BAB IX
TUGAS KHUSUS

IX.1 Uraian Tugas Khusus

A. Secara Umum

Pada department H-4 yaitu proses isolasi dalam pembuatan produk samping MSG yaitu AMINA proses ini digunakan untuk menaikkan konsentrasi atau kadar kepekatan suatu larutan dengan menggunakan proses evaporasi. Tujuan Evaporasi yaitu untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap. Pada department H-4 evaporasi ditujukan untuk mengubah liquid glutamic mother (GM-1) menjadi consentrate mother liquor(CML-1).

Jenis evaporator yang digunakan pada proses produksi di department H-4 adalah jenis Falling Film Evaporator (FFE). Jenis ini merupakan variasi dari evaporator long tube. Dimana cairan dimasukkan ke bagian atas tube dan mengalir ke bawah pada dinding-dinding sebagai film tipis. Pemisahan uap dan cairan biasanya terjadi pada bagian bawah. (Hidayat, 2016). Sama halnya dengan climbing film evaporator (CFE) sedangkan tipe pemanasannya dapat diklasifikasikan ke dalam system pemanasan yang dipisahkan oleh dinding pertukaran panas yaitu, antara lain jenis kolom kalandria dan shell and tube.(Geankoplis, 1993) Dasar pemilihan evaporator jenis ini dikarenakan holding time yang dibutuhkan relative singkat yaitu sekitar 30 menit untuk empat effect evaporator serta jenis feed yang masuk memiliki viskositas yang rendah sehingga memudahkan proses evaporasi dengan jens alat ini.

Adapun prinsip kerja dari Falling Film Evaporator (FFE) yaitu feed masuk dari bagian atas tube kemudian dengan gaya gravitasi turun membentuk film di dinding bagian dalam tube sedangkan sebagai pemanas digunakan steam yang masuk pada bagian shell. Setelah terjadi proses pertukaran panas uap air akan keluar sebagai kondensat dan hasil atau konsentrat akan dikumpulkan dan

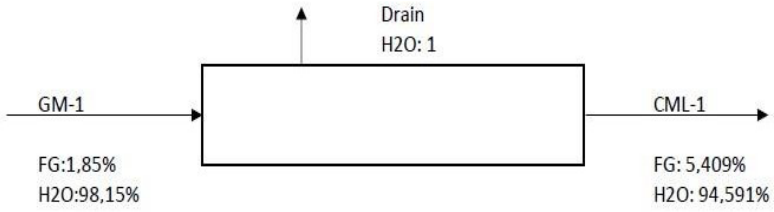
ditampung dibagian bawah untuk nantinya diumpankan kembali menuju evaporator selanjutnya. Sedangkan vapor akan menuju separator dan dialirkan kembali sebagai pemanas pada effect selanjutnya dengan bantuan pompa vakum. Tipe evaporator jenis ini cocok untuk menangani larutan kental sehingga sering digunakan untuk industri kimia, makanan, dan fermentasi.

Perhitungan Perancangan Multiple Effect Evaporator

Data – data yang diketahui:

- Rate feed = 90 kl/hr
- Konsentrasi feed = 2 gr/dl
- Densitas feed = 1,08 gr/ml
- Rate keluar evaporator empat (L4) = 27 kl/hr, dengan densitas = 1,22gr/ml
- Suhu feed (Tf) =35^{o}C
- Suhu steam (Tsi) = 135^{o}C, dengan tekanan 313,8259 kPa (Appendix 7 Mc.Cabe hal. 1090)
- U1=1000Kkal/m^2.hr.^{o}C
- U2=1000Kkal/m^2.hr.^{o}C
- U3=1000Kkal/m^2.hr.^{o}C
- U=1000Kkal/m^2.hr.^{o}C
- BPR1= 4^{O}C

- BPR2= 3^{O}C
- BPR3= 2^{O}C
- BPR4= 1^{O}C
- Cp= 0.85 Kal/gr. ^{O}C



GM-1

m= feed rate x ρ = 97,2 ton/hr=97200 kg/hrm glutamate = 1,8 ton/hr
% glutamate = 1,8519= 0,018519

% H_2O = 98,1481%= 0,981481

CML-1

m= feed rate x ρ = 32,94 ton/hr = 32940 kg/hr

m glutamate = 1,8 ton/hr (asumsi tidak ada glutamate yang teruapkan)konsentrasi as. Glutamate = 6,6667 gr/dl

% glutamate = 5,4645 % = 0,054645

% H_2O = 94,5355 % = 0,945355

a. Step 1:

NM. Total:

F = 97200 = L4+ (V1+V2+V3+V4)

NM. Komponen:

Fxf = 1800 = L4(0,054645)+(V1+V2+V3+V4)(0)

L4 = 32940 kg/hr

Total Vaporized = (V1+V2+V3+V4) = 64260 kg/hr

Diasumsikan (V1=V2=V3=V4) = 16065 kg/hr

NM Total:

I. F =

97200 = V1 +

L197200 =

16065 + L1

L1 = 81135 kg/hr

II. L1 =

81135 = V2 +

L281135 =

16065 + L2

L2 = 65070 kg/hr

III. L2 =

65070 = V3 +

L365070 =

16065 + L3

L3 = 49005 kg/hr

IV. L4 = 32940 kg/hrNM Komponen:

I. F.xf = L1.x1 ⟶ 1800 = 81135 (x1) x1 = 0,0222

II. L1.x1 = L2.x2 ⟶ 1800 = 65070 (x2) x2 = 0,0277

III. L2.x2 = L3.x3 ⟶

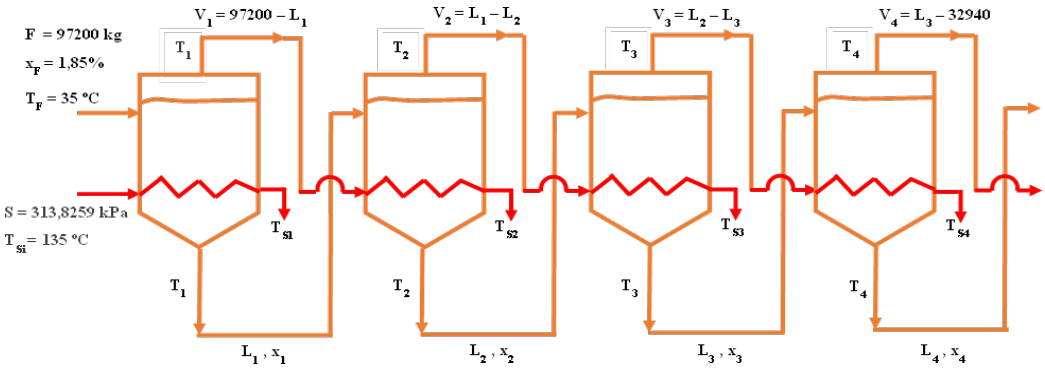
1

8

0

0
=
4
9
0
0
0
5
(x
3)
X
3
=
0,
0
3
6
7

IV. x4 = 0,05465



b. Step 2:

Σ ΔT Available = Ts1-T4(saturation)-(BPR1+BPR2+BPR3+BPR4)

= 135 ºC- 58 ºC- (4 ºC+3 ºC+2 ºC+1ca ºC)

= 67 ºC

$$\Delta T1 = \left(\sum \Delta T \frac{1/U1}{1/U1+1/U2\,1/U3+1/U3} \right) + 3$$

$$= \left(71 \times \frac{1/1000}{1/1000+1/1000\,1/1000+1/1000}\right) + 3$$

= 18,8955 ºC

$$\Delta T2 = \left(\sum \Delta T \frac{1/U1}{1/U1+1/U2\,1/U3+1/U3} \right) + 1{,}5$$

$$= \left(71 \times \frac{1/1000}{1/1000+1/1000\,1/1000+1/1000}\right) + 1{,}5$$

= 15,7201 ºC

$$\Delta T1 = \left(\sum \Delta T \frac{1/U1}{1/U1+1/U2\,1/U3+1/U3} \right) + 1{,}5$$

$$= \left(71 \times \frac{1/1000}{1/1000+1/1000\,1/1000+1/1000}\right) + 1{,}5$$

= 15,7201 ºC

$$\Delta T1 = \left(\sum \Delta T \frac{1/U1}{1/U1+1/U2\,1/U3+1/U3} \right) + 3$$

$$= \left(71 \times \frac{1/1000}{1/1000+1/1000\,1/1000+1/1000}\right) + 1{,}5$$

= 19,1642 ºC

~Menghitung actual boiling point pada larutan di masing-masing effectevaporator

I. T1 = Ts1- ΔT1

= (135 - 18,8955) ºC

= 116,1045 ºC

Ts1 = 135 ºC (suhu kondensasi uap jenuh untuk effect 1)

II. T2 = T1- BPR1- ΔT2

= (116,1045 - 0 - 15,7201) ºC

= 100,3843 ºC

Ts2 = T1- BPR1

= (116,1045- 0) ºC

= 116,1045 ºC (suhu kondensasi uap jenuh untuk effect 2)

III. T3 = T2- BPR2- ΔT3

= (100,3843 - 1 - 15,7201) ºC

= 83,6642 ºC

Ts3 = T2- BPR2

= (100,3843 - 1) ºC

= 99,3843 ºC (suhu kondensasi uap jenuh untuk effect 3)

IV. T4 = T3 - BPR3 - ΔT4

= (83,6642 - 2 - 19,1642) ºC

= 62,5 ºC

Ts4 = T3- BPR3

= (83,6642 - 2) ºC

= 81,6642 ºC (suhu kondensasi uap jenuh

untuk effect 4)Ts5 = T4- BPR4

= (62,5- 3) ºC =59,5 ºC

Effect 1	Effect 2	Effect 3	Effect 4	Condenser
T_{S1} = 135 ºC	T_{S2} = 116,1045 ºC	T_{S3} = 99,3843 ºC	T_{S4} = 81,6642 ºC	T_{S5} = 59,5000
ºC T_1= 116,1045 ºC	T_2 = 100,3843 ºC	T_3 = 83,6642 ºC	T_4 = 62,5000 ºC	

c. Step 3:

Perhitungan kapasitas panas cairan pada masing – masing effect dihitungberdasarkan persamaan Cp = 0.85 Kal/gr. ^{O}C

F: Cp = 0.85 Kal/gr. ^{O}C

= 0.85 Kal/gr. ^{O}C (0,0185)

=

4,14648 Kj/kg.

KL1: Cp =

0.85 Kal/gr. ^{O}C

= 0.85 Kal/gr. ^{O}C (0,0222)

=

4,13786 Kj/kg.

KL2: Cp =

0.85 Kal/gr. ^{O}C

= 0.85 Kal/gr. ^{O}C (0,0277)

=

4,12499 Kj/kg.

KL3: Cp =

0.85 Kal/gr. ^{O}C

= 0.85 Kal/gr. ^{O}C (0,0367)

=

4,10368 Kj/kg.

KL4: Cp =

0.85 Kal/gr. ^{O}C

= 0.85 Kal/gr. ^{O}C (0,05465)

= 4,06158 Kj/kg. K

Nilai entalpi dicari berdasarkan data dari steam tabel (Appendix 7 Mc.Cabe hal.1090)

Effect 1

T1 = 116,1045 ºC Hs2 = 1162,99 Btu/lb = 2705,11474 Kj/kg

Ts2 = 116,1045 ºC Hs1 = 1172,5 Btu/lb = 2727,235 Kj/kg

BPR1= 0 ºC hs1 = 244,065 Btu/lb =

567,69519 Kj/kgTs1 = 135 ºC

H1 = Hs2 (saturation enthalpy at Ts2) + 1.884 (BPR1)

= 2705,11474 + 1,884 (0)

= 2705,11474 Kj/kg

λs1 = Hs1 (vapor saturation enthalpy) - hs1 (liquid enthalpy pada Ts1)

= (2727,235 – 567,69519) Kj/kg

= 2159,54 Kj/kg (panas latent kondensasi)

Effect 2

T2 = 100,3843 ºC Hs3 = 1152,77 Btu/lb = 2681,34302 Kj/kg

Ts2 = 116,1045 ºC hs2 = 215,079 Btu/lb = 500,273754 Kj/kg

BPR2 = 1 ºC

H2 = Hs3 (saturation enthalpy at Ts3) + 1.884 (BPR2)

= 2681,34302 + 1,884 (1)

= 2683,23 Kj/kg

λs2 = H1 – hs2 (liquid enthalpy pada Ts2)

= (2705,11474 – 500,273754) Kj/kg

= 2204,84 Kj/kg (panas latent kondensasi)

Effect 3

T3= 83,6642 ºC Hs4= 1138,23 Btu/lb= 2647,52298 Kj/kg

Ts4= 81,6642 ºC hs3= 186,628 Btu/lb= 434,096728 Kj/kg

BPR3= 2 ºC

H3 = Hs4 (saturation enthalpy at Ts4) + 1.884 (BPR3)

= 2647,52298 + 1,884 (2)

= 2651,29 Kj/kg

λs3 = H2 – hs3 (liquid enthalpy pada Ts3)

= (2683,23 – 434,096728) Kj/kg

= 2249,13 Kj/kg (panas latent kondensasi)

Effect 4

T4= 62,5 ºC Hs5= 1119,63 Btu/lb= 2604,25938 Kj/kg

Ts5= 59,5 ºC hs4= 148,077 Btu/lb= 344,427102 Kj/kg

BPR4= 3 ºC

H4 = Hs5 (saturation enthalpy at Ts5) + 1.884 (BPR4)

= 2604,25938 + 1,884 (3)

= 2609,91 Kj/kg

λs4 = H3 – hs4 (liquid enthalpy pada Ts3)

= (2651,29 – 344,427102) Kj/kg

= 2306,86 Kj/kg (panas latent kondensasi)Hubungan persamaan-persamaannya adalah:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{97200}{0} - \frac{L_1}{V_2}$$

=

L

1

–

L

2

V3 = L2 – L3

V4 = L3 - 32940

NERACA PANAS Pada masing-masing FFE:

I. Fcp (Tf - 0) + S . λs1 = L1 . Cp . (T1 - 0) + V1 .H1

II. L1 Cp (T1 - 0) + V1 . λs2 = L2 . Cp . (T2 - 0) + V2 .H2

III. L2 Cp (T2 - 0) + V2 . λs3 = L3 . Cp . (T3 - 0) + V3 .H3

IV. L3 Cp (T3 - 0) + V3 . λs4 = L4 . Cp . (T4 - 0) + V4 .H4

Dari persamaan – persamaan tersebut kemudian diselesaikan secara matematisdengan subtitusi dan eliminasi, maka didapatkan :

L1 = 84180,98 kg/hr

L2 =

68673,39

593 kg/hr

L3 =

51554,47

7 kg/hr

L4 =

3294

0

kg/hr

V1 =

1301

9,02

kg/hr

V2 =

15507,58

808

kg/hrV3

=

17118,91

9 kg/hr

V4 =

18614,47

7 kg/hr

S = 20104,98499 kg/hr

d. Step 4:

Mencari nilai q pada masing – masing

effect dan areaq1 = S . λs1

= 12060420,96 W

q2 = V1 . λs2

= 7973572,237 W

q3 = V2 . λs3

= 9688496,141 W

q4 = V3 . λs4

= 10969726,59 W

$A1 = \frac{q1}{u1 \,.\, \Delta T1}$

= 981,951883 m2

$A2 = \frac{q1}{u2 \,.\, \Delta T2}$

= 845,3664686 m2

$A3 = \frac{q3}{u3 \,.\, \Delta T3}$

= 1027,184495 m2

$A4 = \frac{q4}{u4 \,.\, \Delta T4}$

= 1144,815703 m2

Am (luas rata – rata) = 999,8296 m2

% error yang didapat adalah

sebagai berikut :Untuk A1 =

1,78808 %

Untuk

A2 =

15,4489

%

Untuk

A3 =

2,73595

%

Untuk

A4 =

14,5011

%

Dikarenakan % error pada A2 dan A4 masih diatas 5 % maka dilakukantrial ke-2 dengan menggunakan data – data yang didapat dari trial 1

TRIAL KE-2

a. Step 1 => Menghitung Neraca Massa Total dan Neraca MassaKomponen

Neraca Massa Total

I. F = V1 + L1

97200 = 13019,02 + L1

L1 = 84180,98 kg/hr

II. L1 = V2 + L2

84180,98 = 15507,58808 + L2

L2 = 68673,39192 kg/hr

III. L2 = V3 + L3

68673,39192 = 17118,919 + L3

L3 = 51554,47292 kg/hr

IV. L4 = 3294 kg/hr

Neraca Massa Komponen

I. F. xf = L1 . X1

1800 = 84180,98 x x1

x1 = 0,021382502

II. L1 . x1 = L2 + x2

1800 = 68673,39192 x x2

x2 = 0,026211025

III. L2 . x2 = L3 . x3

1800 = 51554,47292 x x3

x3 = 0,034914526

IV. x4 = 0,0546

b. Step 2 => Penurunan suhu (temperature drop) tiap effect

a) Menghitung □T1 , □T2 , dan □T3

Digunakan persamaan (8.5-11 Geancoplis) untuk mencari ΔT masing-masing

$$\Delta T'1 = \frac{\Delta T1 - A1}{Am}$$

$$\Delta T'1 = \frac{18{,}98552 - 981{,}9519}{999{,}8297}$$

$$\Delta T'1 = 18{,}55766\ ^{\circ}C$$

$$\Delta T'2 = \frac{\Delta T2 - A2}{Am}$$

$$\Delta T'2 = \frac{15{,}72015 - 845{,}3667}{999{,}8297}$$

$$\Delta T'2 = 13{,}29155\ ^{\circ}C$$

$$\Delta T'3 = \frac{\Delta T3 - A3}{Am}$$

menghitung actual boilingpoint pada larutan di masing masing effect evaporator

$$\Delta T'3 = \frac{15{,}72015 - 1027184}{999.8297}$$

$$\Delta T'3 = 16{,}15024\ ^{\circ}C$$

$$\Delta T'4 = \frac{\Delta T4 - A4}{Am}$$

$$\Delta T'4 = \frac{19{,}16418 - 1144{,}816}{999{,}8297}$$

$$\Delta T'4 = 21{,}94319\ ^{\circ}C$$

$$\sum \Delta T = 69{,}94264\ ^{\circ}C$$

Effect 1

T1 = Ts1- ΔT'1

= (135 - 18,8955) ºC

= 116,4423459 ºC

Ts1 = 135 ºC (suhu kondensasi uap jenuh untuk effect 1)

Effect 2

T2 = T1 - BPR1 - ΔT'2

= (116,1045 - 0 - 13,29155) ºC

=

103,1507

913 ºC

Ts2 =

T1 –

BPR1

= (116,1045 – 0) ºC

= 116,4423 ºC (suhu kondensasi uap jenuh untuk effect 2)

Effect 3

T3 = T2 – BPR2 - ΔT'3

= (103,1508 - 1 - 16,15024) ºC

= 86,0005 ºC

Ts3 = T2 – BPR2

= (103,1508 – 1) ºC

= 102,1508 ºC (suhu kondensasi uap jenuh untuk effect 3)

Effect 4

T4 = T3 – BPR3 - ΔT'4

= (86,0005 - 2 - 21,94319) ºC

=

62,0

574

ºC

Ts4 = T3 – BPR3

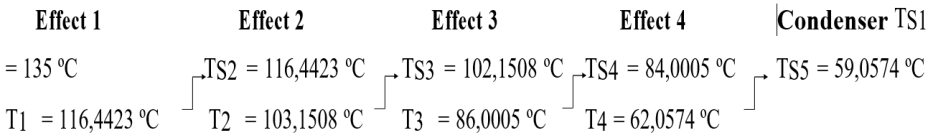
= (86,0005 – 2) ºC

= 84,0005 ºC (suhu kondensasi uap jenuh

untuk effect 4)Ts5 = T4 – BPR3

= (62,0574 – 3) ºC

= 59,0574 ºC



c. Step 3 => Susun Neraca Panas dan Neraca Massa masing-masing effect

a) Menghitung Kapasitas Panas (Cp) liquid di setiap effect dihitung denganpersamaan 0.85 Kal/gr. ^{O}C

F' : Cp = 0.85 Kal/gr. ^{O}C

= 0.85 Kal/gr. ^{O}C (0,0185)

= 4,146481 Kj/kg. K

L1' : Cp = 0.85 Kal/gr. ^{O}C

= 0.85 Kal/gr. ^{O}C (0,0214)

= 4,139751 Kj/kg. K

L2' : Cp = 0.85 Kal/gr. ^{O}C

= 0.85 Kal/gr. ^{O}C (0,0262)

= 4,128404 Kj/kg. K

L3' : Cp = 0.85 Kal/gr. ^{O}C

= 0.85 Kal/gr. ^{O}C (0,0349)

= 4,107951 Kj/kg. K

L4' : Cp = 0.85 Kal/gr. ^{O}C

= 0.85 Kal/gr. ^{O}C (0,0546)

= 4,061585 Kj/kg. K

b) Nilai entalpi dicari berdasarkan data dari steam tabel (Appendix 7 Mc.Cabehal. 1094)

Effect 1

T1	= 116,4423 ºC	Hs2 = 1161,26 Btu/lb = 2701,091 Kj/kg
Ts2	= 116,4423 ºC	Hs1 = 1172,5 Btu/lb = 2727,235 Kj/kg
BPR1	= 0 ºC	hs1 = 244,065 Btu/lb = 567,69519 Kj/kg
Ts1	= 135 ºC	

H1 = Hs2 (saturation enthalpy at Ts2) + 1,884 (BPR1)

= 2701,091 + 1,884 (0)

= 2701,091 Kj/kg

λs1 = Hs1 (vapor saturation enthalpy) - hs1 (liquid enthalpy pada Ts1)

= (2727,235 – 567,69519) Kj/kg

= 2159,54 Kj/kg (panas latent kondensasi)

Effect 2

T2	= 103,1508 ºC	Hs3 = 1152,95 Btu/lb = 2679,4357 Kj/kg
Ts3	= 102,1508 ºC	hs2 = 209,996 Btu/lb = 488,450696 Kj/kg
BPR2	= 1 ºC	

H2 = Hs3 (saturation enthalpy at Ts3) + 1.884 (BPR2)

= 2679,4357 + 1,884 (1)

= 2681,32 Kj/kg

λs2 = H1 – hs2 (liquid enthalpy pada Ts2)

= (2701,091 – 488,450696) Kj/kg

= 2212,64 Kj/kg (panas latent kondensasi)

Effect 3

T3 = 86,0005 ºC Hs4 = 1139,45 Btu/lb = 2650,3607 Kj/kgTs4 = 84,0005 ºC hs3 = 184,06 Btu/lb = 428,12356 Kj/kgBPR3 = 2 ºC

H3 = Hs4 (saturation enthalpy at Ts4) + 1.884 (BPR3)
= 2650,3607 + 1,884 (2)
= 2654,129 Kj/kg

λs3 = H2 – hs3 (liquid enthalpy pada Ts3)
= (2681,32 – 428,12356) Kj/kg
= 2253,196 Kj/kg (panas latent kondensasi)

Effect 4

T4 = 62,0574 ºC Hs5 = 1121,2 Btu/lb = 2607,9112 Kj/kg Ts5 = 59,0574 ºC hs4 = 151,204 Btu/lb = 351,700504 Kj/kg

BPR4 = 3 ºC

H4 = Hs5 (saturation enthalpy at Ts5) + 1.884 (BPR4)
= 2607,9112 + 1,884 (3)
= 2613,563 Kj/kg

λs4 = H3 – hs4 (liquid enthalpy pada Ts3)
= (2654,129 – 351,700504) Kj/kg
= 2302,428 Kj/kg (panas latent kondensasi)

c) Menyelesaikan Neraca Panas dengan koreksi Neraca Massa

Maka menyusun persamaan V1, V2, V3, dan V4 dengan notasi yangdiketahui, sesuai neraca massa tiap effect

V1 = 97200 – L1

V2 = L1 – L2

V3 = L2 – L3

V4 = L3 – 32940

Neraca Panas Pada Masing-Masing FFE :

Effect 1 :

Fcp (Tf - 0) + S . λs1 = L1 . Cp . (T1 - 0) + V1 .H1

97200.(4,14648).(35-0) + (2159,54.S) = 4,139751.L1.(116,1045-0)+(97200-

L1). 2701,091

.....(1)

Effect 2 :

L1 Cp1 (T1 - 0) + V1 . λs2 = L2 . Cp2 . (T2 - 0) + V2 .H2

4,139751. L1 (116,1045-0) + (97200-L1).2212,64 =

4,128404 L2(103,1508-0)+(L1-L2) 2681,32…

(2)

Effect 3 :

L2 Cp2 (T2 - 0) + V2 . λs3 = L3 . Cp3 . (T3 - 0) + V3 .H3

4,128404 . L2 (103,1508-0)+(L1-L2) 2253,196 = 4,107951 . L3 (86,0005-

0)+(L2-L3) 2654,129…

.....(3)

Effect 4 :

L3 Cp3 (T3 - 0) + V3 . λs4 = L4 . Cp4 . (T4 - 0) + V4 .H4

4,107951 . L3 (86,0005-0) + (L3-32940).2306,86 = 4,061585. L4. (62,0574-

0)+(L3-32940).2613,563

.....(4)

Persamaan-persamaan diatas diselesaikan dengan cara subtitusi daneliminasi, sehingga didapatkan :

L1 = 83887,84 kg/hr

L2 = 68738,77685 kg/hr

L3 = 51735,6007 kg/hr

L4 =

3294

0

kg/hr

V1 =

1331

2,16

kg/hr

V2 =

15149,05

896 kg/hr

V3 =

17003,17

62 kg/hr

V4 =

18795,60

066kg/hr

S =

20445,06

843 kg/hr

d. Step 4 => Mencari nilai q pada masing – masing effect dan area

q1 = S . λs1

= 12264427,55 W

q2 = V1 . λs2

= 8181952,174 W

q3 = V2 . λs3

= 9481611,437 W

q4 = V3 . λs4

= 10874608,97 W

Jumlah vapor pada seluruh evaporator = 64260 kg/hr

Steam ekonomi $= \frac{Jumlah\ Vapor}{Steam}$

$= \frac{64260}{20445,06843}$

= 3,14305624

Jadi dikarenakan % error untuk semua effect evaporator telah dibawah 5%maka dapat dikatakan bahwa desain tersebut ideal dan dapat digunakan.