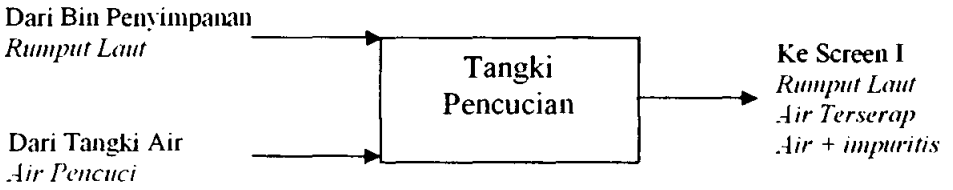
APPENDIX A
PERHITUNGAN NERACA MASSA

APPENDIX A
PERHITUNGAN NERACA MASSA

- Kapasitas = 2000 ton sodium alginat / tahun
- Basis perhitungan = 1 hari
- Basis operasi = 4 batch per hari
- Operasional pabrik per tahun = 300 hari
- Untuk proses selama satu hari, bahan baku rumput laut yang digunakan :
  - Rumput laut = 28280 kg

1. Tangki Pencucian



Data :

1. Kebutuhan air pencucian sebesar 2 kali berat rumput laut masuk tangki pencucian. [9]
2. Air yang meresap kedalam rumput laut sebesar 11,14% dari berat rumput laut masuk tangki pencucian. [10]
3. Asumsi impuritis berupa pasir, lumpur, dan lain-lain dalam bahan baku masuk sebesar 1% dari bahan baku.
4. Asumsi impuritis yang masih terikut dalam rumput laut setelah pencucian sebesar 0,1% dari impuritis masuk.

Massa impuritis masuk = massa rumput laut masuk × 1%

= 28.000 kg × 1%

= 280 kg

Massa bahan baku masuk = massa rumput laut + massa impuritis

= 28.000 kg + 280 Kg

= 28.280 kg

Kebutuhan air pencuci = 2 × bahan baku yang masuk

= 2 × 28280 kg

= 56.000 kg

Air pencuci yang meresap kedalam rumput laut sebesar = 0,1114 × air pencuci

= 0,1114 × 56.000 kg

= 6.238,4 kg

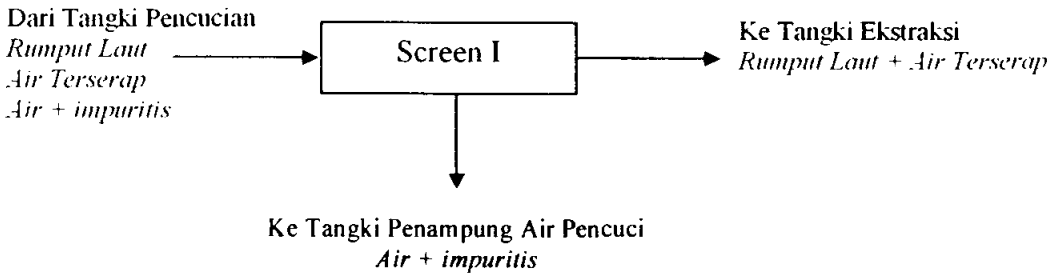
Impuritis yang terikut dalam rumput laut keluar dari tangki pencucian $= \frac{0,1}{100} \times$ impuritis masuk

$= \frac{0,1}{100} \times 280$ kg

= 0,28 kg

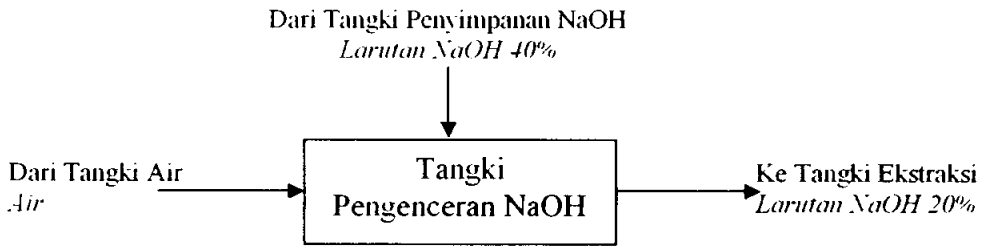
Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Rumput laut	28.280	Rumput laut	28.000,25
Air	56.000	Air yang terserap	6.238,43
		Air+impurities	50.041,32
Total	84.280	Total	84.280

2. Screen I



Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Rumput laut	28.000,25	Padatan :	
Air yang terserap	6.238,43	Rumput laut	34.238,68
Air + impuritis	50.041,32	Filtrat :	
		Air+impurities	50.041,32
Total	84.280	Total	84.280

3. Tangki Pengenceran NaOH



Data :

1. Larutan NaOH masuk tangki NaOH mempunyai kadar 40%.
2. Larutan NaOH keluar tangki NaOH mempunyai kadar 20%. [3]

Dari tabel I.3 dapat dihitung jumlah asam alginat yang terkandung didalam rumput laut yaitu :

$$\text{massa asam alginat} = \text{massa rumput laut}_{\text{masuk tangki pencucian}} \times \text{kadar asam alginat dalam rumput lau}$$

$$= 28000\ \text{kg} \times 26\%$$

$$= 7.280\ \text{kg}$$

BM asam alginat = 194 kg/kmol

$$\text{mol asam alginat} = \frac{\text{massa}_{\text{asam alginat}}}{\text{BM}_{\text{asam alginat}}}$$

$$= \frac{7280\ \text{kg}}{194\ \text{kg/kmol}}$$

$$= 37{,}52\ \text{kmol}$$

Reaksi pembentukan sodium alginat

$$\text{H-Alg} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na-Alg} + \text{H}_2\text{O}$$

Menurut reaksi pembentukan sodium alginat maka jumlah NaOH yang dibutuhkan sebesar 37,52 kmol

$$\text{NaOH masuk tangki} = \text{mol NaOH}_{\text{Rx}} + \text{ekses } 10\%$$

$$= 37{,}52\ \text{kmol} + (10\% \times 37{,}52)\text{kmol}$$

$$= 41{,}27\ \text{kmol}$$

$$\text{massa NaOH masuk tangki} = \text{BM NaOH} \times \text{mol NaOH}$$

$$= 40\ \text{kg/kmol} \times 41{,}27\ \text{kmol}$$

$$= 1.651{,}13\ \text{kg}$$

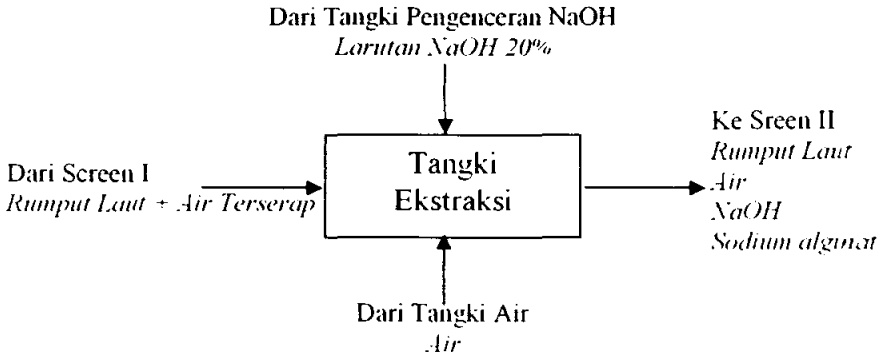
$$\text{massa}_{H_2O \text{ yang terkandung dalam NaOH masuk tangki}} = \frac{60}{40} \times \text{massa}_{NaOH}$$
$$= \frac{60}{40} \times 1651{,}13\ \text{kg}$$
$$= 2.476{,}69\ \text{kg}$$

$$\text{massa}_{H_2O \text{ yang terkandung dalam NaOH keluar tangki}} = \frac{80}{20} \times \text{massa}_{NaOH}$$
$$= \frac{80}{20} \times 1651{,}13\ \text{kg}$$
$$= 6.604{,}53\ \text{kg}$$

$$\text{massa}_{H_2O \text{ yang ditambahkan didalam tangki}} = 6604{,}53\ \text{kg} - 2476{,}69\ \text{kg}$$
$$= 4.127{,}84\ \text{kg}$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Larutan NaOH 40% :		Larutan NaOH 20% :	
1. NaOH	1.651,13	1. NaOH	1.651,13
2. H_2O	2.476,69	2. H_2O	6.604,53
H_2O	4.127,84		
Total	8.255,66	Total	8.255,66

4. Tangki Ekstraksi



Data :

1. Larutan NaOH yang digunakan untuk ekstraksi mempunyai kadar 20%. [3]
2. Air yang ditambahkan 2 kali berat rumput laut. [4]
3. Asumsi asam alginat semuanya dapat terekstrak.

massa air yang ditambahkan = 2 x massa rumput laut masuk tangki

= 2 x 34.238,68 kg/hari

= 68.477,36 kg/hari

Dari tabel I.3 dapat dihitung berat asam alginat yang terkandung didalam runput laut :

massa asam alginat = berat rumput laut masuk x kadar asam alginat

= 28.280 kg x 26%

= 7.280 kg

BM asam alginat =194 kg/kmol

$$\text{mol asam alginat} = \frac{\text{massa}_{\text{asam alginat}}}{\text{BM}_{\text{asam alginat}}}$$

$$= \frac{7280\,\text{kg}}{194\,\text{kg/kmol}}$$

$$= 37{,}52\,\text{kmol}$$

$$\text{mol NaOH masuk tangki} = \frac{\text{massa}_{\text{NaOH}}}{\text{BM}_{\text{NaOH}}}$$

$$= \frac{1.651{,}13\,\text{kg}}{40\,\text{kg/kmol}}$$

$$= 41{,}27\,\text{kmol}$$

Menurut reaksi pembentukan sodium alginat

$$\text{H-Alg} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na-Alg} + \text{H}_2\text{O}$$

M	37,52	41,27		
R	37,52	37,52	37,52	37,52
S	0	3,75	37,52	37,52

$$\text{massa}_{\text{sodium alginat}} = \text{BM}_{\text{sodium alginat}} \times \text{mol}_{\text{sodium alginat}}$$

$$= 216\,\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 37{,}52\,\text{kmol}$$

$$= 8105{,}57\,\text{kg}$$

$$\text{massa}_{\text{NaOH sisa}} = \text{BM}_{\text{NaOH}} \times \text{mol}_{\text{NaOH sisa}}$$

$$= 40\,\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 3{,}75\,\text{kmol}$$

$$= 150{,}1\,\text{kg}$$

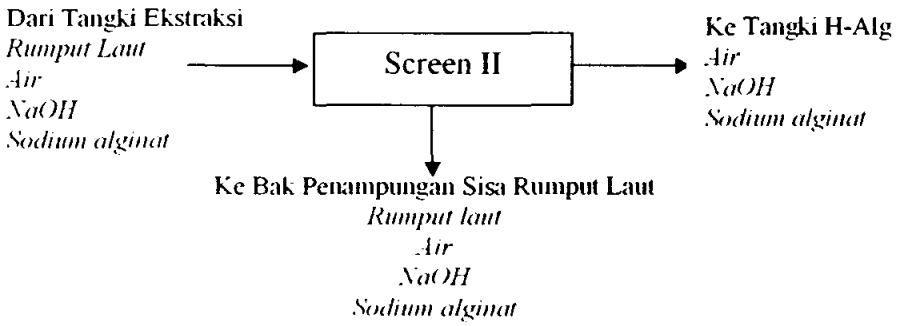
$$\text{massa}_{\text{rumput laut sisa}} = \text{massa rumput laut masuk - massa asam alginat}$$
$$= 34.238{,}68\,\text{kg} - 7.280\,\text{kg}$$
$$= 26.958{,}68\,\text{kg}$$

$$\text{massa}_{H_2O\,\text{terbentuk}} = BM_{H_2O} \times \text{mol}_{H_2O\,rx}$$
$$= 18\,\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 37{,}52\,\text{kmol}$$
$$= 675{,}36\,\text{kg}$$

$$\text{massa}H_2O\,\text{keluar} = \text{massa}_{H_2O\,\text{masuk}} + \text{massa}_{H_2O\,rx}$$
$$= 75.081{,}89\,\text{kg} + 675{,}36\,\text{kg}$$
$$= 75.757{,}25\,\text{kg}$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Rumput laut	34.238,68	Rumput laut	26.958,68
Air	68.477,36	Sodium Alginat	8.105,57
Larutan NaOH:		H_2O	75.757,25
1. NaOH	1.651,13	NaOH	150,1
2. H_2O	6.604,53		
Total	110.971,7	Total	110.971,7

5. Screen II



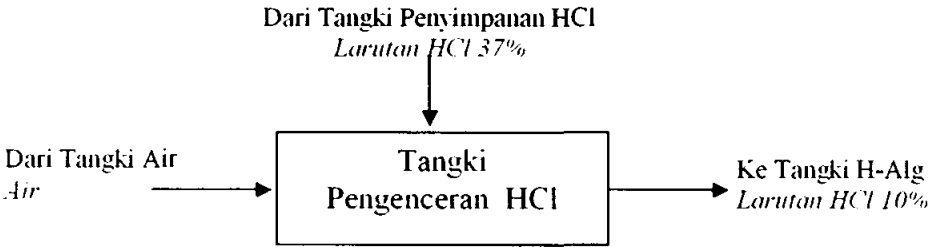
Data :

1. Asumsi semua rumput laut tertahan pada screen.
2. Asumsi air yang tertahan dalam cake sebesar 20% terhadap massa air yang masuk.

$$\text{Air yang tertahan dalam cake} = 20\% \times \text{berat } H_2O \text{ masuk}$$
$$= 20\% \times 75.757{,}25\,\text{kg}$$
$$= 15.151{,}45\,\text{kg}$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
		Cake :	
Rumput laut	26.958,68	1. Rumput laut	26.958,68
Sodium Alginat	8.105,57	2. H_2O	15.151,45
H_2O	75.757,25	3. NaOH	15,01
NaOH	150,1	4. Sodium alginat	810,55
		Filtrat :	
		1. H_2O	60.605,8
		2. NaOH	135,09
		3. Sodium alginat	7.295,01
Total	110.971,7	Total	110.971,7

6. Tangki Pengenceran HCl



Data :

1. Kadar HCl masuk tangki sebesar 37%.
2. Kadar HCl yang digunakan pada tangki H-Alg sebesar 10%.[3]

Pada bahan baku masuk tangki H-Alg, sodium alginat yang masuk sebesar 7.295,01 kg

BM sodium alginat = 216 kg/kmol

$$\text{mol sodium alginat} = \frac{\text{massa}_{\text{sedium alginat}}}{\text{BM}_{\text{Sodium alginat}}}$$

$$= \frac{7.295{,}01\,\text{kg}}{216\,\text{kg/kmol}}$$

$$= 33{,}77\,\text{kmol}$$

Reaksi pembentukan asam alginat :

$$\text{Na-Alg} + \text{HCl} \longrightarrow \text{H-Alg} + \text{NaCl}$$

Maka menurut reaksi pembentukan asam alginat HCl yang dibutuhkan sebesar 33,77 kmol.

$$\text{mol HCl masuk tangki} = \text{mol HCl}_{Rx} + \text{ekses } 10\%$$
$$= 33{,}77 \text{ kmol} + 10\% \times 33{,}77 \text{ kmol}$$
$$= 38{,}83 \text{ kmol}$$

$$\text{massa HCl masuk tangki} = \text{mol HCl} \times \text{BM HCl}$$
$$= 38{,}83 \text{ kmol} \times 36 \text{ kg/ kmol}$$
$$= 1.398{,}21 \text{ kg}$$

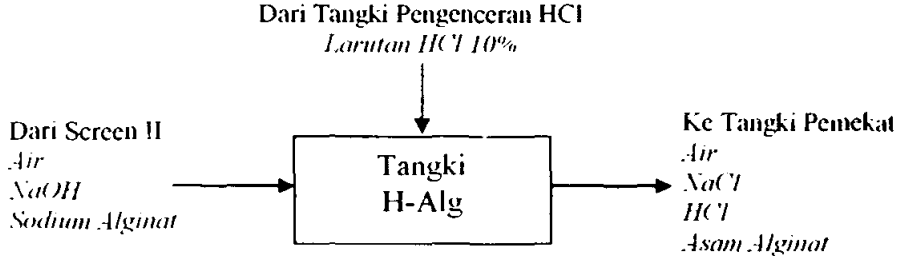
$$\text{massa } H_2O \text{ yang terkandung dalam HCl} = \frac{63}{37} \times \text{massa HCl}$$
$$= \frac{63}{37} \times 1.398{,}21 \text{kg}$$
$$= 2.380{,}73 \text{ kg}$$

$$\text{massa } H_2O \text{ keluar tangki HCl} = \frac{90}{10} \times \text{massa HCl}$$
$$= \frac{90}{10} \times 1.398{,}21 \text{ kg}$$
$$= 12.583{,}88 \text{ kg}$$

$$\text{massa } H_2O \text{ yang ditambahkan} = \text{massa } H_2O \text{ keluar tangki} - \text{massa } H_2O_{\text{yang terkandung dalam HCl}}$$
$$= 125.83{,}88 \text{ kg} - 2.380{,}73 \text{ kg}$$
$$= 10.203{,}15 \text{ kg}$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Larutan HCl 37% :		Larutan HCl 10% :	
1. HCl	1.398,21	1. HCl	1.398,21
2. H_2O	2.380,73	2. H_2O	12.583,88
H_2O	10.203,15		
Total	13.982,09	Total	13.982,09

7. Tangki H-Alg



Data :

Kadar HCl yang digunakan sebesar 10%. [3]

Pada bahan baku masuk tangki H-Alg NaOH yang masuk sebesar 135,09 kg dan sodium alginat sebesar 7.295,01 kg

$$\text{mol NaOH} = \frac{\text{massa}_{NaOH}}{BM_{NaOH}}$$
$$= \frac{135{,}09\ \text{kg}}{40\ \text{kg/kmol}}$$
$$= 3{,}37\ \text{kmol}$$

$$\text{mol sodium alginat} = \frac{\text{massa}_{\text{sedium alginat}}}{BM_{\text{Sodium alginat}}}$$
$$= \frac{7.295{,}01\ \text{kg}}{216\ \text{kg/kmol}}$$
$$= 33{,}77\ \text{kmol}$$

Menurut reaksi asam basa antara NaOH dengan HCl :

	NaOH	+ HCl	⟶	NaCl	+ H_2O
M	3,37	38,83			
R	3,37	3,37		3,37	3,37
S	0	35,46		3,37	3,37

Dan

Menurut reaksi pembentukan asam alginat :

	Na-Alg	+ HCl	⟶	H-Alg	+ NaCl
M	33,77	38,83			
R	33,77	33,77		33,77	33,77
S	0	5,06		33,77	33,77

$$\text{Massa}_{\text{asam alginat}} = BM_{\text{asam alginat}} + \text{mol}_{\text{asam alginat}}$$
$$= 194\ \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 33{,}77\ \text{kmol}$$
$$= 6.552\ \text{kg}$$

$$\text{Massa}_{\text{HCl sisa}} = BM_{HCl} \times \text{mol}_{\text{HCl sisa}}$$
$$= 36\ \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 5{,}06\ \text{kmol}$$
$$= 60{,}93\ \text{kg}$$

$$\text{Massa}_{H_2O\ \text{terbentuk}} = BM_{H_2O} \times \text{mol}_{H_2O\ rx}$$

$$= 18\frac{kg}{kmol} \times 3{,}37\ kmol$$

$$= 60{,}66\ kg$$

$$\text{Mol total}_{NaCl\ \text{yang terbentuk}} = \text{mol}_{NaCl\ rx1} + \text{mol}_{NaCl\ rx\ 2}$$

$$= 3{,}37\ kmol + 33{,}77\ kmol$$

$$= 37{,}14\ kmol$$

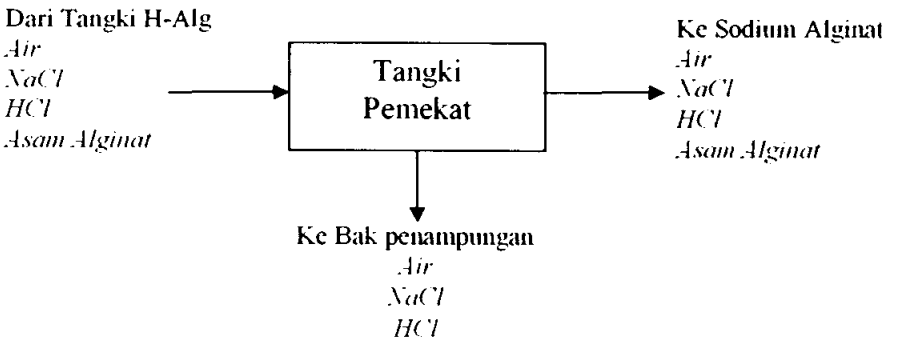
$$\text{Massa}_{NaCl\ \text{yang terbentuk}} = BM_{NaCl} \times \text{mol}_{NaCl}$$

$$= 58\frac{kg}{kmol} \times 37{,}14\ kmol$$

$$= 2.154{,}72\ kg$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Sodium Alginat	7.295,01	Asam alginat	6.552
H_2O	60.605,8	HCl	60,93
NaOH	135,09	H_2O	73.250,35
Larutan HCl :		NaCl	2.154,72
1. HCl	1.398,21		
2. H_2O	12.583,89		
Total	82.018	Total	82.018

8. Tangki Pemekat



Data :

1. Ratio air yang terikut pada heavy liquid / air masuk = 80%
2. Waktu tinggal dalam tangki pemekat selama 1 jam [4]

massa H_2O pada bagian heavy liquid = 80% x massa H_2O yang masuk

$$= \frac{80}{100} \times 73.250{,}35\ kg$$

$$= 58.600{,}28\ kg$$

massa H_2O pada bagian light liquid = massa H_2O masuk - massa H_2O yang terpisah

$= 73.250,35\ kg - 58.600,28\ kg$

$= 14.650,07\ kg$

$$\%\ \text{berat HCl masuk} = \frac{\text{massa HCl masuk}}{\text{massa HCl masuk} + \text{massa NaCl masuk} + \text{massa air}}$$

$$= \frac{60,93\ kg}{60,93\ kg + 2.154,72\ kg + 73.250,35\ kg} \times 100\%$$

$$= 0,08\%$$

$$\%\ \text{berat NaCl masuk} = \frac{\text{massa NaCl masuk}}{\text{massa HCl masuk} + \text{massa NaCl masuk} + \text{massa air}}$$

$$= \frac{2.154,72\ kg}{60,93\ kg + 2.154,72\ kg + 73.250,35\ kg} \times 100\%$$

$$= 2,8\%$$

$$\%\ \text{berat air masuk} = \frac{\text{massa air masuk}}{\text{massa HCl masuk} + \text{massa NaCl masuk} + \text{massa air}}$$

$$= \frac{73.250,35\ kg}{60,93\ kg + 2154,72\ kg + 73.250,35\ kg} \times 100\%$$

$$= 97,12\%$$

$$\text{massa HCl yang terikut pada light liquid} = \frac{\%\ \text{berat HCl}}{\%\ \text{berat air}} \times \text{berat air pada light liquid}$$

$$= \frac{0,08}{97,12} \times 14.650,07\ kg$$

$$= 12,06\ kg$$

$$\text{massa NaCl yang terikut pada light liquid} = \frac{\%\ \text{berat NaCl}}{\%\ \text{berat air}} \times \text{berat air pada light liquid}$$

$$= \frac{2,8}{97,12} \times 14.650,07\ kg$$

$$= 422,36\ kg$$

massa HCl pada bagian heavy liquid = massa HCl masuk - massa HCl pada light liquid

$= 60,93\ kg - 12,06\ kg$

$= 48,87\ kg$

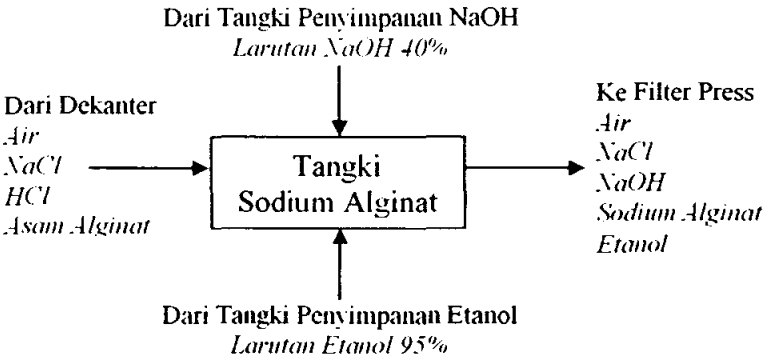
massa NaCl pada bagian heavy liquid = massa NaCl masuk - massa NaCl pada light liquid

$= 2.157,72\ kg - 422,36\ kg$

$= 1.735,36\ kg$

		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Asam alginat	6.552	Light liquid :	
HCl	60,93	1. Asam alginat	6.552
H_2O	73.250,35	2. HCl	12,06
NaCl	2.154,72	3. H_2O	14.650,07
		4. NaCl	422,36
		Heavy liquid :	
		1. HCl	48,87
		2. NaCl	1.735,36
		3. H_2O	58.600,28
Total	82.018	Total	82.018

9. Tangki Sodium Alginat



Data :

1. NaOH yang digunakan berkadar 40%.[3]
2. Penambahan etanol sebesar dua kali berat filtrat.

Pada bahan baku masuk tangki terdapat HCl sebesar 12,06 kg dan asam alginat sebesar 6552 kg.

$$\text{mol HCl} = \frac{\text{massa}_{HCl}}{\text{Bm}_{HCl}}$$

$$= \frac{12{,}06\ \text{kg}}{36\ \text{kg/kmol}}$$

$$= 0{,}33\ \text{kmol}$$

$$\text{mol alginic acid} = \frac{massa_{\text{alginic acid}}}{Bm_{\text{Alginic acid}}}$$

$$= \frac{6.552\,\text{kg}}{194\,\text{kg/kmol}}$$

$$= 33{,}77\,\text{kmol}$$

Menurut reaksi asam basa antara NaOH dengan HCl :

	HCl +	NaOH ⟶	NaCl +	H_2O
M	0,33	37,15		
R	0,33	0,33	0,33	0,33
S	0	36,82	0,33	0,33

Dan

Menurut reaksi pembentukan sodium alginat

	H-Alg +	NaOH ⟶	Na-Alg +	H_2O
M	33,77	36,82		
R	33,77	33,77	33,77	33,77
S	0	3,05	33,77	33,77

$$\text{massa}_{\text{sodium alginat}} = \text{Bm}_{\text{sodium alginat}} \times \text{mol}_{\text{sodium alginat}}$$

$$= 216\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 33{,}77\,\text{kmol}$$

$$= 7.295{,}01\,\text{kg}$$

$$\text{massa}_{\text{NaOH sisa}} = Bm_{\text{NaOH}} \times mol_{\text{NaOH sisa}}$$

$$= 40\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 3{,}05\,\text{kmol}$$

$$= 122\,\text{kg}$$

$$\text{massa}_{\text{H}_2\text{O yang terbentuk}} = Bm_{\text{H2O}} \times mol_{\text{H}_2\text{Orx}}$$

$$= 18\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times (33{,}77 + 0{,}33)\,\text{kmol}$$

$$= 613{,}8\,\text{kg}$$

$$\text{massa}_{\text{H}_2\text{O keluar tangki sebelum penambahan ethanol}} = \text{massa}_{\text{H}_2\text{O rx}} + \text{massa}_{\text{H}_2\text{O masuk}}$$

$$= 613{,}8\,\text{kg} + (14.650{,}07 + 2.229{,}03)\,\text{kg}$$

$$= 17.492{,}9\,\text{kg}$$

massa ethanol yang ditambahkan $= 2 \times$ massa H_2O

$= 2 \times 17.492{,}9\,\text{kg}$

$= 34.985{,}8\,\text{kg}$

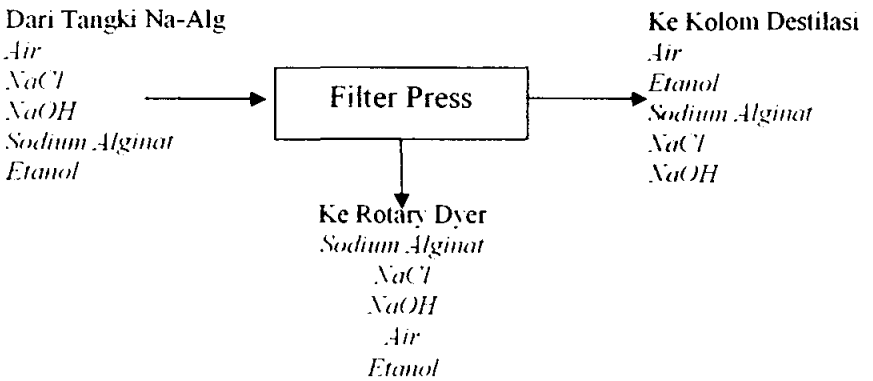
massa $_{H_2O \text{ keluar tangki sesudah penambahan ethanol}}$ = massa $_{H_2O \text{ rx}}$ + massa $_{H_2O \text{ masuk}}$

$= 613{,}8\,\text{kg} + (14.650{,}07 + 2.229{,}03 + 1.841{,}35)\,\text{kg}$

$= 19.334{,}38\,\text{kg}$

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Asam alginat	6.552	Sodium alginat	7.295.01
HCl	12,06	H_2O	19.334.38
H_2O	14.650,07	NaCl	441.5
NaCL	422,36	NaOH	122
Larutan NaOH :		Ethanol	34.985.8
1. NaOH	1.486,02		
2. H_2O	2.229,03		
Ethanol 95 %			
1. Ethanol	34.985,8		
2. H_2O	1.841,35		
Total	62.178,69	Total	62.178.69

10. Filter Press



Data :

1. Efisiensi pemisahan padatan pada filter press 95%.
2. Jumlah filtrat yang tertahan didalam cake sebesar 15% dari jumlah padatan yang tertahan.

jumlah sodium alginat tertahan = 95% × jumlah sodium alginat masuk

$$= 95\% \times 7.295{,}01\,\text{kg}$$

$$= 7.222{,}06\,\text{kg}$$

jumlah sodium alginat yang lolos = massa sodium alginat masuk - massa sodium alginat tertahan

$$= 7.295{,}01\,\text{kg} - 7.222{,}06\,\text{kg}$$

$$= 72{,}95\,\text{kg}$$

massa filtrat masuk = massa H_2O masuk + massa ethanol masuk + massa NaOH + massa NaCl

$$= 19.334{,}38\,\text{kg} + 34.985{,}8\,\text{kg} + 122\,\text{kg} + 441{,}5\,\text{kg}$$

$$= 54.883{,}68\,\text{kg}$$

Komposisi filtrat masuk :

$$H_2O = \frac{\text{massa } H_2O \text{ masuk}}{\text{massa filtrat masuk}} \times 100\%$$

$$= \frac{19.334{,}38\,\text{kg}}{54.883{,}68\,\text{kg}} \times 100\%$$

$$= 35{,}22\%$$

$$\text{Ethanol} = \frac{\text{massa ethanol masuk}}{\text{massa filtrat masuk}} \times 100\%$$

$$= \frac{34.985{,}8\,\text{kg}}{54.883{,}68\,\text{kg}} \times 100\%$$

$$= 63{,}74\%$$

$$\text{NaOH} = \frac{\text{massa NaOH masuk}}{\text{massa filtrat masuk}} \times 100\%$$

$$= \frac{131{,}6\,\text{kg}}{54.883{,}68\,\text{kg}} \times 100\%$$

$$= 0{,}24\%$$

$$\text{NaCl} = \frac{\text{massa NaCl masuk}}{\text{massa filtrat masuk}} \times 100\%$$

$$= \frac{441{,}5\,\text{kg}}{54.883{,}68\,\text{kg}} \times 100\%$$

$$= 0{,}8\%$$

massa filtrat tertahan dalam cake = 15% × massa padatan tertahan

$$= 15\% \times 7.222{,}06\,\text{kg}$$

$$= 1.083{,}31\,\text{kg}$$

Komposisi filtrat yang tertahan dalam cake

H_2O = % berat H_2O × massa filtrat yang tertahan dalam cake
= 35,22% × 1.083,31 kg
= 381,54 kg

Etanol = % berat ethanol × massa filtrat yang tertahan dalam cake
= 63,74% × 1.083,31 kg
= 690,5 kg

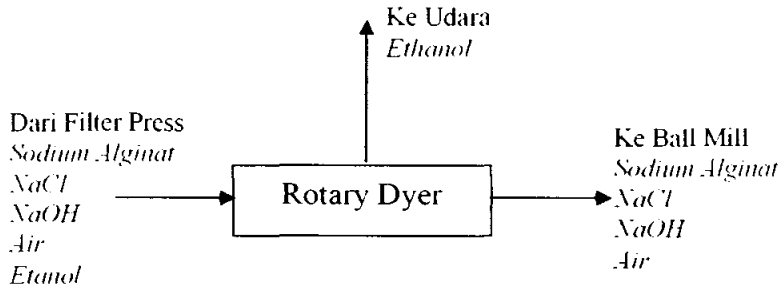
NaOH = % berat NaOH × massa filtrat yang tertahan dalam cake
= 0,24% × 1.083,31 kg
= 2,59 kg

NaCl = % berat NaCl × massa filtrat yang tertahan dalam cake
= 0,8% × 1.083,31 kg
= 8,66 kg

massa filtrat keluar = massa filtrat masuk - massa filtrat yang tertahan
= 54.883,68 kg - 1.083,31 kg
= 53.800,37 kg

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Sodium alginat	7.295,01	Filtrat :	
H_2O	19.334,38	1. Sodium alginat	72,95
NaCl	441,5	2. H_2O	18.952,84
NaOH	122	3. NaCl	432,84
Ethanol	34.985,8	4. NaOH	119,41
		5. Ethanol	34.295,3
		Cake :	
		1. Sodium alginat	7.222,06
		2. H_2O	381,54
		3. NaCl	8,66
		4. NaOH	2,59
		5. Ethanol	690,5
Total	62.178,69	Total	62.178,69

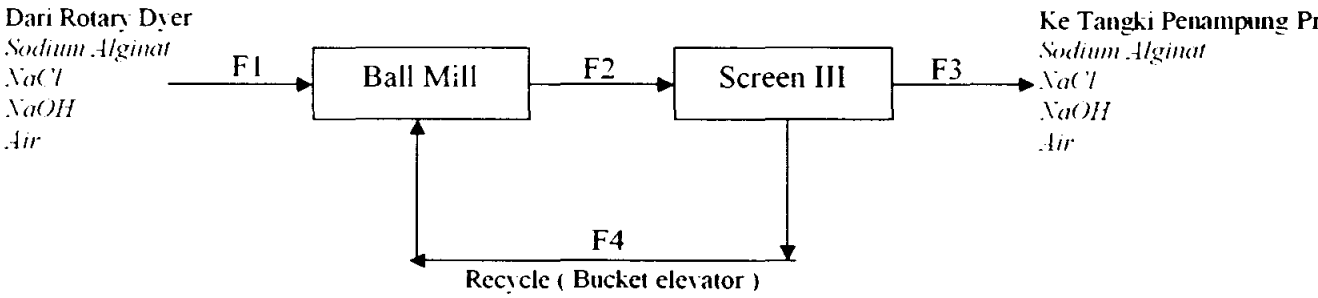
11. Rotary Dryer



Data : Ethanol seluruhnya menguap dalam rotary dryer.

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Sodium alginat	7.222,06	Uap :	
H_2O	381,54	1. Ethanol	690,5
NaCl	8,66		
NaOH	2,59	Padatan :	
Ethanol	690,5	1. Sodium alginat	7.222,06
		2. H_2O	381,54
		3. NaCl	8,66
		4. NaOH	2,59
Total	8.305,35	Total	8.305,35

12. Ball Mill, Screen III dan Bucket Elevator



Data :

1. Sodium Alginat dalam bentuk tepung 99% lolos Screen 60 Mesh
2. Tidak ada bahan yang tertinggal di Ball Mill

Padatan dari rotary dryer menuju ball mill (F1) = 7.614,85 kg

Sodium alginat = 7.222,06 kg
H_2O = 381,54 kg
NaCl = 8,66 kg

NaOH = 2,59 kg

Neraca massa pada aliran F2

Neraca Massa Total = F1 = 0,99 F2 = 7.614,85 kg

$$F2 = \frac{7.614,85\ kg}{0,99}$$
$$= 7.691,76\,kg$$

Neraca Massa Komponen di F2 = F1/0,99

- Sodium alginat : 7.222,06 = 0,99 di F2

$$F2 = \frac{7.222,06\,kg}{0,99} = 7.295,01\,kg$$

- H_2O : 381,54 kg = 0,99 di F2

$$F2 = \frac{381,54\,kg}{0,99} = 385,39\,kg$$

- NaCl : 8,66 kg = 0,99 di F2

$$F2 = \frac{8,66\,kg}{0,99} = 8,74\,kg$$

- NaOH : 2,59 kg = 0,99 di F2

$$F2 = \frac{2,59\,kg}{0,99} = 2,62\,kg$$

Menuju Bucket Elevator (F4)

NMT F2 = F3 + F4

$$7.691,76\,kg = 7.614,85\,kg + F4$$
$$F4 = 7.691,76\,kg - 7.614,85\,kg$$
$$= 76,91\,kg$$

Neraca Massa Komponen di F4

F4 = F2 – F3

- Sodium alginat = 7.295,01 kg – 7.222,06 kg = 72,95 kg
- H_2O = 385,39 kg – 381,54 kg = 3,85 kg
- NaCl = 8,74 kg - 8,66 kg = 0,08 kg
- NaOH = 2.62 kg - 2,59 kg = 0,03 kg

Lolos Screen menuju tangki penyimpanan (F3)

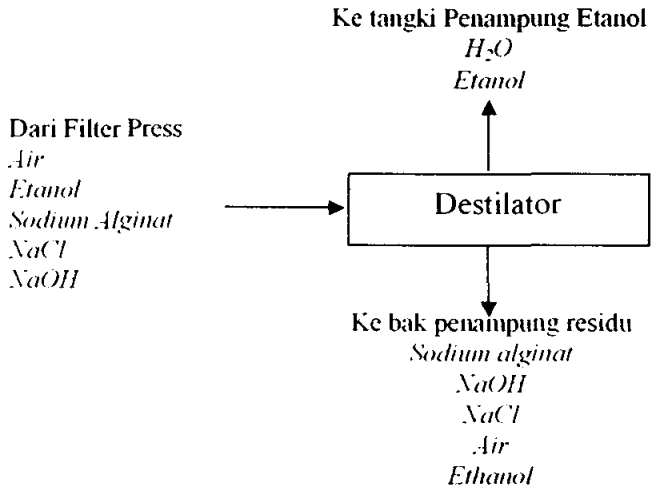
Neraca Massa Total F3 = F1

Neraca Massa Komponen

- Sodium alginat = 7.222,06 kg
- H_2O = 381,54 kg
- NaCl = 8,66 kg
- NaOH = 2,59 kg

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Sodium alginat	7.222,06	Sodium alginat	7.222,06
H_2O	381,54	H_2O	381,54
NaCl	8,66	NaCl	8,66
NaOH	2,59	NaOH	2,59
Total	7.614,85	Total	7.614,85

13. Destilasi



Data :

1. Destilat berupa ethanol 95 %
2. Asumsi ethanol menguap 99,9 %

Destilat :

Ethanol = 0.999 x 34.295,3 kg = 34.261 kg

Air = 34.261 kg x $\frac{0,05}{0,95}$ = 1.803,21 kg

Residu :

Ethanol sisa = ethanol masuk – ethanol teruapkan

= 34.295,3 kg – 34.261kg

= 34,3 kg

Air sisa = air masuk – air teruapkan

= 18.952,84 kg – 1.803,21 kg

= 17.149,63 kg

Sodium alginat = 72,95 kg

NaCL = 432,84 kg
NaOH = 119,41 kg

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
		Destilat :	
Sodium alginat	72,95	1. H_2O	1.803,21
H_2O	18.952,84	2. Ethanol	34.261
NaCl	432,84		
NaOH	119,41	Residu :	
Ethanol	34.295,3	1. Sodium alginat	72,95
		2. H_2O	17.149,63
		3. NaCl	432,84
		4. NaOH	119,41
		5. Ethanol	34,3
Total	53.873,34	Total	53.873,34

APPENDIX B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

APPENDIX B
PERHITUNGAN NERACA PANAS

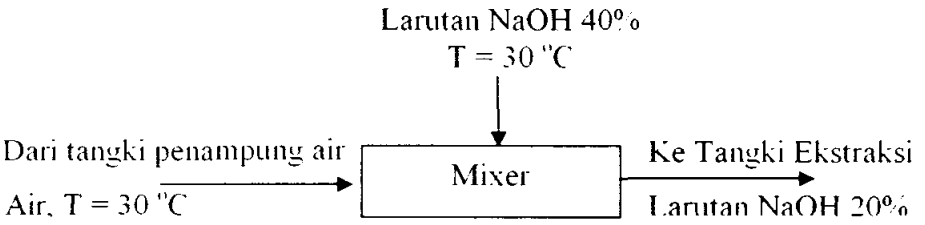
Kapasitas produksi = 2000 ton/tahun

Satuan panas = kJ

Suhu basis T_{ref} = 30 °C

Basis perhitungan neraca panas = per hari

1. Tangki Pengenceran NaOH



Panas pencampuran larutan NaOH dengan air

Larutan $NaOH_{masuk}$ 40% : NaOH = 1.651,13 kg = 41.278,25mol

H_2O = 2.476,69 kg = 137.593,88 mol

$$\frac{H_2O}{NaOH} = \frac{137.593,88}{41.278,25} = 3,33$$

Larutan $NaOH_{masuk}$ 40% = 41.278,25 . [NaOH . 3,33 H_2O]

Panas larutan NaOH . 3 H2O = 28,869 kJ

Panas larutan NaOH . 4 H2O = 34,434 kJ [12] (Himmelblau ed 6, App H)

Dari interpolasi kedua panas larutan NaOH diatas didapat :

Panas larutan NaOH . 3,33 H_2O = -32.59 kJ

Larutan $NaOH_{keluar}$ 20% : NaOH = 1.651,13 kg = 41.278,25 mol

H_2O = 6.604,53 kg = 366.918,33 mol

$$\frac{H_2O}{NaOH} = \frac{366.918,33}{41.278,25} = 8,88$$

Larutan $NaOH_{keluar}$ 20% = 41.278,25 . [NaOH . 8,88H_2O]

Panas larutan NaOH . 5 H2O = 37,739 kJ

Panas larutan NaOH . 10 H2O = 42,509 kJ [12] (Himmelblau ed 6, App H)

Dari interpolasi kedua panas larutan NaOH diatas didapat :

Panas Larutan NaOH . 8,88 H_2O = -38,81 kJ

$\Delta H^{o}_{mixing} = \Delta H^{o}_{final\ solution} - \Delta H^{o}_{initial\ komponen}$ [12]

$= [41.278,25 \times (-38,81\ kJ)] - [41.278,25 \times (-32,59\ kJ) + 0]$

$= -256750,7\ kJ$

$Q = -\Delta H^{o}$

$= -(-256750,7)\ kJ$

$= 256750,7 kJ$

$Cp_{final\ solution} = X_{air} \times Cp_{air} + X_{NaOH} \times Cp_{NaOH}$

$= 0,8 \times 4,181 + 0,2 \times 1,3075$

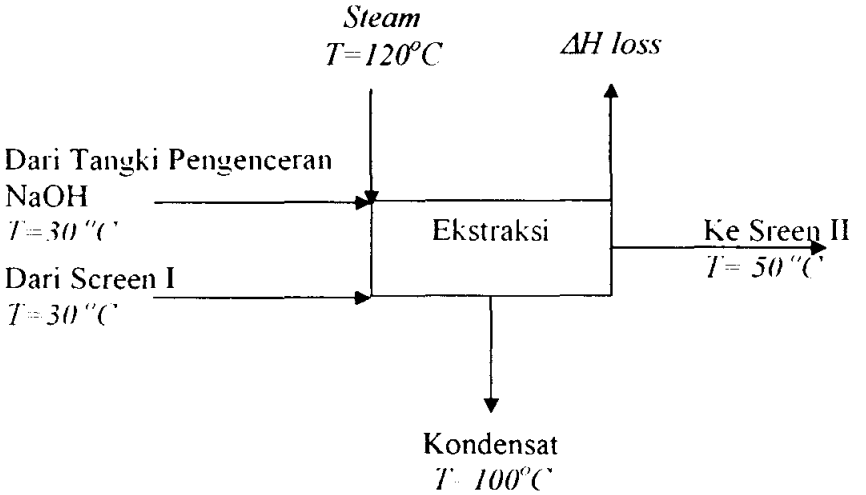
$= 3,6063\ kJ/kg\ K$

$Q = m \times Cp_{final\ solution} \times (T_2 - T_1)$

$256750,7\ kJ = 8.255,66\ kg \times 3,6063\ kJ/kg\ K \times (T_2 - 303)\ K$

$T_2 = 304,2\ K = 31,2\ ^{o}C$

2. Tangki Ekstraksi



Data : 1. ΔH loss = 5% dari ΔH masuk.

2. Reaksi yang terjadi eksotermis dan panas reaksi sangat kecil sehingga dapat diabaikan / dapat dianggap = 0 [11].

Naraca panas total tangki ekstraksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

ΔH steam + ΔH bahan masuk = ΔH bahan keluar + ΔH loss

ΔH bahan masuk :

Panas masuk tangki ekstraksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = m \,.\, Cp \,.\, \Delta T$$

Dimana :

ΔH = panas masuk tangki ekstraksi (kJ)

m = massa masing-masing komponen (kg)

Cp = konstanta panas masing-masing komponen (kJ/kg K)

T_1 = suhu referensi = 30 °C = 303 K

T_2 = suhu bahan masuk tangki ekstraksi = 30 °C = 303 K

$\Delta T = T_2 - T_1 = 303 - 303 = 0$ K

Total panas masuk tangki ekstraksi dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta H \text{ masuk total} = \Delta H \text{ bahan masuk} + \Delta H \text{ reaksi}$$

ΔH bahan masuk terdiri dari :

1. ΔH rumput laut = m . Cp . ΔT
   = 34.238,68 . 4,02 . (303 – 303)
   = 0 kJ
2. ΔH NaOH = m . Cp . ΔT
   = 1.651,13 . 3,42 . (303 – 303)
   = 0 kJ
3. ΔH air = m . Cp . ΔT
   = 75.081,89 . 4,181 . (303 – 303)
   = 0 kJ

Untuk panas reaksi pembentukan sodium alginat :

$$\text{H-Alg} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na-Alg} + \text{H}_2\text{O} \quad \Delta H = 0 \text{ kJ}$$

ΔH masuk total = 0 kJ

ΔH bahan keluar :

Panas masuk tangki ekstraksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = m \,.\, Cp \,.\, \Delta T$$

Dimana :

ΔH = panas masuk tangki ekstraksi (kJ)

m = massa masing-masing komponen (kg)

Cp = konstanta panas masing-masing komponen (kJ/kg K)

T_1 = suhu referensi = 30 °C = 303 K

T_2 = suhu bahan keluar tangki ekstraksi = 50 °C = 323 K

$\Delta T = T_2 - T_1 = 323 - 303 = 20$ K

ΔH bahan keluar terdiri dari :

1. ΔH rumput laut = m . Cp. ΔT

= 26.958,68 . 4,02 . (323 – 303)

= 2.167.477,87 kJ

2. ΔH sodium alginat= m . Cp. ΔT

= 8.105,57 . 3,94 . (323 – 303)

=638.718,12 kJ

3. ΔH NaOH = m . Cp. ΔT

= 150,1 . 2,97 . (323 – 303)

= 8.915,94 kJ

4. ΔH air = m . Cp. ΔT

= 75.757,25 . 4,181 . (323 – 303)

= 6.334.821,24 kJ

ΔH keluar total = 9.149.933,17 kJ

ΔH steam + ΔH masuk = ΔH keluar + ΔH loss

ΔH steam = 9.607.429,82 kJ/hari

Steam yang digunakan bersuhu 120 °C dari Geankoplis App A.2 – 9, pp 800 didapatkan harga :

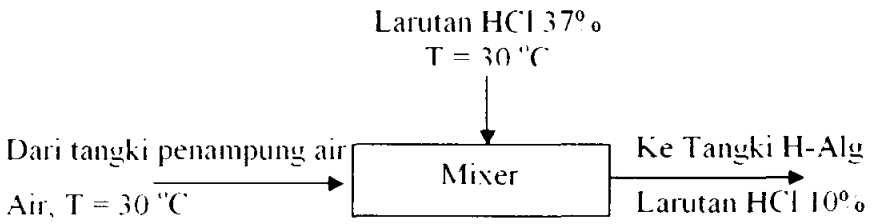
λsteam = 2.706,3 kJ/kg

$$\text{Massa steam} = \frac{Q_{steam}}{\lambda}$$

$$= \frac{10.064.926,49\ \text{kJ/hari}}{2.706,3\ \text{kJ/kg}}$$

= 3.830,95 kg/hari

3. Tangki Pengenceran HCl



Panas pencampuran larutan HCl dengan air

Larutan HCl_{masuk} 37% : HCl = 1398,21 kg = 38.839,17 mol

H_2O = 2380,73 kg = 132.263,13 mol

$$\frac{H_2O}{HCl} = \frac{132.263,13}{38.839,17} = 3,4$$

Larutan HCl_{masuk} 37% = 38839,175 . [HCl . $3,4H_2O$]

Panas larutan HCl . $3H_2O$ = -56851 J

Panas larutan HCl . $4H_2O$ = -61202 J [12] (Himmelblau ed 6, pp 480)

Dari interpolasi kedua panas larutan HCl diatas didapat :

Panas larutan HCl . $3,4H_2O$ = -58591,4 J

Larutan HCl_{keluar} 10% : HCl = 1398,2103 kg = 38.839,17 mol

H_2O = 12583,8928 kg = 699.105,15 mol

$$\frac{H_2O}{HCl} = \frac{699105,15}{38839,17} = 18$$

Larutan HCl_{keluar} 10% = 38839,175 . [HCl . $18H_2O$]

Panas larutan HCl . $15H_2O$ = -70989 J

Panas larutan HCl . $25H_2O$ = -72265 J [12] (Himmelblau ed 6, pp 480)

Dari interpolasi kedua panas larutan HCl diatas didapat :

Panas Larutan HCl . $18H_2O$ = -71371,8 J

$\Delta H^o_{mixing} = \Delta H^o_{final\ solution} - \Delta H^o_{initial\ component}$ [12]

= [38839,175 x (-71371,8 J)] – [38839,175 x (-58591,4 J) + 0]

= -496380192,2 J = -496380,1922 kJ

$Q = -\Delta H^o$

= -(-496380,1922) kJ

= 496380,1922 kJ

$Cp_{final\ solution} = X_{air} \times Cp_{air} + X_{HCl} \times Cp_{HCl}$

= 0,9 x 4,181 + 0,1 x 3,0962

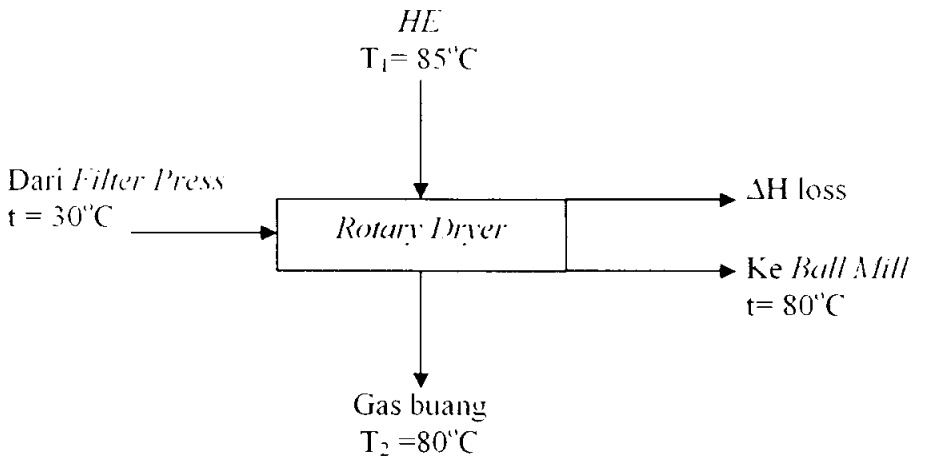
= 4,0725 kJ/kg K

$Q = m \times Cp_{final\ solution} \times (T_2 - T_1)$

496380,1922 kJ = 13982,1031 kg x 4,0725 kJ/kg K x (T_2 – 303) K

T_2 = 305,41 K = 32,41 °C

4. Rotary Dryer



Asumsi Q loss = 10% Q masuk

Naraca panas total *rotary dryer* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H \text{ udara panas} + \Delta H \text{ bahan masuk} = \Delta H \text{ bahan keluar} + Q \text{ loss}$$

ΔH bahan masuk :

Panas masuk *rotary dyer* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Dimana :

ΔH = panas masuk *rotary dyer* (kJ)

m = massa masing-masing komponen (kg)

Cp = konstanta panas masing-masing komponen (kJ/kg K)

T_1 = suhu referensi = 30 °C = 303 K

T_2 = suhu bahan masuk *rotary dyer* = 30 °C = 303 K

$\Delta T = T_2 - T_1 = 303 - 303 = 0$ K

Dari *filter press*

Δ H bahan masuk terdiri dari:

1. ΔH sodium alginat = m . Cp . ΔT
   = 7.222,06 . 3,94 . (303 – 303)
   = 0 kJ
2. ΔH air = m . Cp . ΔT
   = 381,54 . 4,181 . (303 – 303)
   = 0 kJ

3. ΔH NaOH = m . Cp . ΔT
   = 8,66 . 2,97 . (303 – 303)
   = 0 kj
4. ΔH Etanol = m . Cp . ΔT
   = 690,5 . 2,85 . (303 – 303)
   = 0 kJ
5. ΔH NaCl = m . Cp . ΔT
   = 8,66 . 0,89 kJ/kg°C . (303 – 303)
   = 0 kJ

Jadi total ΔH masuk = 0 kJ

ΔH bahan keluar :

Panas keluar *rotary dyer* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Dimana :

ΔH = panas keluar *rotary dyer* (kJ)

m = massa masing-masing komponen (kg)

Cp = konstanta panas masing-masing komponen (kJ/kg K)

T_1 = suhu referensi = 30 °C = 303 K

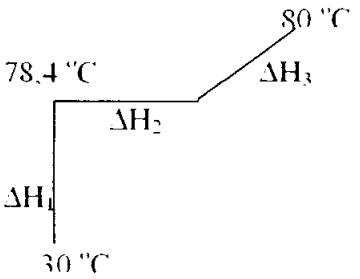
T_2 = suhu bahan keluar *rotary dyer* = 80 °C = 353 K

$\Delta T = T_2 - T_1 = 353 - 303 = 30$ K

Menuju ke ball mill

1. ΔH sodium alginat= m . Cp . ΔT
   = 7.222,06 . 3,94 . (353 – 303)
   = 1.280.471,23 kJ
2. ΔH air = m . Cp . ΔT
   = 381,54 . 4,181 . (353 – 303)
   = 72.941,93 kJ
3. ΔH NaOH = m . Cp . ΔT
   = 8,66. 2,97 . (353 – 303)
   = 350,16 kJ
4. ΔH NaCl = m . Cp . ΔT
   = 8,66. 0,89 . (353 – 303)
   = 91,71 kJ

5. ΔH etanol = ΔH etanol cair pada suhu 30 – 78,4 °C + panas penguapan etanol pada suhu 78,4 °C + ΔH etanol uap pada suhu 78,4 – 80 °C



Dari suhu 30 °C (cair) ke 78,4 °C (cair)

ΔH_1 = m . Cp . (351,4 – 303)

= 690,5 . 2,85 . (351,4 – 303)

= 96.767,66 kJ

Dari suhu 78,4 °C (cair) ke 78,4 °C (gas)

ΔH_2 = m . ΔHv

= 690,5 . 853,80

= 598.962,54 kJ

Dari suhu 78,4 °C (gas) ke 80 °C (gas)

ΔH_3 = m . Cp. (353 – 351,4)

= 690,5 . 285 . (353 – 351,4)

= 3.198,93 kJ

ΔH etanol = 96.767,66 + 598.962,54 + 3.198,93 = 698.929,13 kJ

Jadi total ΔH padatan keluar = 1.280.471,23 + 72.941,93 + 350,16 + 91,71 + 698.929,13

= 1.992.784,16 kJ

Jadi ΔH udara yang dibutuhkan = 2.192.062,57 kJ

Massa udara kering = $\frac{2.192.062,57}{1,0048 . (358 - 353)}$ = 436.318,18 kg/hari

5. Menara destilasi

Data : basis 1 jam

Umpan masuk (F)

Komponen	Kg	Xf=zi
Etanol	34.295,3	0,64
H_2O	18.952,84	0,35
NaCl	432,84	0,004
NaOH	119,41	0,004
Sodium alginat	36,47	0,002
Total	26.874,52	1,00

Pada destilat (D)

Komponen	Kg	Xf=zi
Etanol	34.261	0,95
H_2O	1.803,21	0,05
Total	36.064,21	1,00

Pada bottom (B)

Komponen	Kg	Xf=zi
Etanol	34,3	0,002
H_2O	17.149,63	0,98
NaCl	432,8	0,006
NaOH	119,41	0,007
Sodium alginat	36,47	0,005
Total	17.772,61	1,00

Menentukan kondisi – kondisi operasi puncak

Dari App A.3-23, pp 887, Geankoplis 1993 memperoleh data kesetimbangan untuk sistem etanol – air pada 1 atm

Dari grafik kurva kesetimbangan :

Tekanan destilat (P_D) = 1 atm = 14,7 psia

X_A, Y_A = 0,95

Maka mendapatkan harga :

Titik didih destilat = 78,15 °C

Titik embun destilat = 78,2 °C

Menentukan kondisi – kondisi operasi dasar

Penentuan titik didih dasar reboiler. Suhu dasar merupakan titik didih dari cairan dasar yang keluar ke reboiler. Karena pengaruh kenaikan titik didih etanol, NaOH, NaCl, dan sodium alginat sangat kecil maka dapat dianggap bahwa titik didih cairan keluar ke boiler sama dengan titik didih air.

P dasar = 14,7 psia = 1 atm

T = 100 °C

Kondisi puncak : P_D = 1 atm

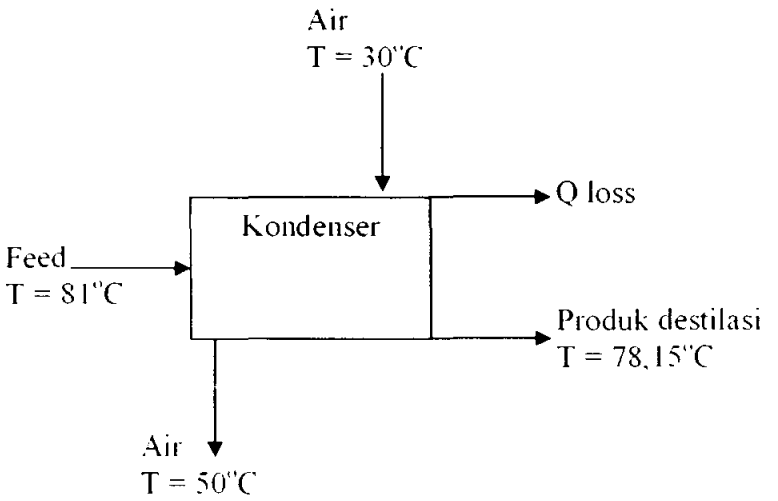
T didih = 78,15 °C

T dew = 78,2 °C

Kondisi operasi dasar : P dasar = 1,34 atm

T didih = 109 °C

Kondenser pada menara destilasi



Q loss = 10% Q masuk

ΔH bahan masuk kondenser

Panas bahan masuk kondenser dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Dimana :

ΔH = panas masuk kondenser (kJ)

m = massa masing-masing komponen (kg)

Cp = konstanta panas masing-masing komponen (kJ/kg K)

T_1 = suhu referensi = 30 °C = 303 K

T_2 = suhu bahan masuk kondenser = 81 °C = 354 K

Etanol	= 8.648,6 x 2,47 x (354 – 303)	= 1.046.740,66 kJ
Air	= 455,185 x 4,181 x (354 – 303)	= 97.059,55 kJ
	Total	= 1.143.800,21 kJ/batch

ΔH bahan keluar kondenser

Panas bahan masuk kondenser dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Dimana :

ΔH = panas keluar kondenser (kJ)

m = massa masing-masing komponen (kg)

Cp = konstanta panas masing-masing komponen (kJ/kg K)

T_1 = suhu referensi = 30 °C = 303 K

T_2 = suhu bahan keluar kondenser = 78,15 °C = 351,15 K

Etanol	= 17.297,21 x 2,47 x (351,15 – 303)	= 1.028.582,32 kJ
Air	= 455,185 x 4,181 x (351,15 – 303)	= 91.635,63 kJ
	Total	= 1.120.217,95 kJ/batch

ΔH loss = 0,1 x ΔH masuk = 0,1 x 1.143.800,21 = 114.380,02 kJ/batch

ΔH masuk + ΔH suplai = ΔH keluar + ΔH loss

1.143.800,21 + ΔH suplai = 1.120.217,95 + 114.380,02

ΔH suplai = 90.797,76 kJ/batch

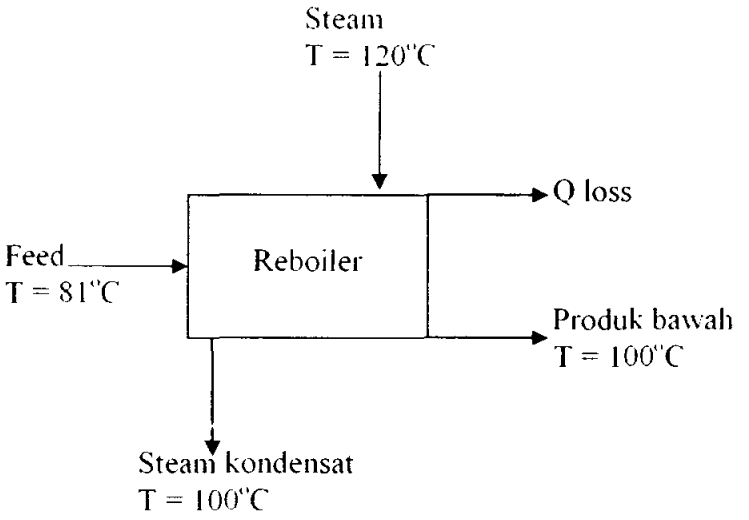
Kebutuhan air pendingin

ΔH = m . Cp . ΔT

90.797,76 = m . 4,181 (323 – 303)

m = 1.085,83 kg/batch

Reboiler pada menara destilasi



Q loss = 10% Q

ΔH bahan masuk reboiler

Panas bahan masuk reboiler dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = m \,.\, Cp \,.\, \Delta T$$

Dimana :

ΔH = panas masuk reboiler (kJ)

m = massa masing-masing komponen (kg)

Cp = konstanta panas masing-masing komponen (kJ/kg K)

T_1 = suhu referensi = 30 °C = 303 K

T_2 = suhu bahan masuk reboiler = 81 °C = 354 K

Etanol	= 17,31 x 2,47 x (354 – 303)	= 2.180,54 kJ
Air	= 8.494,07 x 4,181 x (354 – 303)	= 1.811.199,04 kJ
NaOH	= 64,49 x 1,3075 x (354 – 303)	= 4.275,68 kJ
NaCl	= 54,6 x 0,887 x (354 – 303)	= 2.469,94 kJ
Sodium alginat	= 36,47 x 1,88 x (354 – 303)	= 3.496,74 kJ
	Total	= 1.823.621,94 kJ/batch

ΔH bahan keluar reboiler

Panas bahan keluar reboiler dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = m \,.\, Cp \,.\, \Delta T$$

Dimana :

ΔH = panas keluar reboiler (kJ)

m = massa masing-masing komponen (kg)

Cp = konstanta panas masing-masing komponen (kJ/kg K)

T_1 = suhu referensi = 30 °C = 303 K

T_2 = suhu bahan keluar reboiler = 100 °C = 373 K

Etanol	= 17,31 x 2,47 x (373 – 303)	= 3.377,7 kJ
Air	= 8.494,07 x 4,181 x (373 – 303)	= 2.805.582,82 kJ
NaOH	= 64,49 x 1,3075 x (373 – 303)	= 6.623,12 kJ
NaCl	= 54,6 x 0,887 x (373– 303)	= 3.825,98 kJ
Sodium alginat	= 36,47 x 1,88 x (373 – 303)	= 5.416,52 kJ
	Total	= 2.824.826,144 kJ/batch

ΔH loss = 0,1 x ΔH masuk = 0,1 x 1.823.621,94 = 182.362,19 kJ/batch

ΔH masuk + ΔH suplai = ΔH keluar + ΔH loss

1.823.621,94 + ΔH suplai = 2.824.826,144 + 182.362,19

ΔH suplai = 1.183.566,39 kJ/batch

Kebutuhan steam

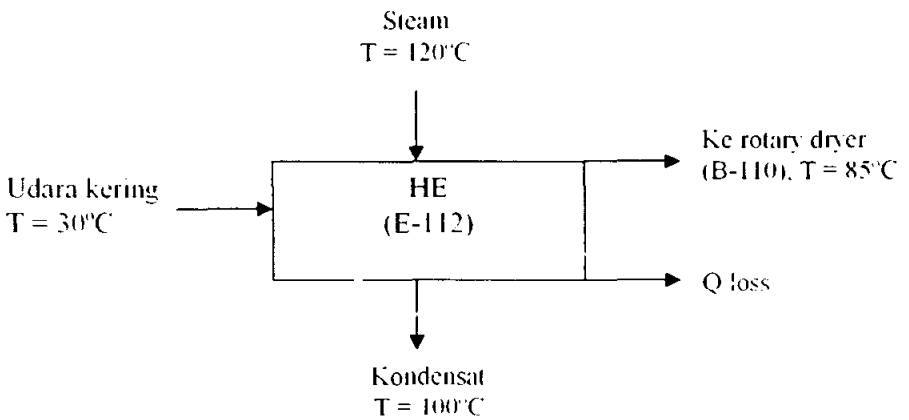
Steam yang digunakan bersuhu 120 °C dari Geankoplis App A.2 – 9, pp 800 didapatkan harga :

λsteam = 2.706,3 kj/kg

$$\text{m steam} = \frac{Q}{\lambda \text{steam}}$$

= 610,92 kg

6. Heat Exchanger



ΔH masuk

Panas bahan masuk *heat exchanger* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Dimana :

ΔH = panas masuk *heat exchanger* (kJ)

m = massa masing-masing komponen (kg)

Cp = konstanta panas masing-masing komponen (kJ/kg K)

T_1 = suhu referensi = 30 °C = 303 K

T_2 = suhu bahan masuk *heat exchanger* = 30 °C = 303 K

ΔH udara kering masuk:

ΔH = m . cp . ΔT

= 145.439,39 kg/hari . 1,0048 kJ/kg . (303-303)K

= 0 kJ/hari

ΔH keluar:

Panas bahan keluar *heat exchanger* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Dimana :

ΔH = panas keluar *heat exchanger* (kJ)

m = massa masing-masing komponen (kg)

Cp = konstanta panas masing-masing komponen (kJ/kg K)

T_1 = suhu referensi = 30 °C = 303 K

T_2 = suhu bahan keluar *heat exchanger* = 85 °C = 358 K

Menuju ke Rotary Dyer :

Suhu keluar = 100°C

ΔH udara kering keluar: 436.318,18

ΔH = m.cp. ΔT

= 436.318,18 kg/hari .1,01kJ/kg . (458-303)K

= 10.282.862,27 kJ/hari

ΔH masuk+ ΔH suplai = ΔH keluar+ ΔH loss

0 + ΔH suplai = 10.282.862,27 kJ/hari + 10% (10.282.862,27)

ΔH suplai = 11.310.821,79kJ/hari

Pemanas yang digunakan adalah saturated steam 120°C dengan λ = 2.507,84 kJ/kg

ΔH suplai = m_s . λ = 11.310.821,79kJ/hari

= m_s . 2.706,3 kJ/kg = 11.310.821,79 kJ/hari

m_s = 5.828,06 kg/hari

APPENDIX C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

APPENDIX C
PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

1. Rotary Cutter (C-110)

Fungsi : memotong rumput laut

Massa rumput laut masuk = 34.238,68 kg/hari

Massa rumput laut / batch $= \frac{34.238{,}68\ \text{kg}}{4}$

$= 8.559{,}67$ kg/batch

Dari [13]

Feed rate =10.000lb/jam = 4.535,9 kg

Power mesin = 11 hp

Screen opening = 1,5 in

Kebutuhan rotary cutter $= \frac{8.559{,}67\ \text{kg/jam}}{4.535{,}9\ \text{kg/jam}}$

$= 1{,}88 = 2$

Dengan demikian dibutuhkan rotary cutter sebanyak 2 buah

Total power = 2 x 11 hp = 22 hp

2. Belt Conveyor (J-120)

Fungsi : Untuk membawa rumput laut ke tangki pencucian

Tipe : Belt conveyor

Bahan : Rubber

Jumlah batch : 4 batch/hari

Kapasitas : Rumput laut = 28.280 kg/hari = 7.070 kg/batch

Sudut elevasi : 25°

Dari [14] untuk lebar belt 35 cm diperoleh

- Kecepatan belt = 30,5 m/menit
- Kapasitas belt = 32 ton/jam
- Hp/10 ft – lift = 0,34 hp
- Hp/100 ft – centers = 0,44 hp
- Trippers = 2,0 hp

Kecepatan belt $= \frac{\text{massa rumput laut}}{\text{kapasitas belt}} \times \text{kecepatan belt}$

$$= \frac{7070 \text{ kg/jam}}{32000 \text{ kg/jam}} \times 30{,}5 \text{ m/menit}$$

$$= 6{,}73 \text{ m/menit}$$

Menentukan power

1. Power untuk memindahkan rumput laut dengan jarak 10 m

$$\text{Hp untuk } 100 \text{ ft} = \frac{7070 \text{ kg/jam}}{32000 \text{ kg/jam}} \times 0{,}44 \text{ hp}$$

$$= 0{,}09 \text{ hp}$$

$$\text{Hp untuk } 10 \text{ m} = \frac{10 \text{ m} \times 3{,}2808 \frac{\text{ft}}{\text{m}}}{100 \text{ ft}} \times 0{,}09 \text{ hp}$$

$$= 0{,}03 \text{ hp}$$

2. Power untuk sandungan/tripper

Kecepatan belt 13,48 m/menit maka power untuk tripper =

$$\frac{13{,}48 \text{ m/menit}}{30{,}5 \text{ m/menit}} \times 2{,}0 \text{ hp} = 0{,}88 \text{ hp}$$

Total power = 0,06 hp + 0,88 hp = 0,94 hp

Efisiensi = 80% [20]

$$\text{Jadi power yang dibutuhkan} = \frac{0{,}94}{0{,}8} = 1{,}175 \text{ hp} \approx 1{,}25 \text{ hp}$$

Jumlah : 2 unit

3. Tangki Pencucian (F-130)

Fungsi : Untuk mencuci rumput laut

Tipe : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas terbuka dengan pengaduk.

Kondisi operasi : T = 30°C, P = 1 atm

Kapasitas		
	Rumput laut kotor	= 28.280 kg/hari
	Air	= 56.000 kg/hari
	Massa total	= 84.280 kg / hari

Data-data : 1. Waktu pencucian 1 jam.

2. Densitas rumput laut = 1.544 kg/m^3

3. Densitas air pada suhu 30°C = 995,68 kg/m^3

4. Jumlah tangki pencucian = 2 unit

Debit pada tangki pencucian :

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

$$= \frac{28.280\ \text{kg/hari}}{1544\ \text{kg/m}^3}$$

$$= 18{,}32\ \text{m}^3\text{/hari}$$

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

$$= \frac{56.000\ \text{kg/hari}}{995{,}68\ \text{kg/m}^3}$$

$$= 56{,}24\ \text{m}^3\text{/hari}$$

Debit total = debit air + debit total rumput laut

$= 56{,}24\ \text{m}^3\text{/hari} + 18{,}32\ \text{m}^3\text{/hari}$

$= 74{,}56\ \text{m}^3\text{/hari}$

Jumlah batch = 4 batch per hari

$$\text{Debit total tiap bach} = \frac{74{,}56\ \text{m}^3\text{/hari}}{4}$$

$$= 18{,}64\ \text{m}^3\text{/batch}$$

$$\text{Debit tiap tangki} = \frac{18{,}64\ \text{m}^3\text{/batch}}{2}$$

$$= 9{,}32\ \text{m}^3\text{/tangki}$$

Lubang pengeluaran = d = 30 in = 76,2 cm = 0,762 m [14]

Sudut konis = $\alpha = 45^\circ$

Diambil tinggi = H = 1,5D = 3R

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

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

$$\text{Massa total max per batch} = \frac{\text{Laju alir massa (air + rumput laut)}}{2\ \text{batch/hari}}$$

$$= \frac{84.280\ \text{kg/hari}}{4\ \text{batch/hari}}$$

$$= 21.071\ \text{kg/batch} = 21{,}07\ \text{ton/batch}$$

Massa total max per tangki $= \frac{21{,}07 \text{ ton}}{2}$

$= 10{,}53$ ton

Safety allowance = 10% [15]

Volume max tangki $= (100+10)\% \times 9{,}32 \text{ m}^3$

$= 10{,}25 \text{ m}^3/\text{batch}$

Volume tangki $= (\frac{1}{3}.\pi.R^2.T - \frac{1}{3}.\pi.r^2.t) + \pi.R^2.H$

$= (\frac{1}{3}.\pi.R^2.R - \frac{1}{3}.\pi.r^2.r) + \pi.R^2.3R$

$= \frac{1}{3}.\pi.R^3 + 3.\pi.R^3 - \frac{1}{3}.\pi.r^3$

$10{,}25 \text{ m}^3 = 10{,}46R^3 - 0{,}057$

$R^3 = 0{,}98 \text{ m}^3$

$R = 0{,}99$ m

$D = 2R = 2 \times 0{,}99 \text{ m} = 1{,}98 \text{ m} = 76{,}22$ in

$H = 1{,}5D = 2{,}97$ m

Tinggi bahan dalam konis = T – t = R – r = 0,99 m – 0,381 m = 0,609 m

Tinggi total bahan dalam tangki = H + (T – t) = 2,97 m + 0,609 m = 3,57 m

Tekanan Tangki

Tekanan Vertikal

$$pB = \frac{R.\rho}{2.\mu'.k'}(1 - e^{-2\mu'k'ZT/R}) \text{ [16]}$$

Keterangan :

pB = tekanan vertikal pada dasar bejana (kg/m^2)

ρ = densitas bahan masuk (kg/m^3)

μ' = koefisien friksi = 0,35-0,55 → diambil = 0,45 [16]

k' = ratio pressure = 0,35-0,60 → diambil = 0,5 [16]

ZT = tinggi total material (m)

R = jari-jari (m)

Densitas rumput laut = 1544 kg/m^3

Densitas air pada suhu 30°C = 995,68 kg/m^3

Fraksi massa rumput laut $= \frac{28.280 \text{ kg/hari}}{84.280 \text{ kg/hari}} = 0{,}34$

Fraksi massa air = 1 – 0,34 = 0,66

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \frac{x_{air}}{\rho_{air}} + \frac{x_{rumput\ laut}}{\rho_{rumput\ laut}}$$

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \frac{0,66}{995,68} + \frac{0,34}{1544}$$

ρ_{camp} = 1.132,41 kg/m^3

$$pB = \frac{0,99\ m \times 1.132,41\ kg/m^3}{2 \times 0,45 \times 0,5}(1 - e^{-2 \cdot 0,45 \cdot 0,5 \cdot 3,57\ /0,99})$$

pB = 1.999,61 (kg/m^2) × 9,8 (m/s^2)

= 19.596,26 (N/m^2)

Tekanan Lateral

pL = k' × pB = 0,5 × 19.596,26 (N/m^2)

= 9.798,13 (N/m^2)

p total = pB + pL

= 19.596,26 (N/m^2) + 9.798,13 (N/m^2)

= 29.394,39 (N/m^2)

p design = 1,2 × p total (Rase, Barrow, 1967, p.208)

= 1,2 × 29.394,39 (N/m^2) = 35.273,26 (N/m^2) = 5,18 psia

Tebal Silinder

$$ts = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \quad [18]$$

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

$$ts = \frac{5,18\,psia \times 76,22\,in}{2 \times 18.750\,psia \times 0,8 - 5,18\,psia} + \frac{1}{8} = 0,14 \approx \frac{3}{16}\ in$$

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

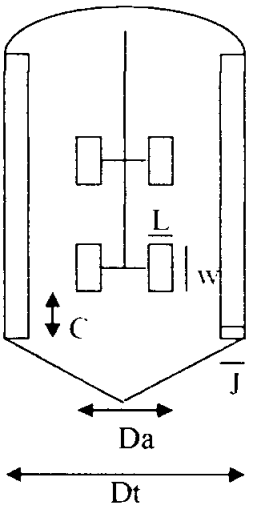
Tebal konis :

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

$$tk = \frac{5,18\,psia \times 76,22\,in}{2 \times 18.750\,psia \times 0,8 \times \cos 45} + \frac{1}{8} = 0,14 \approx \frac{1}{4}\ in$$

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

Perhitungan Pengaduk



Jenis : Pitched-blade turbine

Da/Dt = 0,3 – 0,5 → Da = (0,3 – 0,5)Dt [19]

Diambil :

Da = 0,3Dt

C/Dt = $\frac{1}{3}$ → C = Dt/3

J/Dt = $\frac{1}{10}$ → J = Dt/10

L/Da = $\frac{1}{4}$ → L = Da/4

W/Da = $\frac{1}{5}$ → 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 × 1,98 m = 0,59 m

C = Dt/3 = $\frac{1,98\ m}{3}$ = 0,66 m

L = Da/4 = $\frac{0,59\ m}{4}$ = 0,15 m

J = Dt/10 = $\frac{1,98\ m}{10}$ = 0,198 m

W = Da/5 = $\frac{0,59\ m}{5}$ = 0,12 m

Kecepatan impeller = 20 – 150 rpm → diambil 30 rpm [16]

N = 30 rpm

μ_{air} (30°C) = 0,8007.10^{-3} (kg/m.s) [19]

ρ_{air} (30°C) = 995,68 (kg/m^3) [19]

ρ_{camp} = 1.132,41 (kg/m^3)

$$NRe = \frac{Da^2 \times N \times \rho}{\mu} = \frac{(0,59\ m)^2 \times 0,5\ s^{-1} \times 995,68\ kg/m^3}{0,8007 \times 10^{-3}\ kg/m.s} = 216.433,25$$

(turbulen, α=1)

Da/W = 5, Dt/J = 10 (curve 4)

Np = 5 [19]

sg bahan masuk = $\frac{\rho_{camp}}{\rho_{air}} = \frac{1.132,41\ kg/m^3}{995,68\ kg/m^3} = 1,14$

Jumlah impeller = $\frac{sg \times H}{Dt} = \frac{1,14 \times 2,97\ m}{1,98\ m} = 1,71 \cong 2$

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

P = Np . ρ . N^3 . Da^5

= 5 × 1.132,41 kg/m^3 × $(0,5\ s^{-1})^3$ × $(0,59\ m)^5$

= 50,59 J/s = 0,066 hp

Efisiensi = 80% [20]

Power = $\frac{0,066\ hp}{0,8}$

= 0,08 hp ≈ 0,25 hp

Spesifikasi Tangki Pencucian :

Kapasitas max : 10,53 ton/batch

Diameter silinder	: 1,98 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,762 m
Tinggi silinder (H)	: 2,97 m
Tinggi konis	: 0,609 m
Tinggi total	: 3,57 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{1}{4}$ in
Jenis pengaduk	: Pitched-blade turbine
Diameter impeller (Da)	: 0,59 m
Jarak tangki – pengaduk (C)	: 0,66 m
Panjang blade (L)	: 0,15 m
Lebar baffle (J)	: 0,198 m
Lebar blade (W)	: 0,12 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

3. Screen I (H-140)

Fungsi : memisahkan rumput laut dengan air pencuci

Tipe : grizzly

Dari [14] didapatkan bukaan sieve = 1 in = 2,5 cm

Ukuran screen : panjang = 10 ft = 3,12 m

lebar = 4 ft = 1,25 m

Jumlah : 2 unit

4. Tangki Ekstraksi (F-210)

Fungsi : untuk mengekstrak asam alginat dari rumput laut.

Tipe : Silinder tegak berpengaduk dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas tertutup bentuk flat yang dilengkapi jaket pemanas.

Kapasitas : Rumput laut = 34.238,68 kg/hari

NaOH = 1.651,13 kg/hari

H_2O = 75.081,89 kg/hari

Massa total = 110.971,7 kg/hari

Waktu pemanasan : 2 jam

Jumlah unit : 2 tangki

$\rho_{rumput\ laut}$ = 1.544 kg/m^3

ρ_{NaOH} = 2.130 kg/m^3

$\rho_{air\ pada\ 50C}$ = 988,07 kg/m^3

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

$$= \frac{34.238{,}68\ \text{kg/hari}}{1.544\ \text{kg/m}^3}$$

$$= 22{,}14\ \text{m}^3\text{/hari}$$

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

$$= \frac{1.651{,}13\ \text{kg/hari}}{2.130\ \text{kg/m}^3}$$

$$= 0{,}77\ \text{m}^3\text{/hari}$$

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

$$= \frac{75.081{,}89\ \text{kg/hari}}{988{,}07\ \text{kg/hari}}$$

$$= 75{,}98\ \text{m}^3\text{/hari}$$

Debit total = debit air + debit NaOH + debit rumput laut

$= 75{,}98\ \text{m}^3\text{/hari} + 0{,}77\ \text{m}^3\text{/hari} + 22{,}14\ \text{m}^3\text{/hari}$

$= 98{,}89\ \text{m}^3\text{/hari}$

Jumlah batch = 4 batch/hari

$$\text{Debit total / batch} = \frac{98{,}89\ \text{m}^3\text{/hari}}{4\ \text{batch/hari}}$$

$$= 24{,}72\ \text{m}^3\text{/batch}$$

$$\text{Debit total/tangki} = \frac{24{,}72\ \text{m}^3\text{/batch}}{2}$$

$$= 12{,}36\ \text{m}^3\text{/tangki}$$

Lubang pengeluaran = d = 30 in = 76,2 cm = 0,762 m [14]

Sudut konis = $\alpha = 45^{o}$

Diambil tinggi = H = 1,5D = 3R

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

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

Massa total max dalam tangki $= \frac{\text{Laju alir massa (air + NaOH + rumput laut)}}{\text{4 batch/hari}}$

$= \frac{42.494{,}34\ \text{kg/hari}}{\text{4 batch/hari}}$

= 10.623,58 kg/batch = 10,62 ton/batch

Safety allowance = 10% [15]

Volume max tangki = (100+10)% × 12,36 m^3

= 13,59 m^3

Volume tangki $= (\frac{1}{3}.\pi.R^2.T - \frac{1}{3}.\pi.r^2.t) + \pi.R^2.H$

$= (\frac{1}{3}.\pi.R^2.R - \frac{1}{3}.\pi.r^2.r) + \pi.R^2.3R$

$= \frac{1}{3}.\pi.R^3 + 3.\pi.R^3 - \frac{1}{3}.\pi.r^3$

13,59 m^3 $= 10{,}46R^3 - 0{,}057$

R^3 = 1,30 m^3

R = 1,09 m

D = 2R = 2 × 1,09 m = 2,18 m = 85,93 in

H = 1,5D = 3,27 m = 10,46 ft

Tinggi bahan dalam konis = T – t = R – r = 1,09 m – 0,381 m = 0,709 m

Tinggi total bahan dalam tangki = H + (T – t) = 3,27 m + 0,709 m = 3,97 m

Tekanan Tangki

Tekanan Vertikal

$pB = \frac{R.\rho}{2.\mu'.k'}(1 - e^{-2\mu'k'ZT/R})$ [16]

Keterangan :

pB = tekanan vertikal pada dasar bejana (kg/m^2)

ρ = densitas bahan masuk (kg/m^3)

μ' = koefisien friksi = 0,35-0,55 → diambil = 0,45 [16]

k' = ratio pressure = 0,35-0,60 → diambil = 0,5 [16]

ZT = tinggi total material (m)

R = jari-jari (m)

Densitas rumput laut = 1544 kg/m^3

Densitas air pada suhu 50°C = 988,07 kg/m^3

Densitas NaOH = 2130 kg/m^3

Fraksi massa rumput laut $= \frac{34.238,68 \text{ kg/hari}}{110.971,7 \text{ kg/hari}} = 0,31$

Fraksi massa air $= \frac{75.081,89 \text{ kg/hari}}{110.971,7 \text{ kg/hari}} = 0,68$

Fraksi massa NaOH = 1-(0,31+ 0,68) = 0,01

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \frac{x_{air}}{\rho_{air}} + \frac{x_{rumput\ laut}}{\rho_{rumput\ laut}} + \frac{x_{NaOH}}{\rho_{NaOH}}$$

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \frac{0,68}{988,07} + \frac{0,31}{1.544} + \frac{0,01}{2.130}$$

ρ_{camp} = 1.119,82 kg/m^3

$$pB = \frac{1,09 \text{ m} \times 1.119,82 \text{ kg/m}^3}{2 \times 0,45 \times 0,5}\left(1 - e^{-2 \cdot 0,45 \cdot 0,5 \cdot 3,97 \cdot 1,09}\right)$$

pB = 2.185,75 (kg/m^2) · 9,8 (m/s^2)

= 21.420,44 (N/m^2)

Tekanan Lateral

pL = k' × pB = 0,5 × 21.420,44 (N/m^2)

= 10.710,22 (N/m^2)

p total = pB + pL

= 21.420,44 (N/m^2) + 10.710,22 (N/m^2)

= 32.130,66 (N/m^2)

p design = 1,2 × p total (Rase, Barrow, 1967, p.208)

= 1,2 × 32.130,66 (N/m^2) = 38.556,79 (N/m^2) = 5,59 psia

Tebal Silinder

$$ts = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \text{ [18]}$$

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

$$ts = \frac{5,59\,psia \times 85,93\,in}{2 \times 18.750\,psia \times 0,8 - 5,59\,psia} + \frac{1}{8} = 0,14 \approx \frac{3}{16}\ in$$

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

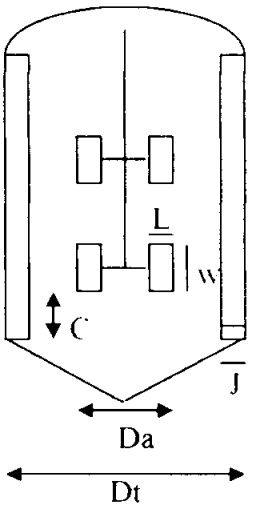
Tebal konis :

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

$$tk = \frac{5,59\ psia \times 85,93\,in}{2 \times 18.750\,psia \times 0,8 \times \cos 45} + \frac{1}{8} = 0,15 \approx \frac{1}{4}\ in$$

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

Perhitungan Pengaduk



Jenis : Pitched-blade turbine

Da/Dt = 0,3 – 0,5 → Da = (0,3 – 0,5)Dt [19]

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 × 2,18 m = 0,65 m

C = Dt/3 = $\frac{2,18\ m}{3}$ = 0,72 m

L = Da/4 = $\frac{0,65\ m}{4}$ = 0,16 m

J = Dt/10 = $\frac{2,18\ m}{10}$ = 0,218 m

W = Da/5 = $\frac{0,65\ m}{5}$ = 0,13 m

Kecepatan impeller = 20 – 150 rpm → diambil 30 rpm [16]

N = 30 rpm

$NRe = \frac{Da^2 \times N \times \rho}{\mu} = \frac{(0,65\ m)^2 \times 0,5\ s^{-1} \times 1.427,29\ kg/m^3}{0,3264 \times 10^{-3}\ kg/m.s} = 923.759,22$

(turbulen, α=1)

Da/W = 5, Dt/J = 10 (curve 4)

Np = 5 [19]

sg bahan masuk = $\frac{\rho_{campr}}{\rho_{air}} = \frac{1.119,82\ kg/m^3}{988,07\ kg/m^3} = 1,44$

Jumlah impeller = $\frac{sg \times H}{Dt} = \frac{1,44 \times 3,27\ m}{2,18\ m} = 2,16 \cong 2$

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

$P = Np \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Da^5$

$= 5 \times 1.119{,}82\ kg/m^3 \times (0{,}5\ s^{-1})^3 \times (0{,}65\ m)^5$

$= 81{,}21\ J/s = 0{,}11\ hp$

Efisiensi = 80% [20]

$$Power = \frac{0{,}11\ hp}{0{,}8}$$

$= 0{,}14\ hp \approx 0{,}25\ hp$

Perhitungan jaket pemanas :

Operasi pabrik per hari untuk tangki ekstraksi = 4 batch per hari dengan waktu pemanasan 2 jam per batch.

Dari neraca panas diketahui :

Laju alir massa steam = 3.830,95 kg/hari = 478,86 kg/jam

$$\rho_{steam}\ (120^oC) = \frac{1}{1{,}6729\ m^3/kg} = 0{,}5978\ kg/m^3$$

$$Debit\ steam = \frac{Laju\ alir\ massa\ steam}{\rho_{steam}} = \frac{478{,}86\ kg/jam}{0{,}5978\ kg/m^3}$$

$= 801{,}05\ m^3/jam = 0{,}45\ m^3/s$

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

$Do_{shell} = D + 2 \times ts$

$= 2{,}18\ m + 2 \times 0{,}004763\ m$

$= 2{,}1895\ m$

Kecepatan alir steam (V) diambil = 1 ft/s = 0,3048 m/s

Debit = A × V

$0{,}45\ m^3/s = \frac{\pi}{4} \times (Di^2_{jaket} - Do^2_{Shell}) \times V$

$= \frac{\pi}{4} \times (Di^2_{jaket} - 2{,}1895^2) \times 0{,}3048$

$0{,}45 = \frac{\pi}{4} \times (Di^2_{jaket} - 4{,}7939) \times 0{,}3048$

$Di_{jaket} = 2{,}58\ m$

$Di_{jaket} = Do_{shell}$ + jaket spacing

2,58 m = 2,1895 m + jaket spacing

Jaket spacing = 0,39 m

Do_{jaket} = Di_{jaket} + 2 × tebal jaket

Do_{jaket} = 2,58 m + 2 × 0,004763 m

Do_{jaket} = 2,5895 m

$$\ln \frac{(T_1 - t_1)}{(T_2 - t_1)} = \frac{U \times A \times \theta}{M \times C} \quad [21]$$

Overall U_D = 50-100 Btu/hr.ft^2.°F, diambil U_D = 75 Btu/hr.ft^2.°F = 1.533,141 kJ/jam.m^2.K [21]

Keterangan :

T_1 = suhu steam masuk = 120°C

T_2 = suhu steam keluar = 100°C

t_1 = suhu bahan masuk = 30°C

θ = waktu = 120 menit = 2 jam

M = massa bahan dalam tangki = 13.871,46 kg/tangki

C = 4,181 kJ/kg.°C

$$\ln \frac{(120-30)}{(100-30)} = \frac{1.533,141 \text{ kJ/jam.m}^2\text{.K} \times A \times 2 \text{ jam}}{13.871,46 \text{ kg} \times 4,181 \text{ kJ/kg.°C}}$$

$$0,1251 = \frac{3.066,282 \text{ m}^2 \times A}{22.208,59}$$

A = 8,59 m^2

A = luas jaket pada shell

8,59 m^2 = $\pi . Do_{shell} . Hj$

= π × 2,18 m × Hj

H_{jaket} = 1,25 m < H_{shell} (3,27 m) → memenuhi syarat

Spesifikasi Tangki Ekstraksi :

Kapasitas max	: 13,87 ton/tangki
Diameter silinder	: 2,18 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,762 m
Tinggi silinder (H)	: 3,27 m
Tinggi konis	: 0,709 m
Tinggi total	: 3,97 m

Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{1}{4}$ in
Diameter jaket	: 2,71 m
Tinggi jaket	: 1,25 m
Jenis pengaduk	: Pitched-blade turbine
Diameter impeller (Da)	: 0,65 m
Jarak tangki – pengaduk (C)	: 0,72 m
Panjang blade (L)	: 0,16 m
Lebar baffle (J)	: 0,218 m
Lebar blade (W)	: 0,13 m
Kecepatan impeller	: 30 rpm
Jumlah Impeller	: 2 buah
Power	: 0,5 hp
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA-240, grade C
Jumlah tangki	: 2 unit

5. Tangki Pengenceran NaOH (F-211)

Fungsi : Untuk mengencerkan NaOH

Tipe : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas tertutup bentuk flat dengan pengaduk.

Kondisi operasi : T = 30°C, P = 1 atm

Kapasitas		
	: NaOH	= 1.651,13 kg/hari
	Air	= 6.604,53 kg/hari
	Massa total	= 8.255,66 kg / hari

Data-data : Densitas larutan NaOH 20% = 1.114,41 kg/m^3

Debit pada tangki pengenceran NaOH :

$$\text{Debit total} = \frac{\text{laju alir massa NaOH 10\%}}{\text{densitas larutan NaOH 10\%}}$$

$$= \frac{8.255,66\ \text{kg/hari}}{1.114,41\ \text{kg/m}^3}$$

$$= 7,4\ \text{m}^3\text{/hari}$$

Kapasitas tangki NaOH sebanyak kebutuhan NaOH dalam 2x batch = 3,7 m^3

Lubang pengeluaran = d = 10 in = 25,4 cm = 0,254 m [14]

Sudut konis = $\alpha = 45^o$

Diambil tinggi = H = 1,5D = 3R

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

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

Safety allowance = 10% [15]

Volume max tangki = (100+10)% × 3,7 m^3/batch

= 4,07 m^3/batch

Volume tangki $= (\frac{1}{3}.\pi.R^2.T - \frac{1}{3}.\pi.r^2.t) + \pi.R^2.H$

$= (\frac{1}{3}.\pi.R^2.R - \frac{1}{3}.\pi.r^2.r) + \pi.R^2.3R$

$= \frac{1}{3}.\pi.R^3 + 3.\pi.R^3 - \frac{1}{3}.\pi.r^3$

4,07 m^3 $= 10,46R^3 - 0,0021$

R^3 = 0,39 m^3

R = 0,73 m

D = 2R = 2 × 0,73 m = 1,46 m = 57,52 in

H = 1,5D = 2,19 m = 7,008 ft

Tinggi bahan dalam konis = T – t = R – r = 0,73 m – 0,127 m = 0,603 m

Tinggi total bahan dalam tangki = H + (T – t) = 2,19 m + 0,603 m = 2,79 m

Tekanan Tangki

Tekanan hidrostatis

$p_{hidrostatis} = \frac{\rho H}{144}$ [22]

Keterangan :

ρ = densitas bahan masuk (lb/ft^3)

H = tinggi cairan (ft)

$\rho_{larutan\ NaOH\ 20\%} = 69,57\ lb/ft^3 = 1.114,41 kg/m^3$

$p_{hidrostatis} = \frac{69,57 \times 7,008}{144}$

$p_{hidrostatis}$= 3,38 psia

p design = 1,2 x $p_{hidrostatis}$

= 1,2 x 3,38

= 4,06 psia

Tebal Silinder

$$ts = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \quad [18]$$

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

$$ts = \frac{4,06\,psia \times 57,52in}{2 \times 18.750\,psia \times 0,8 - 4,06\,psia} + \frac{1}{8} = 0,13 \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

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

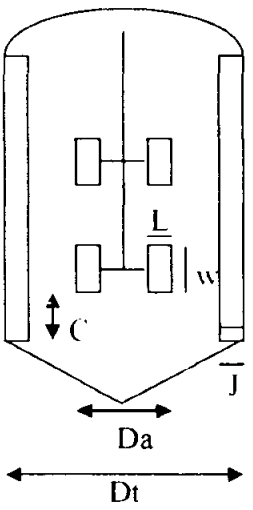
Tebal konis :

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

$$tk = \frac{4,06\,psia \times 57,52 \text{ in}}{2 \times 18.750\,psia \times 0,8 \times \cos 45} + \frac{1}{8} = 0,14 \approx \frac{1}{4} \text{ in}$$

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

Perhitungan Pengaduk



Jenis : Pitched-blade turbine

Da/Dt = 0,3 – 0,5 → Da = (0,3 – 0,5)Dt [19]

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 × 1,46 m = 0,43 m

$C = Dt/3 = \frac{1,46\ m}{3} = 0,48\ m$

$L = Da/4 = \frac{0,43\ m}{4} = 0,11\ m$

$J = Dt/10 = \frac{1,46\ m}{10} = 0,146\ m$

$W = Da/5 = \frac{0,43\ m}{5} = 0,086\ m$

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

N = 30 rpm

Bahan pada tangki diasumsi sama dengan air karena jumlah air yang masuk lebih banyak daripada NaOH.

μ_{air} (30°C) = $0,8007.10^{-3}$ (kg/m.s) [19]

ρ_{air} (30°C) = 995,68 kg/m^3 [19]

$$NRe = \frac{Da^2 \times N \times \rho}{\mu} = \frac{(0{,}43\ m)^2 \times 0{,}5\ s^{-1} \times 995{,}68\ kg/m^3}{0{,}8007 \times 10^{-3}\ kg/m.s} = 113.544{,}61$$

(turbulen, α=1)

Da/W = 5, Dt/J = 10 (curve 4)

Np = 1 [19]

$$\text{sg bahan masuk} = \frac{\rho_{camp}}{\rho_{air}} = \frac{1.114{,}41\ kg/m^3}{995{,}68\ kg/m^3} = 1{,}12$$

$$\text{Jumlah impeller} = \frac{sg \times H}{Dt} = \frac{1{,}12 \times 2{,}19\ m}{1{,}46\ m} = 1{,}68 \cong 2$$

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

$$P = Np \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Da^5$$

$$= 1 \times 1.114{,}41\ kg/m^3 \times (0{,}5\ s^{-1})^3 \times (0{,}43\ m)^5$$

$$= 2{,}047\ J/s = 0{,}0026\ hp$$

Efisiensi = 80% [20]

$$\text{Power} = \frac{0{,}0026\ hp}{0{,}8}$$

$$= 0{,}0032\ hp \approx 0{,}25\ hp$$

Spesifikasi Tangki Pengenceran NaOH :

Kapasitas max	: 4,12 ton
Diameter silinder	: 1,46 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,254 m
Tinggi silinder (H)	: 2,19 m
Tinggi konis	: 0,603 m
Tinggi total	: 2,79 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{1}{4}$ in
Jenis pengaduk	: Pitched-blade turbine
Diameter impeller (Da)	: 0,43 m
Jarak tangki – pengaduk (C)	: 0,48 m
Panjang blade (L)	: 0,11 m
Lebar baffle (J)	: 0,146 m

Lebar blade (W)	: 0,086 m
Kecepatan impeller	: 30 rpm
Jumlah Impeller	: 2 buah
Power	: 0,25 hp
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA-240, grade C
Jumlah tangki	: 1 unit

6. Screen II (H-220)

Fungsi : memisahkan rumput laut dengan hasil ekstraksi

Tipe : grizzly

Dari [14] didapatkan bukaan sieve = 1 in = 2,5 cm

Ukuran screen : panjang = 10 ft = 3,12 m

lebar = 4 ft = 1,25 m

Jumlah : 2 unit

7. Tangki H-Alg (F-310)

Fungsi : Untuk mereaksikan sodium alginat dengan HCl

Tipe : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas tertutup bentuk flat dengan pengaduk

Kondisi operasi : T = 30°C, P = 1 atm

Kapasitas		
	HCl	= 1.398,21 kg/hari
	Air	= 72.649,41kg/hari
	NaOH	= 135,09 kg/hari
	Sodium alginat	= 7.295,01 kg/hari
	Massa total	= 81.477,72 kg/hari

Data-data : 1. Densitas NaOH = 2.130 kg/m^3

2. Densitas air T=30°C = 995,68 kg/m^3

3. Densitas sodium alginat = 1.958 kg/m^3

4. Jumlah tangki 2 unit

Dengan menggunakan perhitungan pada tangki NaOH maka didapat spesifikasi tangki H-Alg.

Spesifikasi Tangki H-Alg :

Kapasitas max	: 10,18 ton/tangki
Diameter silinder	: 1,24 m

Diameter lubang pengeluaran	: 0,762 m
Tinggi silinder (H)	: 1,86 m
Tinggi konis	: 0,23 m
Tinggi total	: 2,09 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{1}{4}$ in
Jenis pengaduk	: Pitched-blade turbine
Diameter impeller (Da)	: 0,37 m
Jarak tangki – pengaduk (C)	: 0,41 m
Panjang blade (L)	: 0,09 m
Lebar baffle (J)	: 0,124 m
Lebar blade (W)	: 0,074 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

8. Tangki Pengenceran HCl (F-311)

Fungsi : Untuk mengencerkan HCl

Tipe : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas tertutup bentuk flat dengan pengaduk

Kondisi operasi : T = 30°C, P = 1 atm

Kapasitas		
: HCl	= 1.398,21 kg/hari
Air	= 12.583,88 kg/hari
Massa total	= 12.583,88 kg / hari

Data-data : Densitas HCl 10% = 1.040 kg/m^3

Dengan menggunakan perhitungan pada tangki NaOH maka didapat spesifikasi tangki pengenceran HCl.

Spesifikasi Tangki Pengenceran HCl :

Kapasitas max	: 6,29 ton
Diameter silinder	: 1,7 m

Diameter lubang pengeluaran	: 0,254 m
Tinggi silinder (H)	: 2,55 m
Tinggi konis	: 0,72 m
Tinggi total	: 3,27 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{1}{4}$ in
Jenis pengaduk	: Pitched-blade turbine
Diameter impeller (Da)	: 0,51 m
Jarak tangki – pengaduk (C)	: 0,56 m
Panjang blade (L)	: 0,12 m
Lebar baffle (J)	: 0,17 m
Lebar blade (W)	: 0,102 m
Kecepatan impeller	: 30 rpm
Jumlah Impeller	: 2 buah
Power	: 0,25 hp
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA-240, grade C
Jumlah tangki	: 1 unit

9. Tangki Pemekat (F-320)

Fungsi : Untuk memekatkan larutan asam alginat

Tipe : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas tertutup bentuk flat dengan pengaduk

Kondisi operasi : T = 30°C, P = 1 atm

Kapasitas :

HCl	= 60,93 kg/hari
Air	= 73.250,35 kg/hari
NaCl	= 2.154,72 kg/hari
Asam alginat	= 6.552 kg/hari
Massa total	= 81.477,72 kg/hari

Data-data : 1. Densitas NaCl = 1.069,8 kg/m^3

2. Densitas air T=30°C = 995,68 kg/m^3

Debit pada tangki pemekat :

$$\text{Debit air} = \frac{\text{laju alir massa air}}{\text{densitas air}}$$

$$= \frac{73.250,35\ \text{kg/hari}}{995,68\ \text{kg/m}^3}$$

$$= 73,56\ \text{m}^3\text{/hari}$$

$$\text{Debit NaCl} = \frac{\text{laju alir massa NaCl}}{\text{densitas NaCl}}$$

$$= \frac{2.154,72\ \text{kg/hari}}{1.069,8\ \text{kg/m}^3}$$

$$= 2,01\ \text{m}^3\text{/hari}$$

Karena HCl dan asam alginat mempunyai massa yang paling kecil sehingga dapat diabaikan.

Debit total = debit air + debit NaCl

= 73,56 + 2,01

= 75,57 m^3/hari

$$\text{Debit per batch} = \frac{75,57\ \text{m}^3\text{/hari}}{4} = 18,89\ \text{m}^3$$

$$\text{Debit per tangki} = \frac{18,89\ \text{m}^3}{2} = 9,44\ \text{m}^3$$

Lubang pengeluaran = d = 30 in = 76,2 cm = 0,762 m [14]

Sudut konis = $\alpha = 45^o$

Diambil tinggi = H = 2D = 4R

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

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

Safety allowance = 10% [15]

Volume max tangki = (100+10)% × 9,44 m^3/batch

= 10,38 m^3/batch

Volume tangki $= (\frac{1}{3}.\pi.R^2.T - \frac{1}{3}.\pi.r^2.t) + \pi.R^2.H$

$= (\frac{1}{3}.\pi.R^2.R - \frac{1}{3}.\pi.r^2.r) + \pi.R^2.4R$

$= \frac{1}{3}.\pi.R^3 + 4.\pi.R^3 - \frac{1}{3}.\pi.r^3$

$10,38\ m^3 = 13,61R^3 - 0,057$

$R^3 = 0,52\ m^3$

$R = 0,91\ m$

$D = 2R = 2 \times 0,91\ m = 1,82\ m = 71,65\ in$

$H = 2D = 3,64\ m = 11,64\ ft$

Tinggi bahan dalam konis = T – t = R – r = 0,91 m – 0,127 m = 0,78 m

Tinggi total bahan dalam tangki = H + (T – t) = 3,64 m + 0,78 m = 4,42 m

Tekanan Tangki

Tekanan hidrostatis

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

Keterangan :

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

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

H_{bahan} = tinggi total material (m)

ρ NaCl = 66,78 lb/ft^3 = 1.069,8 kg/m^3

ρ air = 62,15lb/ft^3 = 995,68kg/m^3

$$\text{Fraksi massa NaCl} = \frac{2.154,72}{81.477,72} = 0,026$$

$$\text{Fraksi massa air} = \frac{73.250,35}{81.477,72} = 0,90$$

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \frac{x_{air}}{\rho_{air}} + \frac{x_{NaCl}}{\rho_{NaCl}}$$

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \frac{0,9}{995,68} + \frac{0,026}{1.069,8}$$

ρ campuran = 1.077,58 kg/m^3

Ph = 1.077,58 x 4,42 x 9,8

= 46.676,45 N/m^3

p total = 46.676,45 N/m^3

p design = 1,2 x p_{total}

= 1,2 x 46.676,45 N/m^3

= 56.011,74 N/m^3 = 8,12 psia

Tebal Silinder

$$ts = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \quad [18]$$

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

$$ts = \frac{8{,}12\,\text{psia} \times 71{,}65\,\text{in}}{2 \times 18.750\,\text{psia} \times 0{,}8 - 18{,}12\,\text{psia}} + \frac{1}{8} = 0{,}14 \approx \frac{3}{16}\ \text{in}$$

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

Tebal konis :

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

$$tk = \frac{8{,}12\,\text{psia} \times 71{,}65\,\text{in}}{2 \times 18.750\,\text{psia} \times 0{,}8 \times \cos 45} + \frac{1}{8} = 0{,}15 \approx \frac{1}{4}\ \text{in}$$

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

Spesifikasi Tangki Pemekat :

Kapasitas max	: 10,18 ton/tangki
Diameter silinder	: 1,82 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,254 m
Tinggi silinder (H)	: 3,64 m
Tinggi konis	: 0,78 m
Tinggi total	: 4,42 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{1}{4}$ in
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA-240, grade C
Jumlah tangki	: 2 unit

10. Tangki Sodium Alginat (F-330)

Fungsi : Untuk mereaksikan asam alginat menjadi sodium alginat

Tipe : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas tertutup bentuk flat.

Kondisi operasi : T = 30°C, P = 1 atm

Kapasitas :

Sodium alginat	= 7.295,01 kg/hari
Air	= 19.334,38 kg/hari
NaCl	= 441,5 kg/hari
NaOH	= 122 kg/hari
Etanol	= 34.985,8 kg/hari
Massa total	= 62.178,69 kg/hari

Data-data : 1. Densitas air T=30°C = 995,68 kg/m^3

2. Densitas NaCl = 1.069,8 kg/m^3
3. Densitas NaOH =2.130 kg/m^3
4. Densitas etanol = 789 kg/m^3
5. Densitas sodium alginat = 1.958kg/m^3

Dengan menggunakan perhitungan pada tangki NaOH maka didapat spesifikasi tangki sodium alginat.

Spesifikasi Tangki Sodium Alginat :

Kapasitas max	: 7,77 ton / tangki
Diameter silinder	: 1,9 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,762 m
Tinggi silinder (H)	: 2,88 m
Tinggi konis	: 0,57 m
Tinggi total	: 3,45 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{1}{4}$ in
Jenis pengaduk	: Pitched-blade turbine
Diameter impeller (Da)	: 0,57 m
Jarak tangki – pengaduk (C)	: 0,63 m
Panjang blade (L)	: 0,14 m

Lebar baffle (J)	: 0,19 m
Lebar blade (W)	: 0,11 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

11. Tangki Etanol (F-331)

Fungsi : Untuk menampung etanol

Tipe : Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas tertutup bentuk flat.

Dasar pemilihan : Cocok untuk menampung etanol

Kondisi operasi : T = 30°C, P = 1 atm

Kapasitas	: Etanol	= 34.736,56 kg/hari
	Air	= 1.828,24 kg/hari
	Massa total	= 36.564,8 kg / hari

Data-data : Densitas etanol 95% = 795,55 kg/m^3

Debit pada tangki etanol :

$$\text{Debit total} = \frac{\text{laju alir massa etanol}}{\text{densitas larutan etanol}}$$

$$= \frac{36.564{,}24 \text{ kg/hari}}{795{,}55 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 45{,}96 \text{ m}^3\text{/hari}$$

$$\text{Debit per batch} = \frac{45{,}96 \text{ m}^3}{4} = 11{,}49 \text{ m}^3\text{/batch}$$

Lubang pengeluaran = d = 10 in = 25,4 cm = 0,254 m [14]

Sudut konis = $\alpha = 45^o$

Diambil tinggi = H = 1,5D = 3R

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

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

Safety allowance = 10% [15]

Volume max tangki = (100+10)% × 11,49 m^3/hari

= 12,63 m^3/batch

Volume tangki = $(\frac{1}{3}.\pi.R^2.T - \frac{1}{3}.\pi.r^2.t) + \pi.R^2.H$

$= (\frac{1}{3}.\pi.R^2.R - \frac{1}{3}.\pi.r^2.r) + \pi.R^2.3R$

$= \frac{1}{3}.\pi.R^3 + 3.\pi.R^3 - \frac{1}{3}.\pi.r^3$

12,63 m^3 = $10,46.R^3 - 0,00214$

R^3 = 1,21 m^3

R = 1,06 m

D = 2R = 2 × 1,06 m = 2,13 m = 83,85 in

H = 1,5D = 3,19 m = 10,22 ft

Tinggi bahan dalam konis = T – t = R – r = 1,06m – 0,127 m = 0,93 m

Tinggi total bahan dalam tangki = H + (T – t) = 3,19 m + 0,93 m = 4,12 m

Tekanan Tangki

Tekanan hidrostatis

$$p_{hidrostatis} = \frac{\rho H}{144} \quad [22]$$

Keterangan :

ρ = densitas bahan masuk (lb/ft^3)

H = tinggi cairan (ft)

$\rho_{larutan\ NaOH\ 20\%} = 69,57\ lb/ft^3 = 1.114,41 kg/m^3$

$$p_{hidrostatis} = \frac{69,57 \times 10,22}{144}$$

$p_{hidrostatis}$= 3,14 psia

p design = 1,2 x $p_{hidrostatis}$

= 1,2 x 3,14

= 3,76 psia

Tebal Silinder

$$ts = \frac{p \times D}{(2 \times f \times e) - p} + c \quad [18]$$

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

$$ts = \frac{3,76\,psia \times 83,85\,in}{2 \times 18.750\,psia \times 0,8 - 3,76\,psia} + \frac{1}{8} = 0,13 \approx \frac{3}{16}\ in$$

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

Tebal konis :

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

$$tk = \frac{3,76\,psia \times 83,85\,in}{2 \times 18.750\,psia \times 0,8 \times \cos 45} + \frac{1}{8} = 0,14 \approx \frac{1}{4}\ in$$

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

Spesifikasi Tangki Penampung Etanol :

Kapasitas max	: 6.880,81 kg/batch
Diameter silinder	: 2,13 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,254 m
Tinggi silinder (H)	: 3,19 m
Tinggi konis	: 0,93 m
Tinggi total	: 4,12 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{1}{4}$ in
Jumlah tangki	: 1 unit

12. Filter Press (H-140)

Fungsi	: untuk memisahkan antara sodium alginat dengan cairan	
Tipe	: Plate and frame filter press	
Kapasitas	: Sodium alginat	= 7.295,01 kg/hari
	Air	= 19.196,58 kg/hari
	NaCl	= 111,49 kg/hari

NaOH	= 131,6 kg/hari
Etanol	= 34.736,56 kg/hari
Massa total	= 61.804,56 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 $\rho_{filtrat}$

$$\frac{1}{\rho_{filtrat}} = \frac{X_1}{\rho_1} + \frac{X_2}{\rho_2} + \frac{X_3}{\rho_3} + \frac{X_4}{\rho_4} + \frac{X_5}{\rho_5}$$

Dimana:

X_1 = fraksi massa air = 0,35

X_2 = fraksi massa sodium alginat = 0,0013

X_3 = fraksi massa NaCl = 0,002

X_4 = fraksi massa NaOH = 0,002

X_5 = fraksi massa etanol = 0,64

ρ_1 = densitas air = 989,58 kg/m^3

ρ_2 = densitas sodium alginat = 1.030 kg/m^3

ρ_3 = densitas NaCl = 1.069,8 kg/m^3

ρ_4 = densitas NaOH = 2.130 kg/m^3

ρ_5 = densitas etanol = 789 kg/m^3

$$\frac{1}{\rho_{filtrat}} = \frac{0,35}{989,58} + \frac{0,0013}{1.030} + \frac{0,002}{1.069,8} + \frac{0,002}{2.130} + \frac{0,64}{789}$$

$\rho_{filtrat}$ = 625 kg/m^3

Mencari ρ_{cake}

$$\frac{1}{\rho_{cake}} = \frac{X_1}{\rho_1} + \frac{X_2}{\rho_2} + \frac{X_3}{\rho_3} + \frac{X_4}{\rho_4} + \frac{X_5}{\rho_5}$$

Dimana :

X_1 = fraksi massa air = 0,046

X_2 = fraksi massa sodium alginat = 0,86

X_3 = fraksi massa NaCl = 0,00002

X_4 = fraksi massa NaOH = 0,00003

X_5 = fraksi massa etanol = 0,08

ρ_1 = densitas air = 989,58 kg/m^3

ρ_2 = densitas sodium alginat = 1.030 kg/m^3

ρ_3 = densitas NaCl = 1.069,8 kg/m^3

ρ_4 = densitas NaOH = 2.130 kg/m^3

ρ_5 = densitas etanol = 789 kg/m^3

$$\frac{1}{\rho_{cake}} = \frac{0,046}{989,58} + \frac{0,86}{1.030} + \frac{0,00002}{1.069,8} + \frac{0,00003}{2.130} + \frac{0,08}{789}$$

ρ_{cake} = 1.018,32 kg/m^3

Jumlah filtrat= 53.858,26 kg/hari

$$= \frac{53.858,26 \text{ kg/hari}}{4 \text{ batch/hari} \times 1 \text{ jam/batch}} = 13.464,56 \text{ kg/jam}$$

= 6.732,28 kg/unit

Jumlah cake = 2.076,33 kg/batch = 1.038,16 kg/unit

$$\text{Debit filtrat} = \frac{\text{Jumlah filtrat}}{\rho_{filtrat}} = \frac{6.732,28 \text{ kg/jam}}{625 \text{ kg/m}^3} = 10,77 \text{ m}^3\text{/jam}$$

Ukuran plate and frame = 4 ft × 4 ft

Luas efektif = 28,8 ft^2

Total kapasitas = 1,2 ft^3/in tebal

$$\text{Volume cake} = \frac{\text{Jumlah cake}}{\rho_{cake}} = \frac{1.038,16 \text{ kg/jam}}{1.018,32 \text{ kg/m}^3}$$

= 1,02 m^3/jam = 36 ft^3/jam

Volume tiap frame = luas × tebal

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

$$\text{Volume tiap frame} = \frac{28,8 \text{ ft}^2}{2} \times \frac{2 \text{ in}}{12 \text{ in/ft}} = 3,84 \text{ ft}^3$$

$$\text{Jumlah frame} = \frac{\text{Volume cake}}{\text{Volume tiap frame}} = \frac{36}{3,84} = 9,37 \approx 10 \text{ buah}$$

Panjang alat berkisar = 0,5-20 m

Jumlah plate and frame = (10×2)+1 = 21 buah

Tebal plate and frame total $= 21 \times 2 \times \frac{1 \text{ in}}{12 \text{ in/ft}} = 3{,}5 \text{ ft} = 1{,}09 \text{ m}$

Spesifikasi Plate and Frame Filter Press :

Nama alat	: Filter press
Kapasitas	: 6,73 ton/unit
Tebal tiap frame/plate	: 2 in
Jumlah plate and frame	: 10 buah
Panjang alat	: 1,09 m
Bahan	: Stainless steel
Jumlah	: 2 unit

13. Rotary Dyer (B-510)

Fungsi : mengeringkan padatan sodium alginat

Tipe : Direct Heat Counter-current Rotary Dryer

1. Kecepatan aliran umpan : 8.305,35 kg/hari
2. Kecepatan aliran produk : 7614,85 kg/hari
3. Suhu bahan masuk : 30°C
4. Suhu bahan keluar : 80°C
5. Kecepatan udara masuk : 145.439,39 kg/hari = 24.239,89 kg/jam
6. Suhu udara masuk : 85°C
7. Suhu udara keluar : 80°C

Menentukan diameter rotary dryer

Kebutuhan udara panas = 436.318,18 kg/hari = 72.719,69 kg/jam

Kecepatan massa udara dalam dryer berkisar antara 1800-18000 kg/m^{2}jam [23]

Ditetapkan kecepatan udara masuk = 10.000 kg/m^{2}jam

S = cross sectional of dryer, ft^2

$$= \frac{72.719{,}69 \text{ kg/jam}}{10.000 \text{ kg/m}^2\text{jam}} = 7{,}27 \text{ m}^2$$

Diameter rotary dryer = 1-3 m

Panjang rotary dryer = 4-20 m [24]

$S = \frac{\pi}{4} D^2$ jadi $D = \sqrt{\frac{4}{\pi}.7{,}27} = 1{,}48 \text{ m} \approx 1{,}5 \text{ m} = 4{,}8 \text{ ft}$

S koreksi = $\frac{\pi}{4}.1{,}5^2 = 7{,}06\ m^2$

Gkoreksi = $\frac{\text{rate.udara.panas.masuk}}{\text{Skoreksi}} = \frac{72.719{,}69}{7{,}06}$

= 10.300,23 kg/m^{2}jam =2.110,74 lb/ft^{2}jam

Menentukan panjang rotary dryer

Qt = 0,4 . L . D. G$^{0.67}$. Δtm [13]

Dimana : Qt= Heat transfer total = 2.192.062,57 kJ/hari

= 365.343,76 kJ/jam

= 346.277,70 btu/jam

L= panjang (ft)

D= Diameter rotary dryer (ft)

G= Kecepatan udara (lb/ft^{2}jam)

Dimana : T1 = Suhu gas masuk (°C) = 85°C = 185°F

T2 = Suhu gas keluar (°C) = 80°C = 176°F

tm = (T1+T2)/2 = (185 + 176)/2 = 180,5°F

Qt = 0,4 . L . D. G$^{0.67}$. tm

346.277,70 btu/jam = 0,4 . L . 4,8 ft. (2.110,74)$^{0.67}$. 180,5

L = 20,16 ft

Check design:

L/D = 4 – 10 [14]

L/D = 20,16/4,8 = 4,2 (memenuhi)

Slope (tg) = 0-1 in/ft

Diambil slope (tg) = 0,75 in/ft

= 0,0625 ft/ft = 3,6°

Menghitung putaran rotary dryer (N)

Kecepatan peripheral (V) berkisar antara 50-300 ft/menit [13]

Ditetapkan : 100 ft/menit

$N = \frac{V}{\pi . D}$

Dimana : N = putaran dryer, rpm

V = kecepatan peripheral, ft/menit

D = diameter dryer, ft

Maka: $N = \frac{100}{\pi.4,8} = 4,97 rpm \approx 4$ rpm

Cek : N.D = 25-35 [14]

N.D = 4 . 6,3 = 25,2

Menghitung waktu tinggal

$$\theta = \frac{0,23.L}{S.N^{0,9}.D} + \frac{0,6.B.L.G}{F} \quad [13]$$

Dimana : θ = waktu tinggal, menit

L = panjang dryer, ft

S = slope dryer

G = kecepatan putaran dryer, lb/jam.ft^2

F = kecepatan umpan dalam dryer, lb/jam.ft^2

B = konstanta yang besarnya tergantung ukuran diameter = 0,0389

$$F = \frac{161.599,31 \text{ lb/jam}}{\frac{\pi}{4}.(4,8^2)} = 2.233,71 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$$

Maka : $\theta = \frac{0,23 \times 20,16}{0,0625 \times 4^{0,9} \times 4,8} + \frac{0,6 \times 0,0389 \times 29,57 \times 2.110,74}{2.233,71}$

= 15,89 menit

Menghitung power rotary dryer

Power rotary dryer = 0,5D^2 – 1 D^2 [13]

Efisiensi direct heat rotary dryer antara 55-75 %

Diambil power rotary dryer = 0,75D^2 dan efisiensi 75%

Power rotary dryer = 0,75 x (9,6^2) = 7,2 hp

Power motor = $\frac{7,2}{0,75} = 9,6 hp$

Spesifikasi alat:

Nama alat	: Rotary Dryer
Fungsi	: mengeringkan padatan sodium alginat
Diameter	: 1,5 m
Panjang	: 6,3 m
Putaran	: 4 rpm
Slope	: 3,6°
Waktu tingal	: 15,89 menit

Power : 9,6 hp

Bahan : carbon steel SA-283 Grade M

Jumlah : 1 buah

14. Heat Exchanger

Funsi : Memanaskan udara kering sampai menjadi udara panas untuk disuplai ke rotary dyer

Tipe : Shell and tube heat exchanger

1. Dari neraca panas

Q steam = 11.310.821,79 kJ/hari = 446714,92 Btu/jam

Steam yang digunakan bersuhu 120 °C dari Geankoplis App A.2 – 9, pp 858 didapatkan harga :

λsteam = 2.706,3 kJ/kg

$$\text{Massa steam} = \frac{Q_{steam}}{\lambda}$$

$$= \frac{11.310.821,79\ \text{kJ/hari}}{2.706,3\ \text{kJ/kg}}$$

$$= 4.179,44\ \text{kg/hari}$$

Massa steam = 4.179,44 kg/hari = 696,57 kg/jam = 1.537,68 lb/jam

2. ΔT_{LMTD}

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff
248	High Temp	185	63
212	Low Temp	86	126
36	Diff	99	63

$$\Delta T_1 = T_2 - t_1 = 212\ ^\circ\text{F} - 86\ ^{oF} = 126\ ^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_2 = T_1 - t_2 = 248\ ^\circ\text{F} - 185\ ^\circ\text{F} = 63\ ^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = \frac{126 - 63}{\ln \frac{126}{63}} = 90,88\ ^\circ\text{F}$$

3. Tc dan tc

T_c= 0.5 (248 °F-212 °F) = 18 °F

t_c = 0.5 (185 °F-86 °F) = 49,5 °F

Trial: U_D = 50 Btu/ft^2.jam.°F

Pipa yang digunakan:

- Panjang pipa : 10 ft
- OD : 1 in
- BWG : 14
- ID : 0,834 in

Dipilih tube dengan OD = 1 in, sehingga a" = 0.2618 ft^2/lin ft [21]

$$A = \frac{Q}{U_D * \Delta t} = \frac{446714{,}92 Btu/jam}{50 Btu/ft^2.jam.^oF * 90{,}88^oF} = 98{,}31 \text{ ft}^2$$

Number of tubes, $N_t = \frac{A}{a".10} = \frac{140.2389 ft^2}{0.2618 * 10} = 37{,}55$

Asumsi tube dengan 8 passes. Maka dari literatur [21] didapatkan Heater dengan spesifikasi:

Heat Exchanger tipe : 1-8 shell and Tube HE

- Diameter dalam shell (ID) : 12 in
- Buffle spacing : 12 in
- Diameter luar tube (OD) : 1 in. 14 BWG
- Panjang tube : 10 ft
- Pitch : 11/4 in triangular pitch
- Jumlah tube : 38
- Passes : 8

Check harga A dan UD

A = L x a"t x Nt = 10 x 0,2618 x 38 = 99,48 ft^2

$$U_D = \frac{Q}{A * \Delta t} = \frac{446714{,}92 Btu/jam}{99{,}48 ft^2 * 90{,}88^oF} = 49{,}41 \text{Btu/ft}^2\text{.jam.}^\circ\text{F}$$

Shell side (udara kering, fluida dingin)	Tube side (steam, fluida panas)
4. Asumsi: Maksimum Baffle space $a_s = \frac{ID * C" * B}{144 * Pt} = \frac{12 * 0.25 * 12}{144 * 1.25}$ = 0,2 ft^2	4. a'_t = 0,546 in^2 $a_t = \frac{N_t * a'_t}{144.n} = \frac{38 * 0{,}546}{144 * 8}$ = 0,018 ft

5. $G_s = \frac{W}{as} = \frac{72,719,69}{0,2438}$

$= 298.276,03 \text{ lb/ft}^2$

6. Pada $t_c = 49,5\ ^\circ\text{F}$, $\mu = 0,04906$ lb/ft.h

$D_e = 0,72/12 = 0,06$ ft

$Re_s = \frac{De * Gs}{\mu} = \frac{0,06 * 298.276,03}{0,04906}$

$= 364.789,28$

7. $j_H = 400$ [17]

8. Pada $t_c = 49,5^\circ\text{F}$, Cp = 0.241 Btu/h.ft.°F

k = 0.0169 Btu/h.ft.°F

$\left(\frac{Cp * \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{0.241 * 0.04906}{0.0169}\right)^{\frac{1}{3}}$

$= 0.8878$

9. $h_o = j_H \cdot \frac{k}{D_e} \cdot \left(\frac{Cp * \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \phi_s$

$\frac{h_o}{\phi_s} = 400 \times \frac{0,0169 Btu/h.ft.^\circ F}{0,06 ft} \times 0,8878$

$\frac{h_o}{\phi_s} = 100,02 \text{ Btu/h.ft}^2.^\circ\text{F}$

10. $t_w = t_c + \frac{\frac{h_o}{\phi_s}}{\left(\frac{h_{io}}{\phi_t}\right) + \left(\frac{h_o}{\phi_s}\right)} (T_c - t_c)$

$= 49,5 + \frac{12,50}{1500 + 12,5}(18 - 49,5)$

$= 49,24\ ^\circ\text{F}$

11. Pada $t_w = 49,24\ ^\circ\text{F}$,

$\mu_w = 0.04915$ lb/ft.h

$\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} = \left(\frac{0.04906}{0.04915}\right)^{0.14}$

$= 1,38$

5. $G_t = \frac{W}{a_t} = \frac{1.5837,68}{0,018}$

$= 879.871,11$ lb/ft

6. Pada $T_c = 18\ ^\circ\text{F}$, $\mu = 0,03609$ lb/ft.h

$D_e = 0,834/12 = 0,0695$ ft

$Re_t = \frac{D_e * G_t}{\mu}$

$= \frac{0,0695 * 879.871,11}{0,03609}$

$= 1.694.404,05$

condensing steam

7. $\frac{h_{io}}{\phi_t} = 1500 \text{ Btu/h.ft}^2.^\circ\text{F}$

11. Pada $t_w = 49,24\ ^\circ\text{F}$,

$\mu_w = 0,02861$ lb/ft.h

$\phi_t = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} = \left(\frac{0.03609}{0.02861}\right)^{0.14}$

$= 1,033$

12. $h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi_t} \phi_s = 1500 * 1,033$

12. $h_o = \frac{h_{io}}{\phi_s} \phi_s = 100{,}02 * 1{,}38$ = 138,02 Btu/h.ft^2.°F	= 1549.5 Btu/h.ft^2.°F

$$U_C = \frac{h_{io} * h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{1549{,}5 * 138{,}02}{1549{,}5 + 138{,}02} \frac{Btu}{h.ft^2.^oF} = 126{,}73 \frac{Btu}{h.ft^2.^oF}$$

$$R_d = \frac{U_C - U_D}{U_C * U_D} = \frac{126{,}73 - 49{,}41}{126{,}73 * 49{,}41} \frac{ft^2.h.^oF}{Btu} = 0{,}0123 \frac{ft^2.h.^oF}{Btu}$$

Pressure Drop

Shell side (udara kering, fluida dingin)	Tube side (steam, fluida panas)
1. Re_s = 364.789,28 f = 0,0011 ft^2/in^2 S_g = 1,0383e-2	1. Re_t = 1.694.404,05 f = 0.00018 ft^2/in^2 S_g = 0,8803
2. N+1 = $12\frac{L}{B} = 12\frac{10}{12} = 10$ $D_s = \frac{ID}{12} = \frac{12}{12} = 1$ ft	2. $\Delta P_t = \frac{f * G_t^2 * L * n}{(5.22 * 10^{10}) * D_e * S_g * \phi_t}$ $= \frac{0{,}00018 * 879.871{,}11^2 * 10 * 8}{(5.22 * 10^{10}) * 0{,}0695 * (0{,}8803) * 1{,}033}$ = 3,38 psi
3. $\Delta P_s = \frac{f * G_s^2 * D_s (N+1)}{(5.22 * 10^{10}) * D_e * S_g * \phi_s}$ $= \frac{0{,}0011 * 298.276{,}03^2 * 1 * 10}{(5{,}22 * 10^{10}) * 1{,}0383e-2 * 0{,}06 * 1{,}38}$ = 7,1356 psi	

Spesifikasi:

Nama alat	: Heat exchanger
Diameter dalam shell (ID)	: 12 in
Buffle spacing	: 12 in
Diameter luar tube (OD)	: 1 in. 14 BWG
Panjang tube	: 10 ft
Pitch	: 11/4 in triangular pitch

Jumlah tube : 38

Passes : 8

15. Ball Mill (C-610)

Fungsi : menghancurkan dan menghaluskan produk sodium alginat dengan ukuran +/- 60 mesh

Tipe : marcy ball mill

Ukuran produk = 60 mesh = $\frac{1}{60}$ = 0,016 in = 0.42 mm

Dari Perry edisi 3 didapatkan ukuran bukaan siave pada No 40

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kapasitas : 12 ton / hari

Ukuran : 3 x 2 ft

Power : 6 hp

Kecepatan : 35 rpm

Berat bola isian : 0,85 ton

Nomer sieve : 35

Jumlah : 1

16. Screen III (H-611)

Fungsi : memisahkan produk dengan ukuran 60 mesh

Tipe : vibrating screen

Dari perry edisi 3 didapatkan ukuran sieve no 40 dengan bukaan sieve = 0,42 mm

Luas screen = $A = \frac{0,4C_t}{C_u F_{oa} F_s}$

Dengan C_t = flow rate (ton/jam) = 4,11 ton/jam

C_u = unit capacity = 0,025 ton/jam

F_{oa} = open area factor

F_s = slotted area factor

$$F_{oa} = 100\left(\frac{a}{a+d}\right)^2$$

Dengan a = sieve opening = 0,00165 in = $1,37.10^{-3}$ ft

d = nominal wire diameter = 0,014 in = $9,5.10^{-4}$ ft

$$F_{oa} = 100\left(\frac{1,37.10^{-3}}{1,37.10^{-3} + 9,5.10^{-4}}\right)^2$$

$$= 34,97$$

$$A = \frac{0,4 \times 4,11}{0,025 \times 34,97 \times 1}$$

$$= 1,88 \text{ ft}^2$$

Power = 0,5 hp

Jumlah = 1

17. Bucket elevator (J-612)

Fungsi : memasukan padatan sodium alginat ke ball mill

Tipe : centrifugal discharge bucket on nelt

Tinggi elevasi : 2 meter

Massa masuk : 19,22 kg/jam

Perry edisi 3 tabel 7 hal 1349 didapatkan

Ukuran bucket = 6 x 4 x 4,5 in

Jarak bucket = 12 in

Elevator center = 25 ft

Kecepatan bucket = 68,8 m/menit

Head shaft = 43 rpm

Shaft diameter = head = $1\frac{15}{16}$ in

tail = $1\frac{15}{16}$ in

Pulley diameter = head = 20in

tail = 14 in

Belt width = 7 in

Power = 1 hp = $\frac{1}{0,8}$ = 1,25hp

Jumlah = 1

18. Tangki Produk (F-620)

Fungsi	: Untuk menampung produk		
Tipe	: Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis dan bagian atas tertutup bentuk flat.		
Dasar pemilihan	: Cocok untuk menampung etanol		
Kondisi operasi	: T = 30°C, P = 1 atm		
Kapasitas	: Sodium alginat	= 7.222,06 kg/hari	
	Air	= 381,54 kg/hari	
	NaCl	= 8,66 kg/hari	
	NaOH	= 2,59 kg/hari	
	Massa total	= 7.614,85 kg / hari	

Data-data : 1. Densitas NaCl = 1.069,8 kg/m^3

2. Densitas NaOH = 2.130 kg/m^3

3. Densitas air T=30°C = 995,68 kg/m^3

4. Densitas sodium alginat = 1.030 kg/m^3

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dengan tangki ekstraksi maka didapatkan spesifikasi tangki penampung produk.

Spesifikasi Tangki Penampung Produk :

Kapasitas max	: 7,61 ton/hari
Diameter silinder	: 1,35 m
Diameter lubang pengeluaran	: 0,254 m
Tinggi silinder (H)	: 2,71 m
Tinggi konis	: 0,54 m
Tinggi total	: 3,25 m
Tebal silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis (tk)	: $\frac{1}{4}$ in
Jumlah tangki	: 1 unit

19. Menara Destilasi (D-420)

Asumsi : 1. $\in$ = 60%

2. D_m = diameter menara = 0,25 m

Data – data : X_D = 0,95 X_F = 0,64 X_W= 0,002

Ln = 901, 58 kmol/jam

D = 426,6 kmol/jam

$$R_{min} = \frac{Ln}{D} = \frac{9001,58}{426,6} = 2,11$$

$R = 1,5 \cdot R_{min} = 1,5 \cdot 2,11 = 3,17$

Menghitung intersep = $\frac{X_D}{R+1} = \frac{0,95}{3,17+1} = 0,22$

Dengan menggunakan kurva kesetimbangan etanol air maka didapatkan jumlah plate teoritis = 11 plate.

Jumlah aktual plate = $\frac{N_t}{\in} = \frac{11}{0,6} = 19$ plate

$\rho_V = 0,0993$ lb/ft^3

$\rho_L = 53,07$ lb/ft^3

Mengambil pasi plate = 18 in = 0,458 m. Dari gambar2-3 pada literatur [17], pada FW = 5,9356e-4 mendapatkan C_{sb} = 0,3 ft/s = 0,0914 m/s

$U_{nf} = C_{sb}[(\rho_L - \rho_V)/ \rho_V]^{0.5}$ [17]

$U_{nf} = 0,3[(53,07-0,0993)/0,0993]^{0,5}$

$= 6,92$ ft/s

Memilih presentase flooding perancangan F = 80%

$U^*_n = F^* \times U_{nf}$ [17]

$= 0,8 \times 6,92 = 5,53$ ft/s

$Q = An \times U^*_n$

Q = kecepatan aliran volumetrik uap (ft^3/s)

An = luas netto (m^2)

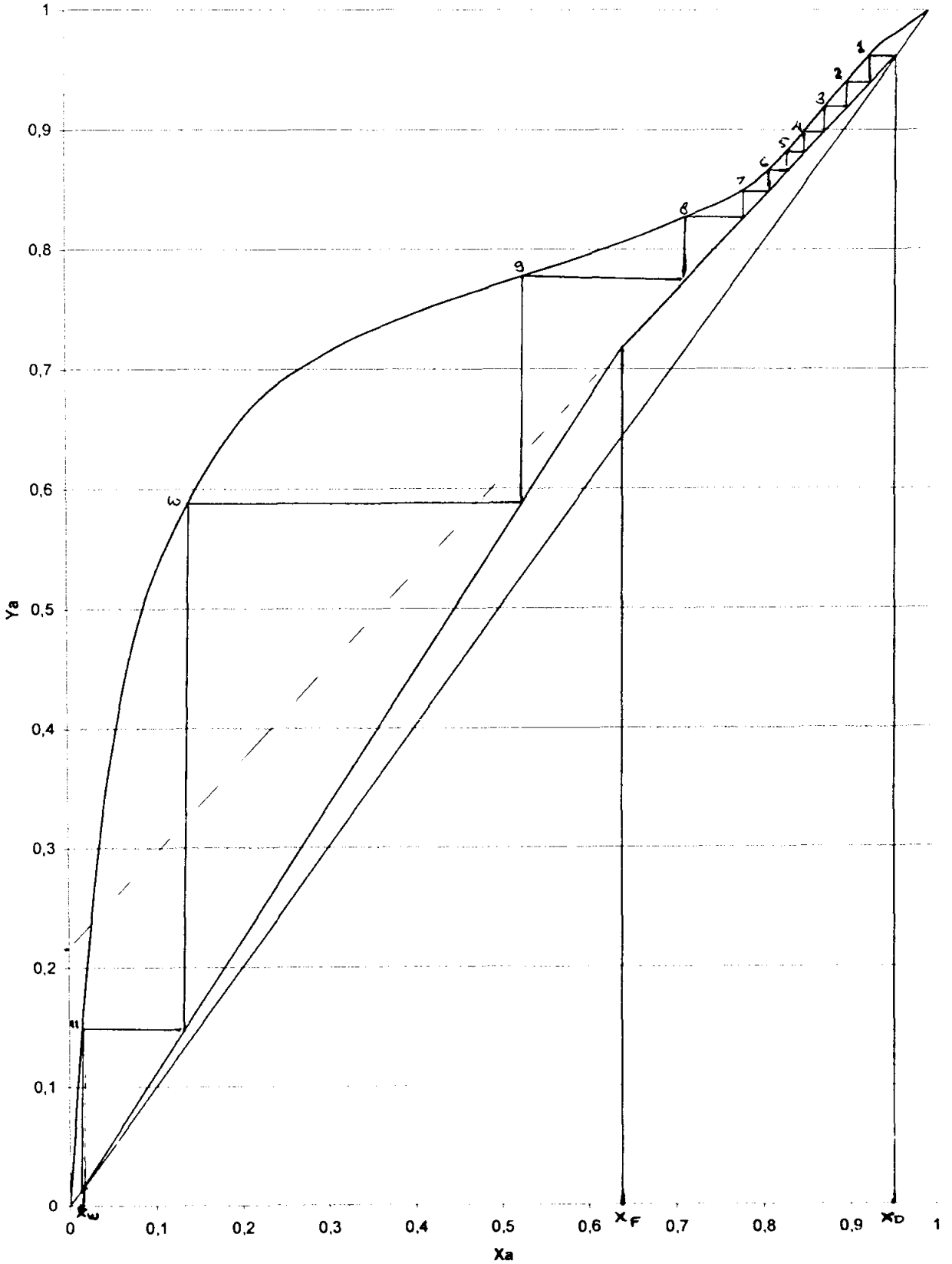
$Q = An \times U^*_n$

$6,52 = (0,88 \times$ luas menara$) \times 5,53$

Luas menara = 1,34 ft^2

Luas menara = $\frac{1}{4} x \pi x D_{menara}^2$

Kurva Kesetimbangan Etanol - Air



$1{,}34 = \frac{1}{4} x \pi x D_{menara}^{\ 2} \rightarrow$ D menara = 1,31 ft = 0,4 m

Dari [24] :

$H_t = 0{,}5 \,.\, D^{0.5} = 0{,}5 \,.\, 0{,}814^{0.5} = 0{,}45$

Tinggi packet = Ha = $\frac{N \times H_t}{\in} = \frac{17 \times 0{,}45}{0{,}61} = 12{,}75 ft$

Diambil tinggi untuk bagian reflux = 1 ft

Bagian bawah kolom = 1 ft

Total tinggi menara = 12,75 + 1 + 1 = 14,75 ft = 4,6 m

Spesifikasi menara destilasi :

Nama alat : menara destilasi

Diameter menara : 1,5 m

Tinggi menara : 4,6 m

Jumlah stage : 17

Packing : rashig ring 1 in

Jumlah : 1

20. Kondenser (E-421)

Fungsi : Mengembunkan uap yang keluar dari menara destilasi

Tipe : Shell and tube exchanger

Dari neraca panas diperoleh :

Panas yang diserap oleh air pendingin untuk mengembunkan semua uap :

Q = 104.693,31 kJ

Kebutuhan air pendingin :

massa =1.252,01 kg

Hot fluid		Cold fluid	Beda suhu
177,8	T tinggi	122	55,8
172,67	Trendah	86	86,67
5,13	Beda suhu	36	30,87

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t2 - \Delta t1}{\ln\left(\frac{\Delta t2}{\Delta t1}\right)} = \frac{55{,}8 - 86{,}67}{\ln\left(\frac{55{,}8}{86{,}67}\right)} = 70{,}1058°F$$

Ta = (177,8+172,67)/2 = 175,23°F

ta = (122+86)/2 = 104°F

Dari tabel 8 pada Kern, untuk system wate*r-light Organic*

Ud = 75 – 150 Btu/hr.ft. °F

Trial: Ud pada 75 Btu/hr.ft. °F

Pipa yang digunakan :

- Panjang pipa yang digunakan : 3,28 ft
- OD : 1 in
- BWG : 8
- ID : 0,67 in

Dari tabel 10 pada literatur Kern 1988, untuk sistem Water-light organic

Dari tabel 10 pad literatur [17] didapatkan a"t = 0,262 ft^2

$$A = \frac{Q}{UdxLMTD} = \frac{99235,36}{100x70,1058} = 14,15\,ft^2$$

$$\text{Jumlah tube (Nt)} = \frac{A}{Lxa"t} = \frac{14,15}{8x0,262} = 6,75$$

Diambil Nt = 10

Asumsi tube dengan 4 passes. Maka dari tabel 9 pada Kern mendapat heat exchager dengan spesifikasi:

Heat Exchanger tipe: 1-4shell and tube HE

- Diameter dalam shell (ID) : 10 in.
- Buffle spacing : 10 in
- Diameter luar tube (OD) : 11/4 in, 8 BWG
- Panjang tube : 0,7125 ft
- Pitch : 19/16 in square pitch
- Jumlah tube : 10 buah
- Passes : 4 passes

Check harga A dan Ud:

A = L x a"t x Nt = 8 x 0,262 x 10 = 16,87 ft^2

$$Ud = \frac{Q}{AxLMTD} = \frac{99235,36}{16,87x70,1058} = 83,9\,Btu/h.ft^2.°F$$

Perpindahan panas

Fluida panas: bagian shell

as = ID x C'B/144PT

= 10 x (1,563-1,25)x10/144.1,563

= 0,1389 ft^2

Fluida dingin: bagian tube

at = Nt x a't/(144xn)

= 10 x 0,665/(144 x 4)

= 0,0115 ft^2

loading

Gs = W/as

= 1876,5340/0,139

= 13500,2446

Gt = W/at

= 319,8786 /0,0115

= 27706,7779

V = Gt/(3600xρ)

= 27706,7779/(3600x61,95)

= 0,1242 fps

Bilangan Reynold

Pada Ta = 174,47°F

μ = 0,921 lbm/ft.hr

k = 0,1 btu/h.ft. °F

cp = 0,83 Btu/lbm°F

De = 1,23/12 = 0,103 ft

Nres = DexG/μ

= 0,103 x 13500,2446/0,921

= 1509,7993

jH = 18 [17]

$$\left(\frac{cpx\mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,83x0,921}{0,1}\right)^{0,33} = 1,9567$$

$$ho = jH \times \left(\frac{k}{De}\right)x\left(\frac{cpx\mu}{k}\right)^{0,33}$$

$$= 18 \times \left(\frac{0,1}{0,103}\right)x1,9567$$

Pada ta = 104°F

μ = 0,7257 lbm/ft.hr

k = 0,364 btu/h.ft. °F

cp = 0,5 btu/lbm. °F

Dt = 0,92/12 = 0,0767 ft

Nret = DtxG/μ

= 0,0767x27706,7779/0,7257

= 2928,3586

jH = 30 [17]

$$\left(\frac{cpx\mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,5x0,7257}{0,364}\right)^{0,33} = 0,9989$$

$$hi = jHx\left(\frac{k}{Dt}\right)x\left(\frac{cpx\mu}{k}\right)^{0,33}$$

$$= 30x\ \frac{0,364}{0,0767}\ x0,9989$$

$= 34,1948 Btu/hr.ft^2.°F$

$=142,2163 Btu/hr.ft^2.°F$

hio = hi x ID/OD

$=142,2163x (0,92/1,25)$

$=104,6712 Btu/hr.ft^2.°F$

$$Uc = \frac{hoxhio}{ho+hio} = \frac{34,1948*104,6712}{34,1948+104,6712} = 63,2298 \ Btu/hr.ft^2.°F$$

$$Rd = \frac{Uc-Ud}{UcxUd} = \frac{63,2298-50,53}{63,2298x50,53} = 3,9749e-3 \ hr.ft^2.°F/Btu$$

Pressure Drop

Nres = 1509,7993

$f = 0,0028 ft^2/in^2$

Ds = 10/12 = 0,833 in

Des = 0,103 ft

s = 0,974

N+1 = 12 x L/B = 12 x 0,7125/1

= 8,55

$$\Delta Ps = \frac{fxGs^2xDsx(N+1)}{5,22e10xDexs}$$

$$= \frac{0,0028x13500,2446^2x0,833x8,55}{5,22e10x0,103x0,974}$$

= 6,9404e-4psi

Nret = 2928,3586

$f = 0,00033 ft^2/in^2$

s = 1

$$\Delta Pt = \frac{fxGt^2xLxn}{5,22e10xDxs}$$

$$= \frac{0,00033x27706,7779^2x0,7125x4}{5,22e10x0,0767x1}$$

= 1,8033e-4 psi

$$\Delta P\tau = \left(\frac{4n}{s}\right)x\left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

$$= \left(\frac{4x4}{1}\right)x\left(\frac{0,1242^2}{2x32,2}\right)$$

$\Delta P\tau = 3,83e-3$ psi

$\Delta P_T = \Delta P\tau + \Delta Pt = 4,0128e-3$ psi

Spesifikasi alat:

Nama alat	: Kondensor
Diameter dalam shell (ID)	: 10 in.
Buffle spacing	: 10 in
Diameter luar tube (OD)	: 1 in, 8 BWG
Panjang tube	: 3,2808 ft
Pitch	: 11/4 in triangular pitch
Jumlah tube	: 24 buah

Passes : 4

Bahan : Stainless steel

Jumlah : 1 buah

21. Reboiler (E-422)

Fungsi : Menguapkan sebagian cairan hasil bawah menara destilasi, sebagian cairan hasil bawah lainnya dialirkan ke tangki bottom produk

Tipe : Kettle reboiler

Dari neraca panas diperoleh :

Baban panas reboiler = 1.183.566,39 kJ

Kebutuhan pemanas (120°C) = 610,92 kg

Fluida panas: steam masuk pada : Tin = 120 °C = 248 °F

Tout = 212°F

Fluida dingin: Tin =177,8°F

Tout = 212 °F

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff
248	High Temp	212	36
212	Low Temp	177,8	34,2
36	Diff	34,2	63

$\Delta T_1 = T_2 - t_1 = 212\,^{\circ}F - 177{,}8\,^{\circ}F = 34{,}2\,^{\circ}F$

$\Delta T_2 = T_1 - t_2 = 248\,^{\circ}F - 212\,^{\circ}F = 36\,^{\circ}F$

$$\Delta t = \frac{(T1 - t2) - (T2 - t1)}{\ln\left(\frac{T1 - t2}{T2 - t1}\right)} = \frac{36 - 34{,}2}{\ln\left(\frac{36}{34{,}2}\right)} = 35{,}09^{\circ}F$$

Trial Ud = 100 Btu/h.ft. °F

Pipa yang digunakan:

- Panjang pipa (L) = 10 ft
- OD = 1 in
- BWG = 8
- ID = 0,670

Dari tabel 10 pada Kern didapatkan harga a"t = 0,262 ft^2

$$A = \frac{Q}{Udx\Delta T_{LMTD}} = \frac{1183566,39}{130x111,14} = 45,45 ft^2$$

$$\text{Jumlah tube (Nt)} = \frac{A}{Lxa"t} = \frac{45,45}{10X0,262} = 17,35 \approx 17$$

Asumsi tube dengan 1 passes. Maka dari tabel 9 pada Kern mendapatkan heater dengan spesifikasi:

Heat Exchanger tipe:

Diameter dalam shell (ID) : 12 in

Buffle spacing : 12 in

Diameter luar tube (OD) : 1,25 in, 8 BWG

Panjang tube : 10 ft

Jumlah tube : 27

Pitch : 17/8-in square pitch

Passes : 1

Check harga A dan Ud:

A = L x a"t x Nt = 10 x 0,262 x 18 = 47,16

$$Ud = \frac{Q}{Ax\Delta T_{LMTD}} = \frac{1183566,39}{47,16x187,87} = 125,3 Btu/hr.ft.°F$$ (Trial Ud dianggap benar)

Fluida panas: bagian tube

Tc = 213,53°F

Flow area (a't) = 0,665

$$\alpha t = \frac{Nt.\alpha't}{144.n} = \frac{18.0,665}{144*1} = 0,081 ft^2$$

$$Gt = \frac{W}{\alpha t} = \frac{208,8459}{0,081} = 2578,3444 lbm/hr.ft^2$$

V = Gt/3600 x ρ

= 2578,3444/3600 x (0,02912)

= 24,5950 fps

de = 0,92/12 = 0,077 ft [

$$Nre = \frac{D*Gt}{\mu} = \frac{0,077*2578,3444}{0,04} = 4963,32$$

Fluida dingin: bagian shell

Asumsi ho = 300

$$Tw = tc + \frac{hio}{hio + ho}(Tc - tc)$$

$$Tw = 97,7 + \frac{24,6712}{24,6712 + 300}(392 - 97,7)$$

Tw = 120 °F

Δtw = 120-97,7 = 22,3

Pada Tc = 392°F: μ = 0,054 lb/ft.hr Dari Fig 15.11 pada Kern

k = 0,0187 btu/cuft.hr → hv>300, maka tetap

Cp = 0,5 btu/lb. °F digunakan ho=hv=300

Dari fig 24 pada Kern diperoleh

jH = 100

$$hi = jH.\frac{k}{D}\left(\frac{Cp.\mu}{k}\right)^{1/3}$$

$$hi = 100.\frac{0,0187}{0,077}\left(\frac{0,5*0,054}{0,0187}\right)^{1/3} = 254,8304 Btu/hr.ft^2.°F$$

hio = hi (Di/Do) = 254,8304(0,67/1) = 170,7364 Btu/hr.ft^2.°F

$$Uc = \frac{hixhio}{hi+hio} = \frac{254,8304*170,7364}{254,8304+170,7364} = 204,338 \text{ Btu/hr.ft}^2.°F$$

$$Rd = \frac{Uc-Ud}{UcxUd} = \frac{204,338-125,3}{204,338x125,3} = 0,003 \text{ hr.ft}^2.°F/Btu$$

Pressure drop

Untuk Nre = 4963,32 diperoleh f = 0,00035 (Kern fig 26)

Sg = 0,8803

$$\Delta Pt = \frac{f*Gt^2*L*N}{5,22.10^{10}*D*sg}$$

$$\Delta Pt = \frac{0,00035*4963,32^2*10*1}{5,22.10^{10}*0,077*0,8803} = 2,4368e-5 psi$$

Spesifikasi alat:

Nama alat	: Reboiler
Diameter dalam shell (ID)	: 12 in
Baffle spacing	: 12 in
Diameter luar tube (OD)	: 1,25 in, 8 BWG
Panjang tube	: 10 ft
Jumlah tube	: 27
Pitch	: 17/8-in square pitch
Passes	: 1
Bahan konstruksi	: carbon stell
Jumlah	: 1 buah

22. Pompa 1 (J-312)

Fungsi : Memompa larutan dari tangki H-Alg menuju ke tangki pemekat.

Tipe : Pompa centrifugal

Dasar Pemilihan : Cocok untuk mengalirkan larutan dengan viskositas rendah

Waktu operasi = 40 menit/hari = 0,66 jam/hari

Massa masuk = 82.018 kg/hari = 69,04 lb/s

ρ = 984,03 kg/m^3 = 61,43 lbm/ft^3

μ air = 0,00054 lb/ft.s

Debit masuk = 1,12 ft^3/s

Dari timmerhauss hal 496 dan 888 didapat :

ID opt $= 3{,}9 \times Q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$

$= 3{,}9 \times (1{,}12\ ft^3/s)^{0.45} \times (66{,}43\ lbm/ft^3)^{0.13}$

= 7,08 in jika distandartkan nominal size pipe = 8 in schedule 80

ID = 7,625 in = 0,61 ft

OD = 8,625 in = 0,69 ft

Flow are per pipe (a")= 0,3171 ft^2

Kecepatan aliran

$v_1 = 0$;

$$v_2 = \frac{Q}{a''} = \frac{1{,}12\ \frac{ft^3}{s}}{0{,}3171\ ft^2} = 3{,}53\ ft/s$$

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

= 244.957,81> 2100 (turbulen)

Perhitungan Σ F

1. *Losses* karena Kontraksi (h_c)

$$K_c = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$$

Dimana :

A_1 = Luas penampang bak penampung air bersih

A_2 = Luas penampang pipa

Karena $A_1 >>> A_2$ maka $\left(\frac{A_2}{A_1}\right)$ diabaikan

$K_c = 0,55 \times (1-0) = 0,55$

Untuk aliran turbulen : $\alpha = 1$

$$h_c = K_c \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times g_c}\right) = 0,55 \times \left(\frac{3,53^2}{2 \times 1 \times 32,174}\right) = 0,68 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

2. *Losses* karena Friksi pada Pipa Lurus (F_t)

Digunakan pipa *commersial steel* → $\varepsilon = 0,00015$ ft

(Peters & Timmerhaus, 1991, fig.14-1)

sehingga, $\varepsilon/D = 0,00015/0,61 = 0,00024$

Dari fig.14-1 Peters and Timmerhaus 1991, untuk $N_{Re} = 244.957,81$ dan $\varepsilon/D = 0,00024$ didapat harga : *Fanning friction factor* (f) = 0,004

Diasumsikan : Panjang pipa lurus (ΔL) = 3 m = 9,6 ft

$$F_t = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g_c}$$

$$= 4 \times 0,004 \times \frac{9,6}{0,61} \times \frac{3,53^2}{2 \times 32,174} = 0,04 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

3. *Losses* pada *Fitting* dan *Valve* (h_f)

Digunakan : 4 buah *elbow* 90° dan 2 buah *gate valve*

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis 1997, didapatkan harga :

$K_f = 4(0,75) + 2(0,17) = 3,34$

$$h_f = K_f \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times g_c}\right) = 3,34 \times \left(\frac{3,53^2}{2 \times 1 \times 32,174}\right) = 0,64 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

Jadi, $\Sigma F = h_c + F_t + h_f = 1,36 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$

$\Delta z = 2$ m = 6,4 ft (tinggi liquid pada tangki pemekat – tinggi liquid pada tangki H-Alg)

$\Delta P = 0$

$\Delta v^2 = v_2^2 - v_1^2 = 3,53^2 - 0^2 = 12,46 \text{ ft}^2/\text{s}^2$

Dimana v_1 = laju pengurangan air dalam tangki [ft/s] = $\frac{Q}{A_{bak}}$

Oleh karena $A_{bak} >>$, maka diasumsi $v_1 \approx 0$

v_2 = laju aliran air pada pada pipa [ft/s] = $\frac{Q}{A_{pipa}}$

$$\frac{1}{gc.2.\alpha}(\Delta v^2) + \frac{g}{gc}(\Delta Z) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F = -Ws$$

$$-Ws = \frac{12,46 ft^2/s^2}{32,174 lb_m.ft/lb_f.s^2 \times 2 \times 1} + \frac{32,174 ft/s^2}{32,174 lb_m.ft/lb_f.s^2} \times 6,4 ft + 0 +$$

$$1,36 ft.lb_f/lb_m$$

$Ws = -7,95\ ft.lb_f/lb_m$

Dari fig.14-37 Peters and Timmerhaus 1991, untuk laju volumetrik air = 8,37 gpm didapatkan harga : Efisiensi pompa (η) = 40%

$$\text{Brake Hp} = \frac{-W_s \times m}{\eta \times 550}$$ (Geankoplis, 1997, pers.3.3-2)

$$= \frac{7,95 ft.lb_f/lb_m \times \left(1,12\ ft^3/s \times 62,16\ lb/ft^3\right)}{0,40 \times 550}$$

$= 0,36$ Hp

Dari fig.14-37 Peters and Timmerhaus 1991, untuk BHP = 0,36 Hp didapat harga efisiensi motor = 80%

$$Wp = \frac{0,36}{0,8} = 0,45 \text{ Hp} = 0,5 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa I :

Rate volumetrik	: 1,12 ft^3/s
Ukuran pipa	: 8 in sch 80
OD	: 8,625 in
ID	: 7,625 in
Efisiensi pompa	: 40%
Efisiensi motor	: 80%
Power motor	: 0,5 Hp
Jumlah	: 2 unit

23. Pompa II (J-321)

Fungsi : Memompa larutan dari tangki pemekat menuju ke tangki sodium alginat.

Tipe : Pompa centrifugal

Dasar Pemilihan : Cocok untuk mengalirkan larutan dengan viskositas rendah

Waktu operasi = 40 menit/hari = 0,66 jam/hari

Massa masuk = 21.636,49 kg/hari = 20,23 lb/s

Dengan menggunakan perhitungan yang sama dengan perhitungan pompa I maka didapat :

Spesifikasi Pompa II :

Rate volumetrik : 0,32 ft^3/s

Ukuran pipa : 3 in sch 40

OD : 3,5 in

ID : 3,068 in

Efisiensi pompa : 30%

Efisiensi motor : 80%

Power motor : 0,25 Hp

Jumlah : 2 unit

24. Pompa III (J-332)

Fungsi : Memompa etanol menuju ke tangki sodium alginat.

Tipe : Pompa centrifugal

Dasar Pemilihan : Cocok untuk mengalirkan larutan dengan viskositas rendah

Waktu operasi = 40 menit/hari = 0,66 jam/hari

Massa masuk = 36.827,15 kg/hari = 34,44 lb/s

Dengan menggunakan perhitungan yang sama dengan perhitungan pompa I maka didapat :

Spesifikasi Pompa II :

Rate volumetrik : 0,69 ft^3/s

Ukuran pipa : 6 in sch 40

OD : 6,062 in

ID : 6,625 in

Efisiensi pompa : 40%

Efisiensi motor : 80%

Power motor : 0,5 Hp

Jumlah : 2 unit

25. Pompa IV (J-411)

Fungsi : Memompa *slurry* sodium alginat menuju ke *filter press*.

Tipe : Pompa centrifugal

Dasar Pemilihan : Cocok untuk mengalirkan larutan dengan viskositas rendah

Waktu operasi = 40 menit/hari = 0,66 jam/hari

Massa masuk = 62.174,69 kg/hari = 26,16 lb/s

Dengan menggunakan perhitungan yang sama dengan perhitungan pompa I maka didapat :

Spesifikasi Pompa II :

Rate volumetrik : 0,69 ft^3/s

Ukuran pipa : 6 in sch 40

OD : 6,062 in

ID : 6,625 in

Efisiensi pompa : 40%

Efisiensi motor : 80%

Power motor : 0,5 Hp

Jumlah : 2 unit

APPENDIX D

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

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.	*Plate and Frame Filter Press*	H-420	1	125.000.000	125.000.000	PT. Sumber Wilis Seraya Surabaya 031-8663608
2	*Shell and Tube Heat Exchanger*	E-431	1	52.573.000	52.573.000	
3.	*Rotary Cutter*	C-130	4	115.625.000	462.500.000	PT. Indoprima Gemilang Engineering Jl. Margomulyo Indah C-1 Surabaya 031-7491693
4.	*Rotary Dryer*	B-430	1	378.955.000	378.955.000	
5.	*Ball Mill*	C-440	1	95.500.000	95.500.000	
6.	Tangki Pencucian	F-110	2	65.500.000	131.000.000	PT. Meco Inox Prima Jl. Kalijaten 114 Sepanjang-61257 031-7881903
7.	Tangki Ekstraksi	F-210	2	119.785.000	239.570.000	
8.	Tangki Pengenceran NaOH	F-211	1	25.225.000	25.225.000	
9.	Tangki H-Alg	F-310	2	38.650.000	77.300.000	
10.	Tangki Pengenceran HCl	F-311	1	40.050.000	40.050.000	
11.	Tangki Sodium Alg	F-410	2	23.725.000	47.450.000	
12.	Tangki Etanol	F-411	1	22.565.000	22.565.000	
13.	Tangki Pemekat	F-320	2	38.650.000	77.300.000	
14.	Tangki Produk	F-450	1	25.225.000	25.225.000	
15.	Pompa I	L-311	2	10.000.000	20.000.000	Dutasarana Sumberjaya Jl. Kinibalu 79 Sby 031-5323079 PT. Lomax Jl. Perak Barat 97 Sby 031-3541138 031-3541189
16.	Pompa II	L-321	2	10.000.000	20.000.000	
17.	Pompa III	L-421	1	10.000.000	10.000.000	
18.	*Bucket Elevator*	J-442	1	33.500.000	33.500.000	
19.	*Belt Conveyor*	J-111	2	25.000.000	50.000.000	
20.	*Screen* I	H-120	2	20.000.000	40.000.000	
21.	*Screen* II	H-220	2	20.000.000	40.000.000	
22.	*Screen* III	H-411	1	50.000.000	50.000.000	
23.	Kondensor	E-511	1	58.500.000	58.500.000	Samson Djawa Perkasa Pertokoan Gateway D-27 Waru 031-8554593
24.	Reboiler	E-512	1	58.500.000	58.500.000	
25.	Menara Destilasi	D-510	1	564.395.000	564.395.000	
Total					**2.745.108.000**	

Total harga peralatan proses = Rp. 2.745.108.000,00

Tabel D.2. 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 Tangki Penampung Air *Boiler*	J-821	1	7.500.000	7.500.000	
6.	Pompa Air *Boiler*	J-831	1	7.500.000	7.500.000	
7.	Pompa Bahan Bakar	L-851	1	7.500.000	7.500.000	
8.	*Boiler*	E-832	1	150.000.000	150.000.000	Samson Djawa Perkasa Pertokoan Gateway D-27 Waru 031-8554593
9.	Tangki Penampung Air *Boiler*	TT-830	1	10.500.000	10.500.000	PT. Meco Inox Prima Jl. Kalijaten 114 Sepanjang-61257 031-7881903
10.	Tangki Penampung Bahan Bakar	TT-850	1	10.500.000	10.500.000	
11.	Tangki Demineralisasi	H-820	1	15.000.000	15.000.000	
12.	Kolom Adsorpsi		1	15.000.000	15.000.000	
13.	Generator	-	1	64.000.000	64.000.000	Teknik Unggul Jl. Penghela 21 sby 031-5471681
Total					**309.000.000**	

Tabel D.3. Bak Penampungan Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	Jumlah	Luas (m^2)
1.	Bak Sand Filter		1	82,5
2.	Bak Penampung Air Bersih		1	261
3.	Bak Penampungan Air Pencuci		1	57,5
Total				401

Total harga bak penampungan= 401 m^2 × Rp. 300.000,00/m^2

= Rp. 120.300.000,00

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

= Rp. 309.000.000,00 + Rp. 120.300.000,00

= Rp. 442.800.000,00

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

= Rp. 2.745.108.000,00 + Rp. 442.800.000,00

= **Rp. 3.187.908.000,00**

D.2 Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan

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

Tabel D.4. 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

D.3.1. Bahan Baku

1. Rumput laut = Rp. 5.000,00/kg (termasuk biaya pengiriman)
   Kebutuhan = 28.280 kg/hari = 8.484.000 kg/tahun
   Total harga rumput laut per tahun
   = 8.484.000 kg/tahun × Rp. 5.000,00/kg
   = **Rp. 42.420.000.000,00**
2. Larutan NaOH 40% = Rp. 6.000,00/kg
   Kebutuhan = 4.127,82 kg/hari = 1.238.346 kg/tahun
   Total harga larutan NaOH 40% per tahun
   = 1.238.346 kg/tahun × Rp. 6.000,00/kg
   = **Rp. 7.430.076.000,00**
3. Larutan HCl 37% = Rp. 7.000,00/kg
   Kebutuhan = 3.778,94 kg/hari = 1.133.682 kg/tahun
   Total harga larutan HCl 37% per tahun
   = 1.133.682 kg/tahun × Rp. 7.000,00/kg
   = **Rp. 7.935.774.000,00**
4. Etanol 95% = Rp. 9.000,00/kg
   Kebutuhan = 36.827,15 kg + 299 × 2.566,15 kg
   = 804.106 kg/tahun

Total harga etanol 95% per tahun

= 806.106 kg/tahun × Rp. 9.000,00/kg

= **Rp. 7.236.954.000,00**

Total biaya bahan baku per tahun

= Rp. 42.420.000.000,00 + Rp. 7.430.076.000,00 + Rp. 7.935.774.000,00 + Rp. 7.236.954.000,00

= **Rp. 65.022.804.000,00**

D.3.2. Harga Jual Produk

Produk yang dihasilkan dari Pabrik sodium alginat ini ada dua, yakni produk utama berupa sodium alginat dan produk samping berupa ampas rumput laut. Berikut ini ditabelkan hasil produk per tahun beserta harga jualnya.

Tabel D.5. Harga Jual Produk

Produk	Hasil	Harga per Satuan (Rp.)	Harga Total (Rp.)
Sodium Alginat	7.614,85 kg	40.000/kg	304.594.000
Ampas	42.935,69 kg	750/kg	32.201.768
Total			336.795.768

Harga jual produk = Rp. 336.795.768,00/hari

Harga jual produk pertahun = 300 hari × Rp. 336.795.768,00/hari

= **Rp. 101.038.730.400,00**

D.4 Perhitungan Gaji Karyawan

Tabel D.6. 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 *Quality Control* 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 *Research and Development*	1	3.500.000	3.500.000
11	Kepala Bagian *Public Relation*	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	*Supervisor* Proses *	6	2.000.000	12.000.000
15	Pekerja Proses *	30	1.250.000	20.000.000
16	Pekerja Teknik dan Pemeliharaan *	9	1.500.000	13.500.000
17	Pekerja *Quality Control* dan Laboratorium	4	1.750.000	7.000.000
18	Pekerja *Research and Development*	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 *Public Relation*	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 *	12	750.000	9.000.000
25	Sopir	4	750.000	3.000.000
26	Kantin dan Koperasi	2	750.000	1.500.000
27	Pegawai Kesehatan	1	750.000	750.000
Total		102		155.150.000

* karyawan shift

Jadwal kerja karyawan shift :

- Shift I = pk 06.00-pk 14.00
- Shift II = pk 14.00-pk 22.00
- Shift III = pk 22.00-pk 06.00

Karyawan shift dibagi menjadi 3 regu, dengan hari kerja senin sampai sabtu. Jadwal kerja disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel D.7. Pembagian waktu Kerja Karyawan Shift

Hari / Regu	Mg I	Mg II	Mg III
I	M	P	S
II	S	M	P
III	P	S	M

Keterangan :

P = Pagi (shift I) S = Siang (shift II) M = Malam (shift III)

Total gaji karyawan = Rp. 153.650.000,00/bulan.

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

Gaji karyawan per tahun = 13 bulan × Rp. 155.150.000,00/bulan

= **Rp. 2.016.950.000,00**

D.5 Perhitungan Biaya Utilitas

D.5.1 Kebutuhan Air PDAB

Kebutuhan air = 238 m^3/hari

Harga air PDAM, Pandaan :

- 10-20 m^3 = Rp. 650,00
- 20-30 m^3 = Rp. 750,00
- 30-40 m^3 = Rp. 820,00
- >40 m^3 = Rp. 920,00

Biaya air total :

- 10 m^3 × Rp. 650,00 = Rp. 6.500,00
- 10 m^3 × Rp. 750,00 = Rp. 7.500,00
- 10 m^3 × Rp. 820,00 = Rp. 8.200,00
- 208 m^3 × Rp. 920,00 = Rp. 191.360,00

Biaya Air Total = Rp. 213.560,00/hari

Biaya air total per tahun = 300 hari × Rp. 213.560,00/hari

= Rp. 64.068.000,00

D.5.2 Kebutuhan Zeolite dan Regenerasinya

Kebutuhan zeolite = 8,61 kg/7 hari

Harga zeolite = Rp. 90.000,00/50 kg = Rp. 1.800,00/kg

Harga total zeolite = Rp. 15.498,00 × 52 = Rp. 805.896,00

Kebutuhan NaCl untuk regenerasi zeolite = 1,74 kg/7 hari

Harga NaCl = Rp. 1.500,00/kg

Harga total NaCl per tahun = Rp. 1.500,00 × 1,74 × 52 = Rp. 135.720,00

Harga total zeolite dan NaCl per tahun = Rp. 805.896,00 + Rp. 135.720,00

= Rp. 941.616,00

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 = Rp. 2.000.000,00/(144m^3).

Volume bahan isian = 7,53 m^3

Harga total bahan isian= Rp. 2.000.000,00/(144m^3) × 7,53 m^3

= Rp. 104.585,00

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

Harga total bahan isian per tahun = 20 × Rp. 104.585,00

= Rp. 2.091.700,00

D.5.4 Kebutuhan Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan bahan isian pada kolom adsorpsi dan digunakan untuk menyerap bau amis pada air limbah yang disebabkan oleh rumput laut sebelum air limbah dibuang ke sungai. Karbon aktif diperoleh dari PT. Lautan Luas.

Harga karbon aktif = Rp. 10.000,00/kg

Kebutuhan karbon aktif = 20 gr/Liter air

Kapasitas air = 4,5 m^3/hari

Total kebutuhan karbon aktif

= 20 gr/Liter air × 4,5 m^3/hari = 90.000 gr/hari = 90 kg/hari

Harga karbon aktif = 90 kg/hari × Rp. 10.000,00/kg

= Rp. 900.000,00

Karbon aktif diganti setiap 10 hari sekali, sehingga dalam 1 tahun dilakukan 30 kali pergantian karbon aktif.

Harga total karbon aktif per tahun

= Rp. 900.000,00 × 30

= Rp. 27.000.000,00

D.5.5 Kebutuhan Listrik

Total kebutuhan listrik = 90,76 kW

Beban listrik terpasang = 1,25 × 90,76 kW

= 113,45 kW

Biaya beban per bulan = Rp. 27.000,00/kW.bulan (Data dari PLN)

Biaya beban per tahun = Rp. 27.000,00/kW.bulan × 113,45 kW × 12

= Rp. 36.757.800,00

Biaya penggunaan listrik :

Pemakaian listrik = 90,76 kW

Waktu beban puncak = Rp 435,-/kWh (pk. 18.00–22.00)

Luar waktu beban puncak = Rp 161,-/kWh (pk. 22.00–18.00)

Dalam satu hari, pabrik beroperasi pada 4 jam waktu beban puncak, 20 jam luar waktu beban puncak dan 8 jam berhenti beroperasi pada luar waktu beban puncak.

Biaya pemakaian listrik *full operation* selama 300 hari :

= [(4 jam × 90,76 kW × Rp. 435,00/kWh × 300 hari/tahun) + (20 jam × 90,76 kW × Rp. 161,00/kWh × 300 hari/tahun)]

= Rp. 135.050.880,00

Biaya pemakaian listrik *off operation* selama 65 hari :

= (20 jam × 15 kW × Rp. 161,00/kWh × 65 hari/tahun) + (4 jam × 15 kW × Rp. 435,00/kWh × 65 hari/tahun)

= Rp. 4.836.000,00

Total biaya listrik per tahun :

= Rp. 36.757.800,00 + Rp. 135.050.880,00 + Rp. 4.836.000,00

= Rp. 176.644.680,00

D.5.5 Kebutuhan Bahan Bakar

Harga solar = Rp. 6.400,00/L (Jawa Pos, Maret 2006)

Kebutuhan solar = 5.133,4 L/tahun

Biaya kebutuhan solar per tahun :

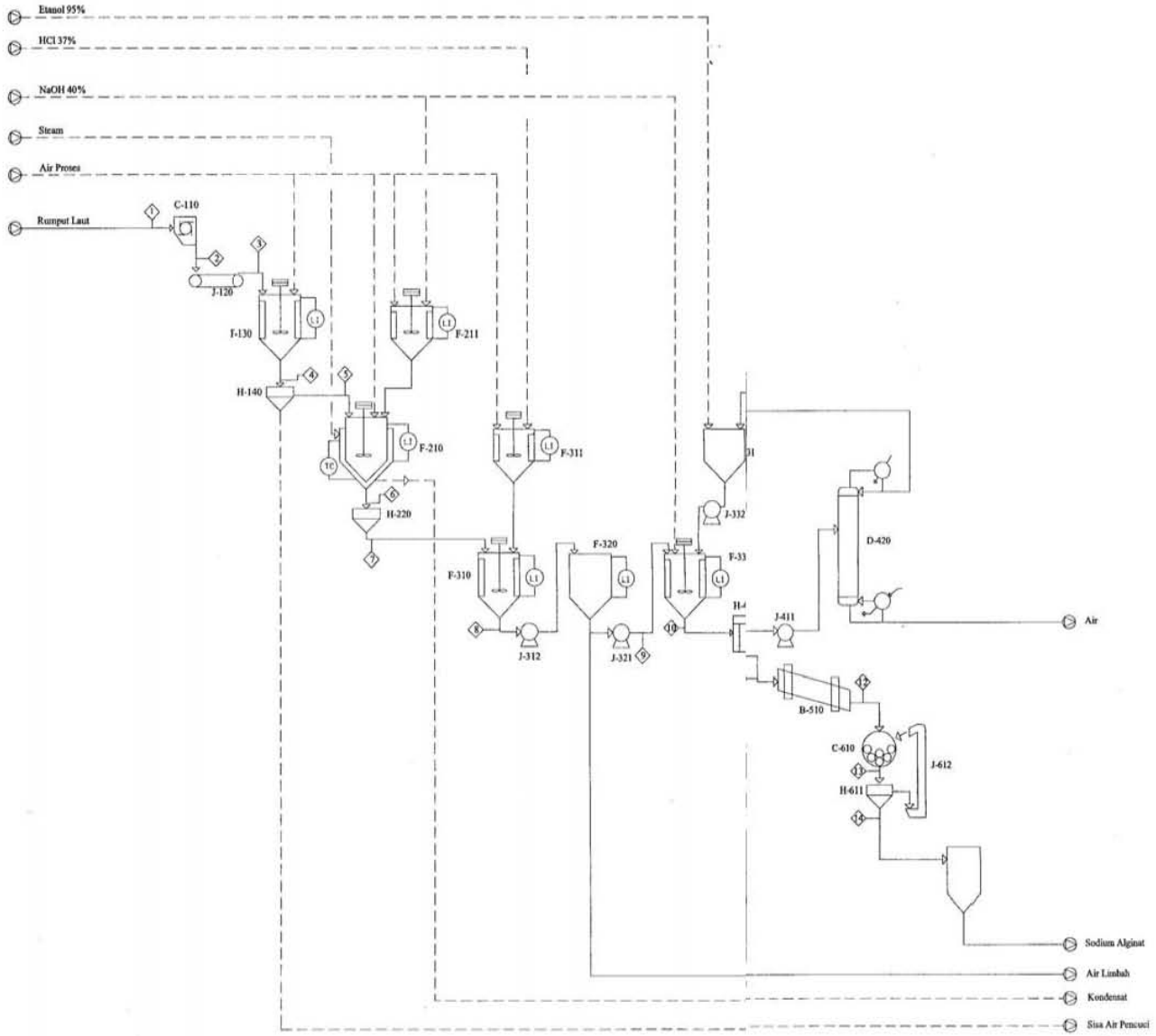
= 5.133,4 L/tahun × Rp. 6.400,00/L

= Rp. 32.853.760,00

Total biaya utilitas :

= Rp. 64.068.000,00 + Rp. 941.616,00 + Rp. 2.091.700,00 + Rp. 27.000.000,00 + Rp. 176.644.680,00 + Rp. 32.853.760,00

= **Rp. 303.599.756,00**



Kode	Nama Alat
C-110	Rotary Cutter
J-120	Belt Conveyor
F-130	Tangki Pencucian
H-140	Sreen
F-210	Tangki Ekstraksi
F-211	Tangki Pengenceran NaOH
H-220	Sreen
F-310	Tangki H-Alg
F-311	Tangki Pengenceran HCl
J-312	Pompa
F-320	Tangki Pemekat
J-321	Pompa
F-330	Tangki Sodium Alginat
F-331	Tangki Etanol
H-410	*Plate and Fame Filter Press*
J-411	Pompa
D-420	Desilasi
B-510	Rotary Dryer
C-610	Ball Mill
H-611	Sreen
J-612	Bucket Elevator

Nama Mahasiswa

1. Dwi Anto P N / 5203001053

Disetujui oleh :	Tanda Tangan
1. Ir.Yohanes Sudaryanto, MT	
2. Felycia, S.T, M.Phi	