

TUGAS AKHIR

PRA RENCANA PABRIK MINYAK BUAH MERAH KAPASITAS 70 TON PERTAHUN



No. INDUK	
TGL TERIMA	
B E I	
B E L H	
No. BUKU	
KOPIRI	

Diajukan Oleh :

AILEN TANJAYA	5203003011
SOE CARMELITA M.	5203003016
SUDONO	5203003055
CHINDY AMELIA	5203003064

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA
SURABAYA**

2006

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **Pra Rencana Pabrik** bagi mahasiswa tersebut di bawah ini :

1. Nama : Ailen Tanjaya NRP : 5203003011
2. Nama : Soe Carmelita M. NRP : 5203003016
3. Nama : Sudono NRP : 5203003055
4. Nama : Chindy Amelia NRP : 5203003064

Telah diselenggarakan pada tanggal **8 Juni 2006**, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik jurusan Teknik Kimia**.

Surabaya, 12 Juni 2006

Pembimbing II

Pembimbing I

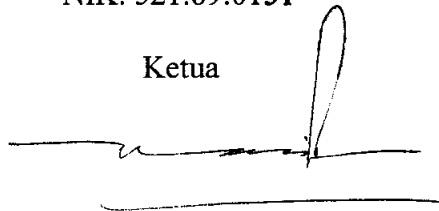

Ir. Yohanes Sudaryanto, MT.
NIK. 521.89.0151

Ir. Filicia Wicaksana, M.Sc., DIC., Ph.D
NIK. 521.92.0186

Ketua

Dewan Penguji,

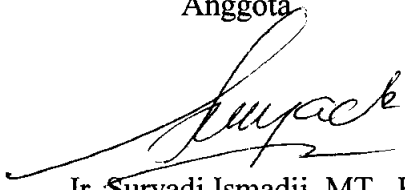
Sekretaris


Ir. M.G. Nani Indraswati
NIK. 521.86.0121


Ir. Yohanes Sudaryanto, MT.
NIK. 521.89.0151

Anggota

Anggota


Ir. Suryadi Ismadji, MT., Ph.D
NIK. 521.93.0198


Wenny Irawaty, ST, MT.
NIK. 521.97.0284

Mengetahui,


Ir. Rasiona Sirepu, M.Eng
NIK. 511.89.0154


Ir. Suryadi Ismadji, MT., Ph.D
NIK. 521.93.0198

LEMBAR PERNYATAAN

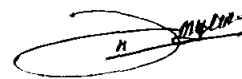
Dengan ini kami menyatakan bahwa laporan pra rencana pabrik ini betul-betul hasil karya kami sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa laporan pra rencana pabrik ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka kami sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan pra rencana pabrik ini tidak dapat kami gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 12 Juni 2006


Ailen Tanjaya
5203003011


Soe Carmelita M.
5203003016


Sudono
5203003055


Chindy Amelia
5203003064

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan bimbinganNya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik Minyak Buah Merah. Laporan ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia (S1) di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini terlaksana berkat bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu. Ir. Filicia Wicaksana, M.Sc., DIC., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I, yang telah banyak membimbing, memberi pengarahan dan masukan kepada penyusun.
2. Bpk. Ir. Yohanes Sudaryanto, MT selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberi banyak memberi bimbingan, masukan dan dorongan kepada penyusun.
3. Bpk. I. Made Budi (Papua) yang telah banyak memberi informasi tentang buah merah.
4. Bpk. Ir. Suryadi Ismadji, MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Khusus, Dosen Penguji, sekaligus Ketua Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang telah banyak memberi bimbingan, kemudahan, masukan dan dorongan kepada penyusun.
5. Ibu Ir. M.G. Nani Indraswati selaku Dosen Pembimbing Tugas Khusus dan dosen penguji, yang telah banyak memberi bimbingan, masukan dan pengarahan dengan baik.

6. Ibu. Wenny Irawaty, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Khusus dan dosen penguji, yang telah banyak memberi bimbingan, masukan dan pengarahan dengan baik.
7. Orang tua tercinta yang telah memberi banyak dukungan dan semangat sehingga laporan ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang secara tidak langsung telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian laporan penelitian laboratorium ini.
9. Seluruh rekan-rekan di lingkungan kampus maupun di luar kampus yang telah membantu penyelesaian laporan ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, maka dengan segala kerendahan hati penyusun mengharapkan serta menghargai kritik dan saran dari para pembaca yang ditujukan demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini. Akhir kata, penyusun berharap semoga laporan ini berguna bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 12 Juni 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Pernyataan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	x
Intisari	xii
Abstract	xiii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Bahan Baku dan produk	I-3
1.3. Analisa Pasar (<i>Market Analysis</i>)	I-16
1.4. Pemilihan Lokasi	I-18
BAB II PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES	II-1
2.1. Pertimbangan Pemilihan Proses	II-1
2.2. Diagram Alir dan Uraian Proses	II-8
2.3. Basis Perancangan	II-13
BAB III NERACA MASSA, ENERGI DAN UTILITAS	III-1
3.1. Neraca Massa dan Energi	III-1
3.2. Neraca Utilitas	III-6
BAB IV PERTIMBANGAN KESELAMATAN DAN LINGKUNGAN .	IV-1
4.1. Proses dan Bahan Berbahaya	IV-1
4.2. Dampak Lingkungan dan Penanganan Limbah	IV-1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN	V-1
5.1. Pertimbangan Pemilihan Alat	V-1
5.2. Spesifikasi Peralatan	V-3
BAB VI TATA LETAK	VI-1
6.1. Tata Letak Pabrik	VI-1
6.2. Tata Letak Alat Proses	VI-3
BAB VII SKEMA LOGIKA PENGENDALIAN PROSES	VII-1

7.1. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	VII-1
7.2. Prosedur dan Kelengkapan Start-Up dan Shut-Down	VII-5
BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI	VIII-1
8.1. Master Schedule	VIII-1
8.2. Struktur Organisasi	VIII-3
8.3. Kesejahteraan Karyawan	VIII-8
BAB IX INVESTASI DAN PERHITUNGAN EKONOMI	IX-1
9.1. Plant Cost Estimation	IX-1
9.2. Biaya Produksi Total.....	IX-2
9.3. Kelayakan Ekonomi	IX-3
9.4. Analisis Sensitivitas	IX-14
BAB X DISKUSI DAN KESIMPULAN	X-1
10.1. Diskusi	X-1
10.2. Kesimpulan	X-2
Daftar Pustaka	xiv
Appendix A (Perhitungan Neraca Massa)	A-1
Appendix B (Perhitungan Neraca Panas)	B-1
Appendix C (Perhitungan Spesifikasi Peralatan)	C-1
Appendix D (Perhitungan Analisa Ekonomi)	D-1
Appendix E (Tugas Khusus).....	E-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Buah Merah Panjang	I-7
Gambar 1.2. Buah Merah Pendek	I-8
Gambar 1.3. Buah Merah Cokelat	I-8
Gambar 1.4. Buah Merah Kuning	I-9
Gambar 1.5. Perbandingan Total Karoten pada Sari Buah Merah	I-12
Gambar 1.6. Perbandingan Total Betakaroten pada Sari Buah Merah	I-13
Gambar 1.7. Perbandingan Total Tokoferol pada Sari Buah Merah	I-13
Gambar 1.8. Buah Merah yang Sudah Dipotong	I-16
Gambar 2.1. Blok Diagram Pengolahan Buah Merah dengan Menggunakan Metode Pemerasan	II-3
Gambar 2.2. Blok Diagram Pengolahan Buah Merah dengan Menggunakan Metode Pemanasan	II-6
Gambar 2.3. Blok Diagram Pengolahan Buah Merah Metode Pemerasan dengan Modifikasi	II-11
Gambar 2.4. Minyak Buah Merah	II-12
Gambar 2.5. Kemasan Minyak Buah Merah	II-12
Gambar 2.6. Grafik Kenaikan Jumlah Penderita Kanker	II-13
Gambar 2.7. Perkiraan Kebutuhan Minyak Buah Merah	II-14
Gambar 3.1. Gambar Diagram Alir Utilitas Air	III-12
Gambar 3.2. Sistem Perpipaan untuk Pompa Air ke Tangki Demineralisasi	III-14
Gambar 3.3. Sistem Perpipaan untuk Pompa Air ke Tangki Penampung Air Boiler	III-20
Gambar 3.4. Sistem Perpipaan untuk Pompa Air Boiler	III-25
Gambar 3.5. Sistem Perpipaan pada Pompa Air Proses	III-29
Gambar 3.6. Sistem Perpipaan untuk Pompa Air Sanitasi	III-35
Gambar 3.7. Sistem Perpipaan untuk Air Proses ke Sand Filter	III-39
Gambar 3.8. Sistem Perpipaan untuk Air ke Bak Penampung Air Proses .	III-43
Gambar 3.9. Sistem Perpipaan untuk Air ke Bak Penampung Air Bersih .	III-47
Gambar 3.10. Sistem Perpipaan untuk Air ke Pembuangan	III-52
Gambar 6.1. Tata Letak Pabrik	VI-2
Gambar 6.2. Tampak Atas Tata Letak Peralatan Pabrik	VI-5

Gambar 6.3. Tampak Samping Tata Letak Peralatan Pabrik	VI-6
Gambar 7.1. Gambar Tangki dengan Level Indicator	VII-3
Gambar 7.2. Gambar Tangki dengan Jaket Pemanas dengan Level dan Temperature Indicator	VII-4
Gambar 8.1. Blok Diagram Struktur Organisasi	VIII-11
Gambar 9.1. Grafik Penentuan POT Sebelum Pajak	IX-12
Gambar 9.2. Grafik Penentuan POT Setelah Pajak	IX-13
Gambar 9.3. Grafik Break Even Point (BEP)	IX-14
Gambar C.1. Scrapper	C-4
Gambar C.2. Tangki Pemanas II	C-28
Gambar C.3. Expeller Press	C-41
Gambar C.4. Mesin Pengemasan Tampak Samping.....	C-45
Gambar C.5. Mesin Pengemasan Tampak Atas.....	C-45
Gambar E.1. Dekanter Tampak Atas	E-16
Gambar E.2. Dekanter Tampak Samping	E-17

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Syarat Tumbuh Tanaman Buah Merah.....	I-6
Tabel 1.2. Perbandingan Karakteristik Setiap Varietas Buah Merah	I-10
Tabel 1.3. Kandungan Buah Merah Panjang	I-11
Tabel 1.4. Kandungan Senyawa Aktif dalam Sari Buah Merah setiap 100 mL	I-11
Tabel 1.5. Komposisi Pasta Buah Merah	I-16
Tabel 1.6. Data Penderita Kanker di Indonesia pada Tahun 1998-2004	I-17
Tabel 2.1. Perbedaan Proses Pengolahan Buah Merah dengan Metode Pemerasan dan Metode Pemanasan	II-6
Tabel 3.1. Tabel Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses	III-55
Tabel 3.2. Tabel Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas	III-56
Tabel 3.3. Tabel Kebutuhan Listrik untuk Penerangan	III-56
Tabel 6.1. Jumlah dan Luas dari Bagian-Bagian Tata Letak Pabrik	VI-3
Tabel 7.1. Tabel Penggunaan Alat Kontrol pada Berbagai Jenis Tangki ..	VII-3
Tabel 7.2. Jenis Alat Indikator, Final Control Element dan Pengontrol	VII-4
Tabel 7.3. Jenis-Jenis Variable pada Tiap Indikator	VII-4
Tabel 7.4. Waktu Operasi dan Shut Down Peralatan	VII-6
Tabel 8.1. Master Schedule Pabrik Minyak Buah Merah	VIII-1
Tabel 8.2. Pembagian Shift Karyawan	VIII-7
Tabel 8.3. Pembagian Waktu Kerja Karyawan Shift	VIII-7
Tabel 8.4. Pembagian Waktu Kerja Karyawan Keamanan	VIII-8
Tabel 8.5. Jumlah Tenaga Kerja	VIII-10
Tabel 9.1. Hubungan antara Kapasitas Produksi dengan Biaya Operasi ...	IX-4
Tabel 9.2. Total Investasi Pabrik dari Modal Sendiri	IX-5
Tabel 9.3. Total Investasi Pabrik dari Modal Pinjaman	IX-5
Tabel 9.4. Cash Flow	IX-7
Tabel 9.5. Data Laba Bersih	IX-9
Tabel 9.6. Data Cash Flow	IX-9
Tabel 9.7. Data Net Cash Flow untuk IRR Sebelum Pajak	IX-10
Tabel 9.8. Data Net Cash Flow untuk IRR Setelah Pajak	IX-10
Tabel 9.9. Data Net Cash Flow untuk ROE Sebelum Pajak	IX-11

Tabel 9.10. Data Net Cash Flow untuk ROE Setelah Pajak	IX-11
Tabel 9.11. Data Perhitungan POT Sebelum Pajak	IX-12
Tabel 9.12. Data Perhitungan POT Setelah Pajak	IX-13
Tabel 9.13. Hubungan antara Kapasitas Produksi dengan Laba Sebelum Pajak	IX-14
Tabel D.1. Harga Peralatan Proses	D-1
Tabel D.2. Bak Penampungan Proses	D-2
Tabel D.3. Harga Peralatan Utilitas	D-2
Tabel D.4. Bak Penampungan Utilitas	D-3
Tabel D.5. Harga Tanah dan Bangunan	D-3
Tabel D.6. Harga Kemasan Produk	D-5
Tabel D.7. Harga Jual Produk	D-5
Tabel D.8. Perincian Gaji Karyawan Tiap Bulan	D-6

INTISARI

Selama beberapa tahun terakhir ini, industri farmasi gencar mengembangkan obat-obatan sintetis kimia. Obat-obatan ini dianggap lebih cepat menyembuhkan penyakit sehingga obat alami sempat mengalami keterpurukan. Akan tetapi, seiring dengan kesadaran manusia untuk kembali ke alam (*back to nature*) maka produksi obat alami kembali dilirik. Buah merah sebagai salah satu tanaman obat juga memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan. Salah satu alasan pengembangannya adalah kandungan bahan aktif yang dimiliki buah merah beragam dan cukup tinggi sehingga mampu mencegah dan mengobati berbagai penyakit.

Popularitas buah merah terus meningkat, ini terbukti dengan semakin banyaknya masyarakat yang mengkonsumsinya meskipun baru sekitar empat tahun diperkenalkan. Dengan adanya peluang yang besar tersebut serta jumlah pabrik yang memproduksi minyak buah merah di Indonesia hanya 5 pabrik (yang terdaftar dalam Badan Pengawas Obat dan Makanan), maka dilakukan perancangan pabrik minyak buah merah ini.

Proses produksi minyak buah merah dimulai dengan persiapan bahan baku, pengukusan dan pemisahan menjadi sari buah serta pemisahan menjadi minyak buah merah sehingga menjadi produk yang siap dipasarkan ke konsumen. Sedangkan hasil produk samping berupa pasta buah merah dapat digunakan sebagai bahan baku industri kosmetik dan empulur dapat digunakan sebagai bahan baku industri makanan ternak.

Kandungan Produk : 98,4 % minyak; 0,99% air dan sisanya berupa pasta

Perencanaan Operasi

Kapasitas produksi	: 70 ton minyak buah merah/tahun
Metode operasi	: Batch, 300 hari kerja
Bahan dan jumlah baku utama	: Buah merah (10.000kg/hari)
Utilitas - Air	: 54,4 m ³ /hari
- Steam	: 179,71 kg/hari
- Listrik	: 109,76 kW/hari
- Residual Oil	: 3.750 L/tahun
- Solar	: 3.133,4 L/tahun
Jumlah tenaga kerja	: 80 orang
Lokasi pabrik	: Pandaan, Jawa Timur
Luas tanah	: 7.700 m ²

Analisa Ekonomi

Modal Tetap (FCI)	: Rp. 23.942.373.220,00
Modal Kerja (WCI)	: Rp. 5.985.593.305,00
Biaya Produksi Total (TPC)	: Rp. 67.263.315.344,00
Penjualan per tahun	: Rp. 84.732.825.000,00

Metode Discounted Cash Flow

Return on Investment (ROI)	= 31,89%
Net Present Value (NPV)	= 35,14%
Interest Rate of Return (IRR) sebelum pajak	= 42,64%
Interest Rate of Return (IRR) setelah pajak	= 29,78%
Rate of Equity (ROE) sebelum pajak	= 45,02%
Rate of Equity (ROE) setelah pajak	= 39,18%
Pay Out time (POT) sebelum pajak	= 2 tahun 5 bulan
Pay Out time (POT) setelah pajak	= 3 tahun 5 bulan
Break Even Point (BEP)	= 24,48%

ABSTRACT

In recent years, pharmaceutical industries have been repeatedly developing chemical synthetic medicines. These medicines are considered faster to heal diseases, that natural medicines are rarely used anymore. However, along with human consciousness to return to nature, the productions of natural medicines are considered again. Red fruit as one of the medicinal plants also has a bright prospect and thus are worth to be developed. One of its properties that make it the most wanted medicines is its active ingredients which are various and high enough to prevent or treat many kind of diseases.

The popularity of Red Fruit keeps on increasing. It is proven by the increasing number of people who consumed it, even though it was just 4 years post since it was first introduced with such a big opportunity a head and the fact that there were only 5 factories (which are on list in "*Badan Pengawas Obat dan Makanan*") in Indonesia which produce Red Fruit oil, this Red Fruit factory plan are finally made.

The production process of Red Fruit begins with the raw material preparation, continued with cooking and separation of fruit juice. The fruit juice is then separated again to produce the Red Fruit oil as the final product which will be distributed to consumers. The by product, Red Fruit paste can be used as the raw material for cosmetics industries, while pith can be used as the raw material for animal feed industry. The final product contains 98,4% Red fruit oil; 0,99% water and the rest is paste.

Plant Design

Product Capacity	: 70 ton red fruit oil/year
Operating Condition	: Batch, 300 work days
Raw Material	: Red fruit (10.000kg/day)
Utilities:	
- Water	: 54,4 m ³ /day
- Steam	: 179,71 kg/day
- Electricity	: 109,76 kW/day
- Residual Oil	: 3.750 L/year
- Diesel Fuel	: 3.133,4 L/year
Employers	: 80 peoples
Plant Location	: Pandaan, East Java
Land Area	: 7.700 m ²

Economic Analysis

Fixed Capital Investment (FCI)	: Rp. 23.942.373.220,00
Working Capital Investment (WCI)	: Rp. 5.985.593.305,00
Total Production Cost (TPC)	: Rp. 67.263.315.344,00
Sales per Year	: Rp. 84.732.825.000,00

Discounted Cash Flow Method

Return on Investment (ROI)	: 31,89%
Net Present Value (NPV)	: 35,14%
Interest Rate of Return (IRR) before taxes	: 42,64%
Interest Rate of Return (IRR) after taxes	: 29,78%
Rate of Equity (ROE) before taxes	: 45,02%
Rate of Equity (ROE) after taxes	: 39,18%
Pay Out time (POT) before taxes	: 2 years 5 months
Pay Out time (POT) after taxes	: 3 years 5 months
Break Even Point (BEP)	: 24,48%

Lebar warehouse (l)	: 15 m
Panjang warehouse (p)	: 16 m
Luas tanah	: 240 m ²
Luas dinding	: 697 m ²
Bahan konstruksi	: concrete beton
Jumlah	: 1 unit



3. Scrapper (FG-121)

Fungsi	: Memisahkan empulur dari buah merah
Tipe	: Davis standar dual diameter scrapper (http://davis-standard.com/ssextrud.htm).
Dasar pemilihan	: Proses pembuangan empulur lebih efisien dan mudah dibersihkan.

Waktu operasi scrapper = 1,5 jam/hari = 90 menit/hari

Buah merah yang masuk scrapper per hari = 1.670 buah/hari

Buah merah yang masuk scrapper per menit

$$= \frac{1.670 \text{ buah/hari}}{90 \text{ menit/hari}}$$

$$= 18,56 \text{ buah/menit} \approx 19 \text{ buah/menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter empulur} &= \text{Diameter buah merah} - 2 \times \text{panjang biji buah merah} \\ &= 15 \text{ cm} - 2 \times (1 \text{ cm}) \\ &= 13 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar C.1. Scrapper

Spesifikasi Scrapper :

Nama alat	: Scrapper
Diameter bahan masuk	: 13 cm
Power	: 2 hp

Kecepatan	: 19 rpm
Tinggi	: 2 m
Lebar	: 0,75 m
Panjang	: 4 m
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: Stainless steel

4. Screw Conveyor I (C-131)

Fungsi	: Untuk mengangkut biji buah merah dari scrapper menuju ke tangki pencucian.
Tipe	: Screw conveyor dengan kemiringan 30°.
Dasar pemilihan	: Cocok untuk kapasitas besar dan ekonomis.
Waktu operasi	: 15 menit/hari = 0,25 jam/hari
Kapasitas	: 3.375 kg/hari = 13,5 ton/jam
Panjang	: 10 m = 32,81 ft
Sudut elevasi	: 30°

Dari Perry, 6th ed., tabel 7-6, 9, 7-7, untuk kapasitas 2400 kg/jam didapat :

- Diameter flight = 9 inch
- Diameter poros = 2 inch
- D lubang feed = 6 inch

Untuk kapasitas = 5.000 kg/jam didapat :

- Kecepatan screw = 40 rpm
- Power motor = 2,11 hp

Jadi, untuk kapasitas 13.000 kg/jam didapat :

- Diameter flight $= \frac{13.500 \text{ ton/jam}}{2.400 \text{ ton/jam}} \times 9 \text{ inch}$
 $= 50,625 \text{ inch} = 1,284 \text{ m} \approx 1,3 \text{ m}$
- Diameter poros $= \frac{13.500 \text{ ton/jam}}{2.400 \text{ ton/jam}} \times 2 \text{ inch}$
 $= 11,25 \text{ inch} = 0,285 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$
- D lubang feed $= \frac{13.500 \text{ ton/jam}}{2.400 \text{ ton/jam}} \times 6 \text{ inch}$
 $= 33,75 \text{ inch} = 0,855 \text{ m} \approx 0,9 \text{ m}$

- Kecepatan screw
$$= \frac{13.500 \text{ ton/jam}}{5.000 \text{ ton/jam}} \times 40 \text{ rpm}$$
$$= 108 \text{ rpm}$$

- Power motor
$$= \frac{13.500 \text{ ton/jam}}{5.000 \text{ ton/jam}} \times 2,11 \text{ hp}$$
$$= 5,697 \text{ hp}$$

Efisiensi = 80% (Peter and Timmerhaus, 4th ed. fig 14-38, p.521)

$$\text{Power yang dibutuhkan} = \frac{5,697 \text{ hp}}{0,8} = 7,12 \text{ hp} \approx 7,25 \text{ hp}$$

Spesifikasi Screw Conveyor I :

Nama alat	: Screw conveyor
Kapasitas	: 13,5 ton/jam
Panjang	: 10 m
Kecepatan Screw	: 108 rpm
Power	: 7,25 hp
Sudut elevasi	: 30°
Bahan konstruksi	: Stainless steel
Jumlah	: 2 unit

5. Screw Conveyor II (C-221)

Fungsi	: Untuk mengangkut biji buah merah dari tangki pencucian menuju ke tangki pemanasan I.
Tipe	: Screw conveyor dengan kemiringan 30°.
Dasar pemilihan	: Cocok untuk kapasitas besar dan ekonomis.
Waktu operasi	: 15 menit/hari = 0,25 jam/hari
Kapasitas	: 3.380 kg/hari = 13,52 ton/jam
Panjang	: 9 m = 29,53 ft
Sudut elevasi	: 30°

Dari Perry, 6th ed., tabel 7-6, 9, 7-7, untuk kapasitas 2400 kg/jam didapat :

- Diameter flight = 9 inch
- Diameter poros = 2 inch
- D lubang feed = 6 inch

Untuk kapasitas = 5.000 kg/jam didapat :

- Kecepatan screw = 40 rpm
- Power motor = 2,11 hp

Jadi, untuk kapasitas 13.520 kg/jam didapat :

- Diameter flight $= \frac{13.520 \text{ ton/jam}}{2.400 \text{ ton/jam}} \times 9 \text{ inch}$
 $= 50,7 \text{ inch} = 1,287 \text{ m} \approx 1,3 \text{ m}$
- Diameter poros $= \frac{13.520 \text{ ton/jam}}{2.400 \text{ ton/jam}} \times 2 \text{ inch}$
 $= 11,27 \text{ inch} = 0,287 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$
- D lubang feed $= \frac{13.520 \text{ ton/jam}}{2.400 \text{ ton/jam}} \times 6 \text{ inch}$
 $= 33,8 \text{ inch} = 0,858 \text{ m} \approx 0,9 \text{ m}$
- Kecepatan screw $= \frac{13.520 \text{ kg/jam}}{5.000 \text{ kg/jam}} \times 40 \text{ rpm}$
 $= 108,16 \text{ rpm}$
- Power motor $= \frac{13.520 \text{ kg/jam}}{5.000 \text{ kg/jam}} \times 2,11 \text{ hp}$
 $= 5,71 \text{ hp}$

Efisiensi = 80% (Peter and Timmerhaus, 4th ed.fig 14-38,p.521)

$$\text{Power yang dibutuhkan} = \frac{5,71 \text{ hp}}{0,8} = 7,14 \text{ hp} \approx 7,25 \text{ hp}$$

Spesifikasi Screw Conveyor II :

Nama alat	: Screw conveyor
Kapasitas	: 13,52 ton/jam
Waktu operasi	: 0,25 jam/hari
Panjang	: 9 m
Kecepatan Screw	: 108,16 rpm
Power	: 7,25 hp
Sudut elevasi	: 30°
Saringan	: 7 mesh
Bahan konstruksi	: Stainless steel
Jumlah	: 2 unit

6. Screw Conveyor III (C-321)

Fungsi : Untuk mengangkut biji buah merah dari tangki pemanasan I menuju ke expeller press.

Tipe : Screw conveyor yang dilengkapi saringan.

Dasar pemilihan : Cocok untuk kapasitas besar dan ekonomis.

Waktu operasi : 1 jam/hari

Kapasitas : 3.541 kg/hari = 3,54 ton/jam

Panjang : 4 m = 13,12 ft

Dari Perry, 6th ed., tabel 7-6, 9, 7-7, untuk kapasitas 2400 kg/jam didapat :

- Diameter flight = 9 inch
- Diameter poros = 2 inch
- D lubang feed = 6 inch

Untuk kapasitas = 5.000 kg/jam didapat :

- Kecepatan screw = 40 rpm
- Power motor = 2,11 hp

Jadi, untuk kapasitas 3.541 kg/jam didapat :

- Diameter flight $= \frac{3.541 \text{ kg/jam}}{2.400 \text{ kg/jam}} \times 9 \text{ inch}$
 $= 13,28 \text{ inch} = 0,337 \text{ m} \approx 0,4 \text{ m}$
- Diameter poros $= \frac{3.541 \text{ kg/jam}}{2.400 \text{ kg/jam}} \times 2 \text{ inch}$
 $= 2,95 \text{ inch} = 0,074 \text{ m} \approx 0,1 \text{ m}$
- D lubang feed $= \frac{3.541 \text{ kg/jam}}{2.400 \text{ kg/jam}} \times 6 \text{ inch}$
 $= 8,853 \text{ inch} = 0,226 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$
- Kecepatan screw $= \frac{3.541 \text{ kg/jam}}{5.000 \text{ kg/jam}} \times 40 \text{ rpm}$
 $= 29 \text{ rpm}$
- Power motor $= \frac{3.541 \text{ kg/jam}}{5.000 \text{ kg/jam}} \times 2,11 \text{ hp}$
 $= 1,5 \text{ hp}$

Efisiensi = 80%

(Peter and Timmerhaus, 4th ed. fig 14-38, p.521)

$$\text{Power yang dibutuhkan} = \frac{1,5 \text{ hp}}{0,8} = 1,875 \text{ hp} \approx 2 \text{ hp}$$

Spesifikasi Screw Conveyor III :

Nama alat	: Screw conveyor
Waktu operasi	: 1 jam/hari
Kapasitas	: 3,54 ton/jam
Panjang	: 4 m
Kecepatan Screw	: 29 rpm
Power	: 2 hp
Saringan	: 7 mesh
Bahan konstruksi	: Stainless steel
Jumlah	: 2 unit

7. Tangki Pencucian (TT-211)

Fungsi	: Untuk mencuci buah merah
Tipe	: Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas terbuka dengan pengaduk.
Dasar pemilihan	: Cocok untuk pencucian buah merah
Kondisi operasi	: T = 30°C, P = 1 atm
Kapasitas	: Biji buah merah kotor = 6,5 ton/hari
	Air = 65 ton/hari
	Massa total = 71,5 ton / hari

Data-data yang diperoleh (*H. Machmud Yahya dan Bernard T. Wahyu Wiryanta, 2005*) : waktu pencucian 1 jam

Diasumsi :

Volume bahan masuk di asumsi volume biji buah merah karena volume pengotor kecil sekali. Dan volume mesokorp yang sangat kecil (0,25 ton/hari) jadi diasumsi tidak ada mesokorp yang masuk.

Buah merah dan biji buah merah berupa tabung, maka luas permukaan 1 buah merah :

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan} &= (2 \times \pi \times r \times t) + (2 \times \pi \times r^2) \\ &= (2 \times 3,14 \times 7,5 \text{ cm} \times 150 \text{ cm}) + (2 \times 3,14 \times (7,5 \text{ cm})^2) \end{aligned}$$

$$= 7.418,25 \text{ cm}^2$$

Total biji buah merah yang masuk ke tangki pencucian :

$$= 7.418,25 \text{ cm}^2/\text{buah} \times 7 \text{ biji/cm}^2 \times 1.670 \text{ buah/hari}$$

$$= 8,66.10^7 \text{ biji/hari}$$

$$\text{Volume 1 biji buah merah} = \pi \times r^2 \times t$$

$$= \pi \times (0,1 \text{ cm})^2 \times 1 \text{ cm}$$

$$= 0,0314 \text{ cm}^3$$

Debit pada tangki pencucian :

Debit total biji buah merah yang masuk ke tangki pencucian :

$$= 0,0314 \text{ cm}^3/\text{biji} \times 8,66.10^7 \text{ biji/hari}$$

$$= 2,72.10^6 \text{ cm}^3/\text{hari} = 2,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\rho_{\text{air}} (30^\circ\text{C}) = 995,68 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Geankoplis, 3.ed, p.855})$$

$$\text{Debit air} = \frac{\text{Laju alir massa air}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$= \frac{65.000 \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 65,28 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Debit total} = \text{debit air} + \text{debit total biji buah merah}$$

$$= 65,28 \text{ m}^3/\text{hari} + 2,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 68 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Jumlah batch} = 2 \text{ batch/hari}$$

$$\text{Debit total tiap batch} = \frac{68 \text{ m}^3/\text{hari}}{2 \text{ batch/hari}}$$

$$= 34 \text{ m}^3/\text{batch}$$

$$\text{Lubang pengeluaran} = d = 30 \text{ in} = 76,2 \text{ cm} = 0,762 \text{ m} \quad (\text{Perry, ed.3, p.1347})$$

$$\text{Sudut konis} = \alpha = 45^\circ$$

$$\text{Diambil tinggi} = H = D = 2R$$

$$t = \frac{r}{\tan 45} = \frac{r}{1} = r$$

$$T = \frac{R}{\tan 45} = \frac{R}{1} = R$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa total max dalam tangki} &= \frac{\text{Laju alir massa (air + biji buah merah)}}{2 \text{ batch/hari}} \\
 &= \frac{71,5 \text{ ton/hari}}{2 \text{ batch/hari}} \\
 &= 35,75 \text{ ton/batch}
 \end{aligned}$$

$$\text{Safety allowance} = 10\% \quad (\text{Vilbrandt, 1959, p.152})$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume max tangki} &= (100+10)\% \times 34 \text{ m}^3/\text{batch} \\
 &= 37,4 \text{ m}^3/\text{batch}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tangki} &= \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot T - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t \right) + \pi \cdot R^2 \cdot H \\
 &= \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot R - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot r \right) + \pi \cdot R^2 \cdot 2R \\
 &= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^3 + 2 \cdot \pi \cdot R^3 - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^3
 \end{aligned}$$

$$37,4 \text{ m}^3 = 7,327 \cdot R^3 - 0,174$$

$$R^3 = 5,128 \text{ m}^3$$

$$R = 1,724 \text{ m}$$

$$D = 2R = 2 \times 1,724 \text{ m} = 3,448 \text{ m} = 135,78 \text{ in}$$

$$H = D = 3,448 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bahan dalam konis} = T - t = R - r = 1,724 \text{ m} - 0,381 \text{ m} = 1,343 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total bahan dalam tangki} = H + (T - t) = 3,448 \text{ m} + 1,343 \text{ m} = 4,791 \text{ m}$$

Tekanan hirostatik :

$$Ph = \rho_{\text{camp}} \times H_{\text{bahan}} \times g$$

Keterangan :

$$Ph = \text{tekanan hidrostatik pada dasar bejana (kg/m}^2\text{)}$$

$$\rho_{\text{camp}} = \text{densitas bahan masuk (kg/m}^3\text{)}$$

$$H_{\text{bahan}} = \text{tinggi total material (m)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Densitas biji buah merah masuk} &= \frac{\text{Laju alir massa biji buah merah}}{\text{Debit biji buah merah}} \\
 &= \frac{6.500 \text{ kg/hari}}{2,72 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 2389,706 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Densitas air} = 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Fraksi massa biji buah merah} = \frac{6,5 \text{ ton}}{71,5 \text{ ton}} = 0,091$$

$$\text{Fraksi massa air} = 1 - 0,091 = 0,909$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{X_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} + \frac{X_{\text{biji buah merah}}}{\rho_{\text{biji buah merah}}}$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{0,909}{995,68} + \frac{0,091}{2.389,706}$$

$$\rho_{\text{camp}} = 1.051,5 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} Ph &= 1.051,5 \text{ kg/m}^3 \times 4,791 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 49.369,82 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\text{total}} &= Ph \\ &= 49.369,82 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\text{design}} &= 1,2 \times p_{\text{total}} && (\text{Rase, Barrow, 1967, p.208}) \\ &= 1,2 \times 49.369,82 \text{ N/m}^2 = 59.243,78 \text{ N/m}^2 = 8,59 \text{ psia} \end{aligned}$$

Tebal silinder :

$$ts = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \quad (\text{Hesse, 1959, eq.4-3})$$

Keterangan :

p = tekanan desain (psia)

D = diameter (in)

f = allowable stress = 18.750 psia (Stainless steel SA-240, grade C)

e = 0,8

c = corrosion factor = $\frac{1}{8}$ in

$$ts = \frac{8,59 \text{ psia} \times 135,78 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 - 8,59 \text{ psia}} + \frac{1}{8} = 0,164 \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal silinder} = ts = \frac{3}{16} \text{ in} \approx 0,1875 \text{ in}$$

Tebal konis :

$$tk = \frac{p \times D}{2 \times f \times e \times \cos \alpha} + c$$

$$tk = \frac{8,59 \text{ psia} \times 135,78 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 \times \cos 45} + \frac{1}{8} = 0,199 \approx \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal konis} = tk = \frac{1}{4} \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

Perhitungan pengaduk :

Jenis : Pitched-blade turbine

$Da/Dt = 0,3 - 0,5 \rightarrow Da = (0,3 - 0,5)Dt$ (Geankoplis, ed. 3, tabel 3.4-1, p.144)

Diambil :

$$Da = 0,3Dt$$

$$C/Dt = \frac{1}{3} \rightarrow C = Dt/3$$

$$J/Dt = \frac{1}{10} \rightarrow J = Dt/10$$

$$L/Da = \frac{1}{4} \rightarrow L = Da/4$$

$$W/Da = \frac{1}{5} \rightarrow W = Da/5$$

Keterangan :

Da : Diameter impeller

Dt : Diameter tangki

C : Jarak dari dasar tangki ke pengaduk

L : Panjang blade

J : Lebar baffle

W : Lebar blade

$$Da = 0,3Dt = 0,3 \times 3,448 \text{ m} = 1,034 \text{ m}$$

$$C = Dt/3 = \frac{3,448 \text{ m}}{3} = 1,149 \text{ m}$$

$$L = Da/4 = \frac{1,034 \text{ m}}{4} = 0,259 \text{ m}$$

$$J = Dt/10 = \frac{3,448 \text{ m}}{10} = 0,345 \text{ m}$$

$$W = Da/5 = \frac{1,034 \text{ m}}{5} = 0,207 \text{ m}$$

Kecepatan impeller = 20 – 150 rpm $\rightarrow$ diambil 30 rpm (Mc.Cabe, ed.5, p.238)

$$N = 30 \text{ rpm}$$

Bahan pada tangki diasumsi sama dengan air karena jumlah air yang masuk lebih banyak daripada biji buah merah.

$$\mu_{\text{air}} (30^{\circ}\text{C}) = 0,8007 \cdot 10^{-3} \text{ (kg/m.s)} \quad (\text{Geankoplis ed.3, App.A})$$

$$\rho_{\text{air}} (30^{\circ}\text{C}) = 995,68 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Geankoplis ed.3, App.A})$$

$$\text{NRe} = \frac{\text{Da}^2 \times \text{N} \times \rho}{\mu} = \frac{(1,034 \text{ m})^2 \times 0,5 \text{ s}^{-1} \times 995,68 \text{ kg/m}^3}{0,8007 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}} = 664.754,119$$

(turbulen, $\alpha=1$)

$$\text{Da/W} = 5, \text{ Dt/J} = 10 \text{ (curve 4)}$$

$$\text{Np} = 2 \quad (\text{Geankoplis ed.3, fig 3.4-4, p.145})$$

$$\text{sg bahan masuk} = \frac{\rho_{\text{camp}}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{1.051,5 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 1,056$$

$$\text{Jumlah impeller} = \frac{\text{sg} \times \text{H}}{\text{Dt}} = \frac{1,056 \times 3,448 \text{ m}}{3,448 \text{ m}} = 1,056 \cong 2$$

$$\text{Np} = \frac{\text{P}}{\rho \times \text{N}^3 \times \text{Da}^5}$$

$$\begin{aligned} \text{P} &= \text{Np} \cdot \rho \cdot \text{N}^3 \cdot \text{Da}^5 \\ &= 2 \times 1.051,5 \text{ kg/m}^3 \times (0,5 \text{ s}^{-1})^3 \times (1,034 \text{ m})^5 \\ &= 310,71 \text{ J/s} = 1,042 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi} = 80\% \quad (\text{Peters and Timmerhaus, ed.5, fig. 14-38, p.521})$$

$$\begin{aligned} \text{Power} &= \frac{1,042 \text{ hp}}{0,8} \\ &= 1,302 \text{ hp} \approx 1,5 \text{ hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Tangki Pencucian :

Kapasitas max : 35,75 ton/batch

Diameter silinder : 3,448 m

Diameter lubang pengeluaran : 0,762 m

Tinggi silinder (H) : 3,448 m

Tinggi konis : 1,343 m

Tinggi total : 4,791 m

Tebal silinder (ts) : $\frac{3}{16}$ in

Tebal konis (tk)	: $\frac{1}{4}$ in
Jenis pengaduk	: Pitched-blade turbine
Diameter impeller (Da)	: 1,034 m
Jarak tangki – pengaduk (C)	: 1,149 m
Panjang blade (L)	: 0,259 m
Lebar baffle (J)	: 0,345 m
Lebar blade (W)	: 0,207 m
Kecepatan impeller	: 30 rpm
Jumlah Impeller	: 2 buah
Power	: 1,5 hp
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA-240, grade C
Jumlah tangki	: 2 unit

8. Tangki Pemanas I (TT-311)

Fungsi : Untuk melunakkan biji buah merah sebelum masuk proses pengepresan.

Tipe : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas terbuka yang dilengkapi jaket pemanas.

Dasar pemilihan : Cocok untuk melunakkan biji buah merah

Kapasitas	: Biji buah merah bersih	= 6.435 kg/hari
	Air rebusan	= 2.253,33 kg/hari
	Air yang terserap	= 325 kg/hari
	Massa total	= 9.013,33 kg/hari

Waktu pemanasan : 2 jam

Debit pada tangki pemanas I :

Debit total biji buah merah yang masuk ke tangki pemanasan :

$$= 2,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$(30^\circ\text{C}) = 995,68 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Geankoplis, 3.ed, p.855})$$

$$\text{Debit air} = \frac{\text{Laju alir massa (air rebusan + air yang terserap)}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$= \frac{(2.253,33 + 325) \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,59 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Debit total} &= \text{debit air} + \text{debit total biji buah merah} \\
 &= 2,59 \text{ m}^3/\text{hari} + 2,72 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 5,31 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Jumlah batch} &= 2 \text{ batch/hari} \\
 \text{Debit total / batch} &= \frac{5,31 \text{ m}^3/\text{hari}}{2 \text{ batch/hari}} \\
 &= 2,655 \text{ m}^3/\text{batch} \\
 \text{Lubang pengeluaran} &= d = 10 \text{ in} = 25,4 \text{ cm} = 0,254 \text{ m} \text{ (Perry, ed.3, p.1347)} \\
 \text{Sudut konis} &= \alpha = 45^\circ \\
 \text{Diambil tinggi} &= H = 3D = 6R \\
 t &= \frac{r}{\tan 45} = \frac{r}{1} = r \\
 T &= \frac{R}{\tan 45} = \frac{R}{1} = R \\
 \text{Massa total max dalam tangki} &= \frac{\text{Laju alir massa (air + biji buah merah)}}{2 \text{ batch/hari}} \\
 &= \frac{9.013,33 \text{ kg/hari}}{2 \text{ batch/hari}} \\
 &= 4506,67 \text{ kg/batch} \\
 \text{Safety allowance} &= 10\% \quad (\text{Vilbrandt, 1959, p.152}) \\
 \text{Volume max tangki} &= (100+10)\% \times 2,655 \text{ m}^3/\text{batch} \\
 &= 2,9205 \text{ m}^3/\text{batch} \\
 \text{Volume tangki} &= \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot T - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t \right) + \pi \cdot R^2 \cdot H \\
 &= \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot R - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot r \right) + \pi \cdot R^2 \cdot 6R \\
 &= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^3 + 6 \cdot \pi \cdot R^3 - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \\
 2,9205 \text{ m}^3 &= 19,8968 \cdot R^3 - 0,002144 \\
 R^3 &= 0,147 \text{ m}^3 \\
 R &= 0,383 \text{ m} \\
 D &= 2R = 2 \times 0,383 \text{ m} = 0,767 \text{ m} = 30,189 \text{ in} \\
 H &= 3D = 3 \times 0,767 \text{ m} = 2,301 \text{ m} \\
 \text{Tinggi bahan dalam konis} &= T - t = R - r = 0,383 \text{ m} - 0,127 \text{ m} = 0,256 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi total bahan dalam tangki = $H + (T - t) = 2,301 \text{ m} + 0,256 \text{ m} = 2,557 \text{ m}$

Tekanan hidrostatik:

$$P_h = \rho_{\text{camp}} \times H_{\text{bahan}} \times g$$

Keterangan :

P_h = tekanan hidrostatik pada dasar bejana (kg/m^2)

ρ_{camp} = densitas bahan masuk (kg/m^3)

H_{bahan} = tinggi total material (m)

$$\begin{aligned} \text{Densitas biji buah merah masuk} &= \frac{\text{Laju alir massa biji buah merah}}{\text{Debit biji buah merah}} \\ &= \frac{6.435 \text{ kg/hari}}{2,655 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 2.423,73 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Densitas air = $995,68 \text{ kg/m}^3$

$$\text{Fraksi massa biji buah merah} = \frac{6.435 \text{ kg}}{9.013,33 \text{ kg}} = 0,714$$

$$\text{Fraksi massa air} = 1 - 0,714 = 0,286$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho_{\text{camp}}} &= \frac{X_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} + \frac{X_{\text{biji buah merah}}}{\rho_{\text{biji buah merah}}} \\ \frac{1}{\rho_{\text{camp}}} &= \frac{0,286}{995,68} + \frac{0,714}{2.389,706} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{camp}} = 1.706,42 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} P_h &= 1.706,42 \text{ kg/m}^3 \times 2,557 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 42.760 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$p_{\text{total}} = 42.760 \text{ N/m}^2$$

$$\begin{aligned} p_{\text{design}} &= 1,2 \times p_{\text{total}} && (\text{Rase, Barrow, 1967, p.208}) \\ &= 1,2 \times 42.760 \text{ N/m}^2 = 51.312 \text{ N/m}^2 = 7,44 \text{ psia} \end{aligned}$$

Tebal silinder :

$$t_s = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \quad (\text{Hesse, 1959, eq.4-3})$$

Keterangan :

p = tekanan desain (psia)

D = diameter (in)

f = allowable stress = 18.750 psia (Stainless steel SA-240, grade C)

$$e = 0,8$$

$$c = \text{corrosion factor} = \frac{1}{8} \text{ in}$$

$$ts = \frac{7,44 \text{ psia} \times 30,189 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 - 7,44 \text{ psia}} + \frac{1}{8} = 0,132 \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal silinder} = ts = \frac{3}{16} \text{ in} \approx 0,1875 \text{ in}$$

Tebal konis :

$$tk = \frac{p \times D}{2 \times f \times e \times \cos \alpha} + c$$

$$tk = \frac{7,44 \text{ psia} \times 30,189 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 \times \cos 45} + \frac{1}{8} = 0,139 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal konis} = tk = \frac{3}{16} \text{ in} \approx 0,1875 \text{ in}$$

Perhitungan jaket pemanas :

Operasi pabrik per hari untuk tangki pemanas I = 2 batch per hari dengan waktu pemanasan selama 2 jam per batch.

Dari neraca panas diketahui :

$$\text{Laju alir massa steam} = 172,49 \text{ kg/hari} = 43,1225 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{steam}} (100^\circ\text{C}) = \frac{1}{1,6729 \text{ m}^3/\text{kg}} = 0,5978 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Debit steam} &= \frac{\text{Laju alir massa steam}}{\rho_{\text{steam}}} = \frac{43,1225 \text{ kg/jam}}{0,5978 \text{ kg/m}^3} \\ &= 72,135 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,02 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\text{Diambil tebal jaket} = \text{tebal konis} = \frac{3}{16} \text{ in} = 0,004763 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{\text{shell}} &= D + 2 \times ts \\ &= 0,767 \text{ m} + 2 \times 0,004763 \text{ m} \\ &= 0,777 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan alir steam (V) diambil} = 1 \text{ ft/s} = 0,3048 \text{ m/s}$$

$$\text{Debit} = A \times V$$

$$\begin{aligned} 0,02 \text{ m}^3/\text{s} &= \frac{\pi}{4} \times (Di_{\text{jaket}}^2 - Do_{\text{Shell}}^2) \times V \\ &= \frac{\pi}{4} \times (Di_{\text{jaket}}^2 - (0,777)^2) \times 0,3048 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,066 \text{ m}^2 &= \frac{\pi}{4} \times (Di_{\text{jaket}}^2 - 0,604) \\
 0,688 \text{ m}^2 &= Di_{\text{jaket}}^2 \\
 Di_{\text{jaket}} &= 0,830 \text{ m} \\
 Di_{\text{jaket}} &= Do_{\text{shell}} + \text{jaket spacing} \\
 0,830 \text{ m} &= 0,777 \text{ m} + \text{jaket spacing} \\
 \text{Jaket spacing} &= 0,053 \text{ m} \\
 Do_{\text{jaket}} &= Di_{\text{jaket}} + 2 \times \text{tebal jaket} \\
 Do_{\text{jaket}} &= 0,924 \text{ m} + 2 \times 0,053 \text{ m} \\
 Do_{\text{jaket}} &= 1,029 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\ln \frac{(T_1 - t_1)}{(T_2 - t_1)} = \frac{U \times A \times \theta}{M \times C} \quad (\text{Kern, pers 18.7, hal 627})$$

$$\text{Overall } U_D = 50\text{-}100 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}, \text{ diambil } U_D = 75 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F} = 1.533,141 \text{ kJ/jam.m}^2.\text{K} \quad (\text{Kern tabel 8, hal 840})$$

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 T_1 &= \text{suhu steam masuk} = 100^\circ\text{C} \\
 T_2 &= \text{suhu steam keluar} = 70^\circ\text{C} \\
 t_1 &= \text{suhu bahan masuk} = 30^\circ\text{C} \\
 \theta &= \text{waktu} = 120 \text{ menit} = 2 \text{ jam} \\
 M &= \text{massa bahan dalam tangki} = 4.506,67 \text{ kg/batch} \\
 C &= 4,181 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\ln \frac{(100 - 30)}{(70 - 30)} = \frac{1.533,141 \text{ kJ/jam.m}^2.\text{K} \times A \times 2 \text{ jam}}{4.506,67 \text{ kg} \times 4,181 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}}$$

$$0,560 = \frac{3.066,282 \text{ m}^2 \times A}{18.842,387}$$

$$A = 3,441 \text{ m}^2$$

$$A = \text{luas jaket pada shell} + \text{luas jaket pada konis}$$

$$\begin{aligned}
 3,441 \text{ m}^2 &= \pi \cdot Do_{\text{shell}} \cdot H_j + (\pi \cdot R \cdot S - \pi \cdot r \cdot s) \\
 &= \pi \times 0,777 \text{ m} \times H_j + \pi \times \left(R \times \frac{R}{\sin \alpha} - r \times \frac{r}{\sin \alpha} \right) \\
 &= \pi \times 0,777 \text{ m} \times H_j + \frac{\pi}{\sin \alpha} \times (R^2 - r^2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \pi \times 0,777 \text{ m} \times H_j + \frac{\pi}{\sin 45} \times (0,383^2 - 0,127^2) \\
 &= \pi \times 0,777 \text{ m} \times H_j + 0,482 \text{ m}^2 \\
 2,959 \text{ m}^2 &= \pi \times 0,777 \text{ m} \times H_j \\
 H_{\text{jaket}} &= 1,213 \text{ m} < H_{\text{shell}} (2,301 \text{ m}) \rightarrow \text{memenuhi syarat}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Tangki Pemanas I :

Kapasitas max	: 4.506,67 kg/batch
Diameter silinder	: 0,767 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,254 m
Tinggi silinder (H)	: 2,301 m
Tinggi konis	: 0,256 m
Tinggi total	: 2,557 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{3}{16}$ in
Diameter jaket	: 1,029 m
Tinggi jaket	: 1,213 m
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA-240, grade C
Jumlah tangki	: 2 unit

9. Tangki Pemanas II (TT-511)

Fungsi	: Untuk mendapatkan endapan pasta.
Tipe	: Silinder tegak berpengaduk dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas tertutup bentuk flat yang dilengkapi jaket pemanas.
Dasar pemilihan	: Cocok untuk mendapatkan endapan pasta buah merah
Kapasitas	: Minyak buah merah = 244,53 kg/hari
	Pasta buah merah = 537,97 kg/hari
	<u>Air yang terserap = 2.277,21 kg/hari</u>
	Massa total = 3059,71 kg/hari
Waktu pemanasan	: 5 jam
ρ_{minyak}	= 904,3 kg/m ³

$$\rho_{\text{pasta}} = 1.204,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{air}} = 995,68 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Geankoplis, 3.ed, p.855})$$

Debit pada tangki pemanas II

$$\begin{aligned} \text{Debit air} &= \frac{\text{Laju alir massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= \frac{2.277,21 \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 2,287 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit minyak} &= \frac{\text{Laju alir massa minyak}}{\rho_{\text{minyak}}} \\ &= \frac{244,53 \text{ kg/hari}}{904,3 \text{ kg/m}^3} = 0,27 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit pasta} &= \frac{\text{Laju alir massa pasta}}{\rho_{\text{pasta}}} \\ &= \frac{537,97 \text{ kg/hari}}{1.204,2 \text{ kg/m}^3} = 0,447 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit total} &= \text{debit air} + \text{debit minyak} + \text{debit pasta} \\ &= 2,287 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,27 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,447 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 3,004 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah batch} = 2 \text{ batch/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit total / batch} &= \frac{3,004 \text{ m}^3/\text{hari}}{2 \text{ batch/hari}} \\ &= 1,502 \text{ m}^3/\text{batch} \end{aligned}$$

$$\text{Lubang pengeluaran} = d = 10 \text{ in} = 25,4 \text{ cm} = 0,254 \text{ m} \quad (\text{Perry, ed.3, p.1347})$$

$$\text{Sudut konis} = \alpha = 45^\circ$$

$$\text{Diambil tinggi} = H = 1,5D = 3R$$

$$t = \frac{r}{\tan 45} = \frac{r}{1} = r$$

$$T = \frac{R}{\tan 45} = \frac{R}{1} = R$$

$$\begin{aligned} \text{Massa total max dalam tangki} &= \frac{\text{Laju alir massa (air + minyak + pasta)}}{2 \text{ batch/hari}} \\ &= \frac{3.059,71 \text{ kg/hari}}{2 \text{ batch/hari}} \\ &= 1.529,855 \text{ kg/batch} \end{aligned}$$

$$\text{Safety allowance} = 10\% \quad (\text{Vilbrandt, 1959, p.152})$$

$$\begin{aligned} \text{Volume max tangki} &= (100+10)\% \times 1,502 \text{ m}^3/\text{batch} \\ &= 1,652 \text{ m}^3/\text{batch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot T - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t \right) + \pi \cdot R^2 \cdot H \\ &= \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot R - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot r \right) + \pi \cdot R^2 \cdot 3R \\ &= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^3 + 3 \cdot \pi \cdot R^3 - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \end{aligned}$$

$$1,652 \text{ m}^3 = 10,467 \cdot R^3 - 0,002144$$

$$R^3 = 0,158 \text{ m}^3$$

$$R = 0,541 \text{ m}$$

$$D = 2R = 2 \times 0,541 \text{ m} = 1,082 \text{ m} = 42,598 \text{ in}$$

$$H = 1,5D = 1,5 \times 1,082 \text{ m} = 1,623 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bahan dalam konis} = T - t = R - r = 0,541 \text{ m} - 0,127 \text{ m} = 0,414 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total bahan dalam tangki} = H + (T - t) = 1,623 \text{ m} + 0,414 \text{ m} = 2,037 \text{ m}$$

Tekanan hidrostatik

$$P_h = \rho_{\text{camp}} \times H_{\text{bahan}} \times g$$

Keterangan :

$$P_h = \text{tekanan hidrostatik pada dasar bejana (kg/m}^2\text{)}$$

$$\rho_{\text{camp}} = \text{densitas bahan masuk (kg/m}^3\text{)}$$

$$H_{\text{bahan}} = \text{tinggi total material (m)}$$

$$\text{Fraksi massa minyak buah merah} = \frac{244,53 \text{ kg}}{3.059,71 \text{ kg}} = 0,077$$

$$\text{Fraksi massa pasta buah merah} = \frac{537,97 \text{ kg}}{3.059,71 \text{ kg}} = 0,175$$

$$\text{Fraksi massa air} = 1 - 0,175 - 0,077 = 0,748$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{X_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} + \frac{X_{\text{minyak buah merah}}}{\rho_{\text{minyak buah merah}}} + \frac{X_{\text{pasta buah merah}}}{\rho_{\text{pasta buah merah}}}$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{0,748}{995,68} + \frac{0,077}{904,3} + \frac{0,175}{1204,2}$$

$$\rho_{\text{camp}} = 1.018,62 \text{ kg/m}^3$$

$$P_h = 1.018,62 \text{ kg/m}^3 \times 2,037 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 20.334,3 \text{ N/m}^2$$

$$p_{\text{total}} = 20.334,3 \text{ N/m}^2$$

$$p_{\text{design}} = 1,2 \times p_{\text{total}} \quad (\text{Rase, Barrow, 1967, p.208})$$

$$= 1,2 \times 20.334,3 \text{ N/m}^2 = 24.401,16 \text{ N/m}^2 = 3,54 \text{ psia}$$

Tebal silinder :

$$t_s = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \quad (\text{Hesse, 1959, eq.4-3})$$

Keterangan :

p = tekanan desain (psia)

D = diameter (in)

f = allowable stress = 18.750 psia (Stainless steel SA-240, grade C)

e = 0,8

c = corrosion factor = $\frac{1}{8}$ in

$$t_s = \frac{3,54 \text{ psia} \times 42,598 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 - 3,54 \text{ psia}} + \frac{1}{8} = 0,13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal silinder} = t_s = \frac{3}{16} \text{ in} \approx 0,1875 \text{ in}$$

Tebal konis :

$$t_k = \frac{p \times D}{2 \times f \times e \times \cos \alpha} + c$$

$$t_k = \frac{3,54 \text{ psia} \times 42,598 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 \times \cos 45} + \frac{1}{8} = 0,134 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal konis} = t_k = \frac{3}{16} \text{ in} \approx 0,1875 \text{ in}$$

Perhitungan jaket pemanas :

Operasi pabrik per hari untuk tangki pemanas I = 2 batch per hari dengan waktu pemanasan selama 5 jam per batch.

Dari neraca panas diketahui :

$$H_{\text{steam}} = 73.787,43 \text{ kJ/hari}$$

Tekanan 1 atm dan suhu 100°C (Ulrich, 1984, App.B)

Pada T = 100°C → Entalpi *saturated vapor* (hg) = 2.676,1 kJ/kg

Pada T = 100°C → Entalpi *saturated liquid* (hf) = 419,04 kJ/kg

(Geankoplis, 1997, App.A.2-9)

Kualitas *steam* yang dihasilkan adalah wet *steam* 90%, panas laten *steam* :

$$h_g = h_f + \lambda(90\%)$$

$$\lambda = \frac{(2.676,1 - 419,04) \text{ kJ/kg}}{0,9}$$

$$= 2.507,84 \text{ kJ/kg}$$

$$m_{\text{steam}} = \frac{H_{\text{steam}}}{\lambda} = \frac{73.787,43 \text{ kJ/hari}}{2.507,84 \text{ kJ/kg}} = 29,42 \text{ kg/hari}$$

$$m_{\text{steam}} \text{ tiap batch} = \frac{29,42 \text{ kg/hari}}{2 \text{ batch/hari}} = 14,71 \text{ kg/batch}$$

$$m_{\text{steam}} \text{ tiap jam} = \frac{14,71 \text{ kg/batch}}{5 \text{ jam/batch}} = 2,94 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{steam}} (100^\circ\text{C}) = \frac{1}{1,6729 \text{ m}^3/\text{kg}} = 0,5978 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Debit steam} &= \frac{\text{Laju alir massa steam}}{\rho_{\text{steam}}} = \frac{2,94 \text{ kg/jam}}{0,5978 \text{ kg/m}^3} \\ &= 4,92 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,0014 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\text{Diambil tebal jaket} = \text{tebal konis} = \frac{3}{16} \text{ in} = 0,004763 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{\text{Oshell}} &= D + 2 \times t_s \\ &= 1,082 \text{ m} + 2 \times 0,004763 \text{ m} \\ &= 1,092 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan alir steam (V) diambil} = 1 \text{ ft/s} = 0,3048 \text{ m/s}$$

$$\text{Debit} = A \times V$$

$$\begin{aligned} 0,0014 \text{ m}^3/\text{s} &= \frac{\pi}{4} \times (D_{\text{jaket}}^2 - D_{\text{Shell}}^2) \times V \\ &= \frac{\pi}{4} \times (D_{\text{jaket}}^2 - (1,092)^2) \times 0,3048 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$0,0046 \text{ m}^2 = \frac{\pi}{4} \times (D_{\text{jaket}}^2 - 1,192)$$

$$1,198 \text{ m}^2 = D_{\text{jaket}}^2$$

$$D_{\text{jaket}} = 1,095 \text{ m}$$

$$D_{\text{jaket}} = D_{\text{Shell}} + \text{jaket spacing}$$

$$1,095 \text{ m} = 1,092 \text{ m} + \text{jaket spacing}$$

$$\text{Jaket spacing} = 0,003 \text{ m}$$

$$D_{\text{ojaket}} = D_{\text{jaket}} + 2 \times \text{tebal jaket}$$

$$Do_{jaket} = 1,095 \text{ m} + 2 \times 0,003 \text{ m}$$

$$Do_{jaket} = 1,101 \text{ m}$$

$$\ln \frac{(T_1 - t_1)}{(t_2 - t_1)} = \frac{U \times A \times \theta}{M \times C} \quad (\text{Kern, pers 18.7, hal 627})$$

$$\text{Overall } U_D = 50\text{-}100 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}, \text{ diambil } U_D = 50 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F} = 1.022,094 \text{ kJ/jam.m}^2.\text{K}$$

(Kern tabel 8, hal 840)

Keterangan :

$$T_1 = \text{suhu steam masuk} = 100^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \text{suhu bahan masuk} = 40^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \text{suhu bahan keluar} = 50^\circ\text{C}$$

$$\theta = \text{waktu} = 300 \text{ menit} = 5 \text{ jam}$$

$$M = \text{massa bahan dalam tangki} = 1.529,855 \text{ kg/batch}$$

$$C = 4,181 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

$$\ln \frac{(100 - 40)}{(50 - 40)} = \frac{1.022,094 \text{ kJ/jam.m}^2.\text{K} \times A \times 5 \text{ jam}}{1.529,855 \text{ kg} \times 4,181 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}}$$

$$1,79 = \frac{5.110,47 \text{ m}^2 \times A}{6.396,324}$$

$$A = 2,24 \text{ m}^2$$

$$A = \text{luas jaket pada shell}$$

$$2,24 \text{ m}^2 = \pi \cdot Do_{shell} \cdot H_j$$

$$= \pi \times 1,092 \text{ m} \times H_j$$

$$H_{jaket} = 0,65 \text{ m} < H_{shell} (1,623 \text{ m}) \rightarrow \text{memenuhi syarat}$$

Perhitungan pengaduk :

Jenis : Pitched-blade turbine

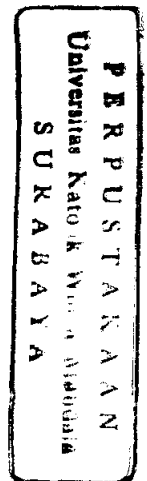
$$Da/Dt = 0,3 - 0,5 \rightarrow Da = (0,3 - 0,5)Dt \quad (\text{Geankoplis, ed. 3, tabel 3.4-1, p.144})$$

Diambil :

$$Da = 0,3Dt$$

$$C/Dt = \frac{1}{3} \rightarrow C = Dt/3$$

$$J/Dt = \frac{1}{10} \rightarrow J = Dt/10$$



$$L/Da = \frac{1}{4} \rightarrow L = Da/4$$

$$W/Da = \frac{1}{5} \rightarrow W = Da/5$$

Keterangan :

Da : Diameter impeller

Dt : Diameter tangki

C : Jarak dari dasar tangki ke pengaduk

L : Panjang blade

J : Lebar baffle

W : Lebar blade

$$Da = 0,3Dt = 0,3 \times 3,448 \text{ m} = 1,034 \text{ m}$$

$$C = Dt/3 = \frac{3,448 \text{ m}}{3} = 1,149 \text{ m}$$

$$L = Da/4 = \frac{1,034 \text{ m}}{4} = 0,259 \text{ m}$$

$$J = Dt/10 = \frac{3,448 \text{ m}}{10} = 0,345 \text{ m}$$

$$W = Da/5 = \frac{1,034 \text{ m}}{5} = 0,207 \text{ m}$$

Kecepatan impeller = 20 – 150 rpm $\rightarrow$ diambil 30 rpm (Mc.Cabe, ed.5, p.238)

$$N = 30 \text{ rpm} = 0,5/\text{s}$$

Bahan pada tangki diasumsi sama dengan air karena jumlah air yang masuk lebih banyak daripada biji buah merah.

$$\mu_{\text{air}} (30^\circ\text{C}) = 0,8007 \cdot 10^{-3} \text{ (kg/m.s)} \quad (\text{Geankoplis ed.3, App.A})$$

$$\rho_{\text{air}} (30^\circ\text{C}) = 995,68 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Geankoplis ed.3, App.A})$$

$$NRe = \frac{Da^2 \times N \times \rho}{\mu} = \frac{(0,325 \text{ m})^2 \times 0,5 \text{ s}^{-1} \times 995,68 \text{ kg/m}^3}{0,8007 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}} = 65.673$$

(turbulen, $\alpha=1$)

$$Da/W = 5, Dt/J = 10 \text{ (curve 4)}$$

$$Np = 2 \quad (\text{Geankoplis ed.3, fig 3.4-4, p.145})$$

$$\text{sg bahan masuk} = \frac{\rho_{\text{camp}}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{1.018,62 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 1,023$$

$$\text{Jumlah impeller} = \frac{sg \times H}{Dt} = \frac{1,023 \times 1,623 \text{ m}}{1,082 \text{ m}} = 1,535 \approx 2$$

$$N_p = \frac{P}{\rho \times N^3 \times Da^5}$$

$$\begin{aligned} P &= N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Da^5 \\ &= 2 \times 1.018,62 \text{ kg/m}^3 \times (0,5 \text{ s}^{-1})^3 \times (0,325 \text{ m})^5 \\ &= 0,93 \text{ J/s} = 0,003 \text{ hp} \end{aligned}$$

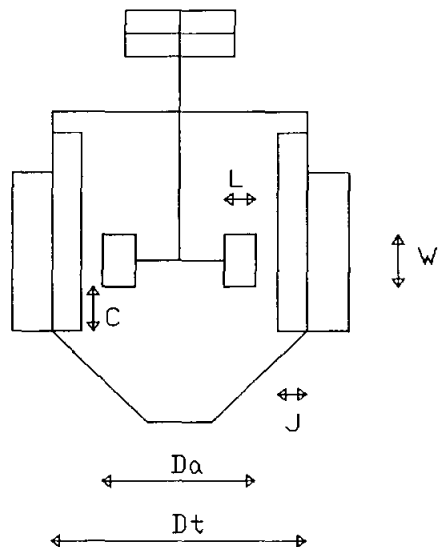
$$\text{Efisiensi} = 80\% \quad (\text{Peters and Timmerhaus, ed.5, fig. 14-38, p.521})$$

$$\begin{aligned} \text{Power} &= \frac{0,003 \text{ hp}}{0,8} \\ &= 0,004 \text{ hp} \approx 0,25 \text{ hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Tangki Pemanas II :

Kapasitas max	: 1.529,885 kg/batch
Diameter silinder	: 1,082 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,254 m
Tinggi silinder (H)	: 1,623 m
Tinggi konis	: 0,414 m
Tinggi total	: 2,037 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{3}{16}$ in
Diameter jaket	: 1,101 m
Tinggi jaket	: 0,65 m
Jenis pengaduk	: Pitched-blade turbine
Diameter impeller (Da)	: 0,325 m
Jarak tangki – pengaduk (C)	: 0,36 m
Panjang blade (L)	: 0,08 m
Lebar baffle (J)	: 0,345 m
Lebar blade (W)	: 0,065 m
Kecepatan impeller	: 30 rpm
Jumlah Impeller	: 2 buah
Power	: 0,25 hp

Bahan konstruksi : Stainless steel SA-240, grade C
Jumlah tangki : 2 unit



Gambar C.2. Tangki Pemanas II

10. Tangki Penampungan Sari Buah Merah (TT-421)

Fungsi : Untuk menampung sari buah merah.
Tipe : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas tertutup berbentuk flat.
Dasar pemilihan : Cocok untuk menampung sari buah merah
Kapasitas : Minyak buah merah = 244,53 kg/hari
Pasta buah merah = 537,97 kg/hari
Air = 2.277,21 kg/hari
Massa total = 3.059,71 kg/hari
 ρ_{minyak} = 904,3 kg/m³
 ρ_{pasta} = 1.204,2 kg/m³
 ρ_{air} = 995,68 kg/m³ (Geankoplis, 3.ed, p.855)

Debit pada tangki penampungan sari buah merah

$$\begin{aligned} \text{Debit air} &= \frac{\text{Laju alir massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= \frac{2.277,21 \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 2,287 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit minyak} &= \frac{\text{Laju alir massa minyak}}{\rho_{\text{minyak}}} \\ &= \frac{244,53 \text{ kg/hari}}{904,3 \text{ kg/m}^3} = 0,27 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit pasta} &= \frac{\text{Laju alir massa pasta}}{\rho_{\text{pasta}}} \\ &= \frac{537,97 \text{ kg/hari}}{1.204,2 \text{ kg/m}^3} = 0,447 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit total} &= \text{debit air} + \text{debit minyak} + \text{debit pasta} \\ &= 2,287 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,27 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,447 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 3,004 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\text{Lubang pengeluaran} = d = 2 \text{ in} = 5,08 \text{ cm} = 0,051 \text{ m} \quad (\text{Perry, ed.3, p.1347})$$

$$\text{Sudut konis} = \alpha = 45^\circ$$

$$\text{Diambil tinggi} = H = D = 2R$$

$$t = \frac{r}{\tan 45} = \frac{r}{1} = r$$

$$T = \frac{R}{\tan 45} = \frac{R}{1} = R$$

$$\begin{aligned}\text{Massa total max dalam tangki} &= \text{Laju alir massa (air + minyak + pasta)} \\ &= 3.059,71 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\text{Safety allowance} = 10\% \quad (\text{Vilbrandt, 1959, p.152})$$

$$\begin{aligned}\text{Volume max tangki} &= (100+10)\% \times 3,004 \text{ m}^3/\text{batch} \\ &= 3,304 \text{ m}^3/\text{batch}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot T - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t \right) + \pi \cdot R^2 \cdot H \\ &= \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot R - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot r \right) + \pi \cdot R^2 \cdot 2R \\ &= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^3 + 2 \cdot \pi \cdot R^3 - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^3\end{aligned}$$

$$3,304 \text{ m}^3 = 7,327 \cdot R^3 - 0,000017$$

$$R^3 = 0,451 \text{ m}^3$$

$$R = 0,75 \text{ m}$$

$$D = 2R = 2 \times 0,75 \text{ m} = 1,5 \text{ m} = 59,055 \text{ in}$$

$$H = D = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bahan dalam konis} = T - t = R - r = 0,75 \text{ m} - 0,026 \text{ m} = 0,724 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total bahan dalam tangki} = H + (T - t) = 1,5 \text{ m} + 0,724 \text{ m} = 2,224 \text{ m}$$

Tekanan hidrostatik:

$$P_h = \rho_{\text{camp}} \times H_{\text{bahan}} \times g$$

Keterangan :

P_h = tekanan hidrostatik pada dasar bejana (kg/m^2)

ρ_{camp} = densitas bahan masuk (kg/m^3)

H_{bahan} = tinggi total material (m)

$$\text{Fraksi massa minyak buah merah} = \frac{236,71 \text{ kg}}{3.059,71 \text{ kg}} = 0,077$$

$$\text{Fraksi massa pasta buah merah} = \frac{534,79 \text{ kg}}{3.059,71 \text{ kg}} = 0,175$$

$$\text{Fraksi massa air} = 1 - 0,175 - 0,077 = 0,748$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{X_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} + \frac{X_{\text{minyak buah merah}}}{\rho_{\text{minyak buah merah}}} + \frac{X_{\text{pasta buah merah}}}{\rho_{\text{pasta buah merah}}}$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{0,748}{995,68} + \frac{0,077}{904,3} + \frac{0,175}{1204,2}$$

$$\rho_{\text{camp}} = 1.018,62 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} P_h &= 1.018,62 \text{ kg/m}^3 \times 2,224 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 22.201,03 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$p_{\text{total}} = 22.201,03 \text{ N/m}^2$$

$$p_{\text{design}} = 1,2 \times p_{\text{total}} \quad (\text{Rase, Barrow, 1967, p.208})$$

$$= 1,2 \times 22.201,03 \text{ N/m}^2 = 26.641,23 \text{ N/m}^2 = 3,86 \text{ psia}$$

Tebal silinder :

$$ts = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \quad (\text{Hesse, 1959, eq.4-3})$$

Keterangan :

p = tekanan desain (psia)

D = diameter (in)

f = allowable stress = 18.750 psia (Stainless steel SA-240, grade C)

e = 0,8

c = corrosion factor = $\frac{1}{8}$ in

$$t_s = \frac{3,86 \text{ psia} \times 59,055 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 - 3,86 \text{ psia}} + \frac{1}{8} = 0,132 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal silinder} = t_s = \frac{3}{16} \text{ in} \approx 0,1875 \text{ in}$$

Tebal konis :

$$t_k = \frac{p \times D}{2 \times f \times e \times \cos \alpha} + c$$

$$t_k = \frac{3,86 \text{ psia} \times 59,055 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 \times \cos 45} + \frac{1}{8} = 0,139 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal konis} = t_k = \frac{3}{16} \text{ in} \approx 0,1875 \text{ in}$$

Spesifikasi Tangki Penampungan Sari Buah Merah :

Kapasitas max	: 3.059,71 kg/hari
Diameter silinder	: 1,5 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,051 m
Tinggi silinder (H)	: 1,5 m
Tinggi konis	: 0,724 m
Tinggi total	: 2,224 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{3}{16}$ in
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA-240, grade C
Jumlah tangki	: 1 unit

11. Tangki Penampungan Pasta Buah Merah (TT-612)

Fungsi	: Untuk menampung pasta buah merah.
Tipe	: Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk datar dan bagian atas tertutup.
Dasar pemilihan	: Cocok untuk menampung pasta buah merah
Kapasitas	: Minyak buah merah = 12,23 kg/hari
	Pasta buah merah = 511,07 kg/hari
	Air = 53,80 kg/hari

$$\begin{aligned}
 \text{Massa total} &= 577,1 \text{ kg/hari} \\
 \rho_{\text{minyak}} &= 904,3 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_{\text{pasta}} &= 1.204,2 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_{\text{air}} &= 995,68 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Geankoplis, 3.ed, p.855})
 \end{aligned}$$

Debit pada tangki penampungan pasta buah merah

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air} &= \frac{\text{Laju alir massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\
 &= \frac{53,80 \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 0,054 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit minyak} &= \frac{\text{Laju alir massa minyak}}{\rho_{\text{minyak}}} \\
 &= \frac{12,23 \text{ kg/hari}}{904,3 \text{ kg/m}^3} = 0,012 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit pasta} &= \frac{\text{Laju alir massa pasta}}{\rho_{\text{pasta}}} \\
 &= \frac{511,07 \text{ kg/hari}}{1.204,2 \text{ kg/m}^3} = 0,422 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit total} &= \text{debit air} + \text{debit minyak} + \text{debit pasta} \\
 &= 0,054 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,012 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,422 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,488 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diambil tinggi} = H = D = 2R$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa total max dalam tangki} &= \text{Laju alir massa (air + minyak + pasta)} \\
 &= 572,77 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{Safety allowance} = 10\% \quad (\text{Vilbrandt, 1959, p.152})$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume max tangki} &= (100+10)\% \times 0,488 \text{ m}^3/\text{batch} \\
 &= 0,537 \text{ m}^3/\text{batch}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tangki} &= \pi \cdot R^2 \cdot H \\
 &= \pi \cdot R^2 \cdot 2R \\
 &= 6,28 \cdot R^3
 \end{aligned}$$

$$0,537 \text{ m}^3 = 7,327 \cdot R^3 - 0,000017$$

$$R^3 = 0,086 \text{ m}^3$$

$$R = 0,441 \text{ m}$$

$$D = 2R = 2 \times 0,441 \text{ m} = 0,882 \text{ m} = 34,724 \text{ in}$$

$$H = D = 0,882 \text{ m}$$

Tekanan hidrostatik:

$$P_h = \rho_{\text{camp}} \times H_{\text{bahan}} \times g$$

Keterangan :

P_h = tekanan hidrostatik pada dasar bejana (kg/m^2)

ρ_{camp} = densitas bahan masuk (kg/m^3)

H_{bahan} = tinggi total material (m)

$$\text{Fraksi massa minyak buah merah} = \frac{11,24 \text{ kg}}{572,77 \text{ kg}} = 0,02$$

$$\text{Fraksi massa pasta buah merah} = \frac{508,05 \text{ kg}}{572,77 \text{ kg}} = 0,887$$

$$\text{Fraksi massa air} = 1 - 0,887 - 0,02 = 0,093$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{X_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} + \frac{X_{\text{minyak buah merah}}}{\rho_{\text{minyak buah merah}}} + \frac{X_{\text{pasta buah merah}}}{\rho_{\text{pasta buah merah}}}$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{0,093}{995,68} + \frac{0,02}{904,3} + \frac{0,887}{1204,2}$$

$$\rho_{\text{camp}} = 1.173,559 \text{ kg/m}^3$$

$$P_h = 1.173,559 \text{ kg/m}^3 \times 0,882 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 10.143,77 \text{ N/m}^2$$

$$p_{\text{total}} = 10.143,77 \text{ N/m}^2$$

$$p_{\text{design}} = 1,2 \times p_{\text{total}} \quad (\text{Rase, Barrow, 1967, p.208})$$

$$= 1,2 \times 10.143,77 \text{ N/m}^2 = 12.172,53 \text{ N/m}^2 = 1,765 \text{ psia}$$

Tebal silinder :

$$t_s = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \quad (\text{Hesse, 1959, eq.4-3})$$

Keterangan :

p = tekanan desain (psia)

D = diameter (in)

f = allowable stress = 18.750 psia (Stainless steel SA-240, grade C)

e = 0,8

c = corrosion factor = $\frac{1}{8}$ in

$$t_s = \frac{1,765 \text{ psia} \times 34,724 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 - 1,765 \text{ psia}} + \frac{1}{8} = 0,127 \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal silinder} = t_s = \frac{3}{16} \text{ in} \approx 0,1875 \text{ in}$$

Spesifikasi Tangki Penampungan Pasta Buah Merah :

Kapasitas max	: 577,10 kg/hari
Diameter silinder	: 0,882 m
Tinggi silinder (H)	: 0,882 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA-240, grade C
Jumlah tangki	: 1 unit

12. Tangki Penampungan Produk (TT-721)

Fungsi	: Untuk menampung produk.
Tipe	: Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas berbentuk flat.
Dasar pemilihan	: Cocok untuk menampung minyak buah merah
Kapasitas	: Minyak buah merah = 229,98 kg/hari
	Pasta buah merah = 1,34 kg/hari
	Air = 2,32 kg/hari
	Massa total = 233,64 kg/hari
ρ_{minyak}	= 904,3 kg/m ³
ρ_{pasta}	= 1.204,2 kg/m ³
ρ_{air}	= 995,68 kg/m ³ (Geankoplis, 3.ed, p.855)

Debit pada tangki penampungan produk

$$\begin{aligned} \text{Debit air} &= \frac{\text{Laju alir massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= \frac{2,32 \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 0,002 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Debit minyak} = \frac{\text{Laju alir massa minyak}}{\rho_{\text{minyak}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{229,98 \text{ kg/hari}}{904,3 \text{ kg/m}^3} = 0,234 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Debit pasta} &= \frac{\text{Laju alir massa pasta}}{\rho_{\text{pasta}}} \\
 &= \frac{1,34 \text{ kg/hari}}{1.204,2 \text{ kg/m}^3} = 0,002 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Debit total} &= \text{debit air} + \text{debit minyak} + \text{debit pasta} \\
 &= 0,002 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,234 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,002 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,238 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Lubang pengeluaran} &= d = 2 \text{ in} = 5,08 \text{ cm} = 0,051 \text{ m} \quad (\text{Perry, ed.3, p.1347}) \\
 \text{Sudut konis} &= \alpha = 45^\circ \\
 \text{Diambil tinggi} &= H = D = 2R \\
 t &= \frac{r}{\tan 45} = \frac{r}{1} = r \\
 T &= \frac{R}{\tan 45} = \frac{R}{1} = R \\
 \text{Massa total max dalam tangki} &= \text{Laju alir massa (air + minyak + pasta)} \\
 &= 233,64 \text{ kg/hari} \\
 \text{Safety allowance} &= 10\% \quad (\text{Vilbrandt, 1959, p.152}) \\
 \text{Volume max tangki} &= (100+10)\% \times 0,238 \text{ m}^3/\text{batch} \\
 &= 0,262 \text{ m}^3/\text{batch} \\
 \text{Volume tangki} &= \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot T - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t \right) + \pi \cdot R^2 \cdot H \\
 &= \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot R - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot r \right) + \pi \cdot R^2 \cdot 2R \\
 &= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^3 + 2 \cdot \pi \cdot R^3 - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \\
 0,262 \text{ m}^3 &= 7,327 \cdot R^3 - 0,000017 \\
 R^3 &= 0,036 \text{ m}^3 \\
 R &= 0,329 \text{ m} \\
 D &= 2R = 2 \times 0,329 \text{ m} = 0,658 \text{ m} = 25,9055 \text{ in} \\
 H &= D = 0,658 \text{ m} \\
 \text{Tinggi bahan dalam konis} &= T - t = R - r = 0,329 \text{ m} - 0,026 \text{ m} = 0,303 \text{ m} \\
 \text{Tinggi total bahan dalam tangki} &= H + (T - t) = 0,658 \text{ m} + 0,303 \text{ m} = 0,961 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tekanan hidrostatik:

$$P_h = \rho_{\text{camp}} \times H_{\text{bahan}} \times g$$

Keterangan :

P_h = tekanan hidrostatik pada dasar bejana (kg/m^2)

ρ_{camp} = densitas bahan masuk (kg/m^3)

H_{bahan} = tinggi total material (m)

$$\text{Fraksi massa minyak buah merah} = \frac{229,98 \text{ kg}}{233,64 \text{ kg}} = 0,984$$

$$\text{Fraksi massa pasta buah merah} = \frac{1,34 \text{ kg}}{233,64 \text{ kg}} = 0,006$$

$$\text{Fraksi massa air} = 1 - 0,984 - 0,006 = 0,01$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{X_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} + \frac{X_{\text{minyak buah merah}}}{\rho_{\text{minyak buah merah}}} + \frac{X_{\text{pasta buah merah}}}{\rho_{\text{pasta buah merah}}}$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{0,01}{995,68} + \frac{0,984}{904,3} + \frac{0,006}{1204,2}$$

$$\rho_{\text{camp}} = 906,49 \text{ kg/m}^3$$

$$P_h = 906,49 \text{ kg/m}^3 \times 0,961 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 8.537,14 \text{ N/m}^2$$

$$p_{\text{total}} = 8.537,14 \text{ N/m}^2$$

$$p_{\text{design}} = 1,2 \times p_{\text{total}} \quad (\text{Rase, Barrow, 1967, p.208})$$

$$= 1,2 \times 8.537,14 \text{ N/m}^2 = 10.244,56 \text{ N/m}^2 = 1,486 \text{ psia}$$

Tebal silinder :

$$t_s = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \quad (\text{Hesse, 1959, eq.4-3})$$

Keterangan :

p = tekanan desain (psia)

D = diameter (in)

f = allowable stress = 18.750 psia (Stainless steel SA-240, grade C)

e = 0,8

c = corrosion factor = $\frac{1}{8}$ in

$$t_s = \frac{1,486 \text{ psia} \times 25,9055 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 - 1,486 \text{ psia}} + \frac{1}{8} = 0,126 \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal silinder} = t_s = \frac{3}{16} \text{ in} \approx 0,1875 \text{ in}$$

Tebal konis :

$$t_k = \frac{p \times D}{2 \times f \times e \times \cos \alpha} + c$$

$$t_k = \frac{1,486 \text{ psia} \times 25,9055 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ psia} \times 0,8 \times \cos 45} + \frac{1}{8} = 0,127 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Digunakan tebal konis} = t_k = \frac{3}{16} \text{ in} \approx 0,1875 \text{ in}$$

Spesifikasi Tangki Penampungan Produk :

Kapasitas max	: 233,64 kg/hari
Diameter silinder	: 0,658 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,051 m
Tinggi silinder (H)	: 0,658 m
Tinggi konis	: 0,303 m
Tinggi total	: 0,961 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{3}{16}$ in
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA-240, grade C
Jumlah tangki	: 1 unit

13. Bak Penampungan Kulit Biji Buah Merah (TT-412)

Fungsi	: Untuk menampung kulit biji buah merah.
Tipe	: Bak dengan konstruksi beton.
Dasar pemilihan	: cocok untuk menampung kulit biji buah merah
Kapasitas	: Kulit biji buah merah = 3.861,00 kg/hari
	Minyak buah merah = 12,458 kg/hari
	Pasta buah merah = 28,147 kg/hari
	Air = 120,435 kg/hari
	Massa total = 4.022,04 kg/hari
ρ_{minyak}	= 904,3 kg/m ³
ρ_{pasta}	= 1.204,2 kg/m ³

$$\rho_{\text{air}} = 995,68 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Geankoplis, 3.ed, p.855})$$

Debit pada bak kulit biji buah merah

$$\begin{aligned} \text{Volume sari buah} &= \text{volume minyak} + \text{volume pasta} + \text{volume air} \\ &= \frac{249,163}{904,3} + \frac{562,934}{1.204,2} + \frac{1.761,903}{995,68} \\ &= 2,512 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume kulit biji} &= \text{volume biji buah merah} - \text{volume sari buah} \\ &= 2,72 \text{ m}^3 - 2,512 \text{ m}^3 \\ &= 0,208 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit air} &= \frac{\text{Laju alir massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= \frac{120,435 \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 0,121 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit minyak} &= \frac{\text{Laju alir massa minyak}}{\rho_{\text{minyak}}} \\ &= \frac{12,458 \text{ kg/hari}}{904,3 \text{ kg/m}^3} = 0,014 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit pasta} &= \frac{\text{Laju alir massa pasta}}{\rho_{\text{pasta}}} \\ &= \frac{28,147 \text{ kg/hari}}{1.204,2 \text{ kg/m}^3} = 0,023 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit total} &= \text{debit air} + \text{debit minyak} + \text{debit pasta} + \text{debit kulit biji} \\ &= 0,121 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,014 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,023 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,208 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,366 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{\text{Volume total}}{80\%} \\ &= \frac{0,366 \text{ m}^3}{80\%} \\ &= 0,46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil} : p &= 2 \times 1 \\ t &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= p \times l \times t \\ 0,46 \text{ m}^3 &= 2 \times 1 \times 1 \times 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 \times 1^2 \text{ m} \\
 l^2 &= 0,46 \text{ m}^2 \\
 l &= 0,68 \text{ m} \equiv 0,7 \text{ m} \\
 p &= 2 \times 1 = 2 \times 0,7 \text{ m} = 1,4 \text{ m} \\
 \text{Luas bak} &= 1,4 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \\
 &= 0,98 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampungan Kulit Biji Buah Merah :

Kapasitas max	: 4.022,04 kg/hari
Tinggi bak	: 0,5 m
Panjang bak	: 1,4 m
Lebar bak	: 0,7 m
Bahan konstruksi	: Beton
Jumlah bak	: 1 unit

14. Bak Penampungan Air Buah Merah (TT-712)

Fungsi	: Untuk menampung air buah merah.
Tipe	: Bak dengan konstruksi beton.
Dasar pemilihan	: Cocok untuk menampung air buah merah
Kapasitas	: Minyak buah merah = 2,32 kg/hari
	Pasta buah merah = 25,56 kg/hari
	Air = 2.221,09 kg/hari
	Massa total = 2.248,97 kg/hari
ρ_{minyak}	= 904,3 kg/m ³
ρ_{pasta}	= 1.204,2 kg/m ³
ρ_{air}	= 995,68 kg/m ³ (Geankoplis, 3.ed, p.855)

Debit pada bak penampungan air buah merah

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air} &= \frac{\text{Laju alir massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\
 &= \frac{2.221,09 \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 2,23 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Debit minyak} &= \frac{\text{Laju alir massa minyak}}{\rho_{\text{minyak}}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2,32 \text{ kg/hari}}{904,3 \text{ kg/m}^3} = 0,0026 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Debit pasta} &= \frac{\text{Laju alir massa pasta}}{\rho_{\text{pasta}}} \\
 &= \frac{25,56 \text{ kg/hari}}{1.204,2 \text{ kg/m}^3} = 0,021 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Debit total} &= \text{debit air} + \text{debit minyak} + \text{debit pasta} \\
 &= 2,23 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,0026 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,021 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 2,254 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Volume bak} &= \frac{\text{Volume total}}{80\%} \\
 &= \frac{2,254 \text{ m}^3}{80\%} \\
 &= 2,8175 \text{ m}^3 \\
 \text{Diambil} &: p = 2 \times l \\
 &\quad t = 1 \text{ m} \\
 \text{Volume bak} &= p \times l \times t \\
 2,8175 \text{ m}^3 &= 2 \times l \times 1 \times 1 \text{ m} \\
 &= 2 \times l^2 \text{ m} \\
 l^2 &= 1,41 \text{ m}^2 \\
 l &= 1,2 \text{ m} \\
 p &= 2 \times l = 2 \times 1,2 \text{ m} = 2,4 \text{ m} \\
 \text{Luas bak} &= 2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \\
 &= 2,88 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampungan Air Buah Merah :

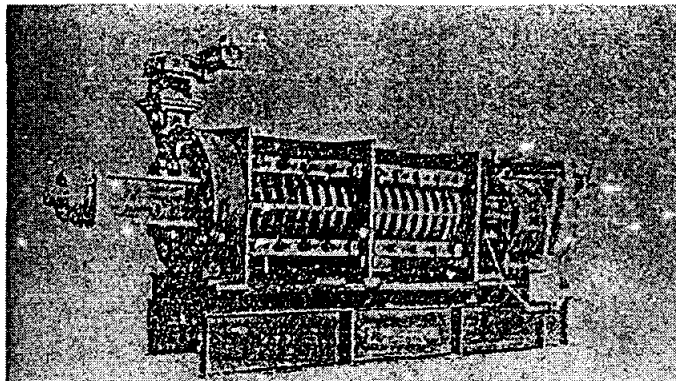
Kapasitas max	: 2.248,97 kg/kg
Panjang bak	: 2,4 m
Lebar bak	: 1,2 m
Tinggi bak	: 1 m
Bahan konstruksi	: Beton
Jumlah bak	: 1 unit

15. Expeller Press (FG-411)

Fungsi	: Untuk mengeluarkan minyak dari biji buah merah
Tipe	: Anderson Expeller Press
Dasar pemilihan	: Cocok untuk memisahkan minyak dari biji buah merah
Kapasitas	: Sari buah merah = 2.574 kg/hari
	Kulit biji = 3.861 kg/hari
	Air = 646,75 kg/hari
	Massa total = 7.081,75 kg/hari
Waktu operasi	: 1 jam/hari

Dari Swern

Kapasitas	: 200 ton/hari
Jumlah alat	: $\frac{7.081,75 \text{ kg/hari}}{200.000 \text{ kg/hari}} = 1 \text{ alat}$
Waktu tinggal	: 0,5 jam
Ukuran	: Panjang = 33 in
	Lebar = 4 in
	Tinggi = 80 in

**Gambar C.3. Expeller Press**Spesifikasi Expeller Press :

Kapasitas	: 7081,75 kg/hari
Waktu tinggal	: 0,5 jam
Panjang	: 33 in
Lebar	: 4 in

Tinggi : 80 in
 Power : 3 Hp
 Jumlah : 1 unit

16. Plate and Frame Filter Press (P-611)

Fungsi : Untuk menyaring pasta dari minyak buah merah dan air
 Tipe : Plate and frame filter press
 Dasar pemilihan : Cocok untuk memisahkan pasta dari sari buah merah.
 Kapasitas : Minyak buah merah = 244,53 kg/hari
 Pasta buah merah = 537,97 kg/hari
 Air = 2.277,21 kg/hari
 Massa total = 3.059,71 kg/hari

Dasar perancangan :

- Waktu pembersihan = waktu pembongkaran + waktu pengambilan cake + waktu pencucian + waktu pemasangan = (15+15+15+15) menit = 60 menit = 1 jam
- Waktu siklus operasi = 2 jam (terdiri dari 1 jam bongkar dan 1 jam pasang)

Perhitungan :

Mencari ρ_{filtrat}

$$\frac{1}{\rho_{\text{filtrat}}} = \frac{X_1}{\rho_1} + \frac{X_2}{\rho_2} + \frac{X_3}{\rho_3}$$

Dimana:

X_1	= fraksi massa air	= 0,8982
X_2	= fraksi massa minyak	= 0,0905
X_3	= fraksi massa pasta	= 0,0113
ρ_1	= densitas air	= 989,58 kg/m ³
ρ_2	= densitas minyak	= 904,3 kg/m ³
ρ_3	= densitas pasta	= 1.204,2 kg/m ³

$$\frac{1}{\rho_{\text{filtrat}}} = \frac{0,8982}{989,581} + \frac{0,0905}{904,3} + \frac{0,0113}{1.204,2}$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{filtrat}}} = 9,0765 \cdot 10^{-4} + 1,0 \cdot 10^{-4} + 9,383 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{filtrat}}} = 1,0170 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{\text{filtrat}} = 983,28 \text{ kg/m}^3$$

Mencari ρ_{cake}

$$\frac{1}{\rho_{\text{cake}}} = \frac{X_1}{\rho_1} + \frac{X_2}{\rho_2} + \frac{X_3}{\rho_3}$$

Dimana :

$$X_1 = \text{fraksi massa air} = 0,0933$$

$$X_2 = \text{fraksi massa minyak} = 0,0196$$

$$X_3 = \text{fraksi massa pasta} = 0,887$$

$$\rho_1 = \text{densitas air} = 989,58 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_2 = \text{densitas minyak} = 904,3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_3 = \text{densitas pasta} = 1204,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{cake}}} = \frac{0,0933}{989,58} + \frac{0,0196}{904,3} + \frac{0,887}{1.204,3}$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{cake}}} = 9,4282 \cdot 10^{-5} + 2,1674 \cdot 10^{-5} + 7,3652 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{cake}}} = 8,524710^{-4}$$

$$\rho_{\text{cake}} = 1173 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah filtrat} = 2.360,69 \text{ kg/hari}$$

$$= \frac{2.360,69 \text{ kg/hari}}{2 \text{ batch/hari} \times 1 \text{ jam/batch}} = 1.180,345 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Jumlah cake} = 286,385 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Debit filtrat} = \frac{\text{Jumlah filtrat}}{\rho_{\text{filtrat}}} = \frac{1.180,345 \text{ kg/jam}}{983,28 \text{ kg/m}^3} = 1,2 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Ukuran plate and frame} = 4 \text{ ft} \times 4 \text{ ft}$$

$$\text{Luas efektif} = 28,8 \text{ ft}^2$$

$$\text{Total kapasitas} = 1,2 \text{ ft}^3/\text{in tebal}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume cake} &= \frac{\text{Jumlah cake}}{\rho_{\text{cake}}} = \frac{286,385 \text{ kg/jam}}{1.173 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,244 \text{ m}^3/\text{jam} = 8,616 \text{ ft}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\text{Volume tiap frame} = \text{luas} \times \text{tebal}$$

Tebal frame berkisar antara 0,125-8 in, diambil tebal frame = 2 in

$$\text{Volume tiap frame} = \frac{28,8 \text{ ft}^2}{2} \times \frac{2 \text{ in}}{12 \text{ in/ft}} = 0,96 \text{ ft}^3$$

$$\text{Jumlah frame} = \frac{\text{Volume cake}}{\text{Volume tiap frame}} = \frac{8,616}{0,96} = 8,975 \approx 9 \text{ buah}$$

Panjang alat berkisar = 0,5-20 m

$$\text{Jumlah plate and frame} = (9 \times 2) + 1 = 19 \text{ buah}$$

$$\text{Tebal plate and frame total} = 19 \times \frac{1 \text{ in}}{12 \text{ in/ft}} = 1,68 \text{ ft} = 0,51 \text{ m (memenuhi}$$

range panjang alat pada literatur)

$$t = \frac{K_p \cdot V^2}{2} + B \cdot V \quad (\text{Geankoplis ed.3, hal 810})$$

Dimana :

$$V = \text{volume total filtrat (m}^3\text{)} = 4,77 \text{ m}^3$$

$$K_p = \frac{\mu \alpha c_s}{A^2 (-\Delta p)}$$

$$\mu = \text{viskositas air} = 0,8007 \times 10^{-3} \text{ (kg/m.s)}$$

$$\alpha = \text{tahanan spesifik cake} = 1 \times 10^9 \text{ (m/kg)}$$

$$c_s = \text{konsentrasi solid} = 537,97 \text{ kg} / 4,77 \text{ m}^3 = 112,78 \text{ kg/m}^3$$

$$A = \text{luas penyaringan} = 28,8 \text{ m}^2 / 2 = 14,4 \text{ m}^2$$

$$-\Delta p = 338 \text{ kN/m}^2$$

$$K_p = \frac{(0,8007 \times 10^{-3})(1 \times 10^9)(112,78)}{(1,34)^2 (338 \times 10^3)} = 148,8 \text{ s/m}^6$$

$$B = \frac{\mu R_m}{A(-\Delta p)}$$

$$R_m = 10,63 \times 10^{10} \text{ m}^{-1}$$

$$B = \frac{(0,8007 \times 10^{-3})(10,63 \times 10^{10})}{(1,34)(338 \times 10^3)} = 187,92 \text{ s/m}^3$$

$$t = \frac{K_p \cdot V^2}{2} + B \cdot V = \frac{(148,8) \cdot (4,77)^2}{2} + (187,92) \cdot (4,77) = 2589,2 \text{ s} = 44 \text{ menit}$$

Spesifikasi Plate and Frame Filter Press :

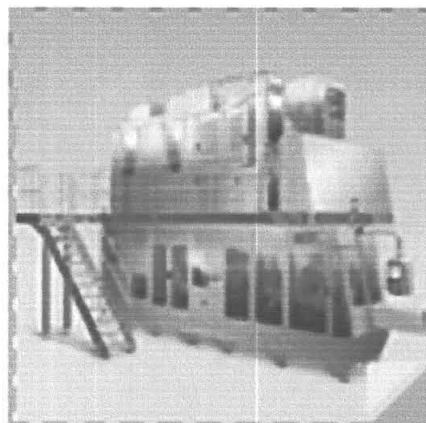
Nama alat	: Filter press
Kapasitas	: 3.059,71 kg/hari
Tebal tiap frame/plate	: 1 in
Jumlah plate and frame	: 19 buah
Panjang alat	: 0,51 m
Bahan	: Stainless steel
Jumlah	: 1 unit

17. Mesin Pengemasan (M-731)

Fungsi	: Mengemas minyak buah merah ke botol.
Tipe	: Tetra Prisma Machines jenis TBA 8



Gambar C.4. Mesin Pengemasan Tampak Samping



Gambar C.5. Mesin Pengemasan Tampak Atas

Spesifikasi Mesin Pengemasan :

Tipe	: Tetra Prisma Machines jenis TBA 8
Kemampuan packaging	: 1.000 packaging/jam
Volume packaging	: 250 mL/packaging
Power	: 20 hp
Panjang	: 1,5 m
Lebar	: 1 m
Tinggi	: 2,25 m
Jumlah	: 1 unit

18. Pompa I (J-431)

Fungsi : Untuk memompa sari buah merah dari expeller press ke tangki pemanas II.

Tipe : Centrifugal pump

Dasar Pemilihan : Cocok untuk mengalirkan larutan dengan viskositas rendah

Waktu operasi = 20 menit/hari = 0,33 jam/hari

Massa masuk = 3059,71 kg/hari = 5,68 lb/s

Debit masuk = $5,43 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,05 \text{ ft}^3/\text{s} = 0,5395 \text{ gal/min}$

$\rho = 1015,85 \text{ kg/m}^3 = 63,42 \text{ lbm/ft}^3$

Dari Timmerhauss hal 496 dan 888 didapat :

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= 3,9 \times Q_r^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,05 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} \times (63,42 \text{ lbm/ft}^3)^{0,13} \\ &= 2,728 \text{ in} \approx 3 \text{ in schedule 40} \end{aligned}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,2557 \text{ ft}$$

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in} = 0,2917 \text{ ft}$$

$$\text{Flow are per pipe (a'')} = 0,05130 \text{ ft}^2$$

Kecepatan aliran

$$v_1 = 0$$

$$v_2 = \frac{Q}{a''} = \frac{0,05 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}}{0,0513 \text{ ft}^2} = 0,975 \text{ ft/s}$$

$$NRe = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

$$= 35.868,87 > 2100 \text{ (turbulen)}$$

$$\text{Panjang pipa lurus} = 10 \text{ m} = 32,808 \text{ ft}$$

$$4 \text{ buah elbow } 90^\circ ; L_e/D = 35 \quad (\text{Geankoplis, 3.ed})$$

$$L_e = 4 \text{ buah} \times 35 \times 0,2557 \text{ ft} = 35,798 \text{ ft} = 10,91 \text{ m}$$

$$2 \text{ buah gate valve} ; L_e/D = 9$$

$$L_e = 2 \text{ buah} \times 9 \times 0,2557 \text{ ft} = 4,6026 \text{ ft} = 1,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \Sigma L = \text{panjang total} &= 32,808 + 35,798 + 4,6026 \text{ ft} \\ &= 73,2 \text{ ft} = 22,31 \text{ m} \end{aligned}$$

Friksi pada pipa karena gesekan

$$\text{Comercial steel} ; E = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ft}$$

$$\frac{E}{D} = \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ft}}{0,2557 \text{ ft}} = 5,86 \cdot 10^{-4}$$

$$\longrightarrow f = 0,006 \quad (\text{fig 2.10-3 Geankoplis hal 88})$$

$$F = \frac{4 f \cdot L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g_c} = 0,1 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$k_c = 0,55 (1 - (A_2/A_1)) \quad (2.10-16 \text{ Geankoplis hal 93})$$

$$A_2/A_1 = 0 ; \text{ karena } A_1 \text{ terlalu besar dibanding } A_2$$

$$K_c = 0,55$$

$$h_c = K_c \frac{v_2^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} = 0,008 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= \text{friksi pada pipa} + \text{friksi karena kontraksi} \\ &= 0,1 + 0,008 = 0,108 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\Delta Z = 0,6135 \text{ ft} \text{ (tinggi liquid pada tangki penampungan sari buah - tinggi liquid pada tangki pemanas II)}$$

$$\Delta P = 1 - 1 = 0$$

$$\frac{1}{g_c \cdot 2 \cdot \alpha} (\Delta v^2) + \frac{g}{g_c} (\Delta Z) + \frac{\Delta P}{\rho \cdot g_c} + \Sigma f = - W_p \quad (2.10-20 \text{ Geankoplis hal 95})$$

$$\Delta Z = z_2 - z_1$$

$$W_p = -0,7363 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{WHP} = \frac{m \cdot W_p}{550} = 0,0042 \text{ Hp}$$

Dari peter& timmerhaue 4^{ed}, fig 14-37 hal 520

$Q = 0,5395 \text{ gal/min}$ didapat : $\eta_{\text{pompa}} = 50 \%$

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta} = \frac{0,0042}{0,5} = 0,0084 \text{ Hp},$$

Dari fig 13-38 didapat : $\eta_{\text{motor}} = 80 \%$

$$\text{Power pompa actual} = \frac{0,0084}{0,8} = 0,01 \text{ Hp} \approx 0,25 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa I :

Rate volumetrik	: 0,05 cuft/det
Ukuran pipa	: 3 in sch 40
OD	: 3,5 in
ID	: 3,068 in
Efisiensi pompa	: 50%
Efisiensi motor	: 80%
Power motor	: 0,25 Hp
Jumlah	: 1 unit

19. Pompa II (J-521)

Fungsi	: Memompa slurry dari tangki pemanas II ke plate and frame filter press.
Tipe	: Pompa centrifugal
Dasar Pemilihan	: Cocok untuk mengalirkan larutan dengan viskositas rendah

Waktu operasi = 20 menit/hari = 0,33 jam/hari

Massa masuk = 3.059,71 kg/hari = 0,078 lb/s

Debit masuk = 0,0012 ft³/s

$\rho = 1.062,15 \text{ kg/m}^3 = 66,3 \text{ lbm/ft}^3$

Dari timmerhauss hal 496 dan 888 didapat :

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= 3,9 \times Q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,0012 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} \times (66,3 \text{ lbm/ft}^3)^{0,13} \end{aligned}$$

$$= 0,326 \text{ in jika distandartkan nominal size pipe} = \frac{3}{8} \text{ in schedule 40}$$

$$\text{ID} = 0,364 \text{ in} = 0,0303 \text{ ft}$$

$$\text{OD} = 0,540 \text{ in} = 0,045 \text{ ft}$$

$$\text{Flow are per pipe (a'')} = 0,00072 \text{ in}^2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ ft}^2$$

Kecepatan aliran

$$v_1 = 0 ;$$

$$v_2 = \frac{Q}{a''} = \frac{0,0012 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}}{0,00072 \text{ ft}^2} = 1,67 \text{ ft/s}$$

$$\text{NRe} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

$$= 9098,26 > 2100 \text{ (turbulen)}$$

$$\text{panjang pipa lurus} = 10 \text{ m} = 32,808 \text{ ft}$$

$$4 \text{ buah elbow } 90^\circ ; \text{Le/D} = 35 \quad (\text{Geankoplis, 3.ed})$$

$$\text{Le} = 4 \text{ buah} \times 35 \times 0,0303 \text{ ft} = 4,242 \text{ ft} = 1,29 \text{ m}$$

$$2 \text{ buah gate valve} ; \text{Le/D} = 9$$

$$\text{Le} = 2 \text{ buah} \times 9 \times 0,0303 \text{ ft} = 0,5454 \text{ ft} = 0,166 \text{ m}$$

$$\Sigma L = \text{panjang total} = 32,808 + 4,242 + 0,5454 \text{ ft} = 37,59 \text{ ft} = 11,28 \text{ m}$$

Friksi pada pipa karena gesekan

$$\text{Comercial steel} ; E = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ft}$$

$$\frac{E}{D} = \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ft}}{0,0303 \text{ ft}} = 4,9 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$\longrightarrow f = 0,009 \quad (\text{fig 2.10-3 Geankoplis hal 88})$$

$$F = \frac{4 f \cdot L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g_c} = 0,194 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$k_c = 0,55 (1 - (A_2/A_1)) \quad (2.10-16 \text{ Geankoplis hal93})$$

$$A_2/A_1 = 0 ; \text{karena } A_1 \text{ terlalu besar dibanding } A_2$$

$$K_c = 0,55$$

$$h_c = K_c \frac{v_2^2}{2 \cdot g_c} = 0,024 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\Sigma f = \text{friksi pada pipa} + \text{friksi karena kontraksi}$$

$$= 0,194 + 0,024 = 0,218 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$\Delta Z = 1,7 \text{ ft}$ (tinggi liquid pd tangki pemanas I – tinggi liquid pd tangki pemanas II)

$$\Delta P = 1 - 1 = 0$$

$$\frac{1}{g_c \cdot 2 \cdot a} (\Delta v^2) + \frac{g}{g_c} (\Delta Z) + \frac{\Delta P}{\rho \cdot g_c} + \Sigma f = - W_p \quad (2.10-20 \text{ Geankoplis hal 95})$$

$$\Delta Z = z_2 - z_1$$

$$W_p = -1,9613 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{WHP} = \frac{m \cdot W_p}{550} = 0,000278 \text{ Hp}$$

Dari peter & timmerhause 4^{ed.}, fig 14-37 hal 520

$$\text{Untuk } Q = 0,0012 \text{ ft}^3/\text{s} \times 7,481 \text{ gal/ft}^3 \times 60 = 0,54 \text{ gal/min}$$

Didapat : $\eta_{\text{pompa}} = 50 \%$

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta} = \frac{0,000278}{0,5} = 0,00055 \text{ Hp,}$$

Dari fig 13-38 didapat : $\eta_{\text{motor}} = 80 \%$

$$\text{Power pompa actual} = \frac{0,00055}{0,8} = 0,00069 \text{ Hp} \approx 0,25 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa II :

Rate volumetrik : 0,0012 cuft/det

Ukuran pipa : $\frac{3}{8}$ in sch 40

OD : 0,540 in

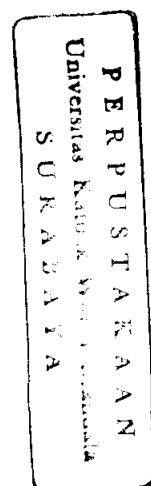
ID : 0,364 in

Efisiensi pompa : 50%

Efisiensi motor : 80%

Power motor : 0,25 Hp

Jumlah : 1 unit



20. Pompa III (J-631)

Fungsi : Mengalirkan Filtrat dari Plate and Frame Filter Press I menuju Dekanter.

Tipe : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : Cocok untuk mengalirkan larutan dengan viskositas rendah

Waktu operasi = 20 menit/hari = 0,33 jam/hari

Massa masuk = 2482,61 kg/hari = 0,06 lb/s

Debit masuk = 0,00097 ft³/s

ρ = 984,03 kg/m³ = 61,43 lbm/ft³

Dari timmerhauss hal 496 dan 888 didapat :

$$\begin{aligned} ID_{opt} &= 3,9 \times Q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,00097 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} \times (61,43 \text{ lbm/ft}^3)^{0,13} \\ &= 0,293 \text{ in} \approx \frac{3}{8} \text{ in schedule 40} \end{aligned}$$

ID = 0,364 in = 0,0303 ft

OD = 0,540 in = 0,045 ft

Flow are per pipe (a'') = 0,00072 in² = 5.10⁻⁶ ft²

Kecepatan aliran

$v_1 = 0$;

$$v_2 = \frac{Q}{a''} = \frac{0,00097 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}}{0,00072 \text{ ft}^2} = 1,347 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} N_{re} &= \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \\ &= 6148,14 > 2100 \text{ (turbulen)} \end{aligned}$$

Panjang pipa lurus = 10 m = 32,808 ft

4 buah elbow 90° ; Le/D = 35 (Geankoplis, 3.ed)

Le = 4 buah × 35 × 0,0303 ft = 4,242 ft = 1,29 m

2 buah gate valve ; Le/D = 9

Le = 2 buah × 9 × 0,0303 ft = 0,5454 ft = 0.166 m

ΣL = panjang total = 32.808 + 4,242 + 0,5454 ft
= 37,59 ft = 11,27 m

Friksi pada pipa karena gesekan

Comercial steel ; E = 4,6 .10⁻⁵ m = 1,5. 10⁻⁴ ft

$$\frac{E}{D} = \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ft}}{0,0303 \text{ ft}} = 4,9 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$\longrightarrow f = 0,01 \quad (\text{fig 2.10-3 Geankoplis hal 88})$$

$$F = \frac{4f.L.v^2}{D.2.g_c} = 1,4 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$k_c = 0,55 (1 - (A_2/A_1)) \quad (2.10-16 \text{ Geankoplis hal 93})$$

$A_2/A_1 = 0$; karena A_1 terlalu besar dibanding A_2

$$K_c = 0,55$$

$$h_c = K_c \frac{v_2^2}{2.g_c} = 0,0155 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Σf = friksi pada pipa + friksi karena kontraksi

$$= 1,4 + 0,0155 = 1,4155 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$\Delta Z = 1,54 \text{ ft}$ (tinggi liquid pada plate and frame filter press -tinggi liquid pada dekanter)

$$\Delta P = 1 - 1 = 0$$

$$\frac{1}{g_c.2.a} (\Delta v^2) + \frac{g}{g_c} (\Delta Z) + \frac{\Delta P}{\rho.g_c} + \Sigma f = - W_p \quad (2.10-20 \text{ Geankoplis hal 95})$$

$$\Delta Z = z_2 - z_1$$

$$W_p = -2,976 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{WHP} = \frac{m.W_p}{550} = 0,00032 \text{ Hp}$$

Dari Peter & Timmerhause 4^{ed.}, fig 14-37 hal 520

Pada $Q = 0,44 \text{ gal/min}$, Didapat : $\eta_{\text{pompa}} = 70 \%$

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{\eta} = \frac{0,00032}{0,7} = 0,00046 \text{ Hp,}$$

Dari fig 13-38 didapat : $\eta_{\text{motor}} = 80 \%$

$$\text{Power pompa actual} = \frac{0,00046}{0,8} = 0,00058 \text{ Hp} \approx 0,25 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa III :

$$\text{Rate volumetrik} = 0,00097 \text{ cuft/det}$$

$$\text{Ukuran pipa} = \frac{3}{8} \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 0,540 \text{ in}$$

ID	= 0,364 in
Efisiensi pompa	= 70%
Efisiensi motor	= 80%
Power motor	= 0,25 Hp
Jumlah	= 1 unit

APPENDIX D

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

D.1 Perhitungan Harga Peralatan

Berikut ini adalah harga peralatan yang digunakan dalam area proses serta peralatan yang digunakan pada area utilitas. Harga ini didapat langsung beberapa suplier dan kontraktor, hasilnya ditabelkan pada tabel D.1, D.2, D.3 dan D.4 berikut ini.

Tabel D.1. Harga Peralatan Proses

No.	Nama Alat	Kode	Jmlh	Harga per Unit (Rp.)	Harga Total (Rp.)	Suplier
1.	<i>Plate and Frame Filter Press</i>	P-611	1	85.000.000	85.000.000	PT. Sumber Wilis Seraya Surabaya 031-8663608
2.	<i>Scraper</i>	FG-121	1	115.625.000	115.625.000	PT. Indoprima Gemilang Engineering Jl. Margomulyo Indah C-1 Surabaya 031-7491693
3.	<i>Expeller Press</i>	FG-411	1	178.955.000	178.955.000	
4.	<i>Decanter</i>	FL-711	1	95.500.000	95.500.000	
5.	Tangki Pencucian	TT-211	2	62.500.000	125.000.000	PT. Meco Inox Prima Jl. Kalijaten 114 Sepanjang-61257 031-7881903
6.	Tangki Pemanas I	TT-311	2	84.785.000	169.570.000	
7.	Tangki Pemanas II	TT-511	2	124.695.500	249.390.000	
8.	Tangki Penampungan Sari Buah Merah	TT-421	1	43.952.000	43.952.000	
9.	Tangki Penampungan Pasta Buah Merah	TT-612	1	25.225.000	25.225.000	
10.	Tangki Penampungan Produk	TT-721	1	38.650.000	38.650.000	
11.	Pompa I	J-431	1	7.500.000	7.500.000	Dutasarana Sumberjaya Jl. Kinibalu 79 Sby 031-5323079
12.	Pompa II	J-521	1	7.500.000	7.500.000	
13.	Pompa III	J-631	1	7.500.000	7.500.000	
14.	<i>Screw Conveyor I</i>	C-131	2	50.000.000	100.000.000	PT. Lomax Jl. Perak Barat 97 Sby 031-3541138 031-3541189
15.	<i>Screw Conveyor II</i>	C-221	2	40.000.000	80.000.000	
16.	<i>Screw Conveyor III</i>	C-321	2	20.000.000	40.000.000	
17.	Mesin Pengemasan	M-731	1	225.000.000	225.000.000	http://www.tetrapak-su/eng
18.	<i>Forklift</i>	-	2	200.000.000	400.000.000	PT. Powerlift Era Baru Jl. Arjuno 138 Blok 1D Surabaya-60251 031-5457855
19.	Kontainer	-	20	27.500.000	550.000.000	Fabrication Office Container Jl. Kalimas 1 Tanjung Perak Sby 031-3287144
Total					2.534.367.000	

Tabel D.2. Bak Penampungan Proses

No.	Nama Alat	Kode	Jumlah	Luas (m ²)
1.	Bak Penampungan Kulit Biji Buah Merah	TT-412	1	0,98
2.	Bak Penampungan Air Buah Merah	TT-712	1	2,88
Total				3,86

Harga beton cor = Rp. 300.000,00/m² (CV. Kemuning, Smg)

Total harga bak penampungan = 3,86 m² × Rp. 300.000,00/m²
 = Rp. 1.158.000,00

Total harga peralatan proses = Total harga peralatan proses + Total harga bak penampungan proses
 = Rp. 2.534.367.000,00 + Rp. 1.158.000,00
 = Rp. 2.635.525.000,00

Tabel D.3. Harga Peralatan Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	Jumlah	Harga per Unit (Rp.)	Harga Total (Rp.)	Suplier
1.	Pompa Air ke Tangki Demineralisasi	J-811	1	7.500.000	7.500.000	Dutasarana Sumberjaya Jl. Kinibalu 79 Sby 031-5323079
2.	Pompa Air Proses	J-812	1	10.000.000	10.000.000	
3.	Pompa Air Sanitasi	J-813	1	10.000.000	10.000.000	
4.	Pompa Bekas Air Proses ke Sand Filter	J-814	1	7.500.000	7.500.000	
5.	Pompa Air ke Bak Penampung Air Bersih	J-815	1	7.500.000	7.500.000	
6.	Pompa Air ke Pembuangan	J-816	1	7.500.000	7.500.000	
7.	Pompa Air ke Tangki Penampung Air Boiler	J-821	1	7.500.000	7.500.000	
8.	Pompa Air Boiler	J-831	1	7.500.000	7.500.000	
9.	Pompa Air ke Tangki Penampungan Air Proses	J-841	1	7.500.000	7.500.000	
10.	Pompa Bahan Bakar	L-851	1	7.500.000	7.500.000	
11.	Boiler	E-832	1	150.000.000	150.000.000	Samson Djawa Perkasa Pertokoan Gateway D-27 Waru 031-8554593
12.	Tangki Penampung Air Boiler	TT-830	1	10.500.000	10.500.000	PT. Meco Inox Prima Jl. Kalijaten 114 Sepanjang-61257 031-7881903
13.	Tangki Penampung Bahan Bakar	TT-850	1	10.500.000	10.500.000	
14.	Tangki Demineralisasi	H-820	1	7.500.000	15.000.000	
15.	Generator	-	1	64.000.000	64.000.000	Teknik Unggul Jl. Penghela 21 sby 031-5471681
Total					330.000.000	

Tabel D.4. Bak Penampungan Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	Jumlah	Luas (m ²)
1.	Bak Penampungan Air Rebusan	TT-322	1	2,42
2.	Bak Sand Filter	P-839	1	16
3.	Bak Penampung Air Proses	TT-840	1	16
4.	Bak Penampung Air Bersih	TT-810	1	36
5.	Bak Penampungan Air Pencuci	TT-816	2	18
Total				88,42

Total harga bak penampungan = $88,42 \text{ m}^2 \times \text{Rp. } 300.000,00/\text{m}^2$

= Rp. 26.526.000,00

Total harga peralatan utilitas = Total harga peralatan utilitas + Total harga bak penampungan utilitas

= Rp. 330.000.000,00 + Rp. 26.526.000,00

= Rp. 356.526.000,00

Total harga peralatan = Total harga peralatan proses + Total harga peralatan utilitas

= Rp. 2.635.525.000,00 + Rp. 356.526.000,00

= Rp. 2.892.051.000,00

D.2 Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan

Harga tanah diperoleh dari Pandaan, sedangkan harga bangunan diperoleh dari CV. Kemuning Semarang.

Tabel D.5. Harga Tanah dan Bangunan

	Luas (m ²)	Harga per m ² (Rp.)	Harga Total (Rp.)
Tanah	7.700	500.000	3.850.000.000
Bangunan			
Gudang bahan baku, Produk, Proses, Utilitas, Lab.	2112	1.750.000	3.696.000.000
Kantor, Pos satpam, Toilet, Bengkel, Kantin, Unit kesehatan, Ruang generator, Mushola, Gudang empulur	1085,25	1.250.000	1.356.562.500
Jalan dan Halaman	2.882,75	600.000	1.729.650.000
Total Harga Bangunan			6.782.212.500

D.3 Perhitungan Harga Bahan Baku dan Harga Jual Produk

- Harga Bahan Baku

Buah merah = Rp. 45.000,00/buah (1 buah = 6 kg) = Rp. 7.500,00/kg

Kebutuhan = 10.000 kg/hari = 3.000.000 kg/tahun

$$\begin{aligned}\text{Total harga bahan baku per tahun} &= 3.000.000 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp. } 7.500,00/\text{kg} \\ &= \underline{\text{Rp. } 22.500.000.000,00}\end{aligned}$$

- Biaya Pengiriman Bahan Baku

Bahan baku buah merah dikirim menggunakan dan ditempatkan dalam kontainer yang dilengkapi dengan pendingin dan *moisture balance*.

Dari data PT. Dakota Cargo Jl. Raya Taman Sepanjang 27, biaya pengiriman container dari dibagi menjadi 2 :

- Kontainer kosong :

Pabrik di Pandaan → Bandar Udara Juanda → Bandar Udara Wamena → Perkebunan adalah sebesar Rp. 15.000.000,00 per kontainer.

- Kontainer berisi buah merah :

Perkebunan → Bandar Udara Wamena → Bandar Udara Juanda → Pabrik di Pandaan adalah sebesar Rp. 35.000.000,00 per kontainer.

Jadi total biaya pengiriman kontainer dari pabrik sampai kembali lagi ke pabrik adalah Rp. 50.000.000,00. Waktu pengiriman kontainer dari perkebunan hingga buah merah sampai ke pabrik adalah 3 hari.

Jika pengiriman buah merah dilakukan setiap 10 hari sekali, maka dalam 1 tahun (300 hari kerja) dilakukan 30 kali pengiriman.

$$\begin{aligned}\text{Biaya pengiriman} &= \text{Rp. } 50.000.000,00/\text{kontainer} \times 10 \text{ kontainer} \\ &= \text{Rp. } 500.000.000,00 \text{ tiap } 10 \text{ hari.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total biaya pengiriman per tahun} &= \text{Rp. } 500.000.000,00 \times 30 \\ &= \underline{\text{Rp. } 15.000.000.000,00}\end{aligned}$$

- Total biaya bahan baku + pengiriman per tahun = **Rp. 37.500.000.000,00**

- Harga Kemasan Produk

Minyak buah merah yang dihasilkan akan dikemas dalam botol tiap 250 mL, sedangkan pasta dikemas dalam plastik 10 kg dan empulur dalam karung 100 kg. Berikut ini ditabelkan harga kemasan produk.

Tiap hari dihasilkan 278,15 Liter minyak buah merah, sebanyak 277,5 Liter dipasarkan (1.110 botol @ 250 mL) sedangkan sisanya sebanyak 650 mL disimpan sebagai sampel untuk bagian *Quality Control*.

Tabel D.6. Harga Kemasan Produk

Produk	Hasil	Harga per Satuan (Rp.)	Harga Total (Rp.)
Botol Minyak Buah Merah	277,5 Liter	2.500/250 mL	2.775.000
Stiker Botol	1.110 botol	1.000/botol	1.110.000
Kardus Kecil	1.110 kardus	2.000/kardus	2.220.000
Kardus Besar	185 kardus	3.500/kardus	647.500
Pasta	577,1 kg	2.000/10 kg	115.420
Empulur	3.500 kg	2.500/100 kg	87.500
Total			6.955.420

Harga kemasan produk = Rp. 6.955.420,00/hari

Harga kemasan produk pertahun = 300 hari × Rp. 6.955.420,00/hari
 = **Rp. 2.086.626.000,00**

- Produk yang dihasilkan dari Pabrik Minyak Buah Merah ini ada dua, yakni produk utama berupa minyak buah merah dan produk samping berupa pasta dan empulur. Berikut ini ditabelkan hasil produk per tahun beserta harga jualnya.

Tabel D.7. Harga Jual Produk

Produk	Hasil	Harga per Satuan (Rp.)	Harga Total (Rp.)
Minyak Buah Merah	277,5 Liter	250.000/250mL	277.500.000
Pasta	577,1 kg	2.500/kg	1.442.750
Empulur	3.500 kg	1.000/kg	3.500.000
Total			282.442.750

Harga jual produk = Rp. 282.442.750,00/hari

Harga jual produk pertahun = 300 hari × Rp. 282.442.750,00/hari
 = **Rp. 84.732.825.000,00**

D.4 Perhitungan Gaji Karyawan**Tabel D.8. Perincian Gaji Karyawan Tiap Bulan**

No	Posisi	Jumlah	Gaji (Rp.)	Total (Rp.)
1	Direktur Utama	1	10.000.000	10.000.000
2	Manager Personalia dan Umum	1	7.000.000	7.000.000
3	Manager Produksi	1	7.000.000	7.000.000
4	Manager Pemasaran	1	7.000.000	7.000.000
5	Manager Keuangan	1	7.000.000	7.000.000
6	Kepala Bagian Teknik dan Pemeliharaan	1	3.500.000	3.500.000
7	Kepala Bagian <i>Quality Control</i> dan Laboratorium	1	3.500.000	3.500.000
8	Kepala Bagian Proses	1	3.500.000	3.500.000
9	Kepala Bagian Pembelian	1	3.500.000	3.500.000
10	Kepala Bagian <i>Research and Development</i>	1	3.500.000	3.500.000
11	Kepala Bagian <i>Public Relation</i>	1	3.500.000	3.500.000
12	Kepala Bagian Promosi	1	3.500.000	3.500.000
13	Sekretaris	1	1.200.000	1.200.000
14	<i>Supervisor</i> Proses	2	2.000.000	4.000.000
15	Pekerja Proses	16	1.250.000	20.000.000
16	Pekerja Teknik dan Pemeliharaan	8	1.500.000	12.000.000
17	Pekerja <i>Quality Control</i> dan Laboratorium	4	1.750.000	7.000.000
18	Pekerja <i>Research and Development</i>	4	1.750.000	7.000.000
19	Pekerja Akutansi dan Keuangan	2	1.200.000	2.400.000
20	Pekerja Personalia dan Administrasi	2	1.200.000	2.400.000
21	Pekerja Promosi dan <i>Public Relation</i>	2	1.200.000	2.400.000
22	Pekerja Gudang	6	1.000.000	6.000.000
23	Pekerja Kebersihan	6	750.000	4.500.000
24	Keamanan	9	750.000	6.750.000
25	Sopir	3	750.000	2.250.000
26	Kantin dan Koperasi	2	750.000	1.500.000
27	Pegawai Kesehatan	1	750.000	750.000
Total		80		142.650.000

Total gaji karyawan = Rp. 142.650.000,00/bulan.

Ditetapkan 1 tahun produksi adalah 12 bulan, ditambah uang tunjangan sebesar 1 bulan gaji.

Gaji karyawan per tahun = 13 bulan × Rp. 142.650.000,00/bulan
= **Rp. 1.854.450.000,00**

D.5 Perhitungan Biaya Utilitas**D.5.1 Kebutuhan Air PDAB**

Kebutuhan air = $56,4 \text{ m}^3/\text{hari}$

Harga air PDAM, Pandaan :

- $10\text{-}20 \text{ m}^3 = \text{Rp. } 650,00$
- $20\text{-}30 \text{ m}^3 = \text{Rp. } 750,00$
- $30\text{-}40 \text{ m}^3 = \text{Rp. } 820,00$
- $>40 \text{ m}^3 = \text{Rp. } 920,00$

Biaya air total :

- $10 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 650,00 = \text{Rp. } 6.500,00$
- $10 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 750,00 = \text{Rp. } 7.500,00$
- $10 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 820,00 = \text{Rp. } 8.200,00$
- $26,4 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 920,00 = \underline{\text{Rp. } 24.288,00}$

Biaya Air Total = $\text{Rp. } 46.488,00/\text{hari}$

Biaya air total per tahun = $300 \text{ hari} \times \text{Rp. } 46.488,00/\text{hari}$
 = $\text{Rp. } 13.946.400,00$

D.5.2 Kebutuhan Zeolite dan Regenerasinya

Kebutuhan zeolite = $9,21 \text{ kg/bulan}$

Harga zeolite = $\text{Rp. } 90.000,00/50 \text{ kg} = \text{Rp. } 1.800,00/\text{kg}$

Harga total zeolite = $\text{Rp. } 16.578,00 \times 12 = \text{Rp. } 198.936,00$

Kebutuhan NaCl untuk regenerasi zeolite = $37,59 \text{ kg/bulan}$

Harga NaCl = $\text{Rp. } 1.500,00/\text{kg}$

Harga total NaCl per tahun = $\text{Rp. } 1.500,00 \times 37,59 \times 12 = \text{Rp. } 676.620,00$

Harga total zeolite dan NaCl per tahun = $\text{Rp. } 198.936,00 + \text{Rp. } 676.620,00$
 = $\text{Rp. } 875.556,00$

D.5.3 Kebutuhan Bahan Isian Sand Filter

Bahan isian dari bak sand filter adalah kerikil, ijuk dan pasir. Dari PT. Sarana Prima Eguna

Harga bahan isian = $\text{Rp. } 2.000.000,00/(144\text{m}^3)$.

Volume bahan isian = $40,6 \text{ m}^3$

Harga total bahan isian = $\text{Rp. } 2.000.000,00/(144\text{m}^3) \times 40,6 \text{ m}^3$
 = $\text{Rp. } 564.000,00$

Bahan isian bak sand filter diganti 15 hari sekali, sehingga dalam 1 tahun dilakukan 20 kali pergantian bahan isian.

$$\begin{aligned}\text{Harga total bahan isian per tahun} &= 20 \times \text{Rp. } 564.000,00 \\ &= \underline{\text{Rp. } 11.280.000,00}\end{aligned}$$

D.5.4 Kebutuhan Listrik

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan listrik} &= 109,76 \text{ kW} \\ \text{Beban listrik terpasang} &= 1,25 \times 109,76 \text{ kW} \\ &= 137,2 \text{ kW} \\ \text{Biaya beban per bulan} &= \text{Rp. } 27.000,00/\text{kW.bulan} \quad (\text{Data dari PLN}) \\ \text{Biaya beban per tahun} &= \text{Rp. } 27.000,00/\text{kW.bulan} \times 137,2 \text{ kW} \times 12 \\ &= \underline{\text{Rp. } 44.452.800,00}\end{aligned}$$

Biaya penggunaan listrik :

$$\begin{aligned}\text{Pemakaian listrik} &= 109,76 \text{ kW} \\ \text{Waktu beban puncak} &= \text{Rp } 435,-/\text{kWh (pk. 18.00–22.00)} \\ \text{Luar waktu beban puncak} &= \text{Rp } 161,-/\text{kWh (pk. 22.00–18.00)}\end{aligned}$$

Dalam satu hari, pabrik beroperasi pada 4 jam waktu beban puncak, 12 jam luar waktu beban puncak dan 8 jam berhenti beroperasi pada luar waktu beban puncak.

Biaya pemakaian listrik *full operation* selama 300 hari :

$$\begin{aligned}&= [(4 \text{ jam} \times 109,76 \text{ kW} \times \text{Rp. } 435,00/\text{kWh} \times 300 \text{ hari/tahun}) + (12 \text{ jam} \times \\ &109,76 \text{ kW} \times \text{Rp. } 161,00/\text{kWh} \times 300 \text{ hari/tahun}) + (8 \text{ jam} \times 15 \text{ kW} \times \text{Rp.} \\ &161,00/\text{kWh} \times 300 \text{ hari/tahun})] \\ &= \underline{\text{Rp. } 126.707.616,00}\end{aligned}$$

Biaya pemakaian listrik *off operation* selama 65 hari :

$$\begin{aligned}&= (20 \text{ jam} \times 15 \text{ kW} \times \text{Rp. } 161,00/\text{kWh} \times 65 \text{ hari/tahun}) + (4 \text{ jam} \times 15 \text{ kW} \times \\ &\text{Rp. } 435,00/\text{kWh} \times 65 \text{ hari/tahun}) \\ &= \underline{\text{Rp. } 4.836.000,00}\end{aligned}$$

Total biaya listrik per tahun :

$$\begin{aligned}&= \text{Rp. } 44.452.800,00 + \text{Rp. } 126.707.616,00 + \text{Rp. } 4.836.000,00 \\ &= \underline{\text{Rp. } 175.996.416,00}\end{aligned}$$

D.5.5 Kebutuhan Bahan Bakar

$$\begin{aligned}\text{Harga residual oil} &= \text{Rp. } 4.000,00/\text{L} \\ \text{Kebutuhan residual oil} &= 0,0125 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Biaya kebutuhan *residual oil* per tahun :

$$= 300 \text{ hari} \times 12,5 \text{ L/hari} \times \text{Rp. } 4.000,00/\text{L}$$

$$= \underline{\text{Rp. } 15.000.000,00}$$

$$\text{Harga solar} = \text{Rp. } 6.400,00/\text{L} \quad (\text{Jawa Pos, Maret 2006})$$

$$\text{Kebutuhan solar} = 3.133,4 \text{ L/tahun}$$

Biaya kebutuhan solar per tahun :

$$= 3.133,4 \text{ L/tahun} \times \text{Rp. } 6.400,00/\text{L}$$

$$= \underline{\text{Rp. } 20.053.760,00}$$

$$\text{Total biaya bahan bakar} = \text{Rp. } 15.000.000,00 + \text{Rp. } 20.053.760,00$$

$$= \underline{\text{Rp. } 35.053.760,00}$$

Total biaya utilitas :

$$= \text{Rp. } 13.946.400,00 + \text{Rp. } 875.556,00 + \text{Rp. } 11.280.000,00 + \text{Rp.}$$

$$175.996.416,00 + \text{Rp. } 35.053.760,00$$

$$= \underline{\text{Rp. } 237.152.132,00}$$

HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*)

Tahapan pemantauan mutu dan keamanan pangan pada HACCP berdasarkan acuan SNI 01-4852-1998 adalah sebagai berikut :

1. *Plantation/Farming*

Plantation/Farming atau penanaman merupakan proses awal dari asal bahan pangan. Penanaman harus dilakukan mengikuti praktik pertanian yang baik atau *Good Agriculture Practices - GAP*, di mana hal-hal yang harus diperhatikan antara lain :

- Pemilihan benih atau bibit yang baik, tidak mengandung penyakit atau terserang hama.
- *Pest control*, meliputi penggunaan jenis pestisida, herbisida ataupun insektisida serta kuantitas pemakaiannya karena jika tidak dipantau dapat mengakibatkan bahaya kimia akibat residu kimia yang tertinggal atau terikut.
- Pemberian pupuk yang berlebihan, di samping merupakan pemborosan dapat mengakibatkan tanaman rentan terhadap suatu penyakit atau hama tanaman.
- Pengairan, pengolahan tanah dan pemeliharaan tanaman dengan baik PHT (Pengendalian Hama Tanaman) dan Pengendalian OPT (Organisme Pengganggu Tanaman).

2. *Post Harvesting*

Post harvesting meliputi proses pembersihan (*cleaning*), pengeringan (*drying*), untuk mencegah bahaya fisik, seperti terikutnya ranting, batu ataupun kotoran serangga dan kimia, seperti residu pestisida yang masih tertinggal pada bahan, dan juga untuk mencegah bahaya mikrobiologis yang mungkin dapat terjadi karena tumbuhnya jamur yang membentuk toksin.

Setelah hasil panen selesai diseleksi, untuk *fresh vegetables* atau *fresh fruits* yang siap konsumsi akan langsung *di-packing*, dan siap untuk didistribusikan, sedangkan hasil pertanian lain yang masih berupa bahan mentah yang masih harus diolah akan disimpan dalam *storage*, baik dalam tangki, karung, atau jenis *packing* lainnya, yang kondisinya selalu dijaga (suhu, kelembaban ruangan).

3. *Transportation*

Produk pertanian yang masih harus diolah atau diproses akan diangkut ke tempat proses dengan transportasi yang dipilih. Pada pengangkutan tersebut berbagai bahaya dapat saja timbul dari masuknya benda asing yang masuk selama transportasi ataupun perubahan kimia dan biologis selama pengangkutan.

Produk susu, ikan, dan daging umumnya dipindahkan dengan menggunakan kendaraan khusus yang dilengkapi dengan ruang pendingin, guna menjaga temperatur agar tetap rendah. Temperatur di bawah 4°C dianggap telah menghindar dari *danger zone* pertumbuhan umum mikroorganisme sehingga kerusakan bahan dapat dicegah. Perlindungan bahan dari kontaminasi silang sangat diwaspadai dalam pengangkutan.

4. *Industrial Processing*

Pada proses ini, produk pertanian atau bahan mentah yang diterima diperiksa, jika perlu ditanyakan sertifikatnya. Bahan-bahan lain yang masuk juga harus melewati pemeriksaan yang dapat membuktikan bahwa bahan bebas bahaya kimia, fisik, ataupun biologi.

Praktik pengolahan makanan yang baik (*Good Manufacturing Practices - GMP*) akan menunjang produksi makanan yang diinginkan. Hal-hal yang harus diperhatikan, antara lain sebagai berikut.:

1. Konstruksi dan kebersihan ruang dan peralatan yang dipakai, jika perlu ada jadwal desinfektanisasinya. Hal tersebut adalah untuk mencegah kontaminasi fisik yang dapat terjadi, misalnya tangki terbuka yang dalamnya berisi produk kecap yang telah jadi, pecahan lampu, debu, serangga, dan sebagainya dapat saja masuk ke dalamnya.
2. Tata letak pabrik dan peralatan, jika dekat dengan limbah atau tempat penyimpanan pestisida dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi dengan makanan yang akan, sedang, atau telah diproses.
3. Sanitasi lingkungan dan sarana penunjang kebersihan, seperti tersedianya air bersih, dapat mencegah terjadinya bahaya baru yang disebabkan air itu sendiri.
4. *Hygiene* karyawan dan penyakit, serta kebiasaan buruk mereka harus diperhatikan karena dapat mencemari makanan yang berada di dekatnya.
5. Kuantitas bahan tambahan makanan.
6. Pemilihan bahan makanan yang baik dan bebas bahaya pangan.
7. Pengontrolan kondisi operasi dan kalibrasi peralatan yang dipergunakan.

8. Penanganan proses dengan sebaik-baiknya.
9. Pengemasan yang baik dengan bahan pengemas yang aman.
10. Peletakan dan penyimpanan bahan mentah dengan produk jadi yang terpisah agar tidak terjadi kontaminasi silang.
11. *Labelling* yang benar dan sesuai dengan isinya.

5. *Produk*

Dengan penerapan GMP yang tepat dan baik, akan dihasilkan produk yang aman bahaya pangan pula. Penerapan *Good Laboratory Practices* – GLP, merupakan penunjang dalam keefektifan sistem HACCP.

6. *Distribution/Delivery*

Selanjutnya produk jadi siap dipasarkan ke pelbagai area. Penanganan produk jadi harus terus diawasi sehingga bahan asing yang mungkin masuk atau kerusakan produk, seperti kerusakan kemasan yang dapat menyebabkan makanan terkontaminasi dapat dicegah. Setiap pendistribusian dan proses-proses sebelumnya harus selalu didokumentasi dengan *record* yang baik agar jika terjadi kasus keamanan pangan seperti *foodborne disease* ataupun keracunan pangan dapat ditelusuri dengan cepat dan dihentikan penyebabnya.

7. *Market*

Market yang mengelola harus memperhatikan produk jadi yang diterima, apabila berupa ikan kalengan maka kalengnya harus dalam keadaan baik karena jika rusak produk di dalamnya sudah pasti terkontaminasi. Selain itu masa kadaluarsa produk juga menjadi perhatian yang utama karena jika tidak dikendalikan dapat mengakibatkan keracunan pangan.

8. *Consumer*

Produk pangan akhirnya akan sampai kepada konsumen untuk dikonsumsi. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam persiapan konsumsi tersebut, antara lain sebagai berikut :

- a. Pemakaian produk sesuai dengan petunjuk pada label kemasan, apakah harus dipanaskan sampai suhu tertentu atau harus disimpan dalam lemari es pada suhu tertentu, dan sebagainya.
- b. Konsumen berhak mengkomplain produsen apabila produk yang diterima tidak sesuai isinya, rusak, misalnya jamur.

Pada pra rencana pabrik minyak buah merah ini, analisa HACCP dimulai dari proses pemanenan buah merah di Wamena sampai minyak buah merah yang telah jadi dan siap dipasarkan ke konsumen.

1. Pemanenan Buah Merah di Wamena

Hazard Analysis Stage	Pemilihan Buah Merah Tidak semua buah merah menghasilkan minyak dalam jumlah banyak. Selain itu, buah merah matang yang sudah dipetik hanya bertahan 10 hari dalam kondisi utuh.
Stage 1 : Hazard Identification	• Bahaya biologi : Berbagai macam jenis serangga seperti kecoa, cecak, semut, lalat buah, dll. • Bahaya fisik : kerikil, debu, ranting, kotoran serangga, terpilih buah merah yang sudah matang, terpilih buah merah dari dataran rendah. • Bahaya kimia : residu pestisida.
Stage 2 : Hazard Evaluation	• Apabila buah merah terkontaminasi zat-zat atau senyawa-senyawa tersebut maka dapat menyebabkan buah merah menjadi cepat busuk. • Apabila terpilih buah merah yang sudah matang dapat mengakibatkan buah cepat busuk. • Apabila terpilih buah merah dari dataran rendah akan menghasilkan minyak dalam jumlah sedikit.
Critical Control Point	• Dipilih buah merah yang belum matang. • Dipilih buah merah yang kondisinya bagus, bersih dan yang ditanam di dataran tinggi karena kandungan betakaroten, tokoferol, omega 3, omega 9, jauh lebih tinggi dibanding yang berasal dari dataran rendah.
Critical Limit	Buah merah tua dan matang dengan ciri berwarna merah cerah, biji mudah dirontokkan, dan jarak antar tonjolan biji jarang.

2. Pengangkutan Buah merah dari Wamena ke Pandaan

Hazard Analysis Stage	Proses Transportasi
Stage 1 : Hazard Identification	• Bahaya biologi : Berbagai macam jenis serangga seperti kecoa, cecak, semut, dll, mikroorganisme, misalnya E.coli, jamur dll. • Bahaya fisik : kerikil, debu, ranting, kotoran serangga, dll.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Apabila buah merah terkontaminasi zat-zat atau senyawa-senyawa tersebut maka dapat menyebabkan buah merah menjadi cepat busuk dan mempengaruhi kualitas akhir dari minyak yang dihasilkan.
Critical Control Point	Selama proses transportasi kondisi container harus selalu dijaga suhu dan kelembabannya.
Critical Limit	Suhu container dijaga pada $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (Penyimpanan buah-buahan) dan kelembaban dijaga pada 0,85 (Kelembaban untuk produk buah-buahan)

3. Industrial Proses

Hazard Analysis Stage	Penyimpanan Bahan Baku Buah Merah Buah merah disimpan dalam container yang dilengkapi dengan pendingin.
Stage 1 : Hazard Identification	• Bahaya biologi : Berbagai macam jenis serangga seperti kecoa, cecak, semut, dll dan mikroorganisme, misalnya E.coli, jamur, dll. • Bahaya fisik : kerikil, debu, ranting, kotoran serangga, dll.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Apabila buah merah terkontaminasi zat-zat atau senyawa-senyawa tersebut maka dapat menyebabkan buah merah menjadi cepat busuk.
Critical Control Point	Selama proses penyimpanan kondisi container harus selalu dijaga suhu dan kelembabannya.
Critical Limit	• Suhu container dijaga pada $\pm 5^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban dijaga pada 0,85. • Container dibersihkan setiap 10 hari sekali.

4. Industrial Proses

Hazard Analysis Stage	<i>Warehouse</i> Buah Merah (Di dalam <i>warehouse</i> , buah merah disimpan dalam container) Konstruksi <i>warehouse</i> terbuat dari beton.
Stage 1 : Hazard Identification	Pada gudang penyimpanan buah merah terdapat kotoran-kotoran seperti serangga, debu, dll.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Apabila terdapat kotoran-kotoran tersebut akan menyebabkan container cepat kotor sebelum waktu pembersihan.
Critical Control Point	Gudang penyimpanan harus dijaga kebersihannya.
Critical Limit	Warehouse buah merah dibersihkan setiap hari.

5. Industrial Proses

Hazard Analysis Stage	Air Pencuci dan Perebus. • Air yang digunakan berasal dari PDAM kota Pandaan, mula-mula air yang akan digunakan di demineralisasi di dalam <i>fixed bed cation exchanger</i> dengan bahan isian <i>carbonaceous zeolite</i>. • Dari data PDAM, air mengandung ion $\text{Ca}^{+2} = 150 \text{ mg/L}$ dan ion $\text{Mg}^{+2} = 200 \text{ mg/L}$
Stage 1 : Hazard Identification	Terdapat bakteri atau mikroorganisme seperti <i>Virus Hepatitis A</i> , <i>virus Norwalk</i> , <i>Rotavirus</i> , <i>Cyclospora cayetanensis</i> , <i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>Giardia lamblia</i> , Bakteri <i>E. Coli</i> , debu, partikel-partikel kecil dalam air, dan zat kimia berbahaya seperti logam berat.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Mikroorganisme bersifat pathogen dan membahayakan kesehatan manusia. Zat kimia tersebut dapat terabsorb ke dalam biji maupun minyak buah merah sehingga membahayakan kesehatan.

Critical Control Point	• Digunakan air dengan standart air minum atau air mineral. • Dilakukan pengukuran pH dengan menggunakan kertas pH universal indikator yang akan memberikan hasil pH yang dimiliki air.
Critical Limit	Keputusan Menteri Kesehatan RI No.907/Menkes/SK/VII/2002, tanggal 29 Juli 2002 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum : 1. Bakteriologis : • E. Coli atau fecal coli = 0 jumlah per 100 ml sampel 2. Kimia • Antimony = 0.005 (mg/liter) • Air raksa = 0.001 (mg/liter) • Arsetic = 0.01 (mg/liter) • Barium = 0.7 (mg/liter) • Boron = 0.3 (mg/liter) • Cadmium = 0.003 (mg/liter) • Kromium = 0.05 (mg/liter) • Tembaga = 2 (mg/liter) • Fluroride = 1.5 (mg/liter) • Timah = 0.01 (mg/liter) • Molybdenum = 0.07 (mg/liter) • Nikel = 0.02 (mg/liter) • Nitrat (sebagai NO₃) = 50 (mg/liter) 3. Fisik • TDS = 1.000 ppm • TSS = 20-300 ppm • Kekeruhan = 5 NTU • Tidak berbau • Tidak berasa • Warna = 15 TCU • pH = 7

6. Industrial Proses

Hazard Analysis Stage	Pencucian dan perendaman Pencucian dan perendaman dilakukan dalam tangki yang terbuat dari Stainless steel SA-240, grade C.
Stage 1 : Hazard Identification	• Bahaya biologi : bakteri, jamur, dan parasit. • Bahaya kimia : residu pestisida dari fogging atau penyemprotan ruang proses. • Bahaya fisik: debu, tanah, serangga, benda-benda dari logam atau kayu.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Minyak buah merah yang dihasilkan dari buah yang tidak bersih dan higienis, serta proses tidak steril tidak akan berkhasiat. Selain itu, kontaminasi yang tinggi bakteri <i>E. Coli</i> bisa menyebabkan diare.

Critical Control Point	Buah merah dicuci dan direndam sampai benar – benar bersih dan higienis untuk menghilangkan bahan-bahan pencemar. Pencucian dilakukan dengan air mengalir. • Karena tidak dilakukan pemanasan sampai suhu 57°C untuk membunuh bakteri <i>E. Coli</i> maka jika perlu pencucian menggunakan <i>cleaner</i> atau anti <i>microbial agent</i> untuk membunuh bakteri <i>E. Coli</i>. • Jika digunakan bahan kimia pembersih maka perlu dilakukan pembilasan berulang kali untuk menghilangkan residunya dan peraturannya disesuaikan dengan CFR.
Critical Limit	Bahan pembersih tangki buah merah harus memenuhi syarat 21 CFR 173.315 tentang syarat bahan kimia pembersih peralatan untuk industri makanan.

7. Industrial Proses

Hazard Analysis Stage	Pemanasan I Pemanasan dilakukan dalam tangki terbuka yang terbuat dari Stainless steel SA-240, grade C.
Stage 1 : Hazard Identification	• Suhu perebusan. • Bahaya biologi : terkontaminasi virus, mikroba dari lingkungan maupun yang dibawa oleh pekerja. • Bahaya fisik : partikel-partikel kecil, seperti pecahan kaca, kayu, logam, dll.
Stage 2 : Hazard Evaluation	• Suhu perebusan yang tidak sesuai akan menghasilkan minyak buah merah dengan kualitas rendah. • Kebersihan ruang proses yang tidak terjaga membuat proses tidak steril dan pencemaran tinggi menyebabkan biji buah merah terkontaminasi sehingga mudah rusak dan malah bisa mengganggu kesehatan jika dikonsumsi.
Critical Control Point	• Suhu maks. perebusan buah merah = 40°C. Suhu < 40°C, struktur jaringan kurang lunak sehingga betakaroten susah dicerna tubuh. Suhu > 40°C, betakaroten dalam buah merah rusak. • Menjaga kebersihan ruang proses untuk mencegah kontaminan masuk ke dalam tangki pemanas I yang terbuka.
Critical Limit	• Tangki dilengkapi <i>indicator</i> dan pengontrol suhu. • Dilakukan pembersihan dan pengecekan ruang proses (atap, dinding, dan lantai) setiap hari minggu. • Setiap karyawan yang akan memasuki ruang proses harus membersihkan tangan, kaki dan memakai pakaian khusus.

8. Industrial Proses

Hazard Analysis Stage	Pemanasan II Pemanasan dilakukan dalam tangki tertutup yang terbuat dari Stainless steel SA-240, grade C.
Stage 1 : Hazard Identification	Suhu pada tangki pemanas II.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Suhu pemanasan yang tidak sesuai akan merusak minyak buah merah.
Critical Control Point	Suhu dijaga pada 50°-90°C. • Suhu < 50°C minyak buah merah tidak terpisah dari pasta. • Suhu > 90°C minyak buah merah rusak dan terbentuk gas peroksida yang bersifat karsinogenik.
Critical Limit	Tangki dilengkapi <i>indicator</i> dan pengontrol suhu.

9. Industrial Proses

Hazard Analysis Stage	Pemisahan II Alat yang digunakan dalam pemisahan yang kedua adalah <i>plate and frame filter press</i> yang terbuat dari Stainless steel.
Stage 1 : Hazard Identification	Kain yang digunakan sebagai media saring terkontaminasi mikroorganisme seperti jamur, bakteri, dan parasit yang disebabkan pencucian kurang bersih.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Mikroorganisme tersebut bisa menyebabkan diare bahkan keracunan akibat toxin yang dikeluarkan mikroorganisme tersebut.
Critical Control Point	Pemisahan pasta dari sari buah merah perlu dilakukan beberapa kali untuk memastikan pasti benar-benar terpisah.
Critical Limit	-

10. Industrial Proses

Hazard Analysis Stage	Pemisahan III Alat yang digunakan dalam pemisahan yang kedua adalah <i>decanter</i> yang terbuat dari Stainless steel.
Stage 1 : Hazard Identification	Kadar air.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Air dalam minyak buah merah menimbulkan reaksi hidrolisis. Akibatnya timbul rasa asam dan muncul asam lemak bebas melebihi batas. Selain itu, minyak yang teroksidasi menjadi lebih pekat sehingga sulit dicerna.
Critical Control Point	Pemisahan terus dilakukan sampai kadar air 0 % dan dilakukan tes untuk mengetahui kadar asam lemak bebas. Uji asam lemak bebas : 1. Sampel minyak ditimbang ± 10 gram, dimasukkan ke dalam erlenmeyer 200 mL kemudian ditambahkan 50 mL alkohol netral 95%.

	2. Setelah itu, campuran dipanaskan selama 10 menit dalam penangas air sambil diaduk. 3. Kemudian dititrasi dengan KOH $\pm 0,1$ N menggunakan indikator phenolphthalein (PP) sampai terjadi perubahan warna larutan menjadi merah muda. 4. FFA dihitung dengan menggunakan rumus : $\% \text{ FFA} = \frac{\text{mL KOH} \times \text{N KOH} \times \text{BM asam lemak}}{\text{Berat sampel (gram)} \times 1000} \times 100\%$
Critical Limit	• Asam lemak bebas < 0,1 % • Tidak boleh berbau asam • Aroma netral • Warna gelap (merah) • Kandungan air = 0-5% • Endapan pasta = 0-5% • Nilai peroksida = 0 sampai 0,5

11. Industrial Proses

Hazard Analysis Stage	Minyak
Stage 1 : Hazard Identification	Suhu ruang penyimpanan
Stage 2 : Hazard Evaluation	Penyimpanan yang tidak sesuai membuat omega 3 dalam minyak rusak. Pada suhu ruang, akan muncul bau tengik karena minyak teroksidasi sehingga minyak tidak tahan lama dan kandungan di dalamnya cepat rusak.
Critical Control Point	Jika segel sudah dibuka, minyak disimpan dalam tempat yang sejuk (lemari es, 5°C) dan tidak terkena sinar matahari.
Critical Limit	• Asam lemak bebas < 0,1 % • Tidak boleh berbau asam • Aroma netral • Warna gelap (merah) • Kandungan air = 0-5% • Endapan pasta = 0-5% • Nilai peroksida = 0 sampai 0,5

12. Produk

Hazard Analysis Stage	Penanganan Produk Akhir
Stage 1 : Hazard Identification	Kualitas produk yang dihasilkan.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Setiap produk yang dihasilkan dalam satu hari proses produksi selalu diambil sampel untuk menjamin kualitas produk yang dihasilkan.
Critical Control Point	Pengetesan kemurnian dengan meneteskan minyak pada kertas lakmus atau dengan mengamati warna, bau, kadar air, dan rasa.
Critical Limit	• Kertas lakmus berwarna merah berarti minyak murni.

	• Kertas lakmus berwarna kuning berarti minyak tidak murni. • Warna : merah tua, tidak hitam. • Bau : Harum khas buah merah, tanpa bau asam, busuk, tengik atau sangit. • Rasa : gurih khas buah merah, tanpa rasa manis, getir, pahit, atau asam.
--	---

13. Produk

Hazard Analysis Stage	Peralatan proses
Stage 1 : Hazard Identification	Kebersihan peralatan dari kontaminan baik biologi, fisik, dan kimia.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Kebersihan dan sterilitas peralatan diperlukan untuk menjamin kualitas produk yang dihasilkan. Proses dan peralatan yang tidak bersih atau steril akan membuat minyak kurang berkhasiat.
Critical Control Point	• Menjaga kebersihan alat. • Sanitasi alat dilakukan secara manual dengan menyemprotkan, merendam dan membilas dengan air panas.
Critical Limit	• Pembersihan alat dilakukan setiap proses selesai. • Suhu air pembersih = 77°C • Selama 330 detik atau lebih.

14. Produk

Hazard Analysis Stage	Area proses
Stage 1 : Hazard Identification	Kebersihan area ruang proses
Stage 2 : Hazard Evaluation	Puing-puing bangunan, kotoran di lantai, dinding, plafon, saluran perpipaan, dan permukaan area lain yang tidak bersentuhan dengan proses bisa menjadi tempat hidup dan berkembang mikroorganisme yang bisa berpindah ke minyak atau proses produksi.
Critical Control Point	• Permukaan-permukaan ini harus dibersihkan dan disanitasi dengan teratur untuk meminimalkan kontaminan, bau, dan hama pengganggu. • Suhu dan kelembaban udara juga dijaga pada kondisi dimana mikroorganisme tersebut tidak mudah hidup dan berkembang biak.
Critical Limit	-

15. Produk

Hazard Analysis Stage	Kesehatan perorangan
Stage 1 : Hazard Identification	Kebersihan dan higienitas pekerja sangat penting.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Jika pekerja tidak bersih, produk bisa terkontaminasi karena manusia bisa menjadi sumber mikroorganisme.
Critical Control Point	Menjaga kesehatan pribadi dengan: • Mengetahui kapan dan bagaimana cara mencuci tangan dengan tepat. • Memakai pakaian yang bersih. • Menjaga kebiasaan pribadi yang baik (mandi, mencuci dan menjaga kebersihan rambut, menjaga kuku bersih dan terpotong pendek, mencuci tangan setelah ke toilet,dll). • Memelihara kesehatan dan melapor jika sakit untuk mencegah tersebarnya kuman penyakit.
Critical Limit	• Jika akan masuk keruang proses, karyawan harus disterilkan dahulu. • Memakai pakaian yang telah disediakan oleh perusahaan jika ingin masuk keruang proses.

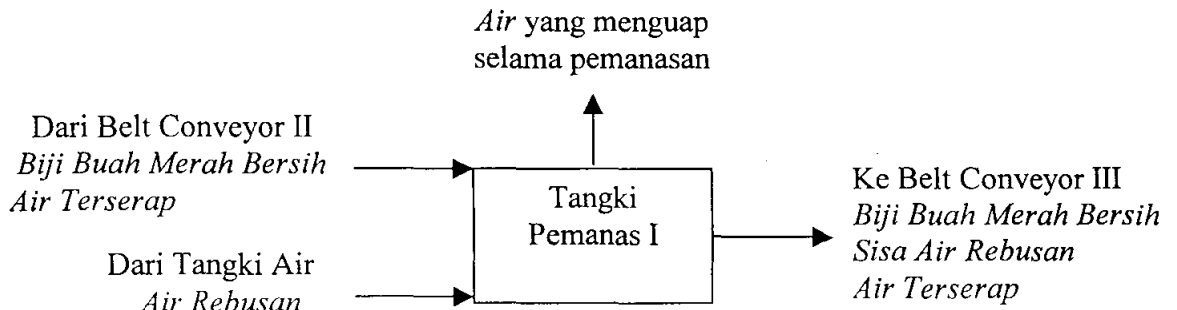
16. Distribusi Produk

Hazard Analysis Stage	Proses Distribusi
Stage 1 : Hazard Identification	Kerusakan kemasan produk.
Stage 2 : Hazard Evaluation	Dapat mengakibatkan minyak buah merah yang terdapat dalam kemasan menjadi rusak.
Critical Control Point	Setiap proses pendistribusian selalu didokumentasi dengan record yang baik agar jika terjadi keracunan obat dapat segera ditelusuri penyebabnya dan dihentikan.
Critical Limit	• Pencatatan bentuk kemasan disetiap proses pendistribusian. • Kemasan minyak buah merah tidak boleh terkena sinar matahari langsung.

Perhitungan Air yang Menguap pada Tangki Pemanas I

Tangki Pemanas I (TT-311)

Fungsi : Untuk melunakkan biji buah merah sebelum masuk proses pengepresan.



Data-data yang diperoleh *Made, 2005, personal communication* :

- Air yang terserap dalam biji buah merah bersih = 5% massa biji buah merah bersih.
- Perbandingan air rebusan dengan bahan masuk sama dengan 1:3.

Masuk :

1. Massa biji buah merah bersih = 6.435 kg/hari
2. Air yang terserap = 325 kg/hari
3. Air rebusan = $(1:3) \times (6.435 \text{ kg/hari} + 325 \text{ kg/hari})$
= 2.253,33 kg/hari

Perhitungan Air yang menguap ke udara

Asumsi : Suhu permukaan air dianggap konstan pada suhu 40°C karena kenaikan suhu dianggap cepat. Lapisan permukaan air dianggap berbentuk *horizontal plates-circular disk* dan digunakan persamaan *natural convection*.

$$N_{Nu} = \frac{h L}{k} = a \left(\frac{L^3 \rho^2 g \beta \Delta T c_p \mu}{\mu^2 k} \right)^m = a(N_{Gr} N_{Pr})^m \quad (\text{Geankoplis ed.4 hal 278})$$

$$T_w = \text{Suhu air} = 40^\circ\text{C} \text{ (313 K)}$$

$$T_b = \text{Suhu udara} = 30^\circ\text{C} \text{ (303 K)}$$

$$T_f = \frac{T_w + T_b}{2} = \frac{313 + 303}{2} = 308 \text{ K}$$

Properties udara pada suhu 308 K pada Geankoplis ed.4 hal 971

$$\begin{aligned}
 \rho &= 1,140 \text{ (kg/m}^3\text{)} \\
 \mu &= 1,88 \times 10^{-5} \text{ (kg/m.s)} \\
 k &= 0,0265 \text{ (W/m.K)} \\
 N_{Pr} &= 0,706 \\
 \beta &= \frac{1}{T_f} = 3,25 \times 10^{-3} \text{ (1/K)} \\
 \Delta T &= T_w - T_b = 313 - 303 = 10 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Diameter tangki = 0,77 m

$$L = 0.9 \text{ kali diameter} \quad (\text{Geankoplis ed.4 hal 281})$$

$$L = 0,9 \times 0,77 = 0,693 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 N_{Gr} &= \frac{L^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2} = \frac{0,693^3 \times 1,14^2 \times 9,8 \times 3,25 \cdot 10^{-3} \times 10}{(1,88 \times 10^{-5})^2} \\
 &= 3,8977 \cdot 10^8
 \end{aligned}$$

Dari Geankoplis ed.4 tabel 4.7-1 hal 278 diperoleh :

$$a = 0,14$$

$$m = 1/3$$

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{k}{L} a (N_{Gr} N_{Pr})^m = \frac{0,0265}{0,693} \times 0,14 \times [3,8977 \cdot 10^8 \times 0,706]^{1/3} \\
 &= 3,4821 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\pi}{4} \times D^2 = \frac{\pi}{4} \times 0,77^2 \\
 &= 0,4657 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= hA(T_w - T_b) \\
 &= 3,4821 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 0,4657 \text{ m}^2 \times (313 - 303) \text{ K} \\
 &= 16,2161 \text{ W} = 16,2161 \text{ J/s}
 \end{aligned}$$

Properties air pada suhu 303 K pada Geankoplis ed.4 hal 955

$$H_v = 2556,3 \text{ kJ/kg}$$

$$H_f = 125,79 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda &= H_v - H_f \\
 &= 2556,3 \text{ kJ/kg} - 125,79 \text{ kJ/kg} \\
 &= 2430,51 \text{ kJ/kg} = 2430,51 \cdot 10^3 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

$$q = m \lambda$$

$$16,2161 \text{ J/s} = m \times 2430,51 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$

$$m = 6,672 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s}$$

Waktu pemanasan selama 2 jam = 7200 s

Jadi, massa air yang teruapkan ke udara sebesar :

$$m = 6,672 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s} \times 7.200 \text{ s} = 0,05 \text{ kg}$$

Keluar :

Ke udara : 0,05 kg/hari

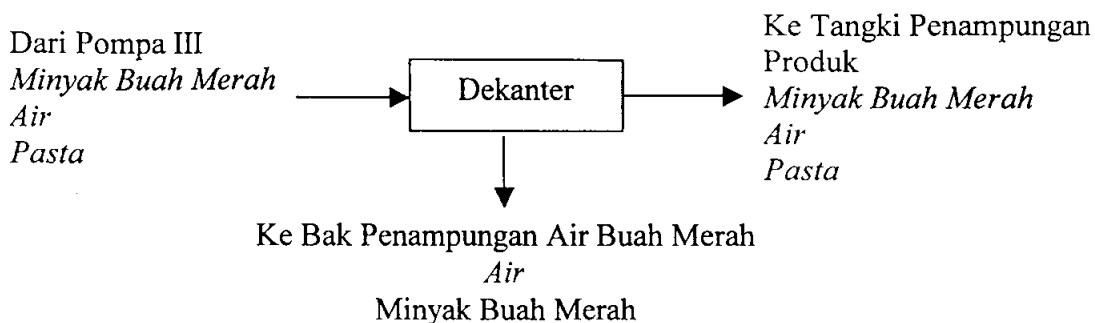
Ke Filter II :

1. Massa biji buah merah bersih = 6.435 kg/hari
2. Air yang terserap = 325 kg/hari + (5% × 6.435 kg/hari)
= 325 kg/hari + 321,75 kg/hari
= 646,75 kg/hari
3. Sisa air rebusan = 2.253,33 kg/hari – 321,75 kg/hari – 0,05 kg/hari
= 1.931,53 kg/hari

Perancangan Dekanter

Dekanter (FL-711)

Fungsi : Untuk memisahkan air dari minyak buah merah.



Asumsi :

- Minyak buah merah yang terpisah dari air sebanyak 99%
- Air yang terikut dalam minyak sebesar 1% massa minyak.
- Pasta yang terikut ke dalam minyak buah merah sebesar 5 % dari massa pasta dan sisanya terikut ke dalam air.

Masuk :

1. Minyak buah merah = 232,30 kg/hari
2. Air = 2.223,41 kg/hari
3. Pasta = 26,90 kg/hari

Keluar :

Ke tangki penampungan produk :

1. Minyak buah merah = $99 \% \times 232,30 \text{ kg/hari}$
= 229,98 kg/hari
2. Air = $1 \% \times 232,30 \text{ kg/hari}$
= 2,32 kg/hari
3. Pasta = $5 \% \times 26,90 \text{ kg/hari}$
= 1,34 kg/hari

Ke Bak penampungan air buah merah :

1. Minyak buah merah = $1\% \times 232,30 \text{ kg/hari}$
= 2,32 kg/hari
2. Air = $2.223,41 \text{ kg/hari} - 2,32 \text{ kg/hari}$

$$= 2.221,09 \text{ kg/hari}$$

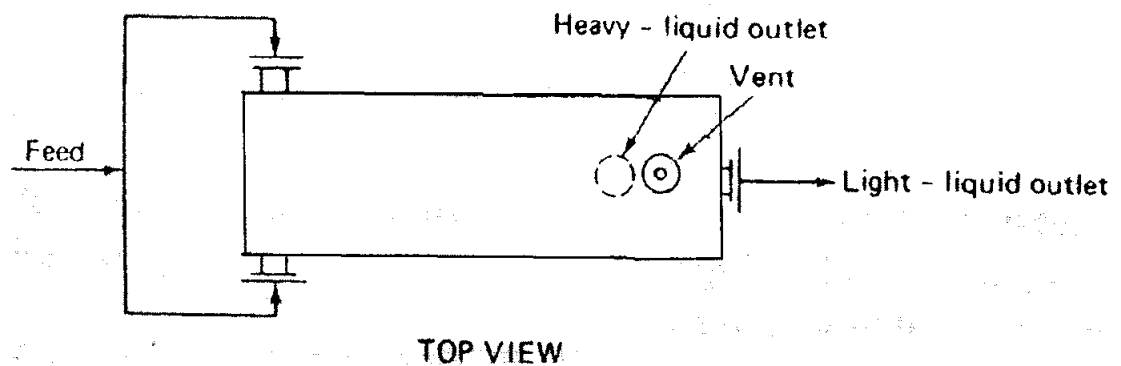
3. Pasta

$$= 95 \% \times 26,90 \text{ kg/hari}$$

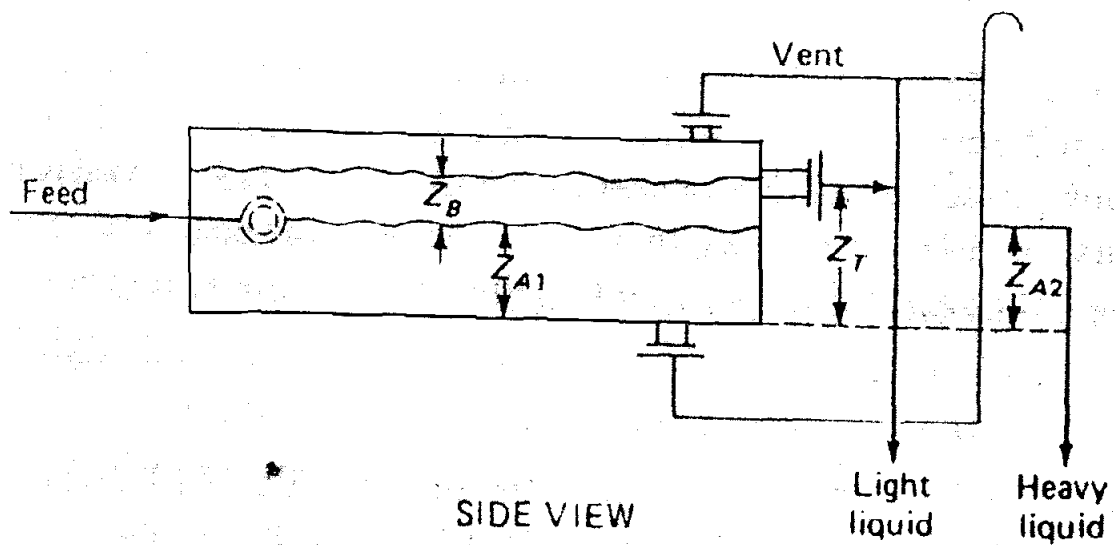
$$= 25,56 \text{ kg/hari}$$

Masuk (kg/hari)		Keluar (kg/hari)	
Dari Pompa III (J-631)		Ke Tangki Penampungan Produk (TT-721)	
<i>Minyak Buah</i>	232,30	<i>Minyak Buah</i>	229,98
<i>Air</i>	2.223,41	<i>Air</i>	2,32
<i>Pasta Buah Merah</i>	26,90	<i>Pasta Buah Merah</i>	1,34
		Ke Bak Penampungan Air Buah Merah (TT-712)	
		<i>Minyak Buah</i>	2,32
		<i>Air</i>	2.221,09
		<i>Pasta Buah Merah</i>	25,56
Total	2.482,61	Total	2.482,61

Perhitungan Perancangan



Gambar E.1. Dekanter Tampak Atas



Gambar E.2. Dekanter Tampak Samping

Tipe	= <i>Rectangular</i> dekanter	
Dasar pemilihan	= Cocok untuk memisahkan minyak buah merah dan air berdasarkan perbedaan densitas.	
Kondisi operasi	= suhu 42,33 °C dan tekanan 1 atm	
ρ_1	= densitas air	= 991,276 kg/m ³
ρ_2	= densitas minyak	= 904,3 kg/m ³
ρ_3	= densitas pasta	= 1.204,2 kg/m ³
Debit air	$= \frac{\text{Laju alir massa air}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{2.223,41 \text{ kg/hari}}{991,276 \text{ kg/m}^3} = 2,24 \text{ m}^3/\text{hari}$	
Debit minyak	$= \frac{\text{Laju alir massa minyak}}{\rho_{\text{minyak}}} = \frac{232,30 \text{ kg/hari}}{904,3 \text{ kg/m}^3} = 0,26 \text{ m}^3/\text{hari}$	
Debit pasta	$= \frac{\text{Laju alir massa pasta}}{\rho_{\text{pasta}}} = \frac{26,90 \text{ kg/hari}}{1.204,2 \text{ kg/m}^3} = 0,022 \text{ m}^3/\text{hari}$	
Debit total	$= \text{debit air} + \text{debit minyak} + \text{debit pasta}$ $= 2,24 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,26 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,022 \text{ m}^3/\text{hari}$ $= 2,522 \text{ m}^3/\text{hari}$	
ρ_{campuran}	$= \frac{\text{Laju alir massa total}}{\text{Debit total}}$ $= \frac{2.482,61 \text{ kg/hari}}{2,522 \text{ m}^3/\text{hari}}$ $= 984,38 \text{ kg/m}^3$	

$$\mu_{\text{air+pasta}} = 0,6560 \text{ cp}$$

$$\rho_A = \frac{\text{massa air} + \text{massa pasta}}{\text{volume air} + \text{volume pasta}} = \frac{2.223,41 + 26,90}{2,24 + 0,022} = 994,83 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_B = \rho_2 = 904,3 \text{ kg/m}^3$$

$$t = \frac{100\mu}{\rho_A - \rho_B} \quad (\text{McCabe, pers. 2-15, p.36})$$

$$= \frac{100 \times 0,656}{994,83 - 904,3}$$

$$= 0,725 \text{ jam} = 45 \text{ menit}$$

Dimensi Tangki

Asumsi tangki berisi 95% volume total.

Dimana dalam 1 hari terdapat 1 kali batch.

$$\text{Volume total} = \frac{\text{Volume liquid}}{95\%}$$

$$= \frac{2,522 \text{ m}^3}{95\%}$$

$$= 2,655 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang tangki} = 1,25 \times \text{tinggi tangki}$$

$$\text{Lebar tangki} = l \times \text{tinggi tangki}$$

$$\text{Vol dekanter} = p \times l \times t$$

$$2,655 \text{ m}^3 = 1,25t \times t \times t$$

$$t = 1,3 \text{ m} \rightarrow p = 1,625 \text{ m} ; l = 1,3 \text{ m}$$

Ketinggian Overflow

$$\text{Liquid depth (Z}_T) = \frac{\text{Volume liquid}}{\text{Luas alas}}$$

$$= \frac{2,522 \text{ m}^3}{1,625 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}}$$

$$= 1,19 \text{ m}$$

$$V_{\text{air+pasta}} = 2,24 \text{ m}^3 / \text{hari} + 0,022 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

$$= 2,262 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

$$V_{\text{air+pasta}} = p \times l \times t_{\text{air+pasta}}$$

$$t_{\text{air+pasta}} = \frac{2,262 \text{ m}^3}{1,625 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}}$$

$$= 1,07 \text{ m}$$

$$Z_{A1} = 1,07 \text{ m}$$

$$Z_{A1} = Z_{A2} - (Z_T - Z_{A1}) \times \frac{\rho_B}{\rho_A}$$

$$\begin{aligned} Z_{A2} &= Z_{A1} + (Z_T - Z_{A1}) \times \frac{\rho_B}{\rho_A} \\ &= 1,07 + (1,19 - 1,07) \times \frac{904,3}{994,83} \\ &= 1,18 \text{ m} \end{aligned}$$

Keterangan :

Z_{A1} : Ketinggian air + pasta

Z_{A2} : Ketinggian overflow

Dimensi Nozzle Pemasukan dan Pengeluaran Bahan

Dari Geankoplis ed.4 hal 107 diperoleh :

<i>Type of Fluid</i>	<i>Type of Flow</i>	<i>Velocity (m/s)</i>	<i>Average Velocity</i>
<i>Nonviscous liquid</i>	<i>Inlet to pump</i>	0,6 – 0,9	0,75 m/s
<i>Viscous liquid</i>	<i>Inlet to pump</i>	0,06 – 0,25	0,155 m/s

- Dalam 1 hari, waktu pemasukan dan pengeluaran dekanter selama 10 menit.
- Aliran masuk : minyak, air, pasta (*Viscous liquid*)
- Aliran keluar : minyak (*Viscous liquid*), air dan pasta (*Nonviscous liquid*)

$$\text{Debit masuk} = 2,522 \text{ m}^3/\text{hari} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas nozzle aliran masuk} &= \frac{4,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0,155 \text{ m/s}} \\ &= 0,027 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$0,027 \text{ m}^2 = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$D \text{ aliran masuk} = 0,19 \text{ m}$$

Debit keluar

$$\begin{aligned} \text{Air + pasta} &= 2,24 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,022 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2,262 \text{ m}^3/\text{hari} = 3,77 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\text{Minyak} = 0,26 \text{ m}^3/\text{hari} = 4,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas nozzle pengeluaran air dan pasta} &= \frac{3,77 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0,75 \text{ m/s}} \\ &= 0,005 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$0,005 \text{ m}^2 = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$D \text{ pengeluaran air dan pasta} = 0,08 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas nozzle pengeluaran minyak} &= \frac{4,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0,155 \text{ m/s}} \\ &= 0,0028 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$0,0028 \text{ m}^2 = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$D \text{ pengeluaran minyak} = 0,06 \text{ m}$$

Perhitungan Tebal Dekanter

Mencari ρ_{campuran} :

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \frac{X_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} + \frac{X_{\text{minyak}}}{\rho_{\text{minyak}}} + \frac{X_{\text{pasta}}}{\rho_{\text{pasta}}}$$

$$\begin{aligned} X_{\text{air}} &= \frac{\text{Laju alir air}}{\text{Laju alir total}} = \frac{2.223,41 \text{ kg/hari}}{2.482,61 \text{ kg/hari}} \\ &= 0,89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\text{minyak}} &= \frac{\text{Laju alir minyak}}{\text{Laju alir total}} = \frac{232,30 \text{ kg/hari}}{2.482,61 \text{ kg/hari}} \\ &= 0,09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\text{pasta}} &= \frac{\text{Laju alir pasta}}{\text{Laju alir total}} = \frac{26,90 \text{ kg/hari}}{2.482,61 \text{ kg/hari}} \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho_{\text{camp}}} &= \frac{0,89}{991,276} + \frac{0,09}{904,3} + \frac{0,02}{1.204,2} \\ &= 1,014 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{camp}} = 986,19 \text{ kg/m}^3 = 61,58 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{tinggi} = H = 1,3 \text{ m} = 4,265 \text{ ft}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= \frac{\rho(H-1)}{144} = \frac{61,45 \times (4,265 - 1)}{144}$$

$$= 1,4 \text{ psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{total}}$$

$$= 1,2 \times 1,4 \text{ psia}$$

$$= 1,7 \text{ psia}$$

(Rase, Barrow, 1967, p.208)

Tebal plat :

$$t = \frac{P.l}{2 \times (f.E - 0,6.P)} + c \quad (\text{Brownell and Young, pers 13.1})$$

Keterangan :

P = tekanan design (psia) = 1,7 psia

l = lebar tangki (in) = 1,3 m = 51,181 in

f = allowable stress = 18.750 psia (Stainless steel SA-240, grade C)

E = 0,8 (tipe sambungan doble-welded butt joint)

c = corrosion factor = $\frac{1}{8}$ in

$$t = \frac{1,7 \text{ psia} \times 51,181 \text{ in}}{2 \times (18.750 \text{ psia} \times 0,8 - 0,6 \times 1,7)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,128 \equiv \frac{3}{16} \text{ in}$$

Digunakan tebal plat (t) = $\frac{3}{16}$ in $\approx 0,1875$ in

Spesifikasi Dekanter

Nama	: Dekanter
Tipe	: <i>Rectangular</i> dekanter
Kapasitas	: 2.482,61 kg/hari
Panjang	: 1,625 m
Tinggi	: 1,3 m
Lebar	: 1,3 m
Tebal plat	: 0,1875 in
Overflow	: 1,18 m
D bahan masuk	: 0,19 m
D pengeluaran air dan pasta	: 0,08 m
D pengeluaran minyak	: 0,06 m
Bahan konstruksi	: Stainless steel
Jumlah	: 1 unit

