



BAB IX

URAIAN TUGAS KHUSUS

IX.1 Latar Belakang

Pengembangan industri lebih diperhatikan untuk mendukung kemajuan industri sebagai penggerak laju ekonomi dan perluasan lapangan pekerjaan. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan salah satu sarana penunjang pembangunan untuk mendorong pertumbuhan yang pesat di segala sektor termasuk sektor industri. Semakin canggih teknologi yang digunakan maka semakin ketat pula persaingan dalam dunia kerja oleh kemampuan individu yang beragam dibutuhkan sebagai bekal persaingan. Proses yang ada di pabrik gula sangatlah kompleks dari mulai bahan masuk hingga menjadi gula SHS. Pada industri gula terdapat proses yang memanfaatkan uap atau steam sebagai sumber dayanya. Proses penguapan bertujuan untuk menguapkan sebagian besar air yang terkandung dalam nira encer. Pada proses penguapan ini, uap yang dihasilkan dari satu evaporator digunakan untuk menguapkan air pada evaporator selanjutnya. Dengan demikian dapat menghemat bahan bakar. Oleh karena itu, pada pelaksanaan Praktik kerja lapang ini, diberikan tugas khusus dengan judul ‘Perhitungan Neraca Massa dan Panas pada Evaporator serta Kebutuhan Uap Pemanas Berdasarkan Luas Pemanas’ Untuk mempelajari dan mendalami perhitungan neraca massa dan neraca panas pada alat evaporator pada Stasiun Penguapan yang terjadi di dalam pabrik.

IX.2 Tujuan

Tujuan dari tugas khusus kerja Praktik ini antara lain :

1. Untuk menghitung neraca massa pada alat evaporator
2. Untuk menghitung neraca panas pada alat evaporator
3. Untuk menghitung luas pemanas dan kebutuhan uap pada proses penguapan



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I PG REJO AGUNG BARU MADIUN

IX.3 Manfaat

Manfaat dari tugas khusus kerja Praktik ini antara lain :

1. Agar mahasiswa dapat memahami proses produksi pada pabrik gula
2. Agar mahasiswa dapat menghitung neraca massa dan neraca panas pada alat evaporator
4. Agar mahasiswa dapat mengetahui luas pemanas dan kebutuhan uap pada proses penguapan

IX.4 Uraian

Penguapan adalah proses perubahan molekul dalam keadaan cair dengan spontan menjadi gas. Evaporator digunakan untuk menguapkan air yang terkandung pada nira encer menjadi nira kental yang siap untuk dikristalisasi. PG Rejo Agung Baru memiliki dua seri badan evaporator, yaitu Evaporator Timur dan Evaporator Barat. Proses pengoperasian penguapan dengan cara *Quadruple Effect*, dimana masing-masing untuk bagian Evaporator Barat dan Timur terdapat 4 badan penguapan dimana salah satu badan tidak dioperasikan dan dijadikan sebagai cadangan apabila sewaktu-waktu ada perbaikan, pembersihan atau kerusakan.

Evaporator dengan sistem quadruple effect mampu meningkatkan konsentrasi nira (dalam hal ini brix) dari kadar 14% hingga 68%. Sebagaimana alat penguapan lainnya, pada alat ini akan terjadi perpindahan panas dan perpindahan massa secara simultan. Ini artinya bahwa pelarut (termasuk air) akan teruap sebagian hingga diperoleh produk yang kental/konsentrat. Sistem *multiple effect*, termasuk juga *quadruple effect*, dapat menciptakan perbedaan suhu antara steam pemanas yang digunakan dengan nira yang dipanaskan. Adanya perbedaan temperatur (*temperature drop*) dapat memberikan keuntungan yaitu berupa uap air dari nira yang dihasilkan, yang kemudian dikenal dengan uap nira, yang dapat dimanfaatkan untuk memanaskan nira pada badan penguapan selanjutnya dengan sistem seri (Wulandari, 2021).



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I PG REJO AGUNG BARU MADIUN

Evaporator membutuhkan energi dalam menguapkan air dari nira. Energi yang digunakan berasal dari uap ablas (uap bekas ketel) dan uap nira hasil badan evaporator sebelumnya. Pada dasarnya, sistem *quadruple effect* mampu memanfaatkan panas laten uap sekunder dari hasil penguapan larutan untuk tujuan penghematan energi. Dengan jumlah badan penguapan (evaporator) yang banyak, konsumsi energi dapat dikurangi karena uap yang dihasilkan dari badan evaporator pertama digunakan oleh badan evaporator kedua, uap hasil dari badan evaporator kedua digunakan untuk badan evaporator ketiga dan seterusnya. Sementara uap dari badan evaporator terakhir dapat digunakan di stasiun pemurnian maupun stasiun masakan. Penghematan terjadi karena sumber energi uap ablas yang dibutuhkan pada stasiun penguapan hanya digunakan oleh badan evaporator pertama.

Proses pemanasan beroperasi pada sistem vakum. Dengan menurunkan tekanan dalam badan penguapan, maka dapat menekan suhu operasi menjadi tidak tinggi, sehingga tidak menimbulkan inversi gula dimana sukrosa terpecah menjadi fruktosa dan glukosa. Proses penguapan dilakukan hingga kekentalan nira mencapai 30-35 Be. Setiap badan evaporator pasti ada sebagian uap yang mengembun menjadi air, air tersebut akan ditarik oleh pompa kondensat yang berada di bawah setiap badan evaporator. Air tersebut dinamakan air kondensat, air kondensat yang bebas dari kandungan gula digunakan sebagai Air Pengisi Ketel (APK), sedangkan air kondensat yang masih mengandung nira digunakan sebagai air imbibisi di stasiun gilingan.

Kinerja alat pada suatu industri akan semakin menurun seiring berjalannya waktu. Kinerja alat dapat dilihat dari efisiensi alat tersebut. Perhitungan efisiensi evaporator didasarkan pada perhitungan neraca massa dan neraca energi dari evaporator itu sendiri. Dari perhitungan neraca massa, bisa dibandingkan jumlah *feed* (nira) yang diolah dengan jumlah produk yang dihasilkan dan produk yang hilang (*losses*). Dari perhitungan neraca panas, bisa dibandingkan panas yang masuk dengan panas yang keluar dan panas yang hilang. Jika terjadi penurunan efisiensi yang cukup besar, maka sistem evaporator tersebut perlu diperbaiki untuk



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I PG REJO AGUNG BARU MADIUN

meningkatkan kinerjanya atau bisa juga diganti dengan yang baru agar bisa memaksimalkan proses pengolahan (Khuba, 2022).

IX.5 Pengolahan Data

1. Perhitungan Neraca Massa Dan Neraca Energi Stasiun Penguapan

Data yang diketahui

- Flowrate nira : 270 m³/jam
- %brix nira encer : 13%
- %brix nira kental : 62%
- Tekanan uap bekas : 0,8 kg/cm²
- Suhu uap bekas : 116°C
- Suhu nira masuk : 105°C
- Tekanan vacuum : 65 cmHg

A. Perhitungan massa nira

Massa nira = flowrate nira × densitas nira masuk

$$\begin{aligned} &= 270 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 1,048394 \text{ kg/l} \\ &= 283066,38 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

B. Distribusi tekanan

- Menghitung tekanan absolut uap bekas masuk ke evaporator I

$$\begin{aligned} \text{Tekanan abs UBe} &= 0,8 \text{ kg/cm}^2 \\ &= \left(0,8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 1,0332 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{abs} \right) \times \left(\frac{76 \text{ cmHg}}{1,0332 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \right) \\ &= 134,8463 \text{ cmHg. abs} \end{aligned}$$



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

- Menghitung selisih tekanan atmosfer dengan tekanan vakum yang akan dicapai (65 cmHg)

$$\begin{aligned}\text{Selisih tekanan} &= \text{tekanan atmosfer} - \text{tekanan vakum} \\ &= 76 \text{ cmHg} - 65 \text{ cmHg} \\ &= 11 \text{ cmHg}\end{aligned}$$

- Menghitung rasio tekanan relatif (ΔP) yang merupakan perbandingan antara tekanan absolut uap bekas dengan selisih tekanan

$$\begin{aligned}\text{Rasio tekanan relatif } (\Delta P) &= 134,8463 \text{ cmHg} - 11 \text{ cmHg} \\ &= 123,8463 \text{ cmHg}\end{aligned}$$

- Menghitung tekanan pada setiap evaporator setelah mendistribusikan penurunan tekanan total.

Perbandingan distribusi *pressure drop* setiap evaporator pada sistem *quituple effect* (Tabel 32.23 “Distribution of pressure Drop between Vessel, Hugot)

Ev I	Ev II	Ev III	Ev IV	Ev V
$\frac{11}{50}$	$\frac{10,5}{50}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{9,5}{50}$	$\frac{9}{50}$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan Ev I} &= 134,8463 \text{ cmHg} - \left(\frac{11}{50} \times 123,8463 \text{ cmHg}\right) \\ &= 107,6001 \text{ cmHg}\end{aligned}$$

$$= 1,4614 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan Ev II} &= 107,6001 \text{ cmHg} - \left(\frac{10,5}{50} \times 123,8463 \text{ cmHg}\right) \\ &= 81,5924 \text{ cmHg}\end{aligned}$$

$$= 1,1082 \text{ kg/cm}^2$$



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

$$\begin{aligned} \text{Tekanan Ev III} &= 81,5924 \text{ cmHg} - \left(\frac{10}{50} \times 123,8463 \text{ cmHg}\right) \\ &= 56,8231 \text{ cmHg} \\ &= 0,7717 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan Ev IV} &= 56,8231 \text{ cmHg} - \left(\frac{9,5}{50} \times 123,8463 \text{ cmHg}\right) \\ &= 33,2923 \text{ cmHg} \\ &= 0,4522 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan Ev V} &= 33,2923 \text{ cmHg} - \left(\frac{9}{50} \times 123,8463 \text{ cmHg}\right) \\ &= 11 \text{ cmHg} \\ &= 0,1494 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan temperatur setiap evaporator berdasarkan besar tekanannya (Tabel 41.1 A *Properties of dry saturated steam*, Hugot hlm. 1034)

Jenis	Temperatur (°C)
Evaporator I	110,0101
Evaporator II	101,974
Evaporator III	93,0376
Evaporator IV	78,3763
Evaporator V	53,5068



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

C. Jumlah air teruapkan

Misal air yang diuapkan pada masing-masing evaporator adalah X

- Air teruapkan pada evaporator I = X
- Air teruapkan pada evaporator II = X
- Air teruapkan pada evaporator III = X
- Air teruapkan pada evaporator IV = X
- Air teruapkan pada evaporator V = X

Total air yang diuapkan = 5X

$$\begin{aligned} \text{Total air yang diuapkan} &= \text{massa NE} \times \left(1 - \frac{\%brix NE}{\%brix NK}\right) \\ &= \frac{283066,38kg}{jam} \times \left(1 - \frac{13\%}{62\%}\right) \\ &= 223714 \frac{kg}{jam} \end{aligned}$$

Karena jumlah uap seluruhnya adalah 223714 kg/jam, maka setiap evaporator secara teoritis harus menguapkan air sebanyak :

$$\begin{aligned} \text{Uap air setiap evaporator} &= \frac{\text{total air teruapkan}}{5} \\ &= \frac{223714 \frac{kg}{jam}}{5} \\ &= 44742,75039 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

D. Menentukan %brix nira pada setiap evaporator

$$\%brix = \frac{\text{flowrate nira encer} \times \%brix \text{ nira encer}}{\text{Flowrate nira masuk Ev} - \text{jumlah air teruapkan Ev}}$$

$$\text{Flowrate masuk Ev} = \text{Flowrate Ev sebelum} - \text{jumlah air teruapkan}$$

Diketahui :

Flowrate nira encer : 283066,38 kg/jam

%brix nira encer : 13%

Jumlah air teruapkan : 44742,75039 kg/jam

Jenis	Rate nira masuk Ev (kg/jam)	% Brix
Evaporator I	283066,38	15,44%
Evaporator II	238323,6296	19,01%
Evaporator III	193580,8792	24,72%
Evaporator IV	148838,1288	35,35%
Evaporator V	104095,3785	62,00%

E. Panas Jenis Setiap Evaporator

Untuk menghitung panas jenis nira pada setiap evaporator dengan persamaan berikut :

$$\text{Panas Jenis (Cp)} = 1 - (0,006 \times \%brix)$$

$$Cp \text{ nira Ev 1} = 1 - (0,006 \times 15,44\%) = 0,9074 \text{ kkal/kg.C}$$

$$Cp \text{ nira Ev 2} = 1 - (0,006 \times 19,01\%) = 0,8859 \text{ kkal/kg.C}$$

$$Cp \text{ nira Ev 3} = 1 - (0,006 \times 24,72\%) = 0,8517 \text{ kkal/kg.C}$$

$$Cp \text{ nira Ev 4} = 1 - (0,006 \times 35,35\%) = 0,7879 \text{ kkal/kg.C}$$

$$Cp \text{ nira Ev 5} = 1 - (0,006 \times 62,00\%) = 0,6280 \text{ kkal/kg.C}$$



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

F. Neraca Massa dan Neraca Panas

Dalam perhitungan diperlukan beberapa data antara lain :

$$BPR = 1,78x + 6,22x^2 \text{ (Geankoplis 3rd edition, hlm : 504)}$$

Dengan nilai X adalah %brix nira pada setiap evaporator.

Jenis	Q loss	Fraksi Nira	BPR	T saturated	T superheated
Ev I	2,30%	0,1544	0,4231	110,0101	110,4332
Ev II	2%	0,1901	0,5631	101,974	102,5371
Ev III	1,9%	0,2472	0,8203	93,0376	93,8579
Ev IV	1,50%	0,3535	1,4065	78,3763	79,7828
Ev V	1,30%	0,62	3,4946	53,5068	57,0014

Kehilangan panas (Q loss) pada quintuple evaporator ditoleransi sebesar 9% dari kapasitas peralatan (Hugot, hlm : 577)

Data-data yang dibutuhkan untuk menghitung neraca energi (Tabel 41.1 A Properties of dry saturated steam, Hugot hlm :1034)

Komponen	P (Kg/cm ² .C)	T (C)	Hv	Hl
Ev I	1,4614	110,0101	642,5040	110,1101
		110,4332	642,6733	110,5332
Ev II	1,1082	101,974	639,5922	101,9740
		102,5371	639,8149	102,5908
Ev III	0,7717	93,0376	636,3150	93,0376
		93,8579	636,6432	93,8579
Ev IV	0,4522	78,3763	630,6505	78,2763
		79,7828	631,2131	79,7611
Ev V	0,1494	53,5068	620,4027	53,4068
		57,0014	621,9005	56,9014



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

Persamaan perhitungan neraca massa dan neraca panas pada evaporator

Masuk

$$\text{Steam} = \text{Massa uap} \times \text{entalpi uap}$$

$$\text{Nira} = \text{Massa nira} \times \text{panas jenis (Cp)} \times \text{suhu nira}$$

Keluar

$$\text{Kondensat} = \text{massa uap keluar} \times \text{entalpi liquid keluar}$$

$$\text{Vapor} = \text{massa uap keluar} \times \text{entalpi uap keluar}$$

$$\text{Nira} = \text{massa nira keluar} \times \text{suhu} \times \text{panas jenis (Cp)}$$

$$\text{panas hilang} = \% Q \text{ loss} \times (\text{steam masuk} + \text{nira masuk})$$

Evaporator I

Energi masuk

$$\text{Steam} = Ms \times 646^{\circ}\text{C} = 646 Ms$$

$$\text{Nira} = 283066,38 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 0,9074 \frac{\text{kal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 105^{\circ}\text{C} = 26968417,29$$

$$= 26968417,29 + 646 Ms$$

Energi keluar

$$\text{Kondensat} = Ms \times 116^{\circ}\text{C} = 116 Ms$$

$$\text{Vapor} = 44742,75039 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 642,6733^{\circ}\text{C} = 28754970,78$$

$$\text{Nira} = 238323,6296 \times 110,4332 \times 0,9074 = 23880574,49$$

$$Q \text{ loss} = 2,3\% \times (26968417,29 + 646 Ms) = 620273,5976 + 14,858 Ms$$

$$= 53255818,87 + 130,858 Ms$$

goal seak Ev I	
Ms	51029,4280
Energi masuk	59933427,7580
Energi keluar	59933427,7580
selisih	0



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

Nilai Ms pada persamaan diatas dicari dengan metode *goal seek* dengan mengatur selisih energi masuk dan energi keluar sama dengan nol (energi masuk-energi keluar=0), dengan mengubah nilai Ms. Sehingga diperoleh nilai Ms = 51029,4280 kg/jam (Ms merupakan massa uap yang masuk pada evaporator I).

Neraca Massa

masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
Nira	283066,38	Kondensat	51029,4280
Steam	51029,4280	Vapor	44742,75039
		Nira	238323,6296
Total	334095,808	Total	334095,8080

Neraca Panas

masuk		keluar	
Komponen	Jumlah (kkal/jam)	Komponen	Jumlah (kkal/jam)
Steam	32965010,4718	Kondensat	5919413,6451
Nira	26968417,2863	vapor	28754970,7830
		Nira	23880574,4916
		Q loss	1378468,8384
Total	59933427,7580	Total	59933427,7580

Evaporator II

Energi masuk

$$Steam = 44742,7504 \frac{kg}{jam} \times 642,6733^{\circ}C = 28754970,783$$

$$Nira = 238323,6296 \frac{kg}{jam} \times 0,8859 \frac{kal}{kg^{\circ}C} \times 110,4332^{\circ}C = 26968417,29$$
$$= 52071981,7076$$



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

Energi keluar

$$Kondensat = 44742,75039 \frac{kg}{jam} \times 101,9740^{\circ}C = 4562597,2280$$

$$Vapor = Y1 \times 639,8149^{\circ}C = 639,8149 Y1$$

$$Nira = (238323,6296 - Y1) \times 102,5908 \times 0,8859 = 21661159,0885 - 90,8897Y1$$

$$Q_{loss} = 2\% \times 52071981,7076 = 1041439,6342$$

$$= 27265195,9506 + 548,9252Y1$$

goal seek Ev II	
Y1	45191,5618
Energi masuk	52071981,7076
Energi keluar	52071981,7076
selisih	0

Nilai Y1 pada persamaan diatas dicari dengan metode *goal seek* dengan mengatur selisih energi masuk dan energi keluar sama dengan nol (energi masuk-energi keluar=0), dengan mengubah nilai Y1. Sehingga diperoleh nilai Y1 = 45191,5618 kg/jam (Y1 merupakan massa uap yang keluar dari evaporator II).

Neraca Massa

masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
Nira	238323,6296	Kondensat	44742,7504
Steam	44742,7504	Vapor	45191,5618
		Nira	193132,0678
Total	283066,38	Total	283066,3800



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

Neraca Panas

masuk		keluar	
Komponen	Jumlah (kkal/jam)	Komponen	Jumlah (kkal/jam)
Steam	28754970,78	Kondensat	4562597,2280
Nira	23317010,92	vapor	28914232,4712
		Nira	17553712,3743
		Q loss	1041439,6342
Total	52071981,71	Total	52071981,7076

Evaporator III

Energi masuk

$$Steam = 45191,5618 \frac{kg}{jam} \times 639,8149^{\circ}C = 28914232,4712$$

$$Nira = 193132,0678 \frac{kg}{jam} \times 0,8517 \frac{kal}{kg^{\circ}C} \times 102,5371^{\circ}C = 16865530,1006$$

$$= 45779762,5718$$

Energi keluar

$$Kondensat = 45191,5618 \frac{kg}{jam} \times 93,0376^{\circ}C = 4562597,2280$$

$$Vapor = Y2 \times 636,6432^{\circ}C = 636,6432 Y2$$

$$Nira = (193132,0678 - Y2) \times 93,8579 \times 0,8517 = 15437950,6056 - 79,9347Y2$$

$$Q loss = 1,9\% \times 45779762,5718 = 869815,4889$$

$$= 20512280,5436 + 556,7085Y2$$

goal seek Ev III	
Y2	45387,2774
Energi masuk	45779762,5718
Energi keluar	45779762,5718
selisih	0



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

Nilai Y2 pada persamaan diatas dicari dengan metode *goal seek* dengan mengatur selisih energi masuk dan energi keluar sama dengan nol (energi masuk-energi keluar=0), dengan mengubah nilai Y2. Sehingga diperoleh nilai Y2 = 45387,2774 kg/jam (Y2 merupakan massa uap yang keluar dari evaporator III).

Neraca Massa

masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
Nira	193132,0678	Kondensat	45191,5618
Steam	45191,5618	Vapor	45387,2774
		Nira	147744,7904
Total	238323,6296	Total	238323,6296

Neraca Panas

masuk		keluar	
Komponen	Jumlah (kkal/jam)	Komponen	Jumlah (kkal/jam)
Steam	28914232,4712	Kondensat	4204514,4491
Nira	16865530,1006	vapor	28895499,6558
		Nira	11809932,9781
		Q loss	869815,4889
Total	45779762,5718	Total	45779762,5718

Evaporator IV

Energi masuk

$$\text{Steam} = 45387,2774 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 636,6432 \text{ }^{\circ}\text{C} = 28895499,6558$$

$$\text{Nira} = 147744,7904 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 0,7879 \frac{\text{kal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 93,8579 \text{ }^{\circ}\text{C} = 10925748,4357$$

$$= 39821248,0915$$



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

Energi keluar

$$\begin{aligned}
 \text{Kondensat} &= 45387,2774 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 78,2763^\circ\text{C} &&= 3552748,1413 \\
 \text{Vapor} &= Y3 \times 631,2131^\circ\text{C} &&= 631,2131 Y3 \\
 \text{Nira} &= (147744,7904 - Y3) \times 79,7611 \times 0,7879 &&= 9284781,7034 - 62,8434Y3 \\
 Q_{\text{loss}} &= 1,5\% \times 39821248,0915 &&= 597318,7214 \\
 &&&= 13434848,5661 + 568,3698Y3
 \end{aligned}$$

<i>goal seek</i> Ev IV	
Y3	46424,7068
Energi masuk	39821248,0915
Energi keluar	39821248,0915
selisih	0

Nilai Y3 pada persamaan diatas dicari dengan metode *goal seek* dengan mengatur selisih energi masuk dan energi keluar sama dengan nol (energi masuk-energi keluar=0), dengan mengubah nilai Y3. Sehingga diperoleh nilai Y3 = 46424,7068 kg/jam (Y3 merupakan massa uap yang keluar dari evaporator IV).

Neraca Massa

masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
Nira	147744,7904	Kondensat	45387,2774
Steam	45387,2774	Vapor	46424,7068
		Nira	101320,0837
Total	193132,0678	Total	193132,0678

Neraca Panas



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kkal/jam)	Komponen	Jumlah (kkal/jam)
Steam	28895499,6558	Kondensat	3552748,1413
Nira	10925748,4357	vapor	29303884,9182
		Nira	6367296,3106
		Q loss	597318,7214
Total	39821248,0915	Total	39821248,0915

Evaporator V

Energi masuk

$$\text{Steam} = 46424,7068 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 631,2131^{\circ}\text{C} = 29303884,9182$$

$$\text{Nira} = 101320,0837 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 0,6280 \frac{\text{kal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 79,7828^{\circ}\text{C} = 5076503,9243$$

$$= 34380388,8424$$

Energi keluar

$$\text{Kondensat} = 46424,7068 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 53,4068^{\circ}\text{C} = 2479395,0292$$

$$\text{Vapor} = Y4 \times 621,9005^{\circ}\text{C} = 621,9005 Y4$$

$$\text{Nira} = (101320,0837 - Y4) \times 56,9014 \times 0,6280 = 3620577,8582 - 35,7341 Y4$$

$$Q \text{ loss} = 1,3\% \times 34380388,8424 = 446945,0550$$

$$= 6546917,9423 + 586,1665 Y4$$

goal seek Ev V	
Y4	47483,9000
Energi masuk	34380388,8424
Energi keluar	34380388,8424
selisih	0

Nilai Y4 pada persamaan diatas dicari dengan metode *goal seek* dengan mengatur selisih energi masuk dan energi keluar sama dengan nol (energi masuk-energi



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

keluar=0), dengan mengubah nilai Y4. Sehingga diperoleh nilai $Y4 = 47483,9000$ kg/jam (Y4 merupakan massa uap yang keluar dari evaporator V).

Neraca Massa

masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg/jam)	Komponen	Jumlah (kg/jam)
Nira	101320,0837	Kondensat	46424,7068
Steam	46424,7068	Vapor	47483,9000
		Nira	53836,1837
Total	147744,7904	Total	147744,7904

Neraca Panas

masuk		keluar	
Komponen	Jumlah (kkal/jam)	Komponen	Jumlah (kkal/jam)
Steam	29303884,9182	Kondensat	2479395,0292
Nira	5076503,9243	vapor	29530263,3889
		Nira	1923785,3694
		Q loss	446945,0550
Total	34380388,8424	Total	34380388,8424

2. Perhitungan Luas Pemanas



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

Data yang diperlukan

Nilai KTD (Kenaikan titik didih karena brix & karena hidrostatik, Tabel 32.3

Hugot hlm : 500, H = 70 cm (panjang tube calandria 2.1m))

Suhu nira = T vapor + Kenaikan titik didih (KTD)

$\Delta T = T_{\text{vapor}} - T_{\text{nira}}$

Suhu pemanas (°C)	KTD (°C)	Suhu nira (°C)	ΔT (°C)
110,0101	1,5	111,5101	4,4899
101,974	2	103,9740	6,1906
93,0376	2,42	95,4576	6,6682
78,3763	3,8273	82,2036	9,9717
53,5068	8,8181	62,3249	16,2014

Menghitung koefisien spesifik evaporator (c)

$C = 0,001(100 - \%brix) \times (Temperatur\ pemanas - 54)$
(Hugot, hal 572)

$Luas\ pemanas = \frac{Total\ uap}{C_p \times \Delta T}$ *(Hugot, hlm :591)*

Diketahui luas pemanas sesungguhnya :

Evaporator I = 4000 m²

Evaporator II = 2200 m²

Evaporator III = 1190 m²

Evaporator IV = 870 m²

Evaporator V = 870 m²

Jenis	Suhu pemanas (°C)	%brix av (%)	C (kg/m ² /C/h)	Delta T (°C)
Ev I	116,0000	14%	6,1912	4,4899
Ev II	110,0101	17,23%	5,5914	6,1906
Ev III	101,9740	21,87%	4,7869	6,6682
Ev IV	93,0376	30,04%	3,8920	9,9717
Ev V	78,3763	48,68%	2,4258	16,2014

Jenis	Luas Pemanas	Luas pemanas rill
-------	--------------	-------------------



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PROSES PRODUKSI PT. PG RAJAWALI I
PG REJO AGUNG BARU MADIUN

	(m ²)	(m ²)
Ev I	3445,3157	4000
Ev II	1610	2200
Ev III	1293	1190
Ev IV	1402	870
Ev V	1153	870
Total	8902,1081	9130

3. Perhitungan Uap Yang Dibutuhkan

Diketahui data sebagai berikut :

Jumlah air diuapkan setiap evaporator = 44742,7504 kg/jam

Suhu nira evaporator I = 111,5101°C

Panas laten uap bekas = 528,4°C (Hugot, hlm : 1036)

Entalpi uap air (Hv) = 643,053 kkal/kg (Hugot, hlm :1036)

Entalpi liquid air (Hl) = 116,123 kkal/kg (Hugot, hlm :1036)

Asumsi Effisiensi pemanas = 0,97

$$\begin{aligned} \text{Uap bekas dibutuhkan} &= \frac{\text{air diuapkan} \times (Hv \text{ air} - Hl \text{ air})}{\text{uap latent} \times \text{eff pemanas}} \\ &= \frac{44742,7504 \text{ kg/jam} \times (643,053 - 111,123)}{528,4 \text{ kkal/kg} \times 0,97} \\ &= 46434,69726 \text{ kg/jam} \\ &= 46,43469726 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$