

**PRARANCANGAN PABRIK PEMBUATAN TANIN DARI
KULIT BUAH KAKAO DENGAN KAPASITAS PRODUKSI
6.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana**



Disusun Oleh :

Riska Putri Sry Yani (4518044026)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

PRARANCANGAN PABRIK PEMBUATAN TANIN DARI KULIT BUAH
KAKAO DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 6.000 TON/TAHUN

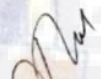
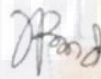
Disusun Oleh :

Riska Putri Sry Yani (4518044026)

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada Tanggal 8 Maret 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Hermawati, S.Si., M.Eng

M. Tang, S.T., M.Pkim

NIDN. 0924077101

NIDN . 0913027503

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dr.Ir.A.Zulhikar Syaiful, M.T

Al Gazali, ST., MT

NIDN.0924077101

NIDN.0905067302

Makassar, 8 Maret 2023

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Dr.Ir.A.Zulhikar Syaiful, M.T

NIDN.0924077101

SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Riska Putri Sry Yani

Nomor Induk Mahasiswa : 4518044026

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Tanin Dari Kulit
Buah Kakao Dengan Kapasitas Produksi 6.000
Ton/Tahun

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebut dalam daftar Pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar menyimpan, mengalihmediakan/menginformasikan, mengelola dalam bentuk database, mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan meminjamkan untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar dari semua tuntutan hukum yang timbul atau pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 15 Maret 2023

Pembuat pernyataan



Riska Putri Sry Yani
4518044016

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi Prarancangan Pabrik kimia yang berjudul “Prarancangan Pabrik Pembuatan Tanin Dari Kulit Buah Kakao Dengan Kapasitas Produksi 6.000 ton/tahun” dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih atas segala bantuan baik berupa bimbingan, dorongan, serta semangat dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

Teristimewa, Orang Tua dan keluarga besar yang tak pernah lelah memberikan semangat dan motivasi.

1. Bapak Dr. H. Nasrullah, ST.,MT.,IAI selaku Dekan Teknik Universitas Bosowa, Sulawesi Selatan .
2. Bapak Dr. Ir. A. Zulfikar Syaiful, M.T Selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Universitas Bosowa Makassar, Sulawesi Selatan.
3. Ibu Hermawati,S.Si.,M.Eng, selaku dosen pembimbing I
4. Bapak M.Tang, S.T., M.Pkim, selaku dosen pembimbing II
5. Dosen Jurusan Teknik Kimia, Universitas Bosowa,Sulawesi Selatan.
6. Teman-teman seperjuangan atas dukungan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga skripsi ini dapat bermanfaat bukan hanya semata untuk penulis namun untuk pembaca pula.

Makassar, 5 Maret , 2023

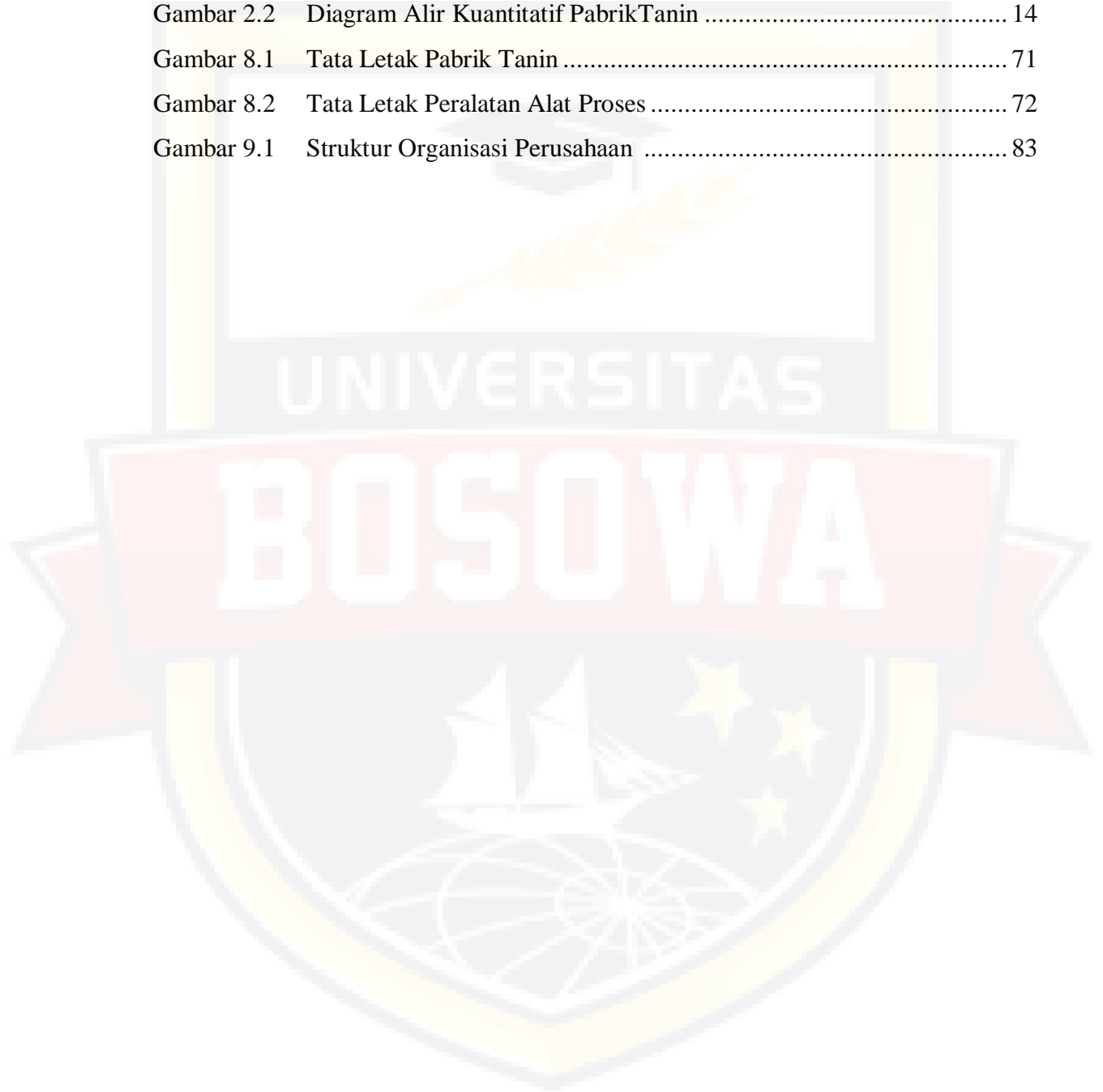
Penyusun

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
ABSTRAK	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas	3
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik	4
1.4 Tinjauan Pustaka.....	6
BAB II URAIAN PROSES	10
2.1 Tahapan Proses	10
2.2 Diagram Alir.....	12
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU.....	15
3.1 Spesifikasi Produk Utama	15
3.2 Spesifikasi Bahan Baku	15
BAB IV NERACA MASSA	18
BAB V NERACA PANAS	22
BAB VI SPESIFIKASI ALAT	26
BAB VII UTILITAS.....	37
BAB VIII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	68
BAB IX STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN.....	73
BAB X ANALISA EKONOMI	84
BAB XI KESIMPULAN	101
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA	104
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	112
LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT	131
LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS.....	184

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Pabrik	5
Gambar 1.2	Struktur Tanin	7
Gambar 2.1	Diagram Alir Kualitatif Pabrik Tanin	13
Gambar 2.2	Diagram Alir Kuantitatif Pabrik Tanin	14
Gambar 8.1	Tata Letak Pabrik Tanin	71
Gambar 8.2	Tata Letak Peralatan Alat Proses	72
Gambar 9.1	Struktur Organisasi Perusahaan	83



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pertumbuhan Rata-rata	3
Tabel 4.1 Neraca Massa Pada Tangki Ekstraksi.....	19
Tabel 4.2 Neraca Massa Pada <i>Filter Press</i>	19
Tabel 4.3 Neraca Massa Pada Evaporator.....	20
Tabel 4.4 Neraca Massa Pada <i>Rotary Dryer</i>	20
Tabel 4.5 Neraca Massa Total.....	21
Tabel 5.1 Neraca Panas Tangki Ekstraksi.....	22
Tabel 5.2 Neraca Panas <i>Filter Press</i>	23
Tabel 5.3 Neraca Panas Tangki Pengendapan.....	23
Tabel 5.4 Neraca Panas Evaporator.....	24
Tabel 5.5 Neraca Panas Kondensor	24
Tabel 5.6 Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i>	25
Tabel 5.7 Neraca Panas Rotary Cooler	25
Tabel 7.1 Kebutuhan Steam Pabrik Tanin	37
Tabel 7.2 Pemakaian air untuk kebutuhan	40
Tabel 7.3 Standar air bersih.....	40
Tabel 7.4 Unit Proses.....	46
Tabel 7.5 Unit Utilitas.....	46
Tabel 8.1 Prinsipian Luas Tanah.....	70
Tabel 9.1 Penggolongan jabatan dan Tingkat pendidikan	81
Tabel 10.1 Penaksiran indeks harga dengan least square	85
Tabel 10.2 PEC Alat Prose.....	88
Tabel 10.3 Purchase Equipment Cost Utilitas	89
Tabel 10.4 Biaya Bahan Baku	94
Tabel 10.5 Biaya Utilitas.....	95
Tabel 10.6 Biaya Operating Labor	95
Tabel 10.7 Data Perhitungan Internal Rate of Return	97

ABSTRAK

Pabrik Tanin ini dirancang dengan kapasitas 6.000 ton/tahun dengan bahan baku yang digunakan adalah Kulit buah kakao dan Etanol 95% dengan metode ekstraksi. Lokasi pabrik direncanakan berada di daerah Poso Sulawesi tengah yang didirikan diatas lahan seluah 10.615 m².

Proses pembuatan Tanin yaitu kulit buah kakao diangkut ke *Ball Mill* untuk dihaluskan, kulit buah kakao di alirkan ke tangki ekstraktor untuk di ekstraksi dengan etanol 95% pada suhu 30°C selama 5-8 jam, Filtrat tanin disaring dalam *filter press*, dan limbah dibuang ke penampungan limbah dengan menggunakan *belt conveyer*, Tanin dipompakan ke tangki pengendapan kemudian masuk ke dalam evaporator untuk menguapkan etanol yang mengikat tanin pada suhu operasi 85°C, sehingga etanol menguap ke kondensor sedangkan produk dimasukkan ke dalam *rotary dryer* untuk mengurangi kadar air dengan menggunakan steam jenuh/udara panas suhu 130°C dengan tekanan 1 atm.

Prarancangan pabrik Tanin memiliki utilitas yang terdiri dari steam dengan kapasitas 147725,2 kg/jam, air yang diolah sebanyak 1031,83 kg/jam, 183,397 kW/jam listrik dari PLN dan bahan bakar dari solar dengan 114794,31 L/jam. Ditinjau dari segi ekonomi, pabrik ini membutuhkan biaya produksi sebesar Rp 995.445.128.173,50 dengan total penjualan Rp 1.125.000.000.000. Hasil analisa ekonomi pabrik ini menunjukkan: (1) Total pendapatan sebelum pajak sebesar Rp 129.554.871.826,50 dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 103.643.897.461,20. (2) Presentase ROI sebelum pajak 34,62%, dan ROI setelah pajak 27,70%. (3) nilai POT setelah pajak 3,61 tahun. (4) BEP sebesar 42,37%, SDP sebesar 11% dan DCF sebesar 0,31%. BEP untuk pabrik secara umum yaitu 40%-60%. Berdasarkan data analisis ekonomi tersebut, maka pabrik tanin ini layak untuk di kaji lebih lanjut.

Kata Kunci : kulit buah kakao, Tanin, Ekstraksi

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan di Indonesia yang menyimpan potensi besar baik dalam sektor pertanian, perkebunan dan juga hasil hutan yang setiap tahunnya semakin meningkat. Banyak pohon-pohon dan tanaman-tanaman yang dijadikan sebagai bahan baku suatu industri. Tujuan pembangunan sektor industry di Indonesia adalah mewujudkan masyarakat Indonesia adil dan makmur secara merata baik dari segi material maupun spiritual. Namun Indonesia saat ini masih mengimpor produk suatu industri kimia dari luar negeri salah satunya adalah tanin. Tanin sebenarnya sudah lama di kenal di Indonesia akan tetapi belum di produksi dalam negeri(Maulidian 2018). Akibat ketergantungan impor tanin menyebabkan devisa negara berkurang dan terjadinya ketergantungan pada negara lain, sehingga diperlukan suatu usaha untuk menanggulangi ketergantungan impor, salah satunya adalah dengan mendirikan pabrik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dengan berdirinya pabrik, akan menghemat devisa negara dan membuka peluang berdirinya pabrik lain yang menggunakan produk pabrik tersebut. Selain itu dapat membuka kesempatan untuk membuka lapangan kerja baru sehingga mengurangi angka pengangguran dan meningkatkan pendapatan asli daerah setempat.

Kakao menjadi salah satu komoditas unggulan perkebunan Indonesia termaksud di Sulawesi tengah yang memproduksi buah kakao sebanyak 128,2 ribu ton per tahun yang mempunyai jumlah produksi yang sangat besar. Produksi buah kakao mengalami peningkatan setiap tahunnya yang mengakibatkan semakin meningkatnya jumlah limbah kulit buah kakao yang tidak dimanfaatkan dan terbuang sia-sia. Presentasi terbesar dari satu buah kakao segar terdapat pada kulitnya yakni 67% (Oddoye et al, 2013)

Saat ini, kulit buah kakao pemanfaatannya masih sangat terbatas, pada umumnya pemanfaatan kulit buah kakao saat ini hanya sebatas dijadikan pupuk kompos serta bahan pakan ternak saja. Padahal kulit buah kakao ini mengandung senyawa antioksidan yakni flavonoid dan polifenol yang

bertindak dalam menetralkan dan menghambat aktivitas radikal bebas dalam tubuh.

Kulit buah kakao adalah produk sampingan dari pengolahan kakao, yang mana kulit buah kakao merupakan sumber bioaktif yang melimpah, murah dan terbarukan. Senyawa bioaktif yang terdapat pada kulit buah kakao adalah serat, pektin, antioksidan, mineral, dan theobromine, sehingga kulit buah kakao ini sangat berpotensi untuk di manfaatkan pada bidang farmasi, medis, nutraceuticals, atau produk makanan lainnya (Campos- Vega et al., 2018).

Pada kulit buah kakao juga terdapat kandungan tanin yang digunakan sebagai antiseptik. Selain sebagai antibakteri, tanin juga dapat berperan sebagai astrigen, antidiare, dan antioksidan (Pappa at el., 2019). Dilihat dari segi kandungan yang terdapat didalamnya, kulit buah kakao sangat berpotensi untuk dijadikan suatu produk yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia sehingga juga dapat mengatasi limbah perkebunan.

Tanin merupakan komponen zat organik derivat polimer glikosida yang terdapat dalam bermacam-macam tumbuhan, salah satunya terdapat pada kulit buah kakao. Kulit buah kakao sebagai limbah hasil perkebunan sangat potensial, dimana kulit buah kakao belum dimanfaatkan secara optimal bahkan sebagian besar masih merupakan limbah perkebunan kakao karena hanya dikumpulkan pada lubang tertutup atau dibuang disekitar tanaman kakao. Oleh karena itu pabrik pembuatan tanin dari kulit buah kakao layak didirikan karena ketersediaan bahan baku sangat mencukupi.

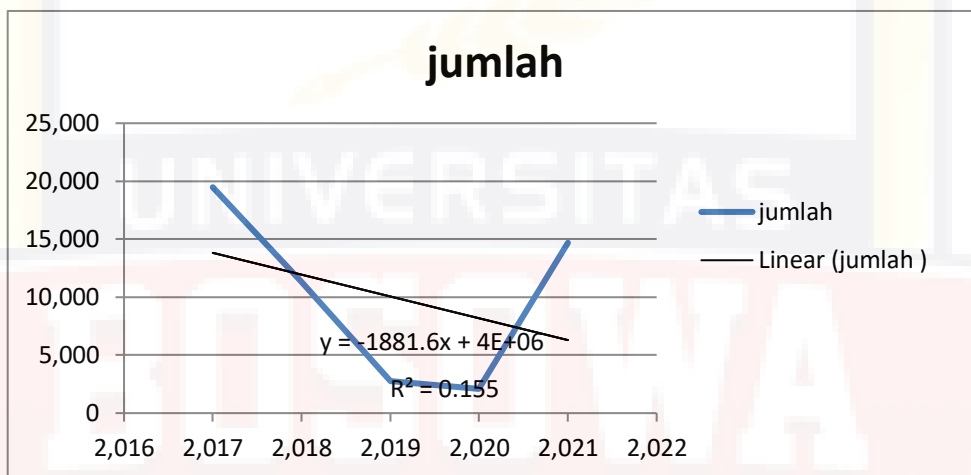
Tanin merupakan bahan yang banyak dipakai dalam industri seperti industri kulit, industri tekstil, industri kimia dan industri farmasi. Oleh karena itu, sejalan dengan perkembangan di bidang industri, diperkirakan kebutuhan tanin juga akan meningkat di Indonesia.

Tanin di Indonesia banyak dimanfaatkan orang untuk menyamak kulit agar awet, dan sebagai bahan baku tekstil.

1.2 Penentuan kapasitas pabrik

Saat ini, Indonesia masih mengimpor tanin dengan jumlah yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Untuk mengurangi ketergantungan tersebut, perlu didirikan pabrik Tanin dengan kapasitas yang memadai. data impor tanin dari tahun 2017-2021.

Maka dengan persamaan regresi linear diperoleh nilai $R^2 = 0,1$ tidak memenuhi standar minimal $R^2 = 0,9$ sehingga metode regresi linear tidak dapat digunakan, oleh karena itu digunakan metode pertumbuhan rata-rata sebagai berikut:



Grafik 1.1 Perhitungan Linear

Tabel 1.1 Pertumbuhan Rata-rata

Tahun	Impor (kg)	Pertumbuhan (kg)
2017	4.582.980	0
2018	5.216.428	12.14
2019	4.285.981	-12.70
2020	3.340.439	-28.30
2021	5.713.572	41.53
N = 4	Rata – rata kenaikan	0.91

$$m = P (1+i)^n$$

Dimana :

m : jumlah produk pada tahun yang dihitung

P : jumlah produk pada tahun terakhir

i : Kenaikan rata-rata impor setiap tahun dalam persen (%)

n : selisih tahun

sehingga diperoleh

$$m = P (1+i)^n$$

$$= 5,713,572.00 (1+(0.91\%))^5$$

$$= 5925.772771 \text{ ton/tahun} \approx 6.000 \text{ ton/tahun}$$

Karena belum adanya pabrik dalam negeri maka kapasitas pabrik yang kita dapatkan dari perhitungan 5925.772771 ton/tahun ini dikalikan dengan maksimal 1,5, Namun karena beberapa pertimbangan maka kita hanya menggunakan 6.000 ton/tahun. Adapun pertimbangannya sebagai berikut :

1. Nilai perkalian 1,5% untuk produksi belum adanya produksi dalam negeri itu hanya standar maksimal antara 1 ke 1,5 sehingga tidak menjadi sebuah keharusan.
2. Mengingat lokasi pabrik ini kondisi bahan bakunya masih kurang, maka untuk menjaga asupan kesediaan bahan baku maka kita hanya mengambil sebesar 6.000 ton/tahun.

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik harus mempertimbangkan biaya produksi dan biaya distribusi yang minimum serta faktor lain seperti daerah untuk peluasan pabrik, keadaan masyarakat sekitar pabrik dan lain-lain. Pemilihan yang tepat memberikan konsentrasi yang penting, karena lokasi suatu pabrik akan mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan dan penentuan kelangsungan produksinya. Adapun faktor-faktor dalam pemilihan lokasi pabrik yaitu :

1. Faktor utama
 - a) Sumber bahan baku
 - b) Pemasaran
2. Faktor penunjang
 - a) Transportasi
 - b) Kebutuhan energi
 - c) Sumber air

d) Tenaga kerja

Dengan melihat faktor diatas, maka lokasi pabrik direncanakan berdiri di jalan Tabotaki Kecamatan Poso Kota Selatan, Kabupaten Poso Sulawesi tengah.

1. Sumber bahan baku

Lokasi pabrik didirikan berdekatan dengan sumber bahan baku kulit buah kakao untuk mengurangi biaya transportasi.

2. Transportasi

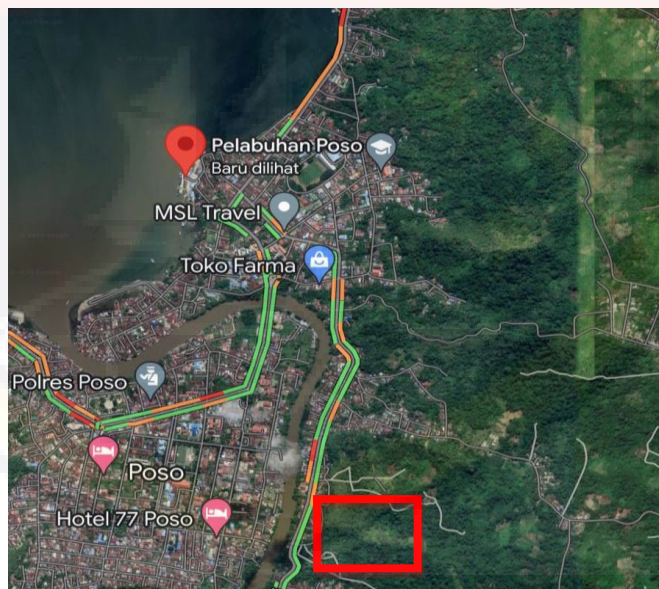
Transportasi darat dan laut memadai dekat dengan pelabuhan poso, sehingga akan mempermudah pengangkutan bahan baku dan produk.

3. Sumber air

Air yang dibutuhkan dalam proses, sarana utilitas diperoleh dari air sungai poso/PDAM.

4. Kebutuhan tenaga kerja

Kebutuhan tenaga kerja banyak tersedia di Sulawesi tengah, sehingga dengan didirikannya pabrik Tanin akan mampu menyerap tenaga kerja dan menunjang program pemerintah untuk mengurangi pengangguran.



Gambar 1.2 Peta lokasi pabrik

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Tanaman Kakao

Kakao merupakan tanaman dengan bunga tumbuh pada batang atau cabang. Oleh karena itu, tanaman ini digolongkan kedalam kelompok tanaman *caulifloris*. Kedudukan tanaman kakao dalam sistematik tumbuhan (taksonomi) dapat diklarifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*
Divisio : *Spermatophyta*
Kelas : *Dicotyledon*
Ordo : *Malvales*
Famili : *Sterculiaceae*
Genus : *Theobroma*
Spesies : *Theobroma cacao* (Siregar dkk, 2012)



Kakao merupakan tanaman perkebunan di lahan kering, dan jika di usahakan secara baik dapat berproduksi tinggi serta menguntungkan secara ekonomis. Sebagai salah satu tanaman yang dimanfaatkan bijinya, maka biji kakao dapat dipergunakan untuk bahan pembuat minuman, campuran gula-gula dan beberapa jenis makanan lainnya bahkan karena kandungan lemaknya tinggi biji kakao dapat dibuat cacao butter/mentega kakao, sabun, parfum dan obat-obatan. Sunanto (1994)

Sesungguhnya terdapat banyak jenis tanaman kakao, namun jenis yang paling banyak ditanam untuk produksi cokelat secara besar-besaran hanya tiga jenis, yaitu:

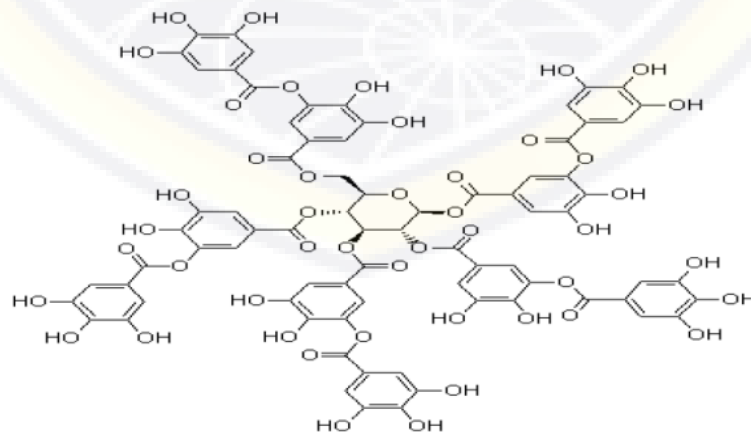
- 1) Jenis *Criollo*, yang terdiri dari *Criollo* Amerika Tengah dan *Criollo* Amerika Selatan. Jenis ini menghasikan biji kakao yang mutunya sangat baik dan dikenal sebagai kakao mulia. Jenis kakao ini

banyak dibutuhkan oleh pabrik-pabrik sebagai bahan pembuatan produk-produk coklat yang bermutu tinggi.

- 2) Jenis *Forastero*, banyak diusahakan diberbagai negara produsen coklat dan menghasilkan coklat yang mutunya sedang atau *bulk cacao*,. Jenis *Forastero* sering juga disebut sebagai kakao lindak.
- 3) Jenis *Trinitario*, merupakan campuran atau hibrida dari jenis *Criollo* dan *Forastero* secara alami, sehingga kakao ini sangat heterogen. Kakao jenis *Trinitario* menghasilkan biji yang termasuk *fine flavour cacao* dan ada yang termasuk *bulk cacao*. Kakao ini memiliki keunggulan pertumbuhannya cepat, berbuah setelah berumur 2 tahun, masa panen sepanjang tahun, tahan terhadap penyakit . Sunanto (1994)

1.4.2 Tanin

Tanin merupakan zat organik yang sangat kompleks dan terdiri dari senyawa fenolik. Istilah tanin pertama sekali diaplikasikan pada tahun 1796 oleh Seguil. Tanin terdiri dari sekelompok zat-zat kompleks terdapat secara meluas dalam dunia tumbuh-tumbuhan, antara lain terdapat pada bagian kulit kayu, batang, daun dan buah -buahan. Ada beberapa jenis tumbuh-tumbuhan atau tanaman yang dapat menghasilkan tanin, antara lain : tanaman pinang, tanaman akasia, bakau, pinus, gambir dan kulit kakao. Tanin juga yang dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan mempunyai ukuran partikel dengan range besar. Tanin ini disebut juga asam tanat, galotanin atau asam galotanat.



Gambar 1.3 Struktur Tanin (Westendarp, 2006)

1.4.3 Kegunaan Tanin

1. Sebagai pelindung pada tumbuhan pada saat masa pertumbuhan bagian tertentu pada tanaman.
2. Sebagai anti hama bagi tanaman sehingga mencegah serangga dan fungi.
3. Digunakan dalam proses metabolisme pada bagian tertentu tanaman.
4. Pada industri farmasi tanin digunakan sebagai anti septik dan jaringan luka, misalnya luka bakar yaitu dengan cara mengendapkan protein. Selain itu tanin juga digunakan untuk campuran obat cacing dan anti kanker.
5. Pada industri kulit tanin banyak dipergunakan kerana kemampuannya mengikat bermacam-macam protein sehingga dapat mencegah kulit dari proses pembusukkan.
6. Tanin juga dipergunakan pada industri pembuatan tinta dan cat karena dapat memberikan warna biru tua dan hijau kehitam-hitaman dengan kombinasi- kombinasi tertentu.
7. Tanin dapat berperan sebagai antidotum (keracunan alkaloid) dengan cara mengeluarkan asam tamak yang tidak terlarut.

1.4.4 Proses Pembuatan Tanin

1.4.4.1 Ekstraksi Dengan Pelarut Air

Senyawa tanin dapat dipisahkan dari senyawa – senyawa kimia yang terdapat dalam buah pinang melalui proses ekstraksi. Proses ekstraksi dapat dilakukan dengan menggunakan pelarut air dengan kondisi suhu 70 sampai 80°C. Proses ekstraksi tanin buah pinang dengan pelarut air pernah dilakukan dengan waktu proses ekstraksi 5-8 jam diperoleh kadar tanin 15% dengan angka kelarutan pada air yaitu 0,656 gr/ml. Untuk pelarut air tanin yang dihasilkan relative mudah berjamur karena adanya kandungan air yang cukup tinggi dalam produk.

1.4.4.2 Estraksi dengan Pelarut Metanol

Senyawa tanin dapat dipisahkan dari senyawa – senyawa kimia yang terdapat dalam daun jambu biji melalui proses ekstraksi. Proses ekstraksi dapat dilakukukan pada suhu kamar menggunakan pelarut methanol. Proses ekstraksi tanin daun jambu biji pernah dilakukan dengan waktu

proses ekstraksi selama 3 hari diperoleh kadar tanin 18% serta efisiensi inhibisi 96%.(Nababan,2015)

1.4.4.3 Estraksi Dengan Pelarut Etanol

Senyawa tanin dapat dipisahkan dari senyawa – senyawa kimia yang terdapat dalam kulit buah kakao melalui proses ekstraksi. Proses ekstraksi dapat dilakukan dengan menggunakan pelarut etanol 96% dengan kondisi suhu 30°C. Proses ekstraksi tanin kulit buah kakao dengan pelarut etanol 96% pernah dilakukan dengan waktu proses ekstraksi 5-8 jam diperoleh kadar tanin 20%.



BAB II

URAIAN PROSES

2.1 Tahapan Proses

2.1.2 Penyimpanan Kulit Buah Kakao di Gudang Bahan Baku

Persiapan bahan baku dimulai dari penyimpanan kulit kakao yang dipersiapkan untuk satu minggu (bahan baku sudah siap dipakai) kemudian diangkut dengan menggunakan truk. Kulit kakao disimpan di dalam gudang bahan baku (GBB) pada temperature 30°C dan tekanan 1 atm. Kemudian kulit kakao diangkut dengan *belt conveyer* (C-102) ke dalam *Hammer Crusher* (SR-01).

2.1.3 Proses Penghalusan Bahan Baku

Kulit kakao diangkut dengan *belt conveyer* (C-102) untuk dipotong – potong menjadi bagian- bagian yang lebih kecil di dalam *Hammer Crusher* (SR-01) dengan ukuran $\frac{3}{4}$ in, untuk mempermudah penghalusan potongan kulit kakao. kulit kakao yang telah dipotong menjadi bagian – bagian yang lebih kecil, kemudian diangkut, digiling dan dihaluskan dengan *Ball Mill* (SR-02) dengan ukuran 200 mesh, karena tanin yang akan diproduksi berupa tepung. Alat yang utama yang terdapat dalam *Ball Mill* adalah ball yang tersusun melingkar dan diputar dengan kecepatan tertentu menjadi bubuk kulit kakao.

2.1.4 Proses Ekstraksi

Bubuk kulit kakao kemudian dialirkan ke dalam tangki ekstraktor (TEK-01) untuk diekstraksi dengan menambahkan etanol 95% yang berfungsi untuk mengikat tanin dengan perbandingan 1:3 proses ekstraksi ini dilakukan pada suhu 30°C selama 5-8 jam.

2.1.5 Proses Pengendapan

Filtrat tanin yang diperoleh disaring dalam *filter press* (P-101) untuk memisahkan filtrat dan *cakenya* (impuritis). Impuritis akan dibuang kepenampungan limbah dengan menggunakan *belt conveyer* (C-102). Tanin yang telah diikat etanol kemudian di pompakan ke tangki pengendapan (TT-103) .

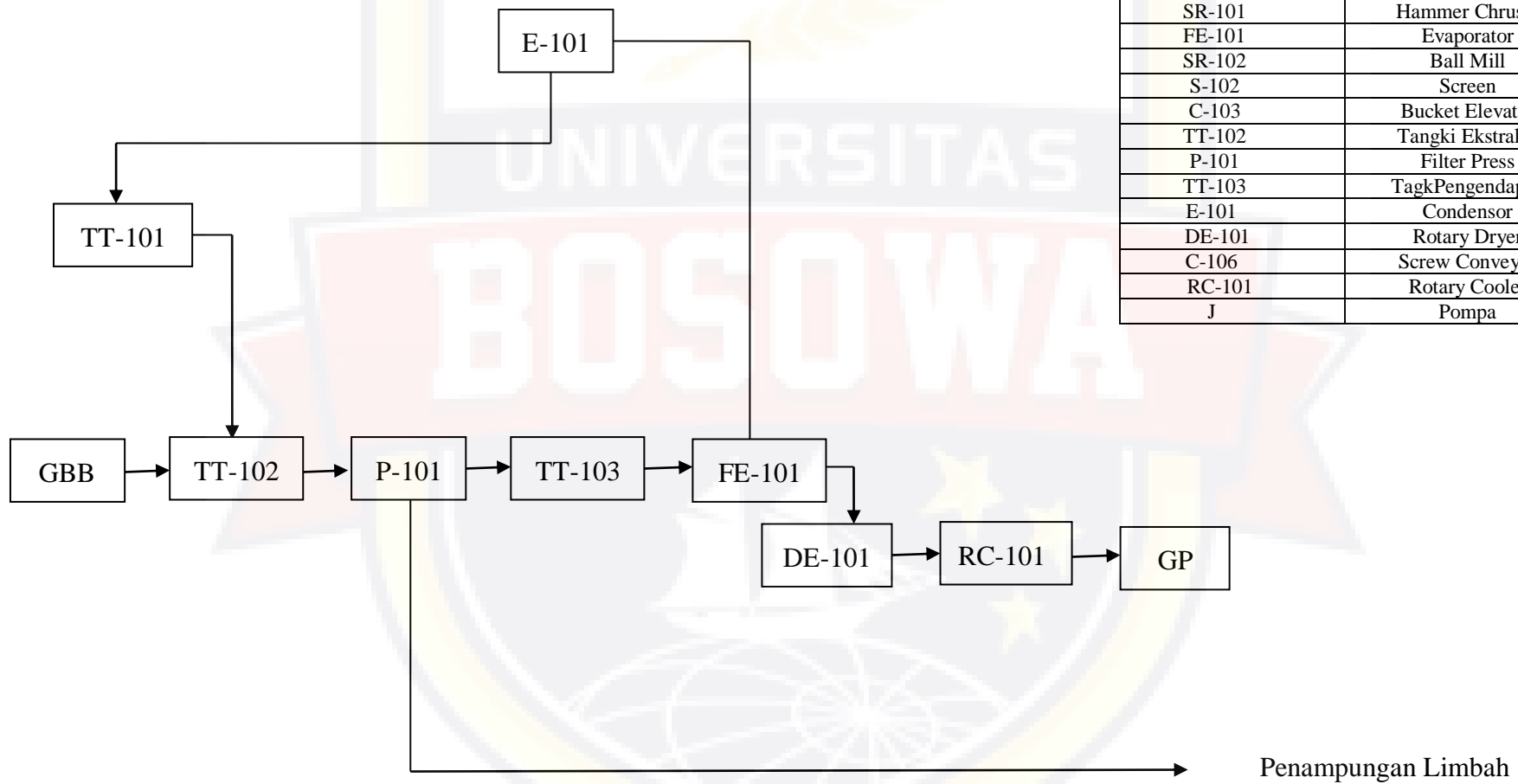
2.1.6 Proses Pemisahan Tanin

Komponen yang terdapat pada tanin dan etanol yang masuk ke dalam tangki pengendap (TT-103) kemudian dimasukkan kedalam evaporator (FE-101) untuk menguapkan etanol yang mengikat tanin, pada saat komponen di evaporator suhu operasi diberikan 85°C , sehingga etanol menguap. Etanol yang telah menjadi uap akan dimasukkan kedalam kondensor untuk merubah etanol dari fasa uap menjadi fasa cair suhu. Sedangkan produk yaitu tanin akan dimasukkan kedalam *rotary dryer* untuk mengurangi kadar airnya dengan menggunakan steam jenuh atau udara panas pada suhu 130°C dengan tekanan 1 atm, setelah produk yang diinginkan diperoleh, tanin dimasukkan kedalam *rotary cooler* kemudian dimasukkan kedalam ball mill (SR-102) hingga menjadi serbuk berukuran 200 mesh sebelum di kemas.

2.1.7 Proses Akhir

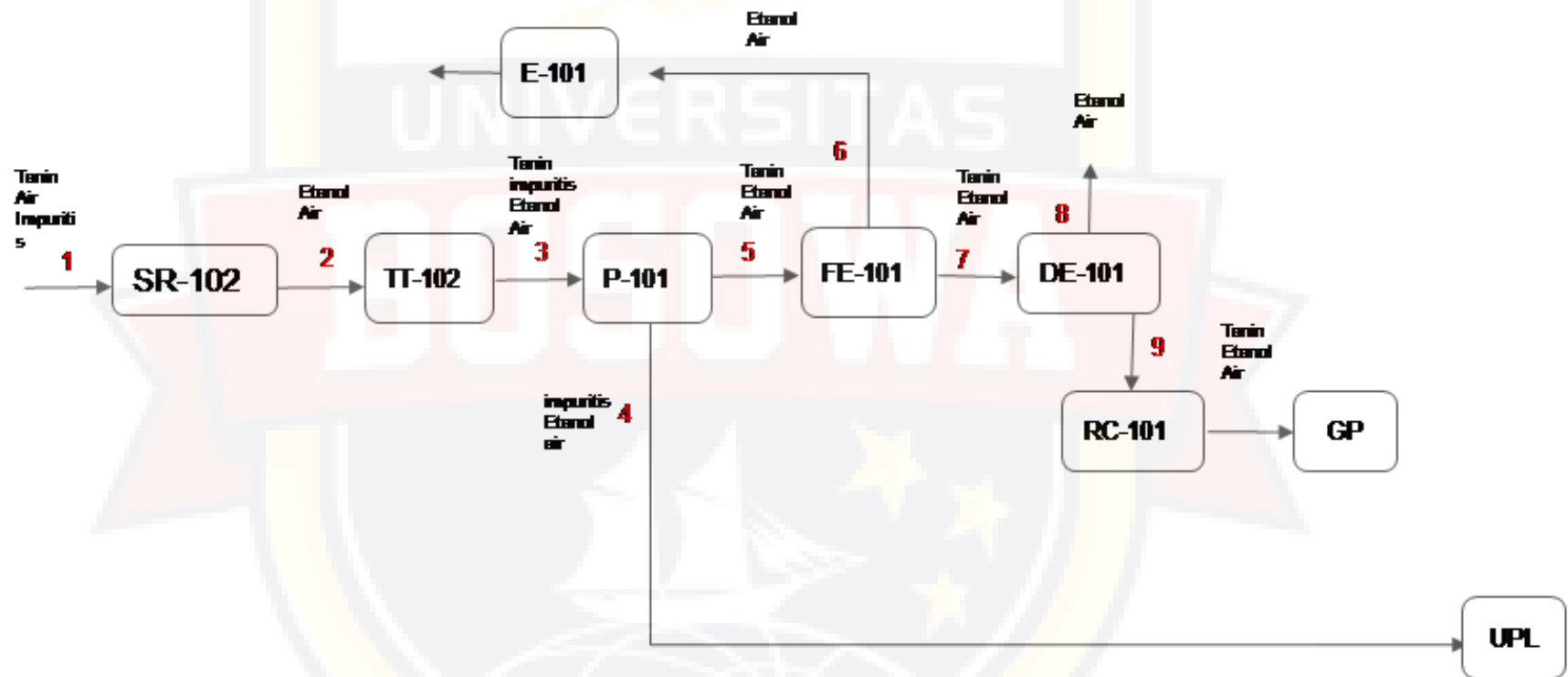
Pada tahap ini dilakukan pengemasan tepung tanin dalam karung sesuai dengan berat yang diinginkan pasar.

2.2 Diagram Alir

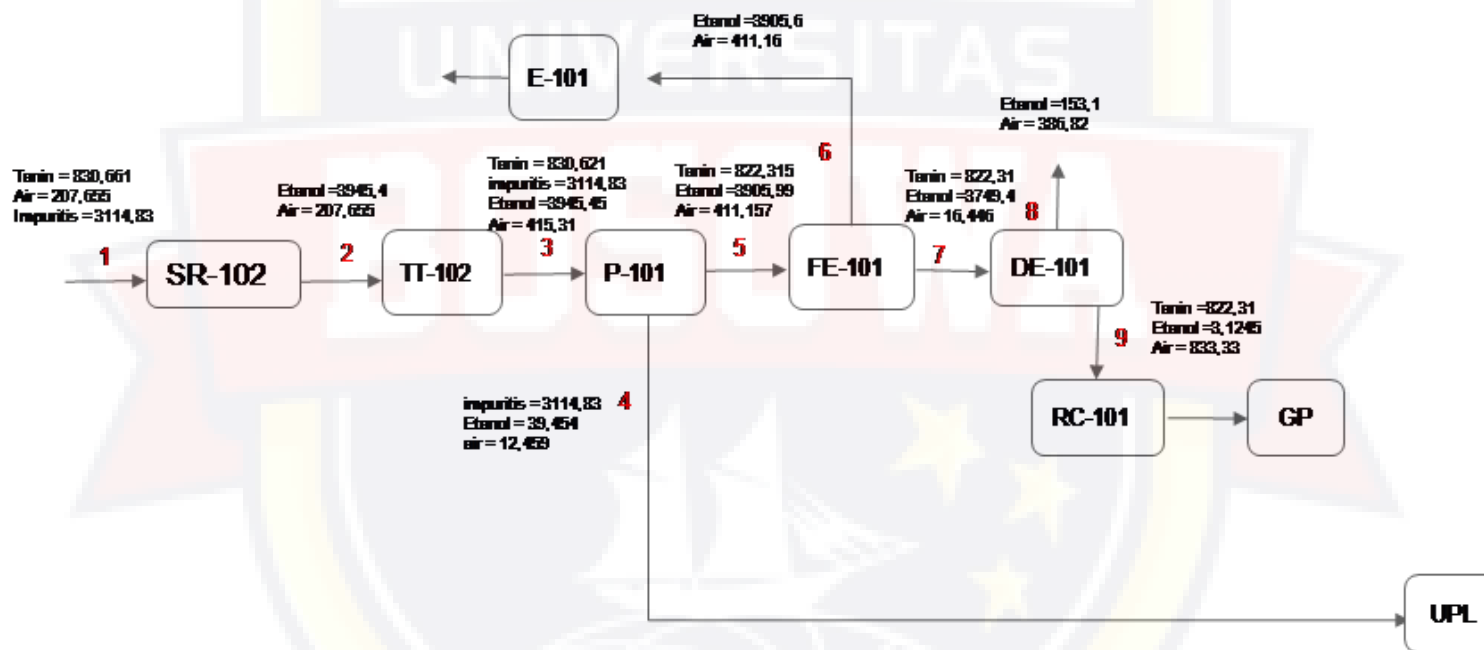


Keterangan Gambar	
Kode Instrumentasi	Keterangan
TT-101	Tangki Etanol
C-101	Belt Conveyor
SR-101	Hammer Chruser
FE-101	Evaporator
SR-102	Ball Mill
S-102	Screen
C-103	Bucket Elevator
TT-102	Tangki Ekstraksi
P-101	Filter Press
TT-103	TagkPengendapan
E-101	Condensor
DE-101	Rotary Dryer
C-106	Screw Conveyor
RC-101	Rotary Cooler
J	Pompa

2.3 Diagram Kualitatif



2.4 Diagram Kuantitatif



BAB III

SPESIFIKASI BAHAN

3.1 Spesifikasi Produk Utama

3.1.1 Tanin

a. Sifat-sifat tanin yaitu :

Tanin juga dinamakan asam tanta dan asam galotanat, ada yang tidak berwarna tetapi ada juga yang berwarna kuning atau coklat. Berikut adalah sifat-sifat dari tanin :

1. Memiliki rumus molekul $C_{76}H_{52}O_{46}$
2. Memiliki berat molekul 1700
3. Tanin dapat diidentifikasi dengan kromatografi.
4. Merupakan padatan berwarna kuning atau kecoklatan.
5. Memiliki titik leleh $305^{\circ}C$
6. Memiliki titik didih $1271^{\circ}C$
7. Merupakan senyawa yang sukar dipisahkan

b. Sifat kimia Tanin

Kadar Air	10%
Residu on ignition	0,5%
Logam Berat (Pb)	0,003%
Zinc (Zn)	0,005%
Sugar and Dextrin	To pass test

(Sumber : <http://www.scienceLab.com> September 2014)

3.2 Spesifikasi Bahan Baku

3.2.1 Kulit Buah Kakao

a. Komposisi bubuk kakao kering (Lecumberri et al.2007) :

Senyawa	% massa kering
Lemak	$6,62 \pm 0,38$
Protein	$16,71 \pm 0,18$
Gula	$0,35 \pm 0,04$
Abu	$11,42 \pm 0,04$

Serat	60,54 ± 0,32
Polifenol	5,78 ± 0,29

b. Komposisi kimia kulit buah kakao (Vasquez et al., 2019)

Senyawa	kandungan(%)
Selulosa	24.24 – 35.0
Hemiselulosa	8.75 – 11.0
Karbohidrat	29.04 -32.3
Lignin	14.6 – 26.38
Lemak	1.5 – 2.24
Protein	4.21 – 10.74
Abu	6.7 – 10.02
Pektin	6.1 – 9.2
Total serat	36.6 – 56.10
Theobromin	0.34
Fenolik	4.6 – 6.9
Mineral	-
Tanin	5.2
Ca	254.0
Fe	5.8
Cu	6.18
Zn	39.74
Se	0.01
Na	10.5
Mn	35.72
Mg	110.9
K	2768.0

3.2.2 Etanol

a. Sifat fisika dan kimia Etanol

Rumus kimia	C ₂ H ₅ OH
Massa molar	46,06844 g/mol
Penampilan	Cairan tak berwarna dengan bau yang khas
Densitas	0,7893 g/cm
Titik lebur	-114,14
Titik didih	78,29
Kelarutan dalam air	Tercampur penuh
Tekanan uap	58 kPa (20°C)

Keasaman	15,9
Viskositas	1,200 Cp (20°C)
Momen dipole	1,69 (gas)

3.2.3 Air

a. Sifat fisika dan kimia Air H₂O

Sifat fisis air, yaitu :

Fase	= cair
Berat molekul	= 18 gr/mol
Titik didih	= 100 °C
Titik beku	= 0 °C
Densitas pada 25 °C	= 1 gram/cm ³

Sifat kimia air, yaitu:

- 1) Merupakan pelarut dan penghantar listrik yang baik
- 2) Bersifat netral dengan pH 7
- 3) Dapat menguraikan garam menjadi asam dan basa

BAB IV

NERACA MASSA

Hasil perhitungan neraca massa pada proses pembuatan “Tanin dari kulit buah kakao adalah sebagai berikut :

Kapasitas produksi	= 6000 ton/tahun
Basis perhitungan	= 1000 kg/jam
Waktu operasi	= 300 hari
Basis perhitungan	= 1 hari produksi (24 jam)
Kemurnian produk	= 97%
Kapasitas produksi	= $\frac{6000}{300}$ ton/hari = 20 x 1000 = 20.000 kg/hari
	= $\frac{20.000}{24}$ kg/jam = 833,3333 kg/jam
Faktor pengalih	= $\frac{833,3333}{200,653}$ = 4,1531 kg/jam

Unit peralatan yang menghasilkan adanya perubahan massa pada proses produksi tanin dari kulit buah kakao dengan kapasitas 6000 ton/tahun, adalah sebagai berikut :

- Tangki Ekstraksi (TEK)
- *Filter Press* (FP)
- Evaporator (E)
- Destilasi (DE)
- Rotary *Dryer* (RD)

Hasil perhitungan neraca massa pada setiap unit peralatan diperoleh dari lampiran A, sebagai berikut.

Neraca Massa Alat

4.1 Neraca Massa Pada Tangki Ekstraksi

Tabel 4.1. Neraca Massa pada Tangki Ekstraksi

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Alur 1	Alur 2	Alur 3
Tanin	831	0	831
Impuritis	3.115	0	3.115
etanol	0	3.945	3.945
Air	208	208	415
Subtotal	4.153	4.153	8.306
Total	8.306		8.306

4.2 Neraca Massa Pada Filter Press

Tabel 4.2 Neraca Massa Pada Filter Press

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Alur 3	Alur 4	Alur 5
Tanin	831	0	822
Impuritis	3.115	3.115	0
etanol	3.945	39	3.906
Air	415	12	411
Subtotal	8.306	3.167	5.139
Total	8.306	8.306	

4.3 Neraca Massa Pada Evaporator

Tabel 4.3 Neraca Massa Pada Evaporator

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Alur 5	Alur 6	Alur 7
Tanin	822	0	822
Etanol	3.906	156	3.749
Air	411	395	16.446
Subtotal	5.139	1.373	3.766
Total	5.139	5.139	

4.4 Neraca Massa Pada Rotary Dryer

Tabel 4.4 Neraca Massa Pada Rotary Dryer

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Alur 7	Alur 8	Alur 9
Tanin	822	0	822
Etanol	3.749	153	3.124
Air	16.446	387	7.8942
Subtotal	3.766	540	833,33
Total	3.766	3.766	

4.5 Neraca Massa Total

Tabel.4.5 Neraca Massa Total

Komponen	Alur								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tanin (kg/jam)	831	0	831	0	822	0	822	0	822
Impuritis (kg/jam)	3.115	0	3.115	3.115	0	0	0	0	0
Etanol (kg/jam)	0	3.945	3.945	39	3.906	156	3.749	153	3.124
Air (kg/jam)	208	208	415	12	411	395	16.446	387	7.8942
Subtotal	4.153	4.153	8.306	3.167	5.139	1.373	3.766	540	833,33
Total	8.306	8.306	8.306	8.306	8.306	5.139	3.766	3.766	3.766

BAB V

NERACA PANAS

Hasil perhitungan neraca panas pada proses pembuatan “Tanin dari kulit buah kakao” dengan kapasitas 6000 ton/tahun adalah sebagai berikut.

Basis perhitungan : 1 jam operasi

Waktu kerja/tahun : 300 hari

Suhu referensi : $25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$

Suhu lingkungan : $30^{\circ}\text{C} = 303 \text{ K}$

Satuan perhitungan : kkal/jam

Setelah dilakukan perhitungan untuk tiap-tiap unit peralatan pada lampiran B, maka diperoleh neraca panas sebagai berikut :

5.1 Neraca Panas pada Tangki Ekstraksi

Tabel 5.1 Neraca panas Tangki Ekstraksi

Komponen	Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)
	Alur 1	Alur 2	Alur 3
Tanin	102	0	102
Impuritis	8.410	0	8.410
Etanol	0	13.217	13.217
Air	1.038	1.038	2.077
Subtotal	9.551	14.255	23.806
Total	23.806		23.806

5.2 Neraca Panas pada Filter Press

Tabel 5.2 Neraca panas Filter Press

Komponen	Panas Masuk (kkal/jam)	Panas keluar (kkal/jam)	
	Alur 3	Alur 4	Alur 5
Tanin	102	0	101
Impuritis	8.410	8.410	0
Etanol	13.217	132	13.085
Air	2.077	22	2.056
Subtotal	23.806	8.564	15.242
Total	23.806	23.806	

5.3 Neraca Panas pada Tangki Pengendapan

Tabel 5.3 Neraca Panas pada Tangki Pengendapan

Komponen	Panas masuk (kkal/jam)	Panas keluar (kkal/jam)
	Alur 5	Alur 6
Tanin	101	101
Impuritis	0	0
Etanol	13.085	13.085
Air	2.056	2.056
Total	15.242	15.242

5.4 Neraca Panas pada Evaporator

Tabel 5.4 Neraca Panas pada Evaporator

Komponen	panas masuk	panas keluar (kkl/jam)	
	(kkl/jam)		
	Alur 6	Alur 7	Alur 8
Tanin	101	1.271	0
Etanol	13.085	113.607	4.733
Air	2.056	987	23.683
Qsteam	129.039	0	0
Total	144.281	144.281	

5.5 Neraca Panas pada Kondensor

Tabel 5.5 Neraca Panas pada Kondensor

Komponen	panas masuk	panas keluar
	(kkl/jam)	(kkaal/jam)
	Alur 8	Alur 10
Etanol	387	4.639
Air	1.934	23.209
Qdiserap	25.527	0
Total	27.848	27.848

5.6 Neraca Panas pada Rotary Dryer

Tabel 5.6 Neraca Panas pada Rotary Dryer

Komponen	Panas masuk (kkal/jam)	Panas keluar (kkal/jam)	
	Alur 7	Alur 9	Alur 10
Tanin	1.271	1.607	0
Etanol	4.733	157	5.799
Air	23.683	592	40.494
Qsteam	17.415	0	0
Subtotal	48.649	2.356	46.293
Total	48.649	48.649	

5.7 Neraca Panas pada Rotari Cooler

Tabel 5.7 Neraca Panas pada Rotari Cooler

Komponen	panas masuk (kkl/jam)	panas keluar (kkal/jam)
	Alur 9	Alur 12
Tanin	1.607	101
Etanol	157	10
Air	592	39
Qdiserap	0	2.205
Total	2.356	2.356

BAB VI

SPESIFIKASI ALAT

6.1 Gudang Bahan Baku (GBB)

Fungsi	: sebagai tempat persediaan bahan baku.
Jumlah gudang	: 1 unit
Volume gudang	: 527,58 m ³ /jam
Tinggi gudang	: 5 m
Panjang gudang	: 15,9 m
Lebar gudang	: 7,95 m
Bahan konstruksi	: pondasi beton, dinding batu dan atap seng

6.2 Tangki Etanol (TT-101)

Fungsi	: untuk menampung etanol selama 2 hari operasi
Jumlah	: 1 buah
Diameter tangki	: 1,828 m
Tinggi head	: 14,4 m
Tinggi shell	: 0,0046 m
Volume tangki	: 454,62 m ³
Takanan desain	: 17,64 psi
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-304

6.3 Hammer Crusher (SR-101)

Fungsi	: untuk memotong-motong kulit buah kakao untuk menjadi potongan lebih kecil.
Ukuran hammer crusher	: ¾ in
Daya	: 1,29 Hp
Bahan konstruksi	: Carbon steel
Kecepatan Roll	: 125 rpm

6.4 Ball Mill (SR-102)

Fungsi : menghaluskan biji kakao sehingga diperoleh ukuran 200 mesh.

Spesifikasi : No.200 sieve

Kapasitas : 3 ton/jam

Tipe : Marcy Ball Mill

Size : 3 x 2

Ball charge : 0,85 ton

Power : 5 Hp

Mill speed : 35 rpm

Jumlah : 1 unit

Power : 5 Hp

6.5 Tangki Ekstraksi (TT-102)

Fungsi : Untuk mengekstrak serbuk kakao dengan etanol

Bentuk : Silinder tegak dengan alas kerucut dan tutup ellipsoidal

Bahan : *Stainless Steel A-283-54 grade C*

Jumlah : 1 unit

Tinggi tangki : 43,20 m

Tinggi tutup tangki : 8,64 m

Tinggi total tangki : 51,84 m

Diameter tangki : 17,28 m

Tekanan hidrostatik : 42,83 psia

Tekanan operasi : 57,53 psi

Tekanan desain : 172,6 psi

Jenis pengaduk : flat 6 *blade* turbin impeller

Jumlah baffle : 4 buah

Daya motor : 5,29 Hp

6.6 Filter Press (P-101)

Fungsi : Untuk memisahkan antara impurities dengan tanin yang bercampur didalam pelarut etanol.

Bahan : *Carbon steel SA-333*

Jenis : plate and frame

Luas filter : 4,805 ft²

Lebar : 1,55 ft

Panjang : 3,1 ft

Jumlah frame : 10 unit

6.7 Tangki Pengendapan (TT-103)

Fungsi : Untuk mengendapkan campuran tanin dengan etanol

Bentuk : Silinder tegak dengan alas kerucut dan tutup ellipsoidal

Bahan : *Stainless Steel A-283-54 grade C*

Kondisi operasi : 30°C, 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : 30°C, 1 atm

Tinggi tangki : 0,75 m

Tekanan hidrostatis : 0,26 psia

Volume tangki : 7,33 m³

Jenis pengaduk : flat 6 blade turbin impeller

Jumlah baffle : 4 buah

Tebal shell : 0,97 inc

Tekanan operasi : 14,95 psi

6.8 Evaporator (FE-101)

Fungsi	: untuk menguapkan etanol yang terikat pada tanin
Jumlah	: 1 unit
Tipe	: <i>Basket type vertical tube evaporator</i>
Bahan konstruksi	: Stainless stell SA – 304
Tekanan operasi	: 1 atm = 14,7 psi
Volume silinde	: 5,55 m ³
Volume head silinder	: 0,924 m ³
Tinggi evaporator	: 6,21 m
Luas permukaan	: 104,28 ft ²
Jumlah tube	: 40 tube
Tebal plate	: 0,00035 m

6.9 Kondensor (E-101)

Fungsi	: Mengubah fasa uap etanol menjadi etanol cair.
Jenis	: 1-2 <i>shell and tube exchanger</i>
Shell side	: uap etanol
Tube side	: air pendingin
Luas perpindahan panas	: 1,948 ft ²
Jumlah tube	: 425 buah

6.10 Rotary Dryer (DE-101)

Fungsi : untuk mengeringkan serbuk tanin.
Jumlah : 1 unit
Bahan : *Commercial Steel*

Spesifikasi Rotary dryer :

Jenis : *Counter Indirect Heat Rotary Dryer*
Diameter : 0,84 m
Panjang : 5,11 ft
Jumlah putaran : 33,4 rpm
Kecepatan putar motor : 28,08 rpm
Power : 0,52 Hp

6.11 Rotary Cooler (RC-101)

Fungsi : untuk menurunkan suhu produk dari 80°C sampai 30°C
Jenis : *rotary cooler*
Bahan : *commercial steel*
Diameter : 8,79 ft
Panjang : 0,43 'm
Waktu tinggal : 0,12 menit
Jumlah putaran : 31,84 rpm
Power : 58,05 Hp

6.12 Ball Mill (SR-102)(02)

Fungsi : menghaluskan biji kakao sehingga diperoleh ukuran 200 mesh.

Spesifikasi : No.200 sieve

Kapasitas : 10 ton/jam

Tipe : Marcy Ball Mill

Size : 3 x 2

Ball charge : 0,85 ton

Power : 7 Hp

Mill speed : 35 rpm

Jumlah : 1 unit

6.13 Packing Unit

Fungsi : untuk mengemas produk dalam kemasan goni 50 kg.

Tipe : *Vertical duger, SFW(Simoltanouns Fill and Weight)*

Jumlah : 1 unit

Number of viltng : 1 unit

Tipe kemasan : bags/goni

Ukuran : 6,5 x 3,5 x 9 in

Weight content : 1,516

6.14 Gudang Produk (GP)

Fungsi : sebagai tempat penampungan sementara produk sebelum dikemas

Laju alir masuk tanin : 833,33 kg/jam

Jumlah : 1 unit

Tinggi (h) : 5 m

Volume gudang : 6,0721 m³/jam

Lebar gudang : 1,207 m

Panjang gudang : 2,414 m

6.15 Belt Conveyer (C-102)

Fungsi	: untuk mengalirkan kulit buah kakao ke hammer crusher.
Kapasitas	: 1228,44 kg/jam
Tebal Belt	: 14 inc
Panjang conveyer:	20 ft
Tinggi	: 1,74 ft
Daya	: 0,063 Hp

6.16 Belt Conveyer (C-102)(20)

Fungsi	: untuk mengalirkan kulit buah kakao ke rotary cooler.
Kapasitas	: 1228,44 kg/jam
Tebal Belt	: 14 inc
Panjang conveyer:	20 ft
Tinggi	: 1,74 ft
Daya	: 0,063 Hp

6.17 Bucket Elevator (C-103)

Fungsi	: untuk mengangkat serbuk kakao ke dalam ekstraktor.
Laju alir masuk	: 4153,1 kg/jam
Kapasitas	: 1,2284 ton/jam
Jumlah bucket	: 1 unit
Jenis bucket	: centrifugal dishanger spaced bucket
Tinggi pengangkut	: 25 ft
Ukuran bucket	: (8 x 5 x 5 ½)
Jarak antar bucket	: 12 in
Kecepatan putaran	: 43 rpm
Daya penggerak bucket	: 1,6 Hp
Material bucket	: malleable iron
Faktor korosi	: 0,05 in/tahun

6.18 Belt Conveyer (C-102)

Fungsi	: untuk mengalirkan impurities ke penampung limbah.
Kapasitas	: 800,71 kg/jam
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C
Tebal Belt	: 14 inc
Panjang conveyer:	20 ft
Tinggi	: 1,74 ft
Daya	: 0,24 Hp

6.19 Screw Conveyer (C-106)

Fungsi	: untuk mengalirkan tanin dari rotary dryer ke rotary cooler.
Laju alir masuk	: 208,3 kg/jam
Panjang conveyer	: 32,808 ft
Lajur alir volumetric	: 23,24 ft ³ /jam
Daya	: 1,8484 Hp

6.20 Screw Conveyer (C-106)(2)

Fungsi	: untuk mengalirkan tanin dari rotary cooler ke ball mill.
Laju alir masuk	: 208,3 kg/jam
Panjang conveyer	: 32,808 ft
Lajur alir volumetric	: 23,24 ft ³ /jam
Daya	: 1,8484 Hp

6.21 Screw Conveyer (C-106)(3)

Fungsi	: untuk mengangkut serbuk tanin ke packing unit.
Laju alir masuk	: 208,3 kg/jam
Panjang conveyer	: 32,808 ft
Lajur alir volumetric	: 23,24 ft ³ /jam
Daya	: 1,8484 Hp

6.22 Pompa Etanol (J-101)

Fungsi : untuk memompakan campuran serbuk kulit kakao dan etanol dari ekstraktor.

Jenis : pompa sentrifugal

Laju alir bahan : 4153,1 kg/jam

Kecepatan linear : 0,032 ft/s

Daya pompa : 0,247 Hp

Daya motor : 0,303 Hp

Tipe motor : Motor induk 3 phase

6.23 Pompa Ekstraksi (J-102)

Fungsi : untuk memompakan campuran serbuk kulit kakao dan etanol dari ekstraktor ke filter press.

Jenis : pompa sentrifugal

Laju alir bahan : 4094,2 kg/jam

Kecepatan linear : 0,028 ft/s

Daya pompa : 0,230 Hp

Daya motor : 0,288 Hp

Tipe motor : Motor induk 3 phase

6.24 Pompa Filter Press (J-103)

Fungsi : untuk memompakan campuran serbuk kulit kakao dan etanol dari filter press ke tangki pengendapan

Jenis : pompa sentrifugal

Laju alir bahan : 5139,47 kg/jam

Kecepatan linear : 0,031 ft/s

Daya pompa : 0,30 Hp

Daya motor : 0,38 Hp

Tipe motor : Motor induk 3 phase

6.25 Pompa Tangki Pengendapan (J-104)

Fungsi : untuk memompakan campuran tanin dan campurannya dari filter press ke evaporator.

Jenis : pompa sentrifugal

Laju alir bahan : 5139,47 kg/jam

Kecepatan linear : 0,031 ft/s

Daya pompa : 0,30 Hp

Daya motor : 0,30 Hp

Tipe motor : Motor induk 3 phase

6.26 Pompa kondensor (J-105)

Fungsi : untuk memompakan etanol dari kondensor ke tangki etanol.

Jenis : pompa sentrifugal

Laju alir bahan : 3765,8 kg/jam

Kecepatan linear : 0,029 ft/s

Daya pompa : 0,22 Hp

Daya motor : 0,27 Hp

Tipe motor : Motor induk 3 phase

6.27 Screen (S-101)

Fungsi : sebagai alat untuk memisahkan partikel yang lebih besar dengan yang lebih kecil sehingga diperoleh ukuran partikel serbuk 200 mesh.

Jenis : *Vibrating Screen*

Laju alir bahan : 4153,1 kg/jam

Kecepatan : 1800 rpm

Daya : 2 Hp

Tipe motor : motor induksi 3 phase

6.28 Screen (S-102)

Fungsi : sebagai alat untuk memisahkan partikel yang lebih besar dengan yang lebih kecil sehingga diperoleh ukuran partikel serbuk 200 mesh.

Jenis : *Vibrating Screen*
Laju alir bahan : 833,33kg/jam
Kecepatan : 1800 rpm
Daya : 2 Hp
Tipe motor : motor induksi 3 phase



BAB VII UTILITAS

Dalam suatu pabrik, utilitas merupakan unit penunjang unit penunjang utama dalam memperpanjang jalannya proses produksi. Oleh karena itu, segala sarana dan prasarannya harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik.

Berdasarkan kebutuhannya, utilitas pada pabrik pembuatan tanin adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan uap (*steam*)
2. Kebutuhan air
3. Kebutuhan bahan kimia
4. Kebutuhan bahan bakar
5. Kebutuhan listrik
6. Sarana pengolahan limbah

7.1 Kebutuhan Uap (*Steam*)

Uap digunakan dalam pabrik sebagai media pemanas. Kebutuhan uap pada pabrik pembuatan tanin dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 7.1 Kebutuhan *steam* Pabrik Tanin

Nama alat	Jumlah <i>steam</i> (kg/jam)
Evaporator	130310
Rotary Dryer	17415,2
Total	147725,2

Steam yang digunakan adalah *saturated steam* dengan temperatur 130°C, tekanan 1 atm. Tambahan untuk faktor keamanan diambil sebesar 20% dan faktor kebocoran sebesar 10%. (Perry,1999), sehingga total uap yang dibutuhkan

$$= 1,3 \times 147725,2 \text{ kg/jam} = 192042,76 \text{ kg/jam}$$

diperkirakan 80% kondensat dapat digunakan kembali, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Steam yang digunakan kembali} & : \\ & = 80\% \times 147725,2 \text{ kg/jam} \\ & = 15363420,8 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan air tambahan untuk ketel :

$$\begin{aligned} & = (15363420,8 - 147725,2) \text{ kg/jam} \\ & = 15215696 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

7.2 Kebutuhan Air dan Pengolahan Air (*Water Supply System*)

Unit penyediaan air yang terdapat di bagian utilitas berfungsi untuk menyediakan air yang dibutuhkan untuk keperluan proses, termasuk di dalamnya berbagai pengolahan yang dilakukan agar air sesuai dengan standar yang berlaku.

7.2.1 Kebutuhan air

1. Kebutuhan Air Untuk Boiler

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan steam untuk kelangsungan proses. Air untuk umpan Boiler :

$$\begin{aligned} & = 20\% \times \text{total steam yang berubah menjadi kondensat} \\ & = 20\% \times 147725,2 \text{ kg/jam} \\ & = 29545,04 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

2. Kebutuhan Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin untuk pabrik pembuatan tanin adalah 152156 kg/jam. Air pendingin bekas digunakan kembali setelah didinginkan dalam menara pendingin air. Dengan menganggap terjadi kehilangan air selama proses sirkulasi, maka air tambahan yang diperlukan adalah jumlah air yang hilang karena penguapan, drift loss, dan blowdown. (Perry, 1997)

Air yang hilang karena penguapan dapat dihitung dengan persamaan :

$$W_e = 0,00085 W_c (T_2 - T_1) \quad (\text{Perry, 2008})$$

Di mana :

W_c = jumlah air pendingin yang diperlukan

T_1 = temperatur air pendingin masuk = 30 °C = 86 °F

T_2 = temperatur air pendingin keluar = 80 °C = 176 °F

Maka:

$$W_e = 0,00085 \times 29545,04 \times (176 - 86)$$

$$W_e = 349200 \text{ kg/jam}$$

Air yang hilang karena *drift loss* biasanya 0,1-0,2 % dari air pendingin yang masuk ke menara air (Perry, 2008). Ditetapkan *drift loss* 0,2 %, maka:

$$W_d = 0,002 \times 29545,04$$

$$= 59,909 \text{ kg/jam}$$

Air yang hilang karena *blowdown* bergantung pada jumlah siklus sirkulasi air pendingin, biasanya antara 3-5 siklus (Perry, 2008).

Ditetapkan 5 siklus maka:

$$W_b = \frac{W_e}{S-1} \quad (\text{Perry, 2008})$$

$$W_b = \frac{349200}{5-1}$$

$$= 17460,11 \text{ kg/jam}$$

Sehingga air tambahan yang diperlukan,

$$W_e + W_d + W_b = 349200 + 59,909 + 17460,11$$

$$= 52380,9 \text{ kg/jam}$$

3. Air untuk berbagai kebutuhan

Kebutuhan air domestik

Menurut Metcalf & Eddy (1991) kebutuhan air domestik untuk tiap orang/*shift* adalah 40-100 liter/hari.

$$\text{Diambil } 100 \text{ liter/hari} \times 1 \text{ hari} / 24 \text{ jam} = 4,16 \approx 4 \text{ liter/jam}$$

$$\text{Jumlah karyawan} = 144 \text{ orang}$$

$$\text{Maka total air domestik} = 4 \times 144 = 576 \text{ liter/jam} \times 1 \text{ kg/liter} = 576 \text{ kg/jam}$$

Perkiraan pemakaian air untuk berbagai kebutuhan ditunjukkan pada tabel 7.2

Tabel 7.2 Pemakaian air untuk kebutuhan

Kebutuhan	Jumlah Air (kg/jam)
Domestik dan Kantor	576
Laboratorium	70,83
Kantin	200
Tempat ibadah	135
Poliklinik	50
Total	1031,83

Sehingga total kebutuhan air yang memerlukan pengolahan awal adalah :

$$W_{\text{air}} = 1031,83 + 29545,04 + 152156 + 52380,9$$

$$W_{\text{air}} = 15770132 \text{ kg/jam}$$

7.2.2 Pengadaan air

Sumber air untuk pabrik berasal dari Sungai Poso di Kecamatan Poso Kota Selatan, Kabupaten Poso Sulawesi tengah. Dari segi air yang baik standar air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 416/MENKES/PER/IX/1990 .dilihat pada Tabel.

Tabel.7.3 Standar air

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
A.	FISIKA			
1	Bau	-	-	Tidak Berbau
2	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1,5	-
3	Kekeruhan	Skala NTU	5	-
4	Rasa	-	-	Tidak Berasa
5	Suhu	0°C	Suhu $\pm 3^{\circ}\text{C}$	-
6	Warna	Skala TCU	15	-
B.	KIMIA			
1	Air raksa	mg/L	0,001	-
3	Aluminium	mg/L	0,2	-
3	Besi	mg/L	0,3	-
4	Baklum	mg/L	1,0	-

5	CaCO ₃	mg/L	500,000	-
6	Kromium	mg/L	0,050	-
7	Mangan	mg/L	0,500	-
8	Selenium	mg/L	0,010	-
9	Seng	mg/L	15,000	-
10	Timbal	mg/L	0,050	-
11	pH	-	6,5-9,0	Merupakan batas minimum dan maksimum, khusus air hujan pH minimum 5,5
12	Arsen	mg/L	0,05	-
13	Fluorida	mg/L	1,5	-
14	Klorida	mg/L	600	-
15	Nitrat	mg/L	10	-
16	Nitrit	mg/L	1	-
17	Sianida	mg/L	0,1	-
18	Sulfat	mg/L	400	-
KIMIA ORGANIK				
19	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,0007	-
20	Benzena	mg/L	0,01	-
21	Beno (a) pyrene	mg/L	0,00001	-
22	Chlordane (total isomer)	mg/L	0,007	-
23	Coloroform	mg/L	0,03	-
24	2,4 D	mg/L	0,1	-
25	DDT	mg/L	0,03	-
26	Detergen	mg/L	0,5	-
27	1,2 Discloroethane	mg/L	0,01	-
28	1,1 Discloroethane	mg/L	0,0003	-
29	Heptaclor dan heptaclor epoxide	mg/L	0,003	-
30	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	-
31	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L	0,004	-
32	Methoxychlor	mg/L	0,1	-
33	Pentachlorophanol	mg/L	0,01	-
34	Pertisida Total	mg/L	0,1	-
35	2,4,6 Urichlorophenol	mg/L	0,01	-
36	Zat organik (KMnO ₄)	mg/L	10	-
C. MIKRO BIOLOGI				
1	Total Koliform (MPN)	Jumlah/100 mL	50	Bukan Air Perpipaan

		Jumlah/100 mL	10	Air Perpipaan
D.	RADIO AKTIVITASI			
1	Aktivitas Alpha (Gross Apha Activity)	bq/L	0,1	-
2	Aktivitas Beta	bq/L	1	-

Agar terjamin keberlangsungan penyediaan air di pabrik Tanin, oleh karena itu dibangun pengolahan awal sungai. Pengolahan ini meliputi penyaringan sampah dan kotoran bersama air. Kemudian air akan dipompakan ke lokasi pabrik. Pengolahan air di Pabrik Tanin terdiri dari beberapa tahap yaitu:

1. *Screening*

Screening adalah proses pembersihan air pada tahap awal, dimana kotoran dengan ukuran yang besar. *Screening* ini menggunakan *bar screen* yang dapat menghalangi sampah agar tidak terikut dengan air sungai yang akan diproses (Jaluhu, 2019).

2. Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terbawa oleh aliran air sungai. Sedimentasi menggunakan prinsip gravitasi, dimana partikel yang memiliki massa jenis yang lebih besar dari air akan mengendap (Iswahyudi, dkk., 2018).

3. Klarifikasi

Klarifikasi adalah proses pemisahan antara padatan dan cairan. Pada proses klarifikasi digunakan alat *clarifier*. *Clarifier* berfungsi untuk memberi kontak antara udara pada air sehingga partikel dengan air. Aliran air keluaran *clarifier* air akan terpisah antara air dan padatannya (Mulyati dan Narhadi, 2014). Pemakaian larutan alum untuk air yaitu berkonsentrasi 50 ppm terhadap jumlah air yang akan diolah,.

Perhitungan alum dan abu soda yang diperlukan :

Total kebutuhan = 15770132 kg/jam

Pemakaian larutan alum = 50 ppm (Mulya, 2015)

Pemakaian larutan soda abu = $0,54 \times 55 = 27$ ppm

Larutan alum yang dibutuhkan = $50 \times 10^{-6} \times 15770132 = 867,357$ kg/jam

Larutan abu soda yang dibutuhkan = $27 \times 10^{-6} \times 15770132 = 425,793$ kg/jam

4. Filtrasi

Filtrasi adalah proses pembersihan partikel padat dari suatu fluida dengan dilewatkan dari suatu medium agar zat padat dapat tertahankan dan terpisah dari fluida. Penyaringan secara gravitasi yang digunakan dalam pabrik untuk suatu aliran cairan penjernihan air biasanya digunakan pasir yang berfungsi sebagai unggun partikel kasar (*screen*) (Parahita, 2018).

Untuk air domestik ditambahkan bahan kimia ke air sungai. Bahan kimia yang digunakan pada proses desinfeksi adalah senyawa halogen berupa senyawa klor (kaporit). Hal ini disarankan karena sifat yang sangat baik dalam menonaktifkan mikroorganisme dalam air (Ratnawati dan Sugito, 2013). Sehingga air yang keluar wajib diberi bahan tambahan berupa kaporit ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$). Konsentrasi kaporit yang digunakan untuk kebutuhan manusia yaitu sebesar 2 ppm (Kato, 2004). Kaporit yang digunakan direncanakan dengan konsentrasi 70%. Adapun perhitungan kebutuhan kaporit yaitu sebagai berikut:

Total Air = 1031,83 kg/jam

Kebutuhan kaporit = 2 ppm dari berat air (Kato, 2004)

Total kebutuhan kaporit = $(2 \times 10^{-6} \times 1031,83) / (70\%)$
= 0,00294 kg/jam

5. Demineralisasi

Proses demineralisasi adalah proses pengurangan ion-ion mineral yang terdapat dalam air, sehingga kemurnian air yang tinggi dapat tercapai. Untuk kebutuhan industri, adanya kontaminan berupa bahan mineral. Kontaminan mineral dapat menyebabkan masalah serius pada alat proses seperti korosi dan kerak (Akbar, dkk., 2020). Proses penukaran ion berfungsi untuk menghilangkan ion padatan terlarut yang diserap oleh resin *exchanger*. Resin

exchanger ini nantinya akan mudah untuk digunakan kembali karena dicuci oleh larutan regeneran yang sesuai dengan ion yang ditangkap (Sutopo, 2019).

Penukar ion terdapat dua jenis yaitu:

1) Penukar kation/*Cation Exchanger*

Seperti namanya, penukar kation berfungsi untuk mengikat logam alkali yang akan ditukar dengan kandungan kation dari resin. Adapun cara perhitungan kesadahan kation adalah sebagai berikut:

Air sungai mengandung kation Fe^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} dan Cu^{2+}

$$1 \text{ gr/gal} = 17,1 \text{ ppm} \quad (\text{Nalco 1998})$$

$$\begin{aligned} \text{Total kesadahan kation} &= 98,26 \text{ ppm}/17,1 \\ &= 5,74 \text{ gr/gal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang diolah} &= 29.545 \text{ kg/jam} \\ &= \frac{29.545 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} \times 264,17 \text{ gal/m}^3 \\ &= 7.839 \text{ gal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kesadahan air} &= 5,74 \text{ gr/gal} \times 7.839 \text{ gal/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 1.081.036 \text{ gr/hari} \\ &= 4.504 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Adapun perhitungan total regenerasi yang digunakan pada resin kation yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas resin} &= 39,3 \text{ kgr/ft}^3 \quad (\text{Lenntech, 1998}) \\ &= 39.300 \text{ gr/ft}^3 = 2,55 \text{ kg/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan regenerasi} = 2 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Lenntech, 1998)}$$

$$\begin{aligned} \text{Regenerasi H}_2\text{SO}_4 &= (5,8790 \text{ kg/jam} \times 2 \text{ lb/ft}^3) / 2,55 \text{ kg/ft}^3 \\ &= 4,6109 \text{ lbm/jam} = 5,0241 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

2) Penukar anion/*Anion Exchanger*

Penukar anion berfungsi untuk mengikat ion negatif yang akan ditukar dengan kandungan ion hidroksida dari resin. Adapun cara perhitungan kesadahan kation adalah sebagai berikut:

Air sungai mengandung Anion NH₃, CO₂, SO₄, NO₃, Cl dan PO₃

1 gr/gal = 17,1 ppm (Nalco 1998)

Total kesadahan anion = 39,55 ppm/17,1
= 0,31 gr/gal

Jumlah air yang diolah = 29545,04 kg/jam
$$= \frac{29545,04 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} 264,17 \text{ gal/m}^3$$

= 7838,77 gal/jam

Total kesadahan air = 0,31 gr/gal × 7838,77 gal/jam × 24 jam/hari
= 58320,499 gr/hari
= 2,43002 kg/jam

Adapun perhitungan total regenerasi yang digunakan pada resin anion yaitu sebagai berikut:

Kapasitas resin = 26,2 kg/ft³ (Lenntech, 2002)
= 26.200 gr/ft³ = 1,70 kg/ft³
Kebutuhan regenerasi = 1,72 lb/ft³ (Lenntech, 2002)
Regenerasi NaOH = (2,43002 kg/jam × 1,72 lb/ft³) / 1,70 kg/ft³
= 2,4586 lbm/jam = 1,1162 kg/jam

6. Deaerasi

Deaerasi adalah proses penghilangan kadar oksigen dalam air. Oksigen dalam air dapat menyebabkan korosi pada peralatan logam seperti ketel uap. Alat yang digunakan dalam proses deaerasi yaitu deaerator. Deaerator merupakan peralatan penting dalam sistem pemanas air umpan pada PLTU (Hariyatma, dkk., 2015).

7.3 Kebutuhan Listrik

1. Unit Proses, daya yang dibutuhkan pada unit proses sebesar 83,07 hp dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 7.4 unit proses

Nama Alat	Kebutuhan Daya (Hp)
Ball Mill (BM-101)	5
Tangki Ekstraktor	5,29
Rotari Dryer	0,52
Rotary cooler	58,05
Ball Mill (102)	7
Belt conveyer (101)	0,06
Belt conveyer (103)	0,06
Belt conveyer (103)	0,24
Screw Conveyer (101)	1,8
Screw Conveyer (102)	1,8
Screw Conveyer (103)	1,8
Pompa (J-101)	0,3
Pompa (J-102)	0,2
Pompa (J-103)	0,38
Pompa (J-104)	0,30
Pompa (J-105)	0,27
Total	83,07

2. Unit Utilitas, daya yang dibutuhkan pada unit utilitas sebesar 21,88 Hp dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 7.5 unit utilitas

Nama Alat	Kebutuhan Daya (hP)
Pompa Screening PU-01	5,5
Pompa Sedimentasi PU-02	4,12
Pompa Alum PU-03	0,6
Pompa Soda Abu PU-04	0,4
Pompa Filterasi PU-05	5,3
Pompa Cation Exchanger PU-06	0,5

Pompa ke menara pendingin (PU-07)	0,80
Pompa tangki utilitas PU-08	0,43
Pompa Asam Sulfat PU-09	0,39
Pompa Anion Exchanger PU-10	0,5
Pompa NaOH PU-11	0,4
Pompa Kation Exchanger PU-12	0,6
Pompa Kaporit PU-13	0,6
Pompa Tangki Utilitas PU-14	0,4
Pompa Daerator PU-15	0,6
Pompa Air Proses PU-16	0,5
Pompa bahan bakar PU-17	0,2
Clarifier CL-101	0,04
Total	21,88

3. Ruang kontrol dan laboratorium = 30 hp

4. Penerangan dan kantor = 30 hp

5. Bengkel = 40 hp

Kebutuhan listrik = $83,07 + 21,88 + 30 + 30 + 40$
= $204,95 \text{ hp} \times 0,7457 \text{ kW/hp}$
= 152,83 kW

Untuk cadangan 20 % = $20\% - 152,83 \text{ kW}$
= 30,566 kW

Total kebutuhan listrik = $152,83 \text{ kW} + 30,566 \text{ kw}$
= 183,397 Kw

Efisiensi generator 80%, maka

Daya output generator = $183,397 \text{ Kw} / 0,8 = 229,24 \text{ Kw}$

7.4 Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan untuk ketel uap dan pembangkit tenaga listrik (generator) adalah minyak solar karena minyak solar efisien dan mempunyai nilai bakar yang tinggi.

Nilai bahan bakar solar = 19.860 Btu/lbm (Perry, 2008)

$$\begin{aligned}
\text{Low Heating Value solar} &= 42.789,53 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Nababan, 2017}) \\
\text{Densitas bahan bakar solar} &= 848,3 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Naddaf dan Heris, 2018}) \\
\text{Daya output generator} &= 229,24 \text{ Kw} \\
\text{Daya generator yang dihasilkan} &= 229,24 \text{ Kw} \times (0,9478 \text{ Btu/det}) \times \\
&\quad 3600 \text{ det/jam} \\
&= 782185,2 \text{ Btu/jam} \\
\text{Jumlah bahan bakar} &= (782185,2 \text{ Btu/jam}) / (19.860 \text{ Btu/lbm} \times \\
&\quad 0,45359 \text{ kg/lbm}) \\
&= 86829,42 \text{ kg/jam} \\
\text{Kebutuhan solar} &= (86829,42 \text{ kg/jam}) / (848,3 \text{ kg/m}^3) \\
&= 102,357 \text{ m}^3/\text{jam} = 10235,7 \text{ L/jam} \\
\text{Kebutuhan solar untuk 2 generator} &= 0,1272 \text{ m}^3/\text{jam} = 127,21 \text{ L/jam}
\end{aligned}$$

Keperluan Bahan Bakar Ketel Uap

$$\text{Air pada ketel uap} = 29545,04 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Panas laten } \textit{superheated steam} (30^\circ\text{C}) = 3.074,3 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Reklaitis, 1987})$$

$$\text{Panas late air } (30^\circ\text{C}) = 125,70 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Reklaitis, 1987})$$

Panas yang dibutuhkan ketel

$$\begin{aligned}
Q_{\text{boiler}} &= m_{\text{air}} \times \Delta H \quad (\text{Rahmawati, 2018}) \\
&= 29545,04 \text{ kg/jam} \times (3.074,3 - 125,7) \\
&= 3622981,21 \text{ kJ/jam} = 3434586,19 \text{ btu/jam}
\end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi ketel uap} = 70\% \quad (\text{Purba, 2016})$$

$$\text{Low Heating Value, untuk solar} = 42.789,53 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Nababan, 2017})$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan solar} &= 3434586,19 \text{ kJ/jam} / (42.789,53 \text{ kJ/kg} \times 0,7) \\
&= 114667,10 \text{ L/jam}
\end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan total solar} = 114667,10 + 127,21 \text{ L/jam} = 114794,31 \text{ L/jam}$$

7.5 Unit Pengolahan Limbah

Limbah dari suatu pabrik harus diolah sebelum dibuang ke badan air atau atmosfer, karena limbah tersebut mengandung bermacam-macam zat yang

dapat membahayakan alam sekitar maupun manusia itu sendiri. Demi kelestarian lingkungan hidup, maka setiap pabrik harus mempunyai unit pengolahan limbah.

Sumber-sumber limbah cair pabrik pembuatan tanin meliputi:

1. Limbah proses

Proses pembuatan Tanin dari kulit buah kakao menghasilkan sisa limbah proses berupa air, pentosan, pentosa, selulosa, lignin, asam sulfat dan tanin sebanyak 3114,83 liter /jam.

2. Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik

Limbah ini diperkirakan mengandung kerak dan kotoran-kotoran yang melekat pada peralatan pabrik.

3. Limbah domestik

Limbah ini mengandung bahan organik sisa pencernaan yang berasal dari kamar mandi di lokasi pabrik, serta limbah dari kantin berupa limbah padat dan limbah cair.

4. Limbah laboratorium

Limbah yang berasal dari laboratorium ini mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menganalisa mutu bahan baku yang dipergunakan dan mutu produk yang dihasilkan, serta yang dipergunakan untuk penelitian dan pengembangan proses.

Perhitungan Untuk Sistem Pengolahan Limbah

Diperkirakan jumlah air buangan pabrik:

1. Limbah proses = 3114,83 liter/jam

2. Pencucian peralatan pabrik = 25 liter/jam

3. Diperkirakan air buangan tiap orang untuk :

domestik = 20 ltr/jam

kantor = 20 ltr/jam

Jadi, jumlah limbah domestik dan kantor

$$= 3114,83 + (20 + 20) \text{ ltr/hari} \times 1 \text{ hari} / 24 \text{ jam} = 5191,38 \text{ ltr/jam}$$

4. laboratorium = 20 ltr/jam

$$\begin{aligned}\text{Total air buangan} &= (3114,83 + 25 + 20) \text{ ltr/jam} \\ &= 8351,223 \text{ ltr/jam} = 8,351223 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

7.5.1 Bak Penampungan (BP)

Bak penampungan berfungsi sebagai tempat menampung air buangan sementara. Limbah proses, limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik, dan limbah laboratorium ditampung pada bak-bak penampung yang tersedia untuk mengendapkan padatan-padatan terlarut maupun tak terlarut dalam air buangan pabrik.

7.5.2 Bak Sedimentasi Awal (BSA)

Bak sedimentasi awal berfungsi untuk menghilangkan padatan dengan cara pengendapan. Di sini terjadi pengendapan lanjut dari padatan-padatan terlarut maupun tak terlarut dalam air buangan pabrik.

7.5.3 Bak Netralisasi (BN)

Air buangan pabrik yang mengandung bahan organik mempunyai pH = 5 (Hammer, 1998). Limbah pabrik yang terdiri dari bahan-bahan organik harus dinetralkan sampai pH = 6 (Kep.42/MENLH/10/1998). Untuk menetralkan limbah digunakan soda abu (Na_2CO_3).

1. Spesifikasi Peralatan Utilitas

1. *Screening* (S-01)

Fungsi : Menyaring partikel padat dengan ukuran besar

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

Jenis : *Bar screen*

Jumlah : 1 unit

Laju alir massa : 15770131,9 kg/jam

Laju alir volumetrik : 15838,55 m³/s

Ukuran *screen* : panjang = lebar = 2 m

Ukuran bar : lebar = 5 mm

tebal = 20 mm

Bar spacing : 20 mm

Slope : 30°

Jumlah bar : 50 buah

2. *Clarifier* (CL-)

Fungsi : Mengendapkan flok yang terbentuk karena penambahan soda abu dan alum

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 Grade C*

Bentuk : Silinder vertikal dengan alas kerucut

Jenis Pengaduk : *Flat six-blade with disk*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm (101,325 kPa)

Temperatur = 30°C = 303,15 K

Volume tangki : 17,4 m³

Spesifikasi : Diameter = 2,31 m

Tinggi = 2,31 m

Tebal = 0,23 in

Daya pengaduk : 0,5 HP

3. Pompa Screening (PU-01)

Fungsi	: Mengalirkan air sungai ke bak sedimentasi
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 unit
Laju alir volumetrik	: 155,2 ft ³ /s
Laju alir massa	: 15770131,9 kg/jam
Ukuran nominal pipa	: 3 in
Luas Penampang	: 0,0513 ft ²
Diameter dalam (iD)	: 3,548 in
Diameter luar (OD)	: 4 in
Daya	: 5 hp

4. Bak Sedimentasi (BS-01)

Fungsi	: Menampung dan mengendapkan lumpur dari air sungai
Bahan konstruksi	: Beton kedap air
Jenis	: <i>Grit Chamber Sedimentation</i>
Jumlah	: 1 unit
Laju alir massa	: 15770131,9 kg/jam
Volume bak	: 155,55 m ³
Spesifikasi	: panjang = 4 ft lebar = 2,5 ft kedalaman = 12 ft

5. Pompa Sedimentasi (PU-02)

Fungsi	: Mengalirkan air sungai dari bak sedimentasi ke <i>clarifier</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>

Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 unit
Laju alir volumetrik : 31,57 ft³/s
Laju alir massa : 15770131,9 kg/jam
Ukuran nominal pipa : 3 in
Diameter dalam (iD) : 3,548 in
Diameter luar(OD) : 4 in
Daya : 4 hp

6. Tangki Pelarutan Alum (TP-01)

Fungsi : Membuat larutan alum [Al²(SO⁴)³]
Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 Grade C*
Bentuk : Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar
Jumlah : 1 unit
Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm (101,325 kPa)
Temperatur = 30°C = 303,15 K
Volume tangki : 763,63 m³
Spesifikasi : Diameter = 9,4 m
Tinggi = 9,4 m
Tebal = 0,75 in
Daya pengaduk : 0,25hp

7. Pompa Alum (PU-03)

Fungsi : Mengalirkan alum (Al₂(SO₄)³) ke *clarifier*
Bahan konstruksi : *Commercial steel*
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 unit
Laju alir volumetrik : 0,0062 ft³/s

Laju alir massa : 867,35 kg/jam
Ukuran nominal pipa : 0,125 in
Diameter dalam (iD) : 0,269 in
Diameter luar(OD) : 0,405 in
Kecepatan linear : 15,5 ft/s
Daya : 0,6 hp

8. Tangki Pelarutan Soda abu (TP-02)

Fungsi : Melarutkan *soda ash* Na_2CO_3
Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 Grade C*
Bentuk : Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar
Jumlah : 1 unit
Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm (101,325 kPa)
Temperatur = $30^\circ\text{C} = 303,15\text{ K}$
Volume tangki : 770,08 m^3
Spesifikasi : Diameter = 9,53 m
Tinggi = 9,53 m
Tebal = 0,75 in
Daya pengaduk : 11 hp

9. Pompa Soda Abu (PU-04)

Fungsi : Mengalirkan *soda ash* Na_2CO_3 ke *clarifier*
Bahan konstruksi : *Commercial steel*
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 unit
Laju alir volumetrik : 0,0031 ft^3/s
Laju alir massa : 425,79 kg/jam
Ukuran nominal pipa : 0,125 in

Diameter dalam (iD) : 0,269 in
Diameter luar(OD) : 0,405 in
Kecepatan linear : 7,8 ft/s
Daya : 0,5 hp

10. *Sand Filter (SF-01)*

Fungsi : Menyaring pasir yang terbawa oleh air sungai
Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
Bentuk : Silinder vertikal dengan alas dan tutup ellipsoidal
Jumlah : 1 unit
Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm (101,325 kPa)
Temperatur = 30°C = 303,15 K
Volume tangki : 28,81 m³
Spesifikasi : Diameter = 1,7 m
Tinggi = 2,6 m
Tebal = 0,27 in
Daya pengaduk : 0,25 hp

11. *Pompa Sand Filter (PU-05)*

Fungsi : Mengalirkan air dari sand filter menuju menara air (MA)
Bahan konstruksi : *Commercial steel*
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 unit
Laju alir volumetrik : 31,57 ft³/s
Laju alir massa : 717139,25 kg/jam
Ukuran nominal pipa : 3,5 in
Diameter dalam (iD) : 3,5 in

Diameter luar(OD) : 3,068 in
Daya : 5 hp

12. Menara Air (MA-01)

Fungsi : Menampung air dari *Sand Filter* (SF-201)
Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 Grade C*
Bentuk : Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar
Jumlah : 1 unit
Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm (101,325 kPa)
Temperatur = 30°C = 303,15 K
Volume tangki : 5185,97 m³
Spesifikasi : Diameter = 22,12 m
Tinggi = 33,18 m
Tebal = 3,32 in

13. Pompa *Cation Exchanger* I (PU-06)

Fungsi : Mengalirkan air dari menara air ke *Cation Exchanger*
Bahan konstruksi : *Commercial steel*
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 unit
Laju alir volumetrik : 0,290 ft³/s
Laju alir massa : 29545,04 kg/jam
Ukuran nominal pipa : 2 $\frac{1}{2}$ in
Diameter dalam (iD) : 2,9 in
Diameter luar(OD) : 2,5 in
Kecepatan linear : 0,087 ft/s
Daya : 0,59 hp

14. Tangki Pelarutan Asam Sulfat (TP-03)

Fungsi	: Melarutkan Asam Sulfat (H_2SO_4)
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA-240</i>
Bentuk	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: Tekanan = 1 atm (101,325 kPa) Temperatur = $30^\circ C = 303,15 K$
Volume tangki	: $5,67 m^3$
Spesifikasi	: Diameter = 0,8m Tinggi = 1,4m Tebal = 0,148 in
Daya pengaduk	: $\frac{1}{20}$ hp

15. Menara Pendingin (MP)

Fungsi	: Mendinginkan air pendingin
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Bentuk	: <i>methanical draft cooling tower</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: Tekanan = 1 atm (101,325 kPa) Temperatur = $30^\circ C = 303,15 K$
Luas penampang	: $88,7 ft^2$
Spesifikasi	: Diameter = 1,62 m Tinggi = 6,1 m

16. Pompa Menara Pendingin (PU-07)

Fungsi : Memompa air pendingin dari menara pendingin air ke unit proses

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Laju alir volumetric : 5,15 ft³/s

Laju alir massa : 523859,411 kg/jam

Ukuran nominal pipa : 2 in

Diameter dalam (iD) : 2,067 in

Diameter luar(OD) : 2,33 in

Daya : 0,8 Hp

17. Pompa Air domestik (PU-08)

Fungsi : Memompa air ke domestik

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Laju alir volumetrik : 0,010 ft³/s

Laju alir massa : 1031,83 kg/jam

Ukuran nominal pipa : 1 in

Diameter dalam (iD) : 1,049 in

Diameter luar (OD) : 1,315 in

Daya : 0,4 hp

18. Pompa Asam Sulfat (PU-09)

Fungsi : Mengalirkan asam sulfat sebagai regeneran ke Penukar Kation

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Laju alir volumetrik : 4,639 ft³/s

Laju alir massa : 5,024194 kg/jam

Ukuran nominal pipa : 0,125in

Diameter dalam (iD) : 0,269 in

Diameter luar(OD) : 0,405 in

Kecepatan linear : 0,115 ft/s

Daya : 0,4 hp

19. Penukar Kation (CE)

Fungsi : Mengikat kation yang terdapat dalam air

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Bentuk : Silinder vertikal dengan alas dan tutup elipsoidal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm (101,325 kPa)

Temperatur = 30°C = 303,15 K

Laju alir massa : 29545,04 kg/jam

Luas Penampang : 4,91 ft²

Diameter tangki : 0,609 in

Tebal shel tangki : 0,14 in

20. Pompa Anion Exchanger I (PU-10)

Fungsi	: Mengalirkan air dari penukar kation ke penukar anion
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 unit
Laju alir volumetrik	: 0,30 ft ³ /s
Laju alir massa	: 29545,04 kg/jam
Ukuran nominal pipa	: 2 in
Diameter dalam (iD)	: 2,067 in
Diameter luar(OD)	: 2,375 in
Kecepatan linear	: 6,86 ft/s
Daya	: 0,5 hp

21. Tangki Pelarutan Natrium Hidroksida (TP-04)

Fungsi	: Melarutkan natrium hidroksida (NaOH)
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Bentuk	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: Tekanan = 1 atm (101,325 kPa) Temperatur = 30°C = 303,15 K
Volume tangki	: 0,88 m ³
Spesifikasi	: Diameter = 0,322 m Tinggi = 0,322 m Tebal = 0,127 in
Daya pengaduk	: 0,25 HP

22. Pompa Natrium Hidroksida (PU-11)

Fungsi : Mengalirkan natrium hidroksida sebagai regeneran ke Penukar Anion

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Laju alir volumetrik : 7,2083 ft³/s

Laju alir massa : 1,11620825 kg/jam

Ukuran nominal pipa : 0,125 in

Diameter dalam (iD) : 0,269 in

Diameter luar(OD) : 0,405 in

Kecepatan linear : 0,018 ft/s

Daya : 0,5 hp

23. Penukar Anion (AE)

Fungsi : Mengikat anion yang terdapat dalam air

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Bentuk : Silinder vertikal dengan alas dan tutup elipsoidal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm (101,325 kPa)

Temperatur = 30°C = 303,15 K

Laju alir massa : 29545,04 kg/jam

Luas Penampang : 12,6 ft²

Diameter tangki : 1,2192 m

Tebal shel tangki : 0,14 in

24. Pompa *Anion Exchanger II* (PU-12)

Fungsi	: Mengalirkan air dari penukar anion ke deaerator
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 unit
Laju alir volumetrik	: 0,29 ft ³ /s
Laju alir massa	: 29545,04 kg/jam
Ukuran nominal pipa	: 3 in
Diameter dalam (iD)	: 2,067 in
Diameter luar(OD)	: 2,375 in
Kecepatan linear	: 2,254 ft/s
Daya	: 0,5 hp

25. Deaerator (DE)

Fungsi	: Menghilangkan gas-gas terlarut dalam air
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Bentuk	: Silinder horizontal dengan alas dan tutup ellipsoidal
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: Tekanan = 1 atm (101,325 kPa) Temperatur = 30°C = 303,15 K
Volume tangki	: 5729,41 m ³
Spesifikasi	: Diameter = 23,25 m Tinggi = 34,8 m Tebal = 1,43 in

25. Pompa Deaerator (PU-15)

Fungsi	: Mengalirkan air dari deaerator ke ketel uap
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Laju alir volumetrik	: 1,891 ft ³ /s
Laju alir massa	: 192042,76 kg/jam
Ukuran nominal pipa	: 6 in
Diameter dalam (iD)	: 6,625 in
Diameter luar(OD)	: 6,025 in
Daya	: 0,6 hp

26. Tangki Bahan Bakar (TBB-301)

Fungsi	: Menyimpan solar sebagai bahan bakar di ketel uap dan generator
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Bentuk	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: Tekanan = 1 atm (101,325 kPa) Temperatur = 30°C = 303,15 K
Volume tangki	: 859,09 m ³
Spesifikasi	: Diameter = 9,003 m Tinggi = 13,50 m Tebal = 0,012 in

27. Pompa Tangki bahan bakar (PU-17)

Fungsi : Mengalirkan bahan bakar ke dalam ketel uap (E-301)

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Laju alir volumetrik : 0,0011 ft³/s

Laju alir massa : 4261,40 kg/jam

Ukuran nominal pipa : $\frac{1}{8}$ in

Diameter dalam (iD) : 0,405 in

Diameter luar(OD) : 0,269 in

Kecepatan linear : 2,95 ft/s

Daya : 0,3 hp

28. Ketel Uap (E-301)

Fungsi : Menyediakan uap untuk kebutuhan proses

Jenis : Water tube boiler

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm (101,325 kPa)

Temperatur = 230°C

Kapasitas : 147725,2 kg/jam = 90,40782 lb.m/s

Spesifikasi : panjang tube = 20 ft

Diameter tube = 2,5m

Jumlah tube = 1,62 buah

29. Tangki Pelarutan Kaporit (TP-05)

Fungsi	: Melarutkan kaporit (CaOCl_2)
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Bentuk	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: Tekanan = 1 atm (101,325 kPa) Temperatur = 30°C
Volume tangki	: 0,0055 m ³
Spesifikasi	: Diameter = 0,025 m Tinggi = 45,8 m Tebal = 0,12 in
Daya Pengaduk	: 1,27 hp

30. Pompa Kaporit (PU-13)

Fungsi	: Mengalirkan kaporit ke tangki utilitas
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 unit
Laju alir volumetrik	: 2,272 ft ³ /s
Laju alir massa	: 0,00294809 kg/jam
Ukuran nominal pipa	: 0,13 in
Diameter dalam (iD)	: 0,269 in
Diameter luar(OD)	: 0,405 in
Kecepatan linear	: 5,68002 ft/s
Daya	: 0,5 hp

31. Tangki Utilitas (TU)

Fungsi : Menampung air untuk didistribusikan ke domestik

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Bentuk : Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm (101,325 kPa)

Temperatur = 30°C

Volume tangki : 29,84 m³

Spesifikasi : Diameter = 1,6 m

Tinggi = 2,5 m

Tebal = 0,125 in

32. Pompa Tangki Utilitas (PU-14)

Fungsi : Mengalirkan air ke tangki utilitas

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Laju alir volumetrik : 0,0101 ft³/s

Laju alir massa : 1031,83 kg/jam

Ukuran nominal pipa : 1 in

Diameter dalam (iD) : 1,049 in

Diameter luar (OD) : 1,315 in

Daya : 0,42 hp

B. Spesifikasi Peralatan Unit Pengolahan Limbah

1. Bak Penampungan (L-BP)

Fungsi : Menampung limbah sementara

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Jumlah : 1 unit

Spesifikasi : panjang = 16,7m
lebar = 11,13 m
kedalaman = 5,5 m

Waktu retensi : 10 jam

2. Bak Pengendapan Awal (L-BA)

Fungsi : Mengendapkan limbah pada fasa awal

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Jumlah : 1 unit

Spesifikasi : panjang = 16,7 m
lebar = 11,13 m
kedalaman = 5,5 m

Waktu retensi : 10 jam

3. Bak Netralisasi (L-BN)

Fungsi : Menetralkan pH limbah

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Jumlah : 1 unit

Spesifikasi : panjang = 12,5 m
lebar = 8,35 m
kedalaman = 4,17 m

Waktu retensi : 10 jam

BAB VIII.

TATA LETAK PABRIK DAN PERALATAN PROSES

8.1 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan kedudukan atau tempat dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat peralatan, karyawan bekerja, dan penyimpanan bahan baku. Hal-hal lain yang harus diperhatikan dalam menentukan tata letak suatu pabrik :

a. Perluasan Pabrik

Perluasan suatu pabrik dan kemungkinan penambahan bangunan di masa yang akan datang. Perluasan pabrik haruslah dipikirkan sebelum kebutuhan akan tempat menjadi masalah yang kemungkinan terjadi di masa yang akan datang. Sejumlah area khusus harus disiapkan untuk perluasan pabrik jika kemungkinan pabrik ingin mengolah bahan baku sendiri atau menambahkan kapasitas produksi, sehingga perlu adanya penambahan peralatan pabrik.

b. Harga Tanah

Harga tanah bisa dijadikan faktor yang membatasi kemampuan penyediaan awal. Jika harga tanah mahal, maka diperlukan efisien yang tinggi terhadap pemanfaatan tanah, jika perlu ruangan yang banyak harus dibuat bangunan bertingkat, sehingga dapat menghemat tempat. Pemakaian tempat harus disesuaikan dengan kebutuhan dan juga terhadap area yang tersedia.

c. Kualitas bangunan

Kualitas, kuantitas dan letak bangunan harus memenuhi syarat bangunan pabrik, seperti kekuatan struktur fisik dan kebutuhannya, Isolasi, Ventilasi, Instalasi. Tata letak bangunan yang teratur memudahkan pemeliharaan dan pekerjaan.

d. Fasilitas jalan

Fasilitas jalan raya berfungsi sebagai jalur aksesibilitas dan pengangkutan baik bahan baku maupun peralatan proses. Jalan yang disarankan tidak boleh mengganggu kelancaran kegiatan proses dan produksi.

e. Keamanan

Faktor yang sangat penting ialah keamanan. Sekalipun kita dilengkapi dengan perangkat keselamatan seperti anti ledakan, penyimpanan air, asuransi pabrik

dan hidran kebakaran. Kita tetap perlu melakukan tindakan pencegahan produk, bahan baku, dan tangki bahan bakar harus diletakkan di lokasi terkhusus dengan ruang yang cukup di antara keduanya untuk meminimalkan risiko yang tidak diinginkan seperti ledakan dan kebakaran.

8.2 Tata Letak Peralatan Pabrik

Sebelum menyusun tata letak pabrik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan

a. Aliran bahan baku dan produk

Pengaturan aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

b. Aliran udara

Aliran udara dan ventilasi di sekitar area proses harus lancar agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya.

c. Pencahayaan

Penerangan seluruh area pabrik terutama daerah proses harus memadai demi keselamatan para kerja.

d. Lalu lintas manusia

Dalam perencanaan tata letak peralatan proses perlu memperhatikan ruang gerak agar dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus seperti kerusakan peralatan alat dapat segera teratasi.

e. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses bertekanan tinggi atau bersuhu tinggi sebaiknya berjauhan dari alat lainnya agar bila terjadi ledakan atau kebakaran tidak cepat merambat ke alat proses lain.

f. Susunan alat

Setiap alat tersusun berurutan menurut fungsinya masing-masing sehingga tidak menyulitkan dalam pengoperasian.

Tata letak peralatan proses ini secara garis besar berorientasi pada keselamatan dan kenyamanan pekerja sehingga dapat meningkatkan produktivitas kerja.

Tata letak peralatan proses didasarkan pada areal persiapan bahan baku, tahap rekasi, tahap penanganan produk utama dan tahap penanganan.

PERINCIHAN TANAH

Luas tanah yang akan digunakan sebagai acuan tempat berdirinya pabrik yang dapat diuraikan berdasarkan fungsi yang dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 8.1 Perincian Luas Tanah

No	Jenis Area	Luas (m ²)
1.	Pos satpam	20
2.	Rumah timbangan	95
3.	Parkiran	200
4.	Taman	100
5.	Area bahan baku	350
6.	Ruang Kontrol	60
7.	Area proses	2000
8.	Area produk	200
9.	Perkantoran	300
10.	Laboratorium	100
11.	Aula	95
12.	Poliklinik	50
13.	Kantin	50
14.	Ruang ibadah	95
15.	Gudang peralatan	200
16.	Bengkel	200
17.	Unit pemadam kebakaran	100
18.	Unit pengolahan air	400
19.	Pembangkit listrik	400
20.	Pembangkit uap	400
21.	Unit pengolahan limbah	200
22.	Perumahan karyawan	4000
23.	Area perluasan	1000
Total		10,615

Maka total luas tanah yang dibutuhkan untuk membangun pabrik pembuatan tanin adalah 10,615.

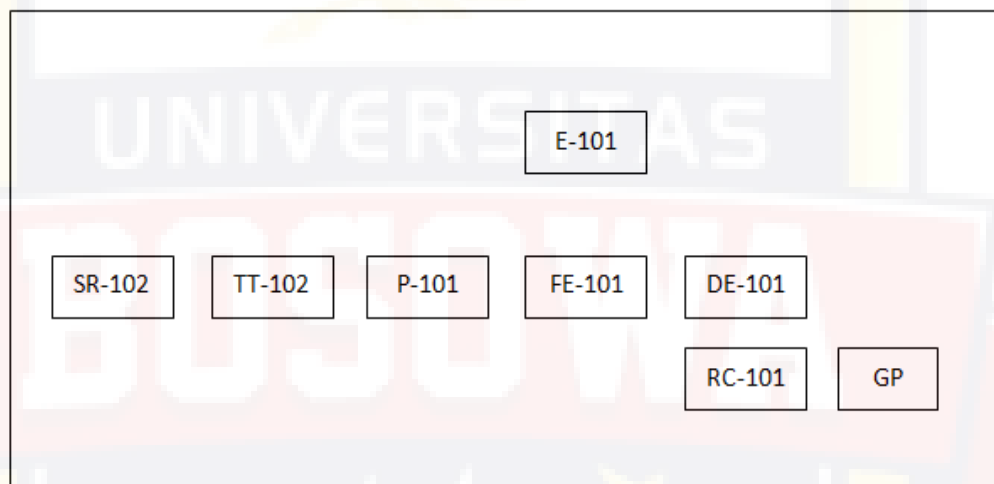


Skala 1 : 1000

Gambar 8.1 Rencana Tata Letak Pabrik Tanin

8.3 Tata Letak Peralatan Pabrik

Penentuan letak pabrik perlu memperhatikan beberapa hal antara lain, penyusunan alat proses harus saling berurutan sesuai dengan urutan kerja dan fungsinya. Selain itu, faktor kemudahan dalam pengecekan dan keselamatan kerja harus dipertimbangkan. Kondisi operasi masing-masing alat harus diperhatikan. Untuk alat proses yang beroperasi lainnya serta harus mudah dijangkau oleh pemadam kebakaran. Setiap alat harus ditempatkan ditempat yang cukup, artinya tidak terlalu besar dan tidak terlalu sempit, sehingga mudah untuk pemeriksaan, perbaikan, dan pemindahan alat guna menjamin kerja. Pengaturan alat kontrol dilakukan pada ruang kendali (control room).



Gambar 8.2 Tata letak alat proses

Keterangan :

- E : kondensor
- SR-102 : Ball Mill
- TT-102 : Tangki Ekstraksi
- P-101 : Filter Press
- FE-101 : Evaporator
- DE-101 : Rotary Dryer
- RC-101 : Rotary Cooler
- GP : Gudang Penyimpanan.

BAB IX

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

9.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang ditetapkan ialah Persero Terbatas (PT) merupakan perusahaan yang terdiri dari pemegang saham dan berbentuk badan hukum. Persero terbatas yaitu bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham, dimana tiap sekutu turut mengambil bagian satu sahan atau lebih.

Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh suatu perseroan atau perseroan terbatas, artinya orang yang memiliki saham tersebut telah menyetorkan modalnya kepada perseroan dan orang juga memiliki perseroan tersebut. Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggung jawab untuk menyetorkan jumlah penuh yang ditunjukkan pada setiap saham.

Pabrik Tanin yang akan didirikan mempunyai :

Bentuk Perusahaan : Persero Terbatas (PT)
Letak : Poso, Sulawesi tengah
Lapangan Usaha :Memproduksi Tanin
Kapasitas Produk : 6.000 ton/thn

Dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan Persero Terbatas adalah sebagai berikut :

- a. Pemegang saham memiliki tanggung jawab yang terbatas terhadap adanya hutang-hutang perusahaan. Ini berarti resiko pemegang saham hanya terbatas sampai besarnya modal yang disetorkan.
- b. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin sebab tidak tergantung pada pemegang saham, di mana pemegang sahan dapat berganti-gantian.
- c. Dapat memperluas lapangan usaha karena lebih mudah memperoleh tambahan modal dengan menjual saham-saham baru.
- d. Manajemen dan sosialisai yang baik memungkinkan pengelolaan sumber modal secara efisien.

- e. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual saham kepada orang lain.
- f. Mudah bergerak di pasar modal.
- g. Pemegang saham melalui rapat umum dapat memilih Dewan Direksi yang baik dan berkualitas untuk menjalankan perusahaan.
- h. Keberlangsungan jalannya perusahaan terjamin karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya dan juga karyawan perusahaan.

9.2 Struktur Organisasi

Bentuk Organisasi : Garis dan Staff

Bentuk organisasi ini mempunyai keuntungan antara lain :

- Dapat dipergunakan oleh setiap organisasi.
- Ada pembagian yang jelas antara pimpinan, staff dan pelaksana.
- Bakat – bakat yang berbeda dari para karyawan dapat dikembangkan menjadi suatu spesialisasi.
- System penempatan ‘ The Right Man in The Right Place’ lebih mudah dilaksanakan.
- Pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat walaupun banyak orang yang diajak berunding karena pimpinan perusahaan dapat mengambil keputusan yang mengikat.
- Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dicapai karena ada anggota – anggota staff yang ahli dalam bidangnya yang dapat memberikan nasehat dan mengerjakan perencanaan yang teliti.
- Koordinasi dapat pula dengan mudah dikerjakan karena sudah ada pembagian tugas masing – masing.
- Disiplin dan moral karyawan biasanya tinggi karena tugas yang dilaksanakan oleh seseorang sesuai dengan bakat, keahlian dan pengalamannya.

9.3 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka adalah pemilik perusahaan dan mempunyai kekuasaan tertinggi dalam perusahaan.

Tugas dan wewenang pemegang saham :

- Memilih dan memberhentikan komisaris
- Meminta pertanggungjawaban kepada Dewan Komisaris.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris sebagai wakil dari pemegang saham dan semua keputusan dipegang dan ditentukan oleh Rapat Persero. Biasanya yang menjadi Ketua Dewan Komisaris adalah Ketua dari Pemegang Saham, dipilih dari Rapat Umum Pemegang Saham.

Tugas dan wewenang Dewan Komisaris :

- Memilih dan memberhentikan Direktur
- Mengawasi Direktur
- Menyetujui atau menolak rencana kerja yang diajukan Direktur
- Mempertanggungjawabkan Perusahaan kepada Pemegang Saham

3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan membawahi :

1. Direktur teknik dan Produksi
2. Direktur Keuangan

Tugas dan Wewenang :

- Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris
- Menetapkan kebijaksanaan peraturan dan tata tertib perusahaan
- Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
- Mengangkat dan memberhentikan pegawai
- Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan

4. Staf Ahli

Direksi dibantu oleh beberapa staf ahli yang bertanggung jawab langsung kepada Direktur. Staf ahli ini bersifat sebagai konsultan yang diminta pertimbangannya apabila perusahaan mengalami suatu masalah. Staf ahli tersebut yaitu :

- Ahli Teknik
- Ahli Proses
- Ahli Ekonomi
- Ahli Hukum

5. Sekretaris

Sekretaris diangkat oleh Direktur untuk menangani masalah surat-menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lainnya untuk membantu direktur dalam menangani administrasi perusahaan.

6. Manajer Teknik Dan Produksi

Manajer Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal :

- Pengawasan dan peningkatan mutu produksi
- Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi
- Pengawasan peralatan pabrik
- Perbaikan pemeliharaan alat-alat produksi

7. Manajer Keuangan dan Administrasi

Manajer Keuangan dan Administrasi bertanggung jawab pada Direktur Utama dalam hal :

- Laba rugi perusahaan
- Neraca keuangan
- Administrasi perusahaan
- Perencanaan pemasaran dan penjualan

8. Kepala Bagian

Kepala Bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Teknik
2. Kepala Bagian Produksi
3. Kepala Bagian Umum
4. Kepala Bagian Pemasaran
5. Kepala Bagian Keuangan

Tugas umum Kepala Bagian adalah :

1. Menjalankan organisasi/mengatur/mengkoordinasi atau mengawasi pekerja-pekerja seksi bawahannya.
2. Bertanggung jawab atas kerja seksi-seksi dibawahnya.
3. Membuat laporan-laporan berkala dari seksi-seksi dibawahnya.
4. Mengajukan saran-saran atau pertimbangan-pertimbangan mengenai usaha perbaikan kepala seksi.

Tugas khusus Kepala Bagian :

1. Kepala Bagian Teknik
Mengusahakan dan menjaga kelancaran operasi di segala bidang produksi seperti pemeliharaan, perbaikan, penampungan bahan baku (utilitas).
2. Kepala Bagian Produksi
Menyelenggarakan dan mengembangkan produksi dengan cara yang ekonomis dalam batas kualitas yang direncanakan oleh perusahaan disamping secara periodik mengenalkan kualitas produk dan bahan baku.
3. Kepala Bagian Umum
Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.
4. Kepala Bagian Pemasaran
Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.
5. Kepala Bagian Keuangan
Merencanakan, menyelenggarakan dan mengevaluasi hasil operasi keuangan.

9. Kepala Seksi

Tugas Umum Kepala Seksi :

1. Melakukan tugas operasional dalam bidang masing-masing.
2. Merencanakan rencana yang telah ditetapkan direksi.
3. Bertanggung jawab atas kelancaran/keserasian kerja atau personalia dari seksi-seksi Kepala bagian.

Tugas Khusus Kepala Seksi :

1. Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan
Menjamin keadaan peralatan/mesin-mesin yang ada dalam pabrik selalu dalam keadaan baik dan siap dipakai dengan pemeliharaan yang efisien dan efektif.
2. Seksi Utilitas dan Pembangkit Tenaga
Menyediakan unsur penunjang proses dalam pabrik yaitu meliputi : air , listrik , steam dan bahan bakar.
3. Seksi Riset dan Pengembangan
Mengadakan pemeriksaan dan menetapkan acceptabilitas bahan baku, bahan pembantu maupun produk, selain itu juga dapat melakukan penelitian guna keperluan pengembangan bila diperlukan.
4. Seksi Produksi dan Proses
Melakukan pembuatan produksi sesuai dengan ketentuan yang direncanakan dan mengadakan kegiatan agar proses produksi berlangsung secara baik, mulai dari bahan baku masuk hingga produk.
5. Seksi Personalia dan Humas
Melaksanakan hal-hal yang berkaitan dengan kesejahteraan karyawan,serta mengadakan hubungan antara perusahaan dengan masyarakat, instansi, pemerintahan, perguruan tinggi dan pihak-pihak lain yang terkait.
6. Seksi Keamanan
Melaksanakan dan mengatur hal-hal yang berkaitan dengan keamanan perusahaan.
7. Seksi Administrasi
Melaksanakan dan mengatur administrasi serta inventarisasi perusahaan.

8. Seksi Pemasaran dan Penjualan

Melaksanakan dan mengatur penjualan produksi kepada konsumen. Disini Direktur Utama berperan untuk menentukan kebijaksanaan perusahaan.

9. Seksi Gudang

Melaksanakan penyimpanan dan pengeluaran serta mengamankan bahan baku/bahan pembantu dan mengatur serta melaksanakan penyimpanan dan penerimaan serta pengiriman produksi ke konsumen.

10. Seksi Anggaran

Mengadakan pembukuan dan mengadakan dana keuangan yang cukup dengan mendaya gunakan modal dan mengamankan fisik keuangan.

11. Seksi Pembelian

Mengadakan pembelian dan persediaan dari semua peralatan beserta spare part dan semua bahan-bahan untuk keperluan produksi dengan memperhatikan mutu, harga dan jumlah yang tepat.

9.4 Jam Kerja

Pabrik direncanakan bekerja atau beroperasi 300 hari dalam setahun, 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan dan perawatan mesin – mesin. Jam kerja untuk pegawai adalah sebagai berikut :

1. Karyawan *non-shift*, yaitu karyawan yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi, misalnya bagian administrasi, bagian gudang, dan lain-lain. Jam kerja karyawan *non-shift* ditetapkan 45 per minggu dan jam kerja selebihnya lembur. Perincian jam kerja *non-shift* adalah :

Senin – Kamis

- Pukul 08.00 – 12.00 WIB → Waktu kerja
- Pukul 12.00 – 13.00 WIB → Waktu istirahat
- Pukul 13,00 – 17.00 WIB → Waktu kerja

Jumat

- Pukul 08.00 – 12.00 WIB → Waktu kerja
- Pukul 12.00 – 14.00 WIB → Waktu istirahat
- Pukul 13,00 – 17.00 WIB → Waktu kerja

Sabtu

- Pukul 08.00 - 14.00 WIB → Waktu kerja

2. Karyawan *Shift*

Untuk pekerjaan yang langsung berhubungan dengan proses produksi yang membutuhkan pengawasan terus menerus selama 24 jam, para karyawan diberi pekerjaan bergilir (*shift work*). Pekerjaan dalam satu hari dibagi tiga *shift*, yaitu tiap *shift* bekerja selama 8 jam 15 menit pergantian *shift* dengan pembagian sebagai berikut :

- *Shift I* (pagi) : 07.00-15.00 WIB
- *Shift II* (pagi) : 15.00-23.00 WIB
- *Shift III* (pagi) : 23.00-07.00 WIB

Jam kerja bergiliran berlaku bagi karyawan. Untuk memenuhi kebutuhan pabrik, setiap karyawan *shift* dibagi menjadi empat regu dimana tiga regu kerja dan satu regu istirahat. Pada hari minggu dan libur nasional karyawan *shift* tetap bekerja dan libur 1 hari setelah tiga kali *shift*.

Hari	<i>Shift I</i>	<i>Shift II</i>	<i>Shift I</i>	Libur
Senin dan Selasa	A	B	C	D
Rabu dan Kamis	B	C	D	A
Jumat dan Sabtu	C	D	A	B
Minggu dan Senin	D	A	B	C
Dst	-	-	-	-

9.5 Jaminan Sosial

Kesejahteraan karyawan diberikan dalam bentuk Jaminan Sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain :

1. Pakaian kerja, diberikan kepada karyawan sebanyak 2 stel tiap tahun.
2. Tunjangan, diberikan kepada karyawan tetap berupa uang dan dikeluarkan bersama-sama dengan gaji, dimana besarnya disesuaikan dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

3. Pengobatan, dapat dilakukan di poliklinik perusahaan secara gratis atau pada rumah sakit atau dokter yang ditunjuk oleh perusahaan, dimana biaya pengobatan menjadi tanggung jawab perusahaan sepenuhnya.
4. Jamsostek. Setiap karyawan berhak menjadi peserta Jamsostek dan dikoordinasikan oleh perusahaan.

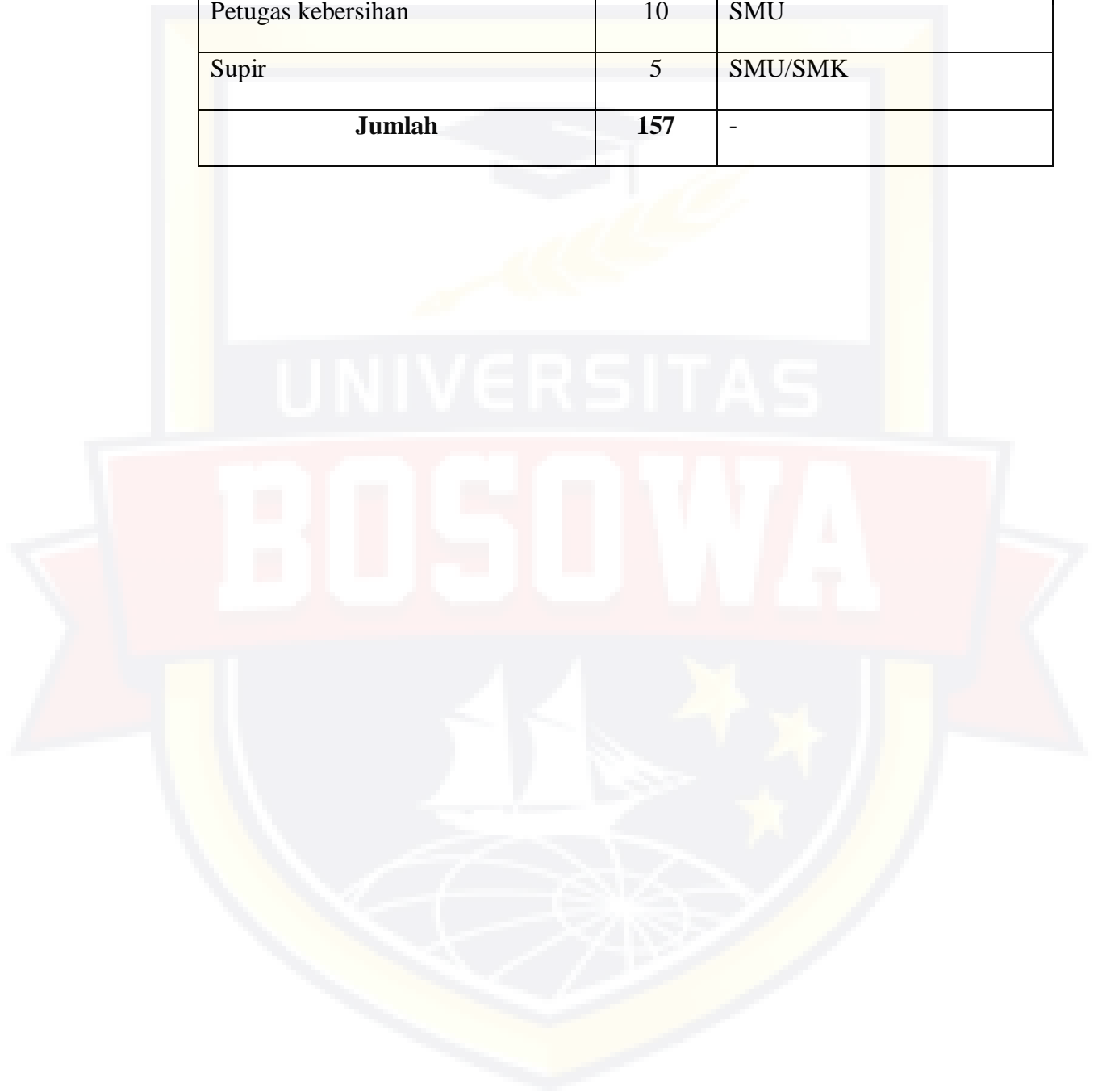
9.6 jumlah karyawan dan Tingkat pendidikan

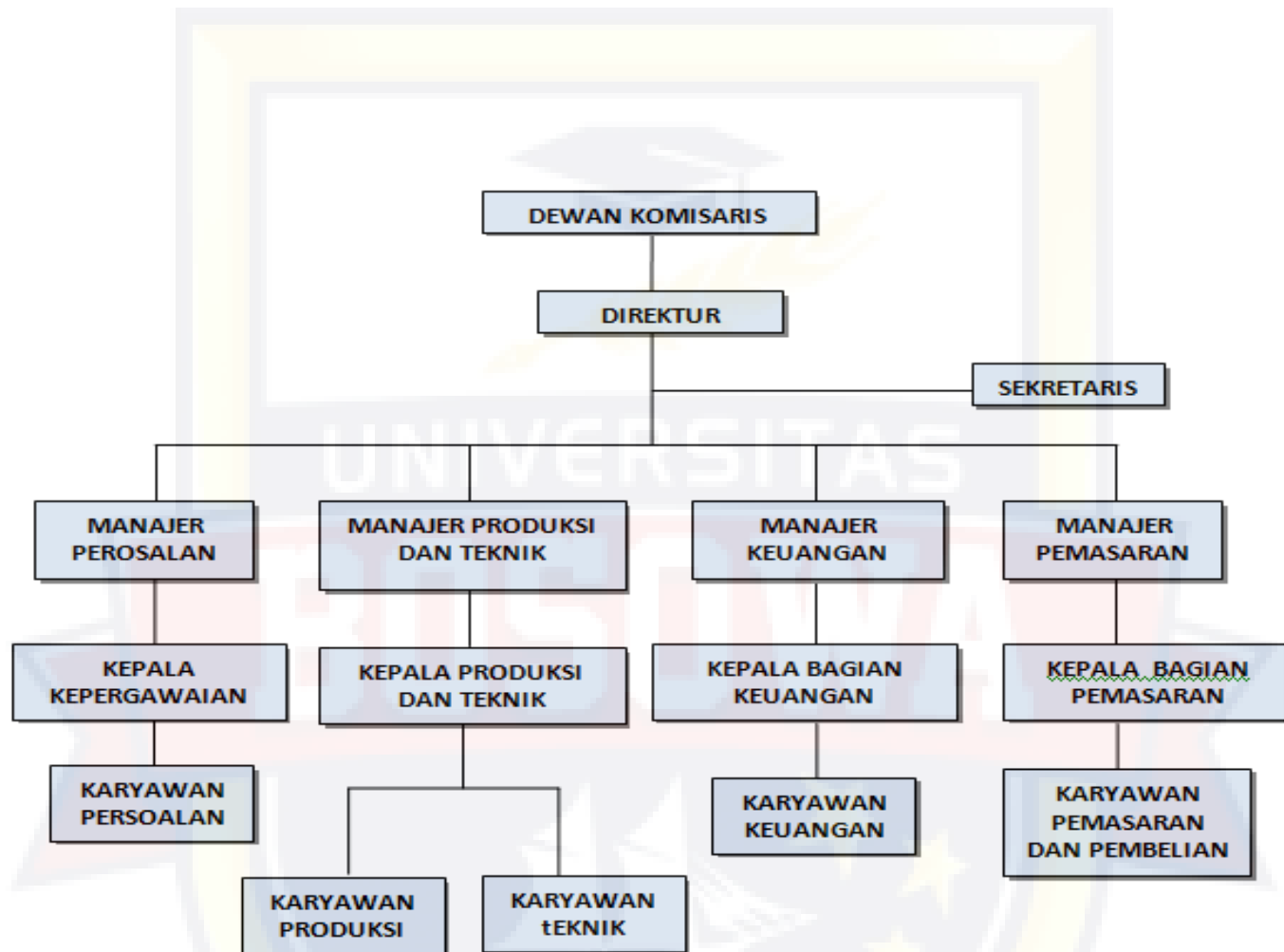
Dalam melaksanakan kegiatan perusahaan/pabrik, dibutuhkan susunan karyawan seperti pada struktur organisasi. Jumlah karyawan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

Tabel 9.1 penggolongan jabatan dan Tingkat pendidikan

Jabatan	Jumlah	Pendidikan
Dewan komisaris	3	Teknik/Ekonomi (S1)
Direktur	1	Teknik Kimia (S1)
Sekretaris	1	Sekretaris (D3)
Manajer produksi dan Teknik	1	Teknik kimia (S1)
Manajer Persoalan	1	Psikologi (S1)
Manajer Keuangan	1	Ekonomi Akuntansi (S1)
Manajer Pemasaran	1	Managemen (S1)
Kepala bagian Produksi dan teknik	1	Teknik Kimia (S1)
Kepala bagian kepegawaian	1	Psikologi (S1)
Kepala bagian Humas	1	Teknik Industri (S1)
Kepala bagian keuangan	1	Ekonomi Akuntansi (S1)
Kepala seksi	16	Teknik/Ekonimi/MIPA (S1)
Karyawan produksi	60	Politeknik/STM
Karyawan Teknik	20	Politeknik/STM
Karyawan keuangan dan persoalan	9	Politeknik/SMEA
Karyawan pemasaran dan pembelian	9	Politeknik/SMEA

Dokter	1	Kedokteran (S1)
Perawat	3	Akademika Perawat (D3)
Petugas keamanan	10	Pensiunan ABRI/SMU/SMK
Petugas kebersihan	10	SMU
Supir	5	SMU/SMK
Jumlah	157	-





Gambar 9.1 Struktur Perusahaan

BAB X

ANALISA EKONOMI

Evaluasi ekonomi digunakan untuk menentukan apakah suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah :

1. Laju pengembalian modal (Internal Rate of Return, IRR)
2. Waktu pengembalian modal minimum (Minimum Pay Out Period, MPP)
3. Titik impas (Break event Point, BEP)
4. Shut down point (SDP)

Sebelum dilakukan analisa terhadap ketiga faktor diatas perlu dilakukan peninjauan terhadap beberapa hal sebagai berikut :

1. Penaksiran modal (Total Capital Investment, TCI) yang meliputi :
 - a. Modal tetap (Fixed Capital Investment, FCI)
 - b. Modal kerja (Working Capital Investment, WCI)
2. Penentuan biaya produksi (Total Production Cost, TPC) yang terdiri :
 - a. Biaya pembuatan (Manufacturing Cost)
 - b. Biaya Plant Overhead (Plant overhead cost)
 - c. Biaya pengeluaran umum (General Expenses)
3. Biaya Total

Untuk mengetahui besarnya titik impas (BEP) perlu dilakukan penaksiran terhadap :

- a. Biaya tetap
- b. Biaya semi variabel
- c. Biaya variabel

Dalam rencana pra prancangan pabrik pembuatan alumina digunakan asumsi sebagai berikut:

Pabrik beroperasi selama selama 300 hari dalam setahun perhitungan didasarkan pada harga peralatan tiba di pabrik atau purchased-equipment delivered.

Kapasitas Produksi : 6.000 ton/tahun

Satu Tahun Operasi : 300 hari

Tahun operasi : 2027

10.1 Perhitungan Biaya

Asumsi- asumsi yang dipakai dalam perhitungan evaluasi ekonomi terdiri dari :

Tabel 10.1 Penaksiran indeks harga dengan least square

No	Tahun (xi)	Indeks (yi)	xi.yi	xi^2	yi^2
1	2005	468,2	938.741	4.020.025	219.211
2	2006	499,6	1.002.198	4.024.036	249.600
3	2007	525,4	1.054.478	4.028.049	276.045
4	2008	555,6	1.115.645	4.032.064	308.691
5	2009	585,8	1.176.872	4.036.081	343.162
6	2010	616,1	1.238.361	4.040.100	379.579
7	2011	646,3	1.299.709	4.044.121	417.704
8	2012	676,5	1.361.118	4.048.144	457.652
9	2013	706,7	1.422.587	4.052.169	499.425
10	2014	736,9	1.484.117	4.056.196	543.022
Total	20.095	6.017,1	12.093.825,4	40.380.985	3.694.091,21

Dengan metode Least Square (Perry, 3-84), dapat dilakukan penaksiran index harga rata – rata pada akhir tahun, penyelesaian dengan least Square menghasilkan persamaan :

$$y = a + b (x - \bar{x}) \text{ (pers, 17,19, Peters \& Timmerhaus, 4th ed)}$$

Keterangan :

a = \bar{y} , harga rata-rata y

$$b = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sum(x-\bar{x})^2} \text{ . Slope garis least square}$$

$$\sum = 10$$

$$\sum x = 20.095$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = 20.095 / 10 = 20.095$$

Persamaan 17.21, Timmerhaus :

$$\begin{aligned}\Sigma (x - \bar{x})^2 &= \Sigma x^2 - \Sigma (\bar{x})^2/n \\ &= 40.380.985 - (20.095)^2 / 10 \\ &= 82.5\end{aligned}$$

$$\Sigma y = 6.017.1$$

$$n = \frac{\Sigma x}{n} = 6017.1 / 10 = 601.71$$

$$\Sigma y^2 = 73.541.969$$

$$\begin{aligned}\Sigma (y - \bar{y})^2 &= \Sigma y^2 - \Sigma (\bar{y})^2/n \\ &= 3.694.091.21 - (6017.1)^2 / 10 \\ &= 73.541.969\end{aligned}$$

$$\Sigma xy = 12.093.825.4$$

Persamaan 17.20 Timmerhaus :

$$\begin{aligned}\Sigma (x - \bar{x}) (y - \bar{y}) &= \Sigma xy - \Sigma y \frac{\Sigma x}{n} \\ &= 12.093.825.4 - (601.71 \times 20.095 / 10) \\ &= 2.462.95\end{aligned}$$

Nilai

$$a = \bar{y} = 601.71$$

$$\begin{aligned}b &= \frac{\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\Sigma(x-\bar{x})^2} \\ &= 2.462.95 / 82.5 \\ &= 29.853.939,39\end{aligned}$$

Jadi indeks ditahun 2027

$$\begin{aligned}y &= a + b (x - \bar{x}) \\ &= 601.71 + 29.853.939,39 (2026 - 20.095) \\ &= 1.123,43232\end{aligned}$$

Jika pabrik akan didirikan pada tahun 2026 maka akan diperoleh indeks harga (X)

untuk pabrik ini maka dari daftar table di atas didapat 1.123,43232

1. Harga dalam Rupiah dibulatkan dalam ratusan ribu terdekat,
2. Harga dalam Dollar dibulatkan dalam satuan terdekat,
3. Upah Buruh :
 - a. Buruh Asing = \$ 20 / man hour
 - b. Buruh Lokal = Rp.15,187 / man hour
 - c. Perbandingan Man hour asing = 1,5 man hour lokal

10.2 Perhitungan Alat

Harga alat pabrik dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun yang lalu dikalikan dengan Rasio Index harga, perkiraan harga ini seiring digunakan

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \text{ (Aries \& Newton, 1955)}$$

Dimana:

E_x = Harga alat pada tahun x

E_y = Harga alat pada tahun y

N_x = Indeks harga pada tahun x

N_y = Indeks harga pada tahun y

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan :

$$E_b = E_a \left[\frac{C_b}{C_a} \right]^{0,6}$$

Dengan :

E_a = harga alat a

E_b = harga alat b

C_a = kapasitas alat a

C_b = kapasitas alat b

Tabel.10.2 PEC Alat Proses

Alat	Jumlah	Harga Tahun 2014 USD	Harga Tahun 2027 USD	Harga Tahun 2025 USD
gudang	1	4.160,00	6.171,51	6.171,51
tangki etanol	1	21.093,14	30.278,32	30.278,32
gudang produk	1	4.260,00	6.115,05	6.115,05
Tangki pengendapan	1	73.127,32	104.971,23	104.971,23
hammer crusher	1	4.390,00	6.301,66	6.301,66
Bucket Elevator	1	11.800,00	16.938,41	16.938,41
Screw Conveyor	3	5.100,00	7.320,84	21.962,51
rotary dryer	1	10.324,67	14.820,63	14.820,63
rotary cooler	1	11.374,69	16.327,89	16.327,89
Ektraktor	1	26.627,60	38.222,81	38.222,81
filter press	1	9.093,00	13.052,62	13.052,62
belt conveyor	3,0	10.141,91	14.558,29	43.674,87
evaporator	1	11.689,52	16.779,82	16.779,82
condensor	1	2.225,00	3.193,89	3.193,89
screen	2	12.952,56	18.592,86	37.185,72
pompa	4	2.436,00	3.496,78	13.987,11
ball mill	2	10.123,06	14.531,23	29.062,46
TOTAL (Rp)				98.247.803.92

$$Ex = 7.320 \times \frac{736,9}{1.484.117} = 3.634,55$$

Total harga peralatan proses pada tahun 2027 = Rp 98.247.803.92

Diperkirakan biaya impor, pengangkutan, pembongkaran dan transportasi alat sampai dilokasi 22 % dari harga alat. Jadi harga alat :

$$= 0,22 \times \text{Rp } 98.247.803.92 = \text{Rp } 20.632.059,80$$

Tabel 10.3 Purchase Equipment Cost Utilitas

Alat	Jumlah	Sumber	Harga Tahun 2014 \$	Harga Tahun 2027 \$	Total Harga \$
Screening	1	L	6.883,00	9.880,26	9.880,26
Clirfier	1	L	4.650,00	6.674,88	6.674,88
Tangki Pelarut Alum	1	L	20.210,00	29.010,61	29.010,61
Tangki Pelatut Soda Abu	1	L	54.900,00	78.806,67	78.806,67
Sand Filter	1	L	1.680,00	2.411,57	2.411,57
Menara Air	1	L	3.510,00	5.038,46	5.038,46
Tangki Pelarutan Asam Sulfat	1	L	900,00	1.291,91	1.291,91
Menara Pendingin	1	L	10.190,00	14.627,32	14.627,32
Penukar Kation	1	L	3.510,00	5.038,46	5.038,46
Tangki Pelarutan Natrium Hidroksida	1	L	760,00	1.090,95	1.090,95
Penukar Anion	1	L	1.290,00	1.851,74	1.851,74
Daerator	1	L	17.300,00	24.833,43	24.833,43
Tangki Bahan Bakar	1	L	25.000,00	35.886,46	35.886,46
Ketel Uap	1	L	123.554,00	177.356,63	177.356,63
Tangki Pelarutan Kaporit	1	L	1.400,00	2.009,64	2.009,64
Tangki Utilitas	1	L	2.140,00	3.071,88	3.071,88
Pompa Utilitas	18	L	580,00	832,57	14.986,19
Bak Penampung	1	N	4.790,00	6.875,85	6.875,85
Bak Pengendapan Awal	1	N	4.790,00	6.875,85	6.875,85
Bak Netralisasi	1	N	4.790,00	6.875,85	6.875,85
Generator	2	L	9.350,00	13.421,54	26.843,07
Total Rp					36.853.064.302

Total harga peralatan utilitas pada tahun 2027 = Rp 36.853.064.302

diperkirakan biaya impor, pengangkutan, pembongkaran dan transportasi alat sampai di lokasi pabrik 122 % dari harga alat. Jadi harga alat :

$$= 1,22 \times \text{Rp } 36.853.064.302$$

$$= \text{Rp } 44.960.738.448,99$$

Total harga (peralatan proses + peralatan utilitas) :

$$= \text{Rp } 20.632.059,80 + \text{Rp } 46.066.330.378,06$$

= Rp 44.981.370.508,79

10.2.1 Modal Industri (Total Capital Investment)

Modal industri (Capital Investment) yaitu penanaman modal yang berkaitan dengan pengeluaran berupa uang yang diperlukan untuk pembangunan fasilitas produksi dan operasi utama dalam pabrik

- a. Modal Tetap (Fixed Capital Investment)
- b. Modal Kerja (working capital)

10.2.2 Fix Capital Investment (FCI)

Modal tetap atau Fix Capital Investment (FCI) ialah total biaya instalasi pengolahan, bangunan, layanan tambahan, dan teknik yang terlibat dalam pembuatan pabrik tersebut. Modal tetap terdiri dari Direct Cost dan Indirect Cost.

Total Direct Cost (DC)

1. Perkiraan Modal Investasi (Capital Investment)

Modal investasi dihitung berdasarkan harga peralatan dan disesuaikan dengan tabel 6-9 Peters halaman 251

a. Modal tetap (fixed capital investment)

Biaya langsung (direct cost)	% (E)	Cost
Harga peralatan (a)	100%	Rp 44.981.370.508,79
Pemasangan alat	47% (a)	Rp 21.591.057.844
Instrumentasi dan kontrol	36 % (a)	Rp 16.193.393.383
Perpipaan	68 % (a)	Rp 30.587.331.946
Instalasi listrik	11 % (a)	Rp 4.947.950.756
Gudang dan perawatan	18 % (a)	Rp 8.098.646.692
Fasilitas pelayanan	70 % (a)	Rp 31.486.959.356
Halaman	10 % (a)	Rp 4.498.137.051
<u>Tanah</u>	<u>6 % (a)</u>	<u>Rp 2.698.882.231</u>
Total (1)		Rp 165.081.629.767

Biaya tak langsung (indirect cost)

Rekayasa dan supervisi	33% (a)	Rp14.843.852.268
Biaya kontruksi	41% (a)	Rp 18.442.361.909
Total (2)		Rp 33.286.214.177
Biaya Kontraktor	21 % (DPC + PPC)	Rp 41.657.247.228
Biaya tak terduga	42 % (DPC + PPC)	Rp 83.314.494.456
Total (3)		Rp124.971.741.685

Total modal tetap (FCI) = (1) + (2) + (3)
= Rp 323.339.585.628

a. Modal kerja (working capital investment)

WCI = 15 % TCI
= Rp 56.124.947

Modal total (total capital investment)

TCI = FCI + 0.15 TCI
TCI - 0.15 TCI = FCI
0.85 TCI = FCI
TCI = FCI/0.85
= Rp 318.041.367.986/0,85
= Rp 374.166.315.277,45

Modal Investasi terbagi atas :

1. Modal sendiri (Equity) = 40% TCI

2. Modal pinjaman bank (Loan) = 60% TCI

Manufacturing Cost

a. Biaya produksi langsung (*direct production cost*)

Bahan baku	Rp 475.284.956.232,96
Gaji karyawan	Rp 626.500.000
Utilitas (10% TPC)	Rp. 0,1 TPC
Pengawasan (15 % gaji karyawan)	Rp 1.128.420.000
Pemeliharaan & perbaikan (2%FCI)	Rp 6.360.872.359,72

Operasi suplay (0.5% FCI)	Rp 1.590.206.839,93
Laboratorium (10 % gaji karyawan)	Rp 752.280.000,00
<u>Patent dan royalti (3% TPC)</u>	<u>Rp 0.03 TPC</u>
Total	Rp 751.269.061.547,84

b) Biaya tetap (fixed changes)

Depresiasi 10 % FCI	Rp 31.804.136.798,58
Pajak 2 % FCI	Rp 6.360.827.359,72
<u>Asuransi 1% FCI</u>	<u>Rp 3.180.413.679,86</u>
Total	Rp 41.345.377.838,16

Biaya pengeluaran tambahan pabrik

(Plant overhead cost) 3 % TPC = Rp. 0,03 TPC

Jadi total manufacturing cost (TMC) :

= (a) + (b) + (c)

= Rp 751.269.061.547,84TPC + Rp 41.345.377.838,16 + 0,03TP

= Rp 792.614.439.386,02 + 0,16 TPC

General Expenses

Biaya Administrasi (2% TPC)	Rp. 0,02 TPC
Biaya Distribusi Penjualan (2% TPC)	Rp. 0,02 TPC
Riset dan Pengembangan (2% TPC)	Rp. 0,02 TPC
Pembiayaan (2% TCI)	Rp 3.741.663.152,77
Total (GE)	Rp 3.741.663.152,77 + Rp.0,06

TPC

Maka Total Biaya Produksi (Total Product Cost)

TMC = Rp 792.614.439.386,02 + 0.16 TPC

GE = Rp 3.741.663.152,77 + 0,06 TPC +

TPC = Rp 792.614.439.386,02 + 0,22 TPC

1 TPC – 0,22 TPC = Rp 792.614.439.386,02

0,78 PC = Rp 792.614.439.386,02

TPC = Rp 995.445.128.173,50

TCM =Rp 951.885.659.893,78

GE = Rp 63.468.370.843,18

Perhitungan Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dilakukan dengan metode discounted cash flow yaitu :

1. Modal
 - a. Modal sendiri = 40%
 - b. Modal pinjaman = 60%
2. Bunga bank = 10% per tahun
3. Laju inflasi = 15% per tahun
4. Masa konstruksi 2 tahun
 - a. Tahun pertama menggunakan 60% modal sendiri dan 40% modal pinjaman
 - b. Tahun kedua menggunakan sisa modal sendiri dan pinjaman
5. Pembayaran modal pinjaman selama konstruksi dilakukan secara diskrit dengan cara sebagai berikut :
 - a. Pada awal masa konstruksi {awal tahun ke(-2)} dilakukan pembayaran sebesar 50% dari modal pinjaman untuk keperluan pembelian tanah dan uang muka.
 - b. Pada akhir tahun kedua masa konstruksi {tahun ke (-1)} dibayarkan sisamodal pinjaman.
6. Pengembalian pinjaman dilakukan dalam waktu 10 tahun, sebesar 10% per tahun.
7. Umur pabrik diperkirakan sebesar 10 tahun dengan depresiasi sebesar 10% per tahun.
8. Kapasitas produksi :
 - a. Tahun ke I = 60%
 - b. Tahun ke II = 80%
 - c. Tahun ke III = 100%
9. Pajak pendapatan :

Kurang dari Rp 25.000.000

Rp 25.000.000 – Rp 50.000.000

Lebih dari Rp 50.000.000

Pajak pendapatan (pasal 17 UU PPh no.17, 2000)

Investasi pada akhir tahun masa konstruksi (0)

Pada akhir masa konstruksi dikeluarkan biaya 60 % dari total investasi (TCI).

$$= 40 \% \times \text{TCI}$$

$$= 40 \% \times \text{Rp } 374.166.315.277,45$$

$$= \text{Rp } 149.666.526.110,98$$

Bunga pada akhir masa konstruksi (tahun 0) :

$$= 10\% (\text{Rp } 149.666.526.110,98 + \text{Rp } 74.833.263.055,49 + \text{Rp } 7.483.326.305,55)$$

$$= \text{Rp } 185.586.492.377,61$$

Total investasi pada akhir masa konstruksi (0) :

$$= \text{Modal pinjaman} + \text{Bunga pinjaman}$$

$$= \text{Rp } 149.666.526.110,98 + \text{Rp } 7.483.326.305,55$$

$$= \text{Rp } 157.149.852.416,53$$

Jadi total investasi yang dikeluarkan sebesar :

$$= \text{Investasi tahun pertama (-1)} + \text{Investasi akhir konstruksi (0)}$$

$$= \text{Rp } 157.149.852.416,53 + \text{Rp } 231.983.115.472,02$$

10.3 Perhitungan Biaya Produksi dan Biaya Operasi

Biaya ini merupakan jumlah dari biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya tetap yang berhubungan dengan proses produksi.

Tabel 10.4 Biaya Bahan Baku

Bahan Baku	Harga/kg (Rp)	Kebutuhan (Kg)	Biaya (Rp)
Kulit kakao	830,62	3.500.000	20.931.624.000
Etanol	3.945	6.500.000	184.626.000
Total			205.557.626.000

Tabel 10.5 Biaya Utilitas

Bahan Baku	Harga/kg (Rp)	Kebutuhan (Kg)	Biaya (Rp)
H2SO4	5.020	5.020	181.433
NaOH	4887	5.600	197.043.840.000
Soda Abu	2.000	425,79	6.131.376.000
Kaporit	9.500	0,002	136.800.000
Alum	2.500	0,836	15.048.000
Bahan Bakar	6.700	607.8700	29.323.648.800
Listrik	996,740	121.4300	871.445.795
Total			269.727.332.233

Tabel 10.6 Biaya Operating Labor

Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Jumlah Gaji/bulan (Rp)
Dewan komisaris	3	30.000.000	90.000.000
Direktur	1	16.000.000	16.000.000
Sekretaris	1	4.500.000	4.500.000
Manajer produksi dan Teknik	1	8.000.000	8.000.000
Manajer Persoalan	1	8.000.000	8.000.000
Manajer Keuangan	1	8.000.000	8.000.000
Manajer Pemasaran	1	8.000.000	8.000.000
Kepala bagian Produksi dan teknik	1	6.000.000	6.000.000
Kepala bagian kepegawaian	1	6.000.000	6.000.000
Kepala bagian Humas	1	6.000.000	6.000.000
Kepala bagian keuangan	1	6.000.000	6.000.000
Kepala seksi	16	5.000.000	80.000.000
Karyawan produksi	60	3.500.000	210.000.000

Karyawan Teknik	20	3.000.000	60.000.000
Karyawan keuangan dan persoalan	9	3.000.000	27.000.000
Karyawan pemasaran dan pembelian	9	4.000.000	27.000.000
Dokter	1	3.500.000	3.500.000
Perawat	2	2.500.000	5.000.000
Petugas keamanan	10	2.000.000	20.000.000
Petugas kebersihan	10	2.000.000	20.000.000
Supir	5	1.500.000	7.500.000
Jumlah	157		626.500.000

Gaji karyawan = Rp 626.500.000

10.4 Laju Pengembalian Modal (*Internal Of Return.IRR*)

Internal Of Return berdasarkan discounted cash flow adalah suatu tingkat bunga tertentu dimana seluru penerimaan akan tepat menutup seluru jumlah pengeluaran modal. Cara yang dilakukan adalah dengan trial harga i, yaitu laju bunga.

Perhitungan Cash Flow

Laba Kotor:

= Harga Penjualan – TPC

= Rp 1.125.000.000.000 – Rp 995.445.128.173,50

= Rp 129.554.871.826,50

Pajak penghasilan :

= 20 % x laba kotor

= 20 % x Rp 129.554.871.826,50

= Rp 25.910.974.365,30

Laba bersih :

= Laba kotor – Pajak

= Rp 129.554.871.826,50 - Rp 25.910.974.365,30

= Rp 103.643.897.461,20

Pengembalian pinjaman direncanakan 10 tahun, dengan bunga pinjaman 10% pertahun.

Cash flow :

= Laba bersih + depresiasi

= Rp 103.643.897.461,20

Net cash flow :

= Cash flow – Pengembalian pinjaman

= Rp 103.643.897.461,20- Pengembalian pinjaman

= Rp 103.643.897.461,20

(Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel Cash Flow)

Tabel 10.7 Data Perhitungan Internal Rate of Return

Tahun ke-	Net Cash Flow Nominal (Rp)	Faktor Diskon 21% $1/(1+i)^n$	Net Cash Flow Present Value	Faktor Diskon 20% $1/(1+i)^n$	Net Cash Flow Present Value
1	48.624.179.218	1,3000	37.403.214.783	1,3100	37.117.694.059
2	75.870.883.725	1,6900	44.894.014.039	1,7161	44.211.225.293
3	200.365.946.668	2,1970	91.199.793.659	2,2481	89.127.151.289
4	426.778.963.661	2,8561	149.427.178.202	2,9450	144.916.495.126
5	427.557.229.597	3,7129	115.153.592.876	3,8579	110.825.009.212
6	428.335.495.533	4,8268	88.740.925.015	5,0539	84.753.236.414
7	429.113.761.469	6,2749	68.386.279.387	6,6206	64.814.678.744
8	429.892.027.404	8,1573	52.700.237.509	8,6730	49.566.588.133
9	430.670.293.340	10,6045	40.612.034.401	11,3617	37.905.589.514
10	431.448.559.276	13,7858	31.296.480.434	14,8838	28.987.854.084
TOTAL			447.626.134.910		425.548.768.704

Discount cash flow :

$$= \frac{\text{net cash flow}}{(1+0,15)^n}$$

(Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel *Cash Flow*)

Return on Investment (ROI)

ROI sebelum pajak

$$= \frac{\text{laba kotor}}{\text{TCI}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp } 129.554.871.826,50}{\text{Rp } 374.166.315.277,45} \times 100\%$$

$$= 34,62\%$$

ROI sesudah pajak

$$= \frac{\text{Rp } 103.643.897.461,20}{\text{Rp } 374.166.315.277,45} \times 100\%$$

$$= 27,70\%$$

Pay Out Time (POT)

POT sebelum pajak

$$= \frac{\text{FCI}}{\text{Laba Kotor} + \text{Depresiasi}}$$

$$= 1 / 34,62 \times 100\%$$

$$= 2,89 \text{ Tahun}$$

POT sesudah pajak

$$= \frac{\text{FCI}}{\text{Laba Kotor} + \text{Depresiasi}}$$

$$= 3,61 \text{ Tahun}$$

Interest Rate of Return (IRR)

Untuk perhitungan IRR pada setiap tahun, untuk berbagai harga inflasi dihitung dengan persamaan :

$$\text{Present value} = \sum \left(\frac{\text{cashflow}}{(1+i)^n} \right)$$

dimana :

i = inflasi

n = tahun

Nilai (i) didapat dengan cara trial dan error, yaitu apabila present value sudah sama dengan total investasi maka (i) yang dicoba dianggap sudah benar. Dari hasil trial dan error pada tabel cash flow didapat nilai (i) = 30%

$$\text{IRR} = 0,30 \times 100 \%$$

$$= 30\%$$

10.5 Analisa Titik Impas (*Break Event Point*.BEP)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Biaya FC,VC,SVC dan S.

Perhitungan BEP dengan persamaan :

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + 0,3 \text{ SVC}}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

Dimana :

S : total harga penjualan (sales)

FC : biaya tetap (fixed charges)

SVC : biaya semi variabel (semi variabel cost)

VC : biaya variabel (variabel cost)

Biaya Tetap (FC)

Depresiasi (10%FCI)	Rp 31.804.136.798,58
Pajak (2%FCI)	Rp 6.360.827.359,72
Asuransi (1%FCI)	Rp 3.180.413.679,86
Total	Rp 41.345.377.838,16

Biaya Variabel (VC)

Bahan baku dan pembantu	Rp 417.986.784.000,00
Utilitas (10% TPC)	Rp 99.544.512.817,35
Paten dan royalti (0.02 TPC)	Rp 29.863.353.845,20
Total	Rp 547.394.650.662,56

Total harga penjualan (S) Rp 1.125.000.000.000

Biaya Semi Variabel (SVC)

Pembiayaan	Rp 0,03
Gaji karyawan	Rp 626.500.000,00
Laboratorium	Rp 752.280.000,00
Pemeliharaan dan perbaikan	Rp 6.360.827.359,72
Operasi suplay	Rp 1.590.206.839,93
Plant over head cost (5% TPC)	Rp 49.772.256.408,67
Administrasi (3% TPC)	Rp 39.817.805.126,94

Riset dan pengembangan (3% TPC)	Rp 39.817.805.126,94
Distribusi dan penjualan (3% TPC)	Rp 39.817.805.126,94
Total	Rp 178.555.485.989,14

Maka,

$$BEP = \frac{Rp\ 41.345.377.838,16 + 0,3 \times Rp\ 178.555.485.989,14}{Rp\ 1.125.000.000.000 - 0,07 \times Rp\ 178.555.485.989,14 - Rp\ 547.394.650.662,56} \times 100\%$$

$$= 42,37\%$$

10.6 Shut Down Point

Perhitungan SDP dengan persamaan :

$$SDP = \frac{0,3\ SVC}{S - 0,7\ SVC - VC} \times 100\%$$

Dimana :

S = total harga penjualan (sales)

FC = biaya tetap (fixed charges)

SVC = biaya semi vajriabel (semi variabel cost)

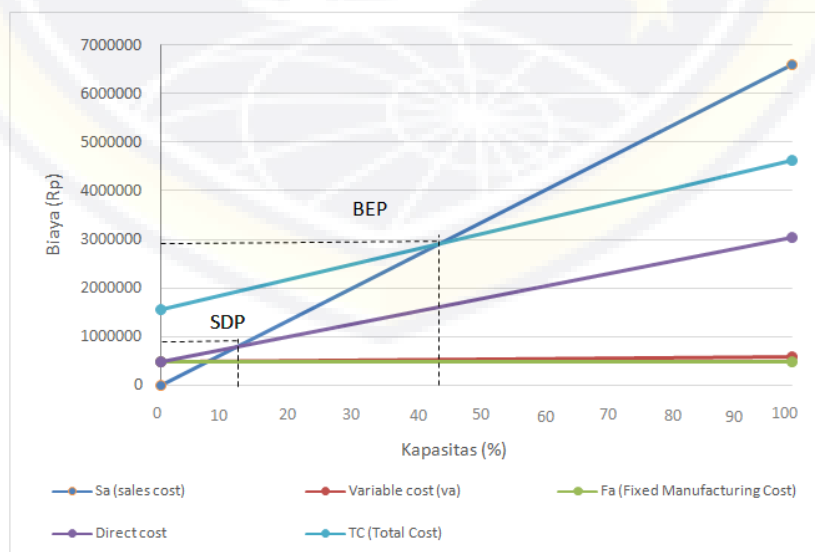
VC = biaya variabel (variabel cost)

Maka:

$$SDP = \frac{0,3 \times Rp\ 178.555.485.989,14}{Rp\ 1.125.000.000.000 - 0,7 - Rp\ 178.555.485.989,14 - Rp\ 547.394.650.662,56} \times 100\%$$

$$= 11\%$$

Gambar 10.1 Grafik Event Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP)



BAB XI

KESIMPULAN

1. Pabrik Tanin dengan bahan baku kulit buah kakao dan Etanol 95% yang berkapasitas 6.000 ton/tahun yang akan dibangun di daerah Poso, Sulawesi tengah dengan luas tanah 10.615 m². Pabrik berproses selama 300 hari efektif setiap tahun dan 24 jam/hari. Bentuk perusahaan merupakan Persero Terbatas (PT) dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 157 orang.
2. Ditinjau dari segi ekonominya pabrik tanin ini membutuhkan biaya produksi sebesar Rp 995.445.128.173,50 dengan total penjualan sebesar Rp 1.125.000.000.000. Analisis ekonomi pabrik ini menunjukkan :
 - a. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 129.554.871.826,50 dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 103.643.897.461,20.
 - b. Presentase ROI sebelum pajak 34,62 % dan ROI setelah pajak sebesar 27,70%.
 - c. Nilai POT setelah pajak adalah 3,61 tahun.
 - d. Nilai SDP yang diperoleh sebesar 11%.
 - e. BEP sebesar 42,37% dan DCF sebesar 0,31%. BEP untuk pabrik secara umum yaitu 40-60%.

Berdasarkan data analisis ekonomi tersebut. Maka pabrik tanin ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Hasil Penelusuran : *Pembuatan Tanin Dari Kulit Buah Kakao*, LIPI, Jakarta, 20014.
- Banchero , *“Introduction To Chemical Engenering”*, Mc Graw Hill, Book, 1998.
- Brown, *“Unit Operation” Modern Asia Edition, Jhon Willey and Soninc, New York, 1959.*
- Brownell, L. E., Young, E. H., 1959, *“Process Equipment Design”*, Wilay Eastern Ltd., New York, 1959.
- Geankoplies, C.J, 1965, *Process Heat Transfer*, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1983.
- Kern, D. Q., 1965, *“Process Heat Transfer”*, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1950.
- Levenspiel, Octave, 1999, *Chemical Reaction Engineering*, Jhon Wiley and Sons Inc, New York.
- McCabe Warren dkk. 1985. *“Unit Operation of Chemical Engineering”*.Mc.Graw-Hill International Book Co.New York.
- Mariama, Manik, *“Penentuan Kadar Tanin Pada Buah Pinang Muda dan Pinang tua”* UNIMED, 1983.
- Nababan, dkk. 2015. Pemanfaatan Daun Jambu Biji sebagai Inhibitor Korosi Besi Pada Medium Asam Klorida. *Jurnal Teknik Kimia USU*.
- Nalco. 1988. *The Nalco Water Handbook*. 2nd Edition. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Perry, J.H. 1999. *“Chemical Engineering Handbook”*. Edisi 7, McGraw-Hill Book Co. New York.
- Rumokoi, M.M, *“Pengaruh Cara Ekstraksi dan Ukuran Buah Terhadap Kadar Tanin Kulit Buah Kakao”*, Balai Penelitian Kelapa, Trubus, 1992.
- Sri, 2012. Penentuan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao*). Departemen Teknik Kimia, fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Sunanto, F. X. 1994. *Tanaman Kakao Budidaya dan Pengolahan Hasil*. Kanisius. Yogyakarta.

Tanin. 2014. *Harga Tanin Berdasarkan Ukuran Kemasan Tanin*. www.Sciencelab.com.

Timmerhaus, K. D., Peters, M.S., 2004, "*Plant Design and Economics for Chemical Engineer*", 5th edition, John Wiley and Sons Inc, New York.

Wallas Stanley M. *Chemical Process Equipment*, United States of America : Butter Publisher, 1988.

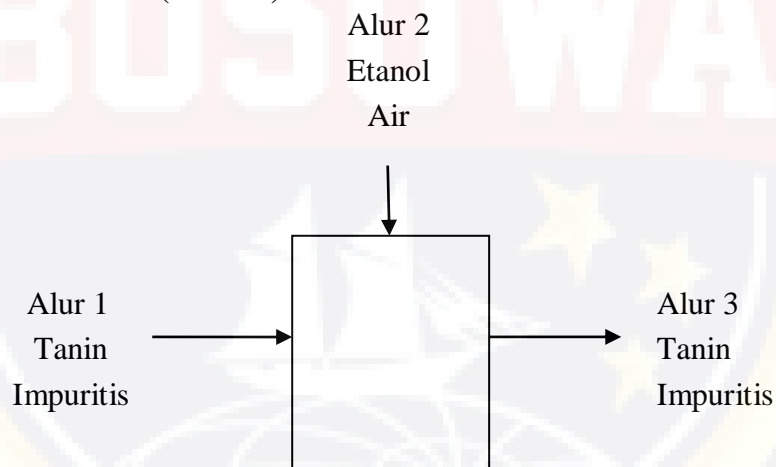
Westendarp, H. 2006. *Effects of tannins in animal nutrition*. Dtsch. Tierarztl. Wochenschr. 113:264-268.



LAMPIRAN A
PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas produksi	= 6000 ton/tahun
Basis perhitungan	= 1000 kg/jam
Waktu operasi	= 300 hari
Basis perhitungan	= 1 hari produksi (24 jam)
Kemurnian produk	= 97%
Kapasitas produksi	= $\frac{6000}{300}$ ton/hari = 20 x 1000 = 20.000 kg/hari
	= $\frac{20.000}{24}$ kg/jam = 833,3333 kg/jam
Faktor pengalihan	= $\frac{833.3333}{200.653}$ = 4,1531 kg/jam

1. Tangki Ekstraksi (TT-102)



Tangki Ektraksi untuk mengekstrak serbuk kakao dengan etanol.

Komposisi kulit kakao :

Tanin	= 20%
Impuritis	= 75%
Air	= 5%

Alur 1 = Umpan masuk ke tangki ekstraktor = 1000 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Alur 1 =Tanin} &= 0,20 \times 1000 = 200 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 1 =Impuritis} &= 0,75 \times 1000 = 750 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 1 =Air} &= 0,05 \times 1000 = 50 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Alur 2 = Umpan masuk ke tangki ekstraktor dari tangki etanol Perbandingan bahan baku dengan pelarut = 1:3 (Rumokoi,1992)

$$\begin{aligned} \text{Alur 2 etanol} &= 3 \times 1000 = 3000 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 2 etanol} &= 0,95 \times 1000 = 950 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 2 air} &= 0,05 \times 1000 = 50 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Komposisi pada alur 3 :

$$\begin{aligned} \text{Alur 3 Tanin} &= 0,20 \times 1000 = 200 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 3 Impuritis} &= 0,75 \times 1000 = 750 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 3Etanol} &= 0,95 \times 1000 = 950 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 3 Air} &= F^3_{\text{Air}} + F^4_{\text{Air}} = 100 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca massa total : Alur 3 = Alur 1 + Alur 2

$$\begin{aligned} \text{Alur 3} &= 1000 + 1000 \\ &= 2000 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

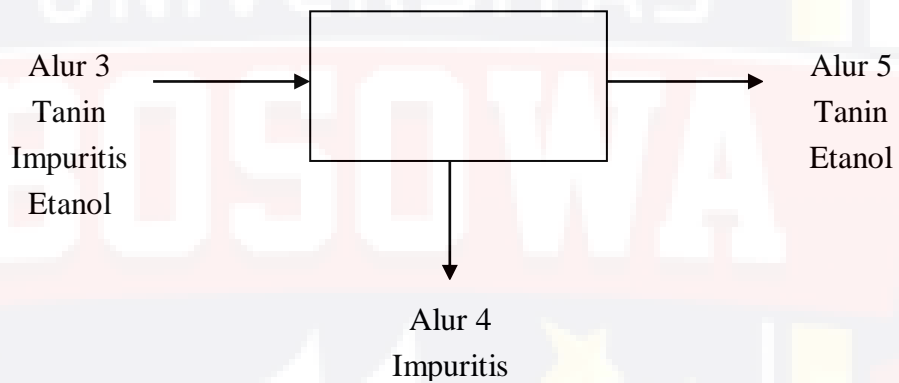
Tabel.1 Neraca massa pada ekstraksi (TT-102)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Alur 1	Alur 2	Alur 3
Tanin	200	0	200
Impuritis	750	0	750
Etanol	0	950	950
Air	50	50	100
Subtotal	1000	1000	2000
Total	2000		2000

Tabel. 2 Neraca massa Sebenarnya pada ekstraksi (TT-102)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Alur 1	Alur 2	Alur 3
Tanin	831	0	831
Impuritis	3.115	0	3.115
etanol	0	3.945	3.945
Air	208	208	415
Subtotal	4.153	4.153	8.306
Total	8.306		8.306

2. Filter Press (P-101)



Filter Press berfungsi untuk memisahkan antara impurities dengan tanin yang bercampur didalam pelarut etanol.

Komposisi pada Alur 3 :

$$\text{Alur 3 Tanin} = 0,20 \times 1000 = 200 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Alur 3 Impuritis} = 0,75 \times 1000 = 750 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Alur 3 Etanol} = 0,95 \times 1000 = 950 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Alur 3 Air} = F4_{\text{Air}} + F5_{\text{air}} = 100 \text{ kg/jam}$$

Komposisi pada Alur 4 :

Asumsi 1% dari ekstrak terikut ke impuritis.

$$\text{Alur 4 Impuritis} = 750 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Alur 4 Etanol} = 9,5 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Alur 4 Air} = 3 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Alur 4} = 762,5 \text{ kg/jam}$$

Komposisi pada Alur 5 :

$$\text{Alur 5 Tanin} = 200 - (0,01 \times 200) = 198 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Alur 5 Etanol} = 950 - (0,01 \times 950) = 940,5 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Alur 5 Air} = 90 - (0,01 \times 90) = 99 \text{ kg/jam}$$

Neraca massa total : Alur 3 : Alur 4 + Alur 5

$$\text{Alur 3} = 762,5 + 1237,5$$

$$= 2000 \text{ kg/jam}$$

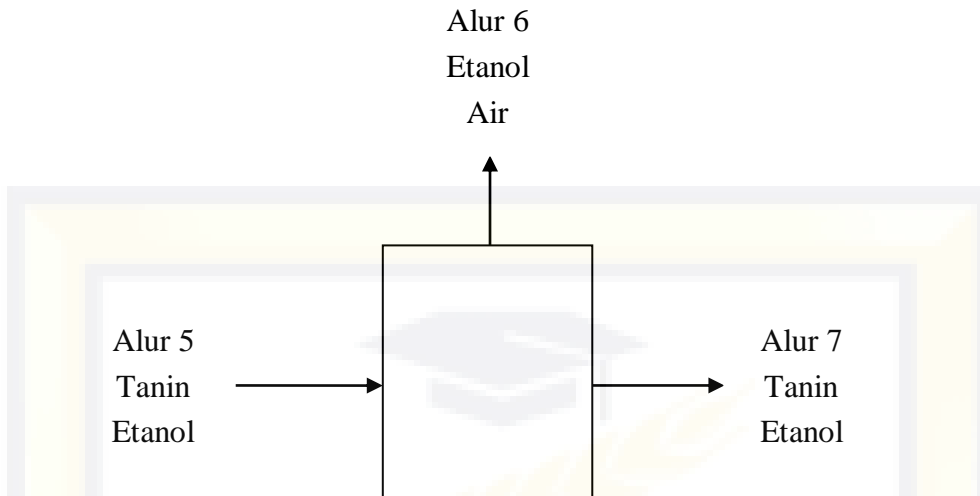
Tabel. 3 Neraca massa pada Filter Press

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Alur 3	Alur 4	Alur 5
Tanin	200	0	198
Impuritis	750	750	0
Etanol	950	9,5	940,5
Air	100	3	99
Subtotal	2000	763	1.238
Total	2000	2000	

Tabel. 4 Neraca massa Sebenarnya pada Filter Press

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Alur 3	Alur 4	Alur 5
Tanin	831	0	822
Impuritis	3.115	3.115	0
etanol	3.945	39	3.906
Air	415	12	411
Subtotal	8.306	3.167	5.139
Total	8.306	8.306	

3. Evaporator



Evaporator berfungsi untuk menguapkan etanol yang terikat pada tanin.

Asumsi efisiensi alat 96%

Komposisi pada Alur 5 :

Alur 5 Tanin	=	198 kg/jam
Alur 5 Etanol	=	940,4 kg/jam
Alur 5 Air	=	99 kg/jam

Komposisi pada Alur 6 :

Alur 6 Etanol	=	$(0,04 \times 450)$	=	38 kg/jam
Alur 6 Air	=	$(0,96 \times 89)$	=	95 kg/jam

Komposisi pada Alur 7

Alur 7 Tanin	=	198 kg/jam		
Alur 7 Etanol	=	$(0,96 \times 940)$	=	903 kg/jam
Alur 7 Air	=	$(0,04 \times 89)$	=	4 kg/jam

Neraca Massa Total

Alur 5	=	907 + 331
	=	1.237 kg/jam

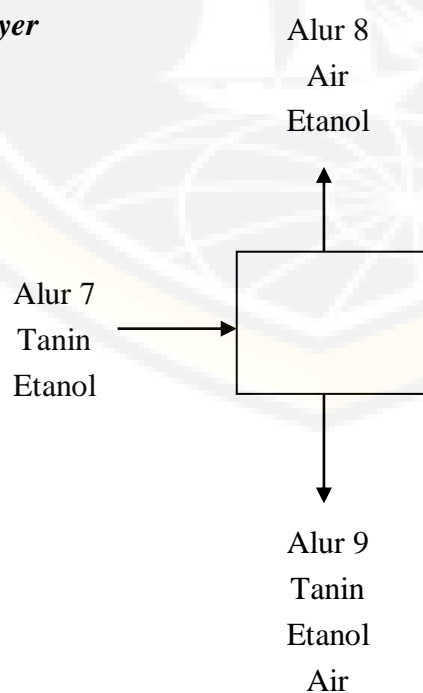
Tabel. 7 Neraca massa pada evaporator

Komponen	masuk kg/jam	keluar kg/jam	
	Alur 5	Alur 6	Alur 7
Tanin	198	0	198
Etanol	940	38	903
Air	99	95	4
Subtotal	1.237	331	907
Total	1.237	1.237	

Tabel. 8 Neraca massa Sebenarnya pada evaporator

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Alur 5	Alur 6	Alur 7
Tanin	822	0	822
etanol	3.906	156	3.749
Air	411	395	16.446
Subtotal	5.139	1.373	3.766
Total	5.139	5.139	

4. Rotary Dryer



Rotary Dryer berfungsi untuk mengeringkan serbuk tanin.

Asumsi efisiensi alat pada rotary dryer 98%, jadi masih ada 2% etanol dan 2% air yang terikut pada prodak utama tanin.

Komposisi pada Alur 7 :

$$\begin{aligned} \text{Alur 7 Tanin} &= 198 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 7 Etanol} &= (0,04 \times 903) = 38 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 7 Air} &= (0,96 \times 89) = 95 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Komposisi pada Alur 8 :

$$\begin{aligned} \text{Alur 8 Etanol} &= (0,98 \times 38) = 37 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 8 Air} &= (0,98 \times 85) = 93,1392 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Komposisi pada Alur 9 :

$$\begin{aligned} \text{Alur 9 Tanin} &= 198 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 9 Etanol} &= (0,02 \times 38) = 1 \text{ kg/jam} \\ \text{Alur 9 Air} &= (0,02 \times 95) = 2 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Massa Total

$$\begin{aligned} \text{Alur 7} &= \text{Alur 9} + \text{Alur 10} \\ &= 331 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel. 9 Neraca massa pada Rotary Dryer

Komponen	masuk	keluar kg/jam		
	kg/jam	Alur 7	Alur 8	Alur 9
Tanin	198	198	0	198
Etanol	38	38	37	1
Air	95	95	94	2
Subtotal	331	331	130	201
Total	331	331		

Tabel. 10 Neraca massa sebenarnya pada *Rotary Dryer*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Alur 7	Alur 8	Alur 9
Tanin	822	0	822
Etanol	3.749	153	3.124
Air	16.446	387	7.8942
Subtotal	3.766	540	833,33
Total	3.766	3.766	

UNIVERSITAS

BOSOWA

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN NERACA PANAS

Basis Perhitungan : 1 jam operasi

Suhu referensi : 25°C = 298 K

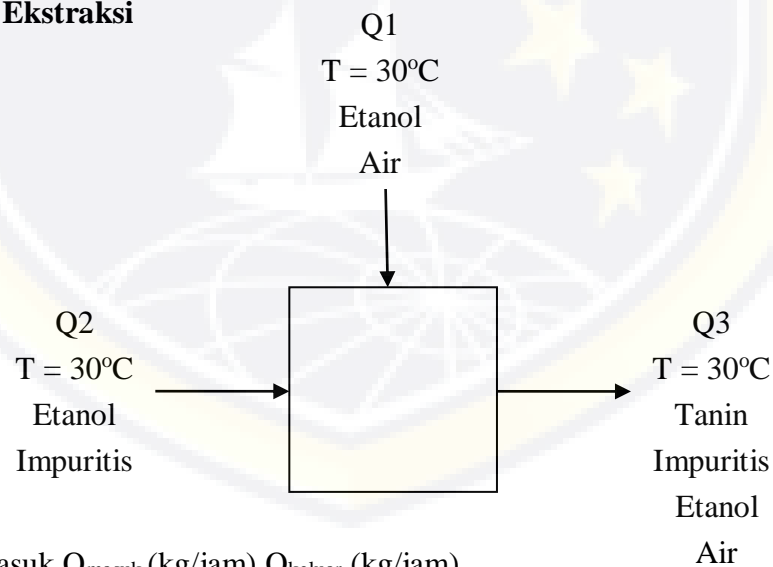
Suhu lingkungan : 30°C = 303 K

Satuan Perhitungan : kkal/jam

Diketahui :

- C_p tanin (j/mol K) = $18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2}T^1 - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \times 10^{-8}T^3$ (Perry, 1984)
- Kalor laten (λ) Etanol = 201,1854 kkal/kg (Reklaitis, 1983)
- C_p etanol liquid = 0,670 kkal/mol (Greankoplis, 1983)
- C_p etanol uap = 0,505 kkal/kg (Greankoplis, 1983)
- C_p air = 1 kkal/kg (Greankoplis, 1983)
- C_p impurities = 0,54 kkal/kg (Perry, 1984)

1. Tangki Ekstraksi



Pada Alur 1

a. Tanin

$$C_p \text{ Tanin} = \int_{298K}^{303K} (18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2}T^1 - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \times 10^{-8} T^3) dT$$

$$= 18,4991 (5) + \frac{13,34458 \times 10^{-2}}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{0,8428 \times 10^{-4}}{3} (303^3 - 298^3) + \frac{2,0206 \times 10^{-8}}{4} (303^4 - 298^4)$$

$$= 92,4955 + 200,5206 - 38,05340 + 2,74166$$

$$= 257,7044 \text{ j/mol}$$

$$= 0,061593 \text{ kkal/mol}$$

$$Q_1 \text{tanin} = N_2 \text{tanin} \int_{298K}^{303K} C_p \text{ tanin} dT$$

$$= 1,6612 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 0,061593 \frac{\text{kkal}}{\text{mol}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}}$$

$$= 102,32 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}$$

a. Impuritis

$$Q_1 \text{Impuritis} = m \times C_p \times dT$$

$$= 3114,83 \text{ kg/jam} \times 0,54 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C}$$

$$= 8410 \text{ kkal/jam}$$

b. Air

$$Q_1 \text{air} = m \times C_p \times dT$$

$$= 207,655 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C}$$

$$= 1038,3 \text{ kkal/jam}$$

Total Qmasuk pada alur 1 = 9550,6 kkal/jam

Pada Alur 2

a. Etanol

$$Q_2 \text{Etanol} = m \times C_p \times dT$$

$$= 3945,4 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C}$$

$$= 13217, \text{ kkal/jam}$$

b. Air

$$Q_2 \text{air} = m \times C_p \times dT$$

$$= 207,66 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C}$$

$$= 1038,3 \text{ kkal/jam}$$

Total Qmasuk pada alur 2 = 14255 kkal/jam

Total Qmasuk = 23806 kkal/jam

Energi Keluar

Pada Alur 3

a. Tanin

$$\begin{aligned}C_p \text{ Tanin} &= \int_{298K}^{303K} (18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2} T^1 - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \times 10^{-8} T^3) dT \\&= 18,4991 (5) + \frac{13,34458 \times 10^{-2}}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{0,8428 \times 10^{-4}}{3} (303^3 - 298^3) + \frac{2,0206 \times 10^{-8}}{4} (303^4 - 298^4) \\&= 92,4955 + 200,5206 - 38,05340 + 2,74166 \\&= 257,7044 \text{ j/mol} \\&= 0,061593 \text{ kkal/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{3tanin} &= N_{3tanin} \int_{298K}^{303K} C_p \text{ tanin } dT \\&= 1,6612 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 0,061593 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} \\&= 102,32 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}\end{aligned}$$

b. Impuritis

$$\begin{aligned}Q_{3impuritis} &= m \times C_p \times dT \\&= 3114,83 \text{ kg/jam} \times 0,54 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C} \\&= 8410 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

c. Etanol

$$\begin{aligned}Q_{3Etanol} &= m \times C_p \times dT \\&= 3945,4 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C} \\&= 13217 \text{ kkl/jam}\end{aligned}$$

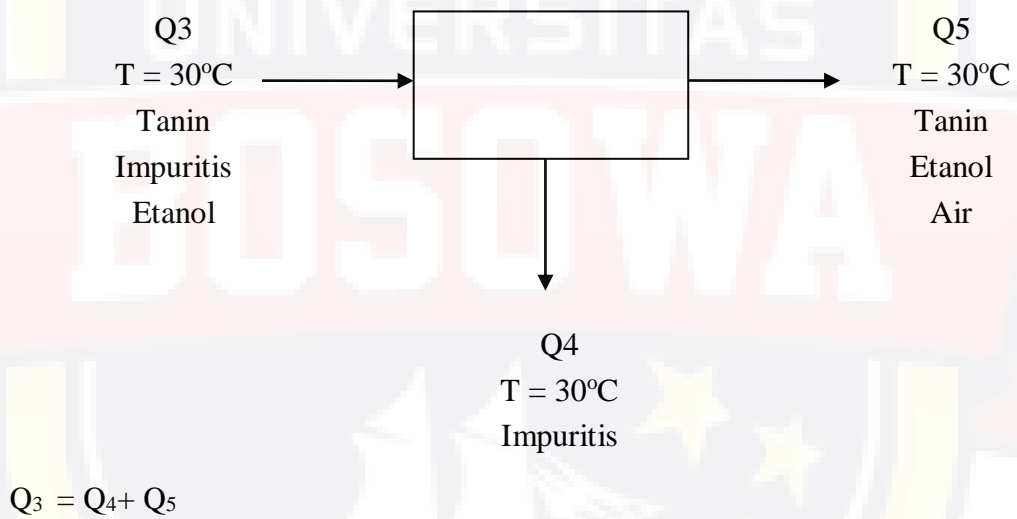
d. Air

$$\begin{aligned}Q_{3air} &= m \times C_p \times dT \\&= 415,31 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C} \\&= 2076,6 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Tabel.1 Neraca Panas Dalam Ekstraksi

Komponen	Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)
	Alur 1	Alur 2	Alur 3
Tanin	102	0	102
Impuritis	8.410	0	8.410
Etanol	0	13.217	13.217
Air	1.038	1.038	2.077
Subtotal	9.551	14.255	23.806
Total	23.806		23.806

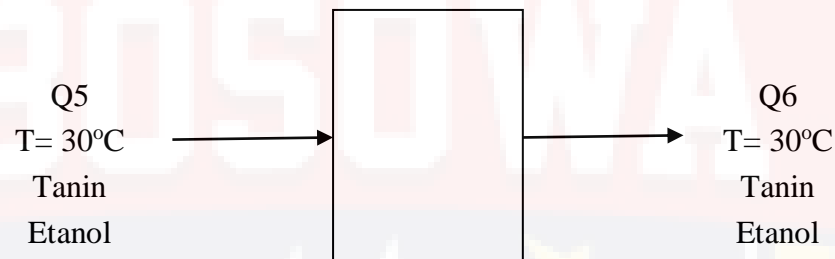
2. Filter Press



Tabel.2 Neraca Panas Dalam Filter Press

Komponen	Panas Masuk (kkal/jam)	Panas keluar (kkal/jam)	
	Alur 3	Alur 4	Alur 5
Tanin	102	0	101
Impuritis	8.410	8.410	0
Etanol	13.217	132	13.085
Air	2.077	22	2.056
Subtotal	23.806	8.564	15.242
Total	23.806	23.806	

3. Tangki Pengendapan



Energi Masuk

Pada Alur 5

a. Tanin

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ Tanin} &= \int_{298K}^{303K} (18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2}T^1 - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \times 10^{-8}T^3) dT \\
 &= 18,4991 (5) + \frac{13,34458 \times 10^{-2}}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{0,8428 \times 10^{-4}}{3} (303^3 - 298^3) + \frac{2,0206 \times 10^{-8}}{4} (303^4 - 298^4) \\
 &= 92,4955 + 200,5206 - 38,05340 + 2,74166 \\
 &= 257,7044 \text{ j/mol} \\
 &= 0,061593 \text{ kkal/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{5\text{tanin}} &= N_{5\text{tanin}} \int_{298\text{k}}^{303\text{k}} C_p \text{ tanin } dT \\
 &= 1,64463 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 0,061593 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} \\
 &= 101,3 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

b. Etanol

$$\begin{aligned}
 Q_{5\text{Etanol}} &= m \times C_p \times dT \\
 &= 3905,99 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C} \\
 &= 13085 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

c. Air

$$\begin{aligned}
 Q_{5\text{air}} &= m \times C_p \times dT \\
 &= 411,157 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C} \\
 &= 2055,8 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Total Qmasuk pada alur 5 = 15242 kkal/jam

Energi Keluar

Pada Alur 6

a. Tanin

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ Tanin} &= \int_{298\text{k}}^{303\text{k}} (18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2} T^1 - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \times 10^{-8} T^3) dT \\
 &= 18,4991 (5) + \frac{13,34458 \times 10^{-2}}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{0,8428 \times 10^{-4}}{3} (303^3 - 298^3) + \\
 &\quad \frac{2,0206 \times 10^{-8}}{4} (303^4 - 298^4) \\
 &= 92,4955 + 200,5206 - 38,05340 + 2,74166 \\
 &= 257,7044 \text{ j/mol} \\
 &= 0,061593 \text{ kkal/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{6\text{tanin}} &= N_{6\text{tanin}} \int_{298\text{k}}^{303\text{k}} C_p \text{ tanin } dT \\
 &= 1,6446 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 0,061593 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} \\
 &= 101,3 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

d. Etanol

$$\begin{aligned}
 Q_{6\text{Etanol}} &= m \times C_p \times dT \\
 &= 3905,99 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \text{ (30-25)}^\circ\text{C} \\
 &= 13085 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

e. Air

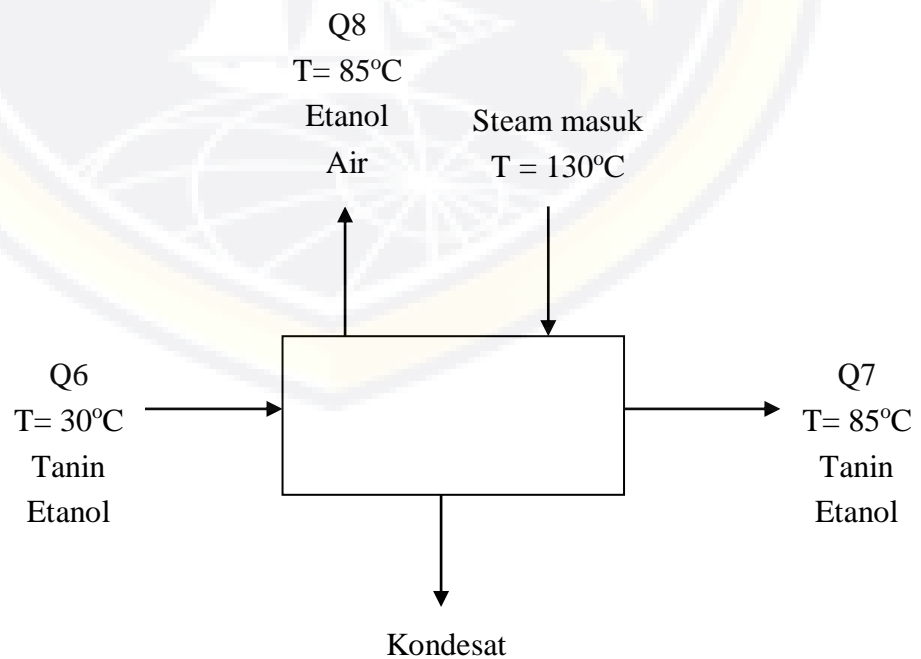
$$\begin{aligned}
 Q_{6\text{air}} &= m \times C_p \times dT \\
 &= 411,157 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \text{ (30-25)}^\circ\text{C} \\
 &= 2055,8 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Total Qkeluar pada alur 6 = 15242 kkal/jam

Tabel.3 Neraca Panas Dalam Tangki Pengendapan

Komponen	panas masuk (kkl/jam)	Panas keluar (kkl/jam)
	Alur 5	Alur 6
Tanin	101	101
Impuritis	0	0
Etanol	13.085	13.085
Air	2.056	2.056
Total	15.242	15.242

4. Evaporator



Energi Masuk

Pada Alur 6

a. Tanin

$$C_p \text{ Tanin} = \int_{298K}^{303K} (18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2} T - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \times 10^{-8} T^3) dT$$

$$= 18,4991 (5) + \frac{13,34458 \times 10^{-2}}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{0,8428 \times 10^{-4}}{3} (303^3 - 298^3) +$$

$$\frac{2,0206 \times 10^{-8}}{4} (303^4 - 298^4)$$

$$= 92,4955 + 200,5206 - 38,05340 + 2,74166$$

$$= 257,7044 \text{ j/mol}$$

$$= 0,061593 \text{ kkal/mol}$$

$$Q_{6\text{tanin}} = N_{6\text{tanin}} \int_{298K}^{303K} C_p \text{ tanin } dT$$

$$= 1,6446 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 0,061593 \frac{\text{kkal}}{\text{mol}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}}$$

$$= 101,3 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}$$

b. Etanol

$$Q_{6\text{Etanol}} = m \times C_p \times dT$$

$$= 3905,99 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C}$$

$$= 13085 \text{ kkal/jam}$$

c. Air

$$Q_{6\text{air}} = m \times C_p \times dT$$

$$= 411,157 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C}$$

$$= 2055,8 \text{ kkal/jam}$$

Total Qmasuk pada alur 6 = 15242 kkal/jam

Energi Keluar

Pada Alur 7

a. Tanin

$$C_p \text{ Tanin} = \int_{298K}^{358K} (18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2} T - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \times 10^{-8} T^3) dT$$

$$\begin{aligned}
&= 18,4991 (60) + \frac{13,34458 \times 10^{-2}}{2} (358^2 - 298^2) - \frac{0,8428 \times 10^{-4}}{3} (358^3 - 298^3) + \\
&\frac{2,0206 \times 10^{-8}}{4} (358^4 - 298^4) \\
&= 1109,964 + 2626,453 - 545,5478 + 43,139 \\
&= 3233,990734 \text{ j/mol} \\
&= 0,7729 \text{ kkal/mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_{7\text{tanin}} &= N_{7\text{tanin}} \int_{358K}^{358K} C_p \text{ tanin } dT \\
&= 1,64462 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 0,7729 \frac{\text{kkal}}{\text{mol}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} \\
&= 1271,2 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}
\end{aligned}$$

b. Etanol

$$\begin{aligned}
Q_{7\text{Etanol}} &= m \times C_p \times dT \\
&= 3749,4 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (85-25)^\circ\text{C} \\
&= 113607 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

c. Air

$$\begin{aligned}
Q_{7\text{air}} &= m \times C_p \times dT \\
&= 16,446 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (85-25)^\circ\text{C} \\
&= 986,76 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

Alur Qkeluar pada alur 7 = 115864,8 kkal/jam

Pada Alur 8

a. Etanol

$$\begin{aligned}
Q_{8\text{Etanol}} &= m \times C_p \times dT \\
&= 156,22 \text{ kg/jam} \times 0,505 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (85-25)^\circ\text{C} \\
&= 4733,5 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

b. Air

$$\begin{aligned}
Q_{8\text{air}} &= m \times C_p \times dT \\
&= \text{kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (85-25)^\circ\text{C} \\
&= 23683 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

$$\text{Total } Q_{\text{keluar}} \text{ pada alur 8} = 29687,26 \text{ kkal/jam}$$

$$\text{Total } Q_{\text{keluar}} = 145552 \text{ kkal/jam}$$

$$\text{Total } Q_{\text{steam}} = Q_{\text{keluar}} - Q_{\text{masuk}}$$

$$= 130310 \text{ kkal/jam}$$

Jadi energy yang dihasilkan oleh steam pada alur masuk sebesar 130310 kkal/jam

$$H (130^{\circ}\text{C}) = 2716,484 \text{ kJ/kg}$$

$$H (85^{\circ}\text{C}) = 355,856 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda = H (130^{\circ}\text{C}) - H (85^{\circ}\text{C})$$

$$= 2.360,628 \text{ kJ/kg} \times \frac{1 \text{ kkal/kg}}{4,184 \text{ kJ/kg}}$$

$$= 564,2036 \text{ kkal/kg}$$

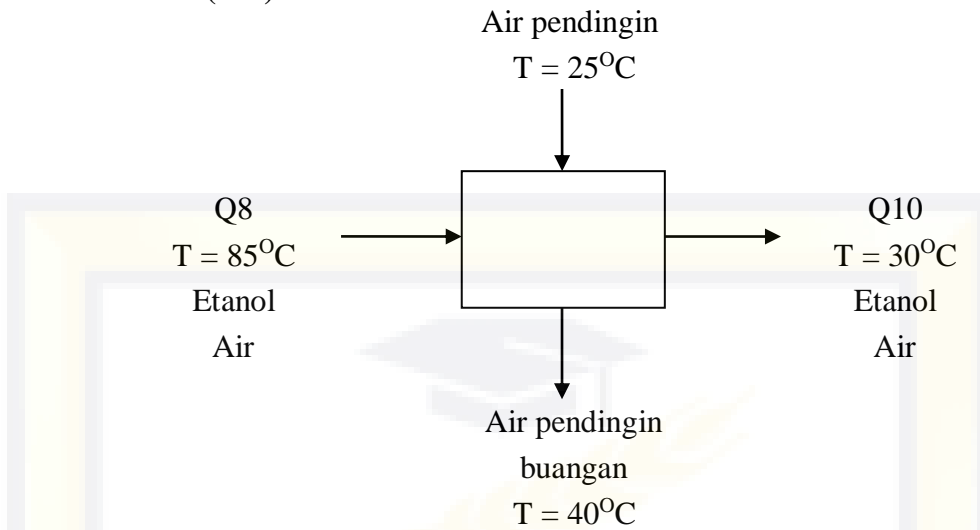
$$\text{Maka laju steam yang dibutuhkan} : = \frac{Q}{\lambda} = \frac{130310 \text{ kkal/jam}}{564,2036 \text{ kkal/kg}}$$

$$= 230,96 \text{ kg/jam}$$

Tabel.4 Neraca Panas Dalam Evaporator

Komponen	panas masuk (kkl/jam)	panas keluar (kkl/jam)	
	Alur 6	Alur 7	Alur 8
Tanin	101	1.271	0
Etanol	13.085	113.607	4.733
Air	2.056	987	23.683
Qsteam	129.039	0	0
Total	144.281	144.281	

5. Kondensor (101)



Energi Masuk

Pada Alur 8

a. Etanol

$$\begin{aligned} Q_{8\text{Etanol}} &= m \times C_p \times dT \\ &= 153,1 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (85-25)^\circ\text{C} \\ &= 387 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

b. Air

$$\begin{aligned} Q_{8\text{air}} &= m \times C_p \times dT \\ &= 386,82 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (85-25)^\circ\text{C} \\ &= 1.934 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Total Qmasuk pada alur 8 = 27.848 kkal/jam

Energi Keluar

Alur 10

a. Etanol

$$\begin{aligned} Q_{10\text{Etanol}} &= m \times C_p \times dT \\ &= 1.531 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C} \\ &= 4.639 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

b. Air

$$\begin{aligned} Q_{10\text{air}} &= m \times C_p \times dT \\ &= 3.869 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$= 23.209 \text{ kkal/jam}$$

$$\text{Total } Q_{\text{keluar}} \text{ pada alur 10} = 27.848 \text{ kkal/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Total } Q_{\text{diserap}} &= Q_{\text{keluar}} - Q_{\text{masuk}} \\ &= -25.527 \end{aligned}$$

Jadi, energi yang diserap oleh air pendingin pada alur keluar sebesar -32489,5 kkal/jam.

Maka jumlah air pendingin yang dibutuhkan :

Kondisi masuk air pendingin pada $T = 25^{\circ}\text{C}$

Kondisi air pendingin keluar $T = 40^{\circ}\text{C}$

$$H(25^{\circ}\text{C}) = 104,8 \text{ kJ/jam}$$

$$H(40^{\circ}\text{C}) = 167,4 \text{ kJ/jam}$$

$$\lambda = H(25^{\circ}\text{C}) - H(40^{\circ}\text{C})$$

$$= -62,5 \text{ kJ/kg} \times \frac{1 \text{ kkal/kg}}{4,184 \text{ KJ/kg}}$$

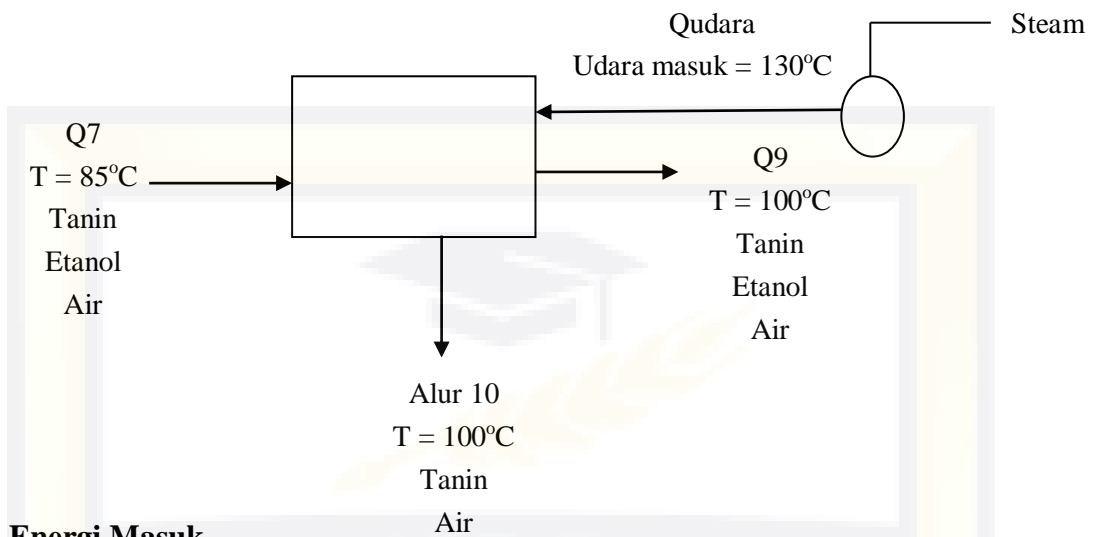
$$= -14,961 \text{ kkal/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air pendingin yang diperlukan (m)} &= \frac{Q}{\lambda} = \frac{-25.528 \text{ kkal/jam}}{-14.961 \text{ kkal/kg}} \\ &= 1.706 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel.5 Neraca Panas Dalam Kondensor

Komponen	panas masuk (kkl/jam)	panas keluar (kkal/jam)
	Alur 8	Alur 10
Etanol	387	4.639
Air	1.934	23.209
Qdiserap	25.527	0
Total	27.848	27.848

6. Rotary Dryer



Energi Masuk

Pada Alur 7

a. Tanin

$$C_p \text{ Tanin} = \int_{298K}^{358K} (18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2} T^1 - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \times 10^{-8} T^3) dT$$

$$= 18,4991 (60) + \frac{13,34458 \times 10^{-2}}{2} (358^2 - 298^2) - \frac{0,8428 \times 10^{-4}}{3} (358^3 - 298^3) +$$

$$\frac{2,0206 \times 10^{-8}}{4} (358^4 - 298^4)$$

$$= 1109,964 + 2626,453 - 545,5478 + 43,139$$

$$= 3233,990734 \text{ j/mol}$$

$$= 0,7729 \text{ kkal/mol}$$

$$Q_{7\text{tanin}} = N_{7\text{tanin}} \int_{298K}^{353K} C_p \text{ tanin } dT$$

$$= 1,64462 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 0,7729 \frac{\text{kkal}}{\text{mol}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}}$$

$$= 1271,2 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}$$

b. Etanol

$$Q_{7\text{Etanol}} = m \times C_p \times dT$$

$$= 156,22 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (85-25)^\circ\text{C}$$

$$= 4733,5 \text{ kkal/jam}$$

c. Air

$$\begin{aligned}Q_{7\text{air}} &= m \times C_p \times dT \\ &= 394,71 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (85-25)^\circ\text{C} \\ &= 23683 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Alur Qkeluar pada alur 7 = 31234 kkal/jam

Energi Keluar

Pada Alur 9

a. Tanin

$$\begin{aligned}C_p \text{ Tanin} &= \int_{298K}^{373K} (18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2} T^1 - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \\ &\times 10^{-8} T^3) dT \\ &= 18,4991 (75) + \frac{13,34458 \times 10^{-2}}{2} (373^2 - 298^2) - \frac{0,8428 \times 10^{-4}}{3} (373^3 - 298^3) + \\ &\frac{2,0206 \times 10^{-8}}{4} (373^4 - 298^4)\end{aligned}$$

$$= 1387,4325 + 3358,137 - 714,456 + 57,944$$

$$= 4089,0575 \text{ j/mol}$$

$$= 0,9773 \text{ kkal/mol}$$

$$Q_{9\text{tanin}} = N_{9\text{tanin}} \int_{298K}^{373K} C_p \text{ tanin} dT$$

$$= 1,6446 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 0,9773 \frac{\text{kkal}}{\text{mol}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}}$$

$$= 1607,3 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}$$

b. Etanol

$$\begin{aligned}Q_{9\text{Etanol}} &= m \times C_p \times dT \\ &= 3,1245 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (100-25)^\circ\text{C} \\ &= 157,006 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

c. Air

$$\begin{aligned}Q_{9\text{air}} &= m \times C_p \times dT \\ &= 7,8942 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (100-25)^\circ\text{C} \\ &= 592,065 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Alur Qkeluar pada alur 9 = 2356,37 kkal/jam

Pada Alur 10

a. Etanol

$$\begin{aligned}Q_{10} \text{ Etanol} &= m \times C_p \times dT \\&= 8,75881 \text{ kg/jam} \times 0,505 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (100-25)^\circ\text{C} \\&= 5798,66 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

b. Air

$$\begin{aligned}Q_{10\text{air}} &= m \times C_p \times dT \\&= 19,9169 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (100-25)^\circ\text{C} \\&= 40494 \text{ kka/jam}\end{aligned}$$

Total Qkeluar pada alur 10 = 46292,7 kkal/jam

Total Qkeluar = 17415,2 kkal/jam

Entalpi udara dihitung dengan persamaan :

$$H = 0,24 t + w (1060,8 + 0,45 t)$$

Temperatur udara masuk ke heater udara 30°C (86°F)

$$H = 0,24 (86-77) + 0,019 (1060,8 + 0,45 (86-77))$$

$$H = 2,16 + 20,232$$

$$H = 22,392 \text{ Btu/lb}$$

Temperatur udara keluar heater sebesar 130°C (266°F)

$$H = 0,24 (266-77) + 0,019 (1060,8 + 0,45 (266-77))$$

$$H = 150,565 \text{ Btu/lb}$$

$Q_s = Q_{\text{udara masuk}} - Q_{\text{udara keluar}}$

$$= 22,392 - 150,565$$

$$= 128,173 \text{ kkal/jam}$$

Kondisi saturated steam (P = 1 atm, T = 130°C)

T keluar = 100°C

$C_p \text{ H}_2\text{O} = 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$

$$\lambda = 2733,730 \text{ kJ/kg} = 653,377 \text{ kkal/kg}$$

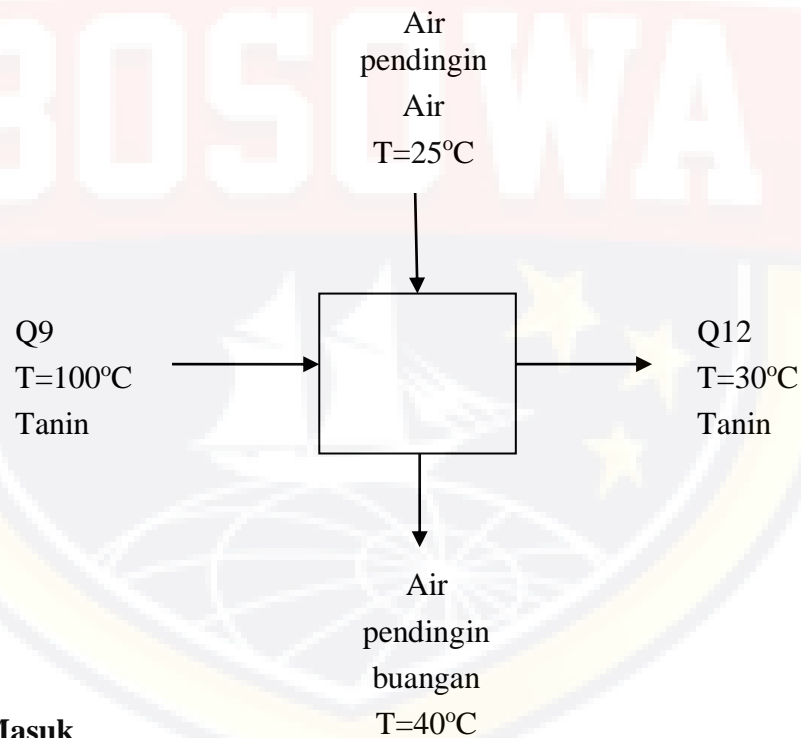
(Smith, 1987)

$$\text{Steam yang dibutuhkan : } m = \frac{Q}{\lambda} = \frac{17415,2 \text{ kkal/jam}}{653,377 \text{ kkal/kg}} = 26,6538 \text{ kg/jam}$$

Tabel.6 Neraca Panas Dalam Rotary Dryer

Komponen	Panas masuk (kkal/jam)	Panas keluar (kkal/jam)	
		Alur 9	Alur 10
Tanin	1.271	1.607	0
Etanol	4.733	157	5.799
Air	23.683	592	40.494
Qsteam	17.415	0	0
Subtotal	48.649	2.356	46.293
Total	48.649	48.649	

7. Rotary Cooler



Energi Masuk

Pada Alur 9

a. Tanin

$$C_p \text{ Tanin} = \int_{298K}^{303K} (18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2} - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \times 10^{-8} T^3) dT$$

$$\begin{aligned}
&= 18,4991 (75) + \frac{13,34458 \times 10^{-2}}{2} (373^2 - 298^2) - \frac{0,8428 \times 10^{-4}}{3} (373^3 - 298^3) + \\
&\frac{2,0206 \times 10^{-8}}{4} (373^4 - 298^4) \\
&= 1387,4325 + 3358,137 - 714,456 + 57,944 \\
&= 4089,0575 \text{ j/mol} \\
&= 0,9773 \text{ kkal/mol}
\end{aligned}$$

$$Q^{\circ} \text{tanin} = N^{\circ} \text{tanin} \int_{298K}^{303K} C_p \text{ tanin } dT$$

$$= 1,6446 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 0,9773 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}}$$

$$= 1607,3 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}$$

b. Etanol

$$Q^{\circ} \text{Etanol} = m \times C_p \times dT$$

$$= 3,1245 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C} (100-25)^{\circ}\text{C}$$

$$= 157,006 \text{ kkal/jam}$$

c. Air

$$Q^{\circ} \text{air} = m \times C_p \times dT$$

$$= 7,8942 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C} (100-25)^{\circ}\text{C}$$

$$= 592,065 \text{ kkal/jam}$$

$$\text{Alur } Q_{\text{masuk}} \text{ pada alur 9} = 2356,37 \text{ kkal/jam}$$

Energi Keluar

Pada Alur 12

a. Tanin

$$C_p \text{ Tanin} = \int_{298K}^{303K} (18,4991 + 13,34458 \times 10^{-2} T^1 - 0,8428 \times 10^{-4} T^2 + 2,0206 \times 10^{-8} T^3) dT$$

$$= 18,4991 (5) + \frac{13,34458 \times 10^{-2}}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{0,8428 \times 10^{-4}}{3} (303^3 - 298^3) +$$

$$\frac{2,0206 \times 10^{-8}}{4} (303^4 - 298^4)$$

$$= 92,4955 + 200,5206 - 38,05340 + 2,74166$$

$$= 257,7044 \text{ j/mol}$$

$$= 0,061593 \text{ kkal/mol}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{12} \text{ tanin} &= N_{7\text{tanin}} \int_{298K}^{303K} C_p \text{ tanin } dT \\
 &= 1,6446 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 0,061593 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} \\
 &= 101,297 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

b. Etanol

$$\begin{aligned}
 Q_{12} \text{ Etanol} &= m \times C_p \times dT \\
 &= 3,1245 \text{ kg/jam} \times 0,670 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C} \\
 &= 10,4671 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

c. Air

$$\begin{aligned}
 Q_{12\text{air}} &= m \times C_p \times dT \\
 &= 7,8942 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} (30-25)^\circ\text{C} \\
 &= 39,471 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Alur Qkeluar pada alur 12 = 151,235 kkal/jam

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{diserap}} &= Q_{\text{keluar}} - Q_{\text{masuk}} \\
 &= 151,235 - 2356,37 \\
 &= -2205,14 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Jadi, energi yang diserap oleh air pendingin pada alur keluar sebesar -2205,14 kkal/jam.

Maka jumlah air pendingin yang dibutuhkan :

Kondisi masuk air pendingin pada $T = 25^\circ\text{C}$

Kondisi air pendingin keluar $T = 40^\circ\text{C}$

$$H(25^\circ\text{C}) = 104,8 \text{ kJ/jam}$$

$$H(40^\circ\text{C}) = 167,4 \text{ kJ/jam}$$

$$\lambda = H(25^\circ\text{C}) - H(40^\circ\text{C})$$

$$= -62,5 \text{ kJ/kg} \times \frac{1 \text{ kkal/kg}}{4,184 \text{ kJ/kg}}$$

$$= -14,961 \text{ kkal/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air pendingin yang diperlukan (m)} &= \frac{Q}{\lambda} = \frac{-2205,14 \text{ kkal/jam}}{-14,961 \text{ kkal/kg}} \\ &= 147,39 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel.8 Neraca Panas Dalam Rotari Cooler

Komponen	panas masuk (kkl/jam)	panas keluar (kkal/jam)
	Alur 9	Alur 12
Tanin	1.607	101
Etanol	157	10
Air	592	39
Qdiserap	0	2.205
Total	2.356	2.356

BOSOWA

LAMPIRAN C
PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

1. Gudang Bahan Baku (GBB)



Fungsi : sebagai tempat persediaan bahan baku

Laju air masuk kulit kakao (G) = 4.153 kg/jam (Lampiran A)

Densitas kulit kakao (ρ) = 1.323 kg/m³ (Efeendi,dkk)

Lama penyimpanan = 7 hari

Faktor kelonggaran (fk) = 20% (Perry,1984)

Jumlah gudang yang akan dilaksanakan sebanyak 1 unit dengan desain sebagai berikut :

- Tinggi (h) = 5 m
- Panjang = 2 x L

$$\begin{aligned} \text{Volume gudang (V)} &= p \times L \times h \\ V &= 2 \times L \times L \times 5 \\ V &= 10 L^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan (Vb)} &= \frac{G}{P} \\ &= \frac{4.153 \times 24 \times 7}{1.323} \\ &= 528 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume bahan dalam gudang untuk 7 hari

$$\begin{aligned} V &= Vb \times (1 + fk) \\ &= 633 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh :

$$633 = 10 L^2$$

$$L^2 = 63,3$$

$$L = 8 \text{ m}$$

Maka :

$$P = 2 \times L$$

$$= 2 \times 7,95$$

$$= 16 \text{ m}$$

Diperoleh spesifikasi gudang bahan baku :

- Kontruksi yang diinginkan pondasi beton dengan dinding batu dan atap seng
- Tinggi gudang = 5 m
- Panjang gudang = 16 m
- Lebar gudang = 8 m

2. Tangki Etanol (101)

Fungsi : untuk menampung etanol selama 2 hari operasi

Jumlah tangki yang ingin dirancang sebanyak 1 buah

Tekanan pada tangki = 1 atm

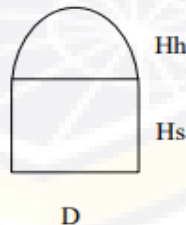
Temperatur = 30°C

Laju alir masuk (G) = 4.153 kg/jam (Lampiran A)

Densitas etanol (ρ) = 789 kg/m³

Waktu tinggal (θ) = 48 jam

Tangki dirancang berbentuk silinder tegak dengan tutup bawah datar dan tutup atas ellipsoidal.



Perhitungan :

Menentukan ukuran tangki

a. Volume tangki, V_T

$$\text{Massa, } m = 4.153 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 3 \text{ hari}$$

$$= 299.023 \text{ kg}$$

$$\text{Volume larutan } V_1 = \frac{299.023 \text{ kg}}{789 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 378 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki } V_t = 1,2 \times \frac{m}{p}$$

$$= 1,2 \times 378 \text{ m}^3$$

$$= 455 \text{ m}^3$$

b. Diameter dan tinggi shell

Volume shell tangki (V_s) :

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D_i^2 H_s$$

$$V_s = \frac{3}{4} \pi D_i^3$$

Volume tutup tangki (V_e) :

$$V_e = \frac{\pi}{24} D_i^3$$

Volume tangki (V) :

$$V = V_s + V_e$$

$$V = \frac{19}{24} \pi D_i^3$$

$$455 \text{ m}^3 = \frac{19}{24} \pi D_i^3$$

$$D_i = 2 \text{ m}$$

$$= 72 \text{ in}$$

$$H_s = 0,0046 \text{ m}$$

$$H_s = 0,18 \text{ in}$$

c. Tebal shell tangki

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P} + n.C \quad (\text{Perry dan Green, 1999})$$

Dimana :

t = tebal shell (in)

P = tekanan desain (psia)

R = jari-jari dalam tangki (in)

E = *Joint efisiensi*

S = *allowable stress*

C = *corrosion allowance* (in/tahun)

n = umur alat

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan} &= 379 \text{ m}^3 \\ \text{Volume tangki} &= 455 \text{ m}^3 \\ \text{Tinggi larutan dalam tangki} &= \frac{379}{455} \times H_s \\ &= \frac{379}{455} \times 0,0046 \\ &= 0,0039 \text{ m} \end{aligned}$$

Tekanan hidrostatik

$$\begin{aligned} P &= \rho \times g \times l \\ &= 789,3 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/det}^2 \times 0,0039 \text{ m} \\ &= 29,842 \text{ pa} = 0,0043 \text{ psia} \end{aligned}$$

Faktor kelonggaran = 20%

$$\begin{aligned} \text{Maka, } P_{\text{desain}} &= (1,2) P_{\text{operasi}} \\ &= 1,2 (14,696 + 0,0043) = 17,64 \text{ psia} \end{aligned}$$

- Direncanakan bahan konstruksi Stainless Steel SA – 304 (Peters,dkk,2004)
- *Allowable workinh stress* (S) = 18,700 psi (Peters,dkk,2004)
- *Joint efisiensi* (E) = 0,85 (Peters,dkk,2004)
- *corrosion allowance* (C) = 0,125 in/tahun (Peters,dkk,2004)
- Umur alat = 10 tahun (Perry dan Green,1999)

$$\begin{aligned} t &= \frac{PR}{SE-0,6P} + n \cdot C \\ &= \frac{0,0043 \text{ psia} \times 72 \text{ in}}{(18,700 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 0,0043 \text{ psia})} + 10 \times 0,125 \text{ in/tahun} \\ &= 1,2695 \text{ in} \end{aligned}$$

Tebal shell standar yang digunakan = $1\frac{1}{2}n$ (Brownell dan Young,1959)

d. Tebal tutup tangki

Tebal dinding head (tutup tangki)

- *Allowable workinh stress* (S) = 18,700 psi (Peters,dkk,2004)
- *Joint efisiensi* (E) = 0,85 (Peters,dkk,2004)
- *corrosion allowance* (C) = 0,125 in/tahun (Peters,dkk,2004)
- Umur alat = 10 tahun (Perry dan Green,1999)

$$\text{Tebal head (dh)} = \frac{P \times Di}{2S-0,2P} + (C \times A)$$

Dimana : dh = tebal dinding head (tutup tangki) (in)

P = tekana desain (psi)
 Di = diameter tangki (m)
 S = stress yang diizinkan
 E = efisiensi pengesahan

$$= \frac{0,0043 \text{ psia} \times 72 \text{ in}}{(2 \times 18,700 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 0,0043 \text{ psia})} + 10 \times 0,125 \text{ in/tahun}$$

$$= 1,250 \text{ in}$$

Dipilih tebal head standar = $1\frac{1}{2}$ (Brownell dan Young, 1959)

e. Diameter dan tinggi tutup

Diameter = shell besar dari 1 in

Diameter = $Di + Di/24 + 2sf + 2/3 icr + 1$ (Brownell dan Young, 1959)

sf = panjang *straight-flange*, in

icr = inside – corner radius, in

l = tebal *shell*, in

Dari tabel 5.6 Brownell diperoleh untuk tebal shell = $1\frac{1}{2}$

$$sf = 1\frac{1}{2} - 4\frac{1}{2}$$

$$icr = 5\frac{1}{4} \text{ in}$$

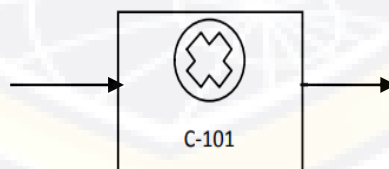
Tinggi head = $Di \times 1/5$

$$= 72 \times 1/5$$

$$= 14,4 \text{ m}$$

$$= 472,44 \text{ ft}$$

3. Hammer Crusher (SR-101)



Fungsi : Untuk memotong-motong kulit kakao untuk menjadi potongan yang lebih kecil.

Jenis : *Smooth Roll Crusher*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas :

Perhitungan daya :

$$dr = (0,961 df - do)/0,039 \quad (\text{Wallas, 1998})$$

dimana :

dr = diameter *roll*

df = diameter umpan

do = diameter celah *roll*

Diperkirakan umpan *cullet* memiliki ukuran berkisar 1,5 in diambil ukuran (df) = 1,5 in

Pemecahan menggunakan *Smooth Roll crusher* dengan diameter celah *roll* dengan ukuran (do) = 0,5 in

$$dr = (0,961 df - do)/0,039$$

$$dr = (0,961 \times (1,5 - 0,5))/0,039$$

$$dr = 24,64 \text{ in}$$

Sesuai dengan tabel 12.8 b, Wallas, 1998 maka ukuran *crusher* yang digunakan:

Diameter *Roll* = 24 in

Diameter *Lump Maks* = 14 in

Kecepatan *Roll* = 125 rpm

Untuk menghitung daya motor yang digunakan :

$$P = 0,3 m_s \times R^* \quad (\text{Timmerhaus, 2004})$$

Dimana : m_s = kapasitas umpan (kg/s)

R^* = maksimum *reduction ratio*

($R^* = 16$ untuk *smooth roll crusher*) (Timmerhaus, 2004)

$$P = 0,3 M_s \times R^*$$

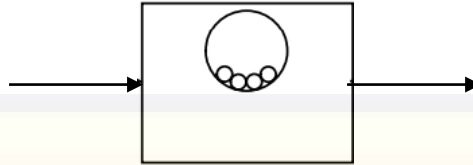
$$= 0,3 (4153,1 \text{ kg/jam})(16)$$

$$= 19.935 \text{ kg/jam}$$

$$= 2 \text{ kW}$$

4. Ball Mill (SR-2)

Fungsi : menghaluskan kulit kakao sehingga diperoleh ukuran mesh 200.



Laju alir masuk kulit kakao (G) = 4.153 kg/jam (Lampiran A)
= 4 ton/jam

Efisiensi mill = 97% < 200 mesh (Perry,1984)

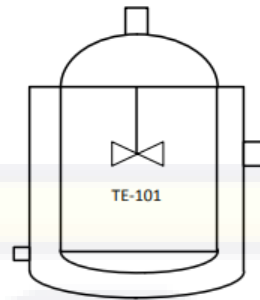
Kapasitas = $(1 + fk) \times G$
= $(1 + 0,2) \times 4 \text{ ton/jam}$
= 5 ton/jam

Untuk kapasitas diatas maka digunakan spesifikasi mill marcy ball mill

- Spesifikasi : No.200 sieve
- Kapasitas : 3 ton/jam
- Tipe : Marcy Ball Mill
- Size : 3 x 2
- Ball charge : 0,85 ton
- Power : 5 Hp
- Mill speed : 35 rpm
- Jumlah : 1 unit

(Sumber : Perry,1984)

5. Ekstraksi (TT)



Fungsi : Untuk mengekstrak serbuk kakao dengan etanol

Bentuk : Silinder tegak dengan alas kerucut dan tutup ellipsoidal

Bahan : *Stainless Steel A-283-54 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operator :75°C : 1 atm

Laju alir massa : 8.306 kg/jam

Waktu perancangan : 1 jam

Faktor kelonggaran : 20%

Densitas campuran (ρ_{camp}) = 1076,307 kg/m³
= 67,1916 lb/ft³

1. Menentukan ukuran tangki

a. Volume Larutan (VL) = $\frac{8306,21}{1076,307}$
= 7,7173 m³

Volume tangki (VT) = (1 + 0,2) x 7,7173
= 9,2608 m³

Volume tiap tangki = $\frac{9,2608}{2}$
= 4,6304 m³

b. Diameter silinder dan tinggi silinder

- Volume tangki = volume silinder + volume tutup + volume kerucut

$$VT = V_s + V_h + V_k$$

- Volume silinder dan tinggi silinder :

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{1}{4} \pi D^2 H_1$$

$$\text{Diambil } H_1 = D$$

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D^2(D)$$

$$V_s = 0,918 D^3$$

- Volume tutup (Vh) :

$$\text{Diambil } H_2 = \frac{1}{4} D$$

$$V_h = \frac{\pi}{24} D^3 \quad (\text{Browel and Young, 1958})$$

$$= 0,1308 \times D^3$$

- Diameter tangki (VT) = $V_s + V_h$

$$VT = (0,918 D^3 + 0,1308 D^3)$$

$$D = 1,63 \text{ m}$$

$$= 5,248 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi Slinder } H_{sr} = \frac{5}{4} \times 163 = 2,04 \text{ m} \quad = 5,56 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi tutup } H_h = \frac{1}{4} \times 163 = 0,4081 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total tangki } HT = 2,449 \text{ m} \quad = 7,782 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi cairan } H_c = \frac{3,80}{4,56} \times 2,44 = 2,04 \quad = 6,56 \text{ ft}$$

$$r = 0,82 \text{ m}$$

$$r = 2,624 \text{ ft}$$

$$= 31,46 \text{ in}$$

2. Tebal shell dan tutup tangki

$$(t) = \frac{PR}{SE - 0,6P} + (C \times N) \quad (\text{Tabel 9 Mc Cetta and Cunningham, 1993})$$

- Allowable working stress (S) = 12,650 psia (Brownel & Young, 1958)

- Effisiensi sambungan (E) = 0,8 (Brownel & Young, 1958)

- Faktor korosi (C) = 0,01 inch/thn (Perry & Green, 1979)

- Diambil = 0,01 inc/thn

- Umur alat (N) = 15 tahun

- Tekanan operasi = 1 atm = 14,696 psia

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Tekanan hidrostatik (Ph)} &= \frac{H_c - 1}{144} \times \text{psia} \\ &= \frac{2,04 - 1}{144} \times 67,19 \\ &= 0,485 \text{ psia} \end{aligned}$$

- Tekanan operasi (P)

$$= P_o + P_h$$

$$= 14,696 + 0,485$$

$$= 15,181 \text{ psia}$$

- Tekanan desain (Pd) = (1 + fk) x P
 = (1 + 0,2) x 15,181
 = 18,21 psia

Maka tebal shell :

$$(t) = \frac{18,19 \times 31,46}{(1260 \times 0,8) - 0,6 \times 15} + 0,001 \times 15$$

$$= 0,21 \text{ inch}$$

Digunakan tebal shell standar = 2/5 inch

b. Tebal tutup :

Tebal tutup dianggap sama dengan tebal shell karena terbuat dari bahan yang sama = 2/5 inc

3. Penentuan pengaduk

Jenis pengaduk : flat 6 *blade* turbin impeller

Jumlah *baffle* : 4 buah

Untuk turbin standar diperoleh : (Mc, Cabe, 1993)

$$Da/Dt = 1/3 ; Da = 1/3 \times 5,248 \text{ ft} = 1,7493 \text{ ft}$$

$$E/Da = 1 ; E = 1,7493 \text{ ft}$$

$$L/Da = 1/4 ; L = 1/4 \times 1,7493 \text{ ft} = 0,4373 \text{ ft}$$

$$W/Da = 1/5 ; W = 1/5 \times 1,7493 \text{ ft} = 0,3499 \text{ ft}$$

$$J/Dt = 1/12 ; J = 1/12 \times 1,7493 \text{ ft} = 0,1458 \text{ ft}$$

Dimana :

Dt = Diameter tangki

Da = Diameter impeller

E = Tinggi turbin dari dasar tangki

L = Panjang *blade* pada turbin

W = Lebar *blade* pada turbin

J = Lebar *baffle*

$$\text{Kecepatan pengaduk (N)} = 1 \text{ putaran/detik } \rho N (D_1)^2$$

$$\text{Bilangan Reynold (NRe)} = \frac{\rho N (D_1)^2}{\mu} \quad (\text{Brownell and young, 1959})$$

$$= \frac{67.1916 \times 1 \times 5,248^2}{0,0003}$$

$$= 6168525$$

$NRe > 10.000$ maka perhitungan pengadukan menggunakan rumus :

$$P = \frac{KT n'^3 Da^5 \rho}{gc}$$

$$P = \frac{6,3 \times \left(1 - \frac{put}{det}\right)^3 \times 1.7493^5 \times 67,1916}{32,174}$$

$$= 6934,551 \text{ ft lbf/dt}$$

$$= 12,6 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor penggerak 80%

$$\text{Daya motor penggerak} = \frac{12,6}{0,8}$$

$$= 15,75 \text{ Hp}$$

Penentuan jaket pemanas

$$\text{Jumlah Steam (130°C)} = 177,81 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas steam} = 5,16 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Laju alir steam (Qs)} = 34,460 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Diameter dalam jaket} = 62,97 + (0,5 \times 2)$$

$$= 63,97 \text{ inch}$$

$$\text{Tinggi jaket} = \text{tinggi ekstraktor} = 2,04 \text{ m}$$

$$\text{Asumsi tebal jaket} = 5 \text{ inc}$$

$$\text{Diameter luar jaket (D)} = 62,97 + (2 \times 0,5)$$

$$= 72,97 \text{ inc}$$

$$\text{Luas yang dilalui steam (A)} = \frac{3,14}{4 \times 72,97^2 - 63,97^2}$$

$$= 0,62 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan steam (v)} = \frac{34,46}{0,62} = 55,20$$

$$\text{Phidrostatic} = 5,16 \times 9,8 \times 2,04$$

$$= 103,20 \text{ pa}$$

$$= 0,1033 \text{ kpa}$$

$$= 0,0149 \text{ psia}$$

$$P_{design} = 1,2 \times (101,49 + 14,696)$$

$$= 17,65$$

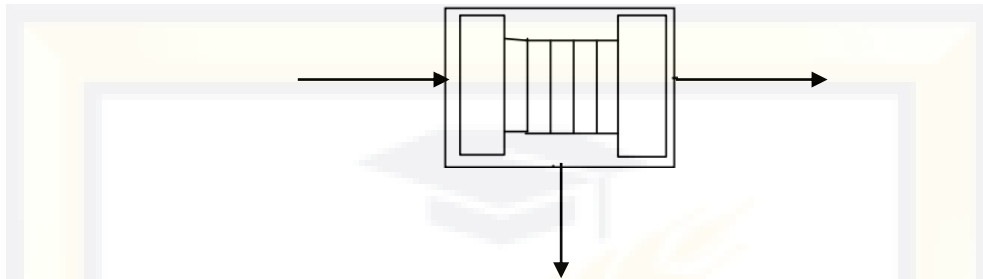
$$T_j = \frac{17,65 \times 72,97}{2 \times (12,650 \times 0,8) - (0,6 \times 17,65) + (10 \times 0,125)}$$

$$= 1,31 \text{ inch}$$

6. Filter Press (P-101)

Fungsi : Untuk memisahkan antara impurities dengan tanin yang bercampur didalam pelarut etanol.

Bahan : *Carbon steel SA-333*



Jenis : plate and frame

Laju alir massa (G) = 8306,21 kg/jam (Lampiran A)

$$= 18312,05 \text{ lb/jam}$$

Densitas (ρ) = 1076,307 kg/m³

$$= 67,1916 \text{ lb/ft}^3$$

Laju alir (Q) = $\frac{m}{p}$

$$= \frac{18312,05 \text{ lb/jam}}{67,1916 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 272,53 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Porositas bahan (P) = 0,6 (Brownell,1969)

Densitas cake (ρ) = 1012,4 kg/m³ (Geankoplis, 1983)

$$= 63,2 \text{ lb/ft}^3$$

Masa padatan tertahan (MP) = 767,8kg/jam

$$= 1692,7 \text{ lb/jam}$$

Tebal cake (Vc) = $\frac{Mp}{(1-P) \times \rho c}$

$$= \frac{1692,7}{(1-0,6) \times 63,2}$$

$$= 67,0 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Cake frame (s) = $\frac{Mp}{Vc}$

$$= \frac{1692,7 \text{ lb/jam}}{67,0 \text{ ft}^3/\text{jam}}$$

$$= 25,3 \text{ ft}^3$$

Jumlah frame (F) = $\frac{10 \rho c}{s}$

$$= \frac{10 \times 63,2 \text{ lb/ft}^3}{25,3 \text{ ft}^3}$$

$$= 25 \text{ unit}$$

Lebar

$$= 1,55 \text{ ft}$$

$$= 0,4724 \text{ m}$$

Panjang (P)

$$= 2 \times 1,55 \text{ ft}$$

$$= 3,1 \text{ ft}$$

Luas filter

$$= p \times l$$

$$= 3,1 \text{ ft} \times 1,55 \text{ ft}$$

$$= 4,805 \text{ ft}^2$$

Spesifikasi filter penyaringan :

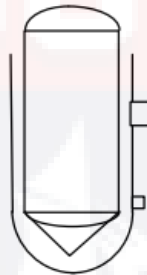
$$\text{Luar} = 4,805 \text{ ft}^2$$

$$\text{Lebar} = 1,55 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang} = 3,1 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah} = 25 \text{ unit}$$

7. Tangki Pengendapan (TT-103)



Fungsi : Untuk mengendapkan campuran tanin dengan etanol

Bentuk : Silinder tegak dengan alas kerucut dan tutup elipsoidal

Bahan : *Stainless Steel A-283-54 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : 30°C, 1 atm

$$\text{Laju alir massa} = 3293,75 \text{ kg/jam}$$

$$= 7261,37 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Waktu perancangan} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Faktor kelonggaran} = 20\%$$

$$\text{Densitas campuran } (\rho_{\text{camp}}) = 1076,307 \text{ kg/m}^3 = 67,1916 \text{ lb/ft}^3$$

Viskositas campuran (π_{camp}) = 3,6337 cp = 8,794 lb/ft.jam = 2,442.10⁻³ lb/ft.det

1. Menentukan ukuran tangki

- Volume larutan (VL) = $\frac{3293,75 \text{ kg/jam}}{1076,307 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam}$
= 3,06 m³

- Volume tangki (VT) = (1 + 0,2) x 3,06 m³ = 7,33 m³

- Volume tiap tangki = $\frac{7,33 \text{ m}^3}{2} = 3,66 \text{ m}^3$

- Diameter silinder dan tinggi silinder

Volume tangki = volume silinder + volume tutup + volume kerucut

$$VT = V_s + V_h + V_k$$

Volume silinder dan tinggi silinder :

$$\text{Volume silinder (V}_s\text{)} = \frac{1}{4} \pi \times 5/4 D^2 \times D$$

$$\text{Diambil } H_1 = D$$

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D^2(D)$$

$$V_s = 0,15 D^3$$

Volume tutup (V_h) :

$$V_h = \frac{1}{6} \pi D^2 h_h \quad (\text{Perry \& Green, 1999})$$

$$= 0,10 D^3$$

$$\text{Volume kerucut (V}_k\text{)} = \frac{1}{3} \pi (D/2) H_2$$

$$\text{Diambil } H_3 = \frac{1}{2} D$$

(Browel and Young, 1958)

$$V_k = \frac{1}{3} \pi (D/2) (\frac{1}{2} D)$$

$$V_k = 0,17 D^3$$

$$\text{Diameter tangki (VT)} = V_s + V_h + V_k$$

$$= 0,15 D^3 + 0,10 D^3 + 0,17 D^3$$

$$= 0,42 \text{ m} = 4,887 \text{ ft} = 58,63 \text{ inch}$$

$$r = \frac{1,46}{2}$$

$$r = 0,73 \text{ m} = 2,46 \text{ ft} = 29,49 \text{ inch}$$

Diameter kerucut

$$r = 0,6 D \sin \Theta$$

Dimana :

r = jari-jari konis

D = diameter tangki

Θ = sudut pada konis

Diambil $\Theta = 50^\circ$

Maka ; $r = 0,6 (1,154) \sin 50^\circ = 0,530 \text{ m}$

Diameter konis = $0,530 \text{ m} \times 2 = 1,06 \text{ m}$

2. Menghitung tinggi tangki :

- Tinggi tangki :

$$H_1 = D$$

$$H_1 = 1,46 \text{ m} = 4,887 \text{ ft} = 58,63 \text{ inch}$$

- Tinggi tutup

$$H_2 = \frac{1}{4} D = \frac{1}{4} (1,46) = 0,36 \text{ m}$$

- Tinggi kerucut

$$H_3 = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} (1,46) = 0,73 \text{ m}$$

- Tinggi tangki

$$H_T = H_1 + H_2 + H_3$$

Tinggi cairan dalam tangki

$$\text{Tinggi cairan (Hc)} = \frac{v_l}{v_T} H_T$$

$$= \frac{3,06}{3,67} 2,92$$

$$= 2,43 \text{ m} = 25,20 \text{ inch}$$

3. Tebal shell dan tutup tangki

a. Tebal shell

$$(t) = \frac{PR}{SE-0,6P} + (C \times N) \quad (\text{Mc Cetta and Cunningham, 1993})$$

- Allowable working stress (S) = 12,650 psia (Brownel & Young, 1958)

- Effisien sambungan (E) = 0,8 (Brownel & Young, 1958)

- Faktor korosi (C) = 0,013 - 0,5 inch/thn (Perry & Green, 1979)

- Diambil = 0,01 inc/tahun

- Umur alat (N) = 15 tahun

- Tekanan operasi = 1 atm = 14,696 psia

- Tekanan hidrostatik (Ph) = $\frac{HC-1}{144} \rho$

$$= \frac{2,10-1}{144} \times 67,19$$

$$= 0,513 \text{ psi}$$

- Tekanan operasi (P) = $P_o + P_h$

$$= 14,696 + 0,513$$

$$= 15,21 \text{ psi}$$

- Tekanan desain (Pd) = $(1 + f_k) \times P$

$$= (1 + 0,2) \times 15,21$$

$$= 18,25 \text{ psia}$$

Maka tebal shell :

$$(t) = \frac{18,25 \times 29,49}{12,650 \times 0,8 - 0,6 \times 18,25} + (0,01 \times 15)$$

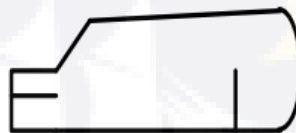
$$= 20 \text{ inc}$$

Digunakan tebal shell standar = 2/5 inc

b. Tebal tutup :

Tebal tutup dianggap sama dengan tebal shell karena terbuat dari bahan yang sama = 2/5 inc.

8. Evaporator (FE-101)



Fungsi : untuk menguapkan etanol yang terikat pada tanin

Jumlah : 1 unit

Tipe : *Basket type vertical tube evaporator*

Bahan konstruksi : Stainless stell SA – 304

(Brownell, 1956)

Tekanan operasi : 1 atm – 14,7 psi

Suhu umpan masuk : 30°C = 266°F

Suhu produk keluar : 85°C = 185°F

Jumlah larutan yang diupkan = 3749,4 kg/jam

(Lampiran A)

Laju alir produk (g) = 5139,1 kg/jam

(Lampiran A)

Densitas (ρ) campuran = 1076,307 kg/m³ = 67,1916 lb/ft³

$$\begin{aligned}
 \text{Volume produk } V &= \frac{G}{P} \\
 &= \frac{5139,1 \text{ kg/jam}}{1076,307 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 4,77 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 168,4 \text{ ft}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Evaporator berisi 80% dari shell

$$\begin{aligned}
 \text{Volume shell (Vsh)} &= \frac{168,4 \text{ ft}^3/\text{jam}}{0,8} \\
 &= 210,5 \text{ ft}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Evaporator dirancang berbentuk silinder tegak dengan tutup atas dan berbentuk ellipsoidal dan tutup bawah berbentuk kerucut, perbandingan tinggi silinder dengan diameter silinder 3:1 perbandingan antara ellipsoidal dengan diameter tangki 2:3

Faktor kelonggaran 20% *(Brownell, 1959)*

$$\text{Volume silinder evaporator (Vs)} = V(1+k)$$

$$= 168,4 (1+0,2)$$

$$= 202,08 \text{ ft}^3$$

$$= 5,72 \text{ m}^3$$

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D t^2 \cdot 4/1 D t = \pi D t^3$$

$$D t = \sqrt[3]{\frac{V_s}{\pi}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{202,08 \text{ ft}^3}{3,14}}$$

$$= 24,06 \text{ ft}$$

$$= 733,3 \text{ m}$$

Asumsi : UD (*Overall design coefficient*) = 700 Btu/jam.ft².

$$UD = 0,8 \times 700 \text{ Btu/jam.ft}^2$$

$$= 560 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$A = \frac{87413331,84}{560 \times (185 - 86)^\circ\text{F}}$$

$$= 104,28 \text{ ft}^2$$

- Penentuan jumlah tube (Nt) :

$$= \frac{A}{L \times a}$$

Dimana :

A = luas permukaan pemanasan (ft²)

A'' = luas permukaan luar tube per ft (ft²)

L = panjang tube (ft)

Asumsi tube yang diambil :

OD = ¾ in

BWG = 16

a'' = 0,2618 ft²/ft

ts = 0,065 in

Maka :

$$= \frac{104,28 \text{ ft}^2}{10 \times 0,2618 \text{ ft}^2/\text{ft}}$$

$$= 39,83 = 40 \text{ tube}$$

Tinggi silinder (Hs) = 4/1 x Dt (Brownel, 1959)

$$= 4/1 \times 3,97$$

$$= 15,88 \text{ ft}$$

$$= 4,83 \text{ m}$$

Tinggi head (Hd) = 2/3 x Dt (Brownel, 1959)

$$= 2/3 \times 3,97$$

$$= 2,64 \text{ ft}$$

$$= 0,80 \text{ m}$$

Tinggi cones evaporator (Hc) = tg Θ(Dt - 1) (Brownel, 1959)

$$= \text{tg } 45 (3,97 \text{ ft} - 1)$$

$$= 1,8906 \text{ ft} = 0,576 \text{ m}$$

Panjang sisi miring coner, Lsmc

$$(Lsmc)^2 = (1/2 Dt)^2 + (Hc) \quad \text{(Brownel, 1959)}$$

$$Lsmc = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \times 3,97 \text{ ft}\right)^2 + (2,97 \text{ ft})^2}$$

$$= 1,8264 \text{ ft} = 0,5565 \text{ m}$$

Total tinggi evaporator (Hte) = Hs + Hd + Hc

$$= 15,88 \text{ ft} + 2,64 \text{ ft} + 1,8906 \text{ ft}$$

$$= 20,41 \text{ ft}$$

$$= 6,21 \text{ m}$$

Volume silinder evaporator (Vse)

$$= \frac{1}{4} \pi D t^2 H s \quad (\text{Brownel, 1959})$$

$$= \frac{1}{4} (3,14) (3,97 \text{ ft})^2 (15,88 \text{ ft})$$

$$= 196,47 \text{ ft}^3$$

$$= 5,55 \text{ m}^3$$

Volume head silinder evaporator (Vde)

$$V_{de} = (1/2 D t)^2 H d \quad (\text{Brownel, 1959})$$

$$= 3,14 \times (1/2 \times 3,97 \text{ ft})^2 \times 2,64 \text{ ft}$$

$$= 32,66 \text{ ft}^3$$

$$= 0,924 \text{ m}^3$$

Volume cornes evaporator (Vce)

$$V_{ce} = \frac{1}{2} \pi H c (D t - 1)(D t^2 + D t + 1) \quad (\text{Brownel, 1959})$$

$$= \frac{1}{2} (3,14) (3,97 \text{ ft} - 1) \times [(2,97 \text{ ft})^2 + 3,97 \text{ ft} + 1]$$

$$= 137,7 \text{ ft}^3$$

$$= 3,89 \text{ m}^3$$

Volume total evaporator (VTe)

$$= V_{se} + V_{de} + V_{ce}$$

$$= 196,47 \text{ ft}^3 + 32,66 \text{ ft}^3 + 137,7 \text{ ft}^3$$

$$= 366,83 \text{ ft}^3$$

$$= 10,38 \text{ m}^3$$

$$\text{Tekanan design (Pd)} = \rho (H S - 1) \quad (\text{Brownel, 1959})$$

$$= 67,1916 \text{ lb/ft}^3 (15,88 \text{ ft} - 1)$$

$$= 1067,02 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 7409 \text{ psi} = 0,50 \text{ atm}$$

$$\text{Tekanan total design (PT)} = P_d + 14,7 \text{ psi} \quad (\text{Brownel, 1959})$$

$$= 7,409 \text{ psi} + 14,7 \text{ psi}$$

$$= 22,10 \text{ psi}$$

Dimana :

$$E = \text{effisiensi sambungan} = 80\%$$

$$F = \text{allowable stress} = 18,750 \text{ psi}$$

$$C = \text{faktor korosi} = 0,00625 \text{ in/tahun}$$

$$n = \text{umur alat} = 20 \text{ tahun}$$

$$(t) = \frac{22,10 \times 22,04}{2 (18,750 \times 0,8) - 0,6 \times 22,93} + (0,00625 \text{ in/tahun} \times 20)$$

$$= 0,1412 \text{ in} = 0,00035 \text{ m}$$

Spesifikasi tangki evaporator :

Diameter tangki = 3,97 m

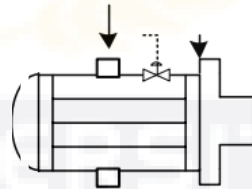
Tinggi tangki = 6,21 m

Volume tangki = 10,38 m³

Tebal plate = 0,00035 m

Bahan konstruksi = *Stainless steel SA-304*

9. Kondensor (E-101)



Fungsi : Mengubah fasa uap etanol menjadi etanol cair

Jenis : 1-2 *shell and tube exchanger*

Laju alir bahan masuk = 906,744 kg/jam (Lampiran A)

= 1999,02 lb/jam

Densitas etanol 95% = 789,3 kg/m³

Laju alir pendingin = 147,39 kg/jam (Lampiran B)

= 324,93 lb/jam

Fluida panas		Fluida dingin	Beda °F
85°C = 185°F	Temperatur tinggi	55°C = 131°F	54
30°C = 86°F	Temperatur rendah	25°C = 77°F	9
99	Selisih	54	45

Maka :

$$= \text{LTMD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1} \right)} \quad (\text{Kern, 1959})$$

LMTD = 25,14°F Faktor korosi untuk fluida panas :

$$R = (T_1 - T_2) / (t_1 - t_2) \quad (\text{Kern, 1959})$$

= 99°F/45°F

$$= 2,2$$

Faktor koreksi untuk fluida dingin (S) :

$$S = (t_1 - t_2) / (T_1 - T_2) \quad (\text{Kern, 1959})$$

$$= 45^\circ\text{F} / 99^\circ\text{F}$$

$$= 0,454$$

Dari fig – 19 Kern, 1950 diperoleh :

$$F_T = 0,75$$

Jadi :

$$\Delta t = F_T \times \text{LMTD}$$

$$\Delta t = 0,75 \times 25,14^\circ\text{F}$$

$$= 18,85^\circ\text{F}$$

Temperatur rata – rata

a. Untuk fluida panas (T_a) = $\frac{185+86}{2}$

$$= 135,5^\circ\text{F}$$

b. Untuk fluida dingin (T_b) = $\frac{131+77}{2}$

$$= 104^\circ\text{F}$$

Penempatan fluida :

a. Fluida panas adalah fluida yang keluar dari evaporator berada dalam shell

b. Fluida dingin adalah air pendingin berada di dalam tube

Kern. 1950 diperoleh harga UD = 75 – 150

BTU/jam.ft².°F, maka diambil UD = 100 BTU/jam. ft².°F

Sehingga diperoleh ukuran tube sebagai berikut :

$$\text{OD} = 1 \text{ in}$$

$$\text{BWG} = 10 \quad (\text{Birmingham Wire Gauge/ukuran Birmingham})$$

$$\text{ID} = 0,732 \text{ in}$$

$$\text{At} = 0,2618$$

$$L = 12 \text{ ft}$$

Luas perpindahan panas (A)

$$Q = \frac{1214392,122}{0,252}$$

$$= 4819016,357 \text{ BTU/jam}$$

Dimana :

$$A = \frac{4819016,357}{100 \times 18,854}$$
$$= 2555,86 \text{ ft}^2$$

Menghitung jumlah tube (NT)

$$N_T = \frac{2555,86 \text{ ft}^2}{12 \text{ ft} \times 0,2618 \text{ ft}^2/\text{ft}} \quad (\text{Kern}, 1959)$$

= 813 buah

Ukuran shell : (Kern, 1959)

Heat exchanger 1-8 pass, $\frac{3}{4}$ in OD tube pada 15/16 triangular pitch

ID shell = 37 in

Untuk fluida panas melalui *shell side*

1. Baffle spacing (B') = 1 in

$$C' = FT - OD$$
$$= 15/16 \text{ in} - 0,75 = 0,1875 \text{ in}$$

2. Flow area accros bundle (as)

$$as = \frac{ID \times C' \times B'}{144 \times PT}$$
$$= \frac{37 \times 1 \times 0,1875'}{144 \times 15/16}$$
$$= 0,0481 \text{ ft}^2$$

3. Mass velocity (Gs) umpan :

$$Gs = \frac{ws}{as}; \text{ dimana } ws = \text{laju alir massa panas masuk} \quad (\text{Kern}, 1959)$$

$$Gs = \frac{1999,02}{0,0481}$$

$$= 41560 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

4. Diameter eqivalen (De) pada 15/16 tringular pich

$$De = 0,55 \text{ in} \quad (\text{fig-28Kern}, 1959)$$

$$= 0,0458 \text{ ft}$$

5. Temperatur rata-rata fluida panas = 135,5°F

Viskositas fluida panas

$$\mu = 0,2838 \text{ Cp} \quad (\text{Geankoplis}, 1983)$$

$$= 0,2838 \text{ Cp} \times 2,4191 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{Cp}$$

$$= 0,6865 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$\text{Res} = \frac{De \times Gs}{\mu}$$

$$\text{Res} = \frac{0,0458 \text{ ft} \times \frac{41560 \text{ lb}}{\text{ft}^2} / \text{jam}}{0,6865}$$

$$\text{Res} = 2774,7$$

Diperoleh koefisien panas (jH) = 205 (fig-28 Kern, 1959)

6. Pada temperatur = 135,5°F diperoleh

$$C = 0,44 \text{ BTU/lb} \cdot ^\circ\text{F} \quad (\text{fig-4 Kern, 1950})$$

$$k = 0,066 \text{ BTU/ft}^2 \cdot \text{jam} \text{ (} ^\circ\text{F/ft)} \quad (\text{fig-2 Kern, 1950})$$

$$\left(\frac{C \times \mu}{k} \right)^2 = \left(\frac{0,44 \times 0,686}{0,066} \right)^2$$

$$= 2,28$$

Film efficient outside hunde (ho) : (Kern, 1950)

$$ho = J_H \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{C \times \mu}{k} \right)^2 \times [\Phi_S]$$

$$= J_H \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{C \times \mu}{k} \right)^2 \times [\Phi_S]$$

$$= 205 \times \frac{0,06}{0,0458} \times 2,28 \times 1$$

$$= 676,04 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot \text{jam } ^\circ\text{F}$$

Untuk fluida dingin melalui tube sidea

1. at' = 0,2618 in (Tabel-10, Kern, 1950)

$$\begin{aligned} at' &= \frac{NT \times at'}{144 \times n} \\ &= \frac{813 \times 0,2618}{144 \times 1} \\ &= 1,479 \text{ at} \end{aligned}$$

2. Mass Velocity (Gt) fluida dingin :

$$\begin{aligned} Gt' &= \frac{11,520,32}{1,479} \\ &= 7788,80 \text{ lb/jam ft}^2 \cdot \text{jam} \end{aligned}$$

3. Diketahui temperature rata-rata fluida dingin = 104 °F Viskositas (μ campuran) = 0,4 Cp x 2,4191 lb/jam ft²jam.Cp

$$= 0,96764 \text{ lb/jam ft}^2 \cdot \text{jam} \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

$$\text{ID tube} = 0,732 \text{ in} = 8,784 \text{ ft}$$

$$\text{Ret} = \frac{ID \times Gt}{\mu} \quad (\text{Kern, 1950})$$

$$= \frac{8,874 \times 7788,80}{0,967}$$

$$= 71,429,28$$

Koefisien panas, $j_H = 620$

(Fig-24, Kern, 1950)

$$h_i = J_H \times \frac{K}{D_i} \times \left(\frac{C \times \mu}{k} \right)^2 \times 1$$

pada temperature 104°F

$$C = 0,4 \text{ BTU/lb.}^\circ\text{F}$$

$$k = 0,68 \text{ BTU/ft}^2 \cdot \text{jam } (^\circ\text{F/ft})$$

$$h_i = 620 \times \frac{0,68}{8,874} \times 0,189 \times 1$$

$$= 9,014 \text{ BTU/ft}^2 \cdot \text{jam.}^\circ\text{F}$$

$$h_{io} = \frac{h_i \times ID}{OD} \quad (\text{Kern, 1950})$$

$$h_{io} = \frac{9,014 \times 8,874}{0,75}$$

$$= 106,65 \text{ Btu/lb }^\circ\text{F}$$

Cleanoverall coefficient (U_c)

(Kern, 1950)

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$= \frac{106,65 \times 676,04}{106,65 + 676,04}$$

$$= 1352,09$$

Pressure Drop

a. Fluida Panas

$$\text{Res} = 8463,733 \text{ maka diperoleh } f = 0,00015 \quad (\text{fig-26, Kern, 1950})$$

$$(N + 1) = 12 \times L/B$$

$$= 144$$

$$D_s = ID \text{ shell}/12$$

$$= 37/12 = 3,088$$

Spesifik gravity etanol = 0,79

(tabel.6, Kern, 1950)

$$\Phi_s = \left(\frac{\nu_{etanol}}{\mu_{air}} \right)^{0,14}$$

$$\Phi_s = \left(\frac{0,79}{0,85} \right)^{0,14}$$

$$= 0,989$$

$$\Delta P_s = \frac{8463,73 \times 126871,10^2 \times 3,083 \times 144}{5,22 \times 10^2 \times 0,458 \times 0,79 \times 1} \quad (\text{Kern}, 1950)$$

$$= 0,056 \text{ psi}$$

b. Fluida dingin

$$Re_t = 120,954,512$$

$$\text{Maka diperoleh } f = 0.0001 \quad (\text{fig-29, Kern}, 1950)$$

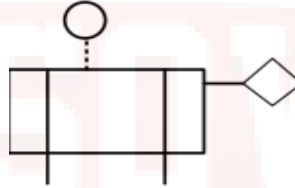
$$\Delta P_t = \frac{0,0001 \times 7678,63^2 \times 12 \times 1}{5,22 \times 10^2 \times 8463,73 \times 0,79 \times 1}$$

$$= 1,93 \times 10^{-7} \text{ psi}$$

$$\Delta P_t = \Delta P_s + \Delta P_t$$

$$= 0,0567 \text{ psi}$$

10. Rotary Dryer (DE-101)



Fungsi : untuk mengeringkan serbuk tanin

Jenis : *Counter Indirect Heat Rotary Dryer*

Bahan : *Commercial Stell*

1. Menentukan Diameter *Rotary Dryer*

$$\text{Udara masuk : } 130^\circ\text{C} = 268^\circ\text{F}$$

$$\text{Udara keluar : } 100^\circ\text{C} = 212^\circ\text{F}$$

$$\text{Banyak udara yang dibutuhkan} = 2426,12 \text{ kg/jam} = 5337,46 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{Range kecepatan udara} = 200-1000 \text{ lb/jam.ft}^2 \quad (\text{Perry}, 1999)$$

$$\text{Diambil kecepatan rata-rata} = 500 \text{ lb/jam.ft}^2$$

Luas perpindahan panas

$$A = \frac{\text{Banyak udara yang dibutuhkan}}{\text{kecepatan udara}}$$

$$= \frac{5337,46 \text{ ft}^3/\text{jam}}{500 \text{ lb/jam.ft}^2}$$

$$= 10,69 \text{ ft}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{4 \times 10,69}{3,14}$$

$$= 13,62$$

Maka,

$$D = 6,81 \text{ ft} = 4,33 \text{ m}$$

2. Menentukan panjang *Dyer*

$$L_t = 0,1 \times C_p \times G^{0,84} \times D$$

Dimana :

L_t = panjang *rotary dryer*

C_p = kapasitas udara pada $130^\circ\text{C} = 1,01255 \text{ kJ/kg.K} = 0,2418 \text{ BT/lb.}^\circ\text{F}$
(Tabel A.3-3, Geankoplis, 1983)

D = diameter *rotary dryer*

G = kecepatan udara yang digunakan dalam *rotary dryer*

$$= \frac{2426,12}{2,20 \times 233,15}$$

$$= 22,94 \text{ lb/jam.ft}^2$$

$$L_t = 0,1 \times 0,2418 \times (22,94^2) \times 6,81$$

$$= 2,28 \text{ ft}$$

N_t = *Number of heat transfer* = 2,0-6,0 (Perry, 1999)

Diambil N_t : 6

$$L = L_t \times N_t$$

$$= 2,28 \times 6$$

$$= 13,73 \text{ ft}$$

Untuk $L/D = 3-10 \text{ ft}$

$$\frac{L}{D} = \frac{13,73}{6,81}$$

$$= 2,016 \text{ ft}$$

3. Waktu transportasi

Hold up = 3-12%

Diambil *Hold up* = 3%

$$\text{Volume tebal} = \frac{\pi D^2 L}{4}$$

$$= \frac{3,14 \times 4,33^2 \times 13,73}{4}$$

$$= 202,49 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Hold up} &= 3\% \times 202,49 \\ &= 6,07 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju umpan masuk} &= 484,84 \text{ kg/jam} \\ &= 777,16 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset = \text{time of passage} &= \frac{\text{Hold up}}{\text{laju umpan}} \\ &= \frac{6,07 \times 60,389}{777,16} \\ &= 0,47 \text{ jam} \end{aligned}$$

4. Menghitung putaran *rotary dryer*

$$N = \frac{v}{\pi \cdot D}$$

Dimana :

$$v = \text{kecepatan putaran linear} = 30\text{-}150 \text{ ft/menit} \quad (\text{Perry, 1999})$$

Diambil kecepatan putaran linear 125 ft/menit

$$\begin{aligned} N &= \frac{100}{3,14 \times 4,33} \\ &= 7,34 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Range : (Perry, 1999)

$$N \times D = 25\text{-}35 \text{ rpm}$$

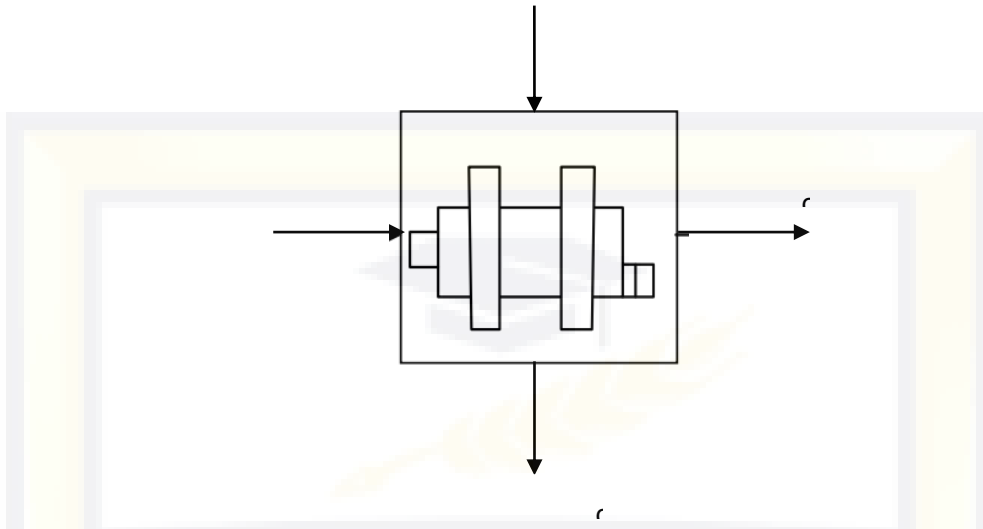
$$N \times D = 7,34 \times 4,33 = 31,84 \text{ rpm}$$

5. Menentukan *power*

$$\text{Total Hp untuk penggerak rotary dryer} = 0,5 D^2 - D^2$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil power} &= 0,75 D^2 \\ &= 0,75 \times 4,33^2 \\ &= 14,08 \text{ Hp} \end{aligned}$$

11. Rotary Cooler (RC-101)



Fungsi : untuk menurunkan suhu produk dari 80°C sampai 30°C

Jenis : *rotary cooler*

Bahan : *commercial steel*

1. Menentukan diameter *rotary cooler*

Air pendingin masuk : 25°C = 77°F

Air pendingin keluar : 40°C = 104°F

Banyak air pendingin yang dibutuhkan = 30,09 kg/jam = 363,099 lb/jam

Range kecepatan aliran = 200-10000 lb/jam.ft² (Perry, 1999)

Diambil kecepatan rata-rata (G) = 3000 lb/jam.ft²

$$\begin{aligned} \text{Luas penampaman pendingin } A &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\ &= 0,785 D^2 \end{aligned}$$

$$G = \frac{\text{kebutuhan air pendingin}}{\text{kecepatan aliran}}$$

$$D^2 = \frac{81,87}{3000 \times 0,785}$$

$$D = 0,034 \text{ ft}$$

2. Menentukan panjang *cooler*

$$Qt = 0,4 \times L \times D \times G^{0,67} \times \Delta T$$

$$L = \frac{Qt}{0,4 \times L \times D \times G^{0,67} \times \Delta T}$$

Dimana :

Qt = jumlah panas yang dipindahkan

$$= 81,87 \text{ kl/jam} = 180,49 \text{ Btu/jam}$$

D = Diameter *rotary cooler* (ft)

L = panjang *cooler* (ft)

G = kecepatan air pendingin = 3000 lb/jam.ft²

Temperature air pendingin masuk (t_1) = 20°C = 68°F

Temperature air pendingin keluar (t_2) = 40°C = 104°F

Temperature umpan masuk (t_3) = 100°C = 212°F

Temperature umpan keluar (t_4) = 30°C = 86°F

$$\Delta T = \frac{(104-86)-(104-86)}{2} = 54^\circ\text{F}$$

$$L = \frac{30,093}{0,4 \times 0,034 \times 54 \times 3000^{0,67}} = 0,18 \text{ m}$$

3. Waktu Tinggal

$$\phi = \frac{0,23 L}{N^{0,9} \times D \times S}$$

Dimana :

ϕ = waktu tinggal (menit)

L = panjang *rotary cooler* (ft)

N = putaran *rotary cooler* (0-8 rpm, diambil 1 rpm) (Perry, 1999)

D = diameter *rotary cooler* (ft)

S = kemiringan dari *rotary cooler* (4-7°, diambil 5°)

Maka :

$$\phi = \frac{0,23 \times 1,02}{1^{0,9} \times 0,034 \times 0,0873} = 77,3 \text{ menit}$$

4. Menghitung putaran *rotary cooler*

$$N = \frac{V}{\pi \cdot D}$$

Dimana :

V = kecepatan putaran linear = 30-150 ft/menit (Perry, 1999)

Diambil kecepatan putaran linear 100 ft/menit

$$N = \frac{100}{3,14 \times 0,034}$$

$$= 916,09 \text{ rpm}$$

Range : (Perry, 1999)

$$N \times D = 25-35 \text{ rpm}$$

$$N \times D = 916,09 \times 0,034$$

$$= 31,84 \text{ rpm}$$

5. Menentukan Power

Total Hp untuk penggerak rotary cooler = $(0,5 D^2) - (D^2)$

Diambil power = $0,75 D^2$

$$= 0,0044 \text{ Hp}$$

12. Ball Mill (SR-102)



Fungsi : menghaluskan tanin sehingga diperoleh ukuran mesh 200 mesh.

Laju alir masuk biji kakao (G) = 833,33 kg/jam (Lampiran A)

$$= 0,8333 \text{ ton/jam}$$

Efisiensi mill = 97 < 200 mesh (Perry, 1984)

$$\text{Kapasitas} = (1 + f_k) \times G$$

$$= (1 \times 0,2) \times \text{ton/jam}$$

$$= \text{ton/jam}$$

Untuk kapasitas digunakan spesifikasi mill jenis marcy ball mill

- Spesifikasi : No.200 sieve
- Kapasitas : 10 ton/jam
- Tipe : Marcy Ball Mill
- Size : 3 x 2
- Ball charge : 0,85 ton
- Power : 7 Hp
- Mill speed : 35 rpm
- Jumlah : 1 unit

(sumber : Perry, 1984)

13. Packing Unit

Fungsi : untuk mengemas produk dalam kemasan goni 50 kg

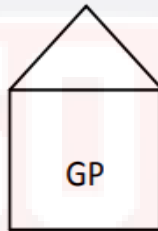
Pemilihan tipe berdasarkan pada

(Perry, 1999)

Spesifikasi :

- Tipe : *Vertical duger, SFW(Simoltanouns Fill and Weight)*
- Jumlah : 1 unit
- Number of viltng : 1 unit
- Tipe kemasan : bags/goni
- Ukuran : 6,5 x 3,5 x 9 in
- *Weight content* : 1,516

14. Gudang Produk (GP)



Fungsi : sebagai tempat penampungan sementara produk sebelum dikemas

Laju alir masuk tanin (G) = 833,33 kg/jam (Lampiran A)

Densitas Tanin (ρ) = 0,137 kg/ltr (Efendi, dkk, 2004)
= 137,24 kg/m³

Lama penyimpanan (Θ) = 7 hari
= 168 jam

Faktor kelonggaran = 20% (Perry, 1984)

Jumlah gudang yang akan direncanakan sebanyak 1 unit dengan desain sebagai berikut :

• Tinggi (h) = 5 m

• Panjang = 2 x L

Volume gudang (V) = p x L x h

$$V = 2 \times 1 \times 1 \times 5$$

$$V = 10 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan (Vb)} &= \frac{G}{\rho} \\ &= \frac{833,33}{137,24} = 6,0721 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume bahan dalam gudang untuk 7 hari

$$\begin{aligned} V &= Vb \times (1 + fk) \\ &= 6,0721 \times (1 + 0,2) \\ &= 7,2865 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} 7,2865 &= 5L^2 \\ L &= 1,4573 \text{ m} \\ L &= 1,207 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} P &= 2 \times 1 \\ &= 2 \times 1,207 \text{ m} \\ &= 2,414 \text{ m} \end{aligned}$$

Diperoleh spesifikasi gudang bahan baku :

Konstruksi yang diinginkan pondasi beton dengan dinding batu dan atap seng.

- Tinggi gudang = 5 m
- Panjang gudang = 2,414 m
- Lebar gudang = 1,207 m

15. Belt Conveyer (C-101)



Fungsi	: untuk mengalirkan biji kakao ke rotary cooler
Jumlah	: 1 unit
Kondisi	
Tekanan	: 1 atm
Jumlah materi	: 4153,1 kg/jam
Faktor kelonggaran	: 20%
Kapasitas materi	: 1228,44 kg/jam

: 1,2284 ton/jam

Menghitung Daya Conveyor

$$P = P_{\text{horizontal}} + P_{\text{vertikal}} + P_{\text{empty}} \quad (\text{Wallas,1988})$$

Daya Horizontal

$$P_{\text{horizontal}} = (0,4 + L/300)(w/300) \quad (\text{Wallas,1988})$$

Asumsikan panjang conveyor secara horizontal (L) = 20 ft

$$\begin{aligned} P_{\text{horizontal}} &= (0,4 + 20/300)(1,2284/300) \\ &= 0,0019 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$P_{\text{vertikal}} = 0,0021 H.w \quad (\text{Wallas,1988})$$

Demikian dari conveyor biasanya 5° sehingga tinggi conveyor (H) dapat dihitung :

$$\begin{aligned} H &= L \text{ tg } 5^\circ \\ &= 20 \text{ tg } 5^\circ \\ &= 1,75 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{vertikal}} &= 0,001 \times 1,75 \times 1,1655 \\ &= 0,0021 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Daya Empty

$$P_{\text{empty}} = \mu.M/100$$

Kecepatan conveyor dapat dihitung (μ) :

Asumsikan tebal belt conveyor 14 inci dengan kemiringan belt 10° maka 6,69 (Wallas, 1988)

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1,2284}{6,69} \times 100 \\ &= 18,36 \text{ ft/menit} \end{aligned}$$

Horsepower conveyor dengan kemiringan 10° dan tebal belt conveyor 14 inci grafik 5,5c = 0,05 (Wallas 1988)

$$\begin{aligned} P_{\text{empty}} &= \frac{18,36}{0,05} \times 0,05 \\ &= 0,0091 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dengan demikian daya conveyor seluruhnya adalah :

$$\begin{aligned} P &= 0,0019 \text{ Hp} + 0,0021 \text{ Hp} + 0,0091 \text{ Hp} \\ &= 0,0131 \text{ Hp} \end{aligned}$$

16. Belt Conveyer (C-102)(2)



Fungsi : untuk mengalirkan biji kakao ke rotary cooler

Jumlah : 1 unit

Kondisi

Tekanan : 1 atm

Jumlah materi : 4153,1 kg/jam

Faktor kelonggaran : 20%

Kapasitas materi : 1228,44 kg/jam

: 1,2284 ton/jam

Menghitung Daya Conveyer

$$P = P_{\text{horizontal}} + P_{\text{vertikal}} + P_{\text{empty}} \quad (\text{Wallas, 1988})$$

Daya Horizontal

$$P_{\text{horizontal}} = (0,4 + L/300)(w/300) \quad (\text{Wallas, 1988})$$

Asumsikan panjang conveyer secara horizontal (L) = 20 ft

$$\begin{aligned} P_{\text{horizontal}} &= (0,4 + 20/300)(1,2284/300) \\ &= 0,0019 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$P_{\text{vertikal}} = 0,0021 H.w \quad (\text{Wallas, 1988})$$

Demikian dari conveyer biasanya 5° sehingga tinggi conveyer (H) dapat dihitung :

$$\begin{aligned} H &= L \text{ tg } 5^\circ \\ &= 20 \text{ tg } 5^\circ \\ &= 1,75 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{vertikal}} &= 0,001 \times 1,75 \times 1,1655 \\ &= 0,0021 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Daya Empty

$$P_{\text{empty}} = \mu.M/100$$

Kecepatan conveyer dapat dihitung (μ) :

Asumsikan tebal belt conveyer 14 inci dengan kemiringan belt 10° maka 6,69 (Wallas, 1988)

$$\mu = \frac{1,2284}{6,69} \times 100$$

$$= 18,36 \text{ ft/menit}$$

Horsepower conveyer dengan kemiringan 10° dan tebal belt conveyer 14 inci grafik 5,5c = 0,05 (Wallas 1988)

$$P_{\text{empty}} = \frac{18,36}{0,05} \times 0,05$$

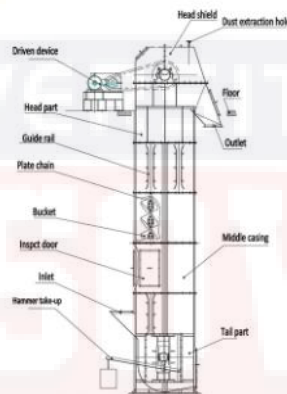
$$= 0,0091 \text{ Hp}$$

Dengan demikian daya conveyer seluruhnya adalah :

$$P = 0,0019 \text{ Hp} + 0,0021 \text{ Hp} + 0,0091 \text{ Hp}$$

$$= 0,0131 \text{ Hp}$$

17. Bucket Elevator (C-103)



Fungsi : untuk mengangkat serbuk kakao ke dalam ekstraktor

Laju alir masuk (G) : 4153,1 kg/jam (Lampiran A)

Faktor kelonggaran (fk) : 20% (Perry, 1984)

$$\text{Kapasitas bucket elevator (K)} = 1228,44 \text{ kg/jam}$$

$$= 1,2284 \text{ ton/jam}$$

Untuk bucket elevator dengan kapasitas minimum yang tersedia kapasitas 27 ton/jam dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Jumlah bucket : 1 unit
- Jenis bucket : centrifugal dishanger spaced bucket
- Tinggi pengangkut : 25 ft
- Ukuran bucket : (8 x 5 x 5 1/2)
- Jarak antar bucket : 12 in
- Kecepatan putaran : 43 rpm

- Daya penggerak bucket: 1,6 Hp
- Material bucket : malleable iron
- Faktor korosi : 0,05 in/tahun

(Sumber : Perry, 1984)

18. Belt Conveyer (C-102)(3)



Fungsi : untuk mengalirkan impurities ke penampungan limbah

Jenis : *horizontal belt conveyer*

Jumlah : 1 unit

Kondisi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Jumlah material : 800,71kg/jam

Faktor kelonggaran : 20%

Kapasitas materi : 800,71kg/jam

: 0,80071 ton/jam

Menghitung Daya Conveyer

$$P = P_{\text{horizontal}} + P_{\text{vertikal}} + P_{\text{empty}} \quad (\text{Wallas,1988})$$

Daya Horizontal

$$P_{\text{horizontal}} = (0,4 + L/300)(w/300) \quad (\text{Wallas,1988})$$

Asumsikan panjang conveyor secara horizontal (L) = 20 ft

$$\begin{aligned} P_{\text{horizontal}} &= (0,4 + 20/300)(0,80071 / 300) \\ &= 0,0012\text{Hp} \end{aligned}$$

$$P_{\text{vertikal}} = 0,001 H.w \quad (\text{Wallas,1988})$$

Demikian dari conveyer biasanya 5° sehingga tinggi conveyer (H) dapat dihitung :

$$\begin{aligned} H &= L \text{ tg } 5^\circ \\ &= 20 \text{ tg } 5^\circ \\ &= 1,75 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$P_{\text{vertikal}} = 0,001 \times 1,75 \times 0,80071$$

$$= 0,0014 \text{ Hp}$$

Daya Empty

$$P_{\text{empty}} = \mu \cdot M/100$$

Kecepatan conveyer dapat dihitung (μ) :

Asumsikan tebal belt conveyer 14 inci dengan kemiringan belt 10° maka 6,69 (Wallas, 1988)

$$\mu = \frac{0,80071}{6,69} \times 100$$

$$= 11,96 \text{ ft/menit}$$

Horsepower conveyer dengan kemiringan 10° dan tebal belt conveyer 14 inci grafik 5,5c = 0,05 (Wallas 1988)

$$P_{\text{empty}} = \frac{11,96}{0,05} \times 0,05$$

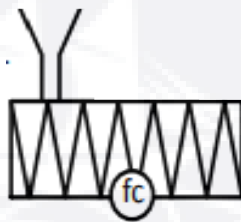
$$= 0,0059 \text{ Hp}$$

Dengan demikian daya conveyer seluruhnya adalah :

$$P = 0,00124 \text{ Hp} + 0,0014 \text{ Hp} + 0,0059 \text{ Hp}$$

$$= 0,0086 \text{ Hp}$$

19. Screw Conveyer (C-106)



Fungsi : untuk mengalirkan tanin dari rotary dryer ke rotary cooler

Jenis : *horizontal screw conveyer*

Bahan konstruksi : *carbon stell*

Kondisi operasi

Temperature : 30°C

Tekanan : 1 atm

Laju air : $208,3 \text{ kg/jam} = 0,0578 \text{ kg/s} = 456,045 \text{ lb/jam}$

Densitas : $1265,17 \text{ kg/m}^3 = 79,023 \text{ lb/ft}^3$

Direncanakan dalam 1 proses cukup ditempuh $1/12$ jam kerja

Laju alir volumetric :

$$Q = \frac{456,045}{79,023}$$
$$= 5,77 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Daya conveyer :

$$P = \frac{C \times L \times W \times F}{33,000}$$

Dimana :

C = Kapasitas conveyer (ft³/jam)

L = panjang conveyer (L) = 32,808 ft (ft)

W = berat material (lb/ft³)

F = faktor material = 2

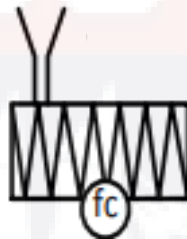
(Sumber : Wallas, 1988)

$$P = \frac{Q \times L \times W \times F}{33,000}$$

$$= 0,458 \text{ Hp}$$

Digunakan daya conveyer 0,458 Hp

20. Screw Conveyer (C-106)(2)



Fungsi : untuk mengalirkan tanin dari rotary cooler ke ball mill.

Jenis : *horizontal screw conveyer*

Bahan konstruksi : *carbon stell*

Kondisi operasi

Temperature : 30°C

Tekanan : 1 atm

Laju air : 208,3 kg/jam = 0,0578 kg/s = 456,045 lb/jam

Densitas : 1265,17 kg/m³ = 79,023 lb/ft³

Direncanakan dalam 1 proses cukup ditempuh 1/12 jam kerja

Laju alir volumetric :

$$Q = \frac{456,045}{79,023}$$

$$= 5,77 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Daya conveyer :

$$P = \frac{C \times L \times W \times F}{33,000}$$

Dimana :

C = Kapasitas conveyer (ft³/jam)

L = panjang conveyer (L) = 32,808 ft (ft)

W = berat material (lb/ft³)

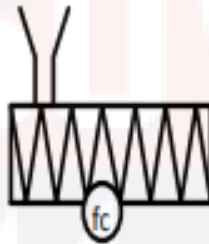
F = faktor material = 2 (Sumber : Wallas, 1988)

$$P = \frac{Q \times L \times W \times F}{33,000}$$

$$= 0,458 \text{ Hp}$$

Digunakan daya conveyer 0,458 Hp

21. Screw Conveyer (C-106)(3)



Fungsi : untuk mengangkut serbuk tanin ke packing unit dan untuk mengalirkan tanin ke gudang produk.

Jenis : *horizontal screw conveyer*

Bahan konstruksi : *carbon stell*

Kondisi operasi

Temperature : 30°C

Tekanan : 1 atm

Laju air : 208,3 kg/jam = 0,0578 kg/s = 456,045 lb/jam

Densitas : 1265,17 kg/m³ = 79,023 lb/ft³

Direncanakan dalam 1 proses cukup ditempuh 1/12 jam kerja

Laju alir volumetric :

$$Q = \frac{456,045}{79,023}$$

$$= 5,77 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Daya conveyer :

$$P = \frac{C \times L \times W \times F}{33,000}$$

Dimana :

C = Kapasitas conveyer (ft^3/jam)

L = panjang conveyer (L) = 32,808 ft (ft)

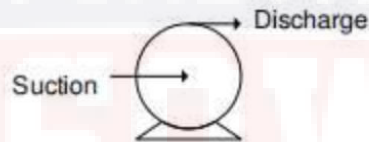
W = berat material (lb/ft^3)

F = faktor material = 2 (Sumber : Wallas, 1988)

$$P = \frac{Q \times L \times W \times F}{33,000} = 0,458 \text{ Hp}$$

Digunakan daya conveyer 0,458 Hp

22. Pompa Etanol (J-101)



Fungsi : untuk memompa etanol 95% dari tangki etanol ke ekstraktor

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Temperatur : 30°C

Laju alir massa (G) : 4153,1 kg/jam = 2,5433 lbs/s (Lampiran A)

Densitas (ρ) : 792,71 $\text{kg}/\text{m}^3 = 49,489 \text{ lb}/\text{ft}^3$

Viskositas (μ) : 0,0094 cp = 0,0000635 $\text{lb}/\text{ft}\cdot\text{s}$

Laju alir volumetrik (Q) : 0,0360 ft^3/s

Desain pompa

$$D_{i\text{opt}} = 3,9 \times (0,036^{0,45}) \times (49,489^{0,13}) \quad (\text{Timmerhaus, 1991})$$

$$= 1,451 \text{ inc}$$

Dari appendiks A.5 Geankoplis, 1983, dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal : 6 in

Schedule number : 40

Diameter dalam (ID) : 6,605

Diameter luar (OD) : 0,505
 Inside section area : 6,625
 Kecepatan linear, v = Q/A
 = 0,022 ft/s

Bilangan Reynold :

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$= \frac{49,489 \text{ lb/ft}^3 \times 0,022 \text{ ft/s} \times 0,505}{0,0000635 \text{ lb/ft.s}}$$

$$= 89230,92 \text{ (Turbulen)}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,00225$

(Geankoplis, 1983)

$$\epsilon/D = \frac{0,0025}{0,505} = 0,0044$$

$$\alpha = 1$$

$$g_c = 32,174$$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis 1983 diperoleh harga $f = 0,012$

Friction loss :

$$\frac{v^2}{2\alpha \times g_c} = 0,0082$$

$$1 \text{ sharp edge entrance} = h_c = 0,55 \times (1-0) \times 0,0082$$

$$= 0,00454 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2 \times g_c} = \frac{0,022^2}{2 \times 32,174} = 0,00038 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2 \times g_c} = 0,0082 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$K_f = 2$$

$$\text{Pipa lurus } 80 \text{ ft} = h_f = 1 \times 2 \times 0,0082$$

$$= 0,0165 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$1 \text{ sharp edge entrance} = h_c = 0,55 \times (1-0) \times 0,0082$$

$$= 0,00454 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\text{Total friction loss } : \Sigma F = 0,00454 + 0,00038 + 0,0165 + 0,00454$$

$$= 0,0466 \text{ ft.lbf/lb}$$

Dari persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2a} (v_2^2 - v_1^2) + g (z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

Dimana :

$$v_2 = v_1$$

$$p_2 = P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$\Delta Z = 40 \text{ ft}$$

Maka :

$$= \frac{1}{2a \times gc} = \frac{1}{2 \times 1 \times 32,174} = 0,0155$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 0$$

$$G(Z_2 - Z_1) = 40 \text{ ft}$$

$$= \frac{P_2 - P_1}{\rho} = 0$$

$$W_s = (0,0155 \times 0) + 40 + 0 + 0,466$$

$$= 40,04 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$P = \frac{W_s \times Q \times \rho}{550} = 0,1298 \text{ Hp}$$

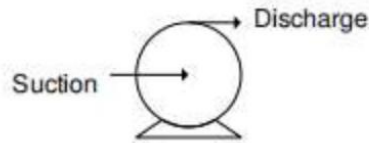
$$\text{Efisiensi pompa, } \eta = 75\%$$

$$\text{Daya pompa} = \frac{0,12988}{0,75} = 0,1731 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor (80\%)} \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

$$\begin{aligned} \text{Daya motor} &= \frac{0,1731}{0,8} \\ &= 0,2164 \text{ Hp} \end{aligned}$$

23. Pompa Ekstraksi (J-102)



Fungsi : untuk memompakan etanol dan serbuk kakao dari ekstraktor ke filter press.

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Temperatur : 75°C

Laju alir massa (G) : 4094,2 kg/jam = 2,3788 lb/s

Densitas (ρ) campuran : 1119,27 kg/m³ = 69,875 lb/ft³

Viskositas (μ) : 3,6337 cp = 0,00247 lb/ft.s

Laju alir volumetrik (Q) : $\frac{2,3788 \text{ lb/s}}{69,875 \text{ lb/ft}^3} = 0,034 \text{ ft}^3/\text{s}$

Desain pompa

$$D_{i,opt} = 3,9 \times (0,034^{0,45}) \times (69,875^{0,13}) \quad (\text{Timmerhaus, 1991})$$

$$= 1,4799 \text{ in}$$

Pipa *commercial steel* : (Appendiks A.5 Geankoplis, 1983)

Ukuran nominal : 6 in

Schedule number : 40

Diameter dalam (ID) : 6,605 in = 0,505 ft

Diameter luar (OD) : 6,625 in = 0,552 ft

Inside sectional area : 1,59 ft²

Kecepatan linear, v : Q/A
= 0,021 ft/s

Bilangan Reynold :

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$= \frac{69,875 \times 0,021 \times 0,505}{0,00247}$$

$$= 305,88$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,000037$ (Geankoplis, 1983)

$$\epsilon/D = \frac{0,000037}{0,00247}$$

$$\alpha = 1$$

$$g_c = 32,174$$

diperoleh harga $f = 0,012$

(Geankoplis, 1983)

Friction loss :

$$\frac{v^2}{2\alpha \times g_c} = \frac{0,021^2}{2 \times 32,174} = 0,0071$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ sharp edge entrance} = h_c &= 0,55 \times (1-0) \times 0,00737 \\ &= 0,0040 \text{ ft.lbf/lb} \end{aligned}$$

$$K_f = 0,75$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n \cdot K_f \cdot \frac{v^2}{2 \times g_c} = \frac{0,021^2}{2 \times 32,174} = 0,00022 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = 2 \times 0,75 \times 0,00022 = 0,00034 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\text{Pipa lurus } 80 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L \times v^2}{D \times 2 \times g_c}$$

$$\Delta L = 80$$

$$F = 0,0041$$

$$F_f = 4 \times 0,0041 \times 4,673 = 0,076 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$1 \text{ sharp edge entrance} = \frac{v^2}{2\alpha \times g_c} = \frac{0,021^2}{2 \times 32,174} = 0,00737$$

$$H_c = 0,55 \times (1-0) \times (0,00737) = 0,004 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$= 0,004 + 0,00022 + 0,00034 + 0,00737$$

$$= 0,0957 \text{ ft.lbf/lb}$$

Dari persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g (z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

Dimana :

$$v_2 = v_1$$

$$p_2 = P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$\Delta Z = 40 \text{ ft}$$

Maka :

$$= \frac{1}{2\alpha \times g_c} = \frac{1}{2 \times 1 \times 32,174} = 0,0155$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 0$$

$$G(Z_2 - Z_1) = 40 \text{ ft}$$

$$= \frac{P_2 - P_1}{\rho} = 0$$

$$W_s = (0,0155 \times 0) + 40 + 0 + 0,0957 = 40,095 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$P = \frac{W_s \times Q \times \rho}{550}$$

$$= \frac{40,095 \times 0,034 \times 69,875}{550}$$

$$= 0,173 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi pompa, } \eta = 75\%$$

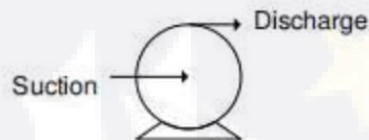
$$\text{Daya pompa} = \frac{0,173}{0,75} = 0,231 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor (80\%)} \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

$$\text{Daya motor} = \frac{0,231}{0,8}$$

$$= 0,289 \text{ Hp}$$

24. Pompa Filter Press (J-103)



Fungsi : untuk memompakan campuran tanin dan pelarutnya dari filter press ke tangki pendendapan.

Kondisi operasi :

Temperatur : 30°C

Tekanan : 1 atm

Laju alir massa (G) : 3293,15 kg/jam = 1,9137 lb/s

Densitas (ρ) : 1019,27 kg/m³ = 63,632 lb/ft³

Viskositas (μ) : 2,863 cp = 0,00194 lb/ft.s

Laju alir volumetric (Q) : $\frac{1,9137 \text{ lb/s}}{63,632 \text{ lb/ft}^3} = 0,03 \text{ ft}^3/\text{s}$

$D_{i,opt} = 3,9 \times (0,03^{0,45}) \times (63,632^{0,13})$ (Timmerhaus, 1991)

$$= 1,382 \text{ in}$$

Pipa *commercial steel* :

(Appendiks A.5 Geankoplis, 1983)

Ukuran nominal : 6 in

Schedule number : 40

Diameter dalam (ID) : 6,605 in = 0,505 ft

Diameter luar (OD) : 6,625 in = 0,552 ft

Inside sectional area : 1,59 ft²

Kecepatan linear, v : Q/A

$$= 0,018 \text{ ft/s}$$

Bilangan Reynold :

$$\begin{aligned} N_{Re} &: \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \\ &= \frac{63,632 \times 0,018 \times 0,505}{0,00194} \\ &= 313,3 \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,000042$ (Geankoplis, 1983)

$$\epsilon/D = \frac{0,000042}{0,505} = 0,000083$$

$$\alpha = 1$$

$$g_c = 32,174$$

diperoleh harga $f = 0,012$ (Geankoplis, 1983)

Friction loss :

$$\frac{v^2}{2\alpha \times g_c} = \frac{0,018^2}{2 \times 32,174} = 0,0052$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c &= 0,55 \times (1-0) \times (0,0052) \\ &= 0,0029 \text{ ft.lbf/lb} \end{aligned}$$

$$K_f = 0,75$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ = \frac{0,018^2}{2 \times 1 \times 32,174} = 0,00521$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = 2 \times 0,75 \times 0,00521 = 0,00782 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\text{Pipa lurus } 80 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L \times v^2}{D \times 2 \times g_c}$$

$$\Delta L = 80$$

$$f = 0,0051$$

$$F_f = 4 \times 0,00782 \times 3,64 \times 80 = 0,1138 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$1 \text{ sharp edge entrance} = \frac{v^2}{2\alpha \times gc} = \frac{0,018^2}{2 \times 32,174} = 0,0052$$

$$H_c = 0,55 \times (1-0) \times (0,1138) = 0,0626 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\begin{aligned} \text{Total friction loss : } \Sigma F &= 0,0029 + 0,0052 + 0,00782 + 0,1138 \\ &= 0,1297 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Dari persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g (z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

(Geankoplis, 1983)

Dimana :

$$v_2 = v_1$$

$$p_2 = P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$\Delta Z = 40 \text{ ft}$$

Maka :

$$= \frac{1}{2\alpha \times gc} = \frac{1}{2 \times 1 \times 32,174} = 0,0155$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 0$$

$$G(Z_2 - Z_1) = 40 \text{ ft}$$

$$= \frac{P_2 - P_1}{\rho} = 0$$

$$W_s = (0,0155 \times 0) + 40 + 0 + 0 + 0,1297 = 40,1297 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{W_s \times Q \times \rho}{550} \\ &= \frac{40,1297 \times 0,03 \times 63,632}{550} = 0,139 \text{ Hp} \end{aligned}$$

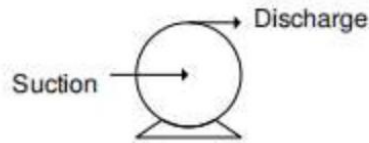
$$\text{Efisien pompa, } \eta = 75\%$$

$$\text{Daya pompa} = \frac{0,139}{0,75} = 0,18 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor (80\%)} \quad \text{(Geankoplis, 1983)}$$

$$\text{Daya motor} = \frac{0,18}{0,8} = 0,23 \text{ Hp}$$

25. Pompa Tangki Pengendapan (J-104)



Fungsi : untuk memompakan campuran tanin dan pelarutnya dari filter.

Kondisi operasi :

Temperatur : 30°C

Tekanan : 1 atm

Laju alir massa (G) : 3293,15 kg/jam = 1,9137 lb/s

Densitas (ρ) : 1019,27 kg/m³ = 63,632 lb/ft³

Viskositas (μ) : 2,863 cp = 0,00194 lb/ft.s

Laju alir volumetric (Q) : $\frac{1,9137 \text{ lb/s}}{63,632 \text{ lb/ft}^3} = 0,03 \text{ ft}^3/\text{s}$

$D_{i,opt} = 3,9 \times (0,03^{0,45}) \times (63,632^{0,13})$ (Timmerhaus,1991)
= 1,382 in

Pipa *commercial stell* : (Appendiks A.5 Geankoplis, 1983)

Ukuran nominal : 6 in

Schedule number : 40

Diameter dalam (ID) : 6,605 in = 0,505 ft

Diameter luar (OD) : 6,625 in = 0,552 ft

Inside sectional area : 1,59 ft²

Kecepatan linear, v : Q/A
= 0,018 ft/s

Bilangan Reynold :

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$= \frac{63,632 \times 0,018 \times 0,505}{0,00194}$$

$$= 313,3$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,0000196$ (Geankoplis, 1983)

$$\epsilon/D = \frac{0,000042}{0,505} = 0,000083$$

$\alpha = 1$

gc = 32,174

diperoleh harga $f = 0,006$

(Geankoplis, 1983)

Friction loss :

$$\frac{v^2}{2\alpha \times gc} = \frac{0,02^2}{2 \times 32,174} = 0,0068$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c &= 0,55 \times (1-0) \times (0,0068) \\ &= 0,00378 \text{ ft.lbf/lb} \end{aligned}$$

$$K_f = 0,75$$

$$G_c = 32,147$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ = \frac{0,018^2}{2 \times 1 \times 32,174} = 0,00021$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = 2 \times 0,75 \times 0,00021 = 0,00032 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\text{Pipa lurus } 80 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L \times v^2}{D \times 2 \times gc}$$

$$\Delta L = 80$$

$$f = 0,006$$

$$F_f = 4 \times 0,00032 \times 4,36 \times 80 = 0,104 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$1 \text{ sharp edge entrance} = \frac{v^2}{2\alpha \times gc} = \frac{0,02^2}{2 \times 32,174} = 0,0068$$

$$H_c = 0,55 \times (1-0) \times (0,0068) = 0,00378 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\begin{aligned} \text{Total friction loss : } \Sigma F &= 0,00378 + 0,00021 + 0,00032 + 0,00378 \\ &= 0,122 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Dari persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g (z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

Dimana :

$$v_2 = v_1$$

$$P_2 = P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$\Delta Z = 40 \text{ ft}$$

Maka :

$$= \frac{1}{2\alpha \times gc} = \frac{1}{2 \times 1 \times 32,174} = 0,0155$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 0$$

$$G(Z_2 - Z_1) = 40 \text{ ft}$$

$$= \frac{P_2 - P_1}{\rho} = 0$$

$$W_s = (0,0155 \times 0) + 40 + 0 + 0 + 0,122 = 40,122 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$P = \frac{W_s \times Q \times \rho}{550} = \frac{40,122 \times 0,03 \times 63,632}{550} = 0,139 \text{ Hp}$$

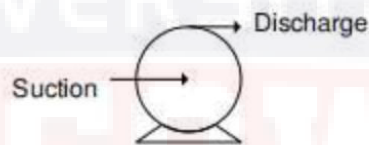
$$\text{Efisien pompa, } \eta = 75\%$$

$$\text{Daya pompa} = \frac{0,139}{0,75} = 0,18 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor (80\%)} \quad \text{(Geankoplis, 1983)}$$

$$\text{Daya motor} = \frac{0,18}{0,8} = 0,23 \text{ Hp}$$

26. Pompa Kondensor (J-105)



Fungsi : untuk memompakan etanol dari kondensor ke tangki etanol.

Kondisi operasi :

Temperatur : 30°C

Tekanan : 1 atm

Laju alir massa (G) : 2690,2 kg/jam = 1,628 lb/s

Densitas (ρ) : 792,71 kg/m³ = 49,489 lb/ft³

Viskositas (μ) : 2,863 cp = 0,00194 lb/ft.s

Laju alir volumetric (Q) : $\frac{1,628 \text{ lb/s}}{49,489 \text{ lb/ft}^3} = 0,032 \text{ ft}^3/\text{s}$

$$D_{i,opt} = 3,9 \times (0,032^{0,45}) \times (49,489^{1,3}) \quad \text{(Timmerhaus, 1991)}$$

$$= 1,393 \text{ in}$$

Pipa *commercial steel* : (Appendiks A.5 Geankoplis, 1983)

Ukuran nominal : 6 in

Schedule number : 40

Diameter dalam (ID) : 6,605 in = 0,505 ft

Diameter luar (OD) : 6,625 in = 0,552 ft

Inside sectional area : 1,59 ft²

Kecepatan linear, v : Q/A
= 0,020 ft/s

Bilangan Reynold :

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$= \frac{63,632 \times 0,018 \times 0,505}{0,00194}$$

$$= 313,3$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,000042$ (Geankoplis, 1983)

$$\epsilon/D = \frac{0,000042}{0,505} = 0,000083$$

$$\alpha = 1$$

$$g_c = 32,174$$

diperoleh harga $f = 0,012$ (Geankoplis, 1983)

Friction loss :

$$\frac{v^2}{2\alpha \times g_c} = \frac{0,02^2}{2 \times 32,174} = 0,00575$$

$$1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c = 0,55 \times (1-0) \times (0,00575)$$

$$= 0,0031 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$K_f = 0,75$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ = \frac{0,018^2}{2 \times 1 \times 32,174} = 0,00017$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = 2 \times 0,75 \times 0,00017 = 0,000115 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\text{Pipa lurus } 80 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L \times v^2}{D \times 2 \times g_c}$$

$$\Delta L = 80$$

$$f = 0,0051$$

$$F_f = 4 \times 0,000115 \times 3,64 = 0,074 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$1 \text{ sharp edge entrance} = \frac{v^2}{2\alpha \times g_c} = \frac{0,02^2}{2 \times 32,174} = 0,00575$$

$$H_c = 0,55 \times (1-0) \times (0,0068) = 0,0031 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\text{Total friction loss : } \Sigma F = 0,0031 + 0,00017 + 0,00015 + 0,0031$$

$$= 0,0075 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Dari persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g (z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

Dimana :

$$v_2 = v_1$$

$$p_2 = P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$\Delta Z = 40 \text{ ft}$$

Maka :

$$= \frac{1}{2a \times gc} = \frac{1}{2 \times 1 \times 32,174} = 0,0155$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 0$$

$$G(Z_2 - Z_1) = 40 \text{ ft}$$

$$= \frac{P_2 - P_1}{\rho} = 0$$

$$W_s = (0,0155 \times 0) + 40 + 0 + 0 + 0,0075 = 40,0075 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$P = \frac{W_s \times Q \times \rho}{550} \\ = \frac{40,0075 \times 0,32 \times 49,489}{550} = 0,115 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisien pompa, } \eta = 75\%$$

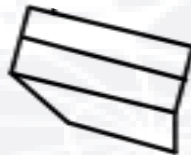
$$\text{Daya pompa} = \frac{0,115}{0,75} = 0,15 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor (80\%)}$$

(Geankoplis, 1983)

$$\text{Daya motor} = \frac{0,15}{0,8} = 0,19 \text{ Hp}$$

27. Screen (S-102)



Fungsi : sebagai alat untuk memisahkan partikel yang lebih besar dengan yang lebih kecil sehingga diperoleh ukuran partikel serbuk 200 mesh.

Jenis : *Vibrating screen*

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 1023,7 kg/jam

$$\text{Kapasitas screen} : \frac{1023,7}{1076,307} = 0,95 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Diasumsikan : diameter maksimum serbuk kakao masuk = 0,005 cm
= 50 μ m

Standar *screen scarel* untuk serbuk kakao dengan diameter 50 μ m digunakan :

<i>Mesh</i>	= 200 mesh	
<i>Sieve clear opening</i>	= 0,0021	(Geankoplis, 1977)
<i>Nominal wire diameter</i>	= 0,053 mm = 0,015 in	(Geankoplis, 1977)
<i>Screen siece</i>	= 33" x 60"	(Wallas, 1988)
Daya motor	= 2 Hp	(Perry, 1997)
Kecepatan	= 1800 rpm	(Perry, 1997)

28. Screen (S-102)(2)



Fungsi : sebagai alat untuk memisahkan partikel yang besar dengan yang lebih kecil sehingga ukuran partikel serbuk 200 mesh.

Jenis : *Vibrating screen*

Bahan kontruksi : *Stainless steel*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 208,3 kg/jam

$$\text{Kapasitas screen} : \frac{208,3}{1076,307} = 0,19 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Diasumsikan : diameter maksimum serbuk kakao masuk = 0,005 cm
= 50 μ m

Standar *screen scarel* untuk serbuk kakao dengan diameter 50 μ m digunakan :

<i>Mesh</i>	= 200 mesh	
<i>Sieve clear opening</i>	= 0,0021	(Geankoplis, 1977)
<i>Nominal wire diameter</i>	= 0,053 mm = 0,015 in	(Geankoplis, 1977)
<i>Screen siece</i>	= 33" x 60"	(Wallas, 1988)
Daya motor	= 2 Hp	(Perry, 1997)
Kecepatan	= 1800 rpm	(Perry, 1997)

LAMPIRAN D
PERHITUNGAN UTILITAS

1. Screening (SC)

Fungsi : menyaring partikel-partikel padat yang besar

Jenis : *Bar screen*

Jumlah : 1

Bahan konstruksi : *stainless steel*

Kondisi operasi :

- Temperatur = 30°C

- Densitas (ρ) = 995,68 kg/m³ (Geankoplis, 1997)

Laju alir massa (F) = 15770131,9 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Laju alir volume}(Q) &= \frac{15770131,9 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ jam}/3600\text{s}}{995,68 \text{ kg/m}^3} \\ &= 15838,55 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Dari *Physical Chemical Treatment of Water and Wasterwater, 1991*

Ukuran bar :

Lebar bar = 5 mm; Tebal bar = 20 mm;

Bar clear spacing = 20 mm; Slope = 30°

Direncanakan ukuran *screening* :

Panjang screen = 2 m

Lebar screen = 2 m

Misalkan, jumlah bar = x

$$\text{Maka, } 20x + 20(x + 1) = 2000$$

$$40x = 1980$$

$$x = 49,5 \approx 50 \text{ buah}$$

$$\text{luas bukaan } (A_2) = 20(50 + 1) (2000) = 2,040,000 \text{ mm}^2 = 2,04 \text{ m}^2$$

untuk pemurnian air sungai menggunakan *bar screen*, diperkirakan $C_d = 0,6$ dan 30% *screen* tersumbat.

$$\text{Head loss } (\Delta h) = \frac{Q^2}{2 \times g \times C_d^2 \times A_2^2} = \frac{15838,55^2}{2 \times 9,8 \times 0,6^2 \times 2,04^2} = 0,659$$

2. Clarifier (CL)

Fungsi : Mengendapkan flok yang terbentuk karena penambahan soda abu dan alum

Bentuk : silinder tegak dengan alas kerucut

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Jenis Pengaduk : *Flat six-blade turbin with disk*

jumlah : 1 unit

kondisi operasi :

Tekanan = 1 atm

Temperatur = 30°C = 303,15 K

Laju alir air = 717139,25 kg/jam

Laju alir $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = 867,357 kg/jam

Laju alir Na_2CO_3 = 425,793 kg/jam

Densitas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = 1,363 kg/m³ (Perry,1999)

Densitas Na_2CO_3 = 1,327 kg/m³ (Perry,1999)

Densitas air = 995,68 kg/m³ (Perry,1999)

Faktor kelonggaran = 20% (Peters dan Timmerhaus,1991)

Waktu detensi = 3 jam (*water Treatment Principles and Design*)

Laju alir campuran = 717139,25 kg/jam + 867,357 kg/jam + 425,793 kg/jam

= 718432,40 kg/jam

Dihitung pula densitas campuran larutan sebagai berikut :

Densitas larutan = $\frac{718432,40}{\frac{717139,25}{995,68} + \frac{867,357}{1363} + \frac{425,793}{1327}}$ = 1326,78 kg/jam

a. Volume tangki

Volume larutan, V_1 = $\frac{1326,78}{995,773}$ = 14,564 m³

Volume tangki, V_t = (1+0,2) x 14,564 m³ = 17,477 m³

b. Diameter dan tinggi *clarifier*

$V = 1/4\pi D^2 H$

$D = \left(\frac{4v}{\pi H}\right)^{1/2} = \left(\frac{4 \times 14,564}{3,14 \times 4}\right)^{1/2} = 2,319 \text{ m}$

Maka, diameter *clarifier* = 2,319 m

Tinggi clarifin = 1,5 D = 3,47 m

c. Tebal shell tangki

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \times g \times h \\ &= 1326,78 \text{ kg/jam} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 4 \text{ m}/1000 \\ &= 52,009 \text{ kpa} \end{aligned}$$

Tekanan total = 52,009 + 101,325 kPa = 153,33 kPa = 22,238 psia

Faktor kelonggaran = 20%

Maka, P desain = 1,05 (22,238 psia) = 26,686 psia

Joint efficiency (E) = 0,8 (Brownell dan Young, 1959)

Allowable stress (S) = 13.700 psia (Brownell dan Young, 1959)

Faktor korosi = 0,0125 in (Brownell dan Young, 1959)

Tebal shell tangki:

$$\begin{aligned} t &= \frac{PD}{2SE-0,2P} + n \\ t &= \frac{26,686}{2.13700.(0,8)-1,2(26,686)} + 10 \times 0,0125 \text{ in} \\ t &= 0,235 \text{ in} \end{aligned}$$

d. Daya Clarifier

$$P = 0,006 D^2$$

Dimana :

P = daya yang dibutuhkan (kW)

$$\text{Sehingga, } P = 0,006 (2,319)^2 = 0,032 \text{ kW} = 0,043 \text{ hp}$$

3. Bak Sedimentasi (BS)

Fungsi : untuk mengendapkan lumpur yang terikut dengan air.

Jumlah : 1

Jenis : beton kedap air

Data

Kondisi penyimpanan : Temperatur = 30°C

Tekanan = 1 atm

Laju massa air = 15770131,9 kg/jam

$$\text{Densitas air} = 995,680 \text{ kg/m}^3 = 62,195 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Laju air volumetric, } Q &= \frac{F}{\rho} = \frac{15770131,9 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ jam}/3600\text{s}}{62,195 \text{ lbm/ft}^3} \\ &= 4,399 \text{ m}^3/\text{s} = 9322,221 \text{ ft}^3/\text{min} \end{aligned}$$

Desain Perancangan :

Bak dibuat persegi panjang untuk desain efektif (Kawamura, 1991)

Perhitungan ukuran tiap bak :

Kecepatan pengendapan 0,1 mm pasir adalah (Kawamura, 1991)

$$v_o = 1,57 \text{ ft/min atau } 8 \text{ mm/s}$$

Desain diperkirakan menggunakan spesifikasi :

Kedalaman tangki 12 ft

Lebar tangki 2,5 ft

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran} = v &= \frac{Q}{\text{Kedalaman tangki} \times \text{Lebar tangki}} \\ &= \frac{9322,221 \text{ ft}^3/\text{menit}}{(12 \times 2,5) \text{ ft}} = 19,421 \text{ ft/menit} \end{aligned}$$

Desain panjang ideal bak : $L = K \left(\frac{h}{v_o} \right) v$ (Kawamura, 1991)

Dengan : K = faktor keamanan = 1,5

h = kedalaman air efektif (10-16 ft); diambil 10 ft

$$\begin{aligned} \text{Maka : } P &= 1,5 (10/1,57) \times 19,421 \\ &= 18,55 \text{ ft} \end{aligned}$$

Diambil panjang bak = 4 ft

Uji desain :

$$\begin{aligned} \text{Waktu retensi (t) : } t &= \frac{Va}{Q} \\ &= \frac{\text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}}{Q} \\ &= \frac{4 \times 2,5 \times 12}{9322,221 \text{ ft/menit}} = 6,43 \text{ menit} \end{aligned}$$

Desain diterima, dimana t diizinkan 6-15 menit. (Kawamura, 1991)

$$\text{Surface loadig ; } \frac{Q}{A} = \frac{\text{laju alir volumetrik}}{\text{luas permukaan air}}$$

$$= \frac{4,399}{4 \times 2,5} = 4,399 \text{ gpm/ft}^2$$

Desain diterima, dimana *surface loading* diizinkan diantara 4-30 gpm/ft² (Kawamura, 1991)

Headloss (Δh); bak menggunakan *gate valve, full open* (16 in) :

$$\Delta h = K \frac{v^2}{2g} = 8,9 \times 10^{-4} \text{ ft}$$

4. Sand Filter (SF-01)

Fungsi : Menyaring pasir yang terbawa oleh air sungai
 Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup ellipsoidal
 Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 grade C*
 Jumlah : 1 unit

1. Tekanan = 1 atm
2. Temperatur = 30°C = 303,15 K
3. Laju alir = 717139,25 kg/jam
4. Densitas = 995,68 kg/m³ = 62,160 lbm/ft³ (Perry, 1999)
5. Faktor kelonggaran = 20% (Peters dan Timmerhaus, 1991)

Sand filter dirancang untuk penampungan 1/4 jam operasi.

Sand filter dirancang untuk volume bahan penyaring 1/4 volume tangki.

Desain Sand Filter

a. Volume Tangki

$$\text{Volume air, } V_a = \frac{717139,25 \times 1/4}{995,68} = 18,006 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume air dan bahan penyaring } V_l = \left(1 + \left(\frac{1}{3}\right)\right) \times 18,006 = 24,009 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = (1 + 0,2) \times 24,009 \text{ m}^3 = 28,81 \text{ m}^3$$

b. Diameter dan tinggi *shell*

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi, D : H = 3 : 4

$$\text{Volume } shell \text{ tangki (} V_s) = \frac{1}{4} \pi D^3 \quad (\text{Brownel dan Young, 1959})$$

$$\text{Volume tutup tangki (Vh)} = \frac{\pi}{24} D^3 \quad (\text{Walas, 1990})$$

$$\text{Volume tangki (V)} = V_s + 2Vh$$

$$28,81 \text{ m}^3 = \frac{1}{3} \pi D^3$$

$$D = 1,748 \text{ m}$$

$$H_s = 2,62 \text{ m}$$

c. Diameter dan tinggi tutup

$$\text{Diameter tutup} = \text{diameter tangki} = 1,748 \text{ m}$$

$$H_h = \left(\frac{1}{4}\right) \times 1,748 \text{ m} = 0,437 \text{ m}$$

$$H_t (\text{Tinggi tangki}) = H_s + H_h = 3,49 \text{ m}$$

d. Tebal *shell* tangki dan tinggi penyaring

$$\text{Tinggi penyaring} = \left(\frac{1}{4}\right) \times 2,62 \text{ m} = 0,655 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki} = \frac{18,006}{28,81} \times 2,62 \text{ m} = 1,639 \text{ m}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times g \times h$$

$$= 995,68 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 1,639 \text{ m} / 1000$$

$$= 15,997 \text{ kpa}$$

$$P_{\text{filter}} = \rho \times g \times h$$

$$= 995,68 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 1,639 \text{ m} / 1000$$

$$= 6,399 \text{ kpa}$$

$$P_{\text{design}} = (1,2)(17,943 + 101,325)$$

$$= 19,143 \text{ psia}$$

$$\text{Joint efficiency (E)} = 0,8 \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Allowable stress (S)} = 13.700 \text{ psia} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,0125 \text{ in} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

Tebal *shell* tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P} + n$$

$$t = \frac{19,143 \text{ psia} \cdot 33,5115 \text{ in}}{2 \cdot 13.700 \cdot (0,8) - 1,2(19,143 \text{ psia})} + (10 \times 0,0125 \text{ in})$$

$t = 0,181 \text{ in}$

Tebal *shell* standar yang digunakan = 0,5 in (*Brownell & Young, 1959*)

5. Menara Air (MA-01)

- Fungsi : Menampung air dari *Sand Filter* (SF-201)
- Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*
- Jumlah : 1 unit
- Kondisi operasi :
1. Tekanan = 1 atm
 2. Temperatur = $30^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$
 3. Laju alir = $717139,25 \text{ kg/jam} = 9651,32 \text{ lbm/detik}$
 4. Densitas = $995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,158 \text{ lbm/ft}^3$ (Geankoplis, 1993)
 5. Viskositas = $0,8007 \text{ cP} = 0,001 \text{ lbm/ft.s}$ (Geankoplis, 1993)
 6. Kebutuhan = 1 hari
 7. Faktor kelonggaran = 20% (Peters dan Timmerhaus, 1991)

Perhitungan:

a. Volume tangki

$$\text{Volume larutan, } V_l = \frac{717139,25 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 6 \text{ jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 4321,64 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = (1 + 0,2) \times 4321,64 \text{ m}^3 = 5185,97 \text{ m}^3$$

b. Diameter dan tinggi *shell*

Direncanakan : Tinggi *shell* : diameter ($H_s : D = 2 : 3$) (Walas, 1990)

$$\text{Volume } \textit{shell} \text{ tangki (} V_s) = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$(V_s) = \frac{1}{2} \pi D^2 (3/2D)$$

$$(V_s) = \frac{3}{8} \pi d^3$$

$$\text{Volume tangki (V)} = V_s$$

$$5185,97 \text{ m}^3 = \frac{3}{8} \pi D^3$$

$$D_i = 22,121 \text{ m} = 870,92 \text{ in}$$

$$H_s = 33,182 \text{ m}$$

c. Tebal *shell* tangki

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan dalam tangki} &= \frac{4321,64}{5185,97} \times 33,182 \text{ m} \\ &= 27,651 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Phidrostatik} &= \rho \times g \times h \\ &= 995,68 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 27,651 \text{ m} \\ &= 269,80 \text{ kpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= (1,2)(53,826 \text{ psi} + 101,325 \text{ kpa}) \\ &= 64,591 \text{ Psia} \end{aligned}$$

$$\text{Joint efficiency } (E) = 0,8 \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Allowable stress } (S) = 13.700 \text{ psia} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,0125 \text{ in} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

Tebal *shell* tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P} + n$$

$$t = \frac{64,591 \text{ Psia} \times 565,189 \text{ in}}{2.13.700.(0,8) - 1,2(64,591 \text{ Psia})} + (10 \times 0,0125 \text{ in})$$

$$t = 3,32 \text{ in}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkantebal dinding menara air adalah $\frac{1}{4}$ in.

6. Penukar Kation (CE-01)

Fungsi : Mengikat kation yang terdapat dalam air

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi:

- Temperatur = 30 °C
- Tekanan = 1 atm
- Laju massa air = 29545,04 kg/jam
- Densitas air = 995,68 kg/m³ (Geankoplis, 2003)

- Kebutuhan perancangan = 1 jam

- Faktor keamanan = 20 %

Ukuran Cation Exchanger

Dari Tabel 12.4, *The Nalco Water Handbook*, diperoleh:

- Diameter penukar kation = 2 ft = 0,6096 m

- Luas penampang penukar kation = 3,14 ft²

Tinggi resin dalam *cation exchanger* = 2,5478 ft = 0,7767 m

Tinggi silinder = (1 + 0,2) 2,5478 ft = 3,0574 ft = 0,9319 m

Diameter tutup = diameter tangki = 0,6096 m

Rasio axis = 2 : 1

Tinggi tutup = $\frac{1}{2} * \left(\frac{0,6096}{2}\right)$
 = 0,1524m = 0,5 ft

Sehingga,

Tinggi *cation exchanger* = 2 × 0,1524 m + 0,9319 m = 1,2366 m = 4,0574 ft

Tebal Dinding Tangki

Tekanan hidrostatik: $Phid = \rho \times g \times h$

= 996,68 kg/m³ × 9,8 m/det² × 0,7767 m

= 7.578,77 Pa = 7,5787 kPa

Tekanan operasi = 1 atm = 101,325 kPa

P Total = 7,5787 kPa + 101,325 kPa

= 108,9025 kPa

Faktor kelonggaran = 5 %

Maka, Pdesain = (1,05) (108,9025 kPa)

= 114,3476 kPa = 15,7852 psia

Joint efficiency (<i>E</i>)	= 0,8	(Peters et.al., 2004)
Allowable stress (<i>S</i>)	= 13.700 psia	(Peters et.al., 2004)
Faktor korosi	= 0,0125 in	(Peters et.al., 2004)

Tebal *shell* tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P} + n$$

$$t = \frac{15,7852 \text{ psia} \cdot 0,6096 \text{ in}}{2 \cdot 13.700 \text{ psia} \cdot (0,8) - 1,2(15,7852 \text{ psia})} + (10 \times 0,0125 \text{ in})$$

$$t = 0,1420 \text{ in}$$

Tebal *shell* standar yang digunakan $\frac{1}{4}$ in

7. Penukar Anion (AE-01)

Fungsi : Mengikat anion yang terdapat dalam air

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 grade C

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi:

- Temperatur = 30 °C
- Tekanan = 1 atm
- Laju massa air = 29545,04 kg/jam
- Densitas air = 995,68 kg/m³ (Geankoplis, 2003)
- Kebutuhan perancangan = 1 jam
- Faktor keamanan = 20 %

Ukuran Cation Exchanger

Dari Tabel 12.4, *The Nalco Water Handbook*, diperoleh:

- Diameter penukar anion = 4 ft = 1,2192 m
- Luas penampang penukar anion = 12,6 ft²
- Tinggi resin dalam *cation exchanger* = 2,5 ft = 0,762 m
- Tinggi silinder = (1 + 0,2) 2,5 ft = 3ft = 0,9144 m

$$\text{Diameter tutup} = \text{diameter tangki} = 1,2192 \text{ m}$$

$$\text{Rasio axis} = 2 : 1$$

$$\text{Tinggi tutup} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1,2192}{2}\right) = 0,3048 \text{ m}$$

Sehingga,

$$\text{Tinggi anion exchanger} = 2 \times 0,3048 \text{ m} + 0,9144 \text{ m} = 1,5240 \text{ m}$$

Tebal Dinding Tangki

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik: } P_{hid} &= \rho \times g \times h \\ &= 996,68 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/det}^2 \times 0,762 \text{ m} \\ &= 7,4352 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan operasi} = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} P \text{ total} &= 7,4352 \text{ kPa} + 101,325 \text{ kPa} \\ &= 108,7661 \text{ kPa} = 15,7752 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor kelonggaran} = 5 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } P_{\text{desain}} &= (1,05) (108,7661 \text{ kPa}) \\ &= 16,7752 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Joint efficiency } (E) = 0,8 \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Allowable stress } (S) = 13.700 \text{ psia} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,0125 \text{ in} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

Tebal *shell* tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P} + n$$

$$t = \frac{16,7752 \text{ psia} \cdot 0,6096 \text{ in}}{2 \cdot 13.700 \text{ psia} \cdot (0,8) - 1,2(16,7752 \text{ psia})} + (10 \times 0,0125 \text{ in})$$

$$t = 0,1420 \text{ in}$$

Tebal *shell* standar yang digunakan $\frac{1}{4}$ in

8. Menara Pendingin (MP-01)

Menara pendingin berfungsi untuk memulihkan suhu air pendingin dari alat-alat proses pendingin dengan menggunakan udara lingkungan sebagai media

pendingin. Jenis alat yang dipilih yaitu menara pendingin *mechanical induced draft counterflow*. Data:

Suhu air masuk (Tw1) = 70°C = 316 K = 109,24 °F

Suhu air keluar (Tw2) = 30°C = 303 K = 85,73 °F

Suhu udara masuk (TG1) = 30 °C = 303 K = 85,73 °F

Suhu udara keluar (TG2) = 40 °C = 313 K = 103,73 °F

Kecepatan air masuk (Wc) = 3207199,29 kg/jam

Densitas air = 995,647 kg/m³

Dimensi Menara pendingin:

Laju alir volumetric air = $\frac{15770131,9}{995,647} = 155,274 \text{ m}^3/\text{jam}$

Luas penampang (A) = $\frac{155,274}{1,75} = 88,728 \text{ ft}^2 = 8,243 \text{ m}^2$

Alas Menara pendingin berbentuk lingkaran:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$32,972 \text{ m}^2 = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = 1,620 \text{ m}$$

Berdasarkan Perry, dengan approach berkisar 8 oF, dan range pendingin 25-35°F tinggi tower berkisar antara 15-20 ft. Dipilih tinggi menara pendingin = 20 ft = 6,1 m

9. Deaerator (DE)

Fungsi : Menghilangkan gas-gas terlarut dalam air

Bentuk : Silinder horizontal dengan alas dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

1. Tekanan = 1 atm

2. Temperatur = 30 C = 303,15 K

3. Laju alir = 192042,76 kg/jam

4. Densitas = 965,34 kg/jam (Geankoplis, 1993)
5. Viskositas = 0,8007 cP = 0,001 lbm/ft.s (Geankoplis, 1993)
6. Kebutuhan = 1 hari
7. Faktor kelonggaran = 20% (Peters dan Timmerhaus, 1991)

Perhitungan:

a. Volume tangki

$$\text{Volume larutan, } V_l = \frac{192042,76 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 24 \text{ jam}}{965,34 \text{ kg/m}^3} = 4774,5107 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = (1 + 0,2) \times 4774,510 \text{ m}^3 = 5729,4129 \text{ m}^3$$

Direncanakan : Tinggi *shell* : diameter (Hs : D = 2: 3) (Walas, 1990)

$$\text{Volume shell tangki (} V_s) = \frac{1}{4} \pi D_i^2 H$$

$$(V_s) = \frac{1}{2} \pi D^2 (3/2D)$$

$$(V_s) = \frac{3}{8} \pi d^3$$

$$\text{Volume tangki (} V) = V_s$$

$$5729,4129 \text{ m}^3 = \frac{3}{8} \pi D^3$$

$$D_i = 23,2516 \text{ m} = 915,4188 \text{ in}$$

$$H_s = 34,8774 \text{ m}$$

b. Diameter dan tinggi tutup

$$\text{Diameter tutup} = \text{diameter tangki} = 7,2661 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki} = \frac{4774,5107}{5729,4129} \times 34,8774 \text{ m} = 29,0645 \text{ m}$$

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi tutup, D : H = 4 : 1

$$\text{Tinggi tutup} = \frac{1}{4} 29,0645 = 7,2661$$

c. Tebal Tangki

$$\text{Phidrostatik} = \rho \times g \times h$$

$$= 995,68 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 29,0645 \text{ m}$$

$$= 274,9601 \text{ kpa}$$

$$P_{\text{design}} = (1,2)(274,9601 \text{ kpa} + 101,325 \text{ kpa})$$

$$= 276,160 \text{ Psia}$$

$$\text{Joint efficiency } (E) = 0,8 \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Allowable stress } (S) = 13.700 \text{ psia} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,0125 \text{ in} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

Tebal *shell* tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE-0,2P} + n$$

$$t = \frac{276,160 \text{ Psia} \times 1144,274 \text{ in}}{2 \cdot 13.700 \text{ psia} \cdot (0,8) - 1,2(276,160 \text{ Psia})} + (10 \times 0,0125 \text{ in})$$

$$t = 1,432 \text{ in}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan tebal dinding adalah $\frac{1}{4}$ in

10. Tangki Pelarut (TP)

Ada beberapa jenis tangki pelarutan, yaitu:

1. TP-01 : Tempat larutan alum
2. TP-02 : Tempat larutan soda abu
3. TP-03 : Tempat larutan asam sulfat
4. TP-04 : Tempat larutan NaOH
5. TP-05 : Tempat larutan kaporit

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C

Perhitungan untuk TP-01

Kondisi Pelarutan :

1. Tekanan = 1 atm
2. Temperatur = $30^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ K}$
3. Densitas = $1.363 \text{ kg/m}^3 = 0,8341 \text{ lbm/ft}^3$ (Perry, 1999)
4. laju massa alum = 867,357 kg/jam
5. Kebutuhan = 30 hari
6. Faktor kelonggaran = 20 % (Peters dan Timmerhaus, 1991)

Perhitungan:

- a. Volume tangki

$$\text{Volume larutan, } V_l = \frac{867,357 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 30 \text{ hari} \times 10 \text{ jam/hari}}{1.363 \text{ kg/m}^3} = 636,358 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = (1 + 0,2) \times 636,358 \text{ m}^3 = 763,630 \text{ m}^3$$

Karena sistem pengadukan menggunakan turbin berdaun enam dengan rancangan standar, maka tinggi larutan (HL) harus = Di

$$HL = D_i$$

b. Diameter dan tinggi *shell*

Direncanakan :

Tinggi *shell* : diameter (Hs : D = 1: 1) (Walas, 1990)

$$\text{Volume } shell \text{ tangki (} V_s) = \frac{1}{4} \pi D_i^2 H$$

$$(V_s) = \frac{1}{4} \pi D^3$$

$$\text{Volume tangki (} V) = V_s$$

$$636,358 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \pi D^3$$

$$D_i = 9,4906 \text{ m} = 373,647 \text{ in}$$

$$H_l = D = 9,4906 \text{ m}$$

$$H_s = 763,630 / (636,358)(9,4906) \text{ m} = 1,1420 \text{ m}$$

c. Tebal *shell* tangki

$$\begin{aligned} \text{Phidrostatik} &= \rho \times g \times I \\ &= 1.363 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 9,4906 / 1000 \\ &= 126,770 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= (1,2)(33,0812 + 101,325) \\ &= 39,697 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Joint efficiency (} E) = 0,8 \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Allowable stress (} S) = 13.700 \text{ psia} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,125 \text{ in} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

Tebal *shell* tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 1,2P} + n$$

$$t = \frac{39,697 \cdot 373,647 \text{ in}}{2 \cdot 13700 \text{ psia} \cdot (0,8)^{-1,2} (39,697)} + (10)(0,0125 \text{ in})$$

$$t = 0,759 \text{ in}$$

d. Daya Pengaduk

Jenis pengaduk : *flat 6 blade* turbin impeller

Jumlah baffle : 4 buah

Untuk turbin standar dengan (Geankoplis, 1993), diperoleh:

$$Da/Dt = 1/3 ; Da = 1/3 \times 9,4906 \text{ m} = 3,16 \text{ m}$$

$$H/Dt = 1 ; H = 9,4906 \text{ m}$$

$$L/Da = 1/4 ; L = 1/4 \times 9,4906 \text{ m} = 0,79 \text{ m}$$

$$W/Da = 1/5 ; W = 1/5 \times 9,4906 \text{ m} = 0,63 \text{ m}$$

$$J/Dt = 1/12 ; J = 1/12 \times 9,4906 \text{ m} = 0,26 \text{ m}$$

dengan:

Dt = diameter tangki

Da = diameter *impeller*

E = tinggi turbin dari dasar tangki

L = panjang *blade* pada turbin

W = lebar *blade* pada turbin

J = lebar *baffle*

Kecepatan pengadukan, N = 1 putaran/detik

Bilangan Reynold (NRe):

$$(NRe) = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu} = \frac{\left(0,8341 \frac{\text{lbm}}{\text{ft}^3}\right) \times 1 \times (9,4906)^2}{0,00887 \frac{\text{lbm}}{\text{ft} \cdot \text{s}}} = 111806,7433 \text{ (Turbulen)}$$

$$Np = 6,3 \quad (\text{Geankoplis, 1993})$$

$$P = \frac{Np \times N^3 \times Da^3 \times \rho}{gc} \quad (\text{Geankoplis, 1993})$$

$$P = \frac{6,3 \times 1^3 \times 3,16 \times 0,8341}{32,174} \times \frac{1}{550}$$

$$P = 0,09 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi} = 80\%$$

$$\text{Paktual} = \frac{0,09}{80\%} = 0,11 \text{ HP}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan daya pengaduk di tangki pelarutan alum yaitu sebesar 0,25 Hp.

Analog perhitungan dapat dilihat pada TP-01, sehingga diperoleh:

Tangki	Volume tangki (m ³)	Diameter tangki (m)	Daya pengaduk (hp)	Daya standar (hP)
TP-01	867,357	9,4906	0,11	0,025
TP-02	425,793	9,5306	0,011	0,025
TP-03	5,024	0,8184	3,53 x 10 ⁻⁰⁵	1/20
TP-04	1,1162	0,3226	6,06 x 10 ⁻⁰⁷	1/20
TP-05	0,0029	0,0256	1,27 x 10 ⁻⁰⁷	1/4

11. Ketel Uap (KU)

Fungsi : Menyediakan uap untuk kebutuhan proses

Jenis : *water tube boiler*

Bahan konstruksi : *carbon steel*

Kondisi operasi :

1. Tekanan = 1 atm
2. Temperatur = 230° C
3. Laju alir = 147725,2 kg/jam = 90,4078 lbm/jam
4. Densitas = 995,68 kg/m³ = 62,158 lbm/ft³ (Perry, 1999)
5. HHV Solar = 1881,7 kJ/jam = 778,9023 Btu/lbm (Smith, 1987)
6. Kebutuhan = 7 hari
7. Faktor kelonggaran = 20% (Peters dan Timmerhaus, 1991)

Perhitungan daya ketel uap :

$$W = \frac{34,5 \times P \times 970,3}{H}$$

dimana: P = Daya boiler, hp

W = Kebutuhan uap, lbm/jam

H = Panas laten *steam*, Btu/lbm

$$\text{Maka, } P = \frac{90,4078 \times 778,9023}{34,5 \times 970,3} = 2,103 \text{ Hp}$$

Mengitung Jumlah Tube

Dari *ASTM Boiler Code*, permukaan bidang pemanas = 10 ft²/hp

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan perpindahan panas, } A &= P \times 10 \text{ ft}^2/\text{hp} = 2,103 \text{ hp} \times 10 \text{ ft}^2/\text{h} \\ &= 21,0360 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan *tube* dengan spesifikasi :

- Panjang *tube* = 20 ft
- Diameter *tube* = 2,5 in
- Luas permukaan pipa, $a' = 0,647 \text{ ft}^2/\text{ft}$ (Kern, 1965)

Sehingga jumlah tube :

$$N_t = \frac{A}{L \times a'} = \frac{21,0360}{20 \text{ ft} \times 0,647} = 1,625 \text{ buah}$$

12. Tangki Utilitas (TU)

Fungsi : Menampung air untuk didistribusikan ke domestik

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

1. Tekanan = 1 atm
2. Temperatur = 30°C = 303,15 K
3. Laju alir = 1031,83 kg/jam
4. Densitas = 995,68 kg/m³ = 771,617 lbm/ft³ (Perry, 1999)
5. Viskositas = 0,8007 cP = 0,001 lbm/ft.s (Rwanda standard boards, 2017)
6. Kebutuhan = 24 jam
7. Faktor kelonggaran = 20% (Peters dan Timmerhaus, 1991)

Perhitungan:

a. Volume tangki

$$\text{Volume larutan, } V_l = \frac{1031,83 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 7 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 24,871 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = (1 + 0,2) \times 24,871 \text{ m}^3 = 29,846 \text{ m}^3$$

b. Diameter dan tinggi *shell*

Direncanakan : Tinggi *shell* : diameter ($H_s : D = 2 : 3$) (Walas, 1990)

$$\text{Volume shell tangki } (V_s) = \frac{1}{4} \pi D_i^2 H$$

$$(V_s) = \frac{1}{2} \pi D^2 (3/2D)$$

$$(V_s) = \frac{3}{8} \pi d^3$$

$$\text{Volume tangki (V)} = V_s$$

$$29,846 \text{ m}^3 = \frac{3}{8} \pi D^3$$

$$D_i = 1,678 \text{ m} = 66,071 \text{ in}$$

$$H_s = 2,517 \text{ m}$$

c. Tebal *shell* tangki

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki} = \frac{24,871}{29,846} \times 2,517 \text{ m} = 2,097 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Phidrostatik} &= \rho \times g \times I \\ &= 995,68 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 2,097 \text{ m} / 1000 \\ &= 21,212 \text{ kpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= (1,05)(0,017 + 101,325) \\ &= 1,067 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Joint efficiency (E)} = 0,8 \quad (\text{Peters et al., 2004})$$

$$\text{Allowable stress (S)} = 13.700 \text{ psia} \quad (\text{Peters et al., 2004})$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,125 \text{ in} \quad (\text{Peters et al., 2004})$$

Tebal *shell* tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 1,2P} + n$$

$$t = \frac{1,067 \text{ psia} \times 82,589 \text{ in}}{2 \cdot 913.700 \text{ psia} \cdot (0,8) - 1,2(1,067 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in}$$

$$t = 0,12 \text{ in}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan tebal shell tangki sebesar 0,5 Hp.

13. Tangki Bahan Bakar (TBB-01)

Fungsi : Menyimpan solar sebagai bahan bakar di ketel uap dan generator

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Kondisi operasi :

1. Tekanan = 1 atm
2. Temperatur = 30° C = 303,15 K
3. Laju alir = 4261,4023 kg/jam
4. Densitas = 860 kg/m³ = 55,56 lbm/ft³ (Perry, 1999)
5. Viskositas = 3,87 cP = 0,0025 lbm/ft.s (Rhodes dan Barbous, 1923)
6. Kebutuhan = 7 hari

Perhitungan:

a. Volume tangki

$$\text{Volume solar, } V_l = 4261,4023 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 7 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} = 715,915 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = (1+0,2) \times 715,915 \text{ m}^3 = 859,098 \text{ m}^3$$

b. Diameter dan tinggi *shell*

Direncanakan : Tinggi *shell* : diameter (Hs : D = 2: 3) (Walas, 1990)

$$\text{Volume } shell \text{ tangki (} V_s) = \frac{1}{4} \pi D_i^2 H$$

$$(V_s) = \frac{1}{2} \pi D^2 (3/2D)$$

$$(V_s) = \frac{3}{8} \pi d^3$$

$$\text{Volume tangki (V) = } V_s$$

$$859,098 \text{ m}^3 = \frac{3}{8} \pi D^3$$

$$D_i = 9,003 \text{ m} = 354,475 \text{ in}$$

$$H_s = 13,505 \text{ m}$$

c. Tebal *shell* tangki

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki} = \frac{715,915}{859,098} \times 13,505 \text{ m} = 11,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Phidrostatik} &= \rho \times g \times I \\ &= 890,0712 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 11,25 \text{ m} / 1000 \\ &= 98,170 \text{ kpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= (1,2)(0,02,89 + 101,325) \\ &= 0,034 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Joint efficiency } (E) = 0,8 \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Allowable stress } (S) = 13.700 \text{ psia} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,125 \text{ in} \quad (\text{Peters et.al., 2004})$$

Tebal *shell* tangki:

$$\begin{aligned} t &= \frac{PD}{2SE - 0,2P} + n \\ t &= \frac{0,125 \text{ psia} \cdot 354,475 \text{ in}}{2 \cdot 13.700 \text{ psia} \cdot (0,8) - 1,2(0,125 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in} \\ t &= 0,012 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka tebal *shell* standar yang digunakan = ½ in

14. Pompa Utilitas (PU)

Ada beberapa pompa utilitas, yaitu:

1. PU-01 : Memompa air laut ke bak sedimentasi
2. PU-02 : Memompa air dari bak sedimentasi ke *clarifier*
3. PU-03 : Memompa alum dari tangki pelarutan alum ke *clarifier*
4. PU-04 : Memompa larutan soda abu dari tangki pelarutan soda abu ke *clarifier*
5. PU-05 : Memompa air dari sand filter ke menara air
6. PU-06 : Memompa air dari tangki utilitas 1 ke kation exchanger
7. PU-07 : Memompa air dari Menara Air (MA) ke Menara pendingin
8. PU-08 : Memompa air ke domestic

9. PU-09 : Memompa larutan asam sulfat dari tangki pelarutan asam sulfat ke penukar kation (*cation exchanger*)
10. PU-10 : Memompa air dari *Cation Exchanger* (CE) ke *Anion Exchanger* (AE)
11. PU-11 : Memompa larutan NaOH dari tangki pelarutan NaOH ke penukar anion (*anion exchanger*)
12. PU-12 : Memompa air dari *anion exchanger* ke *deaerator*
13. PU-13: Memompa larutan kaporit dari Tangki Pelarutan Kaporit ke Tangki Utilitas 2
14. PU-14 : Memompa air dari Tangki Utilitas 2 (TU-02) ke kebutuhan domestik
15. PU-15: Memompa air pendingin dari Menara Pendingin Air ke unit proses
16. PU-16 : Memompa air dari Tangki *Deaerator* (DE) ke Ketel Uap (KU)
17. PU-17 : Memompa air dari Menara Air (MA) ke unit proses
18. PU-18 : Memompa bahan bakar solar dari TB ke Generator

Jenis : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : Commercial steel I

Perhitungan untuk PU-01

Fungsi : Mengalirkan air sungai ke bak sedimentasi

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

1. Tekanan = 1 atm
2. Temperatur = 30°C = 303,15 K
3. Laju alir = 15770131,9 kg/jam = 9651,321 lbm/jam
4. Densitas = 995,68 kg/m³ = 62,158 lbm/ft³ (Geankoplis, 1993)
5. Viskositas = 0,8007 cP = 0,001 lbm/ft.s (Geankoplis, 1993)

6. Laju volum (Q) = 155,274 ft³/s

Diameter optimum (asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned} D_{i,opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peters dan Timmerhaus, 1991}) \\ &= 3,9 (155,274 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} (62,158 \text{ lbm}/\text{ft}^3)^{0,13} \\ &= 6,012 \text{ in} \end{aligned}$$

Geankoplis (1993), digunakan pipa dengan spesifikasi:

1. Ukuran nominal = 3 in
2. *Schedule number* = 40
3. *Inside diameter (ID)* = 3,548 in = 0,2957 ft
4. *Outside diameter (OD)* = 4 in
5. *Inside sectional area* = 0,0687 ft²

Kecepatan linear (v) = Q/A

$$\begin{aligned} &= \frac{155,274 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0687 \text{ ft}^2} \\ &= 2260,18 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold (NRe)} &= \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \\ &= \frac{(62,158 \frac{\text{lbm}}{\text{ft}^3}) \times (2260,18 \frac{\text{ft}}{\text{s}}) \times (0,256 \text{ ft})}{0,001 \frac{\text{lbm}}{\text{ft} \cdot \text{s}}} \\ &= 830828 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

ϵ *equivalent roughness*) = 0,000046 (Geankoplis, 1993)

m = 0,0005

f = 16/Nre

= 0,0005

Faktor *friction loss*:

1. *Sharp edge entrance*

$$h_c = 0,55 \left(1 - \frac{A^2}{A^1} \right) \frac{V^2}{2\alpha \cdot g}$$

$$h_c = 0,55 (1 - 0) \frac{2260,18^2}{2 \cdot (1) \cdot (32,174)} = 19,3 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. 1 elbow 90°

Nilai $\alpha = 0,5$ untuk aliran laminar Nilai $K_f = 0,75$

$$h_f = n.K_f \frac{v^2}{2.g.c}$$

$$h_f = 1(0,75) \frac{2260,18^2}{2.(1).(32,174)} = 26,3 \text{ ft.lbf/lbm}$$

3. Check valve

Nilai $K_f = 2$

$$h_f = n.K_f \frac{v^2}{2.g.c}$$

$$h_f = 1(2) \frac{2260,18^2}{2.(32,174)} = 70,2 \text{ ft.lbf/lbm}$$

4. Pipa lurus 70 ft

$$F_f = 4.f \frac{\Delta L v^2}{D.2.g.c}$$

$$F_f = 4(0,00032) \frac{(70)2260,18^2}{0,256(2)(32,174)} = 78,6 \text{ ft.lbf/lbm}$$

5. 1 Sharp edge exit

$$h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \frac{v^2}{2\alpha.g}$$

$$h_{ex} = (1-0) \frac{2260,18^2}{2(1)(32,174)} = 35,1 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Total friction loss : $\sum F = (h_c + h_f + F_f + h_{ex}) = 229,7 \text{ ft.lbf/lbm}$

Dari persamaan Bernoulli:

$$\frac{1}{2\alpha} (V_2^2 - V_1^2) + g (Z_2 - Z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Nilai $v_1 = v_2$ dan $P_1 = P_2$ tinggi pemompn $\Delta z = 50 \text{ ft}$

$$\frac{1}{2(1)} (0) + 50 + 0 + 42,93 + W_s = 0$$

$W_s = 279,7 \text{ ft.lbf/lbm}$

$$\text{Daya pompa (P)} = \frac{W_s \times Q \times \rho}{550} = \frac{279,7 \times 155,274 \times 62,158}{550} = 5,57 \text{ Hp}$$

Efisiensi pomp (η) = 80%

$$P \text{ Aktual} = \frac{5,57}{0,8} = 6,96 \text{ Hp}$$

Maka tekanan untuk pompa yaitu sebesar 6,96 Hp.

Analog perhitungan dapat dilihat pada PU-01, sehingga diperoleh:

No	Pompa	Laju alir (kg/jam)	Diameter optimum (in)	Daya pompa (hp)	Power pompa (hp)
1	PU-01	15770131,9	0,82	6,9	5,5
2	PU-02	15770131,9	6,012	5,15	4,12
3	PU-03	867,357	0,065	0,7	0,6
4	PU-04	425,793	0,048	0,5	0,4
5	PU-05	717139,251	6,012	6,6	5,3
6	PU-06	29545,04	0,356	0,7	0,5
7	PU-07	52386,411	1,29	1,00	0,80
8	PU-08	1031,83	0,078	0,54	0,43
9	PU-09	5,024194	0,007	0,49	0,39
10	PU-10	29545,04	0,35	0,7	0,5
11	PU-11	1,116208	0,003	0,5	0,4
12	PU-12	29545,04	0,35	0,7	0,6
13	PU-13	0,00294	0,0002	0,7	0,6
14	PU-14	1031,83	0,078	0,5	0,4
15	PU-15	192042,76	0,82	0,7	0,6
16	PU-16	192042,76	0,82	0,5	0,5
17.	PU-17	4261,4023	0,03	0,3	0,2

Unit pengolahan limbah

15. Bak Penampungan (L-BP)

Fungsi : Menampung limbah sementara

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

1. Tekanan = 1 atm
2. Temperatur = 30°C = 303,15 K
3. Laju volumetrik = 8,35122 m³/jam
4. Densitas = 995,68 kg/m³ = 62,158 lbm/ft³ (Geankoplis, 1993)
5. Waktu = 10 jam
6. Faktor kelonggaran = 20% (Peters and Timmerhaus, 1991)

Jumlah limbah masuk (w) = 10 jam × 8,35122 m³/jam

= 83,5122 m³/jam

Volume bak = (1 + 20%) 83,5122 m³/jam

= 100,2147 m³

Desain perancangan:

Bak dibuat persegi panjang dengan dimensi sebagai berikut:

Panjang bak (P) = 3 × tinggi bak (T)

Lebar bak (L) = 2 × tinggi bak (T)

Perhitungan ukuran bak:

Volume (V) = P × L × T

V = (3T) × (2T) × (T)

T = (V/6)^{1/3}

= (100,2147 / 6)^{1/3}

= 5,5 m

Sehingga didapatkan ukuran dan dimensi lainnya sebagai berikut:

Panjang bak (P) = 3 × tinggi bak (T)

$$= 3 \times 5,5 \text{ m}$$

$$= 16,7 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bak (L)} = 2 \times \text{tinggi bak (T)}$$

$$= 2 \times 5,5 \text{ m}$$

$$= 11,13 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bak (T)} = 5,5 \text{ m}$$

16. Bak Pengendapan Awal (L-BA)

Fungsi : Mengendapkan limbah pada fasa awal

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

1. Tekanan = 1 atm
2. Temperatur = $30^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ K}$
3. Laju volumetrik = $8,35122 \text{ m}^3/\text{jam}$
4. Densitas = $995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,158 \text{ lbm/ft}^3$ (Geankoplis, 1993)
5. Waktu = 12 jam
6. Faktor kelonggaran = 20% (Peters and Timmerhaus, 1991)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah limbah masuk (w)} &= 10 \text{ jam} \times 8,35122 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 83,5122 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= (1 + 20\%) 83,5122 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 100,2147 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Desain perancangan:

Bak dibuat persegi panjang dengan dimensi sebagai berikut:

$$\text{Panjang bak (P)} = 3 \times \text{tinggi bak (T)}$$

$$\text{Lebar bak (L)} = 2 \times \text{tinggi bak (T)}$$

Perhitungan ukuran bak:

$$\text{Volume (V)} = P \times L \times T$$

$$V = (3T) \times (2T) \times (T)$$

$$T = (V/6)^{1/3}$$

$$= (100,2147 / 6)^{1/3}$$

$$= 5,567 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan ukuran dan dimensi lainnya sebagai berikut:

$$\text{Panjang bak (P)} = 3 \times \text{tinggi bak (T)}$$

$$= 3 \times 5,567 \text{ m}$$

$$= 16,702 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bak (L)} = 2 \times \text{tinggi bak (T)}$$

$$= 2 \times 5,567 \text{ m}$$

$$= 11,134 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bak (T)} = 5,567 \text{ m}$$

17. Bak Netralisasi (L-BN)

Fungsi :Menetralkan pH limbah. Untuk menetralkan limbah digunakan soda abu (Na_2CO_3).

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

1. Tekanan = 1 atm
2. Temperatur = $30^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$
3. Laju volumetrik = $8,35122 \text{ m}^3/\text{jam}$
4. Densitas = $995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,158 \text{ lbm/ft}^3$ (Geankoplis, 1993)
5. Waktu = 12 jam
6. FaKtor kelonggaran = 20% (Peters and Timmerhaus, 1991)

$$\text{Jumlah limbah masuk (w)} = 10 \text{ jam} \times 8,35122 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 83,5122 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume bak} = (1 + 20\%)83,5122 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 100,2147 \text{ m}^3$$

Desain perancangan:

Bak dibuat persegi panjang dengan dimensi sebagai berikut:

$$\text{Panjang bak (P)} = 3 \times \text{tinggi bak (T)}$$

$$\text{Lebar bak (L)} = 2 \times \text{tinggi bak (T)}$$

Perhitungan ukuran bak:

$$\text{Volume (V)} = P \times L \times T$$

$$V = (3T) \times (2T) \times (T)$$

$$T = (V/6)^{1/3}$$

$$= (100,2147 / 6)^{1/3}$$

$$= 4,17 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan ukuran dan dimensi lainnya sebagai berikut:

$$\text{Panjang bak (P)} = 3 \times \text{tinggi bak (T)}$$

$$= 3 \times 4,17 \text{ m}$$

$$= 12,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bak (L)} = 2 \times \text{tinggi bak (T)}$$

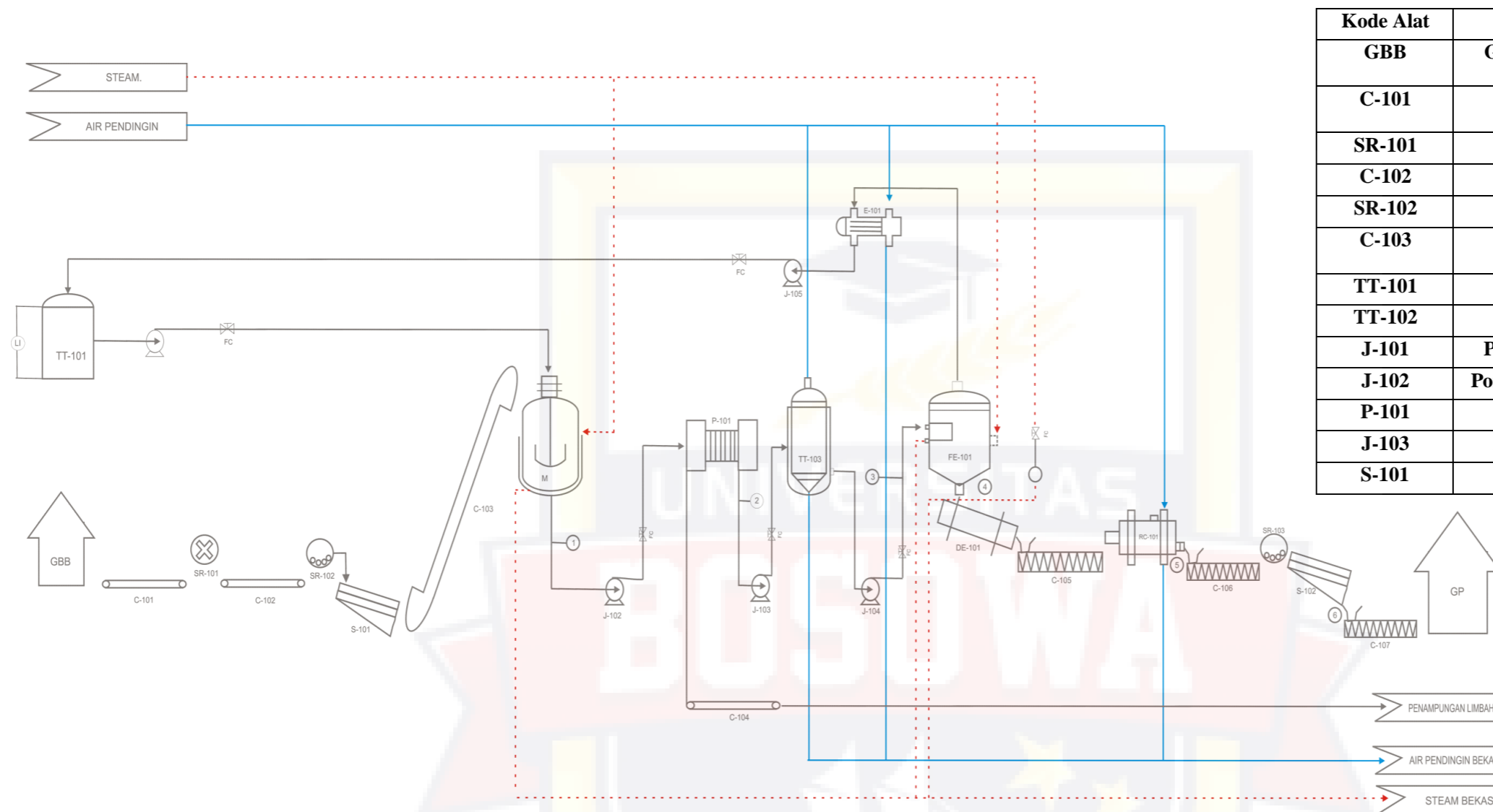
$$= 2 \times 4,17 \text{ m}$$

$$= 8,35 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bak (T)} = 4,17 \text{ m}$$

FLWSHEET PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN TANIN DARI KULIT BUAH KAKOADENGAN

KAPASITAS PRODUKSI 6000 TON/TAHUN



Kode Alat	Nama Alat	C-104	Screw conveyyor
GBB	Gudang bahan baku	TT-103	Tangki pengendapan
C-101	Belt conveyer	J-104	Pompa tangki pengendapan
SR-101	Hammer crusher	FE-101	Evaporator
C-102	Belt conveyer	DE-101	Rotary dryer
SR-102	Ball mill	C-105	Belt conveyer
C-103	Bucket elevator	RC-101	Rotary cooler
TT-101	Tangki etanol	C-106	Screw conveyyor
TT-102	Tangki ekstraksi	SR-103	Ball mill 2
J-101	Pompa tangki etanol	C-107	Belt conveyer
J-102	Pompa tangki ekstraksi	GP	Gudang produk
P-101	Filter press	E-101	kondensor
J-103	Pompa filter press	J-105	Pompa kondensor
S-101	Screen 1	S-102	Screen 2

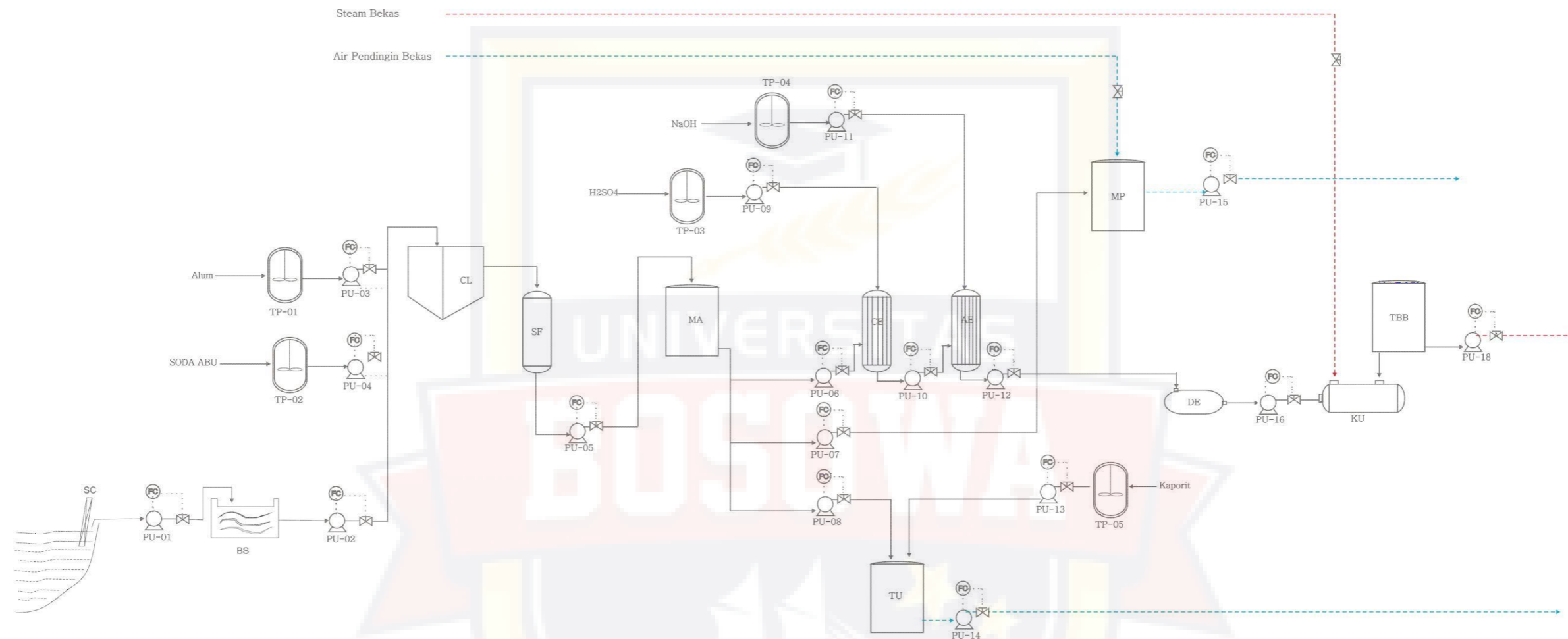
keterangan	
○	Nomor arus
FC	FLOW CONTROL
LC	LEVEL CONTROL

Komponen	Alur								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tanin (kg/jam)	830,621	0	830,621	0	822,315	822,31	822,31	0	822,31
Impuritis (kg/jam)	3114,83	0	3114,83	3114,8	0	0	0	0	0
Etanol (kg/jam)	0	3945,4	3945,45	39,454	3905,99	3905,6	3749,4	156,22	3,1245
Air (kg/jam)	207,655	207,66	415,31	12,459	411,157	411,16	16,446	394,71	7,8942
Subtotal	4153,1	4153,1	8306,21	3166,7	5139,47	5139,1	3765,8	1373,2	833,33
Total	8306,21	8306,21	8306,21	8306,21	8306,21	5139,1	5139,1	1373,2	1373,2

	JURUSAN TEKNIK KIMIAFAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
Disusun Oleh : Riska Putri Sry Yani (4518044026)	
Disetujui oleh Dosen Pembimbing : 1. Hermawati, S.Si., M.eng 2. M. Tang, ST.,M.Pkim.	

WATER TREATMENT PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN TANIN DARI KULIT BUAH KAKOADENGAN KAPASITAS

PRODUKSI 6000 TON/TAHUN



Kode alat	Nama alat	Kode alat	Nama alat
SC	Screen	TP-01	Tangki pelarut soda abu
BS	Bak Sedimentasi	TP-02	Tangki pelarut Alum
SF	Send Filter	TP-03	Tangki pelarut H ₂ SO ₄
CL	Clifier	TP-04	Tangki pelarut NaOH
MA	Menara Air	TP-05	Tangki pelarut Kaporit
MP	Menara Pendingin	TBB	Tangki bahan bakar
AE	Anion Exchanger	TU	Tangki Utilitas
CE	Kation Exchanger	CU	Ketel uap
DE	Daerator	PU	Pompa Utilitas



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA
MAKASSAR

Disusun Oleh :

Riska Putri Sry Yani (4518044026)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing :

1. Hermawati, S.Si., M.eng
2. M. Tang, ST.,M.Pkim.