APPENDIX A
PERHITUNGAN NERACA MASSA

APPENDIX A

PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas produksi : $2600\ {}^{ton}\!/_{tahun} = 8.666{,}67\ {}^{kg}\!/_{hari}$

$$= 8.666{,}67 \frac{kg}{hari} \times \frac{1\ hari}{3\ batch} = 2.888{,}89\ {}^{kg}\!/_{batch}$$

Asumsi : Dalam satu tahun terdapat 300 hari kerja

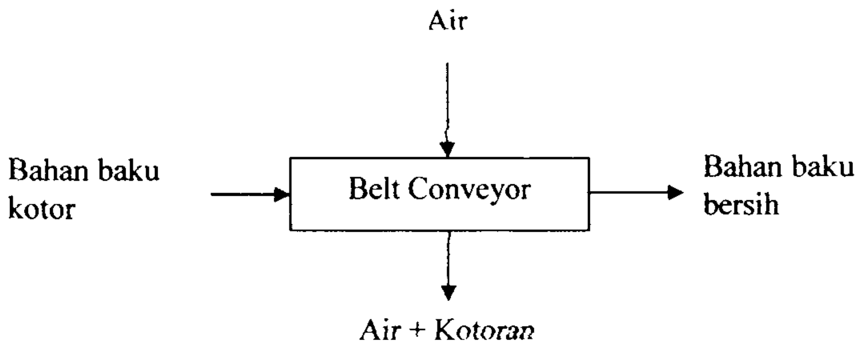
Proses : Batch

Tabel A.1. Komposisi bahan dalam pembuatan saos tomat

Komposisi bahan dalam pembuatan saus tomat	% Berat
Air	42,68
Tomat	42,68
Cabai merah	2,13
Garam	1,71
Gula pasir	6,40
Cuka	1,31
Tepung Maizena	1,49
Lada bubuk	0,43
Cengkih bubuk	0,04
Bawang putih bubuk	0,85
Kayu manis bubuk	0,04
Na - benzoat	0,02
MSG	0,11
Pewarna	0,11

Sumber : http: www.sedap-sekejap.com artikel 2002 edisi3 files teknol.htm

1. Belt Conveyor **I (J-110)**



Asumsi :

- Semua pengotor keluar bersama dengan air pencuci yang digunakan sebagai pencuci.
- Air yang terikut dalam buah tomat dan cabai merah = 0,01 % massa air pencuci masuk.

Data – data yang diperoleh Haryoto, 1998 :

1. Kandungan pengotor = 0,05 % massa buah tomat dan cabai merah kotor tanpa mesokorp.
2. Air pencuci yang digunakan = ± 10 kali massa tomat dan cabai merah kotor tanpa mesokorp.

Masuk :

Tomat $= \frac{42,68}{100} \times 2.888,89\ {}^{kg}/_{batch} = 1.232,98\ {}^{kg}/_{batch}$

Cabai merah $= \frac{2,13}{100} \times 2.888,89\ {}^{kg}/_{batch} = 61,53\ {}^{kg}/_{batch}$ +

$1.294,51\ {}^{kg}/_{batch}$

Kebutuhan air untuk mencuci $= 10 \times 1.294,51 = 12.945,10\ {}^{kg}/_{batch}$

Keluar :

Ke tangki perendaman :

1. Tomat dan cabai merah bersih = 99,95 % × 1.294,51 $^{kg}/_{batch}$

   = 1.293,86 $^{kg}/_{batch}$

2. Massa air yang terikut pada tomat dan cabai merah

   = 0,01 % × 12.945,10 $^{kg}/_{batch}$

   = 1,29 $^{kg}/_{batch}$

Ke bak penampung air pencuci :

1. Pengotor = 0,05 % × 1.294,51 $^{kg}/_{batch}$

   = 0,65 $^{kg}/_{batch}$

2. Sisa air pencuci = 12.945,10 $^{kg}/_{batch}$ - 1,29 $^{kg}/_{batch}$

   = 12.943,81 $^{kg}/_{batch}$

Sisa air pencuci akan dipakai kembali pada proses pencucian berikutnya (*recycle*) dan dilewatkan pada *sand filter* untuk pemisahan kotoran. Air yang hilang akibat tercecer dilantai dan melewati *sand filter* dapat diasumsi sebesar 10 % dari air yang di*recycle*. Sehingga diperlukan *make up water* sebesar:

- Sisa air pencuci = 12.943,81 $^{kg}/_{batch}$
- Air yang hilang dari *recycle* = 10 % × 12.943,81 $^{kg}/_{batch}$

  = 1.294,38 $^{kg}/_{batch}$

- Air yang dapat dipakai untuk proses pencucian

$= 12.943{,}81\ \text{kg}/_{\text{batch}} - 1.294{,}38\ \text{kg}/_{\text{batch}}$

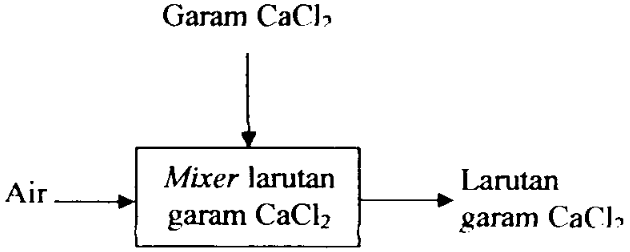
$= 11.649{,}43\ \text{kg}/_{\text{batch}}$

Jadi, *make up water* yang perlu ditambahkan pada tangki pencucian sebesar

$= 12.945{,}10\ \text{kg}/_{\text{batch}} - 11.649{,}43\ \text{kg}/_{\text{batch}} = 1.295{,}67\ \text{kg}/_{\text{batch}}$

Massa masuk, kg/batch	Massa keluar, kg/batch
Bahan baku kotor dari gudang tomat dan cabai merah* (F-111) :** - Tomat kotor : 1.232,98 - Cabai merah kotor : 61,53 ***Pada belt conveyor* (J-110) *ditambahkan : - Air : 12.945,10	***Bahan baku bersih menuju ke tangki perendaman* (F-113) :** - Tomat dan cabai merah bersih : 1.293,86 - Air yang terikut pada tomat dan cabai merah bersih : 1,29 ***Ke bak penampung air pencuci :*** - Pengotor : 0,65 - Sisa air pencuci : 12.943,81
Total = 14.239,61	Total = 14.239,61

2. ***Mixer*** **$CaCl_2$ (M-114)**



Dari www.sedap-sekejap.com didapatkan :

- Air yang digunakan untuk merendam bahan baku = 3 kali bahan bahan baku bersih masuk.

Bahan baku bersih yang akan masuk masuk ke tangki perendaman :

Tomat bersih $= 1.232{,}36\ ^{kg}/_{batch}$

Cabai merah bersih $= 61{,}50\ ^{kg}/_{batch}$ +

$1.293{,}86\ ^{kg}/_{batch}$

Kebutuhan air untuk merendam $= 3 \times 1.293{,}86 = 3.881{,}58\ ^{kg}/_{batch}$

$$V_{\text{air yang dibutuhkan}} = \frac{\text{massa air untuk merendam}}{\rho_{air}} = \frac{3.881{,}58\ ^{kg}/_{batch}}{0{,}9957\ ^{kg}/_{lt}} = 3.898{,}34\ ^{lt}/_{batch}$$

Larutan garam $CaCl_2$ yang digunakan untuk merendam bahan baku tomat dan cabai merah bersih berkonsentrasi :

$$10\ \text{ppm} = 10\ ^{mg}/_{lt}\quad \text{ppm} = \frac{w}{w_o} \Rightarrow w = \text{ppm} \times w_o$$

Dimana :

ppm = Konsentrasi larutan (part per million, $^{mg}/_{lt}$)

w = Berat bahan terlarut (mg)

w_o = Volume pelarut (lt)

maka :

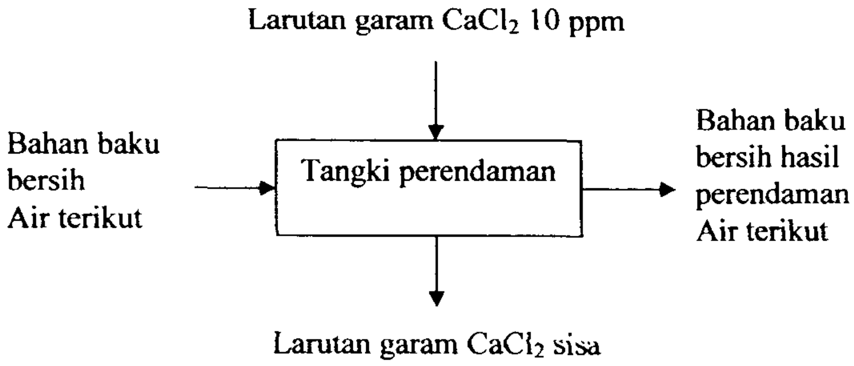
Berat garam $CaCl_2$ yang terlarut $= 10\ ^{mg}/_{lt} \times 3.898{,}34\ ^{lt}/_{batch}$

$= 38.983{,}40\ ^{mg}/_{batch}$

$= 0{,}04\ ^{kg}/_{batch}$

Massa masuk, $^{kg}/_{batch}$	Massa keluar, $^{kg}/_{batch}$
Garam $CaCl_2$ dari gudang : - Garam $CaCl_2$: 0,04 ***Di dalam tangki mixer larutan $CaCl_2$*** **(M-114)** ***ditambahkan*** : - Air : 3.881,58	***Larutan $CaCl_2$ menuju ke tangki perendaman*** **(F-113)** ***:*** - larutan garam : 3.881,62
Total = 3.881,62	Total = 3.881,62

3. Tangki Perendaman (F-113)



Asumsi :

- Air yang terikut dalam bahan baku bersih setelah perendaman = 0,01 % massa air perendaman masuk.

Masuk :

Bahan baku bersih masuk ke tangki perendaman :

Tomat bersih = 1.232,36 $^{kg}/_{batch}$

Cabai merah bersih = 61,50 $^{kg}/_{batch}$

1.293,86 $^{kg}/_{batch}$

Total air dalam tangki perendaman = larutan garam $CaCl_2$ + air terikut sewaktu pencucian

$$= (3.881,62 + 1.29)\ ^{kg}/_{batch}$$

$$= 3.882,91\ ^{kg}/_{batch}$$

Keluar :

Menuju ke tangki perebusan (*Cooker*) :

Dari hasil percobaan larutan garam $CaCl_2$ yang masuk dalam tomat dan cabai merah adalah 0,1 % dan 2,48 % dari berat bahan, sehingga berat larutan yang masuk dalam :

- Tomat bersih = 0,1 % × 1.232,36 = 1,23 $^{kg}/_{batch}$
- Cabe merah bersih = 2,48 % × 61,50 = 1,53 $^{kg}/_{batch}$

Sehingga berat bahan baku bersih setelah perendaman adalah :

- Tomat = 1.232,36 + 1,23 = 1.233,59 $^{kg}/_{batch}$
- Cabe merah = 61,50 + 1,53 = 63,03 $^{kg}/_{batch}$

Massa air rendaman yang terikut pada tomat dan cabai merah

$$= 0,01\ \% \times 3.885,49\ ^{kg}/_{batch} = 0,39\ ^{kg}/_{batch}$$

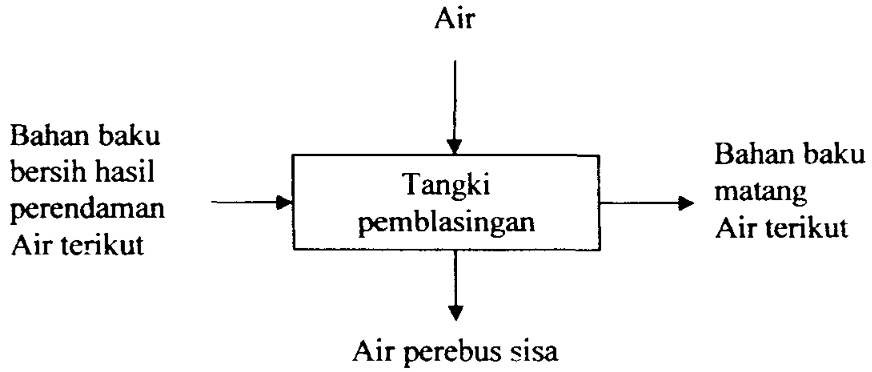
Ke Bak Penampungan Air Rendaman :

Sisa air rendaman = 3.882,91 $^{kg}/_{batch}$ - (0,39 + 1,23 + 1,53) $^{kg}/_{batch}$

$$= 3.879,76\ ^{kg}/_{batch}$$

Massa masuk, $\frac{kg}{batch}$	Massa keluar, $\frac{kg}{batch}$
Bahan baku bersih dari bucket elevator* (J-112)** : - Tomat bersih : 1.232,36 - Cabai merah bersih : 61,50 - Air yang terikut di permukaan bahan baku pada waktu pencucian : 1,29 ***Di dalam tangki perendaman* (F-113) *ditambahkan : - Larutan garam $CaCl_2$: 3.881,62	***Bahan baku hasil perendaman menuju ke cooker* (F-120):** - Tomat : 1.233,59 - Cabai merah : 63,03 - Larutan garam $CaCl_2$ yang terikut di permukaan bahan baku setelah keluar dari tangki perendaman : 0,39 ***Larutan garam $CaCl_2$ sisa yang menuju ke bak penampungan air rendaman*** : 3.879,76
Total = 5.176,77	Total = 5.176,77

4. Tangki Perebusan (*Cooker*) (F-120)



Asumsi :

- Air yang terikut dalam bahan baku matang setelah perebusan = 0,01 % massa air perebusan masuk.

Dari www.sedap-sekejap.com didapatkan :

- Air yang digunakan untuk merebus bahan baku = 3 kali bahan bahan baku hasil rendaman masuk.

<u>Masuk :</u>

Bahan baku hasil perendaman masuk ke tangki perebusan :

Tomat = 1.233,59 $^{kg}/_{batch}$

Cabai merah = 63,03 $^{kg}/_{batch}$ +

1.296,62 $^{kg}/_{batch}$

Kebutuhan air untuk merebus = 3 × 1.296,62 = 3.889,86 $^{kg}/_{batch}$

Total air = kebutuhan air untuk merebus + air yang terikut di permukaan bahan baku setelah keluar dari tangki perendaman

Total air = (3.889,86 + 0,39) $^{kg}/_{batch}$ = 3.890,25 $^{kg}/_{batch}$

<u>Keluar :</u>

<u>Ke tangki penampung I :</u>

Dari hasil percobaan air perebus yang masuk dalam tomat dan cabai merah adalah 2,02 % dan 24,79 %, sehingga air perebus yang masuk dalam :

- Tomat = 2,02 % × 1.233,59 = 24,92 $^{kg}/_{batch}$
- Cabai merah = 24,79 % × 63,03 = 15,63 $^{kg}/_{batch}$

Sehingga berat bahan baku bersih setelah perebusan adalah :

- Tomat matang = 1.233,59 + 24,92 = 1.258,51 $^{kg}/_{batch}$
- Cabe merah matang = 63,03 + 15,63 = 78,66 $^{kg}/_{batch}$

Massa air rebusan yang terikut pada tomat dan cabai merah

$$= 0{,}01\ \% \times 3.890{,}25\ \text{kg}/\text{batch} = 0{,}39\ \text{kg}/\text{batch}$$

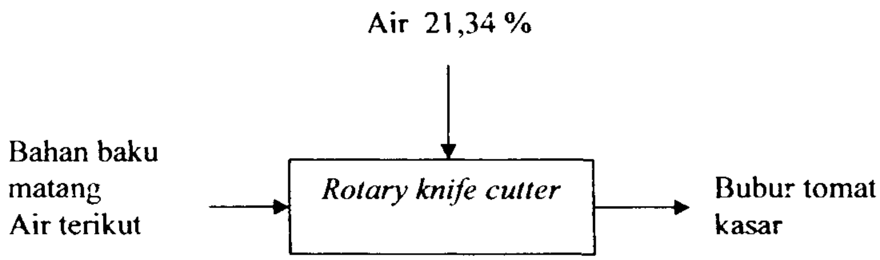
<u>Ke Bak Penampungan Air Rebusan</u> :

Sisa air perebus $= [3.890{,}25 - (24{,}92 + 15{,}63 + 0{,}39)]\ \text{kg}/\text{batch}$

$$= 3.849{,}31\ \text{kg}/\text{batch}$$

Massa masuk, kg/batch	Massa keluar, kg/batch
Bahan baku hasil rendaman dari bucket elevator II* (J-121) *:	***Bahan baku matang menuju ke tangki penampung I* (F-124)*:***
- Tomat : 1.233,59	- Tomat matang : 1.258,51
- Cabai merah : 63,03	- Cabai merah matang : 78,66
- Larutan garam $CaCl_2$ yang terikut di permukaan bahan baku setelah keluar dari tangki perendaman : 0,39	- Air perebus yang terikut di permukaan bahan baku setelah keluar dari tangki perebusan : 0,39
Di dalam cooker* (F-120) *ditambahkan :	***Menuju ke bak penampungan air rebusan :***
- Air : 3.889,86	- Air perebus sisa : 3.849,31
Total = 5.186,87	Total = 5.186,87

5. *Rotary Knife Cutter* (C-213)



Asumsi :

- Tidak ada bahan yang tertinggal dalam alat pemotong

Bahan baku matang masuk ke *rotary knife cutter* :

Tomat matang = 1.258,51 $^{kg}/_{batch}$

Cabai merah matang = 78,66 $^{kg}/_{batch}$ +

1.337,17 $^{kg}/_{batch}$

Komposisi dalam buah tomat, (Haryoto,1998) :

- H_2O = 94 % × 1.232,36 = 1.158,42 $^{kg}/_{batch}$
- Padatan (kulit, biji, padatan) = 6 % × 1.232,36 = 73,94 $^{kg}/_{batch}$

Komposisi dalam cabai merah, (Setiadi, 1990) :

- H_2O = 90,9 % × 61,50 = 55,90 $^{kg}/_{batch}$
- Padatan (kulit, biji, padatan) = 9,1 % × 61,50 = 5,60 $^{kg}/_{batch}$

Secara keseluruhan air yang terkandung didalam bubur saus kasar terdiri atas :

		Tomat	Cabai merah
1.	Air yang terkandung di dalam bahan	1.158,42	55,90
2.	Air yang masuk pada saat perendaman	1,23	1,53
3.	Air yang masuk pada saat perebusan	24,92	15,63
4.	Air yang terikut dipermukaan bahan baku setelah keluar dari tangki perebusan	0,39	
	Total =	1.258,02	

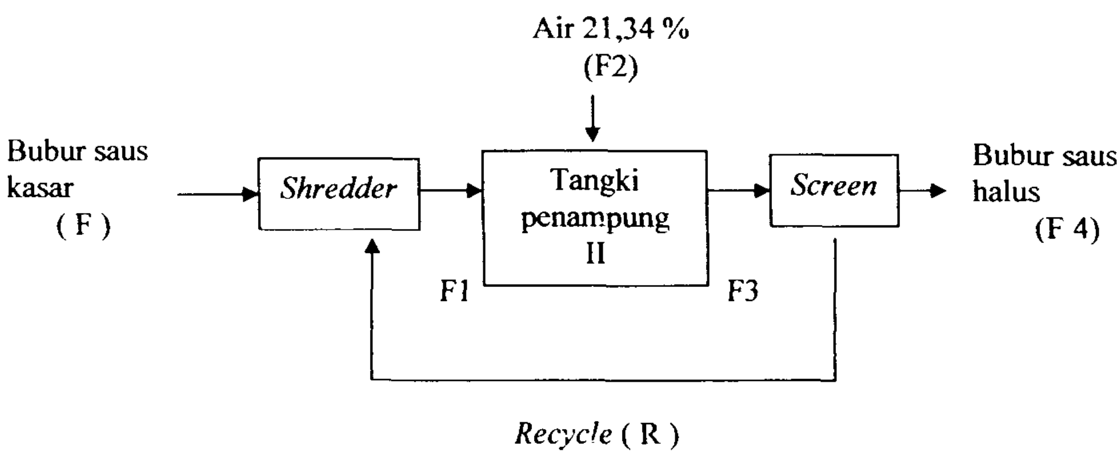
Air yang ditambahkan didalam rotary knife cutter = 21,34 % × 2.888,89 $^{kg}/_{batch}$

= 616,49 $^{kg}/_{batch}$

Sehingga total air yang terkandung didalam bubur saus kasar setelah keluar dari *rotary knife cutter* = 1.258,02 + 616,49 = 1.874,51 $^{kg}/_{batch}$

Massa masuk, $^{kg}/_{batch}$	Massa keluar, $^{kg}/_{batch}$
Bahan baku matang dari bucket elevator IV* (J-126)*:	***Bubur tomat kasar menuju ke shredder* (C-212) *:***
- Tomat matang : 1.258,51	- Padatan tomat : 73,94
- Cabai merah matang : 78,66	- Padatan Cabai merah : 5,60
- Air perebus yang terikut di permukaan bahan baku setelah keluar dari tangki perebusan : 0,39	- Total air yang terkandung didalam bubur saus kasar : 1.874,51
Didalam rotary knife cutter* (C-213) *ditambahkan :	
- Air : 616,49	
Total = 1.954,05	Total = 1.954,05

6. ***Shredder* (C-212)**



Air proses yang ditambahkan = 21,34 % × 2.888,89 = 616,49 $^{kg}/_{batch}$

Neraca massa di *screen* adalah :

$F_3 = F_4 + R$.....................(1)

$R = F_3 - F_4$......................(2)

Asumsi bubur tomat dan cabe merah yang tertahan adalah 20 %

Maka :

$F_4 = (1 - 0{,}2)\ F_3$

$F_4 = 0{,}8\ F_3$ ....(3)

Neraca massa total :

$F + F_2 = F_4$ ....(4)

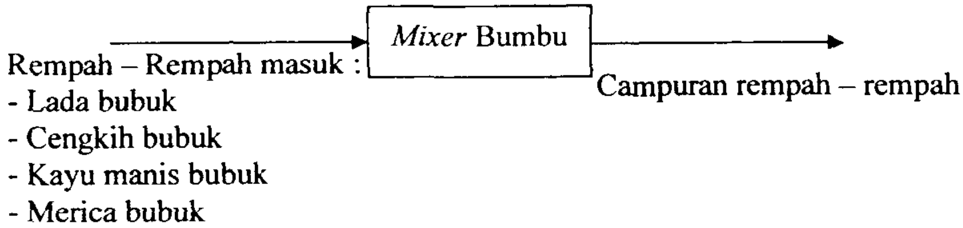
$$F_4 = 1.954{,}05\ {}^{kg}\!/_{batch} + 616{,}49\ {}^{kg}\!/_{batch} = 2.570{,}54\ {}^{kg}\!/_{batch}$$

$$F_3 = \frac{F_4}{0{,}8} = \frac{2.570{,}54\ {}^{kg}\!/_{batch}}{0{,}8} = 3.213{,}18\ {}^{kg}\!/_{batch}$$

$$R = F_3 - F_4 = 3.213{,}18 - 2.570{,}54 = 642{,}64\ {}^{kg}\!/_{batch}$$

Massa masuk, $^{kg}/_{batch}$	Massa keluar, $^{kg}/_{batch}$
Bubur tomat halus dari shredder* (C-212) *: - Padatan tomat : 73,94 - Padatan Cabai merah : 5,60 - Total air yang terkandung didalam bubur saus kasar : 1.874,51 ***Didalam tangki penampung II* (F-211) *ditambahkan :*** - Air : 616,49	***Bubur tomat halus menuju ke tangki penampung III* (F-215) *:*** - Padatan tomat : 73,94 - Padatan Cabai merah : 5,60 - Total air yang terkandung didalam bubur tomat halus : 2.491
Total = 2.570,54	Total = 2.570,54

7. ***Mixer* Bumbu (Rempah – rempah) (M-222)**



Rempah – rempah masuk terdiri dari :

Lada bubuk $= 0{,}43\ \% \times 2.888{,}89\ ^{kg}/_{batch} = 12{,}42\ ^{kg}/_{batch}$

Cengkeh bubuk $= 0{,}04\ \% \times 2.888{,}89\ ^{kg}/_{batch} = 1{,}16\ ^{kg}/_{batch}$

Bawang putih bubuk $= 0{,}85\ \% \times 2.888{,}89\ ^{kg}/_{batch} = 24{,}56\ ^{kg}/_{batch}$

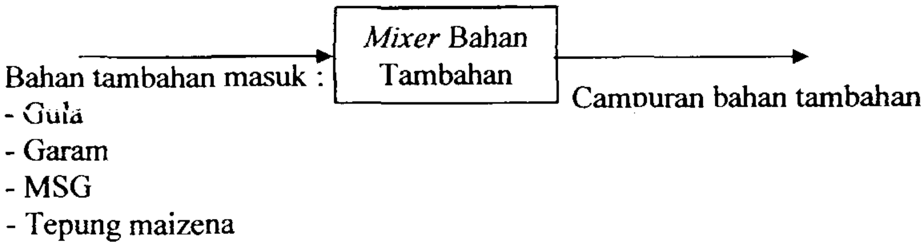
Kayu manis bubuk $= 0{,}04\ \% \times 2.888{,}89\ ^{kg}/_{batch} = 1{,}16\ ^{kg}/_{batch}$ +

$39{,}30\ ^{kg}/_{batch}$

Maka total campuran rempah – rempah yang keluar dari *mixer* rempah – rempah adalah $39{,}30\ ^{kg}/_{batch}$

Massa masuk, $^{kg}/_{batch}$	Massa keluar, $^{kg}/_{batch}$
***Rempah – rempah dari gudang menuju mixer bumbu* (M-222) :** - Lada bubuk : 12,42 - Cengkeh bubuk : 1,16 - Bawang putih bubuk : 24,56 - Kayu manis bubuk : 1,16	***Campuran rempah – rempah menuju mixer I* (M-220) :** Rempah – rempah : 39,30
Total = 39,30	Total = 39,30

8. *Mixer* bahan tambahan I (M-223)



Bahan tambahan masuk terdiri dari :

Gula $= 6{,}40\ \% \times 2.888{,}89\ \text{kg}/\text{batch} = 184{,}89\ \text{kg}/\text{batch}$

Garam $= 1{,}71\ \% \times 2.888{,}89\ \text{kg}/\text{batch} = 49{,}40\ \text{kg}/\text{batch}$

MSG $= 0{,}11\ \% \times 2.888{,}89\ \text{kg}/\text{batch} = 3{,}18\ \text{kg}/\text{batch}$

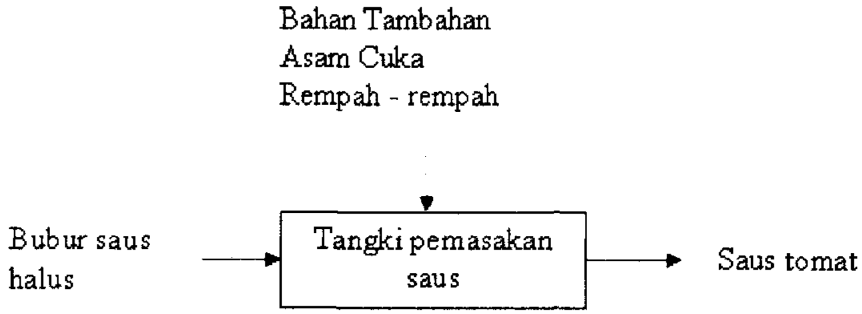
Tepung Maizena $= 1{,}49\ \% \times 2.888{,}89\ \text{kg}/\text{batch} = 43{,}04\ \text{kg}/\text{batch}$ +

$280{,}51\ \text{kg}/\text{batch}$

Maka total campuran bahan tambahan yang keluar dari *mixer* bahan tambahan adalah $280{,}51\ \text{kg}/\text{batch}$

Massa masuk, kg/batch	Massa keluar, kg/batch
Bahan tambahan dari gudang menuju mixer bahan tambahan I* (M-223) *: - Gula : 184,89 - Garam : 49,40 - MSG : 3,18 - Tepung Maizena : 43,04	***Campuran bahan tambahan menuju mixer I* (M-220) *:*** Bahan tambahan : 280,51
Total = 280,51	Total = 280,51

9. *Mixer* I (M-220)



Masuk :

Dari tangki penampung III :

- Padatan tomat = 73,94 $^{kg}/_{batch}$
- Padatan Cabai merah = 5,60 $^{kg}/_{batch}$
- Total air yang terkandung didalam bubur tomat halus = 2.491 $^{kg}/_{batch}$

Pada *mixer* I ditambahkan :

- Rempah – rempah = 39,30 $^{kg}/_{batch}$
- Bahan tambahan = 280,51 $^{kg}/_{batch}$
- Asam cuka = 1,31 % × 2.888,89 $^{kg}/_{batch}$ = 37,84 $^{kg}/_{batch}$

Digunakan asam cuka berkadar 25 % yang terdiri atas :

- Asam cuka murni = 25 % × 37,84 $^{kg}/_{batch}$ = 9,46 $^{kg}/_{batch}$
- Air = 75 % × 37,84 $^{kg}/_{batch}$ = 28,38 $^{kg}/_{batch}$ +

37,84 $^{kg}/_{batch}$

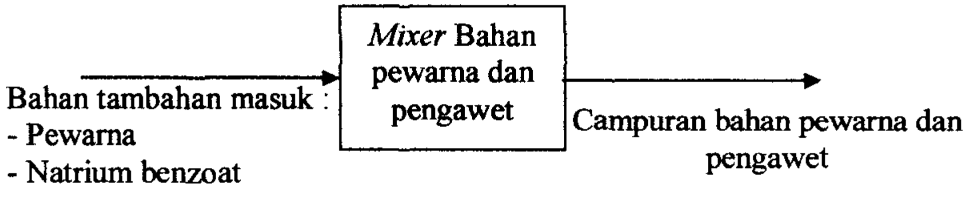
Keluar :

- Padatan tomat : 73,94 $^{kg}/_{batch}$
- Padatan Cabai merah : 5,60 $^{kg}/_{batch}$

- Total air dalam saus : 2.491 + 28,38 = 2.519,38 kg/batch
- Rempah – rempah : 39,30 kg/batch
- Bahan tambahan : 280,51 kg/batch
- Asam cuka murni : 9,46 kg/batch

Massa masuk, kg/batch	Massa keluar, kg/batch
Bubur tomat halus dari tangki penampung II (F-215) :	***Saus tomat menuju ke mixer II (M-310) :***
- Padatan tomat : 73,94	- Padatan tomat : 73,94
- Padatan Cabai merah : 5,60	- Padatan Cabai merah : 5,60
- Total air dalam bubur tomat : 2.491	- Total air dalam saus : 2.519,38
	- Rempah – rempah : 39,30
	- Bahan tambahan : 280,51
Didalam mixer I (M-220) ditambahkan :	- Asam cuka murni : 9,46
- Rempah – rempah : 39,30	
- Bahan tambahan : 280,51	
- Asam cuka : 37,84	
Total = 2.928,19	Total = 2.928,19

10. *Mixer* Bahan Tambahan II (M-312)



Bahan pewarna dan pengawet masuk terdiri dari :

Zat pewarna = 0,11 % × 2.888,89 kg/batch = 3,18 kg/batch

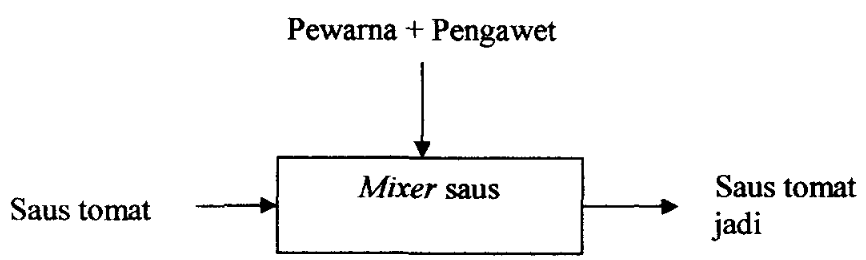
Natrium benzoate = 0,02 % × 2.888,89 kg/batch = 0,58 kg/batch +

3,76 kg/batch

Maka total campuran bahan pewarna dan pengawet yang keluar dari *mixer* bahan pewarna dan pengawet adalah 3,76 kg/batch

Massa masuk, kg/batch	Massa keluar, kg/batch
Bahan tambahan dari gudang menuju mixer bahan tambahan II (M-312) :	***Campuran bahan pewarna dan pengawet menuju mixer II (M-310) :***
- Zat pewarna : 3,18	Bahan pewarna dan pengawet : 3,76
- Natrium benzoate : 0,58	
Total = 3,76	Total = 3,76

11. ***Mixer*** **II (M-310)**



<u>Masuk :</u>

<u>Dari tangki penampung saus :</u>

- Padatan tomat = 73,94 kg/batch
- Padatan Cabai merah = 5,60 kg/batch
- Total air dalam saus = 2.519,38 kg/batch
- Rempah – rempah = 39,30 kg/batch
- Bahan tambahan = 280,51 kg/batch
- Asam cuka murni = 9,46 kg/batch

<u>Pada *mixer* II ditambahkan :</u>

Bahan pewarna dan pengawet : 3,76 kg/batch

Keluar :

Ke tangki penampung IV :

Saus tomat : 2.931,95

Massa masuk, kg/batch	Massa keluar, kg/batch
Saus tomat dari mixer I (M-220) :	***Saus tomat menuju ke tangki penampung saus (F-314) :***
- Padatan tomat : 73,94	- Saus tomat : 2.931,95
- Padatan Cabai merah : 5,60	
- Total air dalam saus : 2.519,38	
- Rempah – rempah : 39,30	
- Bahan tambahan : 280,51	
- Asam cuka murni : 9,46	
Pada mixer II (M-310) ditambahkan :	
- Bahan pewarna dan pengawet : 3,76	
Total = 2.931,95	Total = 2.931,95

12. Tangki Penampung IV (F-314) :

Masuk :

Dari tangki *mixer* II :

- Padatan tomat = 73,94 kg/batch

- Padatan Cabai merah = 5,60 kg/batch

- Total air dalam saus = 2.519,38 kg/batch

- Rempah – rempah = 39,30 $kg/_{batch}$
- Bahan tambahan = 280,51 $kg/_{batch}$
- Asam cuka murni = 9,46 $kg/_{batch}$
- Bahan pewarna dan pengawet : 3,76 $kg/_{batch}$

Keluar :

Ke mesin pengemasan :

Saus tomat : 2.931,95 $kg/_{batch}$

Massa masuk, $kg/_{batch}$	Massa keluar, $kg/_{batch}$
Saus tomat dari mixer II (M-310) :	***Saus tomat menuju ke pegemasan :***
- Padatan tomat : 73,94	- Saus tomat : 2.931,95
- Padatan Cabai merah : 5,60	
- Total air dalam saus : 2.519,38	
- Rempah – rempah : 39,30	
- Bahan tambahan : 280,51	
- Asam cuka murni : 9,46	
- Bahan pewarna dan pengawet : 3,76	
Total = 2.931,95	Total = 2.931,95

APPENDIX B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

APPENDIX B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

Basis operasi : 1 batch

Satuan panas : kkal

Suhu reference (T_o) : 25 °C

Suhu operasi : 30 °C

Cp untuk masing – masing komponen adalah sebagai berikut :

1. Cp air pada suhu 30 °C = 0,9987 $\frac{kkal}{kg^\circ C}$, (Geankoplis, tabel A.2-5, p. 856)
2. Cp tomat = 3,98 $\frac{kJ}{kg^\circ C}$ = 0,9512 $\frac{kkal}{kg^\circ C}$, (Geankoplis, tabel A.4-1, p. 890)
3. Cp cabai merah = 3,919 $\frac{kJ}{kg^\circ C}$ = 0,9367 $\frac{kkal}{kg^\circ C}$, (Heldman, tabel 6, p. 226)
4. Cp lada bubuk = $1{,}239.10^{-3}$ $\frac{kJ}{kg^\circ C}$ = 0,0003 $\frac{kkal}{kg^\circ C}$, (Heldman, tabel 6, p. 226)
5. Cp bawang putih bubuk = $2{,}88.10^{-3}$ $\frac{kJ}{kg^\circ C}$ = 0,0007 $\frac{kkal}{kg^\circ C}$, (Heldman, tabel 6, p. 226)
6. Cp cengkih bubuk = (10 × 1,8) + (13 × 2,3) + (2 × 4)

   Eugenol ($C_{10}H_{12}OOH$) = 18 + 29,9 + 8

$= 55{,}9 \ \text{kal}/\text{mol}\ ^\circ\text{C}$

$= 0{,}34 \ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (Himmelblau, tabel 4.2, p. 384)

7. Cp kayu manis bubuk $= (9 \times 1{,}8) + (8 \times 2{,}3) + (1 \times 4{,}0)$

   Cinnamaldehyde (C_9H_8O)$= 16{,}2 + 18{,}4 + 4$

   $= 38{,}6 \ \text{kal}/\text{mol}\ ^\circ\text{C}$

   $= 0{,}29 \ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (Himmelblau, tabel 4.2, p. 384)

8. Cp tepung maizena $= 3{,}316.10^{-3} \ \text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$

   $= 0{,}0008 \ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (Heldman, tabel 6, p. 226)

9. Cp MSG $= (5 \times 1{,}8) + (8 \times 2{,}3) + (2 \times 6{,}2) + (4 \times 4)$

   ($C_5H_8NNaO_4$) $= 9 + 18{,}4 + 12{,}4 + 16$

   $= 55{,}8 \ \text{kal}/\text{mol}\ ^\circ\text{C}$

   $= 0{,}33 \ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (Himmelblau, tabel 4.2, p. 384)

10. Cp asam cuka $= \sum X_i \,.\, Cp_i$

    (CH_3COOH) $= (0{,}25 \times \text{Cp asam cuka}) + (0{,}75 \times \text{Cp air})$

    $= (0{,}25 \times 0{,}5210 \ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}) + (0{,}75 \times 0{,}9987 \ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C})$

    $= 0{,}8793 \ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (Geankoplis, tabel A-3-11, p. 875)

11. Cp garam (NaCl) $= (2 \times 6{,}2)$

    $= 12{,}4 \ \text{kal}/\text{mol}\ ^\circ\text{C}$

$= 0{,}21\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (Himmelblau, tabel 4.2, p. 384)

12. Cp gula pasir $= (12 \times 1{,}8) + (22 \times 2{,}3) + (11 \times 4)$

(Sukrosa/ $C_{12}H_{22}O_{11}$) $= 21{,}6 + 50{,}6 + 44$

$= 116{,}2\ \text{kal}/\text{mol}\ ^\circ\text{C}$

$= 0{,}34\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (Himmelblau, tabel 4.2, p. 384

13. Cp padatan tomat (asumsi : Cp biji = Cp kulit = Cp padatan dalam tomat)

Cp campuran $= \sum X_i \,.\, Cp_i$

Cp tomat $= (0{,}05 \times \text{Cp padatan}) + (0{,}95 \times \text{Cp tomat})$

$0{,}9512\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C} = (0{,}05 \times \text{Cp padatan}) + (0{,}95 \times 0{,}9987\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C})$

Cp padatan $= 0{,}0487\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$ (Geankoplis, table A-4-1 p 890)

14. Cp padatan cabai (asumsi : Cp biji = Cp kulit = Cp padatan dalam tomat)

Cp campuran $= \sum X_i \,.\, Cp_i$

Cp cabai merah $= (0{,}091 \times \text{Cp padatan}) + (0{,}909 \times \text{Cp tomat})$

$0{,}9367\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C} = (0{,}091 \times \text{Cp padatan}) + (0{,}909 \times 0{,}9987\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C})$

Cp padatan cabai merah $= 0{,}3174\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (Heldman, tabel 6, p. 226)

15. Cp zat pewarna (Allura red AC Spheroclean)

($C_{18}H_{14}N_2O_8S_2Na_2$) $= (18 \times 1{,}8) + (14 \times 2{,}3) + (8 \times 4) + (6 \times 6{,}2)$

$= 133{,}8\ \text{kal}/\text{mol}\ ^\circ\text{C}$

$= 0{,}27\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (http://www.rohadyechem.com)

16. Garam $CaCl_2$ $= (3 \times 6{,}2)$

$= 18{,}6\ \text{kal}/\text{mol}^\circ\text{C}$

$= 0{,}17\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (Himmelblau, tabel 4.2, p. 384)

17. Cp natrium benzoat $= (7 \times 1{,}8) + (5 \times 2{,}3) + (2 \times 4) + 6{,}2$

(C_6H_5COONa) $= 12{,}6 + 11{,}5 + 8 + 6{,}2$

$= 38{,}3\ \text{kal}/\text{mol}^\circ\text{C}$

$= 0{,}27\ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$, (Himmelblau, tabel 4.2, p. 384)

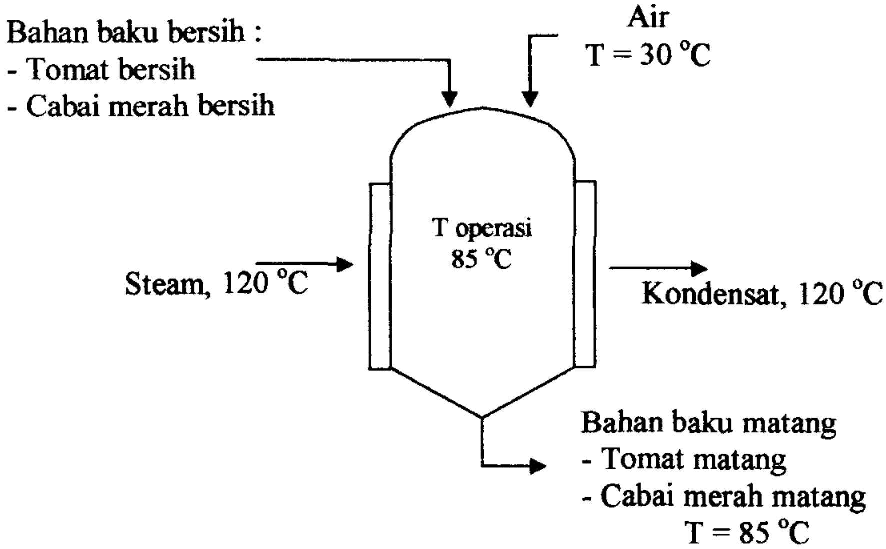
18. Cp saus tomat $= \sum X_i \cdot Cp_i$

Tabel B.1. Cp Saus tomat

Bahan pembuatan saus tomat	komposisi (X)	Cp bahan (Cpi)	X.Cpi
Air	0,4268	0,9987	0,42624516
Tomat	0,4268	0,9512	0,40597216
Cabai merah	0,0213	0,9367	0,01995171
Garam	0,0171	0,21	0,003591
Gula pasir	0,064	0,34	0,02176
Cuka	0,0131	0,8793	0,01151883
Tepung maizena	0,0149	0,0008	0,00001192
Lada bubuk	0,0043	0,0003	0,00000129
Cengkih bubuk	0,0004	0,34	0,000136
Bawang putih bubuk	0,0085	0,0007	0,00000595
Kayu manis bubuk	0,0004	0,29	0,000116
MSG	0,0011	0,33	0,000363
Natrium benzoat	0,0002	0,27	0,000054
Pewarna	0,0011	0,32	0,000352
Cp saus tomat		∑ X.Cpi	0,89007902

Jadi Cp dari saus tomat adalah 0,8901 $\text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C}$

1. Tangki Perebusan (*Cooker*) (F-120)



Massa masuk :

b. Tomat bersih : 1.233,59 $^{kg}/_{batch}$

c. Cabai merah bersih : 63,03 $^{kg}/_{batch}$

d. Larutan garam $CaCl_2$ yang terikut di permukaan bahan baku setelah keluar dari tangki perendaman : 0,39 $^{kg}/_{batch}$

e. Air : 3.889,86 $^{kg}/_{batch}$

Asumsi : $Q_{loss} = 5\,\% \times Q_{supply}$

Neraca panas total adalah

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$$\Sigma \Delta H_{bahan\ masuk} + Q_{supply} = \Sigma \Delta H_{bahan\ keluar} + Q_{loss}$$

Entalpi (ΔH) bahan masuk dihitung sebagai berikut :

$\Delta H_{tomat} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.233{,}59\ \text{kg}/_{\text{batch}} \times 0{,}9512\ \text{kkal}/_{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (30 - 25)\ ^\circ\text{C}$

$= 5.866{,}95\ \text{kkal}/_{\text{batch}}$

$\Delta H_{cabai} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 63{,}03\ \text{kg}/_{\text{batch}} \times 0{,}9367\ \text{kkal}/_{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (30 - 25)\ ^\circ\text{C}$

$= 295{,}20\ \text{kkal}/_{\text{batch}}$

$\Delta H_{CaCl_2} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 0{,}39\ \text{kg}/_{\text{batch}} \times 0{,}17\ \text{kkal}/_{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (30 - 25)\ ^\circ\text{C}$

$= 0{,}33\ \text{kkal}/_{\text{batch}}$

$\Delta H_{air} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 3.889{,}86\ \text{kg}/_{\text{batch}} \times 0{,}9987\ \text{kkal}/_{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (30 - 25)\ ^\circ\text{C}$

$= 19.424{,}02\ \text{kkal}/_{\text{batch}}$

$\Sigma\Delta H_{bahan\ masuk} = (5.866{,}95 + 295{,}20 + 0{,}33 + 19.424{,}02)\ \text{kkal}/_{\text{batch}}$

$= 25.586{,}50\ \text{kkal}/_{\text{batch}}$

Entalpi (ΔH) bahan keluar dihitung sebagai berikut :

$\Delta H_{tomat} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.233{,}59\ \text{kg}/_{\text{batch}} \times 0{,}9512\ \text{kkal}/_{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (85 - 25)\ ^\circ\text{C}$

$= 70.403,45\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{cabai} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 63,03\ ^{kg}/_{batch} \times 0,9367\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (85 - 25)\ ^\circ C$

$= 119,23\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{CaCl2} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 0,39\ ^{kg}/_{batch} \times 0,17\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (85 - 25)\ ^\circ C$

$= 3,98\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{air} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 3.889,86\ ^{kg}/_{batch} \times 0,9987\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (85 - 25)\ ^\circ C$

$= 233.088,19\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Sigma\Delta H_{bahan\ keluar} = (70.403,45 + 119,23 + 3,98 + 233.088,19)\ ^{kkal}/_{batch}$

$= 303.614,85\ ^{kkal}/_{batch}$

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$\Sigma\ \Delta H_{bahan\ masuk} + Q_{supply} = \Sigma\ \Delta H_{bahan\ keluar} + Q_{loss}$

$25.586,50\ ^{kkal}/_{batch} + Q_{supply} = 303.614,85\ ^{kkal}/_{batch} + 0,05\ Q_{supply}$

$0,95\ Q_{supply} = 278.028,35\ ^{kkal}/_{batch}$

$Q_{supply} = 292.661,42\ ^{kkal}/_{batch}$

$Q_{loss} = 0,05 \times 292.661,42\ ^{kkal}/_{batch} = 14.633,07\ ^{kkal}/_{batch}$

Steam yang digunakan bersuhu 120 °C, dari Geankoplis, App. A.2-9, didapat

harga : $H_V = 2.706{,}30\ ^{kJ}/_{kg}$

$H_L = 503{,}71\ ^{kJ}/_{kg}$

$\lambda_{steam} = H_V - H_L$

$= (2.706{,}30 - 503{,}71)\ ^{kJ}/_{kg} = 2.202{,}59\ ^{kJ}/_{kg} = 526{,}43\ ^{kkal}/_{kg}$

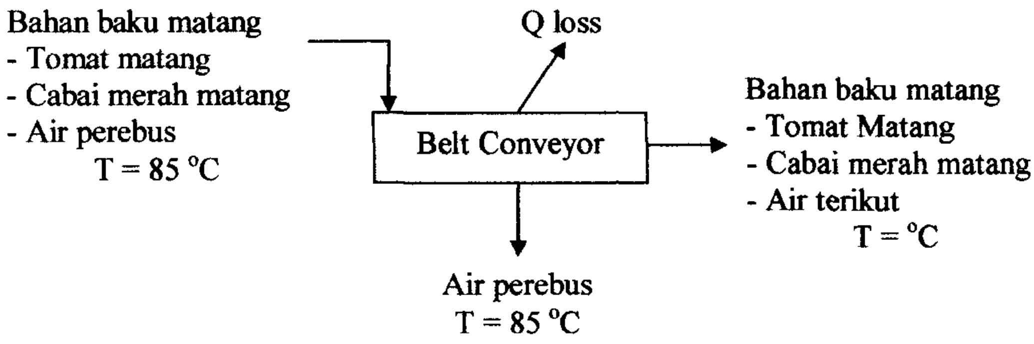
$Q_{suuply} = m_{steam} \times \lambda_{steam}$

$292.661{,}42\ ^{kkal}/_{batch} = m_I \times 526{,}43\ ^{kkal}/_{kg}$

$$m_{steam} = \frac{292.661{,}42\ ^{kkal}/_{batch}}{526{,}43\ ^{kkal}/_{kg}} = 555{,}94\ ^{kg}/_{batch}$$

Entalpi masuk, $^{kkal}/_{batch}$	Entalpi keluar, $^{kkal}/_{batch}$
Bahan baku hasil rendaman dari bucket elevator II (J-121) :	***Bahan baku matang menuju ke belt conveyor III (J-122):***
- Tomat : 5.866,95	- Tomat matang : 70.403,45
- Cabai merah : 295,20	- Cabai merah matang : 119,23
- Larutan garam $CaCl_2$ yang terikut di permukaan bahan baku : 0,33	- Larutan garam $CaCl_2$ yang terikut di permukaan bahan baku : 3,98
- Air : 19.424,02	- Air : 233.088,19
Q *supply* : 292.661,42	Q *loss* : 14.633,07
Total = 318.247,92	Total = 318.247,91

2. ***Belt Conveyor III* (J-122)**



Neraca panas total =

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$$\Sigma \Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \Sigma \Delta H_{\text{bahan keluar}} + \Sigma \Delta H_{\text{sisa air perebus}}$$

Panas masuk *belt conveyor* di hitung sebagai berikut :

$Q_{\text{masuk } belt\ conveyor} = Q_{\text{keluar tangki perebusan}}$

$= 303.614,85 \text{ kkal/batch}$

Panas keluar belt conveyor di hitung sebagai berikut :

Asumsi terjadi kehilangan panas, panas yang hilang ke lingkungan selama perjalanan di belt conveyor dan bucket elevator dari *cooker* menuju tangki penampung bahan matang sehingga T input ≠ T output

diasumsi Q *loss* karena hilang ke lingkungan = 15 % dari Q_{masuk}

$Q_{loss} = 0,15 \times 303.614,85 = 45.542,23 \text{ kkal/batch}$

$Q_{\text{keluar}} = Q_{\text{masuk}} - Q_{loss}$

$= (303.614,85 - 45.542,23) \text{ kkal/batch} = 258.072,62 \text{ kkal/batch}$

Entalpi (ΔH) bahan keluar dihitung sebagai berikut :

$\Delta H_{\text{tomat matang}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.258,51\ ^{kg}/_{batch} \times 0,9512\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 1.197,09\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$\Delta H_{\text{cabai matang}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 78,66\ ^{kg}/_{batch} \times 0,9367\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 73,68\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

Entalpi air perebus yang terikut di permukaan bahan baku masuk ke tangki penampung bahan matang di hitung sebagai berikut :

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

$= 0,39\ ^{kg}/_{batch} \times 0,9987\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 0,39\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

Entalpi sisa air perebus menuju ke bak penampung air rebusan di hitung sebagai berikut :

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

$= 3.849,31\ ^{kg}/_{batch} \times 0,9987\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 3.844,31\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$\Sigma\ \Delta H_{\text{keluar}} = (1.197,09 + 73,68 + 0,39 + 3.844,31)\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 5.115,47\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

Suhu output ditrial sampai entalpi masuk = entalpi keluar

$258.072,62\ ^{kkal}/_{batch} = 5.115,47\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

Dari hasil trial diperoleh T output = 75,44944502 °C ≈ 75,4494 °C

Jadi entalpi keluar *belt conveyor* adalah :

$\Delta H_{\text{tomat matang}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.258{,}51\ {}^{kg}/_{batch} \times 0{,}9512\ {}^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (75{,}4494 - 25)\ ^\circ C$

$= 60.392{,}71\ {}^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{cabai matang}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 78{,}66\ {}^{kg}/_{batch} \times 0{,}9367\ {}^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (75{,}4494 - 25)\ ^\circ C$

$= 3.717{,}15\ {}^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{air}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 0{,}39\ {}^{kg}/_{batch} \times 0{,}9987\ {}^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (75{,}4494 - 25)\ ^\circ C$

$= 19{,}65\ {}^{kkal}/_{batch}$

$\Sigma\ \Delta H_{\text{bahan keluar}} = (60.392{,}71 + 3.717{,}15 + 19{,}65)\ {}^{kkal}/_{batch}$

$= 64.129{,}51\ {}^{kkal}/_{batch}$

<u>Entalpi sisa air perebus menuju ke bak penampung air rebusan :</u>

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

$= 3.849{,}31\ {}^{kg}/_{batch} \times 0{,}9987\ {}^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (75{,}4494 - 25)\ ^\circ C$

$= 193.942{,}93\ {}^{kkal}/_{batch}$

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$\Sigma\ \Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \Sigma\ \Delta H_{\text{bahan keluar}} + \Sigma\ \Delta H_{\text{sisa air perebus}}$

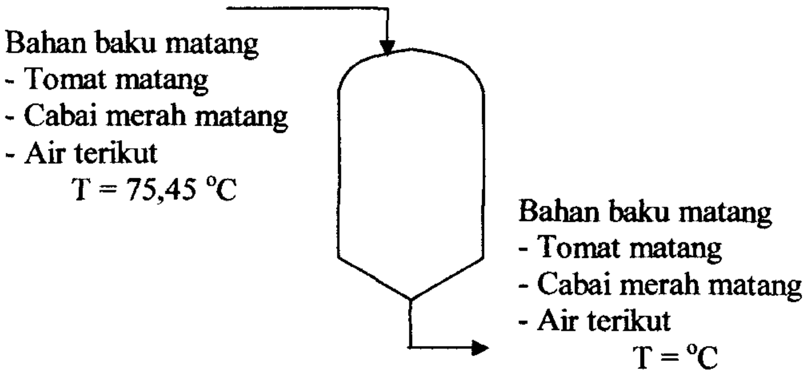
303.614,85 $kkal/_{batch}$ = (45.542,23 + 64.129,51 + 193.942,93) $kkal/_{batch}$

303.614,85 $kkal/_{batch}$ = 303.614,67 $kkal/_{batch}$

(Trial suhu output *belt conveyor* dianggap benar)

Entalpi masuk, $kkal/_{batch}$	Entalpi keluar, $kkal/_{batch}$
Bahan baku matang dari tangki perebusan (F-120) :	***Bahan baku matang menuju ke tangki penampung I (F-124) :***
- Tomat matang : 70.403,45	- Tomat : 63.303,45
- Cabai merah matang : 119,23	- Cabai merah : 3.896,31
- Larutan garam $CaCl_2$ yang terikut di permukaan bahan baku : 3,98	- Air perebus yang terikut dipermukaan bahan baku : 20,60
- Air : 233.088,19	
	Ke bak penampung air rebusan :
	- Air : 203.290,36
	- Q *loss* : 47.737,19
Total = 303.614,85	Total = 303.614,67

3. Tangki Penampung I (F-124)



Neraca panas total =

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$$\Sigma \Delta H_{bahan\ masuk} = Q_{loss} + \Sigma \Delta H_{bahan\ keluar}$$

Panas masuk tangki penampung bahan matang di hitung sebagai berikut :

$Q_{\text{masuk tangki penampung bahan matang}} = Q_{\text{keluar } \textit{belt conveyor}}$

$= 67.220{,}36 \ \text{kkal}/\text{batch}$

Panas keluar tangki bahan penampung di hitung sebagai berikut :

Asumsi terjadi kehilangan panas, sehingga T input ≠ T output

diasumsi Q *loss* karena hilang ke lingkungan = 10 % dari Q_{masuk}

$Q_{loss} = 0{,}10 \times 67.220{,}36 = 6.722{,}04 \ \text{kkal}/\text{batch}$

$Q_{\text{keluar}} = Q_{\text{masuk}} - Q_{loss}$

$= (67.220{,}36 - 6.722{,}04) \ \text{kkal}/\text{batch} = 60.498{,}32 \ \text{kkal}/\text{batch}$

Entalpi (ΔH) bahan keluar dihitung sebagai berikut :

$\Delta H_{\text{tomat matang}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.258{,}51 \ \text{kg}/\text{batch} \times 0{,}9512 \ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ\text{C}$

$= 1.197{,}09 \ \text{kkal}/\text{batch.}\ ^\circ\text{C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ\text{C}$

$\Delta H_{\text{cabai matang}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 78{,}66 \ \text{kg}/\text{batch} \times 0{,}9367 \ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ\text{C}$

$= 73{,}68 \ \text{kkal}/\text{batch.}\ ^\circ\text{C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ\text{C}$

Entalpi air perebus yang terikut di permukaan bahan baku masuk ke tangki penampung bahan matang di hitung sebagai berikut :

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

$= 0{,}39 \ \text{kg}/\text{batch} \times 0{,}9987 \ \text{kkal}/\text{kg}^\circ\text{C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ\text{C}$

$= 0{,}39 \ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$\Sigma\ \Delta H_{keluar} = (1.197{,}09 + 73{,}68 + 0{,}39) \ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 1.271{,}16 \ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

Suhu output ditrial sampai entalpi masuk = entalpi keluar

$60.498{,}32 \ ^{kkal}/_{batch} = 1.271{,}16 \ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

Dari hasil trial diperoleh T output = 72,59300167 °C ≈ 72,5930 °C

Jadi entalpi keluar tangki penampung bahan matang adalah :

$\Delta H_{tomat\ matang} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.258{,}51 \ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}9512 \ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (72{,}5930 - 25)\ ^\circ C$

$= 56.973{,}30 \ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{cabai\ matang} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 78{,}66 \ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}9367 \ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (72{,}5930 - 25)\ ^\circ C$

$= 3.506{,}49 \ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{air} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 0{,}39 \ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}9987 \ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (72{,}5930 - 25)\ ^\circ C$

$= 18{,}53 \ ^{kkal}/_{batch}$

$\Sigma\ \Delta H_{bahan\ keluar} = (56.973{,}30 + 3.506{,}49 + 18{,}53) \ ^{kkal}/_{batch}$

$= 60.498{,}32 \ ^{kkal}/_{batch}$

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$\sum \Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \sum \Delta H_{\text{bahan keluar}}$

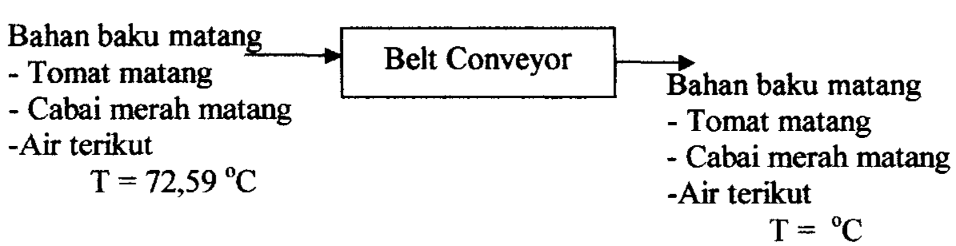
$67.220,36 \ \text{kkal}/_{\text{batch}} = (6.722,04 + 60.498,32) \ \text{kkal}/_{\text{batch}}$

$67.220,36 \ \text{kkal}/_{\text{batch}} = 67.220,36 \ \text{kkal}/_{\text{batch}}$

(Trial suhu output tangki penampung bahan benar)

Entalpi masuk, $\text{kkal}/_{\text{batch}}$	Entalpi keluar, $\text{kkal}/_{\text{batch}}$
Bahan baku matang dari bucket elevator III (J-123) : - Tomat : 63.303,45 - Cabai merah : 3.896,31 - Air perebus yang terikut dipermukaan bahan baku : 20,60	***Bahan baku matang menuju ke belt conveyor IV (J-125):*** - Tomat : 56.973,30 - Cabai merah : 3.506,49 - Air perebus yang terikut dipermukaan bahan baku : 18,53 Q *loss* : 6.722,04
Total = 67.220,36	Total = 67.220,36

4. ***Belt conveyor IV* (J-125)**



Neraca panas total =

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$$\sum \Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \sum \Delta H_{\text{bahan keluar}}$$

<u>Panas masuk *belt conveyor* di hitung sebagai berikut :</u>

$Q_{\text{masuk } belt\ conveyor} = Q_{\text{keluar tangki penampung bahan matang}}$

$= 60.498,32\ ^{kkal}/_{batch}$

Panas keluar belt conveyor di hitung sebagai berikut :

Asumsi terjadi kehilangan panas, panas yang hilang ke lingkungan selama perjalanan di belt conveyor dan bucket elevator dari tangki penampung bahan matang menuju *rotary knife cutter* sehingga T input ≠ T output

diasumsi Q *loss* karena hilang ke lingkungan = 15 % dari Q_{masuk}

$Q_{loss} = 0,15 \times 60.498,32 = 9.074,75\ ^{kkal}/_{batch}$

$Q_{keluar} = Q_{masuk} - Q_{loss}$

$= (60.498,32 - 9.074,75)\ ^{kkal}/_{batch} = 51.423,57\ ^{kkal}/_{batch}$

Entalpi (ΔH) bahan keluar dihitung sebagai berikut :

$\Delta H_{tomat\ matang} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.258,51\ ^{kg}/_{batch} \times 0,9512\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 1.197,09\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$\Delta H_{cabai\ matang} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 78,66\ ^{kg}/_{batch} \times 0,9367\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 73,68\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

Entalpi air perebus yang terikut di permukaan bahan baku masuk ke tangki penampung bahan matang di hitung sebagai berikut :

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

$= 0,39\ ^{kg}/_{batch} \times 0,9987\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 0,39\ {}^{kkal}/_{batch.\ ^{o}C} \cdot (T_2 - 25)\ ^{o}C$

$\sum \Delta H_{keluar} = (1.197,09 + 73,68 + 0,39)\ {}^{kkal}/_{batch.\ ^{o}C} \cdot (T_2 - 25)\ ^{o}C$

$= 1.271,16\ {}^{kkal}/_{batch.\ ^{o}C} \cdot (T_2 - 25)\ ^{o}C$

Suhu output ditrial sampai entalpi masuk = entalpi keluar

$51.423,57\ {}^{kkal}/_{batch} = 1.271,16\ {}^{kkal}/_{batch.\ ^{o}C} \cdot (T_2 - 25)\ ^{o}C$

Dari hasil trial diperoleh T output = 65,45404984 °C ≈ 65,4540 °C

Jadi entalpi keluar *belt conveyor* adalah :

$\Delta H_{tomat\ matang} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.258,51\ {}^{kg}/_{batch} \times 0,9512\ {}^{kkal}/_{kg^{o}C} \times (65,4540 - 25)\ ^{o}C$

$= 48.427,19\ {}^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{cabai\ matang} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 78,66\ {}^{kg}/_{batch} \times 0,9367\ {}^{kkal}/_{kg^{o}C} \times (65,4540 - 25)\ ^{o}C$

$= 2.980,60\ {}^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{air} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 0,39\ {}^{kg}/_{batch} \times 0,9987\ {}^{kkal}/_{kg^{o}C} \times (65,4540 - 25)\ ^{o}C$

$= 15,76\ {}^{kkal}/_{batch}$

$\sum \Delta H_{bahan\ keluar} = (48.427,19 + 2.980,60 + 15,76)\ {}^{kkal}/_{batch}$

$= 51.423,55\ {}^{kkal}/_{batch}$

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$\sum \Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \sum \Delta H_{\text{bahan keluar}}$

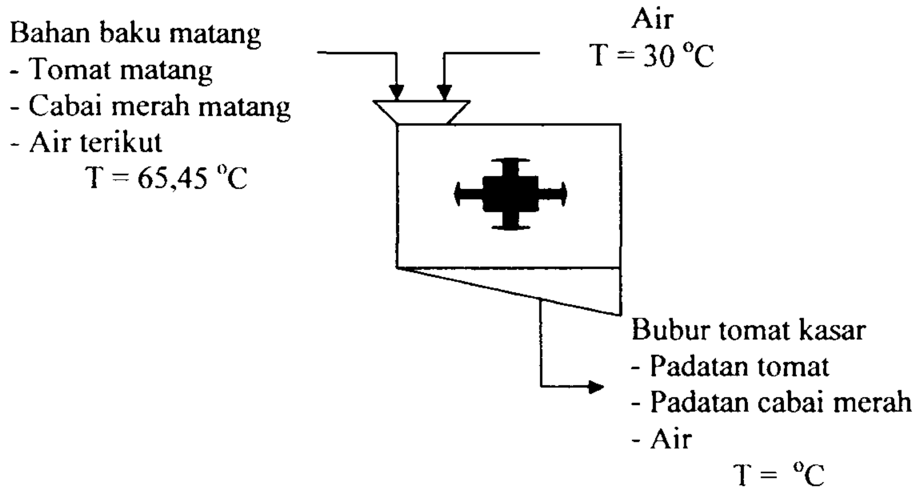
$60.498,32 \; {}^{kkal}\!/_{batch} = (9.074,75 + 51.423,55) \; {}^{kkal}\!/_{batch}$

$60.498,32 \; {}^{kkal}\!/_{batch} = 60.498,30 \; {}^{kkal}\!/_{batch}$

(Trial suhu output *belt conveyor* dianggap benar)

Entalpi masuk, kkal/batch	Entalpi keluar, kkal/batch
Bahan baku matang dari tangki penampung I (F-124) :	***Bahan baku matang menuju ke rotary knife cutter (C-213):***
- Tomat : 56.973,30	- Tomat : 48.427,19
- Cabai merah : 3.506,49	- Cabai merah : 2.980,60
- Air perebus yang terikut dipermukaan bahan baku : 18,53	- Air perebus yang terikut dipermukaan bahan baku : 15,76
	Q *loss* : 9.074,75
Total = 60.498,32	Total = 60.498,30

5. ***Rotary Knife Cutter*** **(C-213)**



Massa masuk :

b. Tomat matang : 1.258,51 kg/batch

c. Cabai merah matang : 78,66 $^{kg}/_{batch}$

d. Air perebus yang terikut di permukaan bahan baku setelah keluar dari tangki perebusan : 0,39 $^{kg}/_{batch}$

e. Air : 616,49 $^{kg}/_{batch}$

Neraca panas total =

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$$\Sigma\,\Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \Sigma\,\Delta H_{\text{bahan keluar}}$$

Entalpi (ΔH) bahan masuk dihitung sebagai berikut :

$\Delta H_{\text{tomat matang}}$ = m × Cp × ΔT

= 1.258,51 $^{kg}/_{batch}$ × 0,9512 $^{kkal}/_{kg°C}$ × (65,4540 – 25) °C

= 48.427,27 $^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{cabai matang}}$ = m × Cp × ΔT

= 78,66 $^{kg}/_{batch}$ × 0,9367 $^{kkal}/_{kg°C}$ × (65,4540 – 25) °C

= 2.980,68 $^{kkal}/_{batch}$

ΔH_{air} = m × Cp × ΔT

= 0,39 $^{kg}/_{batch}$ × 0,9987 $^{kkal}/_{kg°C}$ × (65,4540 – 25) °C

= 15,76 $^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{air tambahan}}$ = m × Cp × ΔT

= 616,49 $^{kg}/_{batch}$ × 0,9987 $^{kkal}/_{kg°C}$ × (30 – 25) °C

$= 3.078,44\ ^{kkal}/_{batch}$

$\sum \Delta H_{\text{bahan masuk}} = (48.427,27 + 2.980,68 + 15,76 + 3.078,44)\ ^{kkal}/_{batch}$

$= 54.502,15\ ^{kkal}/_{batch}$

Total panas keluar dari *rotary knife cutter* dihitung sebagai berikut :

$$\sum Q_{\text{keluar}} = \sum \Delta H_{\text{bahan masuk}} - Q_{loss}$$

Diasumsi : $Q_{loss} = 30\ \% \times \sum \Delta H_{\text{bahan masuk}}$

$= 0,3 \times 54.502,15\ ^{kkal}/_{batch} = 16.350,64\ ^{kkal}/_{batch}$

$Q_{\text{keluar}} = \sum \Delta H_{\text{bahan masuk}} - Q_{loss}$

$= (54.502,15 - 16.350,64)\ ^{kkal}/_{batch} = 38.151,51\ ^{kkal}/_{batch}$

Entalpi (ΔH) bahan keluar menuju *shredder* di hitung sebagai berikut ;

$\Delta H_{\text{padatan tomat}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 73,94\ ^{kg}/_{batch} \times 0,0487\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 3,60\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$\Delta H_{\text{padatan cabai}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 5,60\ ^{kg}/_{batch} \times 0,3174\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 1,78\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$\Delta H_{\text{air}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.874,51\ ^{kg}/_{batch} \times 0,9987\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 1.872,07\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$\Sigma\Delta H_{\text{bahan keluar}} = 1.877{,}45\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$$\Sigma\, Q_{\text{keluar}} = \Sigma\, \Delta H_{\text{bahan keluar}}$$

$38.151{,}51\ ^{kkal}/_{batch} = 1.877{,}45\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

Dari hasil trial diperoleh T output = 45,32091933 °C ≈ 45,3209 °C

Jadi entalpi bahan keluar dari rotary knife cutter adalah :

$\Delta H_{\text{padatan tomat}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 73{,}94\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}0487\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (45{,}3209 - 25)\ ^\circ C$

$= 73{,}17\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{padatan cabai}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 5{,}60\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}3174\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (45{,}3209 - 25)\ ^\circ C$

$= 36{,}12\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{air}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.874{,}51\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}9987\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (45{,}3209 - 25)\ ^\circ C$

$= 38.042{,}21\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Sigma\, \Delta H_{\text{bahan keluar}} = (73{,}17 + 36{,}12 + 38.042{,}21)\ ^{kkal}/_{batch}$

$= 38.151{,}50\ ^{kkal}/_{batch}$

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$\Sigma\, \Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \Sigma\, \Delta H_{\text{bahan keluar}}$

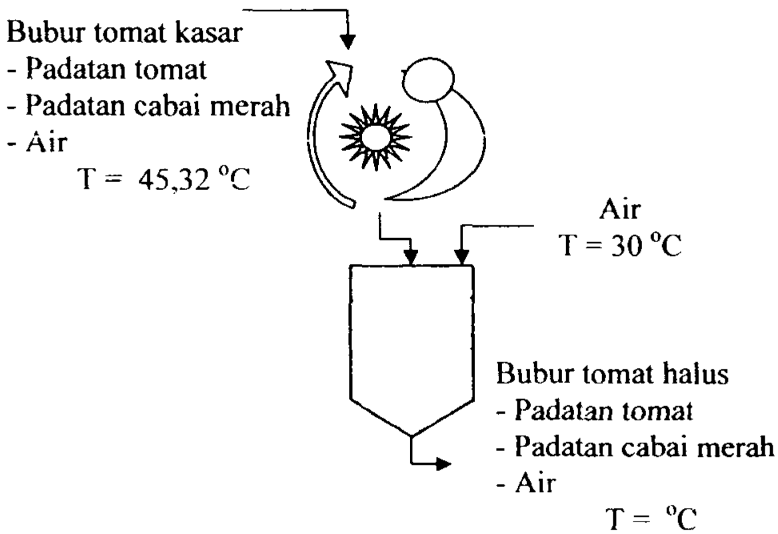
$54.502{,}15\ ^{kkal}/_{batch} = (16.350{,}64 + 38.151{,}50)\ ^{kkal}/_{batch}$

54.502,15 $^{kkal}/_{batch}$ = 54.502,14 $^{kkal}/_{batch}$

(Trial suhu output *rotary knife cutter* dianggap benar)

Entalpi masuk, $^{kkal}/_{batch}$	Entalpi keluar, $^{kkal}/_{batch}$
Bahan baku matang dari bucket elevator IV (J-126) :	***Bubur tomat kasar menuju ke shredder (C-212) :***
- Tomat matang : 48.427,27	- Padatan tomat : 73,17
- Cabai merah matang : 2.980,68	- Padatan cabai merah : 36,12
- Air perebus yang terikut di permukaan bahan baku : 15,76	- Air : 38.042,21
	Q *loss* : 16.350,64
Didalam rotary knife cutter (C-213) ditambahkan :	
- Air : 3.078,44	
Total = 54.502,15	Total = 54.502,14

6. Tangki Penampung II (F-211)



Massa masuk :

b. Padatan tomat : 73,94 $kg/_{batch}$

c. Padatan cabai merah : 5,60 $kg/_{batch}$

d. Air yang terkandung didalam bubur saus kasar : 1.874,51 $kg/_{batch}$

e. Air : 616,49 $kg/_{batch}$

Neraca panas total =

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$$\sum \Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \sum \Delta H_{\text{bahan keluar}}$$

Entalpi bahan masuk dihitung sebagai berikut :

$\Delta H_{\text{padatan tomat}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 73{,}94\ kg/_{batch} \times 0{,}0487\ kkal/_{kg^{\circ}C} \times (45{,}3209 - 25)\ ^{\circ}C$

$= 73{,}17\ kkal/_{batch}$

$\Delta H_{\text{padatan cabai}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 5{,}60\ kg/_{batch} \times 0{,}3174\ kkal/_{kg^{\circ}C} \times (45{,}3209 - 25)\ ^{\circ}C$

$= 36{,}11\ kkal/_{batch}$

$\Delta H_{\text{air dalam bubur}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 1.874{,}51\ kg/_{batch} \times 0{,}9987\ kkal/_{kg^{\circ}C} \times (45{,}3209 - 25)\ ^{\circ}C$

$= 38.042{,}21\ kkal/_{batch}$

$\Delta H_{\text{air tambahan}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 616{,}49\ kg/batch \times 0{,}9987\ kkal/kg°C \times (30 - 25)\ °C$

$= 3.078{,}44\ kkal/batch$

$\sum \Delta H_{bahan\ masuk} = (73{,}17 + 36{,}11 + 38.042{,}21 + 3.078{,}44)\ kkal/batch$

$= 41.229{,}93\ kkal/batch$

<u>Total panas keluar dari *shredder* dihitung sebagai berikut :</u>

$$\sum Q_{keluar} = \sum \Delta H_{bahan\ masuk} - Q_{loss}$$

Diasumsi : $Q_{loss} = 30\ \% \times \sum \Delta H_{bahan\ masuk}$

$= 0{,}3 \times 41.229{,}93\ kkal/batch = 12.368{,}98\ kkal/batch$

$Q_{keluar} = \sum \Delta H_{bahan\ masuk} - Q_{loss}$

$= (41.229{,}93 - 12.368{,}98)\ kkal/batch = 28.860{,}95\ kkal/batch$

<u>Entalpi (ΔH) bahan keluar menuju ke tangki penampung bubur tomat II di hitung sebagai berikut ;</u>

$\Delta H_{padatan\ tomat} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 73{,}94\ kg/batch \times 0{,}0487\ kkal/kg°C \times (T_2 - 25)\ °C$

$= 3{,}60\ kkal/batch.°C \cdot (T_2 - 25)\ °C$

$\Delta H_{padatan\ cabai} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 5{,}60\ kg/batch \times 0{,}3174\ kkal/kg°C \times (T_2 - 25)\ °C$

$= 1{,}78\ kkal/batch.°C \cdot (T_2 - 25)\ °C$

$\Delta H_{air\ total\ dalam\ bubur} = m \times Cp \times \Delta T$

$$= 2.491 \ {}^{kg}/_{batch} \times 0{,}9987 \ {}^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$$

$$= 2.487{,}76 \ {}^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$$

$$\Sigma \Delta H_{\text{bahan keluar}} = 2.493{,}14 \ {}^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$$

$$\Sigma \mathbf{Q}_{\text{keluar}} = \Sigma \Delta \mathbf{H}_{\text{bahan keluar}}$$

$$28.860{,}95 \ {}^{kkal}/_{batch} = 2.493{,}14 \ {}^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$$

Dari hasil trial diperoleh T output = 36,57613705 °C ≈ 36,5761 °C

Jadi entalpi bahan keluar dari screen adalah :

$$\Delta H_{\text{padatan tomat}} = m \times Cp \times \Delta T$$

$$= 73{,}94 \ {}^{kg}/_{batch} \times 0{,}0487 \ {}^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (36{,}5761 - 25)\ ^\circ C$$

$$= 41{,}68 \ {}^{kkal}/_{batch}$$

$$\Delta H_{\text{padatan cabai}} = m \times Cp \times \Delta T$$

$$= 5{,}60 \ {}^{kg}/_{batch} \times 0{,}3174 \ {}^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (36{,}5761 - 25)\ ^\circ C$$

$$= 20{,}58 \ {}^{kkal}/_{batch}$$

$$\Delta H_{\text{air total dalam bubur}} = m \times Cp \times \Delta T$$

$$= 2.491 \ {}^{kg}/_{batch} \times 0{,}9987 \ {}^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (36{,}5761 - 25)\ ^\circ C$$

$$= 28.798{,}58 \ {}^{kkal}/_{batch}$$

$$\Sigma \Delta H_{\text{bahan keluar}} = (41{,}68 + 20{,}58 + 28.798{,}58) \ {}^{kkal}/_{batch}$$

$$= 28.860{,}84 \ {}^{kkal}/_{batch}$$

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$\Sigma \Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \Sigma \Delta H_{\text{bahan keluar}}$

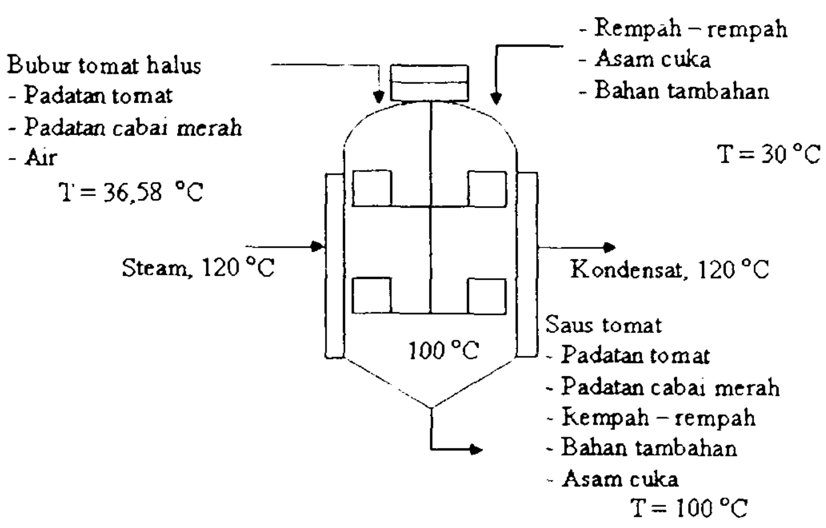
$41.229{,}93\ \text{kkal}/\text{batch} = (12.368{,}98 + 28.860{,}84)\ \text{kkal}/\text{batch}$

$41.229{,}93\ \text{kkal}/\text{batch} = 41.229{,}82\ \text{kkal}/\text{batch}$

(Trial suhu output *screen* dianggap benar)

Entalpi masuk, kkal/batch	Entalpi keluar, kkal/batch
Bubur tomat halus dari shredder (C-212) : - Padatan tomat : 73,17 - Padatan cabai merah : 36,11 - Air yang terkandung dalam bubur saus kasar : 38.042,21 ***Didalam tangki penampung II (F-211) ditambahkan :*** - Air : 3.078,44	***Bubur tomat halus menuju ke tangki penampung III (F-215) :*** - Padatan tomat : 41,68 - Padatan cabai merah : 20,58 - Air yang terkandung dalam bubur saus halus : 28.798,58 Q *loss* : 12.368,98
Total = 41.229,93	Total = 41.229,82

7. ***Mixer* I (M-220)**



Massa masuk :

a. Bubur tomat halus $= 2.570{,}54\ ^{kg}/_{batch}$

b. Rempah – rempah $= 39{,}30\ ^{kg}/_{batch}$

c. Bahan tambahan $= 280{,}51\ ^{kg}/_{batch}$

c. Asam cuka $= 37{,}84\ ^{kg}/_{batch}$

Asumsi : $Q_{loss} = 5\ \% \times Q_{supply}$

Neraca panas total adalah

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$$\Sigma\ \Delta H_{bahan\ masuk} + Q_{supply} = \Sigma\ \Delta H_{bahan\ keluar} + Q_{loss}$$

Entalpi (ΔH) bahan masuk dihitung sebagai berikut :

$\Delta H_{padatan\ tomat} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 73{,}94\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}0487\ ^{kkal}/_{kg^{\circ}C} \times (36{,}5761 - 25)\ ^{\circ}C$

$= 41{,}68\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{padatan\ cabai} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 5{,}60\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}3174\ ^{kkal}/_{kg^{\circ}C} \times (36{,}5761 - 25)\ ^{\circ}C$

$= 20{,}58\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{air\ dalam\ bubur} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 2.491\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}9987\ ^{kkal}/_{kg^{\circ}C} \times (36{,}5761 - 25)\ ^{\circ}C$

$= 28.798{,}58\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{rempah-rempah}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 39{,}30\ ^{kg}/_{batch} \times 1{,}5484.10^{-4}\ ^{kkal}/_{kg°C} \times (30 - 25)\ °C$

$= 0{,}03\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{bahan tambahan}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 280{,}51\ ^{kg}/_{batch} \times 2{,}5726.10^{-2}\ ^{kkal}/_{kg°C} \times (30 - 25)\ °C$

$= 36{,}08\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{asam cuka}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 37{,}84\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}8793\ ^{kkal}/_{kg°C} \times (30 - 25)\ °C$

$= 42{,}24\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Sigma\Delta H_{\text{bahan masuk}} = 28.939{,}19\ ^{kkal}/_{batch}$

Entalpi (ΔH) bahan keluar dihitung sebagai berikut :

$\Delta H_{\text{padatan tomat}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 73{,}94\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}0487\ ^{kkal}/_{kg°C} \times (100 - 25)\ °C$

$= 270{,}07\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{padatan cabai}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 5{,}60\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}3174\ ^{kkal}/_{kg°C} \times (100 - 25)\ °C$

$= 133{,}31\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{air dalam saus tomat}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 2.519,38 \ kg/batch \times 0,9987 \ kkal/kg°C \times (100 - 25) °C$

$= 188.707,86 \ kkal/batch$

$\Delta H_{rempah\text{-}rempah} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 39,30 \ kg/batch \times 1,5484.10^{-4} \ kkal/kg°C \times (100 - 25) °C$

$= 0,46 \ kkal/batch$

$\Delta H_{bahan\ tambahan} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 280,51 \ kg/batch \times 2,5726.10^{-2} \ kkal/kg°C \times (100 - 25) °C$

$= 541,23 \ kkal/batch$

$\Delta H_{asam\ cuka} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 9,46 \ kg/batch \times 0,5210 \ kkal/kg°C \times (100 - 25) °C$

$= 369,65 \ kkal/batch$

$\Sigma \Delta H_{bahan\ keluar} = 190.022,58 \ kkal/batch$

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$\Sigma \Delta H_{bahan\ masuk} + Q_{supply} = \Sigma \Delta H_{bahan\ keluar} + Q_{loss}$

$28.939,19 \ kkal/batch + Q_{supply} = 190.022,58 \ kkal/batch + 0,05 \ Q_{supply}$

$0,95 \ Q_{supply} = 161.083,39 \ kkal/batch$

$Q_{supply} = 169.561,46 \ kkal/batch$

$Q_{loss} = 0,05 \times 169.561,46 \ kkal/batch = 8.478,07 \ kkal/batch$

Steam yang digunakan bersuhu 120 °C, dari Geankoplis, App. A.2-9, didapat harga : $H_V = 2.706{,}30\ ^{kJ}/_{kg}$

$H_L = 503{,}71\ ^{kJ}/_{kg}$

$\lambda_{steam} = H_V - H_L$

$= (2.706{,}30 - 503{,}71)\ ^{kJ}/_{kg} = 2.202{,}59\ ^{kJ}/_{kg} = 526{,}43\ ^{kkal}/_{kg}$

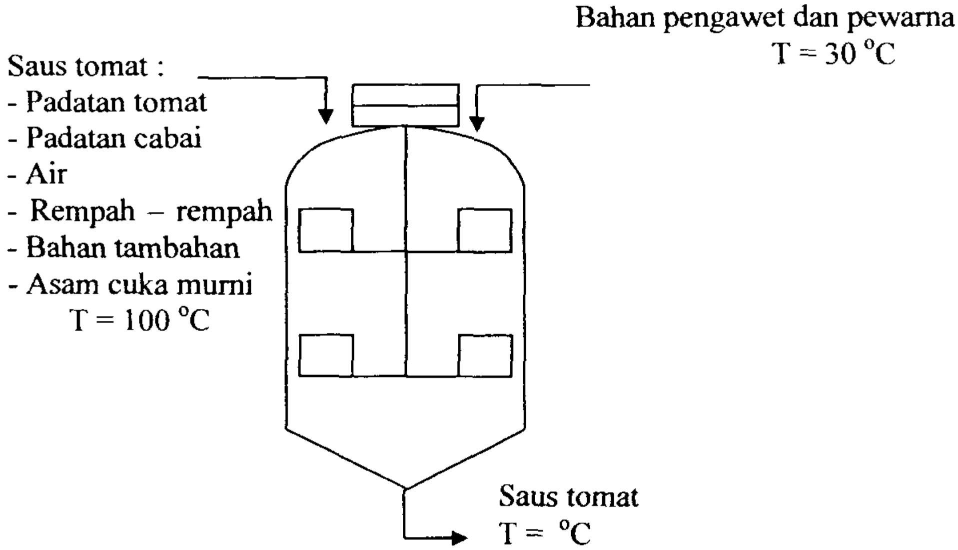
$Q_{supply} = m_{steam} \times \lambda_{steam}$

$169.561{,}46\ ^{kkal}/_{batch} = m \times 526{,}43\ ^{kkal}/_{kg}$

$$m_{steam} = \frac{169.561{,}46\ ^{kkal}/_{batch}}{526{,}43\ ^{kkal}/_{kg}} = 322{,}10\ ^{kg}/_{batch}$$

Entalpi masuk, $^{kkal}/_{batch}$	Entalpi keluar, $^{kkal}/_{batch}$
Bubur tomat halus dari tangki penampung III (F-215):	***Saus tomat menuju ke mixer II (M-310) :***
- Padatan tomat : 41,68	- Padatan tomat : 270,07
- Padatan cabai merah : 20,58	- Padatan cabai merah : 133,31
- Air yang terkandung di dalam bubur saus halus : 28.798,58	- Air dalam saus : 188.707,86
	- Rempah – rempah : 0,46
	- Bahan tambahan : 541,23
Pada mixer I (M-220) ditambahkan :	- Asam cuka : 369,65
- Rempah – rempah : 0,03	
- Bahan tambahan : 36,08	- Q *loss* : 8.478,07
- Asam cuka : 42,24	
- Q *supply* : 169.561,46	
Total = 198.500,65	Total = 198.500,65

8. *Mixer* II (M-310)



Massa masuk :

a. Padatan tomat : 73,94 kg/batch

b. Padatan Cabai merah : 5,60 kg/batch

c. Total air dalam saus : 2.519,38 kg/batch

d. Rempah – rempah : 39,30 kg/batch

e. Bahan tambahan : 280,51 kg/batch

f. Asam cuka murni : 9,46 kg/batch

g. Bahan pengawet dan pewarna : 3,76 kg/batch

Neraca panas total =

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$$\sum \Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \sum \Delta H_{\text{bahan keluar}}$$

Entalpi bahan masuk dihitung sebagai berikut :

$\Delta H_{\text{padatan tomat}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 73{,}94\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}0487\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (100 - 25)\ ^\circ C$

$= 270{,}07\ ^{kkal}/_{batch}$

$\Delta H_{\text{padatan cabai}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 5{,}60\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}3174\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (100 - 25)\ ^\circ C$

$= 133{,}31\ ^{kkal}/_{batch}$.

$\Delta H_{\text{air dalam saus tomat}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 2.519{,}38\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}9987\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (100 - 25)\ ^\circ C$

$= 188.707{,}86\ ^{kkal}/_{batch}$.

$\Delta H_{\text{rempah-rempah}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 39{,}30\ ^{kg}/_{batch} \times 1{,}5484.10^{-4}\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (100 - 25)\ ^\circ C$

$= 0{,}46\ ^{kkal}/_{batch}$.

$\Delta H_{\text{bahan tambahan}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 280{,}51\ ^{kg}/_{batch} \times 2{,}5726.10^{-2}\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (100 - 25)\ ^\circ C$

$= 541{,}23\ ^{kkal}/_{batch}$.

$\Delta H_{\text{asam cuka}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 9{,}46\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}5210\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (100 - 25)\ ^\circ C$

$= 369{,}65\ ^{kkal}/_{batch.}$

$\Delta H_{\text{pewarna pengawet}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 9{,}46\ ^{kg}/_{batch} \times 4{,}06.10^{-4}\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (30 - 25)\ ^\circ C$

$= 0{,}02\ ^{kkal}/_{batch.}$

$\Sigma\ \Delta H_{\text{bahan masuk}} = 190.022{,}6\ ^{kkal}/_{batch.}$

<u>Total panas keluar dari *mixer saus* dihitung sebagai berikut :</u>

$$\Sigma\ \mathbf{Q}_{\text{keluar}} = \Sigma\ \Delta \mathbf{H}_{\text{bahan masuk}} - \mathbf{Q}_{loss}$$

Diasumsi : $Q_{loss} = 30\ \% \times \Sigma\ \Delta H_{\text{bahan masuk}}$

$= 0{,}3 \times 190.022{,}6\ ^{kkal}/_{batch} = 57.006{,}78\ ^{kkal}/_{batch}$

$Q_{\text{keluar}} = \Sigma\ \Delta H_{\text{bahan masuk}} - Q_{loss}$

$= (190.022{,}6 - 57.006{,}78)\ ^{kkal}/_{batch} = 133.015{,}82\ ^{kkal}/_{batch}$

<u>Entalpi (ΔH) bahan keluar menuju ke tangki penampung saus di hitung sebagai berikut ;</u>

$\Delta H_{\text{saus tomat}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 2.931{,}95\ ^{kg}/_{batch} \times 0{,}8901\ ^{kkal}/_{kg^\circ C} \times (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$= 2.609{,}73\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$\Sigma \Delta H_{\text{bahan keluar}} = 2.609{,}73\ ^{kkal}/_{batch.\ ^\circ C} \cdot (T_2 - 25)\ ^\circ C$

$$\Sigma\ \mathbf{Q}_{\text{keluar}} = \Sigma\ \Delta \mathbf{H}_{\text{bahan keluar}}$$

$133.015,82 \ ^{kkal}/_{batch} = 2.609,73 \ ^{kkal}/_{batch.\ °C} \cdot (T_2 - 25)\ °C$

Dari hasil trial diperoleh T output = 75,96918838 °C ≈ 75,9692 °C

Jadi entalpi bahan keluar dari *mixer saus* adalah :

$\Delta H_{saus\ tomat} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 2.931,95 \ ^{kg}/_{batch} \times 0,8901 \ ^{kkal}/_{kg°C} \times (75,9692 - 25)\ °C$

$= 133.015,78 \ ^{kkal}/_{batch}$

$\Sigma\ \Delta H_{bahan\ keluar} = 133.015,78 \ ^{kkal}/_{batch}$

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$\Sigma\ \Delta H_{bahan\ masuk} = Q_{loss} + \Sigma\ \Delta H_{bahan\ keluar}$

$190.022,6 \ ^{kkal}/_{batch} = (57.006,78 + 133.015,78) \ ^{kkal}/_{batch}$

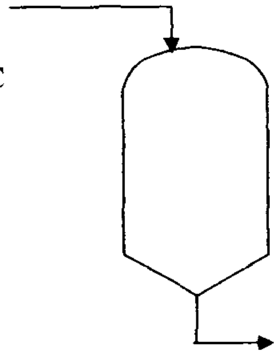
$190.022,6 \ ^{kkal}/_{batch} = 190.022,56 \ ^{kkal}/_{batch}$

(Trial suhu output *screen* dianggap benar)

Entalpi masuk, kkal/batch	Entalpi keluar, kkal/batch
Saus tomat dari mixer I (M-220) :	***Saus tomat menuju ke tangki penampung IV (F-314) :***
- Padatan tomat : 270,07	- Saus tomat : 133.015,78
- Padatan Cabai merah : 133,31	
- Total air dalam saus : 188.707,86	
- Rempah – rempah : 0,46	Q *loss* : 57.006,78
- Bahan tambahan : 541,23	
- Asam cuka murni : 369,65	
Didalam mixer II (M-310) ditambahkan :	
- Bahan pewarna dan pengawet : 0,02	
Total = 190.022,6	Total = 190.022,56

9. Tangki Penampung IV (F-314)

Saus tomat :
T = 75,97 °C



Saus tomat :
T = °C

Neraca panas total =

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$$\Sigma \Delta H_{\text{bahan masuk}} = Q_{loss} + \Sigma \Delta H_{\text{bahan keluar}}$$

<u>Panas masuk tangki penampung di hitung sebagai berikut :</u>

$Q_{\text{masuk tangki penampung saus}} = Q_{\text{keluar } mixer \text{ saus}}$

$= 133.015{,}78 \ \text{kkal}/\text{batch}$

<u>Panas keluar tangki penampung di hitung sebagai berikut :</u>

Asumsi terjadi kehilangan panas, sehingga T input ≠ T output

diasumsi Q_{loss} karena hilang ke lingkungan = 10 % dari Q_{masuk}

$Q_{loss} = 0{,}10 \times 133.015{,}78 = 13.301{,}58 \ \text{kkal}/\text{batch}$

$Q_{keluar} = Q_{masuk} - Q_{loss}$

$= (133.015{,}58 - 13.301{,}58) \ \text{kkal}/\text{batch} = 119.714 \ \text{kkal}/\text{batch}$

<u>Entalpi (ΔH) bahan keluar dihitung sebagai berikut :</u>

$\Delta H_{\text{saus tomat}} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 2.931{,}95 \ \text{kg}/\text{batch} \times 0{,}8901 \ \text{kkal}/\text{kg°C} \times (T - 25)\ °C$

$= 2.609,73\ ^{kkal}/_{batch.\ °C} \cdot (T_2 - 25)\ °C$

$\Sigma \Delta H_{bahan\ keluar} = 2.609,73\ ^{kkal}/_{batch.\ °C} \cdot (T_2 - 25)\ °C$

$$\Sigma \mathbf{Q}_{keluar} = \Sigma\ \Delta \mathbf{H}_{bahan\ keluar}$$

$119.714\ ^{kkal}/_{batch} = 2.609,73\ ^{kkal}/_{batch.\ °C} \cdot (T_2 - 25)\ °C$

Dari hasil trial diperoleh T output = 70,87217835 °C ≈ 70,8722 °C

Jadi entalpi keluar tangki penampung saus adalah :

$\Delta H_{saus\ tomat} = m \times Cp \times \Delta T$

$= 2.931,95\ ^{kg}/_{batch} \times 0,8901\ ^{kkal}/_{kg°C} \times (70,8722 - 25)\ °C$

$= 119.714\ ^{kkal}/_{batch.}$

$\Sigma\ \Delta H_{bahan\ keluar} = 119.714\ ^{kkal}/_{batch}$

Entalpi masuk = Entalpi keluar

$\Sigma\ \Delta \mathbf{H}_{bahan\ masuk} = \mathbf{Q}_{loss} + \Sigma\ \Delta \mathbf{H}_{bahan\ keluar}$

$133.015,78\ ^{kkal}/_{batch} = (13.301,58 + 119.714)\ ^{kkal}/_{batch}$

$133.015,78\ ^{kkal}/_{batch} = 113.015,58\ ^{kkal}/_{batch}$

(Trial suhu output tangki penampung bahan benar)

Entalpi masuk, $^{kkal}/_{batch}$	Entalpi keluar, $^{kkal}/_{batch}$
Saus tomat dari tangki penampung IV (F-314) - Saus tomat : 133.015,78	***Saus tomat menuju ke mesin pengemasan :*** - Saus tomat : 119.714 - Q *loss* : 13.301,58
Total = 133.015,78	Total = 133.015,58

APPENDIX C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

APPENDIX C

SPESIFIKASI ALAT

1. *Warehouse* Tomat dan Cabai merah (F-111)

Fungsi : Untuk menyimpan peti kayu berisi tomat dan cabai merah

Tipe : Gedung dengan konstruksi beton

Dasar pemilihan : Peti kayu bahan baku harus kering maka harus disimpan dibawah atap dan berdinding.

Kondisi operasi : T = 30 °C

P = 1 atm

Perhitungan :

❖ Tomat yang dibutuhkan = 3.698,93 $^{kg}/_{hari}$

Berat tomat per peti kayu = 30 $^{kg}/_{peti\ kayu}$

Dengan spesifikasi peti kayu p = 90 cm, l = 80 cm, t = 70 cm (Hartuti Nur, Musaddad Darkam, 2003)

Peti kayu berisi tomat yang dibutuhkan :

$$= \frac{3.698,93\ ^{kg}/_{hari}}{30\ ^{kg}/_{peti\ kayu}} = 123,30\ ^{peti\ kayu}/_{hari}$$

Total peti kayu berisi tomat yang disimpan selama 7 hari :

$$= 123,30\ ^{peti\ kayu}/_{hari} \times 7\ hari = 863,1\ peti\ kayu \sim 864\ peti\ kayu$$

- Cabai merah yang dibutuhkan = 184,60 $^{kg}/_{hari}$

  Berat cabai merah per peti kayu = 30 $^{kg}/_{peti\ kayu}$

  Peti kayu berisi cabai merah yang dibutuhkan :

$$= \frac{184{,}60\ ^{kg}/_{hari}}{30\ ^{kg}/_{peti\ kayu}} = 6{,}15\ ^{peti\ kayu}/_{hari}$$

  Total peti kayu berisi cabai merah yang disimpan selama 7 hari :

$$= 6{,}15\ ^{peti\ kayu}/_{hari} \times 7\ hari = 43{,}05\ peti\ kayu \sim 44\ peti\ kayu$$

  Total peti kayu yang berada di warehouse = (864 + 44) peti kayu

  = 908 peti kayu

Ditetapkan :

- Jenis karung yang dipakai adalah karung dengan daya tampung 50 kg kedelai
- Spesifikasi peti kayu yang digunakan sebagai pengemasan :

  p = 80 cm, l = 60 cm, t = 40 cm
- Panjang tumpukan = 12 m (15 peti kayu)
- Lebar tumpukan = 6 m (10 peti kayu)
- Lebar jalan = 4 m

Tinggi tumpukan $= \dfrac{457{,}632\ m^3}{12\ m \times 6\ m} = 6{,}36\ m$

Tingkat tumpukan $= \dfrac{908\ peti\ kayu}{(15 \times 10)\ peti\ kayu} = 6{,}05$ tingkat tumpukan

Panjang gudang = 12 m + (2 × 4 m) = 20 m

Lebar gudang = 6 m + (2 × 4 m) = 14 m

Tinggi gudang = 6,36 m + 4 m = 10,36 m ≈ 10 m

Spesifikasi :

- Kapasitas total = 908 peti kayu
- Tinggi warehouse = 10 m
- Panjang warehouse = 20 m
- Lebar warehouse = 14 m
- Bahan konstruksi = beton
- Jumlah = 1 unit

2. *Belt Conveyor* I (J-110)

Fungsi : Untuk mengangkut tomat dan cabai merah kotor dari tempat penyimpanan (F-111) ke *bucket elevator* I (J-112).

Tipe : Belt conveyor.

Waktu tinggal : 10 menit = 600 s = 0,17 jam

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengangkut bahan yang berbentuk padatan.

Kondisi operasi : T = 30 °C, P = 1 atm

Perhitungan :

Massa bahan masuk = 14.239,61 $^{kg}/_{batch}$ = 83,76 $^{ton}/_{jam}$

Panjang *belt* = 10 m

Sudut elevasi = 0°

Dari Perry, 7th ed, tabel 21-7 diperoleh :

- Lebar *belt* = 35 cm

- *Belt plies* = 3 – 5
- Kecepatan *belt* = 91,5 $^{m}/_{menit}$
- Kapasitas = 96 $^{ton}/_{jam}$

Kecepatan *belt* = $\dfrac{83{,}76\ ^{ton}/_{jam}}{96\ ^{ton}/_{jam}} \times 91{,}5\ ^{m}/_{menit} = 79{,}8338\ ^{m}/_{menit}$

hp = kapasitas × H × 0,002 × C [Perry, 3th ed p.1355]

dimana : H = panjang *belt conveyor* (m)

C = Material factor, dan dari Perry, 3th ed, hal 1356 untuk tomat harga C = 1

hp = 83,76 $^{ton}/_{jam}$ × 10 m × 0,002 × 1 = 1,6752 hp

Efisiensi motor = 80% [Perry, 3th ed, p.521]

Power motor = $\dfrac{1{,}6752\text{ hp}}{0{,}8}$ hp = 2,094 hp ≈ 2,5 hp

Spesifikasi :

- Kapasitas total = 83,76 $^{ton}/_{jam}$
- Panjang horizontal = 10 m
- Kecepatan *belt* = 79,8338 $^{m}/_{menit}$
- Tenaga motor = 2,5 hp
- Bahan konstruksi = *Rubber* dan *Stainless steel*
- Jumlah = 1 unit

3. *Bucket Elevator* I (J-112)

Fungsi : Mengangkut tomat dan cabai merah bersih dari *belt conveyor* I (J-110) ke tangki perendaman (F-113).

Tipe : *Continuous-discharge bucket elevators*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan cocok untuk mengangkut bahan secara vertikal

Kondisi operasi : P = 1 atm, T = 30° C

Laju alir masuk = 1.295,15 $^{kg}/_{batch}$

Waktu tinggal = 10 $^{menit}/_{batch}$ = 0,17 $^{jam}/_{batch}$

Kapasitas = 7.618,53 $^{kg}/_{jam}$ = 7,62 $^{ton}/_{jam}$

Dari Perry 7th ed, table 21–8 p 21–15, untuk kapasitas 7,62 $^{ton}/_{jam}$ diperoleh data untuk kapasitas 14 $^{ton}/_{jam}$:

Ukuran bucket = 6 × 4 × 4,25 in

Jarak bucket = 12 in

Kecepatan bucket = 225 $^{ft}/_{menit}$

Putaran head shaft = 43 rpm

Shaft diameter = Head = 1 $^{15}/_{16}$ in, Tail = 1 $^{11}/_{16}$ in

Diameter of pulleys = Head = 20 in, Tail = 14 in

Lebar belt = 7 in

Maka untuk kapasitas 7,62 $^{ton}/_{jam}$ memperoleh spesifikasi bucket sebagai berikut :

- Kecepatan bucket $= \dfrac{7{,}62\ ^{ton}/_{jam}}{14\ ^{ton}/_{jam}} \times 225\ ^{ft}/_{menit} = 122{,}46\ ^{ft}/_{menit}$

- Putaran head shaft $= \dfrac{7{,}62\ ^{ton}/_{jam}}{14\ ^{ton}/_{jam}} \times 43\ \text{rpm} = 23{,}40\ \text{rpm}$

- Power bucket elevator (hp) $= \dfrac{TPH \times L}{500}$ ....(Perry, 6th ed, table 7 - 9)

Dimana : TPH = Kapasitas ($^{ton}/_{jam}$) = 7,62 $^{ton}/_{jam}$

L = Tinggi elevasi bucket diambil = 20 ft

Power bucket elevator (hp) $= \dfrac{7{,}62\ ^{ton}/_{jam} \times 20\ \text{ft}}{500} = 0{,}3048\ \text{hp}$

Efisiensi motor = 80 % (Peters & Timmerhaus, 3rd ed, fig 13 - 38, p 551)

Power motor yg dipakai $= \dfrac{100\ \%}{80\ \%} \times 0{,}3048\ \text{hp} = 0{,}381\ \text{hp} \approx 0{,}5\ \text{hp}$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 7,62 $^{ton}/_{jam}$
- Kecepatan bucket = 122,46 $^{ft}/_{menit}$ = 37,33 $^{m}/_{menit}$
- Putaran head shaft = 23,40 rpm
- Shaft diameter = Head = $1\,^{15}/_{16}$ in, Tail = $1\,^{11}/_{16}$ in
- Diameter of pulleys = Head = 20 in, Tail = 14 in
- Lebar belt = 7 in = 0,18 m

- Tinggi elevator = 20 ft = 6,10 m
- Ukuran bucket = 6 × 4 × 4,25 in
- Jarak bucket = 12 in = 0,30 m
- Power motor = 0,5 hp
- Bahan konstruksi = Driving head and boat = Carbon steel
  Roda = Carbon steel
  Bucket = Cast iron
  Belt = Rubber
- Jumlah = 1 unit

4. *Mixer* $CaCl_2$ (M-114)

Fungsi : Untuk melarutkan garam $CaCl_2$ dari gudang dengan air

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis yang dilengkapi dengan pengaduk.

Waktu tinggal : 5 menit

Kondisi operasi : T = 30 °C

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Garam $CaCl_2$	0,04	$1{,}03.10^{-5}$
Air	3.881,58	1
Total	3.881,62	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m^3)	$\frac{Xi}{\rho}$
Air	1	995,68	$1,0043.10^{-3}$
Garam $CaCl_2$	$1,03.10^{-5}$	960	$1,0729.10^{-8}$
Total	1		$1,0043.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1,0043.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 995,67 \ {kg}/{m^3} = 62,1603 \ {lb}/{ft^3}$$

Rate volume feed masuk $= \dfrac{3.881,62 \ {kg}/{batch}}{995,67 \ {kg}/{m^3}} = 3,8985 \ {m^3}/{batch}$

$= 137,67 \ {ft^3}/{batch} \times 1 \text{ batch} = 137,67 \ ft^3$

Direncanakan :

➢ Campuran menepati 80 % volume tangki

- $V_{total \ tangki} = \dfrac{137,67 \ ft^3}{0,8} = 172,09 \ ft^3 = 4,8731 \ m^3 = 4,87 \ m^3$

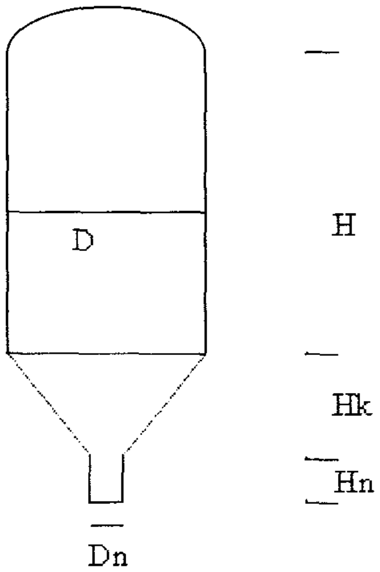
Dimensi tangki :

Direncanakan :

➢ Diameter nozzle (Dn) = 3 in = 0,25 ft = 0,08 m

➢ $\alpha = 30^o$

➢ H = 1,5 D



Keterangan :

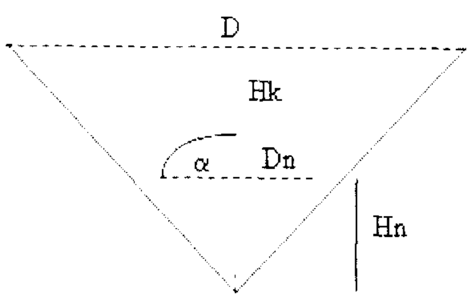
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\ tg\ \alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$
$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\,D$$
$$= 1{,}1775\,D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$
$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right)Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\ 2}\right)Hn$$
$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\,tg\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\ 2}\right)\left(\frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}\right)$$
$$= \left(\frac{\pi}{24}\frac{D^3}{tg\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24}\frac{Dn^3}{tg\,\alpha}\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,\alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,30^o}\left(D^3 - (0{,}25)^3\right)$$
$$= 0{,}2266\,D^3 - 0{,}0354$$

$V_{dished\ head}$ = $0{,}000049\ Di^3$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki}$ = $V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

172,09 ft^3 = $1{,}1775\,D^3 + (0{,}2266\,D^3 - 0{,}0354) + 0{,}000049\,D^3$

172,09 ft^3 = $1{,}4041\,D^3 - 0{,}0354$

172,1254 ft^3 = $1{,}4041\,D^3$

D = 4,9676 ft = 59,6116 in = 1,5141 m = 1,51 m

H_{shell} = 1,5 × 4,9676 ft = 7,4514 ft = 89,4173 in = 2,2712 m = 2,27 m

$$\text{Vol campuran dalam konis} = \frac{\pi}{24\,tg\,\alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,30^o}\left((4{,}9676\ ft)^3 - (0{,}25\ ft)^3\right)$$
$$= 27{,}7756\ ft^3 = 0{,}7865\ m^3$$

$$\text{Tinggi camp dalam nozzle (Hn)} = \frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}$$

$$= \frac{0{,}25 \text{ ft}}{2 \text{ tg } 30^\circ} = 0{,}2165 \text{ ft} = 0{,}0660 \text{ m} = 0{,}07 \text{ m}$$

Tinggi campuran dalam konis (Hk) $= \dfrac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

$$= \frac{4{,}9676 \text{ ft} - 0{,}25 \text{ ft}}{2.tg\ 30^\circ} = 4{,}0856 \text{ ft} = 1{,}25 \text{ m}$$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$\frac{\pi}{4} D^2 H_1$ $= 172{,}09 \text{ ft}^3 - 27{,}7756 \text{ ft}^3$

$\frac{\pi}{4} (4{,}9676 \text{ ft})^2 H_1$ $= 144{,}3144 \text{ ft}^3$

Tinggi camp dalam shell (H_1) $= 7{,}4498$ ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_1 + Hk)

$= 7{,}4498 \text{ ft} + 4{,}0856 \text{ ft}$

$= 11{,}5354 \text{ ft} = 3{,}5160 \text{ m} = 3{,}52 \text{ m}$

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1{,}2\ P_{operasi}$

  - $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho_{campuran} H_{camp}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{62{,}1602\ \text{lb}/\text{ft}^3 \times 11{,}5354 \text{ ft} \times 1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 4{,}9795 \text{ psi}$$

  - $P_{design} = 1{,}2 \times P_{operasi} = 1{,}2 \times 4{,}9795 \text{ psi} = 5{,}9754 \text{ psi}$

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7th ed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

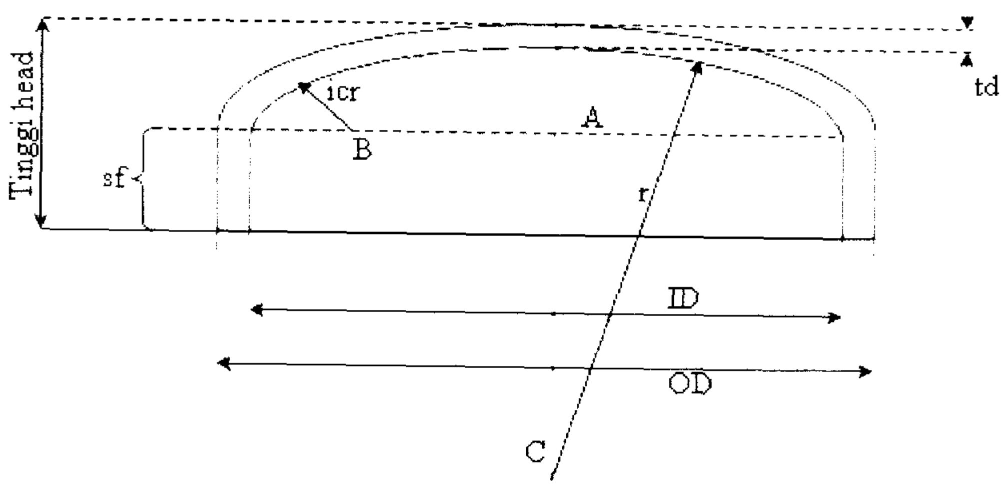
a. Tebal shell (tebal tangki) :

- $t_{shell} = \dfrac{P_{desain}.Di}{2.\left(f.E - 0{,}6.P_{desain}\right)} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)
- $t_{shell} = \dfrac{5{,}9754\ \text{lb}/\text{in}^2 \times 59{,}6116\ \text{in}}{2.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}9754\ \text{lb}/\text{in}^2\right)} + 0{,}125\ \text{in} = 0{,}1345\ \text{in}$

$t_{shell} \sim 3/16$ in = 0,1875 in, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = $3/16$ in

b. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish* (*head/bottom*), mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

$$W = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2 t

  = 59,6116 in + 2.(0,1875 in) = 59,9866 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 60 in
- r = 60 in
- icr = 3,6250 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{60\ in}{3{,}6250\ in}\right)^{0,5}\right) = 1{,}7671\ in$
- $a = \frac{Di}{2} = \frac{59{,}6116\ in}{2} = 29{,}8058\ in$
- AB = a – icr = 29,8058 in – 3,6250 in = 26,1808 in
- BC = r – icr = 60 in – 3,6250 in = 56,3750 in
- $b = r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$

  $= 60\ in - \left(\sqrt{(56{,}3750\ in)^2 - (26{,}1808\ in)^2}\right) = 10{,}0730\ in$
- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

$$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0{,}2.P_{desain}} + c$$

$$t_{dish} = \frac{5{,}9754\ {lb}/{in^2} \times 60\ in \times 1{,}7671\ in}{2 \times 18750 \times 0{,}8 - 0{,}2 \times 5{,}9754\ {lb}/{in^2}} + 0{,}125\ in = 0{,}1461\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart

$= {3}/{16}\ in$

Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

  = 0,1875 in + 10,0730 in + 2 in

  = 12,2605 in = 0,31 m

c. Tebal konis

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{5{,}9754\ {lb}/{in^2} \times 59{,}6116\ in}{2\cos 30.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}9754\ {lb}/{in^2}\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1387\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= {3}/{16}\ in$

- Hn $= \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$

  $= \frac{0{,}25\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}2165\ ft = 2{,}5981\ in = 0{,}07\ m$

- Hk $= \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

$$= \frac{4{,}9676 \text{ ft} - 0{,}25 \text{ ft}}{2.\text{tg } 30^\circ} = 4{,}0856 \text{ ft} = 49{,}0267 \text{ in} = 1{,}25 \text{ m}$$

- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

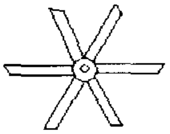
  = (89,4173 + 12,2605 + 49,0267 + 2,5981) in

  = 153,3026 in = 12,7752 ft = 3,8939 m = 3,89 m

***Agitator* (Pengaduk):**

Ditetapkan :

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah 45° *pitched six blade turbine.*

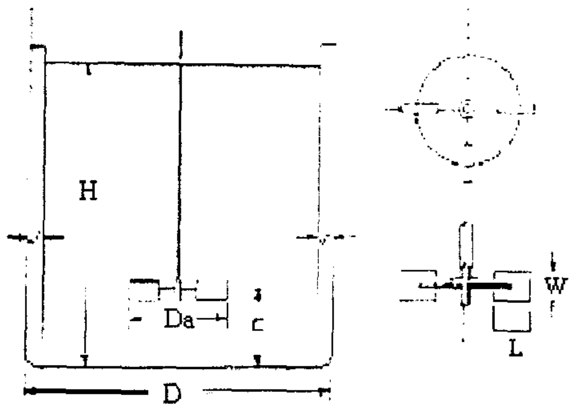


  Dasar pemilihan 45° *pitched six blade turbine* : speednya tinggi, cocok untuk proses pengadukan liquid dengan viskositas rendah dan sedang (<200 Pa.s)

- Kecepatan agitator adalah 150 rpm

  Dasar pemilihan kecepatan 150 rpm : viskositas liquid rendah, alirannya menjadi turbulent, sehingga Garam $CaCl_2$ akan larut dengan cepat.

- Untuk mencegah timbulnya *vorteks*, maka digunakan 4 buah *baffles.*



Berdasarkan perbandingan sistem agitator standar dari 28, hal.144, Tabel 3.4-1, maka didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

$Da = 0{,}4\ D = 0{,}4 \times 1{,}5141\ m = 0{,}6056\ m = 1{,}9870\ ft$

$W = \frac{1}{5} Da = \frac{1}{5} \times 0{,}6056\ m = 0{,}1211\ m$

$L = \frac{1}{4} Da = \frac{1}{4} \times 0{,}6056\ m = 0{,}1514\ m$

$C = \frac{1}{3} D = \frac{1}{3} \times 1{,}5141\ m = 0{,}5047\ m$

$J = \frac{1}{12} D = \frac{1}{12} \times 1{,}5141\ m = 0{,}1262\ m$

Dimana: Da = diameter pengaduk

D = diameter tangki

L = panjang *blade*

W = lebar *blade*

C = jarak dari dasar tangki ke pusat pengaduk

J = lebar *baffle*

$$sg = \frac{\rho \text{ mixed}}{\rho \text{ air } (4^\circ C)} = \frac{995{,}67\ kg/m^3}{1000\ kg/m^3} = 0{,}9957$$

$$\text{Jumlah impeler} = \frac{sg \times H}{D} = \frac{0{,}9957 \times 2{,}2712}{1{,}5141} = 3{,}41 \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{Kecepatan pengadukan} = \pi \,.\, Da \,.\, N = \pi \times 0{,}6056 \times 150 = 285{,}24\ m/menit$$

Power yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan dari Geankoplis, p.155 yakni:

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu}$$

Dimana: Da = diameter impeler, m

N = kecepatan putaran pengaduk, rps

ρ = densitas, kg / m^3

μ = viskositas campuran, kg/m.s

Asumsi : μ larutan garam $CaCl_2$ = μ air (30 ^{0}C) = $0{,}8007.10^{-3}$ kg/m.s

$$N_{Re} = \frac{(150/60)\ \text{putaran/dtk} \times (0{,}6056)^2\ m^2 \times 995{,}67\ kg/m^3}{0{,}8007 \times 10^{-3}\ kg/m.s}$$

$= 1.140.137{,}78$

Nilai Np dicari dari Geankoplis, grafik 3.4-4, p.145. Untuk N_{Re} = 1.140.137,78 dan jenis agitator 45^0 *pitched six blade turbine* (kurva 3), maka didapatkan nilai Np = 1,5.

Power untuk satu buah pengaduk :

$P = Np \times \rho \times N^3 \times Da^5$ [Geankoplis, p.145]

$= 1{,}5 \times 995{,}67\ kg/m^3 \times (150/60)^3 \times (0{,}6056)^5\ m^5$

$= 1.900{,}89$ W = 1,9009 kW = 2,5491 hp

$P = 4 \times 2{,}5491$ hp = 10,1964

Dari Peter and Timmerhause, 3th ed, fig.14-38, p.521, efisiensi motor = 86 %, maka :

$$\text{Power yang dibutuhkan} = \frac{10{,}1964\ \text{hp}}{0{,}86} = 11{,}8542\ \text{hp} \sim 12\ \text{hp}$$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 4,87 m^3
- Diameter = 1,51 m

- Tinggi tangki = 3,89 m
- Tinggi shell = 2,27 m
- Tinggi dish = 0,31 m
- Tinggi konis = 1,25 m
- Tinggi nozzle = 0,07 m
- Tebal shell = 0,1345 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1461 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1387 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C
- Pengaduk = *pitched six blade turbine*
- Power motor = 11,8542 hp ~ 12 hp
- Jumlah = 1 unit

5. Tangki Perendaman (F-113)

Fungsi : Untuk merendam tomat dan cabai merah dengan menggunakan larutan garam $CaCl_2$ sebelum masuk tangki perebusan (F-120) yang berguna untuk menekan terjadinya perubahan – perubahan sifat produk selama pengolahan agar tomat yang dihasilkan tidak lembek/rusak.

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis.

Waktu tinggal : 10 menit

Kondisi operasi : T = 30 °C

Sistem : Batch

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Tomat bersih	1.232,36	0,2381
Cabai merah bersih	61,50	0,0119
Air yang terikut dipermukaan bahan baku sewaktu proses pencucian	1,29	$2,4919.10^{-5}$
Larutan garam $CaCl_2$	3.881,62	0,7498
Total	5.176,77	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m³)	Xi/ρ
Tomat bersih	0,2381	672	$3,5432.10^{-4}$
Cabai merah bersih	0,0119	184,60	$6,4464.10^{-5}$
Air yang terikut dipermukaan bahan baku sewaktu proses pencucian	$2,4919.10^{-5}$	995,68	$2,5027.10^{-8}$
Larutan garam $CaCl_2$	0,7498	995,67	$7,5306.10^{-4}$
Total	1		$1,1719.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1,1719.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 853,34\ {kg}/{m^3} = 53,2745\ {lb}/{ft^3}$$

$$\text{Rate volume feed masuk} = \frac{5.176,77\ {kg}/{batch}}{853,34\ {kg}/{m^3}} = 6,07\ {m^3}/{batch}$$

$$= 214,23\ {ft^3}/{batch} \times 1\ \text{batch} = 214,23\ ft^3$$

Direncanakan :

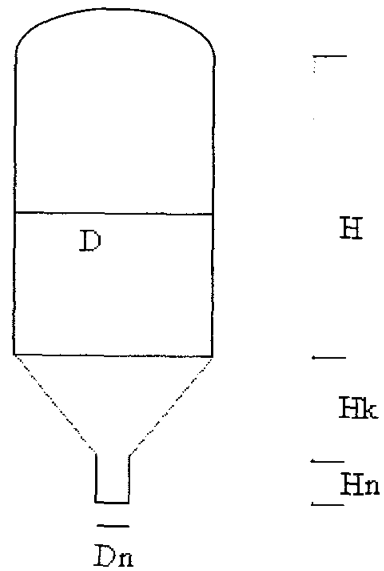
- Campuran menepati 80 % volume tangki

- $V_{total\ tangki} = \frac{214,23\ ft^3}{0,8} = 267,78\ ft^3 = 7,5831\ m^3 = 7,58\ m^3$

Dimensi tangki :

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 5 in = 0,42 ft = 0,13 m
- α = 30 °
- H = 1,5 D



Keterangan :

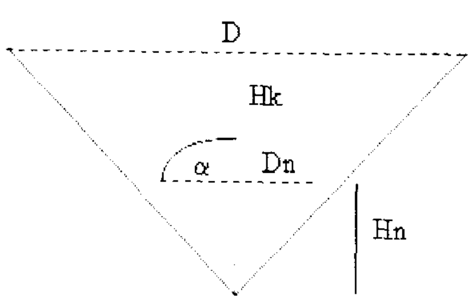
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\ tg\ \alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\ D$$

$$= 1{,}1775\ D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\ 2}\right) Hn$$

$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\ tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\ 2}\right)\left(\frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}\right)$$

$$= \left(\frac{\pi}{24} \frac{D^3}{tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24} \frac{Dn^3}{tg\ \alpha}\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^o}\left(D^3 - (0{,}42)^3\right)$$

$$= 0{,}2266\ D^3 - 0{,}0168$$

$V_{dished\ head}$ = $0{,}000049\ Di^3$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki}$ = $V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

$267{,}78\ ft^3$ = $1{,}1775\ D^3 + (0{,}2266\ D^3 - 0{,}0168) + 0{,}000049\ D^3$

$267{,}78\ ft^3$ = $1{,}4041\ D^3 - 0{,}0168$

$267{,}7968\ ft^3$ = $1{,}4041\ D^3$

D = 5,7562 ft = 69,0744 in = 1,7545 m = 1,75 m

H_{shell} = 1,5 × 5,7562 ft = 8,6343 ft = 103,6116 in = 2,63 m

$$\text{Vol campuran dalam konis} = \frac{\pi}{24\ \text{tg}\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ \text{tg}\ 30^\circ}\left((5{,}7562\ \text{ft})^3 - (0{,}42\ \text{ft})^3\right)$$

$$= 43{,}2034\ \text{ft}^3 = 1{,}2234\ \text{m}^3$$

$$\text{Tinggi camp dalam nozzle (Hn)} = \frac{Dn}{2\ \text{tg}\ \alpha}$$

$$= \frac{0{,}42\ \text{ft}}{2\ \text{tg}\ 30^\circ} = 0{,}3637\ \text{ft} = 0{,}1109\ \text{m} = 0{,}11\ \text{m}$$

$$\text{Tinggi campuran dalam konis (Hk)} = \frac{D - Dn}{2.\text{tg}.\alpha}$$

$$= \frac{5{,}7562\ \text{ft} - 0{,}42\ \text{ft}}{2.\text{tg}\ 30^\circ} = 4{,}6213\ \text{ft} = 1{,}41\ \text{m}$$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$$\frac{\pi}{4}D^2H_l = 267{,}78\ \text{ft}^3 - 43{,}2034\ \text{ft}^3$$

$$\frac{\pi}{4}(5{,}7562\ \text{ft})^2 H_l = 224{,}5766\ \text{ft}^3$$

Tinggi camp dalam shell (H_l) = 8,6342 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_l + Hk)

= 8,6342 ft + 4,6213 ft

= 13,2555 ft = 4,0403 m = 4,04 m

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1{,}2\ P_{operasi}$

- $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho_{campuran} H_{camp}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{53{,}2745\ {}^{lb}/_{ft^3} \times 13{,}2555\ ft \times 1\ ft^2}{144\ in^2} = 4{,}9040\ psi$$

- $P_{design} = 1{,}2 \times P_{operasi} = 1{,}2 \times 4{,}9040\ psi = 5{,}8848\ psi$

Tebal tangki :

Direncanakan :

➢ Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)

➢ Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7^{th}ed)

➢ Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

a. Tebal shell (tebal tangki) :

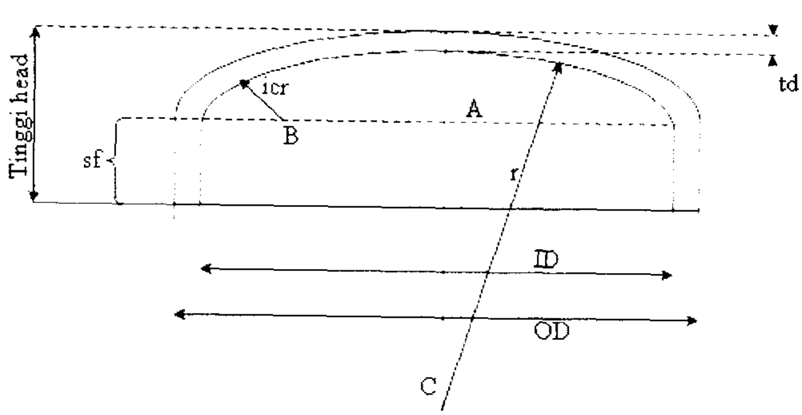
- $t_{shell} = \frac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)

- $t_{shell} = \frac{5{,}8848\ {}^{lb}/_{in^2} \times 69{,}0744\ in}{2.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}8848\ {}^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1386\ in$

$t_{shell} \sim {}^{3}/_{16}\ in = 0{,}1875\ in$, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = ${}^{3}/_{16}\ in$

c. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish (head/bottom)*, mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

W $= \frac{1}{4}\left(3+\sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2 t

  = 69,0744 in + 2.(0,1875 in) = 69,4494 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 72 in
- r = 72 in
- icr = 4,375 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W=\frac{1}{4}\left(3+\left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right)=\frac{1}{4}\left(3+\left(\frac{72\text{ in}}{4{,}375\text{ in}}\right)^{0,5}\right)=1{,}7642\text{ in}$
- $a=\frac{Di}{2}=\frac{69{,}0744\text{ in}}{2}=34{,}5372\text{ in}$
- AB = a – icr = 34,5372 in – 4,375 in = 30,1622 in
- BC = r – icr = 72 in – 4,375 in = 67,6250 in
- $b = r-\left(\sqrt{BC^2-AB^2}\right)$

$$= 72\,\text{in} - \left(\sqrt{(67{,}6250\,\text{in})^2 - (30{,}1622\,\text{in})^2}\right) = 11{,}4741\,\text{in}$$

- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

$$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0{,}2.P_{desain}} + c$$

$$t_{dish} = \frac{5{,}8848\,{}^{lb}/_{in^2} \times 72\,\text{in} \times 1{,}7642\,\text{in}}{2 \times 18750 \times 0{,}8 - 0{,}2 \times 5{,}8848\,{}^{lb}/_{in^2}} + 0{,}125\,\text{in} = 0{,}1499\,\text{in}$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart

$= {}^{3}/_{16}\,\text{in}$

Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

= 0,1875 in + 11,4741 in + 2 in

= 13,6616 in = 0,35 m

d. Tebal konis

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{5{,}8848\,{}^{lb}/_{in^2} \times 69{,}0744\,\text{in}}{2\cos 30.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}8848\,{}^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125\,\text{in} = 0{,}1406\,\text{in}$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= {}^{3}/_{16}\,\text{in}$

- $Hn = \frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}$

$$= \frac{0{,}42\,\text{ft}}{2\,tg\,30^o} = 0{,}3637\,\text{ft} = 4{,}3644\,\text{in} = 0{,}11\,\text{m}$$

- $Hk = \dfrac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

  $= \dfrac{5,7562 \text{ ft} - 0,42 \text{ ft}}{2.tg\ 30^\circ} = 4,6213 \text{ ft} = 55,4554 \text{ in} = 1,41 \text{ m}$

- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

  = (103,6116 + 13,6616 + 55,4554 + 4,3644) in

  = 177,0930 in = 14,7558 ft = 4,4982 m = 4,50 m

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 7,58 m^3
- Diameter = 1,75 m
- Tinggi tangki = 4,50 m
- Tinggi shell = 2,63 m
- Tinggi dish = 0,35 m
- Tinggi konis = 1,41 m
- Tinggi nozzle = 0,11 m
- Tebal shell = 0,1386 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1499 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1406 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C
- Jumlah = 1 buah

8. *Belt Conveyor* II (J-115)

Fungsi : Untuk mengangkut tomat dan cabai merah dari tangki perendaman (F-113) menuju ke *bucket elevator* II (J-121).

Tipe : *Belt conveyor.*

Waktu tinggal : 10 menit = 600 s = 0,17 jam

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengangkut bahan yang berbentuk padatan.

Kondisi operasi : T = 30 °C, P = 1 atm

Perhitungan :

Massa bahan masuk = 5.176,77 $^{kg}/_{batch}$ = 30.451,59 $^{kg}/_{jam}$ = 30,45 $^{ton}/_{jam}$

Panjang *belt* = 5 m

Sudut elevasi = 0°

Dari Perry, 7[th] ed, tabel 21-7 diperoleh :

- Lebar *belt* = 35 cm
- *Belt plies* = 3 – 5
- Kecepatan *belt* = 30,5 $^{m}/_{menit}$
- Kapasitas = 32 $^{ton}/_{jam}$

$$\text{Kecepatan belt} = \frac{30{,}45\ ^{ton}/_{jam}}{32\ ^{ton}/_{jam}} \times 30{,}5\ ^{m}/_{menit} = 29{,}0227\ ^{m}/_{menit}$$

hp = kapasitas × H × 0,002 × C [Perry, 3[th] ed p.1355]

dimana : H = panjang belt conveyor (m)

C = Material factor, dan dari Perry, 3[th] ed, hal 1356 untuk tomat harga C = 1

$$hp = 30{,}45\ ^{ton}/_{jam} \times 5\ m \times 0{,}002 \times 1 = 0{,}3045\ hp$$

Efisiensi motor = 80% [Perry, 3[th] ed, p.521]

Power motor = $\frac{0{,}3045\ hp}{0{,}8}$ hp = 0,3806 hp ≈ 0,5 hp

Spesifikasi :

- Kapasitas total = 30,45 $^{ton}/_{jam}$
- Panjang horizontal = 5 m
- Kecepatan belt = 29,02 $^{m}/_{menit}$
- Tenaga motor = 0,5 hp
- Bahan konstruksi = *Rubber* dan *Stainless steel*
- Jumlah = 1 buah

9. *Bucket elevator* II (J-121)

Fungsi : Mengangkut tomat dan cabai merah dari *belt conveyor* II (J-115) menuju ke tangki perebusan (*cooker*) (F-120).

Tipe : Centrifugal discharge bucket on belt

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengangkut bahan baku secara vertical.

Kondisi operasi : T = 30 °C

P = 1 atm

Waktu tinggal : 10 $^{menit}/_{batch}$ = 0,17 $^{jam}/_{batch}$

Kapasitas bahan baku : 1.297,01 $^{kg}/_{batch}$ = 7.629,47 $^{kg}/_{jam}$ = 7,63 $^{ton}/_{jam}$

Sudut elevasi = 90 °

Dari Perry 7th ed, table 21–8 p 21–15, untuk kapasitas 7,63 $^{ton}/_{jam}$ diperoleh data untuk kapasitas 14 $^{ton}/_{jam}$:

Ukuran bucket = $6 \times 4 \times 4{,}25$ in

Jarak bucket = 12 in

Kecepatan bucket = $225\ {}^{ft}/_{menit}$

Putaran head shaft = 43 rpm

Shaft diameter = Head = $1\,{}^{15}/_{16}$ in, Tail = $1\,{}^{11}/_{16}$ in

Diameter of pulleys = Head = 20 in, Tail = 14 in

Lebar belt = 7 in = 0,18 m

Maka untuk kapasitas $7{,}63\ {}^{ton}/_{jam}$ memperoleh spesifikasi bucket sebagai berikut :

- Kecepatan bucket $= \dfrac{7{,}63\ {}^{ton}/_{jam}}{14\ {}^{ton}/_{jam}} \times 225\ {}^{ft}/_{menit} = 122{,}63\ {}^{ft}/_{menit}$

- Putaran head shaft $= \dfrac{7{,}63\ {}^{ton}/_{jam}}{14\ {}^{ton}/_{jam}} \times 43\text{ rpm} = 23{,}44\text{ rpm}$

- Power bucket elevator (hp) $= \dfrac{TPH \times L}{500}$ ....(Perry, 6th ed, table 7 - 9)

Dimana : TPH = Kapasitas (${}^{ton}/_{jam}$) = $7{,}63\ {}^{ton}/_{jam}$

L = Tinggi elevasi bucket diambil = 20 ft

Power bucket elevator (hp) $= \dfrac{7{,}63\ {}^{ton}/_{jam} \times 20\text{ ft}}{500} = 0{,}3052\text{ hp}$

Efisiensi motor = 80 % (Peters & Timmerhaus, 3rd ed, fig 13 - 38, p 551)

Power motor yg dipakai $= \dfrac{100\,\%}{80\,\%} \times 0{,}3052\text{ hp} = 0{,}3815\text{ hp} \approx 0{,}5\text{ hp}$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 7,63 $^{ton}/_{jam}$
- Kecepatan bucket = 122,63 $^{ft}/_{menit}$ = 37,38 $^{m}/_{menit}$
- Putaran head shaft = 23,44 rpm
- Shaft diameter = Head = 1 $^{15}/_{16}$ in, Tail = 1 $^{11}/_{16}$ in
- Diameter of pulleys = Head = 20 in, Tail = 14 in
- Lebar belt = 7 in = 0,18 m
- Tinggi elevator = 20 ft = 6 m
- Ukuran bucket = 6 × 4 × 4,25 in
- Spasi bucket = 12 in = 0,30
- Power motor = 0,5 hp
- Bahan konstruksi = Driving head and boat = Carbon steel

  Roda = Carbon steel

  Bucket = Cast iron

  Belt = Rubber
- Jumlah = 1 unit

10. Tangki Perebusan (*Cooker*) (F-120)

Fungsi : Untuk merebus tomat dan cabai merah yang berguna untuk memudahkan proses penggilingan, selain itu untuk mengurangi jumlah mikroba pada tomat sekaligus menonaktifkan enzim penyebab perubahan warna, dengan demikian warna saus yang dihasilkan menjadi bagus.

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis dilengkapi dengan jaket pemanas.

Waktu tinggal : 10 menit

Kondisi operasi : T = 85 °C

Sistem : Batch

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Tomat	1.233,59	0,2378
Cabai merah	63,03	0,0122
Larutan garam $CaCl_2$ yang terikut dipermukaan bahan baku	0,39	$7,5190.10^{-5}$
Air	3.889,86	0,7499
Total	5.186,87	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m³)	Xi/ρ
Tomat	0,2378	672	$3,5387.10^{-4}$
Cabai merah	0,0122	184,60	$6,6089.10^{-5}$
Larutan garam $CaCl_2$ yang terikut dipermukaan bahan baku	$7,5190.10^{-5}$	995,67	$7,5517.10^{-8}$
Air	0,7499	995,68	$7,5315.10^{-4}$
Total	1		$1,1732.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1,1732.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 852,38\ \mathrm{kg}/\mathrm{m}^3 = 53,2146\ \mathrm{lb}/\mathrm{ft}^3$$

Rate volume feed masuk $= \dfrac{5.186,87 \; ^{kg}/_{batch}}{852,38 \; ^{kg}/_{m^3}} = 6,09 \; ^{m^3}/_{batch}$

$= 214,89 \; ^{ft^3}/_{batch} \times 1 \text{ batch} = 214,89 \text{ ft}^3$

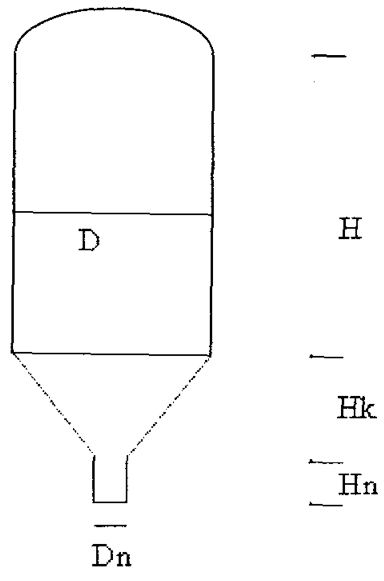
Direncanakan :

- Campuran menepati 80 % volume tangki
  - $V_{total\ tangki} = \dfrac{214,89 \text{ ft}^3}{0,8} = 268,61 \text{ ft}^3 = 7,6065 \text{ m}^3 = 7,61 \text{ m}^3$

Dimensi tangki :

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 5 in = 0,42 ft = 0,13 m (r = 0,065 m)
- $\alpha = 30^{o}$
- H = 1,5 D



Keterangan :

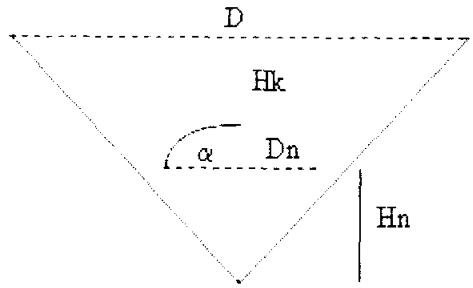
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\ tg\ \alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1,5\ D$$

$$= 1,1775\ D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\ 2}\right) Hn$$

$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\ tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\ 2}\right)\left(\frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}\right)$$

$$= \left(\frac{\pi}{24} \frac{D^3}{tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24} \frac{Dn^3}{tg\ \alpha}\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^\circ}\left(D^3 - (0,42)^3\right)$$

$$= 0,2266\ D^3 - 0,0168$$

$V_{dished\ head} = 0,000049\ Di^3$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki} = V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

$268{,}61\ ft^3 = 1{,}1775\ D^3 + (0{,}2266\ D^3 - 0{,}0168) + 0{,}000049\ D^3$

$268{,}61\ ft^3 = 1{,}4041\ D^3 - 0{,}0168$

$268{,}6268\ ft^3 = 1{,}4041\ D^3$

$D = 5{,}7621\ ft = 69{,}1457\ in = 1{,}7563\ m = 1{,}76\ m\ \ (R = 0{,}8782\ m)$

$H_{shell} = 1{,}5 \times 5{,}7621\ ft = 8{,}6432\ ft = 103{,}7178\ in = 2{,}63\ m$

$$\text{Vol campuran dalam konis} = \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^\circ}\left((5{,}7621\ ft)^3 - (0{,}42\ ft)^3\right)$$

$$= 43{,}3364\ ft^3 = 1{,}2272\ m^3$$

$$\text{Tinggi camp dalam nozzle (Hn)} = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$= \frac{0{,}42\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}3637\ ft = 0{,}1109\ m = 0{,}11\ m$$

$$\text{Tinggi campuran dalam konis (Hk)} = \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$$

$$= \frac{5{,}7621\ ft - 0{,}42\ ft}{2.tg\ 30^\circ} = 4{,}6264\ ft = 1{,}41\ m$$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$$\frac{\pi}{4} D^2 H_l = 268{,}61\ ft^3 - 43{,}3364\ ft^3$$

$$\frac{\pi}{4}(5{,}7621\ ft)^2 H_l = 225{,}2736\ ft^3$$

Tinggi camp dalam shell (H_l) = 8,6433 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_l + Hk)

$= 8{,}6433 \text{ ft} + 4{,}6264 \text{ ft}$

$= 13{,}2697 \text{ ft} = 4{,}0447 \text{ m} = 4{,}04 \text{ m}$

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1{,}2\ P_{operasi}$

  - $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho_{campuran} H_{camp}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{53{,}2146 \ ^{lb}/_{ft^3} \times 13{,}2697 \text{ ft} \times 1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 4{,}9038 \text{ psi}$$

  - $P_{design} = 1{,}2 \times P_{operasi} = 1{,}2 \times 4{,}9038 \text{ psi} = 5{,}8845 \text{ psi}$

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7th ed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

a. Tebal shell (tebal tangki) :

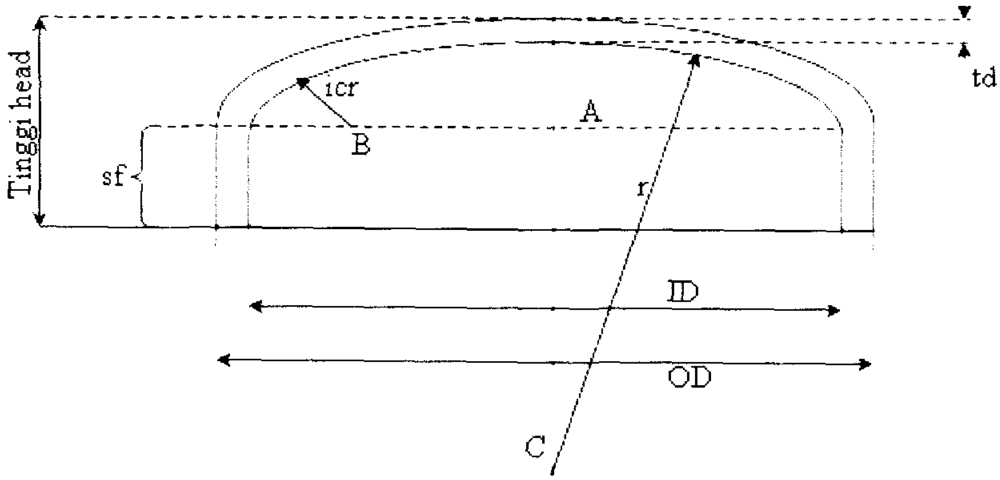
- $t_{shell} = \dfrac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)

- $t_{shell} = \dfrac{5{,}8845 \ ^{lb}/_{in^2} \times 69{,}1457 \text{ in}}{2.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}8845 \ ^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125 \text{ in} = 0{,}1386 \text{ in}$

$t_{shell} \sim \ ^3/_{16} \text{ in} = 0{,}1875 \text{ in}$, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = $^3/_{16}$ in

b. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish (head/bottom)*, mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

W $= \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2 t

  = 69,1457 in + 2.(0,1875 in) = 69,5207 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 72 in
- r = 72 in
- icr = 4,375 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{72\ in}{4,375\ in}\right)^{0,5}\right) = 1,7642\ in$
- $a = \frac{Di}{2} = \frac{69,1457\ in}{2} = 34,5729\ in$
- $AB = a - icr = 34,5729\ in - 4,375\ in = 30,1979\ in$
- $BC = r - icr = 72\ in - 4,375\ in = 67,6250\ in$
- $b = r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$

  $= 72\ in - \left(\sqrt{(67,6250\ in)^2 - (30,1979\ in)^2}\right) = 11,4919\ in$
- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

  $$t_{dish} = \frac{P_{desain} . r_c . W}{2.f.E - 0,2.P_{desain}} + c$$

  $$t_{dish} = \frac{5,8845\ lb/in^2 \times 72\ in \times 1,7642\ in}{2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 5,8845\ lb/in^2} + 0,125\ in = 0,1499\ in$$

  Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart $= 3/16$ in

  Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in
- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

  = 0,1875 in + 11,4919 in + 2 in

  = 13,6794 in = 0,35 m

c. Tebal konis

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{5{,}8845\ {}^{lb}/_{in^2} \times 69{,}1457\ in}{2\cos 30.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}8845\ {}^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1407\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= {}^{3}/_{16}\ in$

- Hn $= \dfrac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$

  $= \dfrac{0{,}42\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}3637\ ft = 4{,}3644\ in = 0{,}11\ m$

- Hk $= \dfrac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

  $= \dfrac{5{,}7621\ ft - 0{,}42\ ft}{2.tg\ 30^\circ} = 4{,}6264\ ft = 55{,}5167\ in = 1{,}41\ m$

- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

  = (103,7178 + 13,6794 + 55,5167 + 4,3644) in

  = 177,2783 in = 14,7732 ft = 4,5029 m = 4,50 m

Perancangan jaket pemanas :

Operasi pabrik per hari untuk tangki perebusan = 3 batch per hari dengan waktu pemanasan selama 0,17 jam per batch.

Dari neraca panas diketahui :

Laju alir massa steam = 555,94 ${}^{kg}/_{batch}$ = 3.270,24 ${}^{kg}/_{jam}$

$\rho_{steam}\ (120^\circ C) = \dfrac{1}{0{,}8919\ {}^{m^3}/_{kg}} = 1{,}1212\ {}^{kg}/_{m^3}$ (Geankoplis, tabel A.2-9)

$$\text{Debit steam} = \frac{\text{Laju alir massa steam}}{\rho_{steam}} = \frac{3.270{,}24\ \text{kg/jam}}{1{,}1212\ \text{kg/m}^3}$$

$$= 2.916{,}73\ \text{m}^3/\text{jam} = 0{,}81\ \text{m}^3/\text{s}$$

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

Do_{shell} = ID + 2 × ts

= 1,7563 m + 2 × 0,004763 m

= 1,7658 m

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

Debit = A × V

$$0{,}81\ \text{m}^3/\text{s} = \frac{\pi}{4} \times (Di^2_{jaket} - Do^2_{Shell}) \times V$$

$$= \frac{\pi}{4} \times (Di^2_{jaket} - (1{,}7658)^2) \times 0{,}3048\ \text{m/s}$$

$$2{,}6575\ \text{m}^2 = \frac{\pi}{4} \times (Di^2_{jaket} - 3{,}1180)$$

$$6{,}5034\ \text{m}^2 = Di^2_{jaket}$$

Di_{jaket} = 2,5502 m

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

2,5502 m = 1,7658 m + jaket spacing

Jaket spacing = 0,7844 m ~ 0,78 m

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

Do_{jaket} = 2,5502 m + 2 × 0,78 m

Do_{jaket} = 4,119 m

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

Overall U_D = 100 – 200 $\mathrm{Btu}/\mathrm{hr.ft^2.\,^oF}$, diambil U_D = 200 $\mathrm{Btu}/\mathrm{hr.ft^2.\,^oF}$ =

4.085,94 $\mathrm{kJ}/\mathrm{jam.m^2.K}$ (Kern tabel 8, hal 840)

Keterangan :

T_1 = suhu steam masuk = 120 °C

T_2 = suhu steam keluar = 85 °C

t_1 = suhu bahan masuk = 30°C

θ = waktu = 10 menit = 0,17 jam

M = massa bahan dalam tangki = 5.186,87 $\mathrm{kg}/\mathrm{batch}$

C = 4,181 $\mathrm{kJ}/\mathrm{kg.\,^oC}$

$$\ln\frac{(120-30)}{(85-30)} = \frac{4.085{,}94\ \mathrm{kJ}/\mathrm{jam.m^2.K} \times A \times 0{,}17\ \mathrm{jam}}{5.186{,}87\ \mathrm{kg} \times 4{,}181\ \mathrm{kJ}/\mathrm{kg.\,^oC}}$$

$$0{,}4925 = \frac{694{,}61\ \mathrm{1/m^2} \times A}{21.686{,}30}$$

A = 15,3763 m^2

A = luas jaket pada shell + luas jaket pada konis

15,3763 m^2 = $\pi.Do_{shell}.Hj + (\pi.R.S - \pi.r.s)$

$= \pi \times 1{,}7658\ m \times Hj + \pi \times (R \times \dfrac{R}{\sin\alpha} - r \times \dfrac{r}{\sin\alpha})$

$= \pi \times 1{,}7658\ m \times Hj + \dfrac{\pi}{\sin\alpha} \times (R^2 - r^2)$

$= \pi \times 1{,}7658 \text{ m} \times Hj + \frac{\pi}{\sin 30} \times (0{,}8782^2 - 0{,}065^2)$

$= \pi \times 1{,}7658 \text{ m} \times Hj + 4{,}8168 \text{ m}^2$

$10{,}5595 \text{ m}^2 = \pi \times 1{,}7658 \text{ m} \times Hj$

$H_{jaket} = 1{,}90 \text{ m} < H_{shell}$ (2,63 m) → memenuhi syarat

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 7,61 m^3
- Diameter = 1,76 m
- Tinggi tangki = 4,50 m
- Tinggi shell = 2,63 m
- Tinggi dish = 0,35 m
- Tinggi konis = 1,41 m
- Tinggi nozzle = 0,11 m
- Tebal shell = 0,1386 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1499 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1407 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tinggi jaket = 1,90 m
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C
- Jumlah = 1 unit

11. *Belt Conveyor* III (J-122)

Fungsi : Untuk mengangkut tomat dan cabai merah matang dari tangki perebusan (F-120) menuju ke *bucket elevator* III (J-123).

Tipe : *Belt conveyor.*

Waktu tinggal : 10 menit = 600 s = 0,17 jam

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengangkut bahan yang berbentuk padatan.

Kondisi operasi : T = 30 °C, P = 1 atm

Perhitungan :

Massa bahan masuk = 5.186,87 $^{kg}/_{batch}$ = 30.511 $^{kg}/_{jam}$ = 30,5 $^{ton}/_{jam}$

Panjang *belt* = 5 m

Sudut elevasi = 0°

Dari Perry, 7th ed, tabel 21-7 diperoleh :

- Lebar *belt* = 35 cm
- *Belt plies* = 3 – 5
- Kecepatan *belt* = 30,5 $^{m}/_{menit}$
- Kapasitas = 32 $^{ton}/_{jam}$

Kecepatan *belt* $= \dfrac{30{,}5\ ^{ton}/_{jam}}{32\ ^{ton}/_{jam}} \times 30{,}5\ ^{m}/_{menit} = 29{,}07\ ^{m}/_{menit}$

hp = kapasitas × H × 0,002 × C [Perry, 3th ed p.1355]

dimana : H = panjang belt conveyor (m)

C = Material factor, dan dari Perry, 3th ed, hal 1356 untuk tomat harga C = 1

hp = 30,5 $^{ton}/_{jam}$ × 5 m × 0,002 × 1 = 0,305 hp

Efisiensi motor = 80% [Perry, 3th ed, p.521]

Power motor = $\frac{0{,}305\ \text{hp}}{0{,}8}$ hp = 0,3813 hp ≈ 0,5 hp

Spesifikasi :

- Kapasitas total = 30,5 $^{ton}/_{jam}$
- Panjang horizontal = 5 m
- Kecepatan belt = 29,07 $^{m}/_{menit}$
- Tenaga motor = 0,5 hp
- Bahan konstruksi = *Rubber* dan *Stainless steel*
- Jumlah = 1 unit

12. *Bucket elevator* III (J-123)

Fungsi : Mengangkut tomat dan cabai merah matang dari *belt conveyor* III (J-122) menuju ke tangki penampung I (F-124).

Tipe : *Centrifugal discharge bucket on belt*

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengangkut bahan baku secara vertical.

Kondisi operasi : T = 85 °C

P = 1 atm

Waktu tinggal : 10 $^{menit}/_{batch}$ = 0,17 $^{jam}/_{batch}$

Kapasitas bahan baku : 1.337,56 $^{kg}/_{batch}$ = 7.868 $^{kg}/_{jam}$ = 7,87 $^{ton}/_{jam}$

Sudut elevasi = 90 °

Dari Perry 7th ed, table 21–8 p 21–15, untuk kapasitas 7,87 $^{ton}/_{jam}$ diperoleh data untuk kapasitas 14 $^{ton}/_{jam}$:

Ukuran bucket	= 6 × 4 × 4,25 in
Jarak bucket	= 12 in
Kecepatan bucket	= 225 $^{ft}/_{menit}$
Putaran head shaft	= 43 rpm
Shaft diameter	= Head = $1\,^{15}/_{16}$ in, Tail = $1\,^{11}/_{16}$ in
Diameter of pulleys	= Head = 20 in, Tail = 14 in
Lebar belt	= 7 in

Maka untuk kapasitas 7,87 $^{ton}/_{jam}$ memperoleh spesifikasi bucket sebagai berikut :

- Kecepatan bucket $= \dfrac{7{,}87\ ^{ton}/_{jam}}{14\ ^{ton}/_{jam}} \times 225\ ^{ft}/_{menit} = 126{,}48\ ^{ft}/_{menit}$

- Putaran head shaft $= \dfrac{7{,}87\ ^{ton}/_{jam}}{14\ ^{ton}/_{jam}} \times 43\ \text{rpm} = 24{,}17\ \text{rpm}$

- Power bucket elevator (hp) $= \dfrac{TPH \times L}{500}$ ....(Perry, 6th ed, table 7 - 9)

  Dimana : TPH = Kapasitas ($^{ton}/_{jam}$) = 7,87 $^{ton}/_{jam}$

  L = Tinggi elevasi bucket diambil = 16 ft

  Power bucket elevator (hp) $= \dfrac{7{,}87\ ^{ton}/_{jam} \times 16\ \text{ft}}{500} = 0{,}2518\ \text{hp}$

Efisiensi motor = 80 % (Peters & Timmerhaus, 3rd ed, fig 13 - 38, p 551)

Power motor yg dipakai $= \frac{100\,\%}{80\,\%} \times 0{,}2518 \text{ hp} = 0{,}3148 \text{ hp} \approx 0{,}5 \text{ hp}$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 7,87 $^{ton}/_{jam}$
- Kecepatan bucket = 126,48 $^{ft}/_{menit}$ = 38,55 $^{m}/_{menit}$
- Putaran head shaft = 24,17 rpm
- Shaft diameter = Head = $1\,^{15}/_{16}$ in, Tail = $1\,^{11}/_{16}$ in
- Diameter of pulleys = Head = 20 in, Tail = 14 in
- Lebar belt = 7 in = 0,18 m
- Tinggi elevator = 16 ft = 4,88 m
- Ukuran bucket = 6 × 4 × 4,25 in
- Spasi bucket = 12 in = 0,30
- Power motor = 0,5 hp
- Bahan konstruksi = Driving head and boat = Carbon steel
  Roda = Carbon steel
  Bucket = Cast iron
  Belt = Rubber
- Jumlah = 1 unit

13. Tangki Penampung I (F-124)

Fungsi : Untuk menampung bahan baku matang sebelum menuju ke *rotary knife cutter* (C-213).

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis.

Waktu tinggal : 15 menit

Kondisi operasi : T = 30 °C

Sistem : Batch

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Tomat bersih	1.258,51	0,9409
Cabai merah bersih	78,66	0,0588
Air yang terikut dipermukaan bahan baku sewaktu proses perebusan	0,39	$2,9158.10^{-4}$
Total	1.337,56	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m³)	Xi/ρ
Tomat bersih	0,9409	672	$1,4001.10^{-3}$
Cabai merah bersih	0,0588	184,60	$3,1853.10^{-4}$
Air yang terikut dipermukaan bahan baku sewaktu proses perebusan	$2,9158.10^{-4}$	995,68	$2,9285.10^{-7}$
Total	1		$1,7189.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1,7189.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 581,76 \, {}^{kg}/_{m^3} = 36,3196 \, {}^{lb}/_{ft^3}$$

Rate volume feed masuk $= \dfrac{1.337{,}56\ ^{kg}/_{batch}}{581{,}76\ ^{kg}/_{m^3}} = 2{,}2992\ ^{m^3}/_{batch}$

$= 81{,}19\ ^{ft^3}/_{batch} \times 1\ \text{batch} = 81{,}19\ ft^3$

Direncanakan :

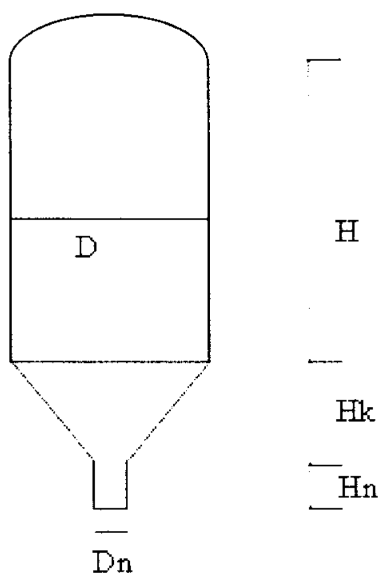
- Campuran menepati 80 % volume tangki

  - $V_{total\ \ tangki} = \dfrac{81{,}19\ ft^3}{0{,}8} = 101{,}4889\ ft^3 = 2{,}8740\ m^3 = 2{,}87\ m^3$

Dimensi tangki :

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 5 in = 0,42 ft = 0,13 m
- $\alpha = 30\ ^o$
- H = 1,5 D



Keterangan :

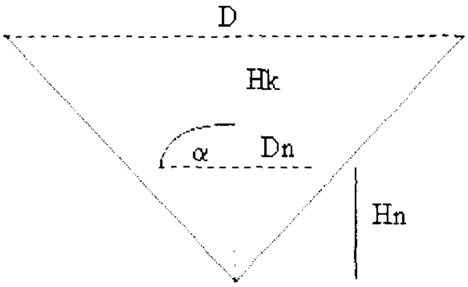
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\,tg\,\alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\,tg\,\alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\,D$$

$$= 1{,}1775\,D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\,2}\right) Hn$$

$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\,tg\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\,2}\right)\left(\frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}\right)$$

$$= \left(\frac{\pi}{24}\frac{D^3}{tg\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24}\frac{Dn^3}{tg\,\alpha}\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\,tg\,\alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\,tg\,30^\circ}\left(D^3 - (0{,}42)^3\right)$$

$$= 0{,}2266\,D^3 - 0{,}0168$$

$V_{dished\ head} = 0{,}000049\ Di^3$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{\text{total tangki}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{konis}} + V_{\text{dished head}}$

$101{,}49\ ft^3 = 1{,}1775\ D^3 + (0{,}2266\ D^3 - 0{,}0168) + 0{,}000049\ D^3$

$101{,}49\ ft^3 = 1{,}4041\ D^3 - 0{,}0168$

$101{,}5068\ ft^3 = 1{,}4041\ D^3$

$D = 4{,}1658\ ft = 49{,}9897\ in = 1{,}2697\ m = 1{,}27\ m$

$H_{\text{shell}} = 1{,}5 \times 4{,}1658\ ft = 6{,}2487\ ft = 74{,}9844\ in = 1{,}9046\ m = 1{,}90\ m$

$$\text{Vol campuran dalam konis} = \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^\circ}\left((4{,}1658\ ft)^3 - (0{,}42\ ft)^3\right)$$

$$= 16{,}3655\ ft^3 = 0{,}4634\ m^3$$

$$\text{Tinggi camp dalam nozzle (Hn)} = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$= \frac{0{,}42\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}3637\ ft = 0{,}1109\ m = 0{,}11\ m$$

$$\text{Tinggi campuran dalam konis (Hk)} = \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$$

$$= \frac{4{,}1658\ ft - 0{,}42\ ft}{2.tg\ 30^\circ} = 3{,}2440\ ft = 0{,}99\ m$$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$$\frac{\pi}{4} D^2 H_1 = 101{,}49\ ft^3 - 16{,}3655\ ft^3$$

$$\frac{\pi}{4}(4{,}1658\ ft)^2 H_1 = 85{,}1245\ ft^3$$

Tinggi camp dalam shell (H_1) = 6,2487 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_1 + Hk)

= 6,2487 ft + 3,2440 ft

= 9,4927 ft = 2,8934 m = 2,89 m

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1{,}2\ P_{operasi}$

  - $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho_{campuran} H_{camp}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

    $= \dfrac{36{,}3196\ \mathrm{lb/ft^3} \times 9{,}4927\ \mathrm{ft} \times 1\ \mathrm{ft^2}}{144\ \mathrm{in^2}} = 2{,}3942\ \mathrm{psi}$

  - $P_{design} = 1{,}2 \times P_{operasi} = 1{,}2 \times 2{,}3942\ \mathrm{psi} = 2{,}8731\ \mathrm{psi}$

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7thed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

a. Tebal shell (tebal tangki) :

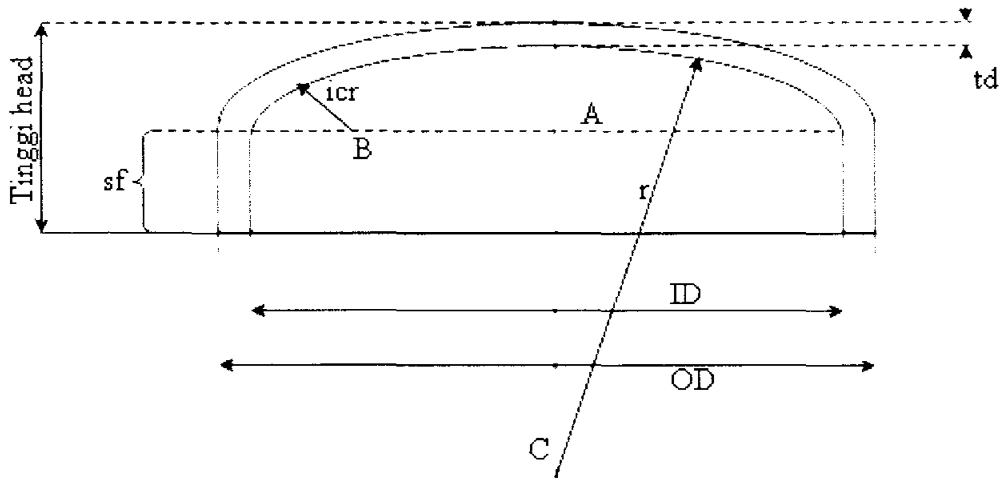
- $t_{shell} = \dfrac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)

- $t_{shell} = \dfrac{2{,}8731\ \mathrm{lb/in^2} \times 49{,}9897\ \mathrm{in}}{2.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 2{,}8731\ \mathrm{lb/in^2}\right)} + 0{,}125\ \mathrm{in} = 0{,}1298\ \mathrm{in}$

$t_{shell} \sim \frac{3}{16}$ in = 0,1875 in, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = $\frac{3}{16}$ in

b. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish* (*head/bottom*), mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

W $= \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2t

  = 49,9897 in + 2.(0,1875 in) = 50,3647 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 54 in
- r = 54 in
- icr = 3,25 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{54\ in}{3,25\ in}\right)^{0,5}\right) = 1,7690\ in$

- $a = \frac{Di}{2} = \frac{49,9897\ in}{2} = 24,9949\ in$

- AB = a – icr = 24,9949 in – 3,25 in = 21,7449 in

- BC = r – icr = 54 in – 3,25 in = 50,7500 in

- $b = r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$

  $= 54\ in - \left(\sqrt{(50,7500\ in)^2 - (21,7449\ in)^2}\right) = 8,1446\ in$

- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

  $$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0,2.P_{desain}} + c$$

  $$t_{dish} = \frac{2,8731\ {}^{lb}/_{in^2} \times 54\ in \times 1,7690\ in}{2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 2,8731\ {}^{lb}/_{in^2}} + 0,125\ in = 0,1341\ in$$

  Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart $= {}^{3}/_{16}\ in$

  Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

  = 0,1875 in + 8,1446 in + 2 in

  = 10,3321 in = 0,26 m

c. **Tebal konis**

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{2{,}8731\ {}^{lb}/_{in^2} \times 49{,}9897\ in}{2\cos 30.(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 2{,}8731\ {}^{lb}/_{in^2})} + 0{,}125\ in = 0{,}1305\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= {}^{3}/_{16}\ in$

- Hn $= \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$

$= \frac{0{,}42\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}3637\ ft = 4{,}3644\ in = 0{,}11\ m$

- Hk $= \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

$= \frac{4{,}1658\ ft - 0{,}42\ ft}{2.tg\ 30^\circ} = 3{,}2440\ ft = 38{,}9285\ in = 0{,}99\ m$

- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

= (74,9844 + 10,3321 + 38,9285 + 4,3644) in

= 128,6094 in = 10,7175 ft = 3,2667 m = 3,27 m

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 2,87 m^3
- Diameter = 1,27 m
- Tinggi tangki = 3,27 m
- Tinggi shell = 1,90 m
- Tinggi dish = 0,26 m
- Tinggi konis = 0,99 m

- Tinggi nozzle = 0,11 m
- Tebal shell = 0,1298 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1341 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1305 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C
- Jumlah = 1 unit

14. *Belt Conveyor* IV (J-125)

Fungsi : Untuk mengangkut tomat dan cabai merah matang dari tangki penampung I (F-124) ke *bucket elevator* IV (J-126).

Tipe : *Belt conveyor.*

Waktu tinggal : 10 menit = 600 s = 0,17 jam

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengangkut bahan yang berbentuk padatan.

Kondisi operasi : T = 30 °C, P = 1 atm

Perhitungan :

Massa bahan masuk = 1.337,56 $^{kg}/_{batch}$ = 7.868 $^{kg}/_{jam}$ = 7,87 $^{ton}/_{jam}$

Panjang *belt* = 5 m

Sudut elevasi = 0°

Dari Perry, 7th ed, tabel 21-7 diperoleh :

- Lebar *belt* = 35 cm
- *Belt plies* = 3 – 5

- Kecepatan *belt* = 30,5 $^{m}/_{menit}$
- Kapasitas = 32 $^{ton}/_{jam}$

$$\text{Kecepatan } belt = \frac{7{,}87\ ^{ton}/_{jam}}{32\ ^{ton}/_{jam}} \times 30{,}5\ ^{m}/_{menit} = 7{,}50\ ^{m}/_{menit}$$

hp = kapasitas × H × 0,002 × C [Perry, 3th ed p.1355]

dimana : H = panjang belt conveyor (m)

C = Material factor, dan dari Perry, 3th ed, hal 1356 untuk tomat harga C = 1

$$hp = 7{,}87\ ^{ton}/_{jam} \times 5\ m \times 0{,}002 \times 1 = 0{,}0787\ hp$$

Efisiensi motor = 80% [Perry, 3th ed, p.521]

$$\text{Power motor} = \frac{0{,}0787\ hp}{0{,}8}\ hp = 0{,}0938\ hp \approx 0{,}25\ hp$$

Spesifikasi :

- Kapasitas total = 7,87 $^{ton}/_{jam}$
- Panjang horizontal = 5 m
- Kecepatan belt = 7,50 $^{m}/_{menit}$
- Tenaga motor = 0,25 hp
- Bahan konstruksi = *Rubber* dan *Stainless steel*
- Jumlah = 1 unit

15. *Bucket Elevator* IV (J-126)

Fungsi : Mengangkut tomat dan cabai merah matang dari *belt conveyor IV* (J-125) menuju ke *rotary knife cutter* (C-213).

Tipe : *Centrifugal discharge bucket on belt*

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengangkut bahan baku secara vertical.

Kondisi operasi : T = 78 °C

P = 1 atm

Waktu tinggal : 10 $^{menit}/_{batch}$ = 0,17 $^{jam}/_{batch}$

Kapasitas bahan baku : 1.337,56 $^{kg}/_{batch}$ = 7.868 $^{kg}/_{jam}$ = 7,87 $^{ton}/_{jam}$

Sudut elevasi = 90 °

Dari Perry 7th ed, table 21–8 p 21–15, untuk kapasitas 7,87 $^{ton}/_{jam}$ diperoleh data untuk kapasitas 14 $^{ton}/_{jam}$:

Ukuran bucket = 6 × 4 × 4,25 *in*

Jarak bucket = 12 in

Kecepatan bucket = 225 $^{ft}/_{menit}$

Putaran head shaft = 43 rpm

Shaft diameter = Head = 1 $^{15}/_{16}$ in, Tail = 1 $^{11}/_{16}$ in

Diameter of pulleys = Head = 20 in, Tail = 14 in

Lebar belt = 7 in

Maka untuk kapasitas 7,87 $^{ton}/_{jam}$ memperoleh spesifikasi bucket sebagai berikut :

- Kecepatan bucket $= \dfrac{7{,}87\ ^{ton}/_{jam}}{14\ ^{ton}/_{jam}} \times 225\ ^{ft}/_{menit} = 126{,}48\ ^{ft}/_{menit}$

- Putaran head shaft $= \dfrac{7{,}87\ ^{ton}/_{jam}}{14\ ^{ton}/_{jam}} \times 43\ \text{rpm} = 24{,}17\ \text{rpm}$

- Power bucket elevator (hp) $= \dfrac{\text{TPH} \times \text{L}}{500}$ ....(Perry, 6th ed, table 7 - 9)

Dimana : TPH = Kapasitas ($^{ton}/_{jam}$) = 7,87 $^{ton}/_{jam}$

L = Tinggi elevasi bucket diambil = 33 ft

Power bucket elevator (hp) $= \dfrac{7{,}87\ ^{ton}/_{jam} \times 33\ \text{ft}}{500} = 0{,}51942\ \text{hp}$

Efisiensi motor = 80 % (Peters & Timmerhaus, 3rd ed, fig 13 - 38, p 551)

Power motor yg dipakai $= \dfrac{100\,\%}{80\,\%} \times 0{,}51942\ \text{hp} = 0{,}3148\ \text{hp} \approx 0{,}6\ \text{hp}$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 7,87 $^{ton}/_{jam}$
- Kecepatan bucket = 126,48 $^{ft}/_{menit}$ = 38,55 $^{m}/_{menit}$
- Putaran head shaft = 24,17 rpm
- Shaft diameter = Head = 1 $^{15}/_{16}$ in, Tail = 1 $^{11}/_{16}$ in
- Diameter of pulleys = Head = 20 in, Tail = 14 in
- Lebar belt = 7 in = 0,18 m

- Tinggi elevator = 16 ft = 4,88 m
- Ukuran bucket = 6 × 4 × 4,25 in
- Spasi bucket = 12 in = 0,30
- Power motor = 0,5 hp
- Bahan konstruksi = Driving head and boat = Carbon steel
  - Roda = Carbon steel
  - Bucket = Cast iron
  - Belt = Rubber
- Jumlah = 1 unit

16. *Rotary Knife Cutter* (C-213)

Fungsi : Untuk memotong tomat dan cabai merah matang yang hasil cacahannya kasar

Dasar pemilihan : - Umum digunakan dan murah

- Mudah mengatur ukuran tomat dan cabe keluar

Waktu tinggal : 30 $^{menit}/_{batch}$ = 0,5 $^{jam}/_{batch}$

Kapasitas bahan baku : 1.954,05 $^{kg}/_{batch}$ =3.908,1 $^{kg}/_{jam}$ = 8.615,93 $^{lb}/_{jam}$

<u>Perhitungan :</u>

Dari Perry 6th., p. 8 – 29., table 8 – 16 :

Untuk feed rate 1000 $^{lb}/_{jam}$, screen opening = 1,5 in, power = 11 hp

$$\text{Jumlah mesin yang dibutuhkan} = \frac{8.615{,}93\ ^{lb}/_{jam}}{1000\ ^{lb}/_{jam}} = 8{,}6160 \text{ mesin} \approx 9 \text{ mesin}$$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 3.908,1 $^{kg}/_{jam}$ = 8.615,93 $^{lb}/_{jam}$
- Screen opening = 1,5 in
- Power = 11 hp
- Bahan konstruksi = *Stainless steel*
- Jumlah = 1 unit

17. *Shredder* (C-212)

Fungsi : Untuk mencacah, merobek serta menghaluskan tomat dan cabai merah matang.

Tipe : Gruendler shedder (Hugot, 1986, p.64)

Waktu tinggal : 30 $^{menit}/_{batch}$ = 0,5 $^{jam}/_{batch}$

Kapasitas bahan baku : 1.954,05 $^{kg}/_{batch}$ = 3.908,10 $^{kg}/_{jam}$ = 3,91 $^{ton}/_{jam}$

Model : 1.220 mm (Hugot, 1986, p. 61)

Jumlah hammer : 66 buah

Dimensi hammer : 325 mm × 110 mm × 40 mm

Berat hammer : 10 kg (Hugot, p. 65)

Power : 14 $^{kW}/_{^{ton}/_{jam}}$

: 14 $^{kW}/_{^{ton}/_{jam}}$ × 3,91 $^{ton}/_{jam}$ = 54,74 kW

: 73,41 hp ~ 75 hp

18. Tangki Penampung II (F-211)

Fungsi : Untuk menampung bubur tomat yang sudah lumat

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis.

Waktu tinggal : 15 menit

Sistem : Batch

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Padatan tomat	73,94	0,0288
Padatan cabai merah	5,60	$2{,}1785.10^{-3}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	2.491	0,9691
Total	2.570,54	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m³)	Xi/ρ
Padatan tomat	0,0288	672	$4{,}2857.10^{-5}$
Padatan cabai merah	$2{,}1785.10^{-3}$	184,60	$1{,}1801.10^{-5}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	0,9691	995,68	$9{,}7330.10^{-4}$
Total	1		$1{,}0280 . 10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1{,}0280.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 972{,}8024 \ {kg}/{m^3} = 60{,}7326 \ {lb}/{ft^3}$$

$$\text{Rate volume feed masuk} = \frac{2.570{,}54 \ {kg}/{batch}}{972{,}8024 \ {kg}/{m^3}} = 2{,}6424 \ {m^3}/{batch}$$

$$= 93{,}3123\ \mathrm{ft^3}/_{\mathrm{batch}} \times 1\ \mathrm{batch} = 93{,}3123\ \mathrm{ft^3}$$

Direncanakan :

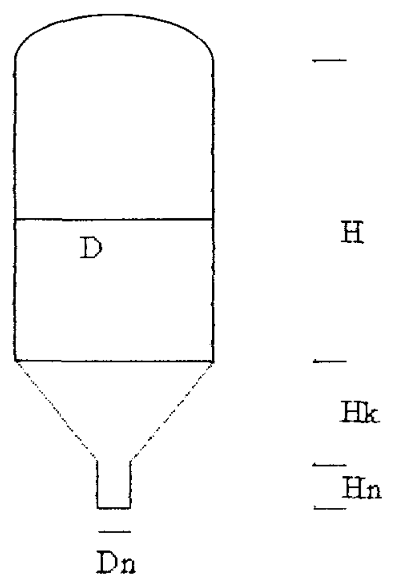
- Campuran menepati 80 % volume tangki

- $V_{total\ tangki} = \dfrac{93{,}3123\ \mathrm{ft^3}}{0{,}8} = 116{,}6404\ \mathrm{ft^3} = 3{,}3030\ \mathrm{m^3} = 3{,}30\ \mathrm{m^3}$

Dimensi tangki :

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 5 in = 0,42 ft = 0,13 m
- $\alpha = 30^{\circ}$
- H = 1,5 D



Keterangan :

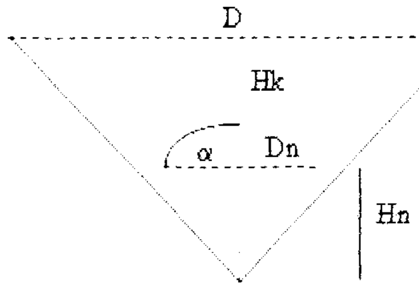
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\ tg\ \alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\ D$$

$$= 1{,}1775\ D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\ 2}\right) Hn$$

$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\ tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\ 2}\right)\left(\frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}\right)$$

$$= \left(\frac{\pi}{24} \frac{D^3}{tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24} \frac{Dn^3}{tg\ \alpha}\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^{\circ}}\left(D^3 - (0{,}42)^3\right)$$

$$= 0{,}2266\ D^3 - 0{,}0168$$

$V_{dished\ head} = 0{,}000049\ Di^3$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki} = V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

$116{,}6404\ ft^3 = 1{,}1775\ D^3 + (0{,}2266\ D^3 - 0{,}0168) + 0{,}000049\ D^3$

$116,6404\ ft^3 = 1,4041\ D^3 - 0,0168$

$116,6572\ ft^3 = 1,4041\ D^3$

$D = 4,3635\ ft = 52,3623\ in = 1,3300\ m = 1,33\ m$

$H_{shell} = 1,5 \times 4,3635\ ft = 6,5453\ ft = 78,5430\ in = 1,9950\ m = 2,00\ m$

$$\text{Vol campuran dalam konis} = \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^\circ}\left((4,3635\ ft)^3 - (0,42\ ft)^3\right)$$

$$= 18,8103\ ft^3 = 0,5327\ m^3$$

$$\text{Tinggi camp dalam nozzle (Hn)} = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$= \frac{0,42\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0,3637\ ft = 0,1109\ m = 0,11\ m$$

$$\text{Tinggi campuran dalam konis (Hk)} = \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$$

$$= \frac{4,3635\ ft - 0,42\ ft}{2.tg\ 30^\circ} = 3,4152\ ft = 1,04\ m$$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$$\frac{\pi}{4} D^2 H_1 = 116,6404\ ft^3 - 18,8103\ ft^3$$

$$\frac{\pi}{4}(4,3635\ ft)^2 H_1 = 97,8301\ ft^3$$

Tinggi camp dalam shell (H_1) = 6,5454 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_1 + Hk)

= 6,5454 ft + 3,4152 ft

= 9,9606 ft = 3,0360 m = 3,04 m

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1{,}2\ P_{operasi}$

- $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho_{campuran} H_{camp}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{60{,}7326\ {}^{lb}/_{ft^3} \times 9{,}9606\ ft \times 1\ ft^2}{144\ in^2} = 4{,}2009\ psi$$

- $P_{design} = 1{,}2 \times P_{operasi} = 1{,}2 \times 4{,}2009\ psi = 5{,}0411\ psi$

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7^{th}ed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

a. Tebal shell (tebal tangki) :

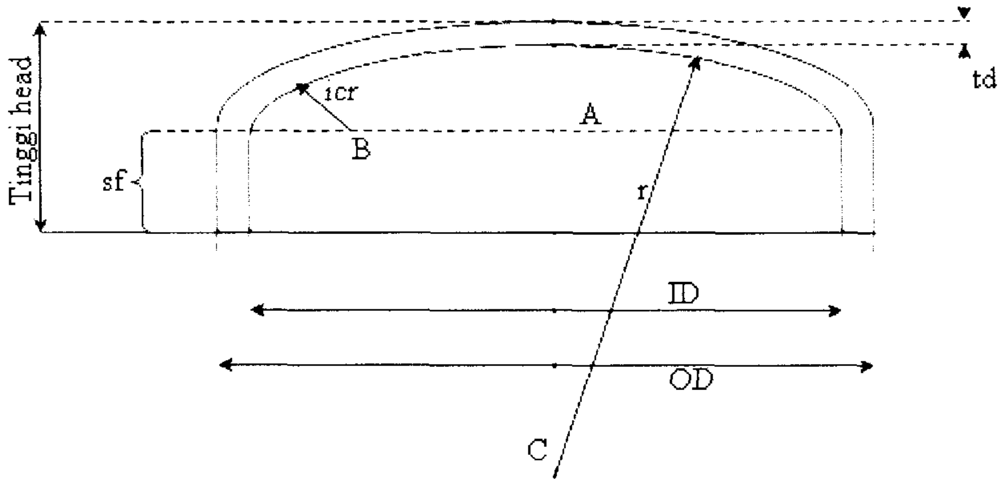
- $t_{shell} = \dfrac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)

- $t_{shell} = \dfrac{5{,}0411\ {}^{lb}/_{in^2} \times 52{,}3623\ in}{2.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}0411\ {}^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1338\ in$

$t_{shell} \sim {}^{3}/_{16}\ in = 0{,}1875\ in$, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = ${}^{3}/_{16}\ in$

b. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish* (*head/bottom*), mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

W $= \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2t

  = 52,3623 in + 2.(0,1875 in) = 52,7373 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 54 in
- r = 54 in
- icr = 3,25 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{54\,in}{3,25\,in}\right)^{0,5}\right) = 1,7690\,in$

- $a \;= \frac{Di}{2} = \frac{52,3623\,in}{2} = 26,1812\,in$

- AB = a – icr = 26,1812 in – 3,25 in = 22,9312 in

- BC = r – icr = 54 in – 3,25 in = 50,75 in

- $b \;= r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$

  $= 54\,in - \left(\sqrt{(50,75\,in)^2 - (22,9312\,in)^2}\right) = 8,7261\,in$

- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

  $$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0,2.P_{desain}} + c$$

  $$t_{dish} = \frac{5,0411\,{}^{lb}/_{in^2} \times 54\,in \times 1,7690\,in}{2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 5,0411\,{}^{lb}/_{in^2}} + 0,125\,in = 0,1411\,in$$

  Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart

  $= {}^{3}/_{16}\,in$

  Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

  = 0,1875 in + 8,7261 in + 2 in

  = 10,9136 in = 0,28 m

c. Tebal konis

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{5{,}0411\ {}^{lb}\!/_{in^2} \times 52{,}3623\ in}{2\cos 30.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}0411\ {}^{lb}\!/_{in^2}\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1352\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= {}^{3}\!/_{16}\ in$

- $Hn = \dfrac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$

$$= \frac{0{,}42\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}3637\ ft = 4{,}3644\ in = 0{,}11\ m$$

- $Hk = \dfrac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

$$= \frac{4{,}3635\ ft - 0{,}42\ ft}{2.tg\ 30^\circ} = 3{,}4152\ ft = 40{,}9821\ in = 1{,}04\ m$$

- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

  = (78,5430 + 10,9136 + 40,9821 + 4,3644) in

  = 134,8031 in = 11,2336 ft = 3,4240 m = 3,42 m

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 3,30 m^3
- Diameter = 1,33 m
- Tinggi tangki = 3,42 m
- Tinggi shell = 2,00 m
- Tinggi dish = 0,28 m
- Tinggi konis = 1,04 m

- Tinggi nozzle = 0,11 m
- Tebal shell = 0,1338 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1411 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1352 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C
- Jumlah = 1 unit

19. Vibrating Screen (H-210)

Fungsi : Untuk memisahkan bubur tomat yang sudah lumat dan bubur tomat yang masih kasar.

Tipe : Vibrating screen dengan ukuran 100 mesh

Waktu tinggal : 30 $^{menit}/_{batch}$ = 0,5 $^{jam}/_{batch}$

Kapasitas : 2.570,54 $^{kg}/_{batch}$ = 5.141,08 $^{kg}/_{jam}$ = 5,14 $^{ton}/_{jam}$

Perhitungan :

Menentukan luas ayakan :

$$A = \frac{0{,}4 \times Ct}{Cu \times Foa \times Fs}$$ ....(Perry 7th ed, eq 19.7, p 19 – 23)

Dimana :

A = Luas ayakan (ft^2)

Ct = Kapasitas ($^{ton}/_{jam}$) = 5,14 $^{ton}/_{jam}$

Cu = Kapasitas unit = 0,14 $^{ton}/_{jam . ft^2}$ (Perry 7th ed, fig 19.21, p 19 – 24)

Foa = Faktor opening area = $100\left\{\frac{a}{a+d}\right\}^2$ (Perry 7th ed, eq 19.5, p 19 – 24)

a = Bukaan bersih = 0,0059 in (Perry 7th ed, tabel 19.6, p 19 – 20)

d = Diameter kawat = 0,0043 in (Perry 7th ed, tabel 19.6, p 19 – 20)

Fs = Faktor slot area = 1,0 (Perry 7th ed, tabel 19.7, p 19 – 23)

$$Foa = 100\left\{\frac{a}{a+d}\right\}^2 = 100\left\{\frac{0{,}0059}{0{,}0059+0{,}0043}\right\}^2 = 33{,}46\,\%$$

$$A = \frac{0{,}4 \times 5{,}14\ ^{ton}/_{jam}}{0{,}14\ ^{ton}/_{jam.ft^2} \times 33{,}46\,\% \times 1} = 43{,}7596\ ft^2 = 43{,}76\ ft^2 = 4{,}07\ m^2$$

Spesifikasi Alat :

Kapasitas = 5,14 $^{ton}/_{jam}$

Bentuk saringan = Square

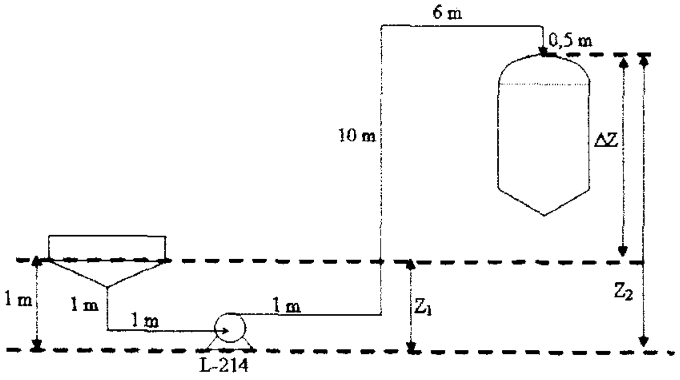
Luas ayakan = 4,07 m^2

Ukuran = 100 mesh

Bahan konstruksi = *Stainless steel*

Jumlah = 1 unit

20. Pompa I (L-214)



Fungsi : Untuk memompa bubur tomat yang lolos dari *vibrating screen* (H-210) menuju ke tangki penampung III (F-215)

Tipe : Centrifugal pump

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengalirkan liquid

Perhitungan :

Massa bahan masuk :

Komponen	$kg/batch$	Xi
Padatan tomat	73,94	0,0288
Padatan cabai merah	5,60	$2{,}1785.10^{-3}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	2.491	0,9691
Total	2.570,54	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m^3)	$\frac{Xi}{\rho}$
Padatan tomat	0,0288	672	$4{,}2857.10^{-5}$
Padatan cabai merah	$2{,}1785.10^{-3}$	184,60	$1{,}1801.10^{-5}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	0,9691	995,68	$9{,}7330.10^{-4}$
Total	1		$1{,}0280 . 10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1{,}0280.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 972{,}8024\ kg/m^3 = 60{,}7326\ lb/ft^3$$

$$\mu_{campuran} = 0{,}324 \times \rho^{0,5}_{campuran}$$ (Perry 5th ed, pp 3 – 246)

$$= 0{,}324 \times (60{,}7326)^{0,5}$$

$$= 2{,}5250\ lb/ft.h = 7{,}0138.10^{-4}\ lb/ft.s = 1{,}0438.10^{-3}\ kg/m.s$$

Tiap 1 batch pompa beroperasi selama 30 menit

Rate campuran (m) = 2.570,54 $\mathrm{kg/batch}$ = 1,4281 $\mathrm{kg/s}$ = 3,1484 $\mathrm{lb/s}$

$$\text{Rate volume feed masuk (q)} = \frac{3{,}1484\ \mathrm{lb/s}}{60{,}7326\ \mathrm{lb/ft^3}} = 0{,}0518\ \mathrm{ft^3/s}$$

$$= 1{,}4669.10^{-3}\ \mathrm{m^3/s}$$

$$= 23{,}2501\ \mathrm{U.S.gal/min}$$

Asumsi : aliran turbulent

Dari Peter and Timmerhaus edisi IV, hal 496 pers. 15 didapatkan persamaan :

$Di_{optimum} = 3{,}9 \times q^{0,45} \times \rho^{0,13}$

$Di_{optimum} = 3{,}9 \times (0{,}0518)^{0,45} \times (60{,}7326)^{0,13}$

$Di_{optimum}$ = 1,7553 in = 0,0446 m

Dari Geankoplis, 3rd ed App A.5 – 1, hal 892 didapatkan

Nominal pipe size = 2 in = 0,0508 m

Sch no = 40

ID = 2,0670 in = 0,0525 m = 0,1722 ft

OD = 2,2375 in = 0,0568 m = 0,1865 ft

A_P = $21{,}65.10^{-4}\ \mathrm{m^2}$ = $0{,}02330\ \mathrm{ft^2}$

Dengan menggunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha}\left(V_2^2 - V_1^2\right) + g\left(Z_2 - Z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

Diperoleh W_s *untuk* :

Kecepatan aliran $V_1 = 0$

$$\text{Kecepatan aliran } (V_2) = \frac{Q}{A_P} = \frac{0{,}0518\ ft^3/s}{0{,}02330\ ft^2} = 2{,}2232\ ft/s = 0{,}6776\ m/s$$

$$NR_e = \frac{D_i \times V \times \rho}{\mu} = \frac{0{,}1722\ ft \times 2{,}2232\ ft/s \times 60{,}7326\ lb/ft^3}{1{,}0438.10^{-3}\ lb/ft.s} = 22.274{,}93$$

(asumsi aliran turbulent benar → $\alpha = 1$)

Bahan pipa yang digunakan adalah Commercial steel, menurut Geankoplis, 3rd ed, p 88, fig 2.10 – 3, diperoleh :

$\varepsilon = 4{,}6.10^{-5}$ m

$$\frac{\varepsilon}{ID} = \frac{4{,}6.10^{-5}\ m}{0{,}0525\ m} = 8{,}76.10^{-4} \rightarrow f = 0{,}005$$

Diperkirakan panjang pipa lurus = 19,5 m = 63,9756 ft

Dari Geankoplis 3rd ed, table 2.10 – 1, p. 93 didapatkan untuk :

4 buah elbow 90° = Le/D = 35, Le = 4 × 35 × 0,1722 ft = 24,1080 ft

2 gate valve = Le/D = 9, Le = 2 × 9 × 0,1722 ft = 3,0996 ft

Panjang total pipa = 63,9756 ft + 24,1080 ft + 3,0996 ft = 91,1832 ft

Friksi yang terjadi adalah :

1. Friksi yang disebabkan oleh pipa lurus sepanjang 91,1832 ft = 27,7930 m

$$F_f = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{ID} \times \frac{V_2^2}{2} \text{.................(Geankoplis, 3rd ed, p 89)}$$

$$F_f = 4 \times 0{,}005 \times \frac{27{,}7930\ m}{0{,}0525\ m} \times \frac{(0{,}6776\ m/s)^2}{2} = 2{,}4307\ m^2/s^2 = 2{,}4307\ J/kg$$

2. Friksi yang disebabkan oleh *fitting and valve*

Digunakan : 4 buah *elbow* 90° dan 2 buah *gate valve*

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis 1997, didapatkan harga :

$K_f = 4(0,75) + 2(0,17) = 3,34$

$$h_f = K_f \times \frac{V_2^2}{2} \text{ ....(Geankoplis, 3}^{rd}\text{ ed, p 94)}$$

$$h_f = 3,34 \times \frac{\left(0,6776\ ^{m}/_{s}\right)^2}{2} = 0,7668\ ^{m^2}/_{s^2} = 0,7668\ ^{J}/_{kg}$$

3. Friksi yang disebabkan karena *sudden contraction* (friksi aliran keluar dari *vibrating screen* ke pipa)

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{V_2^2}{2\alpha} \text{ ....(Geankoplis, 3}^{rd}\text{ ed, p 93)}$$

Karena A_1 (luas *vibrating screen*) lebih besar A_2 (luas pipa) maka $: \frac{A_2}{A_1} \approx 0$ (diabaikan)

$$h_c = 0,55 \times (1 - 0) \times \frac{\left(0,6776\ ^{m}/_{s}\right)^2}{2 \times 1} = 0,1263\ ^{m^2}/_{s^2} = 0,1263\ ^{J}/_{kg}$$

4. Friksi yang disebabkan karena *sudden expansion* (friksi aliran dari pipa ke tangki penampung bubur tomat II)

$$h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times \frac{V_2^2}{2\alpha} \text{ ....(Geankoplis, 3}^{rd}\text{ ed, p 93)}$$

Karena A_2 (luas tangki penampung bubur tomat II) lebih besar A_1 (luas pipa) maka $: \frac{A_1}{A_2} \approx 0$ (diabaikan)

$$h_{ex} = (1 - 0) \times \frac{\left(0,6776\ ^{m}/_{s}\right)^2}{2 \times 1} = 0,2296\ ^{m^2}/_{s^2} = 0,2296\ ^{J}/_{kg}$$

Total friksi $= \sum F = F_f + h_f + h_c + h_{ex}$

$= (2,4307 + 0,7668 + 0,1263 + 0,2296)\ ^{m^2}/_{s^2}$

$$= 3{,}5534\ \mathrm{m^2/s^2} = 3{,}5534\ \mathrm{J/kg}$$

$\Delta P = P_2 - P_1 = 0$

$Z_2 - Z_1 = (10 - 0{,}5)\ m - (1 + 1)\ m = 7{,}5\ m$

$V_1 = 0,\ V_2 = 0{,}6776\ \mathrm{m/s}$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha}\left(V_2^2 - V_1^2\right) + g\left(Z_2 - Z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{1}{2\times 1}\left(\left(0{,}6776\ \mathrm{m/s}\right)^2 - \left(0\ \mathrm{m/s}\right)^2\right) + 10\ \mathrm{m/s^2}\left(7{,}5000\ \mathrm{m}\right) + 3{,}5534\ \mathrm{m^2/s^2} + W_s = 0$$

$$0{,}2296\ \mathrm{m^2/s^2} + 75\ \mathrm{m^2/s^2} + 3{,}5534\ \mathrm{m^2/s^2} + W_s = 0$$

$$W_s = -\ 78{,}783\ \mathrm{m^2/s^2} = -\ 78{,}783\ \mathrm{J/kg}$$

Untuk rate volumetric $23{,}2501\ \mathrm{U.S.\,gal/min}$ dari Peter and Timmerhaus 5th ed, fig 12 – 17, p. 516, memperoleh hasil efisiensi pompa (η) = 50 %

$$\text{Brake hp} = \frac{-\,W_s \cdot m}{\eta \cdot 1000} = \frac{-\,W_s \cdot q \cdot \rho}{\eta \cdot 1000}$$

$$\text{Brake hp} = \frac{-\left(-\ 78{,}783\ \mathrm{J/kg}\right) \times 1{,}4669.10^{-3}\ \mathrm{m^3/s} \times 972{,}8024\ \mathrm{kg/m^3}}{0{,}50 \times 1000}$$

$$\text{Brake hp} = 0{,}2248\ \mathrm{J/s} = 0{,}2248\ \mathrm{W} = 0{,}2248.10^{-3}\ \mathrm{kW} = 3{,}0153.10^{-4}\ \mathrm{hp}$$

Dari Peter and Timmerhaus 5th ed, fig 12 – 18, p. 516, didapatkan efisiensi motor (η) = 80 %

$$\text{Power motor} = \frac{3{,}0153.10^{-4}\ \mathrm{hp}}{0{,}8} = 3{,}7691.10^{-4}\ \mathrm{hp} \approx 0{,}25\ \mathrm{hp}$$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 2,64 m^3
- Bahan = *Stainless steel*
- Diameter pipa = 2 in sch 40
- Efisiensi pompa = 50 %
- Efisiensi motor = 80 %
- Power motor = 0,25 hp
- Jumlah = 1 unit

21. Tangki Penampung III (F-215)

Fungsi : Untuk menampung bubur tomat hasil penyaringan, sebelum dimasukkan ke *mixer* I (M-220).

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis.

Waktu tinggal : 60 menit

Sistem : Batch

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Padatan tomat	73,94	0,0288
Padatan cabai merah	5,60	$2,1785.10^{-3}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat halus	2.491	0,9691
Total	2.570,54	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m^3)	$\frac{Xi}{\rho}$
Padatan tomat	0,0288	672	$4,2857.10^{-5}$
Padatan cabai merah	$2,1785.10^{-3}$	184,60	$1.1801.10^{-5}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat halus	0,9691	995,68	$9,7330.10^{-4}$
Total	1		$1,0280.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1,0280.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 972,7626 \ {kg}/{m^3} = 60,7301 \ {lb}/{ft^3}$$

Rate volume feed masuk $= \dfrac{2.570,54 \ {kg}/{batch}}{972,7626 \ {kg}/{m^3}} = 2,6425 \ {m^3}/{batch}$

$= 93,3161 \ {ft^3}/{batch} \times 1 \text{ batch} = 93,32 \ ft^3$

Direncanakan :

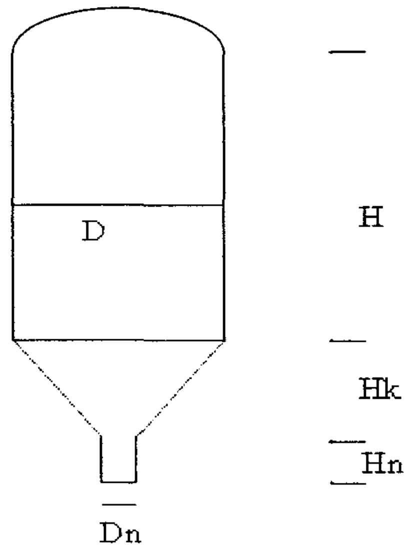
- Campuran menepati 80 % volume tangki

- $V_{total \ tangki} = \dfrac{93,3161 \ ft^3}{0,8} = 116,6452 \ ft^3 = 3,3031 \ m^3 = 3,30 \ m^3$

Dimensi tangki :

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 2 in = 0,17 ft = 0,05 m
- $\alpha = 30^{o}$
- H = 1,5 D



Keterangan :

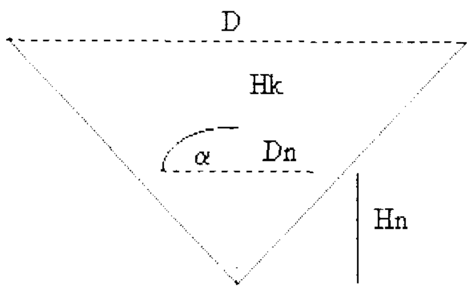
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\ tg\ \alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\,D$$

$$= 1{,}1775\,D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n{}^2\right) Hn$$

$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\,\text{tg}\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n{}^2\right)\left(\frac{Dn}{2\,\text{tg}\,\alpha}\right)$$

$$= \left(\frac{\pi}{24}\frac{D^3}{\text{tg}\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24}\frac{Dn^3}{\text{tg}\,\alpha}\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\,\text{tg}\,\alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\,\text{tg}\,30^\circ}\left(D^3 - (0{,}17)^3\right)$$

$$= 0{,}2266\,D^3 - 0{,}0011$$

$V_{dished\ head} = 0{,}000049\ Di^3$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki} = V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

$116{,}6452\ ft^3 = 1{,}1775\,D^3 + (0{,}2266\,D^3 - 0{,}0011) + 0{,}000049\,D^3$

$116{,}6452\ ft^3 = 1{,}4041\,D^3 - 0{,}0011$

$116{,}6463\ ft^3 = 1{,}4041\,D^3$

$D = 4{,}3634\ ft = 52{,}3607\ in = 1{,}3300\ m = 1{,}33\ m$

$H_{shell} = 1{,}5 \times 4{,}3634\ ft = 6{,}5451\ ft = 78{,}5412\ in = 1{,}9950\ m = 2{,}00\ m$

$$\text{Vol campuran dalam konis} = \frac{\pi}{24\,\text{tg}\,\alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\,\text{tg}\,30^\circ}\left((4{,}3634\ ft)^3 - (0{,}17\ ft)^3\right)$$

$$= 18{,}8247\ ft^3 = 0{,}5331\ m^3$$

$$\text{Tinggi camp dalam nozzle (Hn)} = \frac{Dn}{2\,\text{tg}\,\alpha}$$

$$= \frac{0,17 \text{ ft}}{2 \text{ tg } 30^\circ} = 0,1472 \text{ ft} = 0,0449 \text{ m} = 0,04 \text{ m}$$

Tinggi campuran dalam konis (Hk) $= \dfrac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

$$= \frac{4,3634 \text{ ft} - 0,17 \text{ ft}}{2.tg\ 30^\circ} = 3,6316 \text{ ft} = 1,11 \text{ m}$$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$\dfrac{\pi}{4} D^2 H_1$ $= 116,6452 \text{ ft}^3 - 18,8247 \text{ ft}^3$

$\dfrac{\pi}{4}(4,3634 \text{ ft})^2 H_1$ $= 97,8205 \text{ ft}^3$

Tinggi camp dalam shell (H_1) = 6,5450 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_1 + Hk)

= 6,5450 ft + 3,6316 ft

= 10,1766 ft = 3,1019 m = 3,10 m

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1,2\ P_{operasi}$
  - $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho_{campuran} H_{bahan}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{60,7301 \text{ lb/ft}^3 \times 10,1766 \text{ ft} \times 1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 4,2918 \text{ psi}$$

  - $P_{design} = 1,2 \times P_{operasi} = 1,2 \times 4,2918 \text{ psi} = 5,1502 \text{ psi}$

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7[th]ed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

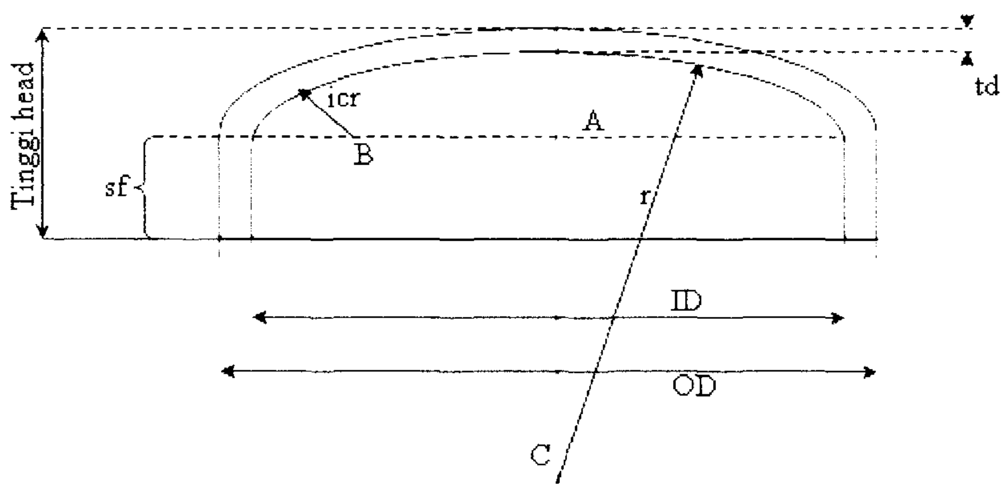
a. Tebal shell (tebal tangki) :

- $t_{shell} = \dfrac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)
- $t_{shell} = \dfrac{5{,}1502\ lb/in^2 \times 52{,}3607\ in}{2.(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}1502\ lb/in^2)} + 0{,}125\ in = 0{,}1340\ in$

$t_{shell} \sim 3/16$ in = 0,1875 in, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = $3/16$ in

b. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish* (*head/bottom*), mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

W $= \frac{1}{4}\left(3+\sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2t

  = 52,3607 in + 2.(0,1875 in) = 52,7357 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 54 in
- r = 54 in
- icr = 3,25 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W = \frac{1}{4}\left(3+\left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3+\left(\frac{54\text{ in}}{3,25\text{ in}}\right)^{0,5}\right) = 1,7690\text{ in}$
- a $= \frac{Di}{2} = \frac{52,3607\text{ in}}{2} = 26,1804\text{ in}$
- AB = a – icr = 26,1804 in – 3,25 in = 22,9304 in
- BC = r – icr = 54 in – 3,25 in = 50,75 in
- b $= r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$

  $= 54\text{ in} - \left(\sqrt{(50,75\text{ in})^2 - (22,9304\text{ in})^2}\right) = 8,7257\text{ in}$
- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

$$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0{,}2.P_{desain}} + c$$

$$t_{dish} = \frac{5{,}1502\ {}^{lb}/_{in^2} \times 54\ in \times 1{,}7690\ in}{2 \times 18750 \times 0{,}8 - 0{,}2 \times 5{,}1502\ {}^{lb}/_{in^2}} + 0{,}125\ in = 0{,}1414\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart

$= {}^{3}/_{16}\ in$

Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

  = 0,1875 in + 8,7257 in + 2 in

  = 10,9132 in = 0,28 m

c. Tebal konis

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{5{,}1502\ {}^{lb}/_{in^2} \times 52{,}3607\ in}{2\cos 30.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}1502\ {}^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1354\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= {}^{3}/_{16}\ in$

- $Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$

  $= \frac{0{,}17\ ft}{2\ tg\ 30^o} = 0{,}1472\ ft = 1{,}7667\ in = 0{,}04\ m$

- $Hk = \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

$$= \frac{4{,}3634 \text{ ft} - 0{,}17 \text{ ft}}{2.\text{tg } 30^\circ} = 3{,}6316 \text{ ft} = 43{,}5792 \text{ in} = 1{,}11 \text{ m}$$

- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

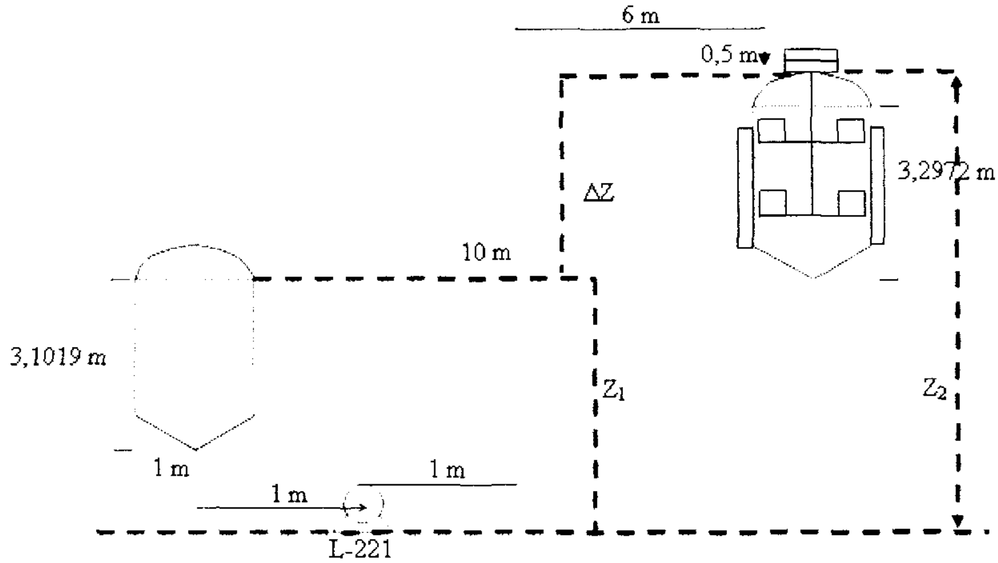
  = (78,5312 + 10,9132 + 43,5792 + 1,7667) in

  = 134,7903 in = 11,2325 ft = 3,4237 m = 3,42 m

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 3,30 m^3
- Diameter = 1,33 m
- Tinggi tangki = 3,42 m
- Tinggi shell = 2,00 m
- Tinggi dish = 0,28 m
- Tinggi konis = 1,11 m
- Tinggi nozzle = 0,04 m
- Tebal shell = 0,1340 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1414 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1354 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C
- Jumlah = 1 unit

22. Pompa II (L-221)



Fungsi : Untuk memompa bubur tomat dari tangki penampung III (F-215) menuju ke *mixer* I (M-220).

Tipe : *Centrifugal pump*

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengalirkan liquid

Perhitungan :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Padatan tomat	73,94	0,0288
Padatan cabai merah	5,60	$2,1785.10^{-3}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat halus	2.491	0,9691
Total	2.570,54	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m³)	Xi/ρ
Padatan tomat	0,0288	672	$4,2857.10^{-5}$
Padatan cabai merah	$2,1785.10^{-3}$	184,60	$1.1801.10^{-5}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat halus	0,9691	995,68	$9,7330.10^{-4}$
Total	1		$1,0280.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1{,}0280.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 972{,}7626 \ kg/m^3 = 60{,}7301 \ lb/ft^3$$

$\mu_{campuran} = 0{,}324 \times \rho^{0,5}{}_{campuran}$ (Perry 5th ed, pp 3 – 246)

$= 0{,}324 \times (60{,}7301)^{0,5}$

$= 2{,}5250 \ lb/ft.h = 7{,}0138.10^{-4} \ lb/ft.s = 1{,}0438.10^{-3} \ kg/m.s$

Tiap 1 batch pompa beroperasi selama 30 menit

Rate campuran (m) = $2.570{,}54 \ kg/batch = 1{,}4281 \ kg/s = 3{,}1484 \ lb/s$

Rate volume feed masuk (q) = $\dfrac{3{,}1484 \ lb/s}{60{,}7301 \ lb/ft^3} = 0{,}0518 \ ft^3/s$

$= 1{,}4669.10^{-3} \ m^3/s$

$= 23{,}2507 \ U.S.gal/min$

Asumsi : aliran turbulent

Dari Peter and Timmerhaus edisi IV, hal 496 pers. 15 didapatkan persamaan :

$Di_{optimum} = 3{,}9 \times q^{0,45} \times \rho^{0,13}$

$Di_{optimum} = 3{,}9 \times (0{,}0518)^{0,45} \times (60{,}7301)^{0,13}$

$Di_{optimum} = 1{,}7553 \ in = 0{,}0446 \ m$

Dari Geankoplis, 3rd ed App A.5 – 1, hal 892 didapatkan

Nominal pipe size = 2 in = 0,0508 m

Sch no = 40

ID = 2,0670 in = 0,0525 m = 0,1722 ft

OD = 2,2375 in = 0,0568 m = 0,1865 ft

A_P = $21,65.10^{-4}$ m^2 = 0,02330 ft^2

Dengan menggunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha}\left(V_2^2 - V_1^2\right) + g\left(Z_2 - Z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

Diperoleh W_s untuk :

Kecepatan aliran $V_1 = 0$

$$\text{Kecepatan aliran } (V_2) = \frac{Q}{A_P} = \frac{0{,}0518\ ft^3/s}{0{,}02330\ ft^2} = 2{,}2232\ ft/s = 0{,}6776\ m/s$$

$$NR_e = \frac{D_i \times V \times \rho}{\mu} = \frac{0{,}1722\ ft \times 2{,}2232\ ft/s \times 60{,}7301\ lb/ft^3}{1{,}0438.10^{-3}\ lb/ft.s} = 22.274{,}01$$

(asumsi aliran turbulent benar → $\alpha = 1$)

Bahan pipa yang digunakan adalah Commercial steel, menurut Geankoplis, 3rd ed, p 88, fig 2.10 – 3, memperoleh :

$\varepsilon = 4{,}6.10^{-5}$ m

$$\frac{\varepsilon}{ID} = \frac{4{,}6.10^{-5}\ m}{0{,}0525\ m} = 8{,}76.10^{-4} \rightarrow f = 0{,}005$$

Diperkirakan panjang pipa lurus = 19,5 m = 63,9756 ft

Dari Geankoplis 3rd ed, table 2.10 – 1, p. 93 didapatkan untuk :

4 buah elbow 90° = Le/D = 35, Le = 4 × 35 × 0,1722 ft = 24,1080 ft

2 gate valve = Le/D = 9, Le = 2 × 9 × 0,1722 ft = 3,0996 ft

Panjang total pipa = 63,9756 ft + 24,1080 ft + 3,0996 ft = 91,1832 ft

Friksi yang terjadi adalah :

1. Friksi yang disebabkan oleh pipa lurus sepanjang 91,1832 ft = 27,7930 m

$$F_f = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{ID} \times \frac{V_2^2}{2} \text{.................(Geankoplis, 3}^{rd}\text{ ed, p 89)}$$

$$F_f = 4 \times 0{,}005 \times \frac{27{,}7930\text{ m}}{0{,}0525\text{ m}} \times \frac{\left(0{,}6776\text{ m/s}\right)^2}{2} = 2{,}4307\text{ m}^2/\text{s}^2 = 2{,}4307\text{ J/kg}$$

2. Friksi yang disebabkan oleh *fitting* dan *valve*

Digunakan : 4 buah *elbow* 90° dan 2 buah *gate valve*

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis 1997, didapatkan harga :

$K_f = 4(0{,}75) + 2(0{,}17) = 3{,}34$

$$h_f = K_f \times \frac{V_2^2}{2} \text{.................(Geankoplis, 3}^{rd}\text{ ed, p 94)}$$

$$h_f = 3{,}34 \times \frac{\left(0{,}6776\text{ m/s}\right)^2}{2} = 0{,}7668\text{ m}^2/\text{s}^2 = 0{,}7668\text{ J/kg}$$

3. Friksi yang disebabkan karena *sudden contraction* (friksi aliran keluar dari tangki penampung bubur tomat II ke pipa)

$$h_c = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{V_2^2}{2\alpha} \text{.................(Geankoplis, 3}^{rd}\text{ ed, p 93)}$$

Karena A_1 (luas tangki penampung bubur tomat) lebih besar A_2 (luas pipa)

maka : $\frac{A_2}{A_1} \approx 0$ (diabaikan)

$$h_c = 0{,}55 \times (1 - 0) \times \frac{\left(0{,}6776\text{ m/s}\right)^2}{2 \times 1} = 0{,}1263\text{ m}^2/\text{s}^2 = 0{,}1263\text{ J/kg}$$

4. Friksi yang disebabkan karena *sudden expansion* (friksi aliran dari pipa ke *mixer* pemasak saus)

$$h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times \frac{V_2^2}{2\alpha}$$ ....(Geankoplis, 3[rd] ed, p 93)

Karena A_2 (luas *mixer* pemasak saus) lebih besar A_1 (luas pipa) maka

$: \frac{A_1}{A_2} \approx 0$ (diabaikan)

$$h_{ex} = (1 - 0) \times \frac{\left(0{,}6776 \, m/s\right)^2}{2 \times 1} = 0{,}2296 \, m^2/s^2 = 0{,}2296 \, J/kg$$

Total friksi $= \sum F = F_f + h_f + h_c + h_{ex}$

$= (2{,}4307 + 0{,}7668 + 0{,}1263 + 0{,}2296) \ m^2/s^2$

$= 3{,}5534 \ m^2/s^2 = 3{,}5534 \ J/kg$

$\Delta P = P_2 - P_1 = 1$ atm $- 1$ atm $= 0$

$Z_2 - Z_1 = (10 - 0{,}5)$ m $- (3{,}1019 + 1)$ m $= 5{,}3981$ m

$V_1 = 0$, $V_2 = 0{,}6776 \ m/s$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha}\left(V_2^2 - V_1^2\right) + g\left(Z_2 - Z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{1}{2 \times 1}\left(\left(0{,}6776 \, m/s\right)^2 - \left(0 \, m/s\right)^2\right) + 10 \, m/s^2 \left(5{,}3981 \, m\right) + 3{,}5534 \, m^2/s^2 + W_s = 0$$

$$0{,}2296 \ m^2/s^2 + 53{,}9810 \, m^2/s^2 + 0 + 3{,}5534 \ m^2/s^2 + W_s = 0$$

$$W_s = -57{,}764 \ m^2/s^2 = -57{,}764 \ J/kg$$

Untuk rate volumetric $23{,}2507 \ U.S.gal/min$ dari Peter and Timmerhaus 5[th] ed, fig 12 – 17, p. 516, memperoleh hasil efisiensi pompa (η) = 50 %

$$\text{Brake hp} = \frac{-W_s \cdot m}{\eta \cdot 1000} = \frac{-W_s \cdot q \cdot \rho}{\eta \cdot 1000}$$

$$\text{Brake hp} = \frac{-\left(-57{,}764\ \text{J/kg}\right) \times 1{,}4669.10^{-3}\ \text{m}^3/\text{s} \times 972{,}7626\ \text{kg/m}^3}{0{,}50 \times 1000}$$

$$\text{Brake hp} = 0{,}1649\ \text{J/s} = 0{,}1649\ \text{W} = 0{,}1649.10^{-3}\ \text{kW} = 2{,}2113.10^{-4}\ \text{hp}$$

Dari Peter and Timmerhaus 5th ed, fig 12 – 18, p. 521, didapatkan efisiensi pompa (η) = 80 %

$$\text{Power motor} = \frac{2{,}2113.10^{-4}\ \text{hp}}{0{,}8} = 2{,}7642.10^{-4}\ \text{hp} \approx 0{,}25\ \text{hp}$$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 2,64 m^3
- Bahan = *Stainless steel*
- Diameter pipa = 2 in sch 40
- Efisiensi pompa = 50 %
- Efisiensi motor = 80 %
- Power motor = 0,25 hp
- Jumlah = 1 unit

23. *Mixer* Rempah – rempah (M-222)

Fungsi : Untuk mencampur lada bubuk, bawang putih bubuk, kayu manis bubuk, cengkih bubuk dari *warehouse* sebelum dimasukkan ke *mixer* I (M-220).

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis yang dilengkapi dengan pengaduk.

Waktu tinggal : 10 menit

Kondisi operasi : T = 30 °C

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Lada bubuk	12,42	0,3160
Cengkih bubuk	1,16	0,0295
Bawang putih bubuk	24,56	0,6249
Kayu manis bubuk	1,16	0,0295
Total	39,3	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m³)	$\frac{Xi}{\rho}$
Lada bubuk	0,3160	340	$9{,}2941.10^{-4}$
Cengkih bubuk	0,0295	770	$3{,}8312.10^{-5}$
Bawang putih bubuk	0,6249	320	$1{,}9528.10^{-3}$
Kayu manis bubuk	0,0295	560	$5{,}2679.10^{-5}$
Total	1		$2{,}9732.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{2{,}9732.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 336{,}34\ {kg}/{m^3} = 20{,}9978\ {lb}/{ft^3}$$

Rate volume feed masuk $= \frac{39{,}3\ {kg}/{batch}}{336{,}34\ {kg}/{m^3}} = 0{,}1168\ {m^3}/{batch}$

$= 4{,}1262\ {ft^3}/{batch} \times 1\ batch = 4{,}13\ ft^3$

Direncanakan :

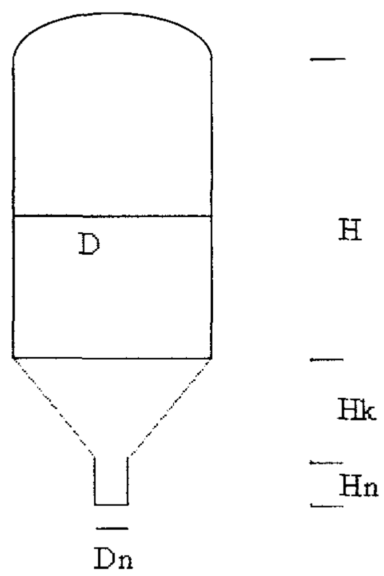
➢ Campuran menepati 80 % volume tangki

- $V_{total\ \ tangki} = \frac{4{,}1262\ ft^3}{0{,}8} = 5{,}1578\ ft^3 = 0{,}1461\ m^3 = 0{,}15\ m^3$

Dimensi tangki :

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 3 in = 0,25 ft = 0,08 m
- $\alpha = 30°$
- H = 1,5 D



Keterangan :

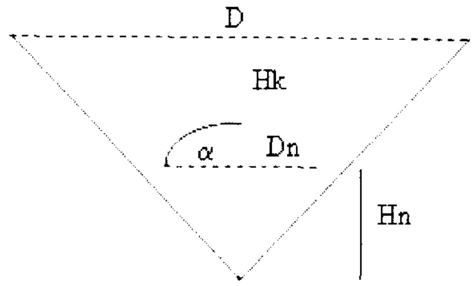
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\ tg\ \alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\ D$$

$$= 1{,}1775\ D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\ 2}\right) Hn$$

$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\ tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\ 2}\right)\left(\frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}\right)$$

$$= \left(\frac{\pi}{24} \frac{D^3}{tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24} \frac{Dn^3}{tg\ \alpha}\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^\circ}\left(D^3 - (0{,}25)^3\right)$$

$$= 0{,}2266\ D^3 - 0{,}0354$$

$V_{dished\ head}$ $= 0{,}000049\ Di^3$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki}$ $= V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

$5{,}1578\ ft^3$ $= 1{,}1775\ D^3 + (0{,}2266\ D^3 - 0{,}0354) + 0{,}000049\ D^3$

$5{,}1578\ ft^3$ $= 1{,}4041\ D^3 - 0{,}0354$

$5{,}1932\ ft^3$ $= 1{,}4041\ D^3$

D $= 1{,}5465$ ft = 18,5580 in = 0,4714 m = 0,47 m

H_{shell} $= 1{,}5 \times 1{,}5465$ ft = 2,3198 ft = 27,8370 in = 0,7071 m = 0,71 m

Vol campuran dalam konis $= \dfrac{\pi}{24\ \text{tg}\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$

$= \dfrac{\pi}{24\ \text{tg}\ 30^\circ}\left((1{,}5465\ \text{ft})^3 - (0{,}25\ \text{ft})^3\right)$

$= 0{,}8346\ \text{ft}^3 = 0{,}0236\ \text{m}^3$

Tinggi camp dalam nozzle (Hn) $= \dfrac{Dn}{2\ \text{tg}\ \alpha}$

$= \dfrac{0{,}25\ \text{ft}}{2\ \text{tg}\ 30^\circ} = 0{,}2165\ \text{ft} = 0{,}0660\ \text{m} = 0{,}07\ \text{m}$

Tinggi campuran dalam konis (Hk) $= \dfrac{D - Dn}{2.\text{tg}.\alpha}$

$= \dfrac{1{,}5465\ \text{ft} - 0{,}25\ \text{ft}}{2.\text{tg}\ 30^\circ} = 1{,}1228\ \text{ft} = 0{,}34\ \text{m}$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$\dfrac{\pi}{4} D^2 H_1 = 5{,}1578\ \text{ft}^3 - 0{,}8346\ \text{ft}^3$

$\dfrac{\pi}{4}(1{,}5465\ \text{ft})^2 H_1 = 4{,}3232\ \text{ft}^3$

Tinggi camp dalam shell (H_1) = 2,3027 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_1 + Hk)

= 2,3027 ft + 1,1228 ft

= 3,4255 ft = 1,0441 m = 1,04 m

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1{,}2\ P_{operasi}$
  - $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho_{campuran} H_{camp}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{20{,}9978\ ^{lb}/_{ft^3} \times 3{,}4255\ ft \times 1\ ft^2}{144\ in^2} = 0{,}4995\ psi$$

- P_{design} = 1,2 × $P_{operasi}$ = 1,2 × 0,4995 psi = 0,5994 psi

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7[th]ed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

a. Tebal shell (tebal tangki) :

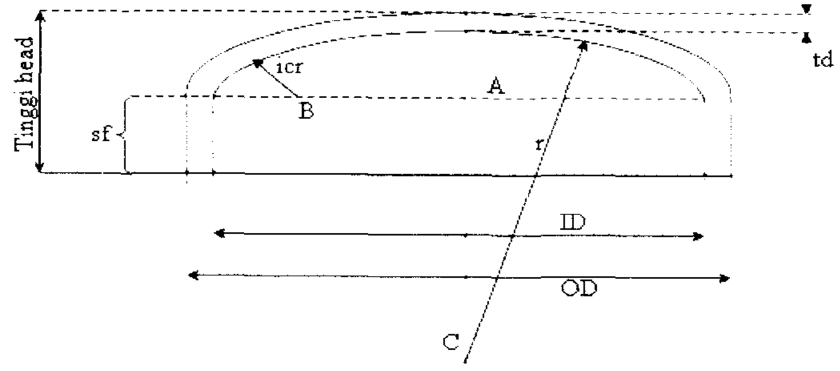
- $t_{shell} = \frac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)

- $t_{shell} = \frac{0{,}5994\ ^{lb}/_{in^2} \times 18{,}5580\ in}{2.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 0{,}5994\ ^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1254\ in$

$t_{shell} \sim \frac{3}{16}$ in = 0,1875 in, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = $\frac{3}{16}$ in

b. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish* (*head/bottom*), mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

W $= \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2 t

  = 18,5580 in + 2.(0,1875 in) = 18,9330 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 20 in
- r = 20 in
- icr = 1,25 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{20\ in}{1,25\ in}\right)^{0,5}\right) = 1,75\ in$

- $a = \frac{Di}{2} = \frac{18,5580\ in}{2} = 9,2790\ in$

- $AB = a - icr = 9,2790\ in - 1,25\ in = 8,0290\ in$

- $BC = r - icr = 20\ in - 1,25\ in = 18,75\ in$

- $b = r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$

$$= 20\text{ in} - \left(\sqrt{(18{,}75\text{ in})^2 - (8{,}0290\text{ in})^2}\right) = 3{,}0560\text{ in}$$

- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

$$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0{,}2.P_{desain}} + c$$

$$t_{dish} = \frac{0{,}5994\ {}^{lb}/_{in^2} \times 20\text{ in} \times 1{,}75\text{ in}}{2 \times 18750 \times 0{,}8 - 0{,}2 \times 0{,}5994\ {}^{lb}/_{in^2}} + 0{,}125\text{ in} = 0{,}1257\text{ in}$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart

$= {}^{3}/_{16}\text{ in}$

Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

= 0,1875 in + 3,0560 in + 2 in

= 5,2435 in = 0,13 m

c. Tebal konis

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{0{,}5994\ {}^{lb}/_{in^2} \times 18{,}5580\text{ in}}{2\cos 30.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 0{,}5994\ {}^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125\text{ in} = 0{,}1254\text{ in}$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= {}^{3}/_{16}\text{ in}$

- $Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$

$$= \frac{0{,}25\text{ ft}}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}2165\text{ ft} = 2{,}5981\text{ in} = 0{,}07\text{ m}$$

- $Hk = \dfrac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

  $= \dfrac{1{,}5465\ ft - 0{,}25\ ft}{2.tg\ 30^o} = 1{,}1228\ ft = 13{,}4736\ in = 0{,}34\ m$

- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

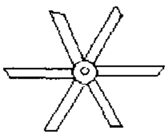
  = (27,8370 + 5,2435 + 13,4736 + 2,5981) in

  = 49,1522 in = 4,0960 ft = 1,2485 m = 1,25 m

***Agitator* (Pengaduk):**

Ditetapkan :

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah 45° *pitched six blade turbine.*

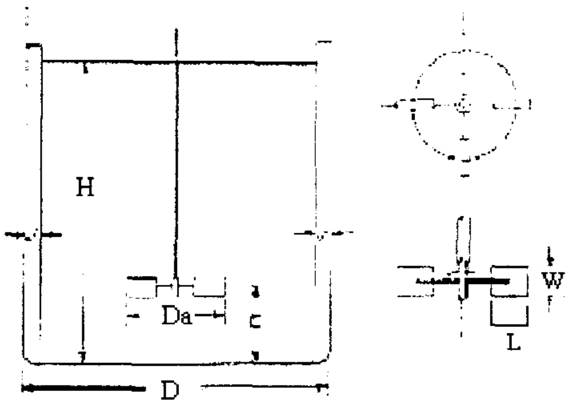


Dasar pemilihan 45° *pitched six blade turbine* : speednya tinggi, cocok untuk proses pengadukan dengan viskositas rendah dan sedang (<200 Pa.s)

- Kecepatan agitator adalah 150 rpm

  Dasar pemilihan kecepatan 150 rpm : viskositas rendah, alirannya menjadi turbulent, sehingga campuran rempah – rempah akan cepat homogen .

- Untuk mencegah timbulnya *vorteks*, maka digunakan 4 buah *baffles.*



Berdasarkan perbandingan sistem agitator standar dari Geankoplis, hal.144, Tabel 3.4-1, maka didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

$Da = 0,4\ D = 0,4 \times 0,4714\ m = 0,1886\ m = 0,6186\ ft$

$W = \frac{1}{5} Da = \frac{1}{5} \times 0,1886\ m = 0,0377\ m$

$L = \frac{1}{4} Da = \frac{1}{4} \times 0,1886\ m = 0,0472\ m$

$C = \frac{1}{3} D = \frac{1}{3} \times 0,4714\ m = 0,1571\ m$

$J = \frac{1}{12} D = \frac{1}{12} \times 0,4714\ m = 0,0393\ m$

Dimana: Da = diameter pengaduk

D = diameter tangki

L = panjang *blade*

W = lebar *blade*

C = jarak dari dasar tangki ke pusat pengaduk

J = lebar *baffle*

$$sg = \frac{\rho\ mixed}{\rho\ air\ (4°C)} = \frac{336,34\ kg/m^3}{1000\ kg/m^3} = 0,3363$$

$$\text{Jumlah impeler} = \frac{sg \times H}{D} = \frac{0,3363 \times 0,7071\ m}{0,4714\ m} = 0,5045 \approx 1\ \text{buah}$$

$$\text{Kecepatan pengadukan} = \pi \cdot Da \cdot N = \pi \times 0,1886 \times 150 = 88,8306\ m/menit$$

Power yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan dari Geankoplis, p.155 yakni:

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu}$$

Dimana: Da = diameter impeler, m

N = kecepatan putaran pengaduk, rps

ρ = densitas, kg / m^3

μ = viskositas campuran, kg/m.s

$$\mu_{campuran} = 0{,}324 \times \rho^{0,5}{}_{campuran}$$

$$= 0{,}324 \times (20{,}9978)^{0,5}$$

$$= 1{,}4847\ {}^{lb}/_{ft.h} = 4{,}1241.10^{-4}\ {}^{lb}/_{ft.s} = 6{,}1372.10^{-4}\ {}^{kg}/_{m.s}$$

$$N_{Re} = \frac{(150/60)\ \text{putaran/dtk} \times (0{,}1886)^2\ m^2 \times 336{,}34\ kg/m^3}{6{,}1372 \times 10^{-4}\ kg/m.s}$$

$$= 48.733{,}95$$

Nilai Np dicari dari Geankoplis, grafik 3.4-4, p.145. Untuk N_{Re} = 48.733,95 dan jenis agitator 45° *pitched six blade turbine* (kurva 3), maka didapatkan nilai Np = 1,5.

Power untuk satu buah pengaduk :

$$P = Np \times \rho \times N^3 \times Da^5$$ [Geankoplis, p.145]

$$= 1{,}5 \times 336{,}34\ kg/m^3 \times (150/60)^3 \times (0{,}1886)^5\ m^5$$

$$= 1{,}8810\ W = 1{,}88.10^{-3}\ kW = 0{,}0025\ hp$$

Dari Peter and Timmerhause, 3th ed, fig.14-38, p.521, efisiensi motor = 80 %, maka :

Power yang dibutuhkan = $\frac{0{,}0025 \text{ hp}}{0{,}8}$ = $3{,}1531.10^{-3}$ hp ~ 0,25 hp

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 0,15 m^3
- Diameter = 0,47 m
- Tinggi tangki = 1,25 m
- Tinggi shell = 0,71 m
- Tinggi dish = 0,13 m
- Tinggi konis = 0,34 m
- Tinggi nozzle = 0,07 m
- Tebal shell = 0,1254 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1257 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1254 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C
- Pengaduk = *pitched six blade turbine*
- Power motor = 0,25 hp
- Jumlah = 1 unit

24. *Mixer* Bahan Tambahan I (M-223)

Fungsi : Untuk mencampur tepung maizena, gula, garam, MSG dan asam cuka dari gudang menuju ke *mixer* I (M-220)

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis yang dilengkapi dengan pengaduk.

Waktu tinggal : 10 menit

Kondisi operasi : T = 30 °C

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Tepung maizena	43,04	0,1534
Gula	184,89	0,6591
Garam	49,40	0,1761
MSG	3,18	0,0113
Total	280,51	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m³)	Xi/ρ
Tepung maizena	0,1534	620	$2,4742.10^{-4}$
Gula	0,6591	850	$7,7541.10^{-4}$
Garam	0,1761	1030	$1,7097.10^{-4}$
MSG	0,0113	880	$1,2841.10^{-5}$
Total	1		$1,2066.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1,2066.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 828,78\ \mathrm{kg/m^3} = 51,7409\ \mathrm{lb/ft^3}$$

$$\text{Rate volume feed masuk} = \frac{280,51\ \mathrm{kg/batch}}{828,78\ \mathrm{kg/m^3}} = 0,3385\ \mathrm{m^3/batch}$$

$$= 11,9522\ \mathrm{ft^3/batch} \times 1\ \text{batch} = 11,95\ \mathrm{ft^3}$$

Direncanakan :

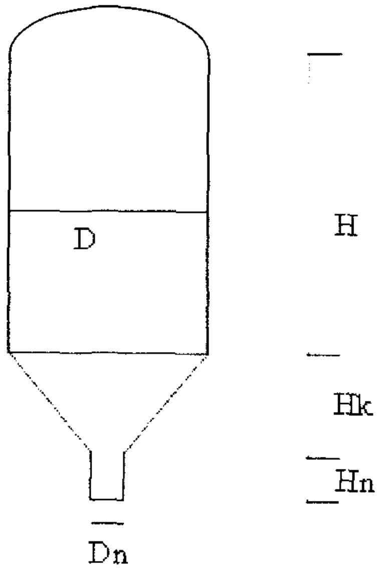
- Campuran menepati 80 % volume tangki

- $V_{total\ tangki} = \dfrac{11{,}9522\ ft^3}{0{,}8} = 14{,}9403\ ft^3 = 0{,}4231\ m^3 = 0{,}42\ m^3$

Dimensi tangki :

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 3 in = 0,25 ft = 0,08 m
- $\alpha = 30\ ^o$
- H = 1,5 D



Keterangan :

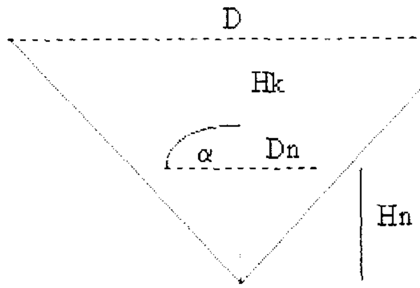
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\,tg\,\alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\,tg\,\alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$
$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\,D$$
$$= 1{,}1775\,D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$
$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\ 2}\right) Hn$$
$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\,tg\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\ 2}\right)\left(\frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}\right)$$
$$= \left(\frac{\pi}{24}\frac{D^3}{tg\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24}\frac{Dn^3}{tg\,\alpha}\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,\alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,30^o}\left(D^3 - (0{,}25)^3\right)$$
$$= 0{,}2266\,D^3 - 0{,}0354$$

$V_{dished\ head}$ = 0,000049 Di^3 (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki}$ = $V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

14,9403 ft^3 = $1{,}1775\,D^3 + (0{,}2266\,D^3 - 0{,}0354) + 0{,}000049\,D^3$

$14{,}9403\ ft^3 = 1{,}4041\ D^3 - 0{,}0354$

$14{,}9757\ ft^3 = 1{,}4041\ D^3$

$D = 2{,}2012\ ft = 26{,}4146\ in = 0{,}6709\ m = 0{,}67\ m$

$H_{shell} = 1{,}5 \times 2{,}2012\ ft = 3{,}3018\ ft = 39{,}6216\ in = 1{,}0064\ m = 1{,}01\ m$

$$\text{Vol campuran dalam konis} = \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^\circ}\left((2{,}2012\ ft)^3 - (0{,}25\ ft)^3\right)$$

$$= 2{,}4134\ ft^3 = 0{,}0683\ m^3$$

$$\text{Tinggi camp dalam nozzle (Hn)} = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$= \frac{0{,}25\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}2165\ ft = 0{,}0660\ m = 0{,}07\ m$$

$$\text{Tinggi campuran dalam konis (Hk)} = \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$$

$$= \frac{2{,}2012\ ft - 0{,}25\ ft}{2.tg\ 30^\circ} = 1{,}6898\ ft = 0{,}52\ m$$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$$\frac{\pi}{4} D^2 H_1 = 14{,}9403\ ft^3 - 2{,}4134\ ft^3$$

$$\frac{\pi}{4}(2{,}2012\ ft)^2 H_1 = 12{,}5269\ ft^3$$

Tinggi camp dalam shell (H_1) = 3,2935 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_1 + Hk)

= 3,2935 ft + 1,6898 ft

= 4,9833 ft = 1,5189 m = 1,52 m

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1{,}2\ P_{operasi}$

  - $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho_{campuran} H_{camp}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{51{,}7409\ ^{lb}/_{ft^3} \times 4{,}9833\ ft \times 1\ ft^2}{144\ in^2} = 1{,}7906\ psi$$

  - $P_{design} = 1{,}2 \times P_{operasi} = 1{,}2 \times 1{,}7906\ psi = 2{,}1487\ psi$

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7^{th}ed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

a. Tebal shell (tebal tangki) :

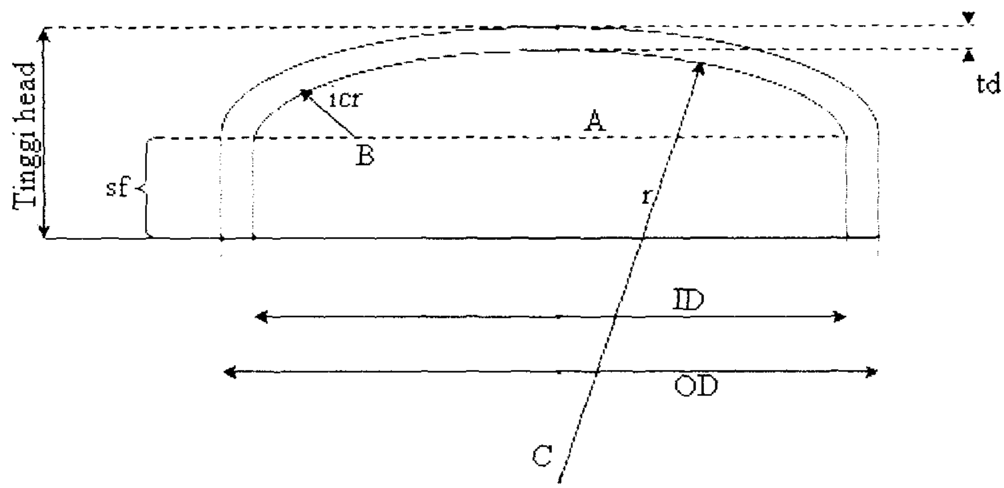
- $t_{shell} = \dfrac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)

- $t_{shell} = \dfrac{2{,}1487\ ^{lb}/_{in^2} \times 26{,}4146\ in}{2.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 2{,}1487\ ^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1269\ in$

$t_{shell} \sim {}^3/_{16}\ in = 0{,}1875$ in, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = ${}^3/_{16}$ in

b. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish (head/bottom)*, mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

W $= \frac{1}{4}\left(3+\sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2 t

  = 26,4146 in + 2.(0,1875 in) = 26,7896 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 28 in
- r = 26 in
- icr = 1,75 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{26\ in}{1,75\ in}\right)^{0,5}\right) = 1,7136\ in$

- $a = \frac{Di}{2} = \frac{26,4146\ in}{2} = 13,2073\ in$

- $AB = a - icr = 13,2073\ in - 1,75\ in = 11,4573\ in$

- $BC = r - icr = 26\ in - 1,75\ in = 24,25\ in$

- $b = r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$

  $= 26\ in - \left(\sqrt{(24,25\ in)^2 - (11,4573\ in)^2}\right) = 4,6273\ in$

- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

  $$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0,2.P_{desain}} + c$$

  $$t_{dish} = \frac{2,1487\ {}^{lb}/_{in^2} \times 26\ in \times 1,7136\ in}{2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 2,1487\ {}^{lb}/_{in^2}} + 0,125\ in = 0,1282\ in$$

  Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart

  $= {}^{3}/_{16}\ in$

  Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) $= td + b + sf$

  $= 0,1875\ in + 4,6273\ in + 2\ in$

  $= 6,8148\ in = 0,17\ m$

c. **Tebal konis**

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{2{,}1487\ lb/in^2 \times 26{,}4146\ in}{2\cos 30.(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 2{,}1487\ lb/in^2)} + 0{,}125\ in = 0{,}1272\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= 3/16\ in$

- $Hn = \dfrac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$

$= \dfrac{0{,}25\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}2165\ ft = 2{,}5981\ in = 0{,}07\ m$

- $Hk = \dfrac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

$= \dfrac{2{,}2012\ ft - 0{,}25\ ft}{2.tg\ 30^\circ} = 1{,}6898\ ft = 20{,}2775\ in = 0{,}52\ m$

- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

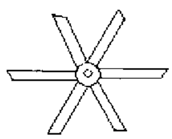
= (39,6216 + 6,8148 + 20,2775 + 2,5981) in

= 69,3120 in = 5,7760 ft = 1,7605 m = 1,76 m

***Agitator* (Pengaduk):**

Ditetapkan :

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah 45° *pitched six blade turbine.*

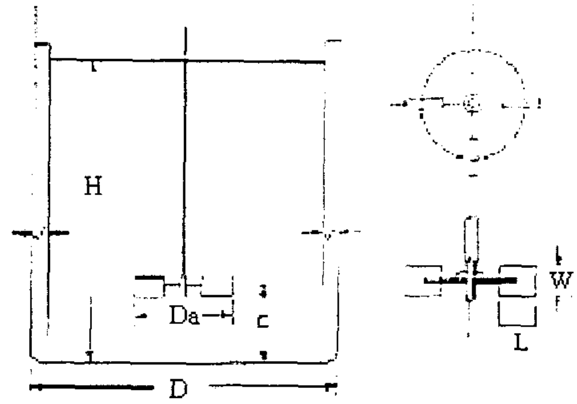


Dasar pemilihan 45° *pitched six blade turbine* : speednya tinggi, cocok untuk proses pengadukan dengan viskositas rendah dan sedang (<200 Pa.s)

- Kecepatan agitator adalah 150 rpm

  Dasar pemilihan kecepatan 150 rpm : viskositas liquid rendah, alirannya menjadi turbulent, sehingga campuran bahan pembantu cepat homogen.

- Untuk mencegah timbulnya *vorteks*, maka digunakan 4 buah *baffles*.



Berdasarkan perbandingan sistem agitator standar dari Geankoplis, hal.144, Tabel 3.4-1, maka didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

Da = 0,4 D = 0,4 × 0,6709 m = 0,2684 m = 0,8804 ft

W = $\frac{1}{5}$ Da = $\frac{1}{5}$ × 0,2684 m = 0,0537 m

L = $\frac{1}{4}$ Da = $\frac{1}{4}$ × 0,2684 m = 0,0671 m

C = $\frac{1}{3}$ D = $\frac{1}{3}$ × 0,2684 m = 0,0895 m

J = $\frac{1}{12}$ D = $\frac{1}{12}$ × 0,6709 m = 0,0559 m

Dimana: Da = diameter pengaduk

D = diameter tangki

L = panjang *blade*

W = lebar *blade*

C = jarak dari dasar tangki ke pusat pengaduk

J = lebar *baffle*

$$sg = \frac{\rho \text{ mixed}}{\rho \text{ air } (4°C)} = \frac{828{,}78 \ ^{kg}/_{m^3}}{1000 \ ^{kg}/_{m^3}} = 0{,}8288$$

$$\text{Jumlah impeler} = \frac{sg \times H}{D} = \frac{0{,}8288 \times 1{,}0064}{0{,}6709} = 1{,}2433 \approx 2 \text{ buah}$$

Kecepatan pengadukan = π . Da . N = $\pi \times 0{,}2684 \times 150 = 126{,}4164 \ ^{m}/_{menit}$

Power yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan dari Geankoplis, p.155 yakni:

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu}$$

Dimana: Da = diameter impeler, m

N = kecepatan putaran pengaduk, rps

ρ = densitas, kg / m^3

μ = viskositas campuran, kg/m.s

$$\mu_{campuran} = 0{,}324 \times \rho^{0,5}{}_{campuran}$$

$$= 0{,}324 \times (51{,}7409)^{0,5}$$

$$= 2{,}3306 \ ^{lb}/_{ft.h} = 6{,}4738.10^{-4} \ ^{lb}/_{ft.s} = 9{,}6339.10^{-4} \ ^{kg}/_{m.s}$$

$$N_{Re} = \frac{(150/60) \text{ putaran/dtk} \times (0{,}2684)^2 \ m^2 \times 828{,}78 \text{ kg/m}^3}{9{,}6339 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}}$$

$$= 154.932{,}37$$

Nilai Np dicari dari Geankoplis, grafik 3.4-4, p.145. Untuk N_{Re} = 154.932,37 dan jenis agitator 45° *pitched six blade turbine* (kurva 3), maka didapatkan nilai Np = 1,5.

Power untuk satu buah pengaduk :

$P = Np \times \rho \times N^3 \times Da^5$ [Geankoplis, p.145]

$= 1{,}5 \times 828{,}78\ kg/m^3 \times (150/60)^3 \times (0{,}2684)^5\ m^5$

$= 27{,}0560\ W = 0{,}0271\ kW = 0{,}0363\ hp$

$P = 2 \times 0{,}0363\ hp = 0{,}0726\ hp$

Dari Peter and Timmerhause, 3[th] ed, fig.14-38, p.521, efisiensi motor = 80 %, maka :

$$\text{Power yang dibutuhkan} = \frac{0{,}0726\ hp}{0{,}8} = 0{,}0908\ hp \sim 0{,}25\ hp$$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 0,42 m^3
- Diameter = 0,67 m
- Tinggi tangki = 1,76 m
- Tinggi shell = 1,01 m
- Tinggi dish = 0,17 m
- Tinggi konis = 0,52 m
- Tinggi nozzle = 0,07 m
- Tebal shell = 0,1269 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1282 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1272 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m

- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C
- Pengaduk = *Pitched six blade turbine*
- Power motor = 0,25 hp
- Jumlah = 1 unit

25. *Mixer* I (M-220)

Fungsi : Untuk memasak bubur tomat menjadi saus dengan penambahan bahan – bahan pembantu.

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis dilengkapi dengan pengaduk dan jaket pemanas.

Waktu tinggal : 60 menit

Kondisi operasi : T = 100 °C

Sistem : Batch

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Padatan tomat	73,94	0,0253
Padatan cabai merah	5,60	$1,9124.10^{-3}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	2.491	0,8507
Rempah - rempah	39,30	0,0134
Bahan pembantu	280,51	0,0958
Asam cuka	37,84	0,0129
Total	2.928,19	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m³)	$\frac{Xi}{\rho}$
Padatan tomat	0,0253	672	$3,7649.10^{-5}$
Padatan cabai merah	$1,9124.10^{-3}$	184,60	$1,0360.10^{-5}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	0,8507	995,68	$8,5439.10^{-4}$
Rempah – rempah	0,0134	336,34	$3,9841.10^{-5}$
Bahan pembantu	0,0958	828,78	$1,1559.10^{-4}$
Asam cuka	0,0129	560	$2,3036.10^{-5}$
Total	1		$1,0809.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1,0809.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 925,1841 \ {}^{kg}/_{m^3} = 57,7598 \ {}^{lb}/_{ft^3}$$

$$\text{Rate volume feed masuk} = \frac{2.928,19 \ {}^{kg}/_{batch}}{925,1841 \ {}^{kg}/_{m^3}} = 3,1650 \ {}^{m^3}/_{batch}$$

$$= 111,77 \ {}^{ft^3}/_{batch} \times 1 \text{ batch} = 111,77 \text{ ft}^3$$

Direncanakan :

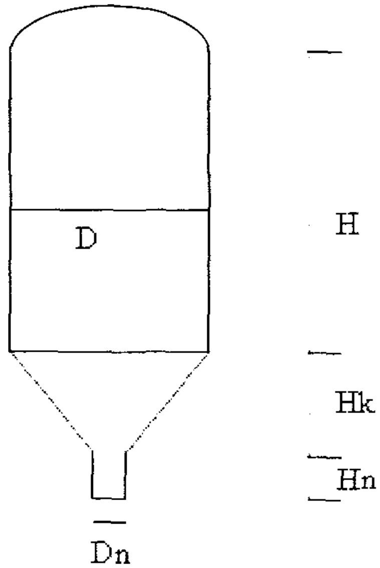
- Campuran menepati 80 % volume tangki

  - $V_{total\ \ tangki} = \frac{111,77 \text{ ft}^3}{0,8} = 139,7077 \text{ ft}^3 = 3,9562 \text{ m}^3 = 3,96 \text{ m}^3$

<u>Dimensi tangki :</u>

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 2 in = 0,17 ft = 0,05 m
- $\alpha = 30^o$
- H = 1,5 D



Keterangan :

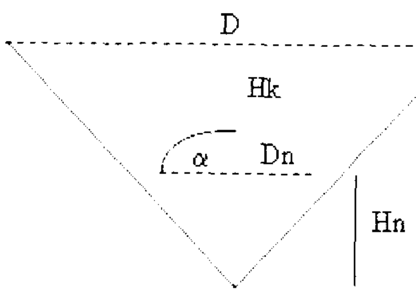
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2 \text{ tg } \alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2 \text{ tg } \alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2 \text{ tg } \alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$
$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\,D$$
$$= 1{,}1775\,D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$
$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\ 2}\right) Hn$$
$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\,tg\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\ 2}\right)\left(\frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}\right)$$
$$= \left(\frac{\pi}{24}\frac{D^3}{tg\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24}\frac{Dn^3}{tg\,\alpha}\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,\alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,30^o}\left(D^3 - (0{,}17)^3\right)$$
$$= 0{,}2266\,D^3 - 0{,}0011$$

$V_{dished\ head} = 0{,}000049\ Di^3$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki} = V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

$139{,}7077\ ft^3 = 1{,}1775\,D^3 + (0{,}2266\,D^3 - 0{,}0011) + 0{,}000049\,D^3$

$139{,}7077\ ft^3 = 1{,}4041\,D^3 - 0{,}0011$

$139{,}7088\ ft^3 = 1{,}4041\,D^3$

D = 4,6338 ft = 55,6062 in = 1,4124 m = 1,41 m

H_{shell} = 1,5 × 4,6338 ft = 6,9507 ft = 83,4084 in = 2,1186 m = 2,12 m

$$\text{Vol campuran dalam konis} = \frac{\pi}{24\,tg\,\alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,30^o}\left((4{,}6331\,ft)^3 - (0{,}17\,ft)^3\right)$$
$$= 22{,}5358\,ft^3 = 0{,}6382\,m^3$$

$$\text{Tinggi camp dalam nozzle (Hn)} = \frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}$$

$$= \frac{0,17 \text{ ft}}{2 \text{ tg } 30^\circ} = 0,1472 \text{ ft} = 0,0449 \text{ m} = 0,04 \text{ m}$$

Tinggi campuran dalam konis (Hk) $= \dfrac{\text{D - Dn}}{2.\text{tg}.\alpha}$

$$= \frac{4,6338 \text{ ft} - 0,17 \text{ ft}}{2.\text{tg } 30^\circ} = 3,8658 \text{ ft} = 1,18 \text{ m}$$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$\frac{\pi}{4} D^2 H_1$ = 139,7077 ft^3 – 22,5358 ft^3

$\frac{\pi}{4} (4,6338 \text{ ft})^2 H_1$ = 117,1719 ft^3

Tinggi camp dalam shell (H_l) = 6,9515 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_l + Hk)

= 6,9515 ft + 3,8658 ft

= 10,8173 ft = 3,2972 m = 3,30 m

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1,2 \ P_{operasi}$
  - $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho_{campuran} H_{bahan}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{57,7598 \, {}^{lb}/_{ft^3} \times 10,8173 \text{ ft} \times 1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 4,3389 \text{ psi}$$

  - $P_{design} = 1,2 \times P_{operasi} = 1,2 \times 4,3389 \text{ psi} = 5,2067 \text{ psi}$

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7th ed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

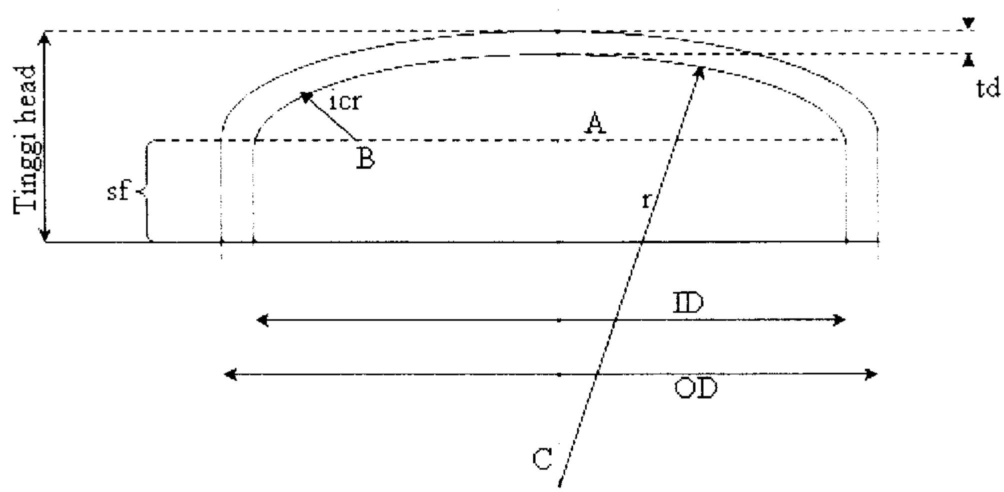
a. Tebal shell (tebal tangki) :

- $t_{shell} = \dfrac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)
- $t_{shell} = \dfrac{5{,}2067\ lb/in^2 \times 55{,}6062\ in}{2.(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}2067\ lb/in^2)} + 0{,}125\ in = 0{,}1347\ in$

$t_{shell} \sim 3/16\ in = 0{,}1875\ in$, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = $3/16$ in

b. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish* (*head/bottom*), mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

$$W = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2t

  = 55,6062 in + 2.(0,1875 in) = 55,9812 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 60 in
- r = 60 in
- icr = 3,625 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{60\text{ in}}{3,625\text{ in}}\right)^{0,5}\right) = 1,7671\text{ in}$
- $a = \frac{Di}{2} = \frac{55,9812\text{ in}}{2} = 27,9906\text{ in}$
- AB = a – icr = 27,9906 in – 3,6250 in = 24,3656 in
- BC = r – icr = 60 in – 3,6250 in = 56,3750 in
- $b = r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$

  $= 60\text{ in} - \left(\sqrt{(56,3750\text{ in})^2 - (24,3656\text{ in})^2}\right) = 9,1624\text{ in}$
- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

$$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0,2.P_{desain}} + c$$

$$t_{dish} = \frac{5,2067 \, {}^{lb}/_{in^2} \times 60\,in \times 1,7671\,in}{2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 5,2067 \, {}^{lb}/_{in^2}} + 0,125\,in = 0,1434\,in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart

$= {}^{3}/_{16}\,in$

Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

  = 0,1875 in + 9,1624 in + 2 in

  = 11,3499 in = 0,29 m

c. Tebal konis

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0,6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{5,2067 \, {}^{lb}/_{in^2} \times 55,6062\,in}{2\cos 30.\left(18750 \times 0,8 - 0,6 \times 5,2067 \, {}^{lb}/_{in^2}\right)} + 0,125\,in = 0,1361\,in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= {}^{3}/_{16}\,in$

- $Hn = \frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}$

  $= \frac{0,17\,ft}{2\,tg\,30^\circ} = 0,1472\,ft = 1,7667\,in = 0,04\,m$

- $Hk = \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

$$= \frac{4{,}6338 \text{ ft} - 0{,}17 \text{ ft}}{2.\text{tg } 30^\circ} = 3{,}8658 \text{ ft} = 46{,}3892 \text{ in} = 1{,}18 \text{ m}$$

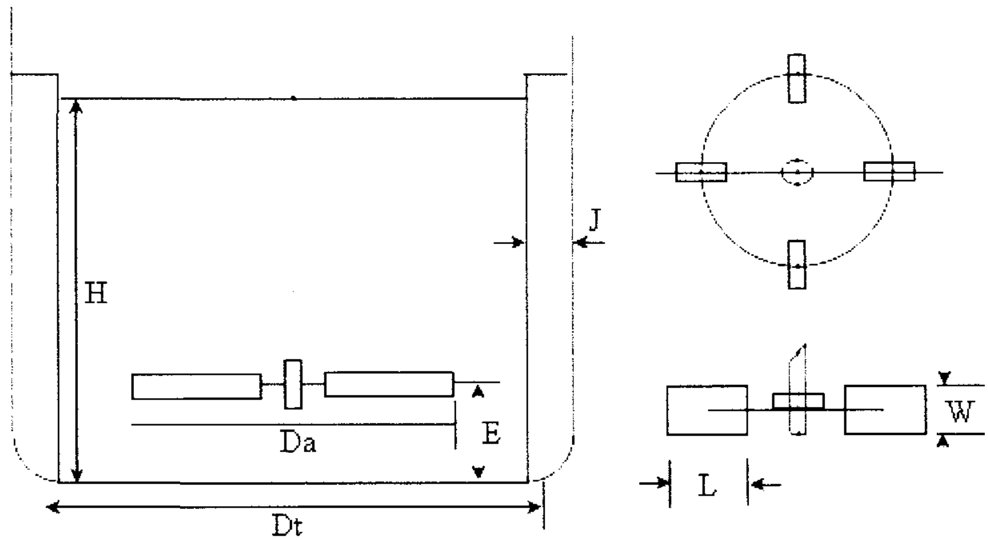
- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

  = (83,4084 + 11,3499 + 46,3892 + 1,7667) in

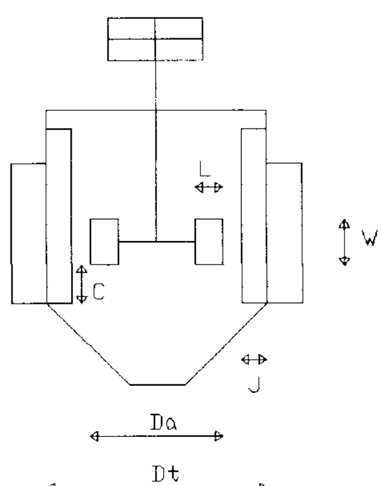
  = 142,9142 in = 11,9095 ft = 3,6301 m = 3,63 m

Perancangan pengaduk :

Diambil type pengaduk six flat blade turbine dengan disk.



Gambar C.1. Pengaduk



Gambar C.2. Tangki pemasak saus

Dari Mc. Cabe, 5[th] ed., p. 243, memperoleh :

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3} \rightarrow Da = \frac{1}{3} \times 4{,}6338 \text{ ft} = 1{,}5446 \text{ ft} = 0{,}4708 \text{ m} = 0{,}47 \text{ m}$$

$$\frac{H}{Dt} = 1 \rightarrow H = Dt = 4{,}6338 \text{ ft} = 1{,}4124 \text{ m} = 1{,}41 \text{ m}$$

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12} \rightarrow J = \frac{1}{12} \times 4{,}6338 \text{ ft} = 0{,}3862 \text{ ft} = 0{,}1177 \text{ m} = 0{,}12 \text{ m}$$

$$\frac{E}{Dt} = \frac{1}{3} \rightarrow E = \frac{1}{3} \times 4{,}6338 \text{ ft} = 1{,}5446 \text{ ft} = 0{,}4708 \text{ m} = 0{,}47 \text{ m}$$

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5} \rightarrow W = \frac{1}{5} \times 1{,}5446 \text{ ft} = 0{,}3089 \text{ ft} = 0{,}0942 \text{ m} = 0{,}09 \text{ m}$$

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4} \rightarrow L = \frac{1}{4} \times 1{,}5446 \text{ ft} = 0{,}3862 \text{ ft} = 0{,}1177 \text{ m} = 0{,}12 \text{ m}$$

Dimana :

Da = Diameter pengaduk/impeller

Dt = Diameter tangki

H = Tinggi liquid dalam shell

J = Lebar baffle

E = Jarak dari dasar tangki ke pusat pengduk

W = Lebar blade

L = Panjang blade

$$\rho_{H_2O,\ 4^\circ C} = 62{,}4 \ \text{lb}/\text{ft}^3$$

$$Sg = \frac{57{,}7598 \ \text{lb}/\text{ft}^3}{62{,}4 \ \text{lb}/\text{ft}^3} = 0{,}9256$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{\text{Tinggi liquid} \times Sg}{\text{Diameter shell}} = \frac{10{,}8173 \text{ ft} \times 0{,}9256}{4{,}6338 \text{ ft}} = 2{,}1608$$

Diambil jumlah pengaduk = 3 buah

Dari Mc. Cabe 5[th] ed diperoleh kecepatan agitator = 20 – 200 rpm

Diambil kecepatan agitator = 200 rpm = 3,3333 rps

$\mu_{\text{campuran}} = 0{,}324 \times (\rho_{\text{campuran}})^{0,5}$

$= 0{,}324 \times (57{,}7598)^{0,5}$

$= 2{,}4624 \ ^{lb}/_{ft.h} = 6{,}8400 .10^{-4} \ ^{lb}/_{ft.s}$

$$N_{Re} = \frac{N \times Da \times \rho}{\mu} = \frac{3{,}3333 \text{ rps} \times (1{,}5446 \text{ ft})^2 \times 57{,}7598 \ ^{lb}/_{ft^3}}{6{,}8400.10^{-4} \ ^{lb}/_{ft.s}} = 671.546{,}43$$

Dari fig 3.4 – 4, Geankoplis 3rd ed., p. 145, diperoleh Np = 1,5

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

Dimana :

Np = Power number

P = Power pengaduk

N = Kecepatan pengaduk

ρ = Massa jenis bahan

$P = 1{,}5 \times 925{,}1841 \ ^{kg}/_{m^3} \times (3{,}3333 \text{ rps})^3 \times (0{,}4708 \text{ m})^5$

$$= 1.188{,}8441 \ ^{kg.m^3}/_{s^2} \times \frac{1 \text{ J}}{1 \ ^{kg.m^2}/_{s^3}}$$

$= 1.188{,}8441 \ ^{J}/_{s} = 1.188{,}8441 \times 10^{-3} \text{ kW} = 1{,}5943 \text{ hp}$

Power untuk 3 buah pengaduk = 3 × 1,5943 hp = 4,7828 hp

Dari fig 12.18, p 516, Peter and Timmerhause, 5rd ed, memperoleh efisiensi motor = 85 %

$$\text{Power motor yang dipakai} = \frac{4{,}7828 \text{ hp}}{0{,}85} = 5{,}6268 \text{ hp} \approx 6 \text{ hp}$$

Perancangan jaket pemanas :

Operasi pabrik per hari untuk tangki perebusan = 3 batch per hari dengan waktu pemanasan selama 1 jam per batch.

Dari neraca panas diketahui :

Laju alir massa steam $= 322{,}10\ \text{kg}/\text{batch} = 322{,}10\ \text{kg}/\text{jam}$

$$\rho_{steam}\ (120^\circ C) = \frac{1}{0{,}8919\ \text{m}^3/\text{kg}} = 1{,}1212\ \text{kg}/\text{m}^3$$ (Geankoplis, tabel A.2-9)

$$\text{Debit steam} = \frac{\text{Laju alir massa steam}}{\rho_{steam}} = \frac{322{,}10\ \text{kg}/\text{jam}}{1{,}1212\ \text{kg}/\text{m}^3}$$

$$= 287{,}2815\ \text{m}^3/\text{jam} = 0{,}0798\ \text{m}^3/\text{s}$$

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

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

$$= 1{,}4124\ \text{m} + 2 \times 0{,}004763\ \text{m}$$

$$= 1{,}4219\ \text{m}$$

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

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

$$0{,}0798\ \text{m}^3/\text{s} = \frac{\pi}{4} \times (Di^2_{jaket} - Do^2_{Shell}) \times V$$

$$= \frac{\pi}{4} \times (Di^2_{jaket} - (1{,}4219)^2) \times 0{,}3048\ \text{m}/\text{s}$$

$$0{,}2618\ \text{m}^2 = \frac{\pi}{4} \times (Di^2_{jaket} - 2{,}0218)$$

$$2{,}3553\ \text{m}^2 = Di^2_{jaket}$$

Di_{jaket} = 1,5347 m

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

1,5347 m = 1,4219 m + jaket spacing

Jaket spacing = 0,1128 m ~ 0,11 m

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

Do_{jaket} = 1,5347 m + 2 × 0,1128 m

Do_{jaket} = 1,7603 m

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

Overall U_D = 50 – 100 $\mathrm{Btu}/\mathrm{hr.ft^2.\,^\circ F}$, diambil U_D = 75 $\mathrm{Btu}/\mathrm{hr.ft^2.\,^\circ F}$ =

1.533,141 $\mathrm{kJ}/\mathrm{jam.m^2.K}$ (Kern tabel 8, hal 840)

Keterangan :

T_1 = suhu steam masuk = 120 °C

T_2 = suhu steam keluar = 100 °C

t_1 = suhu bahan masuk = 30°C

θ = waktu = 60 menit = 1 jam

M = massa bahan dalam tangki = 2.928,19 $\mathrm{kg}/\mathrm{batch}$

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

$$\ln \frac{(120-30)}{(100-30)} = \frac{1.533,141\ \mathrm{kJ}/\mathrm{jam.m^2.K} \times A \times 1\ \mathrm{jam}}{2.928,19\ \mathrm{kg} \times 4,181\ \mathrm{kJ}/\mathrm{kg.\,^\circ C}}$$

$$1,0986 = \frac{1.533,141\ \mathrm{m^2} \times A}{12.242,76}$$

A = $8{,}7728\ m^2$

A = luas jaket pada shell + luas jaket pada konis

$8{,}7728\ m^2 = \pi.Do_{shell}.Hj + (\pi.R.S - \pi.r.s)$

$= \pi \times 1{,}4219\ m \times Hj + \pi \times (R \times \frac{R}{\sin\alpha} - r \times \frac{r}{\sin\alpha})$

$= \pi \times 1{,}4219\ m \times Hj + \frac{\pi}{\sin\alpha} \times (R^2 - r^2)$

$= \pi \times 1{,}4219\ m \times Hj + \frac{\pi}{\sin 30} \times (0{,}7062^2 - 0{,}0259^2)$

$= \pi \times 1{,}4219\ m \times Hj + 3{,}1277\ m^2$

$5{,}6451\ m^2 = \pi \times 1{,}4219\ m \times Hj$

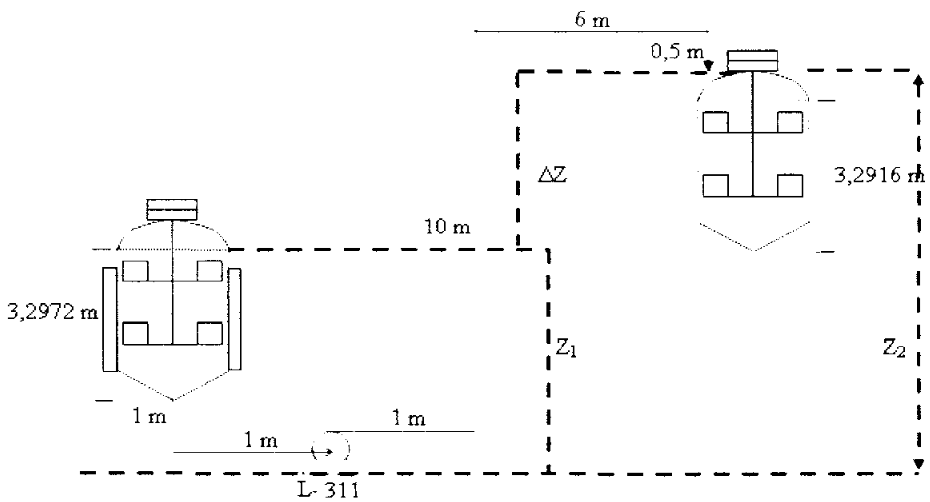
$H_{jaket} = 1{,}2644\ m < H_{shell}\ (2{,}1186\ m) \rightarrow$ memenuhi syarat

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = $3{,}96\ m^3$
- Diameter = 1,41 m
- Tinggi tangki = 3,63 m
- Tinggi shell = 2,12 m
- Tinggi dish = 0,29 m
- Tinggi konis = 1,18 m
- Tinggi nozzle = 0,04 m
- Tebal shell = 0,1347 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1434 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1361 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C
- Pengaduk = *Six flate blade turbine with disk*

- Power motor = 6 hp
- Tinggi jaket = 1,2636 m ~ 1,26 m
- Jumlah = 1 unit

26. Pompa III (L-311)



Fungsi : Untuk memompa saus tomat dari *mixer* I (M-220) ke *mixer* II (M-310).

Tipe : Centrifugal pump

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengalirkan liquid

Perhitungan :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Padatan tomat	73,94	0,0253
Padatan cabai merah	5,60	$1{,}9124.10^{-3}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	2.491	0,8507
Rempah - rempah	39,30	0,0134
Bahan pembantu	280,51	0,0958
Asam cuka	37,84	0,0129
Total	2.928,19	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m^3)	$\frac{Xi}{\rho}$
Padatan tomat	0,0253	672	3,7649.10^{-5}
Padatan cabai merah	1,9124.10^{-3}	184,60	1,0360.10^{-5}
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	0,8507	995,68	8,5439.10^{-4}
Rempah – rempah	0,0134	336,34	3,9841.10^{-5}
Bahan pembantu	0,0958	828,78	1,1559.10^{-4}
Asam cuka	0,0129	560	2,3036.10^{-5}
Total	1		1,0809.10^{-3}

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1{,}0809.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 925{,}1841\ ^{kg}/_{m^3} = 57{,}7598\ ^{lb}/_{ft^3}$$

$$\mu_{campuran} = 0{,}324 \times (\rho_{campuran})^{0,5}$$

$$= 0{,}324 \times (57{,}7598)^{0,5}$$

$$= 2{,}4624\ ^{lb}/_{ft.h} = 6{,}8400\ .10^{-4}\ ^{lb}/_{ft.s} = 1{,}0179.10^{-3}\ ^{kg}/_{m.s}$$

Tiap 1 batch pompa beroperasi selama 30 menit

Rate campuran (m) = $2.928{,}19\ ^{kg}/_{batch} = 1{,}6268\ ^{kg}/_{s} = 3{,}5864\ ^{lb}/_{s}$

Rate volume feed masuk (q) = $\frac{3{,}5864\ ^{lb}/_{s}}{57{,}7598\ ^{lb}/_{ft^3}} = 0{,}0621\ ^{ft^3}/_{s}$

$$= 1{,}7583.10^{-3}\ ^{m^3}/_{s}$$

$$= 27{,}8695\ ^{U.S.gal}/_{min}$$

Asumsi : aliran turbulent

Dari Peter and Timmerhaus edisi IV, hal 496 pers. 15 didapatkan persamaan :

$$Di_{optimum} = 3{,}9 \times q^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$Di_{optimum} = 3{,}9 \times (0{,}0621)^{0,45} \times (57{,}7598)^{0,13}$$

$Di_{optimum}$ = 1,8922 in = 0,0481 m

Dari Geankoplis, 3rd ed App A.5 – 1, hal 892 didapatkan

Nominal pipe size = 2 in = 0,0508 m

Sch no = 40

ID = 2,067 in = 0,0525 m = 0,1722 ft

OD = 2,375 in = 0,0603 m = 0,1979 ft

A_P = $21{,}65.10^{-4}$ m^2 = 0,02330 ft^2

Dengan menggunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha}\left(V_2^2 - V_1^2\right) + g\left(Z_2 - Z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

Diperoleh W_s untuk :

Kecepatan aliran $V_1 = 0$

$$\text{Kecepatan aliran } (V_2) = \frac{Q}{A_P} = \frac{0{,}0621\ \text{ft}^3/\text{s}}{0{,}02330\ \text{ft}^2} = 2{,}6652\ \text{ft/s} = 0{,}8124\ \text{m/s}$$

$$NR_e = \frac{D_i \times V \times \rho}{\mu} = \frac{0{,}1722\ \text{ft} \times 2{,}6652\ \text{ft/s} \times 57{,}7598\ \text{lb/ft}^3}{1{,}0179.10^{-3}\ \text{lb/ft.s}} = 26.042{,}55$$

(asumsi aliran turbulent benar → $\alpha = 1$)

Bahan pipa yang digunakan adalah Commercial steel, menurut Geankoplis, 3rd ed, p 88, fig 2.10 – 3, memperoleh :

$\varepsilon = 4{,}6.10^{-5}$ m

$$\frac{\varepsilon}{ID} = \frac{4{,}6.10^{-5}\ \text{m}}{0{,}0525\ \text{m}} = 8{,}762.10^{-4} \rightarrow f = 0{,}005$$

Diperkirakan panjang pipa lurus = 19,5 m = 63,9756 ft

Dari Geankoplis 3rd ed, table 2.10 – 1, p. 93 didapatkan untuk :

4 buah elbow 90° = Le/D = 35, Le = 4 × 35 × 0,1722 ft = 24,1080 ft

2 gate valve = Le/D = 9, Le = 2 × 9 × 0,1722 ft = 3,0996 ft

Panjang total pipa = 63,9756 ft + 24,1080 ft + 3,0996 ft = 91,1832 ft

Friksi yang terjadi adalah :

1. Friksi yang disebabkan oleh pipa lurus sepanjang 91,1832 ft = 27,7930 m

$$F_f = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{ID} \times \frac{V_2^2}{2}$$ ....(Geankoplis, 3rd ed, p 89)

$$F_f = 4 \times 0{,}005 \times \frac{27{,}7930\text{ m}}{0{,}0525\text{ m}} \times \frac{\left(0{,}8124\ \text{m}/\text{s}\right)^2}{2} = 3{,}4939\ \text{m}^2/\text{s}^2 = 3{,}4939\ \text{J}/\text{kg}$$

2. Friksi yang disebabkan oleh *fitting* dan *valve*

Digunakan : 4 buah *elbow* 90° dan 2 buah *gate valve*

Dari tabel 2.10-1 Geankoplis 1997, didapatkan harga :

$K_f = 4(0{,}75) + 2(0{,}17) = 3{,}34$

$$h_f = K_f \times \frac{V_2^2}{2}$$ ....(Geankoplis, 3rd ed, p 94)

$$h_f = 3{,}34 \times \frac{\left(0{,}8124\ \text{m}/\text{s}\right)^2}{2} = 1{,}1022\ \text{m}^2/\text{s}^2 = 1{,}1022\ \text{J}/\text{kg}$$

3. Friksi yang disebabkan karena *sudden contraction* (friksi aliran keluar dari *mixer* pemasak saus ke pipa)

$$h_c = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{V_2^2}{2\alpha}$$ ....(Geankoplis, 3rd ed, p 93)

Karena A_1 (luas *mixer* pemasak saus) lebih besar A_2 (luas pipa)

maka: $\frac{A_2}{A_1} \approx 0$ (diabaikan)

$$h_c = 0{,}55 \times (1-0) \times \frac{\left(0{,}8124\ {}^{m}/_{s}\right)^2}{2\times 1} = 0{,}1815\ {}^{m^2}/_{s^2} = 0{,}1815\ {}^{J}/_{kg}$$

4. Friksi yang disebabkan karena *sudden expansion* (friksi aliran dari pipa ke *mixer* saus)

$$h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times \frac{V_2^2}{2\alpha}$$ ....(Geankoplis, 3rd ed, p 93)

Karena A_2 (luas *mixer* saus) lebih besar A_1 (luas pipa) maka : $\frac{A_1}{A_2} \approx 0$

(diabaikan)

$$h_{ex} = (1-0) \times \frac{\left(0{,}8124\ {}^{m}/_{s}\right)^2}{2\times 1} = 0{,}3300\ {}^{m^2}/_{s^2} = 0{,}3300\ {}^{J}/_{kg}$$

Total friksi $= \sum F \ = F_f + h_f + h_c + h_{ex}$

$= (3{,}4939 + 1{,}1022 + 0{,}1815 + 0{,}3300)\ {}^{m^2}/_{s^2}$

$= 5{,}1076\ {}^{m^2}/_{s^2} = 5{,}1076\ {}^{J}/_{kg}$

$\Delta P = P_2 - P_1 = 1$ atm – 1 atam = 0 atm

$Z_2 - Z_1 = (10 - 0{,}5)\ m - (3{,}2972 + 1)\ m = 5{,}2028\ m$

$V_1 = 0,\ V_2 = 0{,}8124\ {}^{m}/_{s}$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha}\left(V_2^2 - V_1^2\right) + g\left(Z_2 - Z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{1}{2\times 1}\left(\left(0{,}8124\ {}^{m}/_{s}\right)^2 - \left(0\ {}^{m}/_{s}\right)^2\right) + 10\ {}^{m}/_{s^2}\ (5{,}2028\ m) + 5{,}1076\ {}^{m^2}/_{s^2} + W_s = 0$$

$0{,}3300\ {}^{m^2}/_{s^2} + 52{,}028\ {}^{m^2}/_{s^2} + 0 + 5{,}1076\ {}^{m^2}/_{s^2} + W_s = 0$

$W_s = -\ 57{,}4656\ {}^{m^2}/_{s^2} = -\ 57{,}4656\ {}^{J}/_{kg}$

Untuk rate volumetric 27,8695 $\text{U.S.gal}/\text{min}$ dari Peter and Timmerhaus 5[th] ed, fig 12 – 17, p. 516, memperoleh hasil efisiensi pompa (η) = 50 %

$$\text{Brake hp} = \frac{-W_s \cdot m}{\eta \cdot 1000} = \frac{-W_s \cdot q \cdot \rho}{\eta \cdot 1000}$$

$$\text{Brake hp} = \frac{-\left(-57{,}4656\ \text{J}/\text{kg}\right) \times 1{,}7583.10^{-3}\ \text{m}^3/\text{s} \times 925{,}1841\ \text{kg}/\text{m}^3}{0{,}50 \times 1000}$$

$$\text{Brake hp} = 0{,}1870\ \text{J}/\text{s} = 0{,}1870\ \text{W} = 0{,}1870.10^{-3}\ \text{kW} = 2{,}5072.10^{-4}\ \text{hp}$$

Dari Peter and Timmerhaus 5[th] ed, fig 12 – 18, p. 516, didapatkan efisiensi pompa (η) = 80 %

$$\text{Power motor} = \frac{2{,}5072.10^{-4}\ \text{hp}}{0{,}8} = 3{,}1340.10^{-4}\ \text{hp} \approx 0{,}25\ \text{hp}$$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 3,16 m^3
- Bahan = *Stainless steel*
- Diameter pipa = 2 in sch 40
- Efisiensi pompa = 50 %
- Efisiensi motor = 80 %
- Power motor = 0,25 hp
- Jumlah = 1 unit

27. *Mixer* Bahan Tambahan II (M-312)

Fungsi : Untuk mencampur natrium benzoate dan pewarna dari gudang menuju ke *mixer* II (M-310)

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis yang dilengkapi dengan pengaduk.

Waktu tinggal : 5 menit

Kondisi operasi : T = 30 °C

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	$\frac{kg}{batch}$	Xi
Zat pewarna	3,18	0,8457
Natrium benzoat	0,58	0,1543
Total	3,76	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m³)	$\frac{Xi}{\rho}$
Zat pewarna	0,8457	640	$1{,}3214.10^{-3}$
Natrium benzoat	0,1543	649,78	$2{,}3746.10^{-4}$
Total	1		$1{,}5589.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1{,}5589.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 641{,}49 \, \frac{kg}{m^3} = 40{,}0478 \, \frac{lb}{ft^3}$$

Rate volume feed masuk $= \dfrac{3{,}76 \, \frac{kg}{batch}}{641{,}49 \, \frac{kg}{m^3}} = 5{,}86.10^{-3} \, \frac{m^3}{batch}$

$= 0{,}2070 \, \frac{ft^3}{batch} \times 1 \text{ batch} = 0{,}2070 \, ft^3$

Direncanakan :

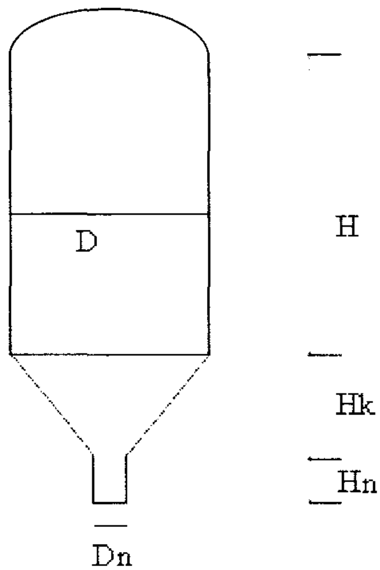
- Campuran menepati 80 % volume tangki

  - $V_{total\ tangki} = \dfrac{0{,}2070 \, ft^3}{0{,}8} = 0{,}2587 \, ft^3 = 0{,}2587 \, m^3 = 0{,}26 \, m^3$

Dimensi tangki :

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 3 in = 0,25 ft = 0,08 m
- $\alpha = 30^{o}$
- H = 1,5 D



Keterangan :

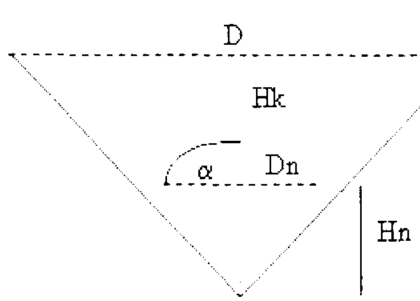
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\ tg\ \alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$
$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\ D$$
$$= 1{,}1775\ D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$
$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\ 2}\right) Hn$$
$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\ tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\ 2}\right)\left(\frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}\right)$$
$$= \left(\frac{\pi}{24} \frac{D^3}{tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24} \frac{Dn^3}{tg\ \alpha}\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^o}\left(D^3 - (0{,}25)^3\right)$$
$$= 0{,}2266\ D^3 - 0{,}0354$$

$V_{dished\ head}$ = $0{,}000049\ Di^{\ 3}$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki}$ = $V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

$0{,}2587\ ft^3$ = $1{,}1775\ D^3 + (0{,}2266\ D^3 - 0{,}0354) + 0{,}000049\ D^3$

$0{,}2587\ ft^3$ = $1{,}4041\ D^3 - 0{,}0354$

$0{,}2941\ ft^3$ = $1{,}4041\ D^3$

D = 0,5939 ft = 7,1268 in = 0,1810 m = 0,18 m

H_{shell} = 1,5 × 0,5939 ft = 0,8909 ft = 10,6902 in = 0,2715 m = 0,27 m

Vol campuran dalam konis $= \frac{\pi}{24 \text{ tg } \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$

$= \frac{\pi}{24 \text{ tg } 30^o}\left((0{,}5939 \text{ ft})^3 - (0{,}25 \text{ ft})^3\right)$

$= 0{,}0439 \text{ ft}^3 = 0{,}00124 \text{ m}^3$

Tinggi camp dalam nozzle (Hn) $= \frac{Dn}{2 \text{ tg } \alpha}$

$= \frac{0{,}25 \text{ ft}}{2 \text{ tg } 30^o} = 0{,}2165 \text{ ft} = 0{,}0660 \text{ m} = 0{,}07 \text{ m}$

Tinggi campuran dalam konis (Hk) $= \frac{D - Dn}{2.\text{tg}.\alpha}$

$= \frac{0{,}5939 \text{ ft} - 0{,}25 \text{ ft}}{2.\text{tg } 30^o} = 0{,}2978 \text{ ft} = 0{,}09 \text{ m}$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$\frac{\pi}{4} D^2 H_l$ $= 0{,}2587 \text{ ft}^3 - 0{,}0439 \text{ ft}^3$

$\frac{\pi}{4}(0{,}5939 \text{ ft})^2 H_l$ $= 0{,}2148 \text{ ft}^3$

Tinggi camp dalam shell (H_l) = 0,7758 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_l + Hk)

= 0,7758 ft + 0,2978 ft

= 1,0736 ft = 0,3272 m = 0,32 m

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1{,}2 \; P_{operasi}$

• $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \frac{\rho_{campuran} H_{camp}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{40{,}0478\ {}^{lb}\!/\!_{ft^3} \times 1{,}0736\ ft \times 1\ ft^2}{144\ in^2} = 0{,}2986\ psi$$

- P_{design} = 1,2 × $P_{operasi}$ = 1,2 × 0,2986 psi = 0,3583 psi

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7^th^ed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

a. Tebal shell (tebal tangki) :

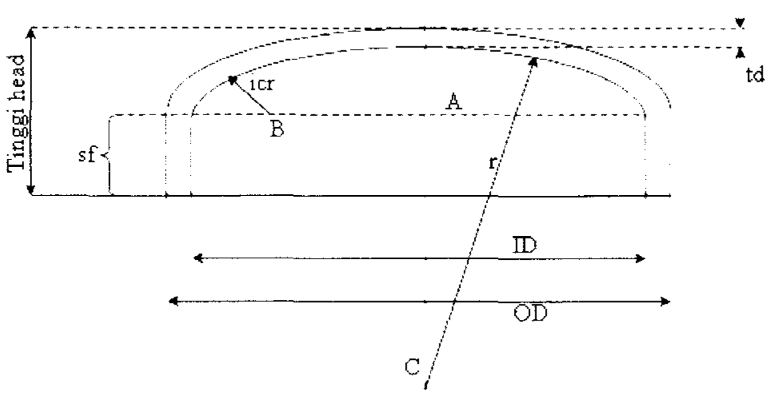
- $t_{shell} = \frac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)

- $t_{shell} = \frac{0{,}3583\ {}^{lb}\!/\!_{in^2} \times 0{,}5939\ in}{2.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 0{,}3583\ {}^{lb}\!/\!_{in^2}\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1250\ in$

$t_{shell} \sim {}^{3}\!/\!_{16}$ in = 0,1875 in, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = ${}^{3}\!/\!_{16}$ in

b. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish* (*head/bottom*), mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

$W = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2 t

  = 7,1268 in + 2.(0,1875 in) = 7,5018 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 12 in
- r = 12 in
- icr = 0,75 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{12\ in}{0,75\ in}\right)^{0,5}\right) = 1,75\ in$
- $a = \frac{Di}{2} = \frac{7,1268\ in}{2} = 3,5634\ in$
- AB = a – icr = 3,5634 in – 0,75 in = 2,8134 in
- BC = r – icr = 12 in – 0,75 in = 11,25 in
- $b = r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$

$$= 12\ \text{in} - \left(\sqrt{(11{,}25\ \text{in})^2 - (2{,}8134\ \text{in})^2}\right) = 1{,}1075\ \text{in}$$

- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

$$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0{,}2.P_{desain}} + c$$

$$t_{dish} = \frac{0{,}3583\ {}^{lb}/_{in^2} \times 12\ \text{in} \times 1{,}75\ \text{in}}{2 \times 18750 \times 0{,}8 - 0{,}2 \times 0{,}3583\ {}^{lb}/_{in^2}} + 0{,}125\ \text{in} = 0{,}1253\ \text{in}$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart

$= {}^{3}/_{16}\ \text{in}$

Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

= 0,1875 in + 1,1075 in + 2 in

= 3,2950 in = 0,0837 m

c. Tebal konis

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{0{,}3583\ {}^{lb}/_{in^2} \times 7{,}1268\ \text{in}}{2\cos 30.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 0{,}3583\ {}^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125\ \text{in} = 0{,}1251\ \text{in}$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= {}^{3}/_{16}\ \text{in}$

- $Hn = \frac{Dn}{2\ \text{tg}\ \alpha}$

$$= \frac{0{,}25\ \text{ft}}{2\ \text{tg}\ 30^\circ} = 0{,}2165\ \text{ft} = 2{,}5981\ \text{in} = 0{,}07\ \text{m}$$

- Hk $= \dfrac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

  $= \dfrac{0,5939 \text{ ft} - 0,25 \text{ ft}}{2.tg\ 30^{\circ}} = 0,2978 \text{ ft} = 3,5739 \text{ in} = 0,0908 \text{ m}$

- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

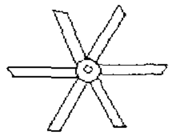
  = (10,6902 + 3,2950 + 3,5739 + 2,5981) in

  = 20,1572 in = 1,6798 ft = 0,51 m

***Agitator* (Pengaduk):**

Ditetapkan :

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah 45° *pitched six blade turbine*.

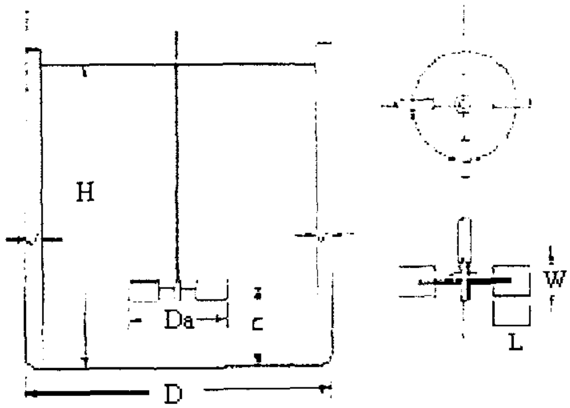


Dasar pemilihan 45° *pitched six blade turbine* : speednya tinggi, cocok untuk proses pengadukan campuran dengan viskositas rendah dan sedang (<200 Pa.s)

- Kecepatan agitator adalah 150 rpm

  Dasar pemilihan kecepatan 150 rpm : viskositas campuran rendah, alirannya menjadi turbulent, sehingga campuran natrium benzoate dan zat pewarna akan cepat homogen.

- Untuk mencegah timbulnya *vorteks*, maka digunakan 4 buah *baffles*.



Berdasarkan perbandingan sistem agitator standar dari Geankoplis, hal.144, Tabel 3.4-1, maka didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

Da = 0,4 D = 0,4 × 0,1810 m = 0,0724 m = 1,9870 ft

W = $\frac{1}{5}$ Da = $\frac{1}{5}$ × 0,0724 m = 0,0145 m

L = $\frac{1}{4}$ Da = $\frac{1}{4}$ × 0,0724 m = 0,0181 m

C = $\frac{1}{3}$ D = $\frac{1}{3}$ × 0,1810 m = 0,0603 m

J = $\frac{1}{12}$ D = $\frac{1}{12}$ × 0,1810 m = 0,0151 m

Dimana: Da = diameter pengaduk

D = diameter tangki

L = panjang *blade*

W = lebar *blade*

C = jarak dari dasar tangki ke pusat pengaduk

J = lebar *baffle*

$$sg = \frac{\rho \text{ mixed}}{\rho \text{ air } (4°C)} = \frac{641{,}49 \ kg/m^3}{1000 \ kg/m^3} = 0{,}6415$$

Jumlah impeler = $\frac{sg \times H}{D} = \frac{06415 \times 0{,}2715}{0{,}1810} = 0{,}96 \approx 1$ buah

Kecepatan pengadukan = π . Da . N = $\pi \times 0{,}0724 \times 150 = 34{,}1004\ ^{m}/_{menit}$

Power yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan dari Geankoplis, p.155 yakni:

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu}$$

Dimana: Da = diameter impeler, m

N = kecepatan putaran pengaduk, rps

ρ = densitas, kg / m^3

μ = viskositas campuran, kg/m.s

$$\mu_{campuran} = 0{,}324 \times \rho^{0,5}{}_{campuran}$$

$$= 0{,}324 \times (641{,}49)^{0,5}$$

$$= 8{,}2062\ ^{lb}/_{ft.h} = 2{,}2795.10^{-3}\ ^{lb}/_{ft.s} = 3{,}3922.10^{-3}\ ^{kg}/_{m.s}$$

$$N_{Re} = \frac{(150/60)\text{ putaran/dtk} \times (0{,}0724)^2\ m^2 \times 641{,}49\ kg/m^3}{3{,}3922 \times 10^{-3}\ kg/m.s}$$

$$= 2.478{,}14$$

Nilai Np dicari dari Geankoplis, grafik 3.4-4, p.145. Untuk N_{Re} = 2.478,14 dan jenis agitator 45^{o} *pitched six blade turbine* (kurva 3), maka didapatkan nilai Np = 1,7.

Power untuk satu buah pengaduk :

$$P = Np \times \rho \times N^3 \times Da^5$$ [Geankoplis, p.145]

$= 1{,}7 \times 641{,}49\ kg/m^3 \times (150/60)^3 \times (0{,}0724)^5\ m^5$

$= 0{,}0339\ W = 0{,}0339.10^{-3}\ kW = 0{,}0455\ hp$

Dari Peter and Timmerhause, 3[th] ed, fig.14-38, p.521, efisiensi motor = 80 %, maka :

Power yang dibutuhkan = $\dfrac{0{,}0455\ hp}{0{,}8}$ = 0,0569 hp ~ 0,25 hp

<u>Spesifikasi Alat :</u>

- Kapasitas = 0,26 m^3
- Diameter = 0,18 m
- Tinggi tangki = 0,51 m
- Tinggi shell = 0,21 m
- Tinggi dish = 1 m
- Tinggi konis = 0,09 m
- Tinggi nozzle = 0,07 m
- Tebal shell = 0,1250 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1253 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1251 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C
- Pengaduk = *pitched six blade turbine*
- Power motor = 0,25 hp
- Jumlah = 1 unit

28. ***Mixer*** **II (M-310)**

Fungsi : Untuk mencampur saus tomat dengan zat pewarna dan natrium benzoate dari *mixer* bahan tambahan II (M-312).

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis dilengkapi dengan pengaduk.

Waktu tinggal : 30 menit

Kondisi operasi : T = 100 °C

Sistem : Batch

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Padatan tomat	73,94	0,0252
Padatan cabai merah	5,60	0,002
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	2.519,38	0,8593
Rempah - rempah	39,30	0,0134
Bahan pembantu	280,51	0,0957
Asam cuka	9,46	0,0032
Bahan pewarna dan pengawet	3,76	0,0012
Total	2.931,95	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m^3)	$\frac{Xi}{\rho}$
Padatan tomat	0,0252	672	$3{,}75.10^{-5}$
Padatan cabai merah	0,002	184,60	$1{,}0834.10^{-5}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	0,8593	995,68	$8{,}6303.10^{-4}$
Rempah - rempah	0,0134	336,34	$3{,}9841.10^{-5}$
Bahan pembantu	0,0957	828,78	$1{,}1547.10^{-4}$
Asam cuka	0,0032	560	$5{,}7143.10^{-6}$
Bahan pewarna dan pengawet	0,0012	641,49	$1{,}8706.10^{-6}$
Total	1		$1{,}0743.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1,0743.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 930,8387\ {kg}/{m^3} = 58,1128\ {lb}/{ft^3}$$

Rate volume feed masuk $= \dfrac{2.931,95\ {kg}/{batch}}{930,8387\ {kg}/{m^3}} = 3,1498\ {m^3}/{batch}$

$= 111,2299\ {ft^3}/{batch} \times 1\ batch = 111,23\ ft^3$

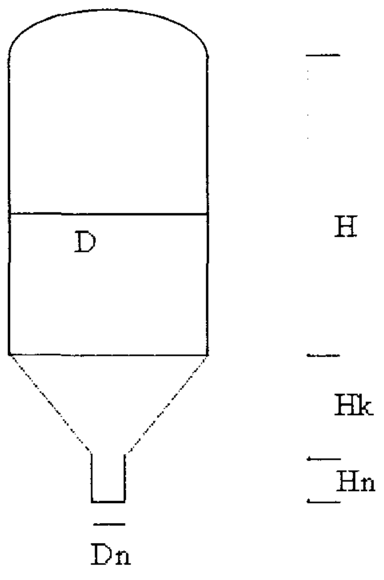
Direncanakan :

- Campuran menepati 80 % volume tangki
  - $V_{total\ tangki} = \dfrac{111,2299\ ft^3}{0,8} = 139,0373\ ft^3 = 3,9372\ m^3 = 3,94\ m^3$

Dimensi tangki :

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 2 in = 0,17 ft
- $\alpha = 30\ ^o$
- H = 1,5 D



Keterangan :

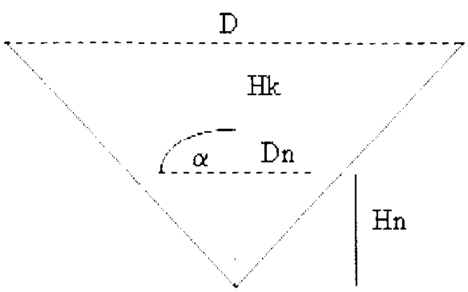
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\ tg\ \alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\ D$$

$$= 1{,}1775\ D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\ 2}\right) Hn$$

$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\ tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\ 2}\right)\left(\frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}\right)$$

$$= \left(\frac{\pi}{24} \frac{D^3}{tg\ \alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24} \frac{Dn^3}{tg\ \alpha}\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^o}\left(D^3 - (0{,}17)^3\right)$$

$$= 0{,}2266\ D^3 - 0{,}0011$$

$V_{dished\ head} = 0{,}000049\ Di^{\ 3}$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki} = V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

$139{,}0373\ ft^3 = 1{,}1775\ D^3 + (0{,}2266\ D^3 - 0{,}0011) + 0{,}000049\ D^3$

$139{,}0373\ ft^3 = 1{,}4041\ D^3 - 0{,}0011$

$139{,}0384\ ft^3 = 1{,}4041\ D^3$

$D = 4{,}6264\ ft = 55{,}5171\ in = 1{,}4101\ m = 1{,}41\ m$

$H_{shell} = 1{,}5 \times 4{,}6264\ ft = 6{,}9396\ ft = 83{,}2752\ in = 2{,}1152\ m = 2{,}12\ m$

$$\text{Vol campuran dalam konis} = \frac{\pi}{24\ tg\ \alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24\ tg\ 30^o}\left((4{,}6264\ ft)^3 - (0{,}17\ ft)^3\right)$$

$$= 22{,}4381\ ft^3 = 0{,}6354\ m^3$$

$$\text{Tinggi camp dalam nozzle (Hn)} = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$= \frac{0{,}17\ ft}{2\ tg\ 30^o} = 0{,}1472\ ft = 0{,}0449\ m = 0{,}04\ m$$

$$\text{Tinggi campuran dalam konis (Hk)} = \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$$

$$= \frac{4{,}6264 \text{ ft} - 0{,}17 \text{ ft}}{2.\text{tg } 30^\circ} = 3{,}8594 \text{ ft} = 1{,}18 \text{ m}$$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$\frac{\pi}{4} D^2 H_1$ = $139{,}0373 \text{ ft}^3 - 22{,}4381 \text{ ft}^3$

$\frac{\pi}{4} (4{,}6264 \text{ ft})^2 H_1$ = $116{,}5992 \text{ ft}^3$

Tinggi camp dalam shell (H_1) = 6,9397 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_1 + Hk)

= 6,9397 ft + 3,8594 ft

= 10,7991 ft = 3,2916 m = 3,30 m

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

- $P_{design} = 1{,}2\ P_{operasi}$

  - $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \frac{\rho_{campuran} H_{bahan}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{58{,}1128 \ {}^{lb}/_{ft^3} \times 10{,}7991 \text{ ft} \times 1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 4{,}3581 \text{ psi}$$

  - $P_{design} = 1{,}2 \times P_{operasi} = 1{,}2 \times 4{,}3581$ psi = 5,2297 psi

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7thed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

a. Tebal shell (tebal tangki) :

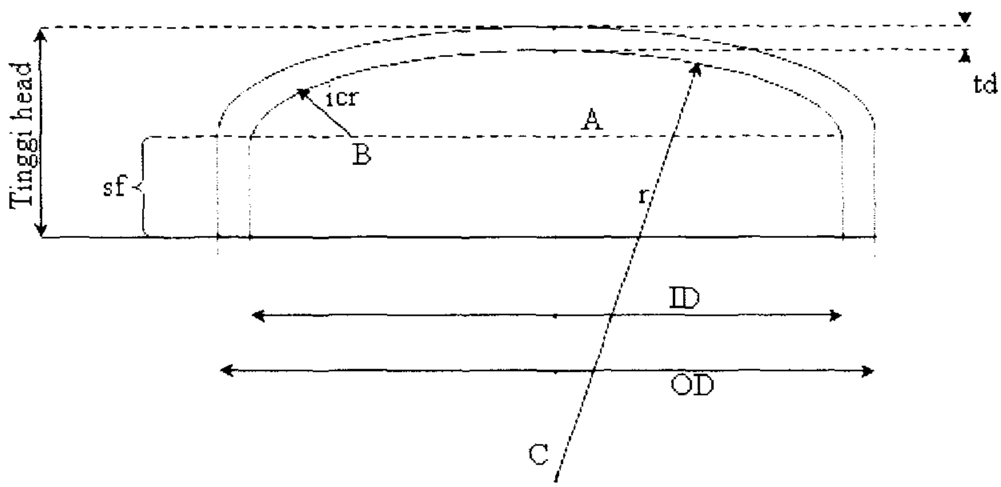
- $t_{shell} = \dfrac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)

- $t_{shell} = \dfrac{5{,}2297\ lb/in^2 \times 55{,}5171\ in}{2.(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}2297\ lb/in^2)} + 0{,}125\ in = 0{,}1347\ in$

$t_{shell} \sim 3/16\ in = 0{,}1875$ in, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = $3/16$ in

b. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish* (*head/bottom*), mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

$W = \dfrac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\dfrac{r}{icr}}\right)$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2t

  = 55,5171 in + 2.(0,1875 in) = 55,8921 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 60 in
- r = 60 in
- icr = 3,6250 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $$W = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{60\text{ in}}{3,6250\text{ in}}\right)^{0,5}\right) = 1,7671\text{ in}$$

- $$a = \frac{Di}{2} = \frac{55,5171\text{ in}}{2} = 27,7586\text{ in}$$

- AB = a – icr = 27,7586 in – 3,6250 in = 24,1336 in

- BC = r – icr = 60 in – 3,6250 in = 56,3750 in

- $$b = r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$$

  $$= 60\text{ in} - \left(\sqrt{(56,3750\text{ in})^2 - (24,1336\text{ in})^2}\right) = 9,0519\text{ in}$$

- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

$$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0,2.P_{desain}} + c$$

$$t_{dish} = \frac{5,2297\ ^{lb}/_{in^2} \times 60\text{ in} \times 1,7671\text{ in}}{2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 5,2297\ ^{lb}/_{in^2}} + 0,125\text{ in} = 0,1435\text{ in}$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart

$= \frac{3}{16}$ in

Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

  = 0,1875 in + 9,0519 in + 2 in

  = 11,2394 in = 0,29 m

c. Tebal konis

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{5{,}2297\ lb/in^2 \times 55{,}5171\ in}{2\cos 30.(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}2297\ lb/in^2)} + 0{,}125\ in = 0{,}1362\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart $= 3/16$ in

- $Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$

  $= \frac{0{,}17\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}1472\ ft = 1{,}7667\ in = 0{,}04\ m$

- $Hk = \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

  $= \frac{4{,}6264\ ft - 0{,}17\ ft}{2.tg\ 30^\circ} = 3{,}8594\ ft = 46{,}3123\ in = 1{,}18\ m$

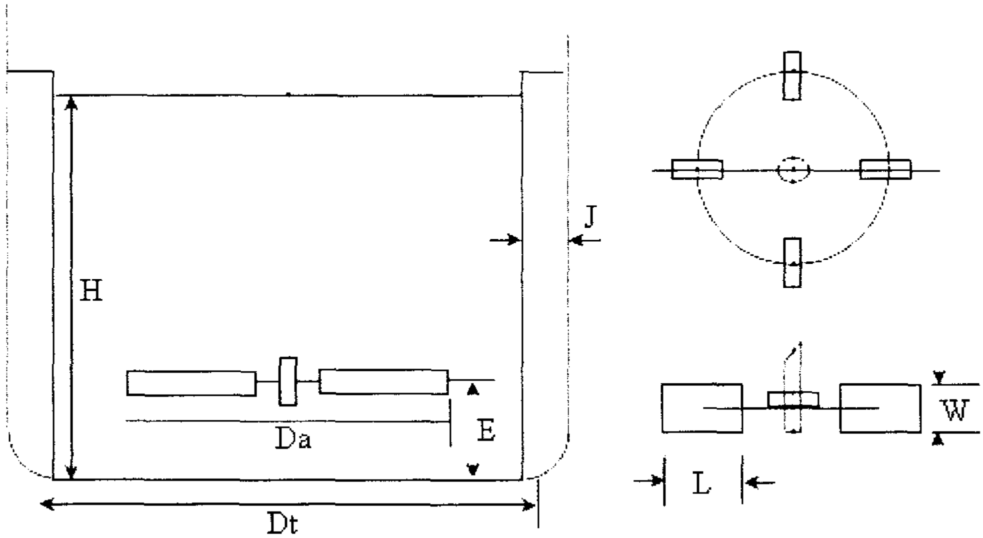
- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

  = (83,2752 + 11,2394 + 46,3123 + 1,7667) in

  = 142,5936 in = 11,8828 ft = 3,6219 m = 3,62 m

Perancangan pengaduk :

Diambil type pengaduk six flat blade turbine dengan disk.



Gambar. Pengaduk

Dari Mc. Cabe, 5^{th} ed., p. 243, memperoleh :

$$\frac{Da}{Dt}=\frac{1}{3}\rightarrow Da=\frac{1}{3}\times 4{,}6264\ ft=1{,}5421\ ft=0{,}4700\ m=0{,}47\ m$$

$$\frac{H}{Dt}=1\rightarrow H=Dt=4{,}6264\ ft=1{,}4101\ m=1{,}41\ m$$

$$\frac{J}{Dt}=\frac{1}{12}\rightarrow J=\frac{1}{12}\times 4{,}6264\ ft=0{,}3855\ ft=0{,}1175\ m=0{,}12\ m$$

$$\frac{E}{Dt}=\frac{1}{3}\rightarrow E=\frac{1}{3}\times 4{,}6264\ ft=1{,}5421\ ft=0{,}4700\ m=0{,}47\ m$$

$$\frac{W}{Da}=\frac{1}{5}\rightarrow W=\frac{1}{5}\times 1{,}5421\ ft=0{,}3084\ ft=0{,}0940\ m=0{,}09\ m$$

$$\frac{L}{Da}=\frac{1}{4}\rightarrow L=\frac{1}{4}\times 1{,}5421\ ft=0{,}3855\ ft=0{,}1175\ m=0{,}12\ m$$

Dimana :

Da = Diameter pengaduk/impeller

Dt = Diameter tangki

H = Tinggi liquid dalam shell

J = Lebar baffle

E = Jarak dari dasar tangki ke pusat pengduk

W = Lebar blade

L = Panjang blade

$\rho_{H_2O,\ 4^\circ C} = 62,4\ {}^{lb}/_{ft^3}$

$$Sg = \frac{58,1128\ {}^{lb}/_{ft^3}}{62,4\ {}^{lb}/_{ft^3}} = 0,9313$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{\text{Tinggi liquid} \times Sg}{\text{Diameter shell}} = \frac{10,7991\ ft \times 0,9313}{4,6264\ ft} = 2,1739$$

Diambil jumlah pengaduk = 3 buah

Dari Mc. Cabe 5th ed diperoleh kecepatan agitator = 20 – 200 rpm

Diambil kecepatan agitator = 200 rpm = 3,3333 rps

$\mu_{campuran} = 0,324 \times (\rho_{campuran})^{0,5}$

$= 0,324 \times (58,1128)^{0,5}$

$= 2,4699\ {}^{lb}/_{ft.h} = 6,8609 .10^{-4}\ {}^{lb}/_{ft.s}$

$$N_{Re} = \frac{N \times Da \times \rho}{\mu} = \frac{3,3333\ rps \times (1,5421\ ft)^2 \times 58,1128\ {}^{lb}/_{ft^3}}{6,8609.10^{-4}\ {}^{lb}/_{ft.s}} = 671.413,68$$

Dari fig 3.4 – 4, Geankoplis 3rd ed., p. 145, diperoleh Np = 1,7

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

Dimana :

Np = Power number

P = Power pengaduk

N = Kecepatan pengaduk

ρ = Massa jenis bahan

$$P = 1,7 \times 930,8387 \; {}^{kg}/_{m^3} \times (3,3333 \text{ rps})^3 \times (0,4700 \text{ m})^5$$

$$= 1.344,1132 \; {}^{kg \cdot m^3}/_{s^2} \times \frac{1 \text{ J}}{1 \; {}^{kg \cdot m^2}/_{s^3}}$$

$$= 1.344,1132 \; {}^{J}/_{s} = 1.344,1132 \times 10^{-3} \text{ kW} = 1,8025 \text{ hp}$$

Power untuk 3 buah pengaduk = 3 × 1,8025 hp = 5,4075 hp

Dari fig 12.18, p 516, Peter and Timmerhause, 5rd ed, memperoleh efisiensi motor = 85 %

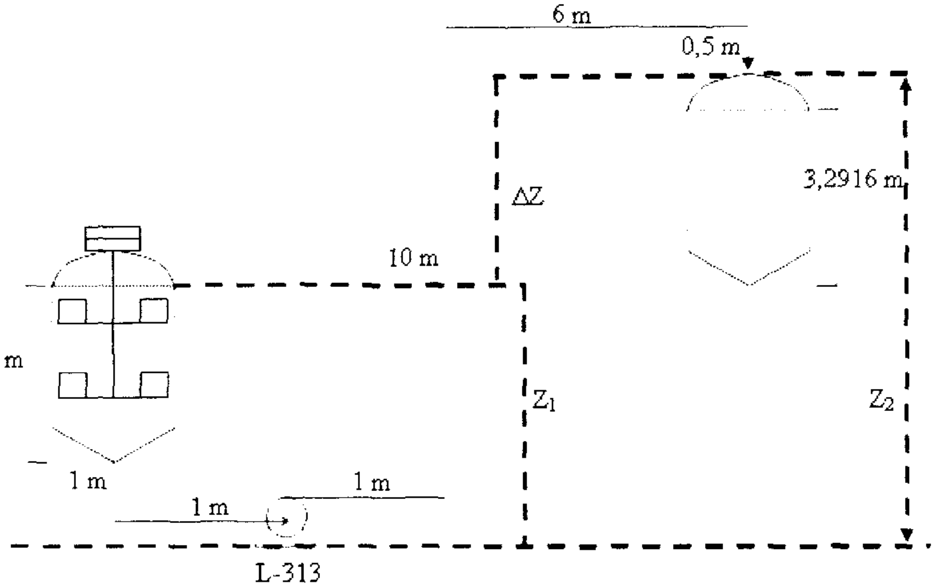
$$\text{Power motor yang dipakai} = \frac{5,4075 \text{ hp}}{0,85} = 6,3617 \text{ hp} \approx 7 \text{ hp}$$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 3,94 m^3
- Diameter = 1,41 m
- Tinggi tangki = 3,62 m
- Tinggi shell = 2,12 m
- Tinggi dish = 0,29 m
- Tinggi konis = 1,18 m
- Tinggi nozzle = 0,04 m
- Tebal shell = 0,1347 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal dish = 0,1435 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal konis = 0,1362 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA – 240 grade C

- Pengaduk = *Six flate blade turbine with disk*
- Power motor = 7 hp
- Jumlah = 1 buah

29. Pompa IV (L-313)



Fungsi : Untuk memompa saus tomat dari *mixer* II (M-310) menuju tangki penampung IV (F-314)

Tipe : Centrifugal pump

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengalirkan liquid

Perhitungan :

Massa bahan masuk :

Komponen	kg/batch	Xi
Padatan tomat	73,94	0,0252
Padatan cabai merah	5,60	0,002
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	2.519,38	0,8593
Rempah - rempah	39,30	0,0134
Bahan pembantu	280,51	0,0957

Asam cuka	9,46	0,0032
Bahan pewarna dan pengawet	3,76	0,0012
Total	2.931,95	1

Komponen	Xi	ρ (kg/m³)	Xi/ρ
Padatan tomat	0,0252	672	$3,75.10^{-5}$
Padatan cabai merah	0,002	184,60	$1,0834.10^{-5}$
Total air yang terkandung didalam bubur tomat	0,8593	995,68	$8,6303.10^{-4}$
Rempah - rempah	0,0134	336,34	$3,9841.10^{-5}$
Bahan pembantu	0,0957	828,78	$1,1547.10^{-4}$
Asam cuka	0,0032	560	$5,7143.10^{-6}$
Bahan pewarna dan pengawet	0,0012	641,49	$1,8706.10^{-6}$
Total	1		$1,0743.10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{Xi}{\rho}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1,0743.10^{-3}}$$

$$\rho_{campuran} = 930,8387 \, {}^{kg}/_{m^3} = 58,1128 \, {}^{lb}/_{ft^3}$$

$$\mu_{campuran} = 0,324 \times (\rho_{campuran})^{0,5}$$

$$= 0,324 \times (58,1128)^{0,5}$$

$$= 2,4699 \, {}^{lb}/_{ft.h} = 6,8609.10^{-4} \, {}^{lb}/_{ft.s} = 1,0210.10^{-3} \, {}^{lb}/_{ft.s}$$

Tiap 1 batch pompa beroperasi selama 30 menit

$$\text{Rate campuran (m)} = 2.931,95 \, {}^{kg}/_{batch} = 1,6289 \, {}^{kg}/_{s} = 3,5910 \, {}^{lb}/_{s}$$

$$\text{Rate volume feed masuk (q)} = \frac{3,5910 \, {}^{lb}/_{s}}{58,1128 \, {}^{lb}/_{ft^3}} = 0,0618 \, {}^{ft^3}/_{s}$$

$$= 1,7499.10^{-3} \, {}^{m^3}/_{s}$$

$$= 27,7360 \, {}^{U.S.\,gal}/_{min}$$

Asumsi : aliran turbulent

Dari Peter and Timmerhaus edisi IV, hal 496 pers. 15 didapatkan persamaan :

$Di_{optimum} = 3,9 \times q^{0,45} \times \rho^{0,13}$

$Di_{optimum} = 3,9 \times (0,0618)^{0,45} \times (58,1128)^{0,13}$

$Di_{optimum} = 1,8896$ in = 0,0480 m

Dari Geankoplis, 3rd ed App A.5 – 1, hal 892 didapatkan

Nominal pipe size = 2 in = 0,0508 m

Sch no = 40

ID = 2,067 in = 0,0525 m = 0,1722 ft

OD = 2,375 in = 0,0603 m = 0,1979 ft

A_P = $21,65.10^{-4}$ m^2 = 0,02330 ft^2

Dengan menggunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha}\left(V_2^2 - V_1^2\right) + g\left(Z_2 - Z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Diperoleh W_s untuk :

Kecepatan aliran $V_1 = 0$

$$\text{Kecepatan aliran } (V_2) = \frac{Q}{A_p} = \frac{0,0618\ ft^3/s}{0,02330\ ft^2} = 2,6524\ ft/s = 0,8084\ m/s$$

$$NR_e = \frac{D_i \times V \times \rho}{\mu} = \frac{0,1722\ ft \times 2,6524\ ft/s \times 58,1128\ lb/ft^3}{1,0210.10^{-3}\ lb/ft.s} = 25.996,70$$

(asumsi aliran turbulent benar → $\alpha = 1$)

Bahan pipa yang digunakan adalah Commercial steel, menurut Geankoplis, 3rd ed, p 88, fig 2.10 – 3, memperoleh :

$\varepsilon = 4,6.10^{-5}$ m

$$\frac{\varepsilon}{ID} = \frac{4{,}6.10^{-5}\ m}{0{,}0525\ m} = 8{,}762.10^{-4} \rightarrow f = 0{,}005$$

Diperkirakan panjang pipa lurus = 19,5 m = 63,9756 ft

Dari Geankoplis 3[rd] ed, table 2.10 – 1, p. 93 didapatkan untuk :

4 buah elbow 90 ° = Le/D = 35, Le = 4 × 35 × 0,1722 ft = 24,1080 ft

2 gate valve = Le/D = 9, Le = 2 × 9 × 0,1722 ft = 3,0996 ft

Panjang total pipa = 63,9756 ft + 24,1080 ft + 3,0996 ft = 91,1832 ft

Friksi yang terjadi adalah :

1. Friksi yang disebabkan oleh pipa lurus sepanjang 91,1832 ft = 27,7930 m

$$F_f = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{ID} \times \frac{V_2^2}{2} \text{.................(Geankoplis, 3}^{rd}\text{ ed, p 89)}$$

$$F_f = 4 \times 0{,}005 \times \frac{27{,}7930\ m}{0{,}0525\ m} \times \frac{\left(0{,}8084\ m/s\right)^2}{2} = 3{,}4596\ m^2/s^2 = 3{,}4596\ J/kg$$

2. Friksi yang disebabkan oleh *fitting* and *valve*

   Digunakan : 4 buah *elbow* 90° dan 2 buah *gate valve*

   Dari tabel 2.10-1 Geankoplis 1997, didapatkan harga :

   $K_f = 4(0{,}75) + 2(0{,}17) = 3{,}34$

$$h_f = K_f \times \frac{V_2^2}{2} \text{.................(Geankoplis, 3}^{rd}\text{ ed, p 94)}$$

$$h_f = 3{,}34 \times \frac{\left(0{,}8084\ m/s\right)^2}{2} = 1{,}0914\ m^2/s^2 = 1{,}0914\ J/kg$$

3. Friksi yang disebabkan karena *sudden contraction* (friksi aliran keluar dari *mixer* saus ke pipa)

$$h_c = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{V_2^2}{2\alpha} \text{.................(Geankoplis, 3}^{rd}\text{ ed, p 93)}$$

Karena A_1 (luas *mixer* saus) lebih besar A_2 (luas pipa) maka: $\frac{A_2}{A_1} \approx 0$

(diabaikan)

$$h_c = 0{,}55 \times (1 - 0) \times \frac{\left(0{,}8084 \ {}^{m}\!/_{s}\right)^2}{2 \times 1} = 0{,}1797 \ {}^{m^2}\!/_{s^2} = 0{,}1797 \ {}^{J}\!/_{kg}$$

4. Friksi yang disebabkan karena *sudden expansion* (friksi aliran dari pipa ke tangki penampung saus tomat)

$$h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times \frac{V_2^2}{2\alpha} \text{ ....(Geankoplis, 3}^{rd}\text{ ed, p 93)}$$

Karena A_2 (luas tangki penampung saus) lebih besar A_1 (luas pipa) maka : $\frac{A_1}{A_2} \approx 0$ (diabaikan)

$$h_{ex} = (1 - 0) \times \frac{\left(0{,}8084 \ {}^{m}\!/_{s}\right)^2}{2 \times 1} = 0{,}3268 \ {}^{m^2}\!/_{s^2} = 0{,}3268 \ {}^{J}\!/_{kg}$$

Total friksi $= \sum F = F_f + h_f + h_c + h_{ex}$

$= (3{,}4596 + 1{,}0914 + 0{,}1797 + 0{,}3268) \ {}^{m^2}\!/_{s^2}$

$= 5{,}0575 \ {}^{m^2}\!/_{s^2} = 5{,}0575 \ {}^{J}\!/_{kg}$

$\Delta P = P_2 - P_1 = 1$ atm $- 1$ atm $= 0$ atm

$Z_2 - Z_1 = (10 - 0{,}5)$ m $- (3{,}2916 + 1)$ m $= 5{,}2084$ m

$V_1 = 0$, $V_2 = 0{,}8124 \ {}^{m}\!/_{s}$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha}\left(V_2^2 - V_1^2\right) + g\left(Z_2 - Z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{1}{2\times 1}\left(\left(0{,}8084\ m/s\right)^2 - \left(0\ m/s\right)^2\right) + 10\ m/s^2\ (5{,}2084\ m) + 5{,}0575\ m^2/s^2 + W_s = 0$$

$$0{,}3268\ m^2/s^2 + 52{,}084\ m^2/s^2 + 5{,}0575\ m^2/s^2 + W_s = 0$$

$$W_s = -\ 57{,}4683\ m^2/s^2 = -\ 57{,}4683\ J/kg$$

Untuk rate volumetric $27{,}7360\ U.S.\ gal/min$ dari Peter and Timmerhaus 5th ed, fig 12 – 17, p. 516, memperoleh hasil efisiensi pompa (η) = 50 %

$$\text{Brake hp} = \frac{-\ W_s . m}{\eta . 1000} = \frac{-\ W_s . q . \rho}{\eta . 1000}$$

$$\text{Brake hp} = \frac{-\left(-57{,}4683\ J/kg\right)\times 1{,}7499.10^{-3}\ m^3/s \times 930{,}8387\ kg/m^3}{0{,}50 \times 1000}$$

$$\text{Brake hp} = 0{,}1872\ J/s = 0{,}1872\ W = 0{,}1872.10^{-3}\ kW = 2{,}5104.10^{-4}\ hp$$

Dari Peter and Timmerhaus 5th ed, fig 12 – 18, p. 516, didapatkan efisiensi pompa (η) = 80 %

$$\text{Power motor} = \frac{2{,}5104.10^{-4}\ hp}{0{,}8} = 3{,}1380.10^{-4}\ hp \approx 0{,}25\ hp$$

Spesifikasi Alat :

- Kapasitas = 3,15 m^3
- Bahan = *Stainless steel*
- Diameter pipa = 2 in sch 40
- Efisiensi pompa = 50 %
- Efisiensi motor = 80 %
- Power motor = 0,25 hp
- Jumlah = 1 unit

30. Tangki Penampung IV (F-314)

Fungsi : Untuk menampung saus dari *mixer* II (M-310) sebelum dilakukan pengemasan.

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis.

Waktu tinggal : 30 menit

Perhitungan :

Volume tangki :

Massa bahan masuk :

Saus tomat : $2.931,95 \ ^{kg}/_{batch}$

$\rho_{saus\ tomat} = 1,1709 \ ^{kg}/_{dm^3} = 1.170,9 \ ^{kg}/_{m^3}$

Rate volume feed masuk $= \dfrac{2.931,95 \ ^{kg}/_{batch}}{930,8387 \ ^{kg}/_{m^3}} = 3,1498 \ ^{m^3}/_{batch}$

$= 111,2299 \ ^{ft^3}/_{batch} \times 1 \text{ batch} = 111,23 \ ft^3$

Direncanakan :

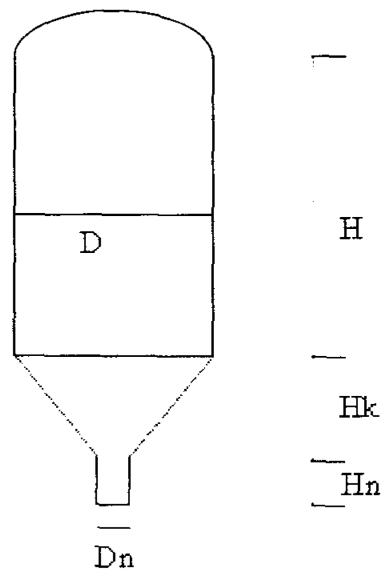
- Campuran menepati 80 % volume tangki
  - $V_{total\ tangki} = \dfrac{111,2299 \ ft^3}{0,8} = 139,0373 \ ft^3 = 3,9372 \ m^3 = 3,94 \ m^3$

Dimensi tangki :

Direncanakan :

- Diameter nozzle (Dn) = 2 in = 0,17 ft = 0,05 m
- $\alpha = 30\ ^o$

➢ H = 1,5 D



Keterangan :

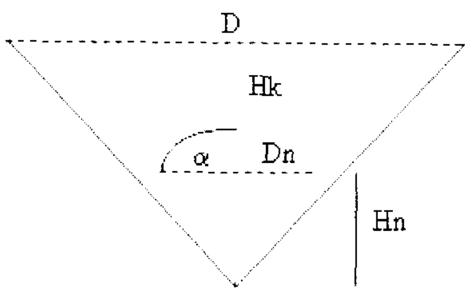
D = Diameter shell

H = Tinggi shell

Hk = Tinggi konis

Hn = Tinggi nozzle

Dn = Diameter nozzle



Dari gambar diatas dapat dicari persamaan untuk menghitung Hn dan Hk

$$Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$Hk = \frac{D}{2\ tg\ \alpha} - Hn = \frac{D - Dn}{2\ tg\ \alpha}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$
$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1{,}5\,D$$
$$= 1{,}1775\,D^3$$

$$V_{konis} = V_t - V_{nozzle}$$
$$= \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D^2\right) Hk - \left(\frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^{\ 2}\right) Hn$$
$$= \left(\frac{\pi}{12} D^2\right)\left(\frac{D}{2\,tg\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{12} D_n^{\ 2}\right)\left(\frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}\right)$$
$$= \left(\frac{\pi}{24}\frac{D^3}{tg\,\alpha}\right) - \left(\frac{\pi}{24}\frac{Dn^3}{tg\,\alpha}\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,\alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,30^\circ}\left(D^3 - (0{,}17)^3\right)$$
$$= 0{,}2266\,D^3 - 0{,}0011$$

$V_{dished\ head} = 0{,}000049\ Di^3$ (Brownell and Young, pers 5.11)

$V_{total\ tangki} = V_{shell} + V_{konis} + V_{dished\ head}$

$139{,}0373\ ft^3 = 1{,}1775\,D^3 + (0{,}2266\,D^3 - 0{,}0011) + 0{,}000049\,D^3$

$139{,}0373\ ft^3 = 1{,}4041\,D^3 - 0{,}0011$

$139{,}0384\ ft^3 = 1{,}4041\,D^3$

D = 4,6264 ft = 55,5171 in = 1,4101 m = 1,41 m

$H_{shell} = 1{,}5 \times 4{,}6264$ ft = 6,9396 ft = 83,2752 in = 2,1152 m = 2,12 m

$$\text{Vol campuran dalam konis} = \frac{\pi}{24\,tg\,\alpha}\left(D^3 - Dn^3\right)$$
$$= \frac{\pi}{24\,tg\,30^\circ}\left((4{,}6264\ ft)^3 - (0{,}17\ ft)^3\right)$$
$$= 22{,}4381\ ft^3 = 0{,}6354\ m^3$$

$$\text{Tinggi camp dalam nozzle (Hn)} = \frac{Dn}{2\,tg\,\alpha}$$

$$= \frac{0{,}17 \text{ ft}}{2 \text{ tg } 30^\circ} = 0{,}1472 \text{ ft} = 0{,}0449 \text{ m} = 0{,}04 \text{ m}$$

Tinggi campuran dalam konis (Hk) $= \dfrac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

$$= \frac{4{,}6264 \text{ ft} - 0{,}17 \text{ ft}}{2.tg\ 30^\circ} = 3{,}8594 \text{ ft} = 1{,}18 \text{ m}$$

Volume camp dalam shell = Vol camp total – Vol camp dalam konis

$\frac{\pi}{4} D^2 H_l$ = 139,0373 ft^3 – 22,4381 ft^3

$\frac{\pi}{4}(4{,}6264 \text{ ft})^2 H_l$ = 116,5992 ft^3

Tinggi camp dalam shell (H_l) = 6,9397 ft

Tinggi camp dalam tangki (H_L) = Tinggi camp dalam shell + Tinggi camp dalam konis (H_l + Hk)

= 6,9397 ft + 3,8594 ft

= 10,7991 ft = 3,2916 m = 3,30 m

Tekanan Operasi :

Direncanakan :

➢ $P_{design} = 1{,}2\ P_{operasi}$

- $P_{operasi} = P_{hidrostatik} = \dfrac{\rho_{campuran} H_{bahan}}{144}$ (Brownell and Young, pers 3.17)

$$= \frac{58{,}1128\ {}^{lb}/_{ft^3} \times 10{,}7991 \text{ ft} \times 1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 4{,}3581 \text{ psi}$$

- P_{design} = 1,2 × $P_{operasi}$ = 1,2 × 4,3581 psi = 5,2297 psi

Tebal tangki :

Direncanakan :

- Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C di mana f = 18750, (Brownell and Young, p 342)
- Faktor korosi = 0,125 in, (Perry's, 7[th]ed)
- Sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint E = 0,8

a. Tebal shell (tebal tangki) :

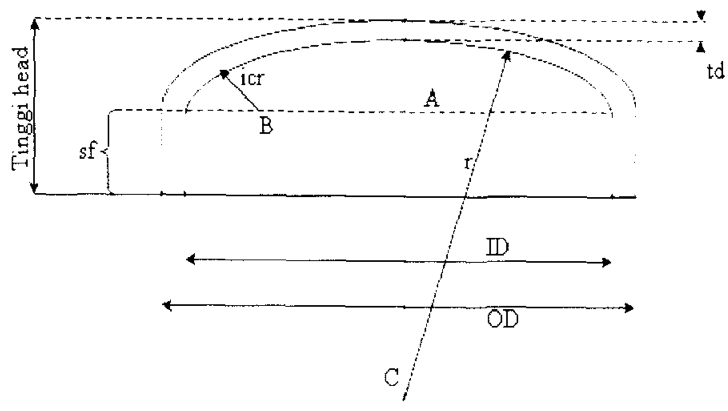
- $t_{shell} = \dfrac{P_{desain}.Di}{2.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$, (Brownell and Young, pers 13-1)

- $t_{shell} = \dfrac{5{,}2297\ lb/in^2 \times 55{,}5171\ in}{2.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}2297\ lb/in^2\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1347\ in$

$t_{shell} \sim 3/16\ in = 0{,}1875\ in$, (Brownell and Young, table 5.7)

ditetapkan tebal standar = $3/16$ in

c. Tebal dished head :



Dimana :

td = Tebal minimum *dish* (*head/bottom*), mm, in

P = *Internal design pressure*, kPa, psi (gauge)

r = *Crown radius / radius of dish*, in

$$W = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$$

S = *Allowable stress value*, kPa, psi

E = *Joint efficiency*

c = *Corrosion allowance*, mm

icr = *Inside corner radius / Knuckle radius*, in

- OD = ID + 2t

  = 55,5171 in + 2.(0,1875 in) = 55,8921 in

Dari Brownell and Young, table 5.7, p 91, didapat :

- OD standart = 60 in
- r = 60 in
- icr = 3,6250 in

Dari Brownell and Young, pers 7 – 76, p 138, didapat :

- $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{r}{icr}\right)^{0,5}\right) = \frac{1}{4}\left(3 + \left(\frac{60\text{ in}}{3,6250\text{ in}}\right)^{0,5}\right) = 1,7671\text{ in}$
- $a = \frac{Di}{2} = \frac{55,5171\text{ in}}{2} = 27,7586\text{ in}$
- AB = a – icr = 27,7586 in – 3,6250 in = 24,1336 in
- BC = r – icr = 60 in – 3,6250 in = 56,3750 in
- $b = r - \left(\sqrt{BC^2 - AB^2}\right)$

  $= 60\text{ in} - \left(\sqrt{(56,3750\text{ in})^2 - (24,1336\text{ in})^2}\right) = 9,0519\text{ in}$
- Dari Brownel and Young, pers 7 – 77, hal. 138 didapatkan :

$$t_{dish} = \frac{P_{desain}.r_c.W}{2.f.E - 0{,}2.P_{desain}} + c$$

$$t_{dish} = \frac{5{,}2297\ ^{lb}/_{in^2} \times 60\ in \times 1{,}7671\ in}{2 \times 18750 \times 0{,}8 - 0{,}2 \times 5{,}2297\ ^{lb}/_{in^2}} + 0{,}125\ in = 0{,}1435\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal dish standart

$= \frac{3}{16}$ in

Pada Brownell and Young, table 5.8, hal 18 dipilih panjang straight flange (sf) = 2 in

- Tinggi dish (OA) = td + b + sf

  = 0,1875 in + 9,0519 in + 2 in

  = 11,2394 in = 0,29 m

d. Tebal konis

- Dari Brownel and Young, pers 6 – 154, hal 259 didapatkan :

$$t_{konis} = \frac{P_{desain}.Di}{2\cos\alpha.(f.E - 0{,}6.P_{desain})} + c$$

$$t_{konis} = \frac{5{,}2297\ ^{lb}/_{in^2} \times 55{,}5171\ in}{2\cos 30.\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}2297\ ^{lb}/_{in^2}\right)} + 0{,}125\ in = 0{,}1362\ in$$

Pada Brownell and Young, table 5.7, hal 18 dipilih tebal konis standart

$= \frac{3}{16}$ in

- $Hn = \frac{Dn}{2\ tg\ \alpha}$

  $= \frac{0{,}17\ ft}{2\ tg\ 30^\circ} = 0{,}1472\ ft = 1{,}7667\ in = 0{,}04\ m$

- $Hk = \frac{D - Dn}{2.tg.\alpha}$

$$= \frac{4{,}6264 \text{ ft} - 0{,}17 \text{ ft}}{2.\text{tg } 30^\circ} = 3{,}8594 \text{ ft} = 46{,}3123 \text{ in} = 1{,}18 \text{ m}$$

- Tinggi tangki total = Tinggi shell + Tinggi dish + Hk + Hn

  = (83,2752 + 11,2394 + 46,3123 + 1,7667) in

  = 142,5936 in = 11,8828 ft = 3,6219 m = 3,62 m

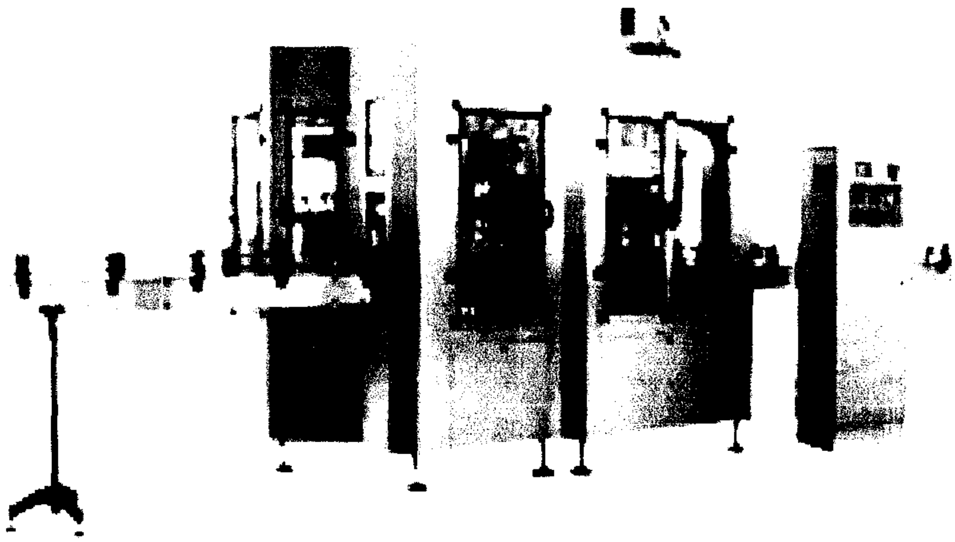
Spesifikasi Alat :

⅄ Kapasitas	= 3,94 m^3
⅄ Diameter	= 1,41 m
⅄ Tinggi tangki	= 3,62 m
⅄ Tinggi shell	= 2,12 m
⅄ Tinggi dish	= 0,29 m
⅄ Tinggi konis	= 1,18 m
⅄ Tinggi nozzle	= 0,04 m
⅄ Tebal shell	= 0,1347 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
⅄ Tebal dish	= 0,1435 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
⅄ Tebal konis	= 0,1362 in ~ 0,1875 in = 0,0048 m
⅄ Bahan konstruksi	= *Stainless steel* SA – 240 grade C
⅄ Jumlah	= 1 buah

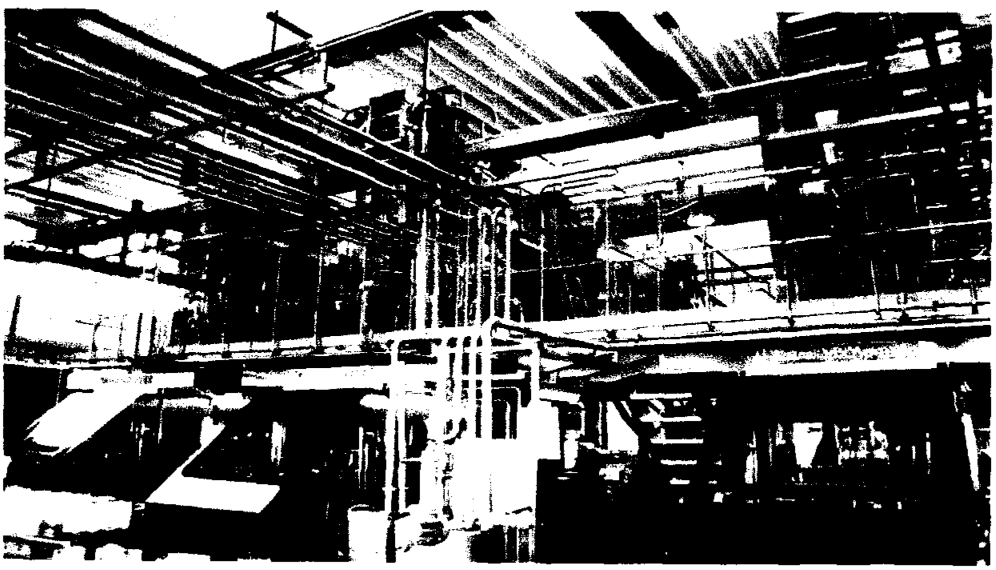
31. Mesin Pengemas (M-315)

Fungsi : Untuk mengisi saus tomat ke dalam botol

Tipe : *Automatic rotary high vacuum filler*



Gambar C.1. Mesin Pengemasan Tampak Samping



Gambar C.2. Mesin Pengemasan Tampak Depan

Spesifikasi alat :

Tipe = *Automatic rotary high vacuum filler*

Kemampuan packaging = 380 $^{botol}/_{menit}$

Volume packaging = 340 $^{ml}/_{botol}$

Power = 20 hp

Panjang = 2,5 m

Tinggi = 1,8 m

Lebar = 1,8 m

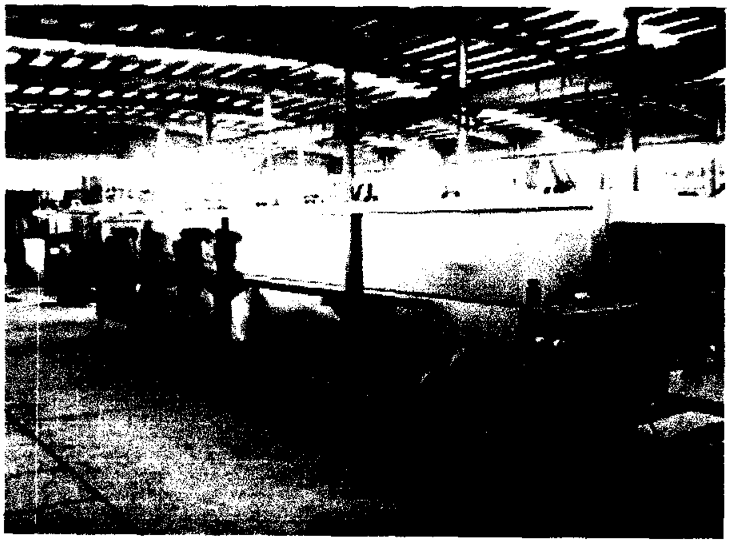
Bahan konstruksi = *Stainless steel*

Jumlah = 1 unit

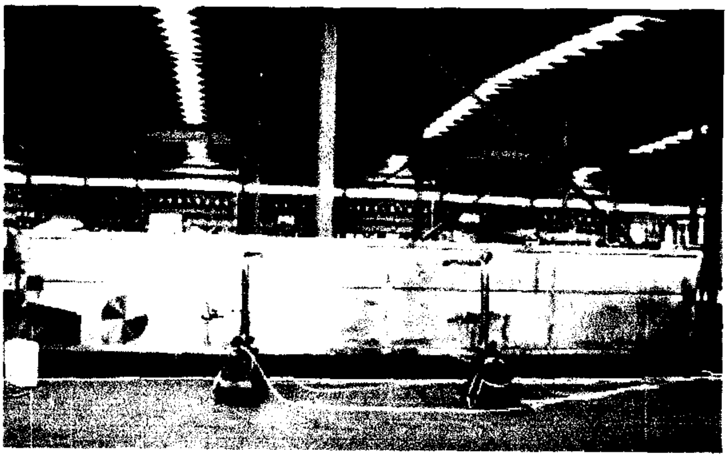
32. Mesin Sterilisasi (M-316)

Fungsi : Untuk mensterilisasi saus tomat dalam botol

Tipe : *Sell bottle warmer*



Gambar C.3. Mesin Sterilisasi Tampak Samping



Gambar C.4. Mesin Sterilisasi Tampak Depan

Spesifikasi alat :

Tipe : *Sell bottle warmer*

1. Kecepatan conveyor dapat dikontrol
2. Nozzle dan spray tube terbuat dari stainless steel
3. Kebutuhan steam dapat disesuaikan dengan suhu yang diinginkan

APPENDIX D

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

APPENDIX D

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

A. Metode Perkiraan Harga

Harga peralatan dapat mengalami perubahan karena kondisi ekonomi. Oleh karena itu, untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun 2008 diperlukan suatu indeks yang dapat mengkonversikan harga peralatan sebelumnya menjadi harga ekivalen pada tahun 2008. Metode yang digunakan untuk menentukan harga peralatan adalah metode *Cost Index* yang dihitung dengan persamaan :

$$\text{Harga alat pada tahun 2008} = \frac{\textit{Cost index} \text{ tahun 2008}}{\textit{Cost index} \text{ pada tahun A}} \times \text{Harga alat pada tahun A}$$

Pada pra rencana pabrik saus tomat ini, harga peralatan yang digunakan didasarkan pada harga alat yang terdapat pada pustaka Peters and Timmerhauss dan situs . *Cost index* yang digunakan adalah dari Marshall and Swift Cost Index.

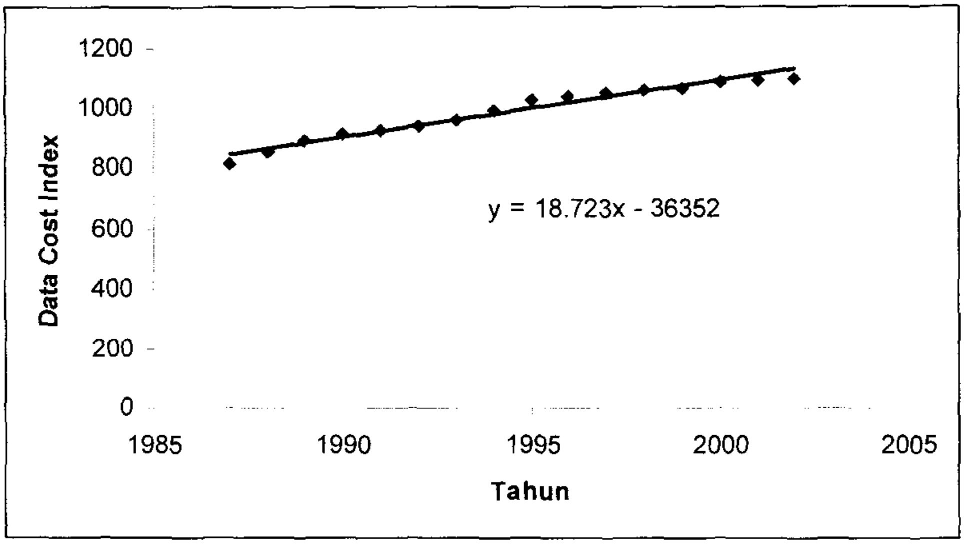
Dalam perhitungan ini digunakan index harga tahun 2002 = 1.102,5

Sedangkan indeks harga untuk tahun 2008 dapat dicari dengan ektrapolasi dan linearisasi dari data *cost index* harga tahun sebelumnya yaitu sebagi berikut :

Tabel D.1. Data – data cost index tahun 1987 – 2002 (Peter and Timmerhaus, 5th ed)

Tahun	Data Cost Index
1987	814
1988	852
1989	895
1990	915,1
1991	930,6
1992	943,1
1993	964,2
1994	993,4

1995	1.027,5
1996	1.039,1
1997	1.056,8
1998	1.061,9
1999	1.068,3
2000	1.089
2001	1.093,9
2002	1.102,5



Gambar D.1. Data Cost Index dari tahun 1987 – 2002

Dengan ekstrapolasi dan linearisasi dari data tahun sebelumnya sehingga diperoleh *cost index* untuk tahun 2008 adalah 1.243,784

B. Perhitungan Harga Peralatan

Contoh perhitungan alat :

Nama alat : Tangki perendaman

Fungsi : Untuk merendam tomat dan cabai merah dengan menggunakan larutan garam $CaCl_2$ sebelum masuk tangki perebusan yang berguna untuk menekan terjadinya perubahan – perubahan sifat produk selama pengolahan agar tomat yang dihasilkan tidak lembek/rusak.

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk konis.

Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA – 240 grade C

Kapasitas : 7,58 m^3

Harga tahun 2002 : US $ 7000

$$\text{Harga alat pada tahun 2008} = \frac{1.234,78}{1.102,5} \times \text{US \$ 7000} = \text{US \$ 7.839,90}$$

Dengan cara yang sama untuk mendapatkan harga alat yang lain seperti pada table D.2.

Tabel D.2. Tabel Harga Peralatan Proses dari

No.	Nama Alat	Kode	Kapasitas	Harga 2003 (US $)	Jumlah	Harga 2008 (US $)
1.	Rotary Knife Cutter	C-213	3,91 ton/jam	3.800,00	1	4.079,54
2.	Shredder	C-212	3,91 ton/jam	4.500,00	1	4.831,04
					Total	8..910,8

Tabel D.3. Tabel Harga Peralatan proses dari Peter and Timerhauss

No.	Nama Alat	Kode	Kapasitas	Harga 2003 (US $)	Jumlah	Harga 2008 (US $)
1.	Belt Conveyor I	J-110	83,76 ton/jam	3.600,00	1	4.031.95
2.	Bucket Elevator I	J-112	7,62 ton/jam	4.300,00	1	4.815.94
3.	Belt Conveyor II	J-115	30,45 ton/jam	3.400,00	1	3.807.95
4.	Bucket Elevator II	J-121	7,63 ton/jam	4.300,00	1	4.815,94
5.	Belt Conveyor III	J-122	30,5 ton/jam	3.400,00	1	3.807,95
6.	Bucket Elevator III	J-123	7,87 ton/jam	4.200,00	1	4.703,94
7.	Belt Conveyor IV	J-125	7,87 ton/jam	3.400,00	1	3.807,95
8.	Bucket Elevator IV	J-126	7,87 ton/jam	4.600,00	1	5.151,93
9.	Mixer $CaCl_2$	M-114	4,87 m^3	5.400,00	1	6.047,92
10.	Tangki Perendaman	F-113	7,58 m^3	7.000,00	1	7.839,90
11.	Tangki Perebusan	F-120	7,61 m^3	16.000,00	1	17.919,77
12.	Tangki Penampung I	F-124	2,87 m^3	4.600.00	1	5.151,93
13.	Tangki Penampung II	F-211	3,30 m^3	4.800.00	1	5.375,93
14.	Vibrating Screen	H-210	3,30 m^3	9.000,00	1	10.079,87

15.	Tangki Penampung III	F-215	3,30 m^3	4.800,00	1	5.375,93
16.	Mixer Rempah - rempah	M-222	0,15 m^3	2.000,00	1	2.239,97
17.	Mixer Bahan Tambahan I	M-223	0,42 m^3	2.200,00	1	2.463,97
18.	Mixer I	M-220	3,96 m^3	17.000,00	1	19.039,75
19.	Mixer Bahan Tambahan II	M-312	0,26 m^3	2.500,00	1	2.799,96
20.	Mixer II	M-310	3,94 m^3	9.000,00	1	10.079,87
21.	Tangki Penampung IV	F-314	3,94 m^3	5.000,00	1	5.599,93
22.	Pompa I	L-214	2,64 m^3	1.500,00	1	1.679,98
23.	Pompa II	L-221	2,64 m^3	1.500,00	1	1.679,98
24.	Pompa III	L-311	3,16 m^3	1.500,00	1	1.679,98
25.	Pompa IV	L-313	3,15 m^3	1.500,00	1	1.679,98
					Total	141.678,16

Tabel D.3. Tabel Harga Peralatan proses dari

No.	Nama Alat	Kode	Harga 2006 (US $)	Jumlah	Harga 2008 (US $)
1.	Mesin Pengemas	M-315	36.000	1	36.848,78
2.	Mesin Pasteurisasi	M-316	46.000	1	47.084,55
3.	Alat Pengepakan	-	26.000	1	26.613,01
				Total	110.546,33

Tabel D.4. Tabel Harga Peralatan Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	Kapasitas	Harga 2003 (US $)	Jumlah	Harga 2008 (US $)
1.	Pompa Air ke Tangki Demineralisasi	L-411	14 gpm	1.500	1	1.679,98
2.	Pompa Air Proses	L-412	18,22 gpm	1.500	1	1.679,98
3.	Pompa Air Sanitasi	L-413	13,94 gpm	1.500	1	1.679,98
4.	Pompa Bekas Air Proses ke Sand Filter	L-414	14,31 gpm	1.500	1	1.679,98
5.	Pompa Air ke Bak Penampung Air Bersih	L-415	14,31 gpm	1.500	1	1.679,98
6.	Pompa Air ke Pembuangan	L-416	8,54 gpm	1.500	1	1.679,98
7.	Pompa Air ke Tangki Penampung Air *Boiler*	L-421	14 gpm	1.500	1	1.679,98
8.	Pompa Air *Boiler*	L-431	5,84 gpm	1.500	1	1.679,98
9.	Pompa Air ke Tangki Penampungan Air Proses	L-441	14,31 gpm	1.500	1	1.679,98
10.	Pompa Bahan Bakar	L-451	25,09 gpm	1.500	1	1.679,98
11.	*Boiler*	E-432	6.265,94 kJ	15.000	1	16.799,73
12.	Tangki Penampung Air *Boiler*	F-430	3,31 m^3	6.000	1	6.719,89

13.	Tangki Penampung Bahan Bakar	F-450	1,33 m^3	2.500,00	1	2.799,95
14.	Tangki Demineralisasi	H-420	1,23 m^3	3.400,00	1	3.807,94
15.	Generator	-		2.200,00	1	2.463,96
16.	Blower	-		500,00	1	559,99
					Total	49.591,19

Asumsi : 1 US $ = Rp 9.500,00

Jadi : Total harga alat = biaya alat proses + biaya alat utilitas

= (8.910,8 + 141.678,16 + 110.546,33 + 49.591,19) $

= 311.086,27 US $ = Rp. 2.955.319.538,37

Tabel D.5. Bak Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	Jumlah	Luas (m^2)
1.	Bak Penampungan Air PDAM	F-410	1	36
2.	Bak Penanpung Air Pencuci	F-121	1	24,5
3.	Bak Penampung Air *Sand Filter*	F-440	1	16,24
4.	Bak Penampung Air Rendaman	F-125	1	7,30
5.	Bak Penampungan Air Rebusan	F-130	1	7,26
6.	Gudang Bahan Baku	F-111	1	400
			Total	491,3

Harga beton cor = Rp. 300.000,00/m^2 (CV. Maksindo Cipta Utama)

Total harga bak penampungan= 491,3 m^2 × Rp. 300.000,00/m^2

= Rp. 147.390.000,00

Total harga seluruhnya = total harga alat + total harga bak penampungan

= Rp. 2.955.319.538,37 + Rp. 147.390.000,00

= **Rp. 3.102.709.538,37**

C. Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan

Harga tanah diperoleh dari kecamatan Pujon, sedangkan harga bangunan diperoleh dari CV. Maksindo Cipta Utama.

Tabel D.6. Harga Tanah dan Bangunan

	Luas (m^2)	Harga per m^2 (Rp.)	Harga Total (Rp.)
Tanah	5.151	500.000	2.575.500.000
Bangunan			
Gudang bahan baku, Produk, Proses, Utilitas	1.572	1.750.000	2.751.000.000
Kantor, Pos satpam, Toilet, Bengkel, Kantin, Klinik, Ruang generator, Mushola	665	1.150.000	764.750.000
Jalan, Area perluasan dan Halaman	2.914	600.000	1.748.400.000
Total Harga Bangunan			5.264.150.000

Total harga tanah dan bangunan = **Rp. 7.839.650.000,00**

D. Perhitungan Harga Bahan Baku

Contoh perhitungan :

Tomat diperoleh dari supplier – supplier di seluruh kabupaten Malang dengan harga = Rp. 3.000,00/kg. Dalam 1 hari dibutuhkan 3.698,94 kg/hari kedelai.

Kebutuhan kedelai setahun = 3.698,94 kg/hari . 300 hari/ tahun

= 1.109.682 kg/tahun

Jadi : harga beli = Rp. 3.000,00/kg × 1.109.682 kg/tahun = Rp. 3.329.046.000,00

Dengan cara yang sama, maka diketahui harga bahan baku seperti terlihat pada Tabel D.7.

Tabel D.7. Harga Bahan Baku

Bahan	Harga (Rp.)/kg	kg/hari	kg/tahun	Harga(Rp.)/tahun
Tomat	3.000	3.698,94	1.109.682	3.329.046.000
Cabai merah	12.000	184,59	55.377	664.524.000
Bawang putih bubuk	58.500	73,68	22.104	1.293.084.000
Lada bubuk	80.000	37,26	11.178	894.240.000
Kayu manis bubuk	12.500	3,48	1.044	13.050.000
Cengkeh bubuk	34.500	3,48	1.044	36.018.000
Tepung maizena	8.000	129,12	38.736	309.888.000
Gula	5.500	554,67	166.401	915.205.500
Garam	3.500	148,2	44.460	155.610.000
MSG	20.000	9,54	2.862	57.240.000
Natrium benzoate	10.000	1,74	522	5.220.000

Pewarna makanan	700.000	9,54	2.862	2.003.400.000
Asam cuka	8.000	113,52	34.056	272.448.000
Garam $CaCl_2$	10.000	0,12	36	360.000
			Total	**9.949.333.500,00**

E. Total Penjualan Produk

Produk saus tomat yang dihasilkan adalah 8.795,85 $^{kg}/_{hari}$. Sehingga produk yang dhasilkan adalah :

$$= 8.795,85 \ \frac{kg}{hari} \times \frac{1}{930,8387} \ \frac{m^3}{kg}$$

$$= 9,4494 \ \frac{m^3}{hari} = 9.449,38 \ \frac{lt}{hari}$$

Sedangkan untuk kebutuhan penelitian pada bagian *quality control* digunakan 780 $^{ml}/_{hari}$ saus tomat. Sehingga saus tomat yang dikemas dalam botol setiap hari adalah 9.449,38 $^{lt}/_{hari}$ - 0,78 $^{lt}/_{hari}$ = 9.448,60 $^{lt}/_{hari}$

Produk dikemas dalam botol yang berisi 340 ml saus tomat. Sehingga jumlah kemasan produk per tahun adalah :

$$= \frac{9.448,60 \ ^{lt}/_{hari}}{0,34 \ ^{lt}/_{botol}} \times 300 \ ^{hari}/_{tahun} = 8.337.001,33 \sim 8.337.001 \ ^{botol}/_{tahun}$$

Dimana yang dipasarkan hanya 8.337.001 $^{botol}/_{tahun}$ sedangkan sisanya adalah untuk keperluan sample pada bagian *Quality Control.*

Produk saus tomat yang dihasilkan pada pabrik dijual dengan harga Rp. 4.500,00 per botol, maka hasil dari penjualan produk per tahun adalah

$$= 8.337.001 \ \frac{botol}{tahun} \times \frac{Rp. 4.550,00}{botol} = \underline{\textbf{Rp. 37.933.356.059,74}}$$

F. Perhitungan Harga Bahan Kemas

Saus tomat yang dihasilkan akan dikemas dalam botol tiap 340 ml. Berikut ini ditabelkan harga kemasan produk. **Tiap hari** dihasilkan 9.449.380 ml saus tomat, sebanyak 9.448.600 ml dipasarkan (27.790 botol @ 340 ml) sedangkan sisanya 780 ml disimpan sebagai sampel untuk bagian *Quality Control.*

Tabel D.8. Harga bahan kemasan

Jenis kemasan	Satuan	Rp per satuan	Jumlah kemasan per tahun	Harga kemasan per tahun (Rp)
Botol kaca + tutup	340 ml	500	8.337.001,33	4.168.500.665,91
Labeling (Sticker)	botol	300	8.337.001,33	2.501.100.399,54
Karton	karton	1.000	208.425,03	208.425.003,30
			Total	**6.878.026.098,74**

G. Biaya Utilitas

Perhitungan biaya utilitas terdiri dari biaya air PDAM, bahan bakar, bahan isian, zeolit dan regenerasinya serta biaya listrik.

a. Kebutuhan Air PDAM

Kebutuhan air = 105,85 $m^3/hari$

Harga air PDAM untuk industri di 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

- 75,85 m^3 × Rp. 920,00= Rp. 69.782,00

Biaya Air Total = Rp. 91.982/hari

Biaya air total per tahun = 300 hari × Rp. 91.982/hari

= Rp. 27.594.600,00

b. Kebutuhan Zeolite dan Regenerasinya

Kebutuhan zeolite tiap 3 minggu = 400,68 kg

Harga zeolite = Rp. 90.000,00/50 kg = Rp. 1.800,00/kg

Harga total zeolite = Rp. 721.224,00

Kebutuhan NaCl tiap 3 minggu = 81,78 kg

Harga NaCl = Rp. 1.500,00/kg

Harga total NaCl = Rp. 122.670,00

Harga total zeolite dan NaCl = Rp. 721.224,00 + Rp. 122.670,00

= Rp. 843.894,00 (untuk tiap 3 minggu)

Zeolite dan NaCl diganti 21 hari sekali, sehingga dalam 1 tahun dilakukan 14 kali pergantian bahan isian.

Harga total zeolite dan NaCl per tahun = 14 × Rp. 843.894,00

= Rp. 11.814.516,00

c. 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 = 23,40 m^3

Harga total bahan isian = Rp. 2.000.000,00/(144m^3) × 23,40 m^3

= Rp. 325.000,00

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. 325.000,00

= Rp. 6.500.000,00

d. Kebutuhan Listrik

Total kebutuhan listrik = 137,66 kW

Beban listrik terpasang = 1,25 × 137,66 kW

= 172,07 kW

Biaya beban per bulan = Rp. 27.000,00/kW.bulan (Data dari PLN)

Biaya beban per tahun = Rp. 27.000,00/kW.bulan × 172,07 kW × 12

= Rp. 55.750.761,00

Biaya penggunaan listrik :

Pemakaian listrik = 137,66 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. Biaya pemakaian listrik *full operation* selama 300 hari :

= [(4 jam × 137,66 kW × Rp. 435,00/kWh × 300 hari/tahun) + (20 jam × 137,66 kW × Rp. 161,00/kWh × 300 hari/tahun)]

= Rp. 204.832.425,60

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. 55.750.761,00 + Rp. 204.832.425,60 + Rp. 4.836.000,00

= Rp. 265.419.186,60

e. Kebutuhan Bahan Bakar

Harga *residual oil* = Rp. 4.000,00/ lt

Kebutuhan *residual oil* = 0,1900 $m^3/hari$

Biaya kebutuhan *residual oil* per tahun :

= 300 hari × 190 $lt/hari$ × Rp. 4.000,00/lt

= Rp. 228.000.000,00

Harga solar = Rp. 6.400,00/lt ( )

Kebutuhan solar = 4.322,67 $lt/tahun$

Biaya kebutuhan solar per tahun :

= 4.322,67 $lt/tahun$ × Rp. 6.400,00/lt

= Rp. 27.665.088,00

Total biaya bahan bakar = Rp. 228.000.000,00 + Rp. 27.665.088,00

= Rp. 255.665.088,00

Total biaya utilitas :

= Rp. 27.594.600,00 + Rp. 11.814.516,00 + Rp. 6.500.000,00 + Rp. 265.419.186,60 + Rp. 255.665.088,00

= **Rp. 566.993.390,60**

H. Perhitungan Gaji Karyawan

Perincian gaji karyawan disajikan dalam table D.9. berikut ini :

Tabel D.9. Gaji karyawan

No.	Kedudukan	Jumlah	Gaji (Rp.)	Total (Rp.)
1.	Direktur Utama	1	15.000.000	15.000.000
2.	Direktur Teknik dan Produksi	1	7.500.000	7.500.000
3.	Direktur Keuangan dan Administrasi	1	7.500.000	7.500.000
4.	Kepala Teknik	1	3.000.000	3.000.000
5.	Kepala Produksi	1	3.000.000	3.000.000
6.	Kepala Umum dan Personalia	1	3.000.000	3.000.000
7.	Kepala Pemasaran	1	3.000.000	3.000.000
8.	Kepala Administarsi dan Keuangan	1	3.000.000	3.000.000
9.	Kepala Gudang	1	3.000.000	3.000.000
10.	Kepala *Research and Development*	1	3.000.000	3.000.000
11.	Sekretaris	1	2.000.000	2.000.000
12.	Resepsionis	1	1.500.000	1.500.000
13.	Kasi Produksi	1	1.500.000	1.500.000
14.	Kasi Utilitas	1	1.500.000	1.500.000
15.	Kasi Laboratorium	1	1.500.000	1.500.000
16.	Kasi Pemeliharaan dan Perbaikan	1	1.500.000	1.500.000
17.	Kasi Keamanan	1	1.500.000	1.500.000
18.	Kasi Personalia	1	1.500.000	1.500.000
19.	Kasi Pemasaran	1	1.500.000	1.500.000
20.	Kasi Keuangan	1	1.500.000	1.500.000
21.	Karyawan Proses	45	1.200.000	54.000.000
22.	Karyawan Pemeliharaan dan Perbaikan	8	1.500.000	12.000.000
23.	Karyawan Laboratorium	2	1.500.000	3.000.000
24.	Karyawan Utilitas	8	1.500.000	12.000.000
25.	Karyawan Personalia	2	1.500.000	3.000.000
26.	Karyawan Keamanan	12	1.500.000	18.000.000
27.	Karyawan Administrasi dan Keuangan	2	1.500.000	3.000.000
28.	Karyawan Gudang	2	1.500.000	3.000.000
29.	Karyawan Kebersihan	4	800.000	3.200.000
30.	Karyawan Pemasaran	8	1.500.000	12.000.000
31.	Karyawan Teknik	3	1.200.000	3.600.000
32.	Sopir	2	1.200.000	2.400.000
33.	Kernet	2	1.000.000	2.000.000
Total		120		197.700.000

Total gaji karyawan per bulan = Rp. 197.700.000,00

Ditetapkan 1 tahun produksi adalah 12 bulan + 1 bulan tunjangan

Gaji karyawan per tahun = Rp. 197.700.000,00 × 13 bulan

= **Rp. 2.570.100.000,00**

Sistem pergantian kerja karyawan dibagi atas 3 shift/hari yang terdiri atas atas 3 regu secara bergantian. Shift pergantian kerja dilakukan dengan cara seperti pada table di bawah ini :

Tabel D.10. Shift pergantian kerja

Shift \ Hari ke	1	2	3	4	5	6	7	8
1	P	P	S	S	M	M	L	L
2	S	S	M	M	L	L	P	P
3	M	M	L	L	P	P	S	S

Keterangan table : P = pagi S = siang M = malam L = libur

Jumlah karyawan di pabrik Saus Tomat adalah 60 orang yang terdiri dari :

1. Karyawan non shift

Karyawan yang bekerja non shift adalah karyawan R & D dan kantor dengan jam kerja Senin – Jumat pukul 08.00-16.00 WIB. Sedangkan untuk pesuruh dimulai lebih pagi yaitu jam 07.30 – 16.00 WIB.

2. Karyawan shift

Karyawan yang bekerja shift terdiri dari pegawai kesehatan, pegawai bagian bengkel, bagian *Quality Control*, bagian produksi, bagian utilitas, satpam, pegawai gudang bahan baku, dan pegawai gudang bahan jadi. Untuk karyawan proses dan pengemasan pergantian yang diterapkan adalah :

Shift 1 : 06.00 – 14.00

Shift 2 : 14.00 – 22.00

Shift 3 : 22.00 – 06.00

Sedangkan untuk karyawan bagian keamanan, pergantian yang diterapkan adalah sebagai berikut : Shift 1 : 06.00 – 14.00

Shift 2 : 14.00 – 22.00

Shift 3 : 22.00 – 06.00

LAMPIRAN

Tabel L.1. Kapasitas produksi per tahun pabrik saus tomat di seluruh Indonesia

Nama Perusahaan/Pengusaha	Kapasitas produksi (kg/tahun)
Kuda Terbang Jl Yos Sudarso No 58, Kediri	11.044
Jempol Jaya Jl. Yos Sudarso No. 55, Kediri	126.457
Tirta Agung Jl. Supriadi No. 54 - 56, Jombang	189.686
Cherry Jl. Muharto No. 9, Kedung Kandang, Malang 65137	6.500
Midu Caos Jl. Sofyan Yusuf No. 36, Kedung Kandang, Malang 65147	4.563
Rimba Ria Jl. Kedinding Tengah 11/6 Kenjeran, Surabaya 60129	11.500
Sama Jaya Jl. Ngelom Megare No. 345 Taman, Sidoarjo 61257	3.800
Sumber Rasa Jl. Selorejo Blok A No. 73, Lowokwaru, Malang 65141	1.500
Cap Orang Dua Ds. Ketapang Daya Sampang	3.500
Sumber Sari Jl. Gatot Subroto, Jombang	202.332
Sang Ngoro Jl. Gatot Subroto No. 18, Jombang	126.457
NA Ds. Tanjung Tirto, Malang	150.000
Cipta Rasa Ds. Kemangsen, Sidoarjo	151.749
Rocky Jl. Muharto X/1, Malang	180.000
Sumber Rasa Jl. Selorejo Blok A, Malang	36.000
Dwi Jaya Sakti Kapas Jaya No.17, Surabaya	70.254
Levis Jl. Petemon Barat No. 171, Surabaya	43.909
Cap Jeruk Jl. Ikan Dorang 2, Surabaya	200.000
Natasari Prakersa Kel. Kembaran Kulon, Purbolinggo	72.000
PT. Indosentra Pelangi Semarang	560.000.000

Sidoharjo Industri VIII/302 - 303 LIK, Semarang	277.503
Mahkota Industri XII/469, Semarang	117.090
Sumber Tirta Patiremna, Cirebon	31.614
A.A Sopian Jl. Abdul Kadir, Purwakarta	2.500
Omega Jl. Kanggraksan No. 36, Cirebon	325.000
Saos Tomat Jl. Karang Dawa, Cirebon	10.000
ACC Jl. Gambir Laya RT 01/05, Cirebon	1.200
Sari Echo Murni Nanggewer RT 01/03, Bogor	6.323
Sedap Segar Sukatani, Bogor	35.000
Zebra Terang Cihideng, Bogor	17.564
Saos Tomat Kr. Dawa Pegambiran, Cirebon	10.000
PT. Heinz - ABC Indonesia Jl. Daan Mogot KM. 12, Jakarta Barat	450.500.000
Super Mario Jl. Kobet Kecil No. 54, Jakarta Timur	9.000
PT. Lasallefood Indonesia Depok16952	250.600.000
Aneka Jaya Jl. Cipinang Muara I, RT 14/11, Jakarta Timur	79.036
PT. Mitratama Kencana Sejati Cikarang 17530	289.500.000
Sari Cabe Kelurahan Tengah RT 10/07, Jakarta Timur	185.892
Morodadi Food Industry Jl. Desa Kondang Bengkulu	2.529
PT. Panca Rasa Pratama Jl. DI. Panjaitan, KM 18 Kepulauan Riau	5.269
Harum Manis Jl. Kenangan gg. Baru No. 2 Bengkalis, Pekan Baru	42.152
Bintang Tiga SP. Batuhampar, Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat	210.762
Jamins Jl. Seikera No. 80, Medan	4.215
Bonsai Ptaviv No. 15, Kabupaten Binjai	422
Cap Sin - sin	35.127

Jl. Kaca Piring IV/2, Banjar Masin	
Kompas Jl. Ahmad Yani KM 6/557, Banjar Masin	101.166
Yongping Jl. Veteran 255, Banjar Masin	84.305
Konghung Jl. Veteran 485 RT 12, Banjar Masin	52.560
Air Mas Jl. Veteran 117 RT 19, Banjar Masin	2.700
King dan Aroma Jl. Veteran 257, Banjar Masin	168.610
Thang Jaya Nusantara Jl. Veteran 255, Banjar Masin	84.305
Tong Hung Jl. Veteran 485, Banjar Masin	60.418
Sinar Rezeki Jl. Kaca Piring IV/19 RT 02, Banjar Masin	37.996
UD. Putra Mandiri/ Haji Hamdi Jl. Pintu Air No. 63, Palaihari	38.054
Citra Jl. Pramuka No. 53 RT 12, Banjar Masin	60.699
Sinar Rezeki Jl. Kaca Piring IV/29 RT 02, Banjar Masin	37.996
Saus Tomat Tong Hung Cap Hero Kotamadya Pontianak	100.697
Aroma dan King Jl. Veteran 257, Banjar Masin	281.016
Sinar Kel. Kairagi II Lingkungan I, Menado	8.782
UD. Adinata Jl. Timor 119/12, Ujung Pandang	14.636
Total	1.554.733.388

Sumber : Balai Pusat Statistik (2005)

Tabel L.2. Daerah potensi tomat dan cabai merah di seluruh Jawa Timur

Daerah Penghasil	Cabe (ton)	Tomat (ton)
Kota Surabaya	153	-
Kabupaten Gresik	7.198	549
Kabupaten Sidoarjo	184	-
Kabupaten Mojokerto	3.870	228
Kabupaten Jombang	3.680	35
Kabupaten Bojonegoro	1.062	349
Kabupaten Tuban	5.740	479
Kabupaten Lamongan	1.780	85

Kabupaten Madiun	510	121
Kabupaten Magetan	1.870	224
Kabupaten Ngawi	561	176
Kaupaten Pacitan	1.075	370
Kabupaten Ponorogo	2.140	110
Kabupaten Kediri	18.387	1.626
Kota Kediri	30	3
Kabupaten Nganjuk	12.551	8
Kabupaten Blitar	12.758	1.583
Kota Blitar	155	35
Kabupaten Tulungagung	1.374	313
Kabupaten Trenggalek	707	120
Kabupaten Malang	31.126	16.106
Kota Malang	228	155
Kabupaten Pasuruan	1.779	51
Kota Pasuruan	7	-
Kota Probolinggo	53	40
Kabupaten Probolinggo	3.729	4.344
Kabupaten Lumajang	15.602	1.428
Kabupaten Bondowoso	2.251	1.058
Kabupaten Situbondo	1.345	220
Kabupaten Jember	13.926	200
Kabupaten Banyuwangi	17.806	3.478
Kabupaten Pamekasan	18.645	417
Kabupaten Sampang	7.268	369
Kabupaten Sumenep	14.245	413
Kabupaten Bangkalan	727	31

Sumber : Balai Pusat Statistik (2005)

Gambar L.1. Peta jaringan listrik di wilayah pujon

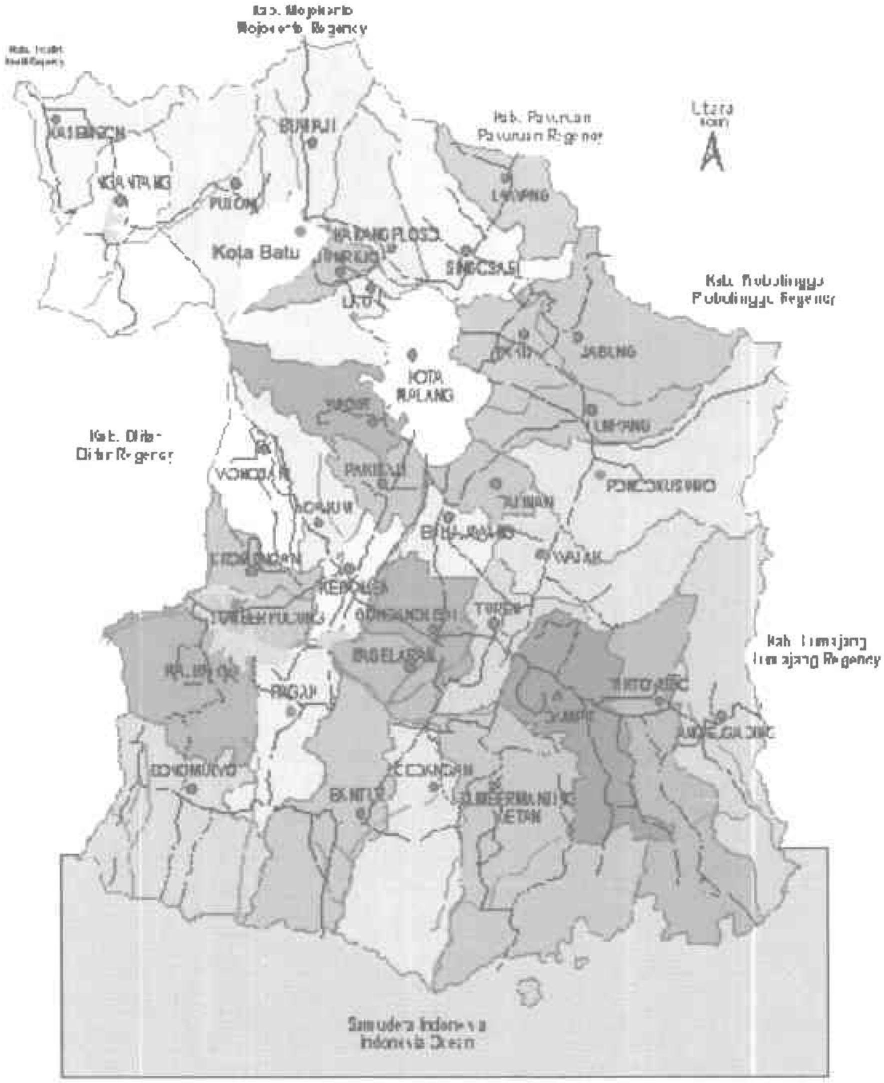
Gambar L.1. Peta jaringan air minum di wilayah pujon

Gambar L.1. Peta jaringan telepon di wilayah pujon

Tabel L.2. Jumlah penduduk kecamatan Pujon

JUMLAH PENDUDUK							
No	Desa	Luas(Km²)	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km²)
1	BENDOSARI	12.3	1,941	1,815	3756	305
2	MADIREDO	11.33	4,111	3,570	7681	672
3	NGABAB	15.24	3,320	3,288	6608	432
4	NGROTO	3.28	2,718	2,737	5455	1677
5	PANDESARI	20.91	4,461	4,329	8790	412
6	PUJON KIDUL	27.23	1,805	1,835	3640	133
7	PUJONLOR	3.39	2,938	2,951	5889	1709
8	SUKOMULYO	14.54	2,777	2,720	5497	375
9	TAWANGSARI	14.26	2,426	2,363	4789	336
10	WIYUREJO	8.3	2,250	2,140	4390	529
Jumlah Penduduk Kecamatan Pujon:56,495 Orang						

Sumber:Pemerintah Kabupaten Malang Kecamatan Pujon Tahun 2005



Gambar L.4. Peta Kabupaten Malang

Gambar L.5. Peta Kecamatan Pujon