

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI SELULOSA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) KAPASITAS PRODUKSI 90.000 TON/TAHUN

Evita Wahyu¹, Dimas Frananta Simatupang², Eva Nopiyanti Pohan³, Luri Adriani⁴

Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri, Medan, Indonesia^{1,2,4}

BSKJI Banda Aceh, Kementerian Perindustrian, Banda Aceh, Indonesia³

Corresponding Author: evitawpulangan@ptki.ac.id^{1*}

Info Artikel

Submitted: 12 April 2026

Revised : 10 Mei 2026

Accepted: 11 Juni 2026

Published: 19 Juni 2026

Keywords: Biodegradable;
Bioplastic; Cellulose; TKKS

Kata Kunci: Biodegradable;
Bioplastik; Selulosa; TKKS

Abstract

Pre plant design of Making Bioplastic from Empty Fruit Bunch of Palm Oil with capacities 90.000 ton/year. The main process is Addition Polymerization of Cellulose Acetate with Acetone as solvent and Glycerol to be a plasticizer. Plant location is planed at area Sei Mangkei Industrial Special Economic Zone (KEK), Simalungun, Bosar Maligas, North Sumatera, with land need area 27.057,60 m². Labor required is 244 people. From Industry is planed Limited Corporation (Co. Ltd) and functional structure is line and staff functional with leader by director. The analysis result of economic aspect is obtain profit margin (PM) 40,53% and break even point (BEP) 12,52%. From the analyze result of economic aspect, so that plant design of manufacturing Bioplastics from Empty Fruit Bunch of Palm Oil is feasible to be founded.

Abstrak

Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Bioplastik dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) ini direncanakan berproduksi dengan kapasitas 90.000 ton/tahun. Proses yang digunakan adalah Proses Polimerisasi Adisi Selulosa Asetat dengan Aseton sebagai pelarut dan Gliserol sebagai pemlastis. Lokasi pabrik yang direncanakan di daerah Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Sei Mangkei, Kabupaten Simalungun, Kecamatan Bosar Maligas, Provinsi Sumatera Utara, dengan luas tanah yang dibutuhkan sebesar 27.057,60 m². Tenaga kerja yang dibutuhkan untuk mengoperasikan pabrik sebanyak 244 orang. Bentuk badan usaha yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasinya adalah fungsional dan staf yang dipimpin oleh direktur. Hasil analisa terhadap aspek ekonomi diperoleh profit margin (PM) 40,53% dan break even point (BEP) 12,52%. Berdasarkan hasil analisa ekonomi yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Pembuatan Bioplastik dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) layak untuk didirikan.

Publisher: UPPM Politeknik Teknologi Kimia Industri

Licensed: This work is licensed under a [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

[Attribution-ShareAlike 4.0 International License \(CC BY-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang melakukan pengembangan di segala bidang, salah satunya adalah pengembangan di bidang industri termasuk industri kimia.

***PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI SELULOSA TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT (TKKS) KAPASITAS PRODUKSI 90.000 TON/TAHUN***

Evita Wahyu ¹, Dimas Frananta Simatupang ², Eva Nopiyanti Pohan ³, Luri Adriani ²

Indonesia sebagai negara agraris masih menjadikan pertanian sebagai komoditas utama dalam usaha dan profesi. Pada saat ini, Indonesia masih mengimpor dalam jumlah yang cukup besar dari negara lain untuk pemenuhan kebutuhan plastik. Kebutuhan plastik terus bertambah seiring dengan perkembangan industri-industri di Indonesia. Tingkat konsumsi plastik di Indonesia cukup tinggi meskipun banyak pabrik yang memproduksi plastik. Namun untuk memenuhi kebutuhan tersebut, sampai sekarang Indonesia masih cenderung mengandalkan impor plastik yang menyebabkan berkurangnya devisa negara.

Plastik merupakan bahan yang sangat diperlukan bagi kehidupan manusia dan telah berkembang menjadi industri besar, sangat populer digunakan karena memiliki beberapa keunggulan yaitu: fleksibel, transparan, tidak mudah pecah, dapat dikombinasikan dengan kemasan lain dan tidak korosif (Rosmainar et al., 2021). Namun penggunaan plastik sebagai bahan pengemas makanan memiliki kekurangan, dimana polimer plastik tidak tahan terhadap panas dan dapat mencemari produk karena terjadinya proses migrasi komponen monomernya sehingga berdampak terhadap keamanan dan kesehatan konsumen (Arpah et al., 2024). Plastik konvensional (non-biodegradable) memiliki bahan dasar Phtalat Ester (PE) yang bersifat stabil dan sukar diuraikan oleh mikroorganisme. Makanan yang dikemas dengan plastik akan mengalami migrasi zat monomer dari bahan plastik ke dalam makanan, terutama jika kemasan tidak cocok dengan karakteristik makanan tersebut (Tanzer et al., 2025).

Konsumsi minyak dunia menunjukkan bahwa sekitar 8% digunakan untuk memproduksi plastik, dan hampir seluruh plastik modern berasal dari bahan baku petrokimia berbasis minyak bumi. Selain itu, ketergantungan industri plastik terhadap minyak fosil yang cenderung konstan tiap tahunnya akan berpotensi mempercepat penurunan cadangan energi global (Ganefati et al., 2024; Hidayat & Kusmiyati, 2025; Yue et al., 2023). Jumlah impor plastik dalam bentuk lembaran maupun film cenderung mengalami peningkatan dan merupakan salah satu dari 190 jenis barang impor utama Indonesia. Berdasarkan data Tabel 1 di bawah ini kebutuhan impor plastik di Indonesia sangat besar tiap tahunnya.

Tabel 1 Data Impor Plastik Lembaran di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2012	127.130,1
2013	126.869,3
2014	135.003,6
2015	126.924,4

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI SELULOSA TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT (TKKS) KAPASITAS PRODUKSI 90.000 TON/TAHUN**

Evita Wahyu ¹, Dimas Frananta Simatupang ², Eva Nopiyanti Pohan ³, Luri Adriani ²

2016	154.542,3
------	-----------

(Sumber: Kemendag RI, 2017)

Kecenderungan perkembangan impor plastik di Indonesia dari tahun 2012-2016 sebesar 3,99%. Ketergantungan produk plastik dari negara lain ini tidaklah menguntungkan karena jika timbul gejolak harga di negara lain maka harga barang-barang yang menggunakan plastik akan ikut terpengaruh. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) mengandung selulosa yang tinggi dan dapat dimanfaatkan menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi. Produksi kelapa sawit di Sumatera Utara dari tahun 2014 hingga 2018 mengalami peningkatan dengan tingkat produksi yang sangat tinggi dapat dilihat pada Tabel 2. Sebanyak sekitar 24–25% dari total produksi kelapa sawit merupakan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang dihasilkan sebagai produk samping dari proses pengolahan. Namun, pemanfaatan TKKS masih belum optimal karena sebagian besar masih menjadi limbah, dan hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler maupun kompos (Ananda et al., 2023; Gunawan et al., 2024; Hary et al., 2025).

Tabel 2 Data Produksi Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera Utara

Tahun	Produksi Kelapa Sawit (Ton)	TKKS (Ton)
2014	4.870.200	1.217.550
2015	5.193.100	1.298.275
2016	3.983.700	995.700
2017	4.852.000	1.213.000
2018	5.371.000	1.342.750

(Sumber: BPS, 2019)

Pemanfaatan TKKS secara komersial sebagai bahan baku industri dapat meningkatkan nilai ekonomi limbah sekaligus menjadi alternatif bahan baku plastik konvensional. Plastik konvensional diketahui sulit terdegradasi dan berpotensi mencemari lingkungan, sedangkan bioplastik berbasis selulosa dari TKKS memiliki sifat biodegradable dan dapat terurai dalam waktu relatif singkat pada kondisi tertentu, seperti pada media pengolahan limbah aktif (Brahmana et al., 2021; Putri et al., 2025). Pra rancangan pabrik ini bertujuan mengurangi ketergantungan produk plastik dari negara lain, menghemat devisa, membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat, dan meningkatkan jumlah ekspor plastik Indonesia.

METODE PENELITIAN

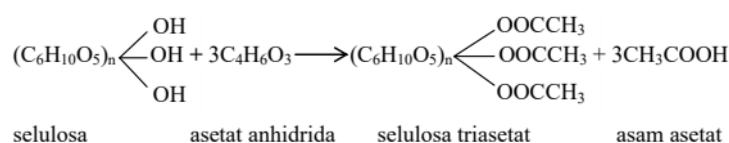
Penelitian ini menggunakan metode perancangan teknik (engineering design) yang bertujuan untuk menyusun pra rancangan pabrik secara sistematis berdasarkan data literatur dan analisis perhitungan teknik. Tahapan penelitian dilakukan melalui pendekatan studi literatur dan simulasi proses. Selanjutnya dilakukan pemilihan proses dengan membandingkan beberapa alternatif teknologi berdasarkan aspek teknis dan ekonomis. Proses yang dipilih kemudian dirancang dalam bentuk diagram alir proses (*process flow diagram/PFD*) untuk menggambarkan urutan tahapan produksi secara keseluruhan. Tahapan proses yang dipilih dalam rancangan pabrik ini adalah:

1. Tahap Pemurnian Bahan Baku (*Pre-treatment*)

TKKS dari gudang penyimpanan (G-01) dicacah menggunakan shredder (S-01) hingga ukuran 0,5–1 cm, kemudian dialirkan ke tangki ekstraksi (E-01). Pada tahap ini dilakukan proses delignifikasi menggunakan larutan KOH 15% dengan bantuan agitator pada suhu 85°C selama 1 jam, sehingga lignin dapat tereduksi hingga 87,55%. Pulp hasil ekstraksi selanjutnya dicuci menggunakan rotary washer I (RW-01) dengan air proses pada perbandingan 1:2,5 dan efisiensi pencucian 90%, lalu dialirkan ke tangki bleaching (B-01). Proses bleaching menggunakan larutan NaOCl 10% sebanyak 5% dari umpan, berlangsung pada suhu 60°C selama 1 jam untuk menghilangkan sisa lignin. Setelah itu, pulp dicuci kembali pada rotary washer II (RW-02) dengan kondisi yang sama untuk menghilangkan sisa bahan kimia, kemudian dikeringkan menggunakan rotary dryer (RD-01) dengan udara panas berbasis steam hingga mencapai efisiensi pengeringan sebesar 90%.

2. Tahap Sintesis Selulosa Asetat dengan Proses Asetilasi

Pulp dialirkan menggunakan belt conveyer (BC-03) ke tangki pencampuran (M-01), kemudian ditambahkan asam asetat 70% dengan proses agitasi selama 30 menit untuk aktivasi. Selanjutnya, pulp diumpankan ke reaktor asetilasi (R-01) pada suhu 70°C selama 30 menit. Dalam reaktor, ditambahkan asetat anhidrida sebesar 74,65% dan katalis asam sulfat 98% sebesar 2,15% dari berat pulp. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Reaksi Asetilasi

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI SELULOSA TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT (TKKS) KAPASITAS PRODUKSI 90.000 TON/TAHUN**

Evita Wahyu ¹, Dimas Frananta Simatupang ², Eva Nopiyanti Pohan ³, Luri Adriani ²

Reaksi asetilasi menunjukkan bahwa tiga mol asetat anhidrida bereaksi dengan satu mol selulosa menghasilkan selulosa triasetat dan asam asetat, di mana seluruh selulosa dapat terkonversi menjadi selulosa triasetat. Reaksi asetilasi menunjukkan bahwa tiga mol asetat anhidrida bereaksi dengan satu mol selulosa menghasilkan selulosa triasetat dan asam asetat, di mana seluruh selulosa dapat terkonversi menjadi selulosa triasetat.

3. Tahap Pemisahan Selulosa Asetat dari Pengotornya

Campuran selulosa asetat dipisahkan menggunakan centrifuge (CF-01) dengan efisiensi 98% untuk memisahkan padatan dari fasa cair. Padatan kemudian dicuci dengan air proses (perbandingan 2:1) untuk menghilangkan pengotor. Selulosa asetat dalam bentuk flake selanjutnya dikeringkan menggunakan rotary dryer II (RD-02) pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm hingga menjadi granular. Produk kemudian diperkecil ukurannya menggunakan hammer mill (HM-01) hingga mencapai ukuran 50 µm, lalu dialirkan ke gudang penyimpanan (G-02).

4. Tahap Sintesis Bioplastik

Selulosa asetat dialirkan ke tangki pencampuran (M-02) dan dicampur dengan aseton sebagai pelarut dengan perbandingan 1:10 serta gliserin 2% sebagai plastisizer pada suhu 40°C selama 30 menit. Campuran kemudian dicetak menggunakan *film dryer* (FD-01) pada suhu 60°C untuk menghasilkan bioplastik berbentuk lembaran melalui penguapan pelarut. Uap aseton yang dihasilkan dikondensasikan dan digunakan kembali, sedangkan produk akhir disimpan di gudang (G-03).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Neraca Massa dan Energi

Pabrik bioplastik ini dirancang beroperasi 330 hari/tahun yang berlangsung selama 24 dalam sehari. Berdasarkan perhitungan neraca massa bahan baku TKKS yang dibutuhkan sebanyak 9.364,50 kg/jam, kemudian akan menghasilkan produk bioplastik sebanyak 11.363,64 kg/jam. Energi atau panas diproduksi oleh unit pengadaan steam pada utilitas dengan total kebutuhan steam sebesar 5.752,40 kg/jam.

2. Analisa Ekonomi

Evaluasi kelayakan suatu pabrik perlu dilakukan melalui analisis perhitungan teknik dan ekonomi untuk mengetahui tingkat pendapatan serta kelayakan investasi. Analisis ini mencakup aspek finansial seperti biaya investasi, operasional, dan keuntungan sehingga dapat menjadi

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI SELULOSA TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT (TKKS) KAPASITAS PRODUKSI 90.000 TON/TAHUN**

Evita Wahyu ¹, Dimas Frananta Simatupang ², Eva Nopiyanti Pohan ³, Luri Adriani ²

dasar dalam pengambilan keputusan. Suatu rancangan pabrik dinyatakan layak apabila mampu beroperasi dan memberikan keuntungan secara ekonomis (Febriansyah & Wibisono, 2025; Pratama et al., 2025; Uthami & Hardjono, 2024).

Berbagai parameter ekonomi digunakan sebagai pedoman penentuan layak tidaknya suatu pabrik didirikan dan besarnya tingkat pendapatan yang diterima dari segi ekonomi. Parameter-parameter tersebut antara lain (Vilbrant and Dryden, 1968).

- a. Modal Investasi/ Capital Investment (CI)
- b. Biaya Produksi Total/ Total Cost (TC)
- c. Keuntungan Bersih/ Profit Margin (PM)
- d. Titik Impas/ Break Even Point (BEP)
- e. Laju Pengembalian Modal/ Return on Investment (ROI)
- f. Waktu Pengembalian Modal/ Pay Out Time (POT)
- g. Laju Pengembalian Jaringan/ Return on Network (RON)
- h. Laju Pengembalian Internal/ Internal Rate of Return (IRR)

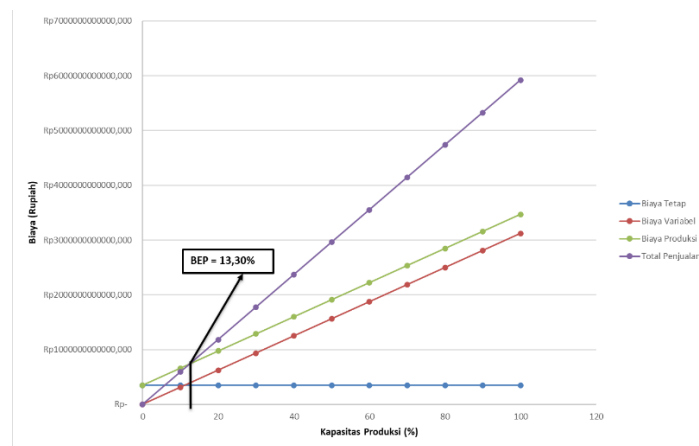
Modal investasi adalah seluruh modal untuk mendirikan pabrik dan mulai menjalankan usaha sampai mampu menarik hasil penjualan, dimana modal investasi terdiri dari modal investasi tetap dan modal kerja (Vilbrant and Dryden, 1968).

Tabel 3. Nilai-nilai Parameter Analisa Ekonomi

Parameter	Nilai
<i>Capital Investment (CI)</i>	Rp. 4.775.153.417.869,04
<i>Total Cost (TC)</i>	Rp. 3.471.227.874.871,68
<i>Profit Margin (PM)</i>	40,53%
<i>Break Even Point (BEP)</i>	13,30%
<i>Return on Investment (ROI)</i>	35,18%
<i>Pay Out Time (POT)</i>	2,84 Tahun
<i>Return on Network (RON)</i>	58,63%
<i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	23,32%

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI SELULOSA TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT (TKKS) KAPASITAS PRODUKSI 90.000 TON/TAHUN**

Evita Wahyu ¹, Dimas Frananta Simatupang ², Eva Nopiyanti Pohan ³, Luri Adriani ²



Gambar 3. Grafik *Break Even Point* (BEP) Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Bioplastik dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Kapasitas Produksi 90.000 Ton/Tahun

SIMPULAN

Hasil perhitungan pada Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Bioplastik dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Kapasitas Produksi 90.000 Ton/Tahun. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik ini direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan direncanakan didirikan di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Sei Mangkei, Kabupaten Simalungun, Kecamatan Bosar Maligas, Provinsi Sumatera Utara dengan luas tanah yang dibutuhkan adalah 27.057,60 m. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk mengoperasikan pabrik sebanyak 244 orang. Bentuk badan usaha yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasinya adalah organisasi Fungsional dan Staf. Hasil analisa ekonomi yang diperoleh adalah sebagai berikut.

- Total Modal Investasi : Rp4.775.153.417.869,04
- Biaya Produksi : Rp3.471.227.874.871,68
- Hasil Penjualan per tahun : Rp5.919.772.691.368,34
- Laba Bersih : Rp1.679.701.744.116,71
- Profit Margin (PM) : 40,53%
- Break Even Point (BEP) : 12,52%
- Return on Investment (ROI) : 35,18%
- Pay Out Time (POT) : 2,84 tahun
- Return on Network (RON) : 58,63%
- Internal Rate on Return (IRR) : 23,32%

Berdasarkan hasil analisa ekonomi di atas maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Pembuatan Bioplastik dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) layak untuk didirikan.

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI SELULOSA TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT (TKKS) KAPASITAS PRODUKSI 90.000 TON/TAHUN**

Evita Wahyu ¹, Dimas Frananta Simatupang ², Eva Nopiyanti Pohan ³, Luri Adriani ²

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, R. . D. P., Komariah, L. N., Putri, N. P., & Arita, S. (2023). Potensi dan Karakteristik Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Katalis Heterogen untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia*, 29(1), 36–45. <https://doi.org/10.36706/jtk.v29i1.1551>
- Arpah, M., Hikma, N., Salsabila, N., Hanifah, A., & Ardiansyah, A. (2024). Total Migrasi Monomer Bisfenol pada Pangan Kemasan: Kajian Meta-Analisis. *Action Research Literate*, 8(12), 3393–3412. <https://doi.org/10.46799/ar.v8i12.2522>
- Brahmana, Y., Ginting, M. H., & Rangkuti, I. U. P. (2021). Bioplastik Bersumber Bahan Selulosa Tandan Kosong (Tkks) Dan Pelepah Kelapa Sawit (PKS). *Agro Fabrica*, 3(2), 1–8.
- Febriansyah, G., & Wibisono, M. A. (2025). Analisis Kelayakan Ekonomi Perancangan Pabrik Kelapa Sawit Mini Dengan Kapasitas 1000 Ton Per Tahun Menggunakan Metode Life Cycle Costing: Studi Kasus Desa Bukit Layang, Bangkabelitung. *Jurnal Sosial Teknologi (SOSTECH)*, 5(9), 3405–3415. <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v5i9.32396>
- Ganefati, S. P., Iswanto, Suwerda, B., Sugianto, & Windarso, S. E. (2024). Perbandingan Model Mesin Pengolah Sampah Plastik dalam Produksi Butir Plastik dan Bahan Bakar Minyak serta Analisis Biayanya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 109–115.
- Gunawan, D. S., Pardosi, R., Widodo, T., Iqbal, M., Africia, N. D., Sandi, A., & Saputri, L. H. (2024). Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit dari Produksi Pabrik Kelapa Sawit Cikasungka sebagai Alternatif Pembuatan Tinta Printer. *Jurnal Rekayasa Proses*, 18(2), 137–143. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.15659>
- Hary, J., Sianturi, T., & Siahaan, S. H. (2025). Analisis Energi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Serat (Fiber) dan Cangkang (Sheel) Sebagai Bahan Bakar Pada Boiler Pabrik Kelapa Sawit PENDAHULUAN Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia dengan hasil Tandan Buah Segar (TBS) yang ti. *Jurnal Penelitian Teknik Dan Sumber Daya Perairan*, 1(2), 83–94.
- Hidayat, A. T., & Kusmiyati, K. (2025). Pemanfaatan Sampah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) dan PP (Polypropylene) Menggunakan Proses Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 7(4), 2840–2854. <https://doi.org/10.38035/rrj.v7i4.1569>
- Pratama, R. W., Winahyu, N., & Maharani, N. (2025). Analisis Kelayakan Finansial Usaha (Studi Kasus di Penggilingan Padi Desa Bulu Kecamatan Purwosari Kabupaten Kediri). *Jurnal Agribisnis Cendekia*, 2(2), 77–88.
- Putri, A. A., Dermawan, D., & Ramadani, T. A. (2025). Pretreatment Delignifikasi Limbah

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI SELULOSA TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT (TKKS) KAPASITAS PRODUKSI 90.000 TON/TAHUN**

Evita Wahyu ¹, Dimas Frananta Simatupang ², Eva Nopiyanti Pohan ³, Luri Adriani ²

Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan DES Sebagai Material Bioplastik. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology Program*, 8(1), 177–180.

Rosmainar, L., Tukan, D. N., & Deviyanti, M. (2021). Perbandingan Plastik dari Material-Material Bioplastik. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 03(01), 19–28.

Tanzer, M., Boissiere-O'Neill, T., Sly, P. D., & Vilcins, D. (2025). Phthalates, Bisphenols and Per-and Polyfluoroalkyl Substances Migration from Food Packaging Into Food: A Systematic Review. *Rev Environ Health*, 40(3), 616–625. <https://doi.org/10.1515/reveh-2025-0027>

Uthami, E. W., & Hardjono. (2024). Analisis Ekonomi dan Kelayakan Prarancangan Pabrik Kimia Pembuatan Pulp dari Pelepah Pisang dengan Kapasitas 69.000 Ton/Tahun. *Distilat*, 10(3), 601–610.

Yue, S., Wang, P., Yu, B., Zhang, T., Zhao, Z., Li, Y., & Zhan, S. (2023). From Plastic Waste to Treasure: Selective Upcycling through Catalytic Technologies. *Wiley-VCH*, 13(41), 1–55. <https://doi.org/10.1002/aenm.202302008>