuel in A Cement Plant: Human Health Risks*. *Environ. Int.* 37, 105–111.
- Sperling, V. M., Andreoli, V. A., Fernandes, F. 2007. *Biological Wastewater Treatment Series Volume 6: Sludge Treatment and Disposal*. IWA Publishing, London.
- Özyazici, M. A. 2013. *Effects of Sewage Sludge on The Yield of Plants in The Rotation System of Wheat-White Head Cabbage-Tomato*. *Eurasian J. Soil Sci.* 2, 35–44.
- Qasim, S. R. dan Zhu, G. 2018. *Wastewater Treatment and Reuse Theory and Design Examples Volume 2: Post-Treatment, Reuse, and Disposal*. CRC Press, New York.
- Wang, L., Chang, Y., Li, A. 2019. *Hydrothermal Carbonization for Energy-Efficient Processing of Sewage Sludge: A Review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 108, 423-440.
- Wang, R., Lin, K., Ren, D., Peng, P., Zhao, Z., Yin, Q., Gao, P. 2022. *Energy Conversion Performance in Co-Hydrothermal Carbonization of Sewage Sludge and Pinewood Sawdust Coupling with Anaerobic Digestion of the Produced Wastewater*. *Science of the Total Environment* 803, 149964.

- Weiner, R. F. dan Matthews, R. 2003. *Environmental Engineering*. Fourth Edition. Elsevier Science & Technology Books.
- Ya, J. 2017. *Electro-dewatering Treatment of Pulp and Paper Mill Biosludge: The Effects of Conditioners*. Tesis. Dikutip dari ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 10636784).
- Zhang, S., Yang, Z., Lv, X., Zhi, S., Wang, Y., Li, Q., Zhang, K. 2017. *Novel Electrodewatering System for Activated Sludge Biosolids in Bench-Scale, Pilot-Scale and Industrial-Scale Applications*. Chem. Eng. Res. Des. 121, 44–56.
- Zhang, Q., Cui, G., He, X., Wang, Z., Tang, T., Zhao, Q., Liu, Y./2022/*Effect of Voltage and Pressure on Sludge Electro-dewatering Process and The Dewatering Mechanism Investigation*. Environmental Research. 212, 113490.
- Zhao, J., Liu, C., Hou, T., Lei, Z., Yuan, T., Shimizu, K., Zhang, Z. 2022. *Conversion of Biomass Waste to Solid Fuel via Hydrothermal Co-Carbonization of Distillers Grains and Sewage Sludge*. Bioresource Technology. 345, 126545.