



PRARANCANGAN PABRIK ASAM ASETAT GLASIAL DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN METODE HIDROLISIS DAN FERMENTASI KAPASITAS 27.000 TON/TAHUN

Angger Andini¹, Fadlilatul Hanifah¹, Meta Fitri Rizkiana¹, Boy Arief Fachri¹, Zuhriah Mumtazah¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan No. 37, Jember Jawa Timur, 68121

*Corresponding Author: anggerandini11@gmail.com

Abstrak

*Pabrik asam asetat glasial berbahan baku tongkol jagung dirancang dengan kapasitas 27.000 ton/tahun dengan menggunakan metode hidrolisis dan fermentasi. Pabrik direncanakan didirikan di Tuban, Jawa Timur dengan waktu operasi 330 hari per tahun. Proses produksi asam asetat pada pra-rancangan pabrik ini terdiri dari proses steam explosion, delignifikasi, hidrolisis, fermentasi dan pemurnian produk. Proses steam explosion menggunakan kondisi operasi berupa tekanan dan suhu tinggi untuk meledakkan struktur lignoselulosa. Output steam explosion dilanjutkan dengan proses delignifikasi untuk mengubah lignin menjadi Na-ligninant dengan menggunakan NaOH. Selulosa yang sudah terpisah kemudian melalui proses hidrolisis untuk didapatkan glukosa. Glukosa yang didapatkan akan di fermentasi menggunakan bantuan *Zimomonas mobilis* menjadi bioetanol dan difermentasi kembali menjadi asam asetat dengan bantuan *Acetobacter aceti*. Fermentat kemudian dimurnikan melalui proses distilasi untuk menghasilkan asam asetat dengan kemurnian 99% dengan bantuan entrainer berupa etil asetat. Pabrik ini direncanakan dengan badan usaha berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 206 orang. Hasil analisis ekonomi menunjukkan keuntungan bersih didapatkan sebesar Rp225.738.675.676, tingkat pengembalian modal sebesar 46% dengan lama waktu pengembalian modal 2,059 tahun dan titik impas (BEP) sebesar 50%. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik asam asetat glasial dari tongkol jagung dengan metode hidrolisis dan fermentasi kapasitas 27.000 ton/tahun layak untuk didirikan.*

Kata kunci: asam asetat glasial, distilasi, fermentasi, hidrolisis, tongkol jagung.

1. Pendahuluan

Asam asetat dimanfaatkan sebagai pelarut dalam industri kimia. Asam asetat merupakan bahan baku penting bagi berbagai industri, termasuk industri tekstil, industri benang karet, dan industri PTA (Purified Terephthalic Acid) (Ninasafitri et al., 2024). Asam asetat memiliki rumus kimia CH_3COOH dengan sifat fisik tidak berwarna. Asam asetat merupakan cairan tak berwarna yang memiliki bau yang tajam. Asam asetat tergolong dalam asam karboksilat (Luttrell, 2012). Dengan adanya pabrik lokal, industri-industri ini dapat memperoleh pasokan bahan baku yang lebih stabil dan terjangkau. Pabrik asam asetat yang berdiri di Indonesia adalah PT Indo Acidatama dengan kapasitas produksi 36.600 ton/tahun. Kebutuhan impor asam asetat menurut BPS sepanjang tahun 2024 adalah 28.506,507 ton/tahun

(BPS, 2024). Perkiraan jumlah konsumsi asam asetat pada tahun 2028 yang akan datang adalah 63.105,77 ton/tahun. Berdasarkan prediksi konsumsi asam tersebut dibutuhkan pabrik baru untuk memenuhi kebutuhan asam asetat dalam negeri. Kebutuhan asam asetat yang belum terpenuhi masih diimpor dari negara lain sehingga perlu pabrik baru dengan kapasitas yang dapat memenuhi perlu dibangun pabrik asam asetat dengan kapasitas 27.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

Uraian proses produksi asam asetat glasial dapat dilihat pada gambar 1. Proccess Flow Diagram asam asetat glasial melalui 5 tahapan, yaitu:





a. Proses Pre-Treatment

Bonggol jagung kering dari tangki penyimpanan (F-110) diangkut menggunakan *belt conveyor* (B-111) menuju alat penggiling *grinder* (CR-112). Serbuk halus diangkut menggunakan *screw conveyor* (J-113) menuju tangki *steam explosion* (X-114) dimana steam diinjeksi sampai tekanan menjadi 13 atm dengan suhu 191°C selama 10 menit. Ledakan sehingga lignoselulosa terfragmentasi. Produk didinginkan pada cooler (E-116). hemiselulosa dipisahkan menggunakan centrifuge (S-117), lignin didegradasi dalam reaktor delignifikasi (R-220) dan penambahan NaOH 2% selama 2 jam pada suhu 50°C (Novia et al., 2015) dengan mekanisme berikut.



lignin + natrium Na- + air
hidroksida ligninat

b. Proses Hidrolisis

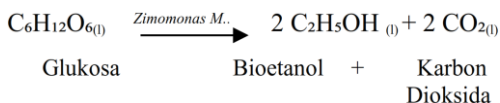
Substrat dimasukkan kedalam reaktor (R-330) untuk di hidrolisis dan di tambahkan katalis asam sulfat dengan konsentrasi 5% dan air (Kuo & T., 1997), proses berlangsung selama 1 jam dengan tekanan 1 atm dilakukan pada suhu 121°C (Chang et al., 2018). Selulosa akan berubah menjadi glukosa berdasarkan mekanisme reaksi berikut.



Selulosa + Asam Sulfat	Glukosa + air
	

c. Fermentasi Bioetanol

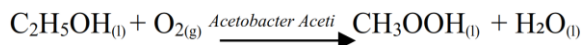
Penguraian gula menjadi bioetanol dan karbondioksida menggunakan ragi *Zimomonas mobilis*. Glukosa dari proses hidrolisis dialirkan menuju *Batch reactor fermentation* (R-440) dan ditambahkan ragi *Zimomonas mobilis* (F-445) kemudian di fermentasi. Proses berlangsung secara anaerob dengan suhu tekanan 1 atm yang dilakukan selama 48 jam suhu 30°C. mekanisme reaksi sebagai berikut:



Padatan dan produk utama berupa larutan dipisahkan dengan rotary vacuum drum filter (H-442) dan glukosa dipisahkan dengan membran nanofiltrasi (MB-443).

d. Fermentasi Asam Asetat

Produksi asam asetat menggunakan bioetanol dengan kadar 4% maka hasil fermentasi bioetanol dimasukkan kedalam tangki pengenceran (M-444) dan ditambahkan air. Bioetanol dari tangki pengenceran (M-444) dialirkan menuju *reaktor batch fermentation* (R-550) untuk difermentasi menggunakan *Acetobacter aceti* (F-555) dari tangki propagasi. Fermentasi dilakukan selama 6 hari dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan pH netral (5,4-6,3). Mekanisme reaksi yang berlangsung sebagai berikut.



Bioetanol + Oksigen Asam + air
Asetat

Keluaran reaktor fermentasi (R-550) dimasukkan kedalam *rotary drum vacum filter* (H-552) untuk memisahkan larutan dengan padatan *Acetobacter aceti* dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

e. Proses Pemurnian

Pemisahan dilakukan dengan distilasi dan penambahan entrainer berupa etil asetat. Produk dipanaskan menggunakan heater (E-553) hingga 70°C kemudian dimasukkan kedalam tangki distilasi (D-660). Produk atas dialirkan menuju kondensor (K-663) untuk diubah menjadi liquid. Asam asetat menjadi produk bawah kemudian dipompa menuju cooler (C-662) dan dialirkan menuju tangki penyimpanan. Kemurnian asam asetat hasil distilasi mencapai 99%.

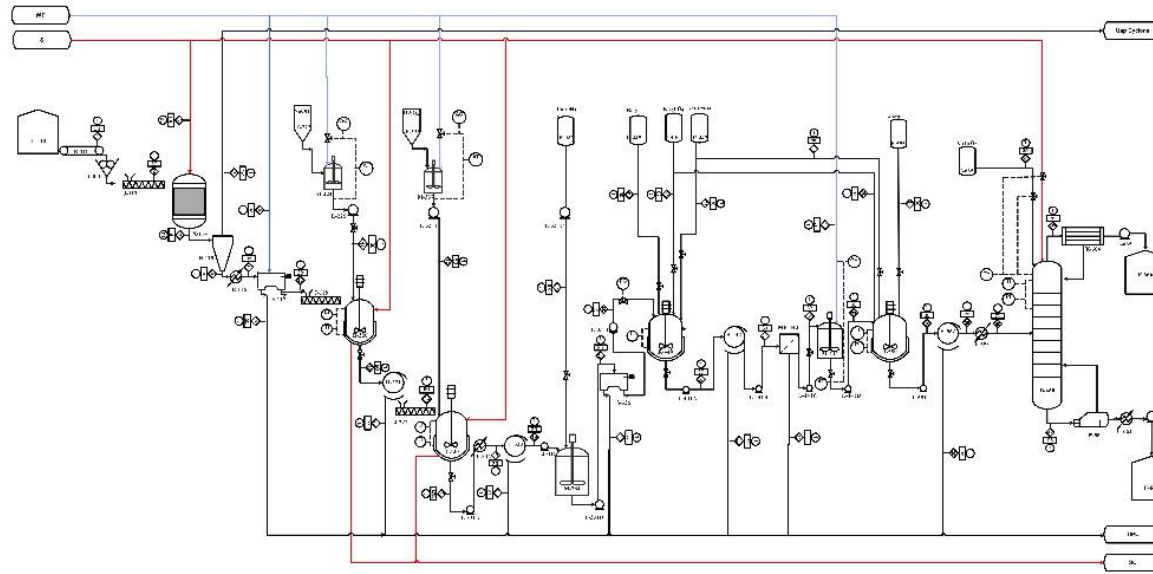
3. Utilitas

Utilitas merupakan bagian penting dalam suatu pabrik kimia untuk menunjang keberlangsungan proses produksi dalam pabrik kimia. Pabrik asam asetat memiliki 5 unit utilitas, yaitu:

1. Unit Pengolahan Air
2. Unit Pengadaan Steam
3. Unit Pengadaan Tenaga Listrik
4. Unit Pengadaan Bahan Bakar
5. Unit Pengolahan Limbah

Unit tersebut memproses dan menunjang kebutuhan keseluruhan pabrik sehingga total kebutuhan air mencakup air sanitasi, air proses, air umpan boiler dan air pendingin yang dibutuhkan sebanyak 526.583,503 kg/jam.



[illegible][illegible]

Gambar 1. *Flow Diagram Process*

Utilitas steam berdasarkan umpan boiler diperlukan untuk pemanas pada proses produksi dengan total kebutuhan 8049,176 kg/jam. Unit pengadaan listrik berasal dari PLN dan PLTD sebagai sumber listrik cadangan, total kebutuhan listrik pabrik sebesar 1.439,401 kW. Unit bahan bakar digunakan untuk kebutuhan boiler dan generator menggunakan Mfuel sebanyak 195,787 lb/jam. Unit Pengolahan Limbah digunakan untuk memproses sampah dan sisa-sisa produksi berupa limbah padat, cair dan gas.

4. Analisis Ekonomi

Evaluasi ekonomi dihitung dengan tujuan mengetahui kelayakan pendirian pabrik yang telah dirancang. Beberapa perhitungan evaluasi ekonomi yang diperlukan yakni *Total Capital Investment* (TCI) adalah total modal, *Total Production Cost* (TPC) total ongkos produksi, lama waktu pengembalian modal, atau *Pay Out Time* (POT), adalah jangka waktu yang dibutuhkan sebuah pabrik untuk mengembalikan modal yang telah diinvestasikan. pabrik mencakup seluruh dana yang diperlukan untuk mendirikan pabrik, meliputi *Fixed Capital Investment* (FCI) dan *Working Capital Investment* (WCI). Sementara itu, *Total Production Cost* (TPC) adalah keseluruhan biaya yang harus dikeluarkan selama operasional pabrik.

Laju pengembalian modal atau *Rate of Investment* (ROI) merupakan presentase keuntungan dan kerugian yang dihasilkan pabrik selama periode tertentu dalam pra-rancangan selama 10 tahun dan harus lebih tinggi dibanding bunga bank untuk layak didirikan rancangan pabrik asam asetat diperoleh nilai ROI sebesar 54% sehingga layak didirikan, dan *Break Even Point* (BEP) merupakan titik impas pabrik dimana tidak mengalami kerugian maupun keuntungan berkisar pada nilai 40-60% untuk layak didirikan, pabrik ini diperoleh presentase BEP sebesar 50% sehingga layak didirikan.

- Total modal = Rp 493.890.731.135
- Ongkos produksi = Rp 3.223.294.715.098
- Keuntungan = Rp 225.738.675.676
- Lama waktu pengembalian modal = 2,059 tahun
- Laju pengembalian modal = ROR (46%), DCF-ROR (54%)
- Break Event Point (BEP) = 50%

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan yang terdapat pada bab sebelumnya, maka dapat diambil Kesimpulan:

- a. Pabrik Asam Asetat Glasial berlokasi di Kabupaten Tuban Provinsi Jawa Timur.
- b. Pabrik Asam Asetat Glasial ini memiliki kapasitas produksi sebesar 27.000 ton/tahun dengan bahan baku tongkol jagung.
- c. Bentuk badan usaha direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan 209 orang. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik asam asetat dari tongkol jagung dengan kapasitas 27.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- Austin GT, 1987, "Shreve's Chemical Process Industries".
- Black Jr HF, Bray RG, 1995, "Sugar Separation from Juice and Product Thereof", United States Patent.
- Brownell LE, Young EH, 1959, "Process Equipment Design".
- Chang JKW, Duret X, Berberi V, Zahedi-Niaki H, Lavoie JM, 2018, "Two-step Thermochemical Cellulose Hydrolysis with Partial Neutralization for Glucose Production", *Frontiers in Chemistry*, 6, 1–11.
- Fitriani, Bahri S, Nurhaeni, 2013, "Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays*) dari Hasil Proses Delignifikasi", *Journal of Nature Science*, 2(3), 66–74.
- Fogler HS, 2018, "Essentials of Chemical Reaction Engineering".
- Geankoplis CJ, 1993, "Transport Processes and Unit Operations", 3rd ed.
- Gopani N, Bhargava A, 2011, "Design of High Efficiency Cyclone for Tiny Cement", 2(5).
- Huda N, 2017, "Proses Pembuatan Bioethanol", laporan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 1–61.
- Kern DQ, 1965, "Process Heat Transfer".
- Kunusa WR, 2017, "Kajian tentang Isolasi Selulosa Mikrokristalin (SM) dari Limbah Tongkol Jagung", *Jurnal Entropi*, 12(1), 105–108.
- Kuo CM, T BR, 1997, "Process for the Manufacture of Cellulose Acetate", United States Patent, 19.
- Kusnarjo, 2010, "Desain Pabrik Kimia", Institut Teknologi Sepuluh Nopember.





- Kusuma AR, Putra P, 2021, "Prarancangan Pabrik Asam Asetat dari Butana Kapasitas 55.000 Ton/Tahun".
- Luttrell WE, 2012, "Acetic Acid", *Journal of Chemical Health and Safety*, 19(6), 37–38.
- Mujtaba M, Fraceto LF, Fazeli M, Mukherjee S, Savassa SM, Araujo de Medeiros G, do Espírito Santo Pereira A, Mancini SD, Lipponen J, Vilaplana F, 2023, "Lignocellulosic Biomass from Agricultural Waste to the Circular Economy: A Review with Focus on Biofuels, Biocomposites and Bioplastics", *Journal of Cleaner Production*, 402, 136815.
- Ninasafitri, Ole MAN, Najmah, Sari MW, Niati SM, Putri SDE, Marlina L, Nurfiandiyah, Kusmendar, Arviani, Asnawi I, Cengristitama, 2024, "Kimia Industri".
- Novia N, Khairunnas, Purbojoyi GT, 2015, "Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida Saat Pretreatment dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol dari Daun Nanas", *Jurnal Teknik Kimia*, 21(3), 14–24.
- Perry RH, Green DW, Maloney JO, 1997, "Perry's Chemical Engineers' Handbook", 7th ed.
- Peters MS, Timmerhaus KD, 1991, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", International ed.
- Safitri R, Dwi Anggita I, Safitri FM, Agung DA, Ratnadewi I, 2020, "Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dalam Proses Hidrolisis Selulosa dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*) untuk Produksi Bioetanol", *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 1–5.
- Sawarkar AN, Kirti N, Tagade A, Tekade SP, 2022, "Bioethanol from Various Types of Banana Waste: A Review", *Bioresource Technology Reports*, 18, 101092.
- Tadros M, Ray SD, 2024, "Acetic Acid", dalam *Encyclopedia of Toxicology*, 4th ed., Academic Press, 61–66.
- Tim BSE, 2013, "Kimia Organik", 258.
- Ulrich GD, 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics".
- Walas SM, 1988, "Chemical Process Equipment: Selection and Design".
- Wusnah, Meriatna, Lestari R, 2018, "Pembuatan Asam Asetat dari Air Cucian Kopi Robusta dan Arabika dengan Proses Fermentasi", *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(1), 61.
- Yaws CL, 1997, "Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety".
- Yin C, Witherspoon K, 2011, "United States Patent", *United States Patent*, 2(12).

