



PRARANCANGAN PABRIK ASETOSAL DARI ASAM SALISILAT, ASETAT ANHIDRAT DAN KALSIMUM OKSIDA DENGAN PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 2.300 TON/TAHUN

Thio Hana Natalia^{1*}, Hanna Noviyanti Silitonga¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. A. Yani Km. 36 Banjarbaru 70714

*Email: thiohananatalia@gmail.com

ABSTRAK

Asam asetilsalisilat atau asetosal merupakan senyawa organik yang memiliki rumus kimia $C_9H_8O_4$. Senyawa ini dihasilkan dari reaksi esterifikasi asam salisilat dan asetat anhidrat. Produk turunan dari asam salisilat ini digunakan dalam bidang farmasi sebagai obat analgesik, antipiretik, dan antiinflamasi. Perancangan pabrik asetosal ini direncanakan berdiri pada tahun 2026 dengan kapasitas produksi 2.300 ton/tahun. Asetosal dihasilkan dari reaksi esterifikasi antara asam salisilat dan asetat anhidrat dengan perbandingan stoikiometri tertentu bersama dengan kalsium oksida. Pembuatan asetosal diawali dengan mengumpulkan asam salisilat, asetat anhidrat dan kalsium oksida masuk dan bereaksi dalam reaktor tangki berpengaduk (batch) dengan menjaga suhu operasi $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm, dengan panjang waktu proses reaksi 30 menit. Produk berupa slurry hasil keluaran dari reaktor masuk ke filter. Produk keluaran dari filter dialirkan ke crystallizer untuk diperoleh padatan berupa kristal, untuk memisahkan mother liquor dan kristal asetosal maka dialirkan ke centrifuge. Kristal basah dikeringkan agar didapat asam asetilsalisilat (asetosal) dalam bentuk powder dengan kemurnian 98% berat. Kristal produk hasil rotary dryer diangkut menuju ball mill untuk dihaluskan, kemudian produk dari ball mill dibawa menuju screen sehingga ukuran kristal yang diinginkan seragam. Produk akhir siap di-packing yang selanjutnya dibuat tablet pada industri farmasi. Yield dari proses ini diperkirakan mencapai 98-99%. Pabrik Asetosal berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi line and staff. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 144 orang. Berdasarkan analisa ekonomi didapatkan ROI sebelum pajak sebesar 25,74 % dan ROI sesudah pajak sebesar 16,70 %. POT sebelum pajak yaitu 2,8 tahun dan POT sesudah pajak sebesar 3,7 tahun. Sehingga diperoleh BEP sebesar 42% dan SDP sebesar 22%. Berdasarkan pertimbangan hasil analisa ekonomi tersebut, maka pabrik Asetosal dengan kapasitas 2.300 ton/tahun memungkinkan untuk dilanjutkan ke tahap perancangan.

Kata kunci: asetosal, asam salisilat, asetat anhidrat, kalsium oksida, esterifikasi

1. Pendahuluan

Industri kimia termasuk salah satu sektor yang dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap penerimaan devisa negara. Industri kimia adalah industri yang mengolah bahan mentah menjadi produk antara atau produk akhir. Industri kimia memiliki peranan penting dalam memasok kebutuhan bahan baku bagi sektor industri lainnya.

Industri kimia yang mempunyai peluang besar salah satunya adalah industri farmasi. Kebutuhan masyarakat akan obat-obatan meningkat dengan adanya pengoperasian Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS). Pasar obat di Indonesia sangat potensial dan salah satu terbesar di dunia

karena jumlah penduduk Indonesia yang semakin meningkat tiap tahunnya.

Industri farmasi yang memiliki potensi untuk dikembangkan adalah industri yang memproduksi asetosal. Asetosal memiliki rumus molekul $C_9H_8O_4$ yang merupakan turunan dari asam salisilat. Asetosal dalam bidang kesehatan merupakan obat anti-inflamasi non steroid (AINS) yang digunakan sebagai *antipiretic*, *anti-inflammatory* dan *analgesic* (Rahmadanita dan Sumarno, 2020). Asetosal memiliki merk dagang yang dikenal dengan aspirin. Berdasarkan data BPS (2021) jumlah impor dan ekspor asetosal pada tahun 2019 secara berturut-turut adalah 1254,884 ton dan



3980,090 ton. Konsumsi asetosal diluar negeri cukup tinggi. Jumlah kebutuhan asetosal di Rusia sebesar 25069,281 ton serta di *United States of America* (USA) sebesar 16097,266 ton.

Jumlah impor asetosal di Indonesia mengalami peningkatan. Pendirian pabrik asetosal ini diharapkan dapat mengurangi impor dan menambah devisa negara. Serta mampu memberikan dampak positif lainnya dari segi sosial maupun ekonomi, yakni menciptakan lapangan kerja serta dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar lokasi pabrik. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan data impor dan ekspor asetosal di Indonesia pada tahun 2015-2019.

Tabel 1. Data Impor Asetosal di Indonesia (BPS, 2021)

Tahun	Impor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2015	278,393	0,000
2016	245,097	-11,960
2017	238,139	-2,839
2018	234,432	-1,557
2019	270,993	15,5956
Total	1254,884	-0,7600
rata-rata	-	-0,1520

Tabel 2. Data Ekspor Asetosal di Indonesia (BPS, 2021)

Tahun	Ekspor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2015	946,258	0,000
2016	375,208	-60,348
2017	903,746	140,865
2018	959,178	6,134
2019	795,699	-17,044
Total	3980,090	69,607
Rata-rata	-	13,921

Pabrik asetosal direncanakan didirikan pada tahun 2026. Penentuan kapasitas pabrik dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *discounted* dan regresi linear. Kapasitas pabrik dengan metode *discounted* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Peter and Timmerhaus, 1991):

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad \dots(1.1)$$

Keterangan:

m_1 = nilai impor 2026 (ton/tahun)

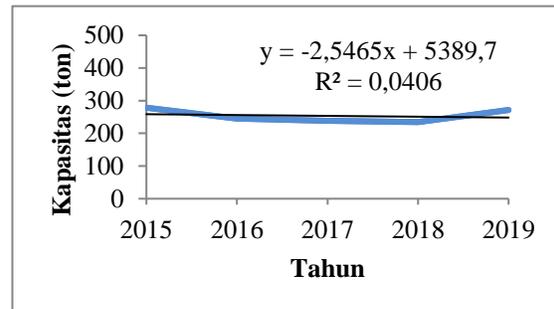
m_2 = produksi pabrik dalam negeri (ton/tahun)

m_3 = kapasitas pabrik yang akan didirikan pada tahun 2026 (ton/tahun)

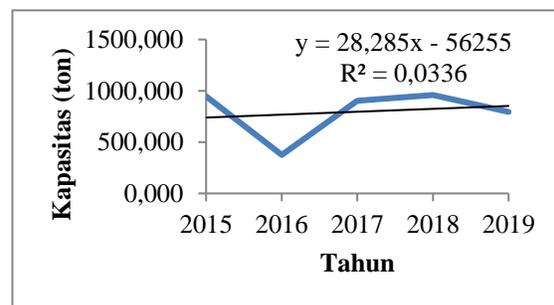
m_4 = nilai ekspor tahun 2026 (ton/tahun)

m_5 = nilai konsumsi tahun 2026 (ton/tahun)

Penentuan kapasitas pabrik dengan metode regresi linear ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Impor Asetosal di Indonesia pada Tahun 2015-2019



Gambar 2. Grafik Ekspor Asetosal di Indonesia pada Tahun 2015-2019

Berdasarkan penentuan kapasitas pabrik dengan menggunakan kedua metode di atas, dipilih penentuan kapasitas pabrik menggunakan metode *discounted*. Kapasitas pabrik asetosal yang direncanakan didirikan pada tahun 2026 sebesar 2.300 ton/tahun.

Pabrik asetosal direncanakan akan dibangun di Kecamatan Pangenan, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. Pemilihan lokasi pabrik dengan mempertimbangkan sumber bahan baku yang dekat dengan pelabuhan, letak pasar serta sumber utilitas. Bentuk perusahaan pada pabrik yang akan direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 144 orang.

2. Uraian Proses

Proses pembuatan asetosal bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu esterifikasi asam salisilat dan asetat anhidrat dengan menggunakan katalis asam sulfat dan tanpa katalis dengan penambahan



kalsium oksida (Handal-Vega et al., 2001). Perbedaan proses pembuatan asetosal dengan menggunakan katalis asam sulfat dan tanpa katalis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemilihan Proses pada Sintesis Aspirin

Parameter	Esterifikasi Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat	
	Katalis Asam Sulfat ¹⁾	Tanpa Katalis ²⁾
1. Aspek Teknis		
- Suhu (°C)	85	60-70
- Tekanan (atm)	1	1
- Konversi (%)	90	95-98
- Yield (%)	93	98-99
- Waktu reaksi	1,5 jam	20 menit
2. Aspek Ekonomi	Kurang ekonomis - Perlu alat tambahan seperti menara distilasi dan proses rekristalisasi untuk mendapatkan aspirin dengan kemurnian yang tinggi	Ekonomis - Tidak perlu alat tambahan seperti menara distilasi dan proses rekristalisasi karena produk akhir adalah campuran aspirin dan ekspien sehingga produk dapat langsung dikempa menjadi tablet
3. Aspek AMDAL	Menghasilkan residu asam dari asam sulfat	Non polutan terhadap lingkungan karena tidak menghasilkan residu asam maupun pelarut organik

Sumber: 1): (Kirk dan Othmer, 2004)
2): (US Patent No. 6,278,014 B1)

Dasar pemilihan proses ditinjau berdasarkan aspek teknis, ekonomi dan AMDAL yang telah disebutkan pada Tabel 2 maka dipilihlah proses esterifikasi asam salisilat dan asetat anhidrat tanpa

katalis dengan pertimbangan bahan baku yang digunakan lebih aman dan tidak menimbulkan dampak berbahaya bagi lingkungan, lebih ekonomis, nilai konversi dan *yield* yang tinggi dan proses yang tidak terlalu rumit.

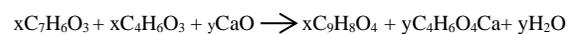
Proses pembuatan asetosal dengan proses esterifikasi asam salisilat dan asetat anhidrat tanpa katalis terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Perbandingan stoikiometri antara asam salisilat, asetat anhidrat dan kalsium oksida yaitu 1:1:0,5. Sebelum masuk ke dalam reaktor, bahan baku diberikan perlakuan terlebih dahulu agar suhu menjadi 70 °C. Kalsium oksida yang disimpan di dalam gudang penyimpanan diangkut melalui *belt conveyor* ke *furnace* untuk dilakukan kalsinasi pada suhu 500 °C selama 1 jam lalu didinginkan dengan *cooling conveyor*. Asam salisilat di silo dipanaskan dengan *heating conveyor*. Asetat anhidrat yang disimpan di dalam tangki dialirkan ke *heater* untuk dipanaskan.

2. Tahap Sintesis

Bahan baku masuk ke dalam reaktor batch dengan suhu operasi 70 °C dan tekanan 1 atm dan lama waktu reaksi 30 menit. Reaksi berlangsung secara eksotermis. Asam salisilat, asetat anhidrat dan kalsium oksida direaksikan di dalam reaktor membentuk asetosal dan kalsium asetat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Produk keluaran reaktor dialirkan ke *rotary drum vacuum filter* untuk menghilangkan padatan asing. Kemudian, dialirkan ke *crystallizer* untuk membentuk kristal asetosal. Fase cair yang tersisa pada proses kristalisasi dipisahkan dengan padatnya di *centrifuge*. Setelah itu, kristal basah dikeringkan di *rotary dryer* supaya kadar airnya berkurang.

3. Tahap Pengerinan

Kristal basah dari *centrifuge* dikeringkan dengan menggunakan *rotary dryer*. Asetosal hasil keluaran *rotary dryer* dalam bentuk *crystalline powder* kemudian dimasukkan ke dalam *ball mill* untuk dihaluskan. Selanjutnya, asetosal dibawa menuju *screen* untuk menyeragamkan ukuran produk sebesar 20 *mesh*.

4. Tahap Pengepakan

Produk akhir berupa campuran asetosal dan kalsium asetat dengan komposisi masing-masing



70% dan 30%. Kalsium asetat merupakan eksipien yang digunakan sebagai pengisi (*filler*) kemudian asetosal dapat langsung dikempa menjadi tablet. Asetosal diangkut melalui *belt conveyor* menuju *pelletizer*. Selanjutnya, produk keluaran *pelletizer* ditampung di dalam gudang penyimpanan produk sebelum dipasarkan ke industri farmasi untuk diolah menjadi tablet.

Reaksi memerlukan panas atau melepaskan panas dapat diketahui dari tinjauan termodinamika, yaitu entalpi pembentukan dan energi bebas Gibbs.

❖ Entalpi Pembentukan

Data entalpi pembentukan standar standar (ΔH_f°) pada suhu 25 °C dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Entalpi Pembentukan Standar Tiap Komponen (ΔH_f°)

Komponen	ΔH_f° pada 25 °C (kJ/mol)
C ₇ H ₆ O ₃	-590
C ₄ H ₆ O ₃	-624
CaO	-635
C ₉ H ₈ O ₄	-758
C ₄ H ₆ O ₄ Ca	-1480
H ₂ O	-286

Perhitungan entalpi pada suhu 25 °C (298 K):

$$\Delta H_{298} = (\Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}})_{298} = -674,32 \text{ kJ/mol}$$

❖ Energi Bebas Gibbs

Data energi bebas Gibbs pada suhu 25 °C dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Data Energi Bebas Gibbs Tiap Komponen

Komponen	ΔG° pada 25 °C (kJ/mol)
C ₇ H ₆ O ₃	-418
C ₄ H ₆ O ₃	-489
CaO	-603
C ₉ H ₈ O ₄	-372
C ₄ H ₆ O ₄ Ca	-1292
H ₂ O	-237

Perhitungan energi bebas Gibbs pada suhu 25 °C (298 K):

$$\Delta G_{298} = (\Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}})_{298} = -426,93 \text{ kJ/mol}$$

Harga ΔG_{298} pada reaksi pembentukan asetosal dengan suhu 25 °C bernilai negatif, maka dapat

disimpulkan bahwa reaksi dapat berlangsung secara spontan.

Reaksi dalam pembentukan asetosal berlangsung pada orde 1. Perhitungan kinetika reaksinya adalah:

$$\begin{aligned} \left(\frac{-dCa}{dt}\right) &= rA \\ -rA &= k.Ca \\ \left(\frac{-dCa}{dt}\right) &= k.Ca \end{aligned}$$

Diintegrasikan:

$$\begin{aligned} -k &= \frac{(\ln Ca_0 - \ln Ca)}{t} \\ k &= 0,0404 / \text{jam} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} -ra &= k.Ca \\ &= 0,0404 / \text{jam} \times 0,0001 \\ &= 3,1255 \times 10^{-6} \text{ kmol/L jam} \end{aligned}$$

Jadi, laju reaksi yang didapat untuk membentuk asetosal adalah $3,1255 \times 10^{-6}$ kmol/L.jam. Berdasarkan hasil perhitungan dari neraca massa, maka didapat aliran masuk dan keluar pada reaktor yang ditunjukkan oleh Tabel 6.

Tabel 6. Neraca Massa Total Reaktor (R-220)

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/jam)
	Aliran 1	Aliran 2	Aliran 3	Aliran 4
Asam Salisilat (C ₉ H ₈ O ₄)	-	-	-	192,5886
C ₄ H ₆ O ₄ Ca	-	-	-	84,5408
C ₇ H ₆ O ₃	150,6617	-	-	3,0132
C ₄ H ₆ O ₃	-	149,9983	-	40,8655
CaO	-	-	150,7521	120,7745
C ₆ H ₅ OH	0,0302	-	-	0,0302
SO ₄	0,0603	-	-	0,0603
CH ₃ COOH	-	0,7538	-	0,7538
H ₂ O	-	-	-	9,6294
Total	150,7521	150,7521	150,7521	452,2563

3. Utilitas

Kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan oleh alat-alat proses di pabrik seperti *steam*, listrik dan air diperoleh dari unit utilitas. Utilitas adalah unit yang berperan penting dalam menunjang kelancaran proses pabrik asetosal. Kebutuhan air untuk pabrik asetosal diperoleh dari Sungai Cimanis dengan debit air rata-rata sebesar 143 m³/detik (BPS, 2014). Sedangkan, listrik yang digunakan bersumber dari generator AC. Bahan bakar yang dipakai untuk menggerakkan generator



dan boiler adalah solar. Kebutuhan utilitas pabrik secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kebutuhan Utilitas Pabrik Asetosal

Kebutuhan	Jumlah
Air	9325,5141 kg/jam
Listrik	2162,7674 kW
Steam	24,5728 kg/jam
Bahan bakar	29,2462 L/jam

4. Analisa Ekonomi

Pabrik layak berdiri atau tidak dapat diketahui dari analisa ekonomi. Pabrik dikatakan layak berdiri apabila pabrik dapat memenuhi kewajiban finansial ke dalam dan ke luar serta mendatangkan keuntungan bagi perusahaan. Tabel 8 menunjukkan biaya yang dibutuhkan untuk membangun pabrik asetosal.

Tabel 8. Total Biaya Pabrik Asetosal

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
Fixed Capital Investment (FCI)	Rp 463.339.312.020
Working Capital (WC)	Rp 81.765.760.495
Plant start-up	Rp 34.321.430.520
Total Capital Investment (TCI)	Rp 545.105.072.965
Total Manufacturing Cost (TMC)	Rp 417.823.613.121

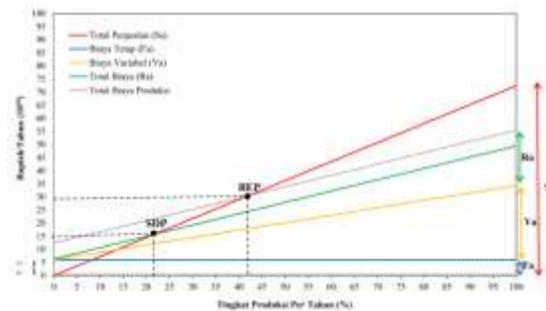
Analisa kelayakan suatu pabrik dinyatakan dengan persen ROI, POT, IRR, BEP, dan SDP. Hasil analisa kelayakan ekonomi pabrik asetosal dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Analisa Kelayakan Ekonomi

Analisa Kelayakan	Nilai	Batasan	Ket
ROI	21,22%	Maksimal 56%	Layak
POT	3,3 tahun	Maksimal 4 tahun	Layak
IRR	18,17%	>12%	Layak
BEP	42%	40-60%	Layak
SDP	22%	20-40%	Layak

Return on Investment (ROI) adalah laba yang didapatkan dari biaya modal yang keluar. *Pay Out Time (POT)* adalah berapa lama tempo yang dihasilkan berdasarkan laba yang diperoleh. Berdasarkan arus kas *discounted*, *Interest Rate of Return (IRR)* adalah pangkat laba tertentu disaat pemasukan nanti sama dengan banyaknya dana awal yang dikeluarkan. Sementara, *Break Even Point (BEP)* adalah pertemuan yang menyatakan dana yang dikeluarkan sama dengan penghasilan yang didapatkan. *Shut Down Point (SDP)* adalah

titik dimana kegiatan produksi pabrik diberhentikan. Gambar 3 menunjukkan analisa kelayakan ekonomi pabrik asetosal.



Gambar 3. Grafik BEP dan SDP Pabrik Asetosal Kapasitas 2300 Ton/tahun

5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik Asetosal dari Asam Salisilat, Asetat Anhidrat dan Kalsium Oksida dengan proses Esterifikasi direncanakan berdiri tahun 2026 dengan kapasitas produksi 2.300 ton/tahun. Lokasi pendirian pabrik terletak di Jl. Raya Kanci, Kec. Pangenan, Kab. Cirebon provinsi Jawa Barat dengan total luas tanah yang diperlukan sebesar 28.151 m². Bentuk hukum perusahaan yang diterapkan adalah Perseroan Terbatas (PT). Bentuk organisasi adalah *line and staff* dengan total karyawan yang dibutuhkan sebanyak 144 orang. Dari hasil perhitungan analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 10,70 %, POT sebesar 3,7 tahun, IRR sebesar 18,17 %, BEP sebesar 42 %, dan SDP sebesar 22%. Memandang pertimbangan dari hasil analisa ekonomi dapat disimpulkan pabrik layak untuk dilanjutkan ketahap perancangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S. & R.D, N (1955): *Chemical Engineering Cost Estimation*, New York, Mc Graw – Hill Book Company.
- Dean, J. A (1999): *Lange's Handbook of Chemistry 15th Edition*. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Handal-Vega, E., A. P. D. Loupy, and J. M. C. Garcia (2001): *Synthetic Procedure for The Manufacture of Aspirin*. Patent Office. USA.
- Indonesia, B. P. S. (2021): *Ekspor-Impor Menurut Komoditi*. www.bps.go.id.

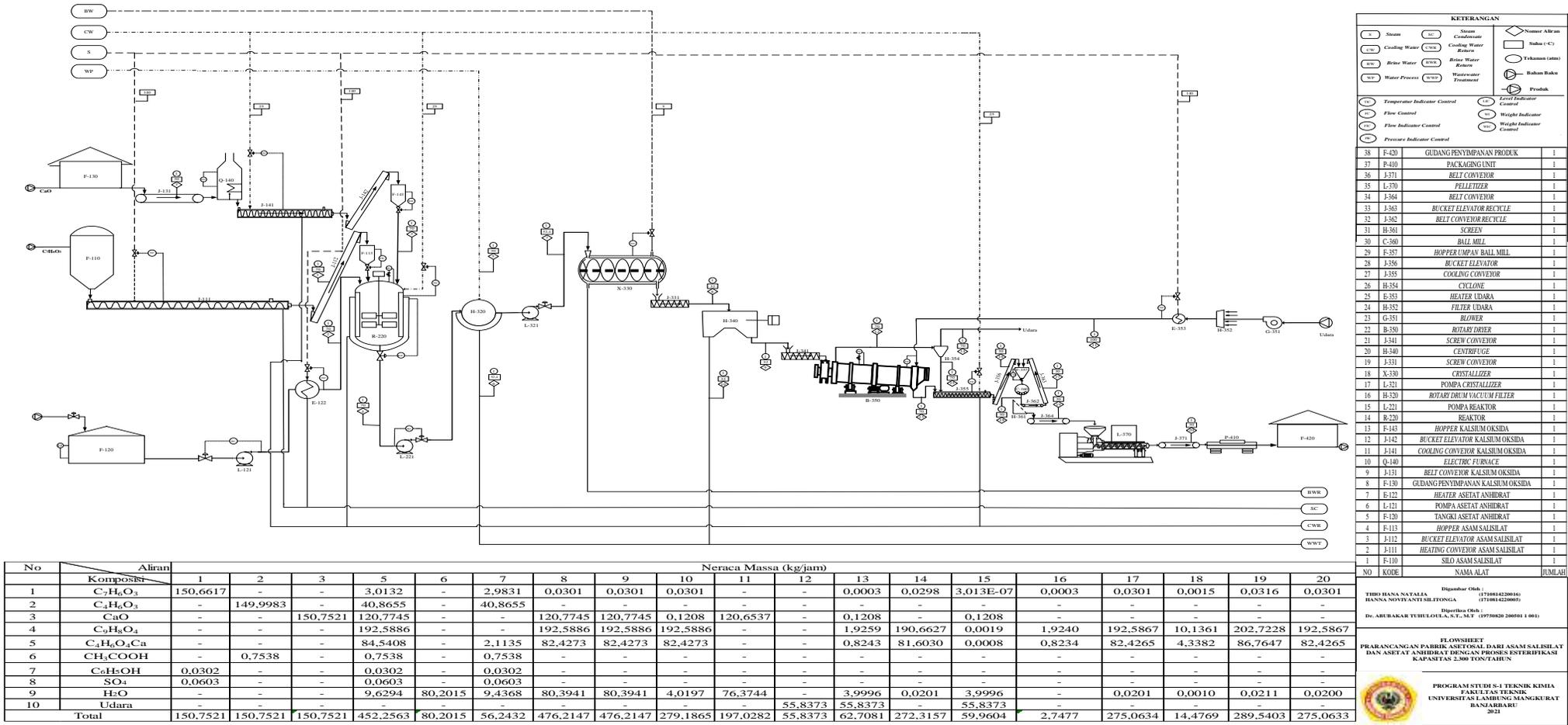




- Kirk, R. E. dan Othmer, D. F. (2004): *Encyclopedia of Chemical Technology 5th Edition*. John Wiley & Sons, Inc. Michigan.
- Kirklin, D. R (2000): *Enthalpy of Combustion of Acetylsalicylic Acid*. J. Chem. Thermodynamics 32:701-709.
- Mc. Cabe. JF. Walls. A. (1993): *Applied Dental Material*. Blackwell Publishing. Singapore.
- Perry, Robert H., Don W. Green dan James O. M. (1985): *Chemical Engineers Handbook*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Peter, M. S., and K. D. Timmerhaus (1991): *Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fourth Edition*. McGraw Hill International. Singapore.
- www. Chemeo.com. Diakses 23 Januari 2021.



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK ASETOSAL DARI ASAM SALISILAT DAN ASETAT ANHIDRAT DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI KAPASITAS 2.300 TON/TAHUN



Gambar 4. Flow Diagram Process Prarancangan Pabrik Asetosal dari Asam Salisilat, Asetat Anhidrat, dan Kalisium Oksida dengan Proses Esterifikasi Kapasitas 2300 Ton/tahun