

BAB XII

DISKUSI DAN KESIMPULAN

XII.I. Diskusi

Proses pendirian pabrik *Sodium Carboxymethyl Cellulose* (Na-CMC) diawali melalui serangkaian analisis yang mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, potensi pasar, dan kondisi eksisting industri serupa. Pemilihan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku utama dinilai sangat bernilai ekonomis mengingat TKKS merupakan limbah padat yang melimpah di Indonesia namun belum dimanfaatkan secara optimal. Pendirian pabrik Na-CMC ini tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri yang selama ini sebagian besar masih bergantung pada impor tetapi juga untuk meningkatkan nilai tambah limbah biomassa lokal melalui konversi menjadi produk kimia bernilai tinggi.

Kelayakan pabrik Na-CMC dengan bahan baku TKKS dapat ditinjau melalui hal berikut:

1. Bahan Baku

Bahan baku berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dinilai sangat ekonomis karena merupakan limbah padat dari industri kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah namun masih kurang dimanfaatkan secara optimal. TKKS yang biasanya hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler atau ditinggalkan di perkebunan sebenarnya memiliki potensi yang jauh lebih besar jika diolah menjadi produk-produk bernilai tambah seperti bahan baku sintesis, salah satunya adalah bahan untuk produksi Na-CMC.

2. Proses dan Produk

Produksi Na-CMC dari TKKS terdiri dari dua tahap utama, yaitu pre-treatment dan sintesis. Pada tahap pre-treatment, TKKS mengalami proses pencabikan, pencucian, pengeringan, pengecilan ukuran, bleaching, dan delignifikasi untuk menghasilkan serat selulosa yang bersih dan siap diproses. Selanjutnya, pada tahap sintesis, serat selulosa dialkalisasi dengan NaOH untuk meningkatkan reaktivitasnya, kemudian dilakukan eterifikasi hingga terbentuk slurry Na-CMC. Slurry ini kemudian difiltrasi,

dicuci dengan etanol, dan dikeringkan untuk menghasilkan produk Na-CMC padat dengan kemurnian tinggi.

3. Lokasi

Pabrik Na-CMC ini berlokasi di Kawasan Industri Krakatau, Cilegon, Banten. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada berbagai pertimbangan, seperti ketersediaan bahan baku, potensi pasar, pasokan energi dan air, kondisi iklim, kemudahan transportasi, sistem pembuangan limbah, ketersediaan tenaga kerja, regulasi serta pajak, karakteristik wilayah, faktor sosial dan komunitas, letak geografis, serta potensi pengembangan area pabrik. Seluruh faktor tersebut telah dibahas secara rinci dalam BAB VI.

4. Ekonomi

Kelayakan pabrik Na-CMC dari segi ekonomi dianalisis menggunakan metode *Discounted Cash Flow* yang mencakup berbagai indikator finansial penting. Berdasarkan hasil analisa, pabrik ini dinilai layak untuk dijalankan dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Laju Pengembalian Modal Investasi (ROI) sesudah pajak sebesar 24,38% yang mana lebih besar dari suku bunga bank 8%.
- Laju Pengembalian Ekuitas (ROE) sesudah pajak tercatat sebesar 38,45% sehingga hal ini mengindikasikan bahwa pengembalian modal terhadap dana ekuitas sangat menguntungkan bagi investor.
- Waktu Pengembalian Modal (POT) sesudah pajak diperkirakan selama 4 tahun 5 bulan, yang masih berada di bawah umur rencana operasional pabrik, yaitu 10 tahun, sehingga memperkuat kelayakan investasi dari aspek waktu pengembalian modal.
- Titik Impas (BEP) berada pada angka 47,32%, yang berarti pabrik hanya perlu menjual sekitar 47% dari kapasitas produksinya untuk menutup seluruh biaya tetap dan variabel. Nilai ini termasuk dalam kisaran BEP yang ideal (40–60%), menunjukkan bahwa risiko usaha tergolong moderat dan masih dalam batas aman.

Berdasarkan hasil analisa tersebut, dapat disimpulkan bahwa prarencana pabrik Na-CMC dari TKKS layak untuk didirikan.

XII.2. Kesimpulan

Nama Perusahaan : PT AgroCycle CMC

Kapasitas : 4.500 ton/tahun

Bahan Baku : Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sistem Operasi : Kontinyu

Utilitas

- Air : Air sanitasi = 5,896 m³/hari
Air Proses = 1.031,7840 m³/hari
Air Pendingin = 37,1856 m³/hari
Air Umpan Boiler = 8.590,7952 m³/hari

- Listrik : 2.957,7067 kW

- Bahan Bakar : *Industrial Diesel Oil* (IDO)

Jumlah Tenaga Kerja : 149 orang

Lokasi Pabrik : Jl. Asia Raya Warnasari, Kota Cilegon, Banten.

Analisa Ekonomi dengan Menggunakan Metode *Discounted Cash Flow*

- *Rate of Return Investment* (ROI) sebelum pajak : 30,05%
- *Rate of Return Investment* (ROI) setelah pajak : 24,38%
- *Rate of Return Equity* (ROE) sebelum pajak : 48,00%
- *Rate of Return Equity* (ROE) setelah pajak : 38,45%
- *Pay out Time* (POT) sebelum pajak : 3 tahun 9 bulan
- *Pay out Time* (POT) setelah pajak : 4 tahun 5 bulan
- *Break Even Point* (BEP) : 47,32%

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, A. N., Purnamasari, I., & Hasan, A. (2023). Laju Pengeringan Pulp Dari Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Ampas Tebu Menggunakan Alat Tray Dryer. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 21654–21660.
- Amelia, S. R., Yerizam, M., & Dewi, E. (2021). Analisis Karakteristik Pulp Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pelepah Pisang dengan Pelarut NaOH. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 1(10), 389–393.
<https://doi.org/10.52436/1.jpti.91>
- Ardiyanita, P. Z., Sutriyo, S., & Suryadi, H. (2020). *Preparation And Characterization Of Sodium Carboxymethyl Cellulose From Kapok (Ceiba Pentandra) Alpha-Cellulose*. 12(1).
- Asoka, M. G., Abu, G. O., & Agwa, O. K. (2021). Proximate and Physicochemical Composition Of Oil Palm Empty Fruit Bunch. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 17(1), 026–032. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2021.17.1.0299>
- Audria, M. R., Joko, T., & Sulistiyan, S. (2019). The Effectiveness of Poly Aluminium Chloride (PAC) on Chemical Oxygen Demand (COD) Levels of Laundry Wastewater in Batam City, Indonesia. November, 120–126.
<https://doi.org/10.22161/ijeab>
- Aziz, N., Effendy, N., & Basuki, K. T. (2017). Comparison of Poly Aluminium Chloride (PAC) and Aluminium Sulphate Coagulants Efficiency in Waste Water Treatment Plant. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 2(1), 24–31.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Ching, Y. C., & Ng, T. S. (2014). Effect of preparation conditions on cellulose from oil

- palm empty fruit bunch fiber. *BioResources*, 9(4), 6373–6385.
<https://doi.org/10.15376/biores.9.4.6373-6385>
- Das, J. K., & Sandha, M. (2007). Design of Rapid Gravity Filter Using C Programming and Autocad Design of Rapid Gravity Filter Using. 10301013.
- Emilia, I., Liani Ardila, & Putri Anggraini. (2024). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Pupuk Kompos Di Desa Suka Damai Kecamatan Tunggal Jaya Musi Banyuasin. *Environmental Science Journal (Esjo) : Jurnal Ilmu Lingkungan*, 34–39. <https://doi.org/10.31851/esjo.v2i2.15870>
- Eonchemicals. (2022). Perhitungan blowdown Boiler untuk Mengetahui Kecepatan dan Durasinya. Available at:
<https://www.eonchemicals.com/artikel/perhitunganblowdown-boiler/> (Accessed: 17 May 2025)
- Fang, T. W., Asyikin, N. S. S. N., Shawkataly, A. K. H. P., Kassim, M. H. M., & Syakir, M. I. (2017). Water Absorption and Thickness Swelling of Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB) and Seaweed Composite for Soil Erosion Mitigation. *Journal of Physical Science*, 28(2), 1–17. <https://doi.org/10.21315/jps2017.28.2.1>
- Geankoplis, C. J. (1993). Transport Processes and Unit Operations (3rd ed.). Prentice-Hall International, Inc.
- Geankoplis, C. J. (2003). Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations). Prentice Hall.
- Geankoplis, C. J., Hersel, A. A., & Lepek, D. A. (2018). Transport Processes and Separation Process Principles (Fifth Edit). Pearson Education, Inc.
- Gilley, J. E., Kottwitz, E. R., & Wieman, G. A. (1992). Darcy - Weisbach Roughness Coefficients for Gravel and Cobble Surfaces. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 118(1), 104 – 112. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-)

9437(1992)118:1(104)

- Gwadera, M., & Kupiec, K. (2015). Investigation of water vapour adsorption on silica gel grains coated on a metal pipe. *Adsorption Science and Technology*, 33(5), 499–511. <https://doi.org/10.1260/0263-6174.33.5.499>
- Handojo, L. A., Susanto, H., & Iryani, D. A. (2019). Pengaruh NaOH, Lignin dan Furfural terhadap Keseimbangan Uap-Cair Etanol-Air Hidrolisat Ethanosolv-pulping Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Kondisi Isobarik. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.14710/jksa.22.2.38-46>
- Harmaja Simatupang, Andi Nata, & Netti Herlina. (2012). Studi Isolasi Dan Rendemen Lignin Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(1), 20–24. <https://doi.org/10.32734/jtk.v1i1.1401>
- Hashmi, M., Ullah, S., Ullah, A., Akmal, M., Saito, Y., Hussain, N., Ren, X., & Kim, I. S. (2020). Optimized loading of carboxymethyl cellulose (Cmc) in tri-component electrospun nanofibers having uniform morphology. *Polymers*, 12(11), 1–12. <https://doi.org/10.3390/polym12112524>
- Hidayah, N., & Wusko, I. U. (2020). Characterization and Analysis of Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB) Waste of PT Kharisma Alam Persada South Borneo. *Majalah Obat Tradisional*, 25(3), 154–160. <https://doi.org/10.22146/mot.52715>
- Indriati, L., Elyani, N., & Dina, S. F. (2020). Empty fruit bunches, potential fiber source for Indonesian pulp and paper industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 980(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/980/1/012045>
- Isroi, & Cifriadi, A. (2018). The oxidation of cellulose from oil palm empty fruit bunch by using. *Jurnal Selulosa*, 8(2), 51–60.
- Jaeel, A. J., & Abdulkathum, S. (2018). Sustainable Pollutants Removal from Wastewater Using Sand Filter. *International Conference on Advances in*

Sustainable Engineering and Applications, ICASEA 2018 - Proceedings, 179–183.
<https://doi.org/10.1109/ICASEA.2018.8370979>

Joshi, M. V. (1976). *Process Equipment Design*. New Delhi: The Macmillan Company of India Limited.

Julianto, A., Rupiwardani, I., Sari, D., Studi, P. S., Lingkungan STIKes Widyagama Husada Malang, K., & Widyagama Husada Malang, Stik. (2023). Perbedaan Penurunan Kandungan Bakteri *Escherichia Coli* Dengan Pemberian Klorin Pada Limbah Cair Rsud Dr. H. Koesnadi Bondowoso. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(3), 2307–2313.

Lenntech. (2012). *Characteristics of Boiler Feedwater*. Available at:

<https://www.lenntech.com/applications/process/boiler/boiler-feedwatercharacteristics.htm> (Accessed: 15 May 2025)

Liu, Y., Sun, B., Zheng, X., Yu, L., & Li, J. (2018). Integrated microwave and alkaline treatment for the separation between hemicelluloses and cellulose from cellulosic fibers. *Bioresource Technology*, 247(August 2017), 859–863.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.059>

Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment And Resource Recovery* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Miedema, S. A. (2021). 4.5: The Shape Factor - Engineering LibreTexts. Available at: [https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Civil_Engineering/Book%3A_Slurry_Transport_\(Miedema\)/04%3A_The_Terminal_Settling_Velocity_of_Particles/4.05%3A_The_Shape_Factor](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Civil_Engineering/Book%3A_Slurry_Transport_(Miedema)/04%3A_The_Terminal_Settling_Velocity_of_Particles/4.05%3A_The_Shape_Factor) (Accessed: 20 May 2025)

Nafisah, A. R., Rahmawati, D., & Tarmidzi, F. M. (2022). Synthesis of cellulose nanofiber from palm oil empty fruit bunches using acid hydrolysis method.

Indonesian Journal of Chemical Science, 11(3), 233–240.

National Center for Forensic Science (NCFS). (2008). Thermal Properties: Material

Thermal Properties Database. Available at:

https://ncfs.ucf.edu/burn_db/Thermal_Properties/material_thermal.html

(Accessed: 25 April 2025)

Nie, X. N., Liu, J., She, D., Sun, R. C., & Xu, F. (2013). Physicochemical and Structural

Characterization of Hemicelluloses Isolated by Different Alcohols from Rice

Straw. *BioResources*, 8(2), 3817–3832. [https://doi.org/10.15376/biores.8.3.3817-](https://doi.org/10.15376/biores.8.3.3817-3832)

3832

Perry, R. H. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (Seventh Ed). The

McGraw-Hill Companies, Inc.,.

Perry, R. H. (2007). *Perry's Chemical Engineering Handbook* (6th ed.). McGraw-Hill.

Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (1991). *Plant Design And Economics*

for Chemical Engineers (4th ed.). McGraw-Hill.

Prasakti, L., Hartono, M., Jati, P. P., Setiaji, M. F., Wirawan, S. K., & Sudibyo, H.

(2020). Problem solving of isopropyl alcohol – Water azeotropic characteristics

using packed (Natural Zeolite) bed adsorber. *ASEAN Journal on Science and*

Technology for Development, 37(1), 21–27. <https://doi.org/10.29037/AJSTD.611>

Rajput, R. S. (2010). *Thermal Engineering*. Laxmi Publications.

Rao, M. R., Apparao, T., Raju, M. M., Balaji, K., & Rao, V. T. (2023). Analytical

Method Development For Iso Propyl Alcohol Content In Lysine Monohydrate By

GC-HS. 6(0000126136), 956–962.

Rohma, N. A., Suhartini, S., & Nurika, I. (2021). Chemical pre-treatments on oil palm

empty fruit bunches: Impacts on characteristics and methane potential. *IOP*

Conference Series: Earth and Environmental Science, 924(1).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/924/1/012071>

- Salimi, Y. K., Hasan, A. S., & Botutihe, D. N. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose Sodium (Na-CMC) dari Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Media Reaksi Etanol-Isobutanol. *Jambura Journal of Chemistry*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.34312/jambchem.v3i1.9288>
- Samah, S. D., Futery, R., Putri, G. R., & Armin, M. I. (2022). Karakterisasi Kimia CMC (Carboxymethyl Cellulose) Umbi Ganyong. *REACTOR: Journal of Research on Chemistry and Engineering*, 3(2), 72. <https://doi.org/10.52759/reactor.v3i2.61>
- Sembada, A. A. (2022). Delignification of Cinnamon Bark (*Cinnamomum verum*) with Pre-treatment by NaOH to Increase Cellulose and Hemicellulose Recovery. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 14(1), 73–76. <https://doi.org/10.25134/quagga.v14i1.4372>
- Septevani, A. A., Burhani, D., & Sudiyarmanto, S. (2018). Pengaruh Proses Pemutihan Multi Tahap Serat Selulosa Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 40(2), 71. <https://doi.org/10.24817/jkk.v40i2.3508>
- Silviana, S., & Purbasari, A. (2008). Pengambilan Air Dari Sistem Isopropil Alkohol – Air Dengan Distilasi Adsorptif Menggunakan Zeolit Alam Dan Silika Gel. *Reaktor*, 12(1), 29. <https://doi.org/10.14710/reaktor.12.1.29-32>
- Singh, R., Singh, J., Sonika, & Singh, H. (2022). Green synthesis of carboxymethyl cellulose from agricultural waste its characterization. *Journal of Physics: Conference Series*, 2267(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2267/1/012144>
- Sitepu, B., Hidayat, R., Azzahra, T. N., & Oktavianty, H. (2024). Sintesis Surfaktan Lauroil Etanolamida Berbasis Palm Kernel Oil (PKO) Sebagai Surfaktan Ramah Lingkungan. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, 8(1), 186–195. <https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/1823/1229>

- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M., & Swihart, M. T. (2018). Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics (8th ed.). McGraw-Hill Education
- Steam & Combustion Technology Inc. (2006). Common Boiler Formulas.
- Susi, S., Ainuri, M., Wagiman, W., & Fajar Falah, M. A. (2024). Enhanced Carboxymethyl Cellulose Based on Empty Fruit Bunches in a High Degree of Substitution and Thermal Stability as a Biocomposite Film Backbone. *International Journal of Chemical Engineering*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/3319401>
- Susi, S., Ainuri, M., Wagiman, W., & Falah, M. A. F. (2022). Effect of delignification and bleaching stages on cellulose purity of oil palm empty fruit bunches. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1116(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1116/1/012018>
- Syahputra, B., & Poedjiastoeti, H. (2022). Perancangan Bangunan Pengelolaan Air Minum (Issue August).
- Ugal, J. R., Hassan, K. H., & Ali, I. H. (2010). Preparation of type 4A zeolite from Iraqi kaolin: Characterization and properties measurements. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 9(1), 2–5. <https://doi.org/10.1016/j.jaubas.2010.12.002>
- Ulrich, G. D. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons, Inc.
- Wekridhany, G. A., Darni, Y., & Dewi, A. I. (2016). *Pengaruh Rasio Selulosa/Naoh Pada Tahap Alkalinisasi Terhadap Produksi Natrium Karboksimetil selulosa (Na-Cmc) Dari Residu Eucheuma Spinossum*.
- Worldwide, E. (2012). Material Safety Data Sheet Sodium Chlorite Solution. *Material Safety Data Sheet*, 4(2), 8–10. https://us.vwr.com/assetsvc/asset/en_US/id/16490607/contents

- Yaws, C. L. (1999). Chemical Properties Handbook. McGraw-Hill.
- Yuliasmi, S., Ginting, N., Wahyuni, H. S., Sigalingging, R. T., & Sibarani, T. (2019). The effect of alkalization on carboxymethyl cellulose synthesis from stem and peel cellulose of banana. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(22), 3874–3877. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.523>
- Zainol, M. M., Rasid, N. S. A., Asmadi, M., & Amin, N. A. S. (2021). Carboxymethyl cellulose synthesis from treated oil palm empty fruit bunch using ionic liquid and Hydrogen Peroxide. *ASEAN Engineering Journal*, 11(4), 80–88. <https://doi.org/10.11113/AEJ.V11.17866>
- Zhang, J., Li, D., Zhang, X., & Shi, Y. (1993). Solvent effect on carboxymethylation of cellulose. *Journal of Applied Polymer Science*, 49(4), 741–746. <https://doi.org/10.1002/app.1993.070490420>