

Analisis Efisiensi Termal Evaporator Vakum pada Proses Pemekatan Nira Tebu

Annisa Ulmi Hafidza¹, Mutia Meiliana², M Febrian Nugroho³, Agus Manggala⁴, Rima Daniar⁵, Zurohaina⁶

^{1,2,3,4,5,6} Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya

e-mail: annisauah17@gmail.com

Abstrak

Evaporator merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menghasilkan larutan yang terkonsentrasi. Pada dunia industri gula tebu alat ini berfungsi untuk menghasilkan nira yang terkonsentrasi. Parameter yang digunakan untuk menunjukkan konsentrasi nira adalah nilai brix. Konsumsi energi terbesar di pabrik gula digunakan untuk pemanasan nira. Pada penelitian ini akan diuji pengaruh tekanan vakum dan waktu proses evaporasi terhadap peningkatan nira brix menggunakan vakum evaporator. Penelitian bertujuan untuk menganalisis perpindahan massa termal, distribusi energi dan efisiensi termal pada alat evaporator vakum dengan variasi tekanan dan waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi operasi berpengaruh terhadap efisiensi termal pada evaporator vakum. Kondisi operasi optimum pada alat ini terdapat pada tekanan -550 mmHg dan -570 mmHg pada menit ke 240 menghasilkan efisiensi sebesar 43,05% dan 43,1%.

Kata kunci: *Nira Tebu, Evaporasi, Evaporator Vakum, Efisiensi*

Abstract

An evaporator is an equipment that serves to produce a concentrated solution. In the world of sugar cane industry it serves to produce concentrated niras. The parameter used to indicate the concentration of nira is the brix value. The largest energy consumption in sugar mills is used for heating niras. In this study, the effect of vacuum pressure and evaporation process time on the increase in nirabrix using evaporator vacuum was tested. Research aims to analyze thermal mass displacement, energy distribution and thermal efficiency in vacuum evaporator devices with variations in pressure and time. Research results show that operating conditions have an effect on thermal efficiency in vacuum evaporators. The optimum operating conditions of the device are at pressures of -550 mmHg and -570 mmHg in the 240th minute resulting in efficiency of 43.05% and 43.1%.

Keywords: *Sugar Cane Nira, Evaporator, Vacuum Evaporator, Efficiency*

PENDAHULUAN

Peranan energi dalam kehidupan manusia sangatlah penting. Bahkan energi menjadi salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia. Sepanjang sejarah munculnya peradaban melalui penemuan-penemuan dalam penggunaan energi, diperlukan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Proses pemanasan, pendinginan, dan pengkondisian udara diperlakukan sebagai teknologi energi penting di sebagian besar negara. Proses-proses tersebut bertanggung jawab untuk sebagian besar pemanfaatan energi di negara-negara tersebut.

Salah satu proses operasi energi skala besar didalam industri adalah proses evaporasi. Salah satu fungsi dari proses evaporasi adalah untuk mengurangi kadar air dan berat bahan berbentuk cair. Konsumsi energi di pabrik gula sebagian besar digunakan untuk pemanasan

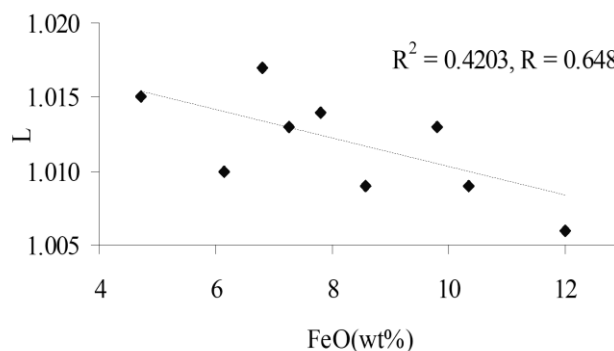
nira, evaporasi dan kristalisasi guna mendukung proses produksi. Evaporasi ditekankan dalam aspek integrasi termal karena merupakan proses dengan konsumsi energi terbesar.

Nira evaporator merupakan bagian dari sistem produksi untuk menghasilkan gula. Alat ini berfungsi untuk menghasilkan nira sebelum diolah lebih lanjut. Proses yang terjadi didalam nira evaporator yaitu evaporasi. Proses evaporasi terjadi dimana exhaust steam masuk disisi shell dan memanasi nira jernih yang ada disisi tube. Kandungan air pada nira akan teruapkan oleh panas dari steam. Nira kemudian mengental sedangkan exhaust steam akan terkondensasi menjadi kondensat.

Nira tebu yang akan diproduksi sebagai gula cair, sebagian besar kandungan air ini perlu diuapkan untuk menjaga kualitas bahan mentah pembuatan gula cair. Namun, komoditas produksi gula cair ditingkat industri rumah tangga biasanya menggunakan proses penguapan secara konvensional. Peralatan yang sederhana dengan suhu tinggi dan waktu yang lama, sehingga memicu kerusakan pada produk yang dihasilkan dan mengakibatkan konsumsi energi pada proses evaporasi ini tinggi. Untuk mengurangi resiko kerusakan bahan akibat efek termal pada proses evaporasi dapat ditempuh dengan menggunakan evaporator dengan sistem vacum. Alat ini bekerja pada tekanan di bawah tekanan atmosfer sehingga titik didih pelarut dapat diturunkan.

Penggunaan suhu rendah disertai dengan vakum, akan menjaga nilai nutrisi produk tidak hilang (Supriatna, 2008). Salah satu faktor yang mempengaruhi proses evaporasi pada evaporator vakum adalah tekanan vakum dan laju evaporasi. Tekanan vakum pada evaporator adalah kondisi vacum yang terjadi pada ruang penguapan yang dihasilkan dari operasi pompa vakum yang ada di bagian evaporator. Dari beberapa penelitian sebelumnya masih menggunakan kondisi operasi yang tergolong tinggi, seperti masih menggunakan temperatur pada rentang 80°C dan waktu evaporasi yang tergolong lama sekitar 9 jam. Tingginya temperatur dan lamanya waktu evaporasi berdampak pada konsumsi energi yang tinggi.

Sebagai jawaban, maka pada penelitian ini akan dilakukan proses pemekatan nira tebu dengan sistem evaporasi vakum. Dengan acara ini waktu operasi dapat dipersingkat dan suhu operasi dapat diturunkan, sehingga biaya operasi dapat ditekan dan kualitas produk dapat dipertahankan.



Gambar 1. Plots of lineation (L) and FeO content showing negative correlation

METODE

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kondisi optimum alat evaporator vakum berdasarkan efisiensi alat dengan nira tebu sebagai objek penelitian. Tahapan awal yang dilakukan adalah dengan melakukan preparasi sampel dengan memanaskan nira tebu pada kompor selama 3 jam dengan api kecil (tidak sampai mendidih). Selanjutnya dilakukan proses evaporasi dengan kondisi operasi berupa variasi tekanan -350mmHg, -550mmHg, -570mmHg, dan rentang waktu evaporasi selama 30 menit, 60 menit, 120 menit, 180 menit, dan 240 menit. Selanjutnya setelah dilakukan proses evaporasi dan dilakukan analisis perpindahan massa dari proses evaporasi ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memfokuskan pada efisiensi alat evaporator vakum dilihat dari kondisi optimum guna pemekatan nira tebu serta mendapatkan kondisi optimum untuk memperoleh nilai brix nira pekat (60 s/d 80). SNI 2891-1992.

Hasil Evaporasi Pada ΔP -350mmHg

Hasil pengamatan laju evaporasi pada tekanan -350mmHg dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengamatan -350 mmHg					
Waktu (Menit)	F	L	V	% Water Removal	Q (Kwh)
30	10	9,80	0,20	2,0	0,52
60	10	9,09	0,91	9,1	0,99
120	10	8,57	1,43	14,3	1,33
180	10	5,77	4,23	42,3	3,16
240	10	4,92	5,08	50,8	3,72

Hasil Evaporasi Pada ΔP -550mmHg

Hasil pengamatan laju evaporasi pada tekanan -550mmHg dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan -550 mmHg					
Waktu (Menit)	F	L	V	% Water Removal	Q (Kwh)
30	10	9,71	0,29	2,9	0,58
60	10	7,85	2,15	21,5	1,74
120	10	6,99	3,01	30,1	2,29
180	10	4,05	5,95	59,5	4,25
240	10	3,52	6,48	64,8	4,60

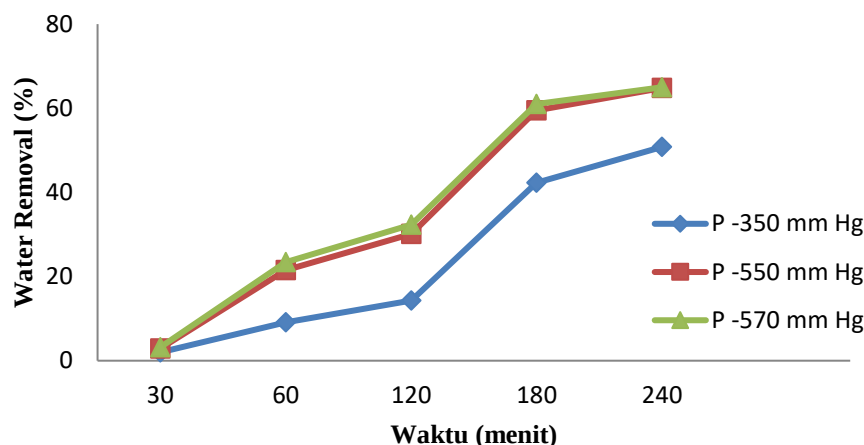
Hasil Evaporasi Pada ΔP -570mmHg

Hasil pengamatan laju evaporasi pada tekanan -570mmHg dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengamatan -570 mmHg					
Waktu (Menit)	F	L	V	% Water Removal	Q (Kwh)
30	10	9,68	0,32	3,2	0,6
60	10	7,66	2,34	23,4	1,9
120	10	6,77	3,23	32,3	2,4
180	10	3,90	6,10	61	4,3
240	10	4,50	6,50	65	4,6

Pengaruh Kondisi Operasi Terhadap %Water Removal

Seiring dengan berjalannya waktu proses evaporasi jumlah air yang dihilangkan akan semakin meningkat, namun hal ini tidak terlepas dari pengaruh tekanan yang merupakan sistem operasi yang dipilih. Pada tekanan -350 mmHg proses vakum evaporasi dapat menghilangkan 50,8% kadar air dalam waktu 240 menit, sedangkan pada tekanan vakum -550 mmHg dan -570 mmHg berturut turut 64,8% dan 65% air dapat dihilangkan. Dengan kata lain semakin rendah tekanan sistem evaporasi, maka semakin cepat air diuapkan. Hal ini dapat diterima, karena titik didih air menurun berbanding lurus dengan penurunan tekanan.



Gambar 1. Pengaruh Kondisi Operasi Vakum Terhadap Water Removal

Dari gambar 1, diperlihatkan trend yang paling rendah pada tekanan -350 mmHg dan trend tertinggi pada tekanan (-570 mmHg). Artinya water removal tertinggi berada pada trend (-570 mmHg) dan berlaku untuk rentang waktu 30 s/d 240 menit.

Hasil Efisiensi pada ΔP -350mmHg, -550mmHg, dan -570 mmHg

Hasil pengamatan nilai efisiensi pada tekanan -350mmHg, -550mmHg, dan -570mmHg dapat dilihat pada tabel 4, 5, dan tabel 6.

Tabel 4. Efisiensi Thermal Pada ΔP = -350 mmHg

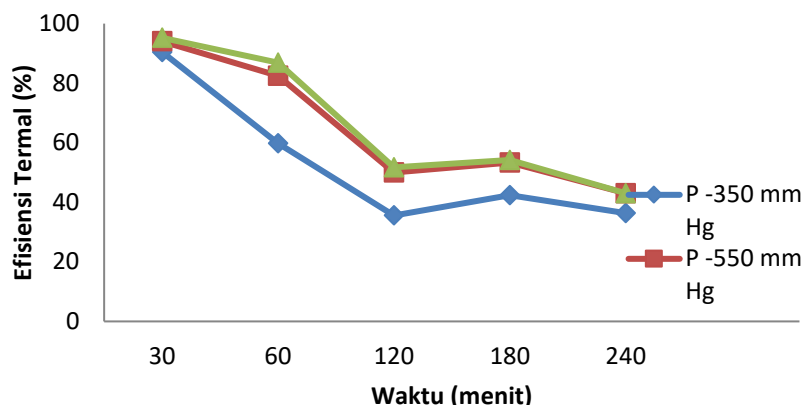
Tekanan (mmHg)	Waktu (menit)	Efisiensi (%)
-350	30	90,48
	60	59,82
	120	35,56
	180	42,36
	240	36,38

Tabel 5. Efisiensi Thermal Pada ΔP = -550 mmHg

Tekanan (mmHg)	Waktu (menit)	Efisiensi (%)
-550	30	94,05
	60	82,44
	120	50,00
	180	53,37
	240	43,05

Tabel 6. Efisiensi Thermal Pada ΔP = -570 mmHg

Tekanan (mmHg)	Waktu (menit)	Efisiensi (%)
-570	30	95,23
	60	86,90
	120	51,71
	180	54,26
	240	43,1



Gambar 2. Pengaruh Nilai Efisiensi Termal Terhadap Kondisi Operasi

Dapat dilihat pada gambar 2 nilai efisiensi evaporator setiap kondisi operasi yang berbeda-beda. Efisiensi termal suatu alat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu operasi, tekanan operasi, dan material alat. Semakin besar tekanan maka efisiensi alat akan semakin tinggi dan semakin lama waktu alat beroperasi maka efisiensi termal semakin kecil. Efisiensi termal tertinggi didapatkan pada menit ke 30 dengan variasi tekanan, -350 mmHg, -550 mmHg, -570 mmHg dengan nilai efisiensi termal berturut-turut sebesar 90,48%, 94,05%, dan 95,2% sedangkan efisiensi termal terendah didapatkan pada menit ke 240 menit setiap tekanan dengan efisiensi termal berturut-turut senilai 36,38%, 43,05%, 43,1%. Dapat dikatakan, semakin lama waktu evaporasi berlangsung maka semakin kecil efisiensi termal alat yang diperoleh.

Besarnya nilai efisiensi suatu alat sangat erat kaitannya dengan waktu penggunaan alat selama proses. Salah satu faktor yang menentukan besar kecilnya efisiensi adalah keadaan bahan yang diproses, pada kasus ini adalah *%water removal*, dimana semakin banyak *%water removal* maka semakin kecil juga efisiensi termal yang dihasilkan. Dimana semakin lama waktu maka nilai efisiensinya akan semakin kecil karena, jumlah energi untuk menguapkan bahan persatuan waktu akan semakin besar sehingga menghasilkan efisiensi termal yang relative kecil.

SIMPULAN

Kondisi operasi mempengaruhi efisiensi termal evaporator, dilihat pada tabel hasil efisiensi dan grafik. Maka, semakin lama waktu evaporasi berlangsung maka semakin kecil efisiensi termal alat yang diperoleh. Efisiensi termal tergolong rendah karena pada neraca kesetimbangan energi, energi yang tidak terakumulasi atau tidak termanfaatkan tergolong tinggi. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa nilai efisiensi paling tinggi tiap tekanan $\Delta P = -350$ mmHg, -550 mmHg, -570 mmHg berada pada menit ke 30. Sedangkan, nilai efisiensi terendah berada pada menit 240. Kondisi operasi yang paling efisien pada alat ditunjukkan pada $\Delta P = -570$ mmHg dengan efisiensi sebesar 43,1%, karena mampu menguapkan 65% air.

DAFTAR PUSTAKA

- Banchero, B. a (1971). Introduction To Chemical Engineering. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Geankoplis Christie John, (1993), Transport Processes and Separation Process Principle, 4th edition, New Jersey, Pearson Education International.
- Carveth, P (1984).
- Holland, FA, & Chapman, FS.(1976). Liquid Mixing and Processing in Stirred Tanks Reinhold. New York.
- Holman, JP.(1997). Perpindahan Kalor, Jakarta : Erlangga.
- McCabe, W.L and Smith, J.C. 1985. Unit Operation of Engineering. 4th edition.

- Muhlisin, d. (2015). Uji Performansi dan Keseimbangan Massa Evaporator Vakum Double Jacket Tipe Water Jet dalam Proses Pengolahan Gula Merah Tebu (*Saccharum officinarum* L.). Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem.
- Praptiningsih, Y.,(1999). Teknologi Pengolahan. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, Jember
- Slamet Wiyono, E. E. (2020). Unjuk Kerja Vacuum Evaporator Untuk Menghasilkan Gula Cair Aren. *Teknika : Jurnal Teknik*
- Sumarlan, dkk. (2020). Rancang Bangun dan Uji Efisiensi Energi Evaporator Double Effect Termodifikasi untuk Evaporasi Nira Tebu., <https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/828>.
- Supriatna, A., (2008). Uji Performansi dan Analisis Teknik Alat Evaporator Vakum. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian Institute Pertanian Bogor. Bogor.
- Zakiati, A Fani .2018. Pengaruh Variasi Spacer Terhadap Kualitas Kristal Lapisan Tipis Sn (SeO, 6teO, 4) dengan Teknik Evaporasi Vakum. *Jurnal Ilmu Fisika dan Terapannya*,journal.student.uny.ac.id, <https://journal.student.uny.ac.id/index.php/fisika/article/view/10473>
- Zhang, H., Deng, Z., Fu, Y., Wan, L., & Liu, W. (2017). Optimization of process parameters for minimum energy consumption based on cutting specific energy consumption. *Journal of Cleaner Production*, 166, 1407–1414.