

DESAIN DAN PENGUJIAN KINERJA PROTOTYPE FALLING FILM EVAPORATOR (FFE)

Adi¹ A. Zulfikar Syaiful² Al Gazali³

¹²³Fakultas Teknik, Universitas Bosowa Makassar

Zulfikar.syaiful@universitasbosowa.ac.id

manargazali@gmail.com

Adhysaputra73@gmail.com

Abstrak

Umumnya evaporator jenis falling film memiliki ukuran yang tinggi mencapai 5-10 meter serta memerlukan area penyimpanan yang luas dan tidak ekonomis untuk di gunakan pada industri skala menengah maupun mikro. Melihat pertimbangan tersebut maka pada penelitian ini akan membuat suatu prototipe evaporator falling film dengan ukuran yang ekonomis sehingga di harapkan prototipe ini dapat digunakan berbagai jenis usaha menengah dan mikro. Prinsip dasar dari alat ini adalah memanfaatkan film cairan yang menuruni permukaan penukar panas untuk menguapkan komponen pelarut dari larutan, menghasilkan konsentrat yang lebih kental. Dari hasil analisi material penggunaan material pada konstruksi prototipe ini menggunakan bahan stainless steel 304 yang sesuai dengan standar peralatan industri karena menggunakan bahan yang tahan terhadap korosi dan tergolong bahan yang memiliki standar food grade, Kemudian dari analisa perhitungan kapasitas maka diketahui bahwa alat ini mampu mengevaporasi 6 liter larutan dalam waktu 1 jam. Selain dari analisi material, pada penelitian ini menggunakan bahan uji susu sapi murni sebanyak 2 liter, dan dengan luas permukaan evaporasi 0,34 m² yang terdiri dari 19 tube dengan diameter masing-masing tube 0,75 inch, serta mempunyai laju masa uap sebesar 0,11 kg/s. dan memiliki laju perpindahan panas sebesar 30.115 W.

Kata kunci: evaporator, evaporator falling film, steam

Abstract

Generally, falling film type evaporators are 5-10 meters high and require a large storage area and are not economical for use in medium and micro scale industries. Seeing these considerations, this research will create a falling film evaporator prototype with an economical size so that it is hoped that this prototype can be used by various types of medium and micro businesses. The basic principle of this device is to utilize a liquid film that flows down the surface of the heat exchanger to evaporate the solvent components from the solution, producing a thicker concentrate. From the results of material analysis, the use of materials in the construction of this prototype uses 304 stainless steel which is in accordance with industrial equipment standards because it uses materials that are resistant to corrosion and are classified as food grade standard materials. Then from the capacity calculation analysis it is known that this tool is capable of evaporating 6 liters of solution within 1 hour. Apart from material analysis, this research used 2 liters of pure cow's milk as a test material, and with an evaporation surface area of 0.34 m² consisting of 19 tubes with a diameter of 0.75 inch each tube, and having a vapor mass rate of 0.11 kg/s. and has a heat transfer rate of 30,115 W.

Keywords: evaporator, evaporator falling film, steam

1. PENDAHULUAN

Evaporator merupakan salah satu alat yang sering digunakan dalam proses perindustrian yang digunakan untuk mengevaporasi larutan. Evaporasi sendiri artinya adalah menghilangkan air dari larutan dengan mendidihkan larutan di dalam tabung

evaporator (Andrayani, 2015). Evaporasi bertujuan untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tidak mudah menguap dengan pelarut yang mudah menguap.

Proses evaporasi selain berfungsi menurunkan aktivitas air, evaporasi juga dapat meningkatkan konsentrasi atau

viskositas larutan dan evaporasi akan memperkecil volume larutan sehingga akan menghemat biaya pengepakan, penyimpanan, dan transportasi. Prinsip kerja pemekatan larutan dengan evaporasi didasarkan pada perbedaan titik didih yang sangat besar antara zat-zat yang terlarut dengan pelarutnya. Misalnya pada industri susu, titik didih normal air (sebagai pelarut susu) 100°C, sedangkan padatan susu praktis tidak bisa menguap (Wirakartakusumah, M, 1992). Jadi, dengan menguapnya air dan tidak menguapnya padatan, akan diperoleh larutan yang makin pekat. Perlu diperhatikan bahwa titik didih cairan murni dipengaruhi oleh tekanan. Makin tinggi tekanan, maka titik didih juga semakin tinggi, salah satu jenis evaporator di dalam industri yaitu jenis evaporator film jatuh (Falling Film Evaporator)

pada penelitian ini akan menggunakan jenis Falling Film Evaporator (FFE) dalam menentukan desain rancangan dan pengujian kinerja alat evaporator. Hal ini dikarenakan Luas permukaan pemanasan jauh lebih besar dibandingkan dengan volume cairan dalam evaporator sehingga memungkinkan perpindahan panas yang cukup dan kerusakan bahan belum banyak terjadi karena waktu tinggal yang kecil (volume cairan dalam evaporator kecil) dan kapasitas alat ini tidak bisa divariasi terlalu besar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Evaporasi merupakan proses penambahan konsentrasi suatu zat tertentu melalui proses perubahan molekul dari zat campurannya (zat cair menjadi molekul uap/gas). Evaporasi adalah proses untuk memekatkan suatu larutan dengan menguapkan zat pelarutnya. Sedangkan Evaporator adalah alat untuk menguapkan zat pelarut pada suatu larutan (Geankoplis, 1997).

Tujuan dari evaporasi adalah memekatkan larutan yang mengandung zat yang sulit menguap (non-volatile solute) dan pelarut yang mudah menguap (volatile solvent) dengan cara menguapkan sebagian pelarutnya. Pelarut yang ditemui dalam sebagian besar sistem larutan adalah air. Umumnya, dalam evaporasi, larutan pekat merupakan produk yang diinginkan, sedangkan uapnya diembunkan dan dibuang. Di dalam dunia industri proses evaporasi

bertujuan untuk meningkatkan larutan sebelum proses lebih lanjut, serta memperkecil volume larutan, menurunkan aktivitas air (Praptiningsih, 1999).

Evaporator dapat dibagi dalam empat kategori menurut prinsip perpindahan panas yang diterapkan, yaitu sebagai berikut (Hewit, et.al., 1993) :

1. Evaporasi film cairan.
2. Evaporasi cairan dengan pembentukan nucleate boiling pada permukaan yang panas.
3. Evaporasi cairan yang disebabkan karena pengurangan tekanan, yang lebih dikenal dengan nama flashing.
4. Evaporasi cairan karena kontak langsung dengan fluida panas, baik itu gas maupun cairan.

Selain memperhatikan klasifikasi, hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan evaporator antara lain:

1. Makin cepat gerakan fluida dalam evaporator, makin besar nilai koefisien perpindahan panas, sehingga kecepatan perpindahan panasnya juga semakin tinggi.
2. Kadar zat terlarut makin tinggi, biasanya viskositas larutan semakin tinggi. Hal ini mengakibatkan koefisien perpindahan massa menurun sehingga memperlambat perpindahan panas. Disamping itu, jika kekentalan makin tinggi, kadar lokal padatan disuatu titik dalam evaporator bisa terlalu tinggi sehingga dapat mengakibatkan kerusakan padatan (jika padatan sensitif terhadap panas), atau pepadatan lokal.
3. Pada evaporator dengan konveksi alami (natural convection) dimana gerak fluida diakibatkan oleh beda suhu, maka koefisien perpindahan panas dipengaruhi oleh beda suhu (ΔT). Semakin besar (ΔT), semakin tinggi nilai koefisien perpindahan panas.
4. Gerakan yang baik dan fluida perlu dijaga. Gerakan fluida selain akan meningkatkan

perpindahan panas, juga dapat mencegah terjadinya konsentrasi atau suhu lokal yang terlalu tinggi, yang bisa mengakibatkan kerusakan padatan atau pemadatan.

5. Faktor-faktor yang mendorong terjadinya endapan perlu dicegah.

6. Untuk bahan yang sensitif terhadap panas (mudah rusak pada suhu tinggi), maka suhu evaporator diusahakan rendah dengan cara menurunkan tekanan operasi. Disamping itu, waktu tinggal bahan dalam evaporator dijaga jangan terlalu lama.

7. Energi terbesar pada evaporator adalah untuk penguapan (panas penguapan nilainya sangat besar dibandingkan dengan panas sensibelnya, misal: panas 6 penguapan air ~ 540 cal/g), sehingga usaha-usaha penghematan panas perlu dilakukan. Salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan uap yang timbul sebagai pemanas evaporator. Sebagai bagian dari suatu proses di dalam pabrik, alat evaporasi mempunyai dua fungsi, yaitu merubah panas dan memindahkan uap yang terbentuk dari bahan cair.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian desain eksperimental.

Alat dan Bahan yang di gunakan sebagai berikut: Kunci pas, Kunci inggris, Gergaji besi, Alat potong plat, Tang, Grinder, Alat patri/las, palu, Mur dan baut, Karet sumbat, Termometer, Stop kran (1/2inch), Selotip.

Bahan yang digunakan sebagai berikut: Plat stainless steel 201 (2mm), Pipa tubing (3/8 inch), Pipa besi, Besi siku.

Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap perancangan dan tahap uji coba alat :

1. Tahap Perancangan

- Mendesain evaporator
- Menyiapkan alat dan bahan
- Membentuk tabung (shell)
- Memasang pipa (koil)
- Membuat tutup bagian atas dan bawah evaporator

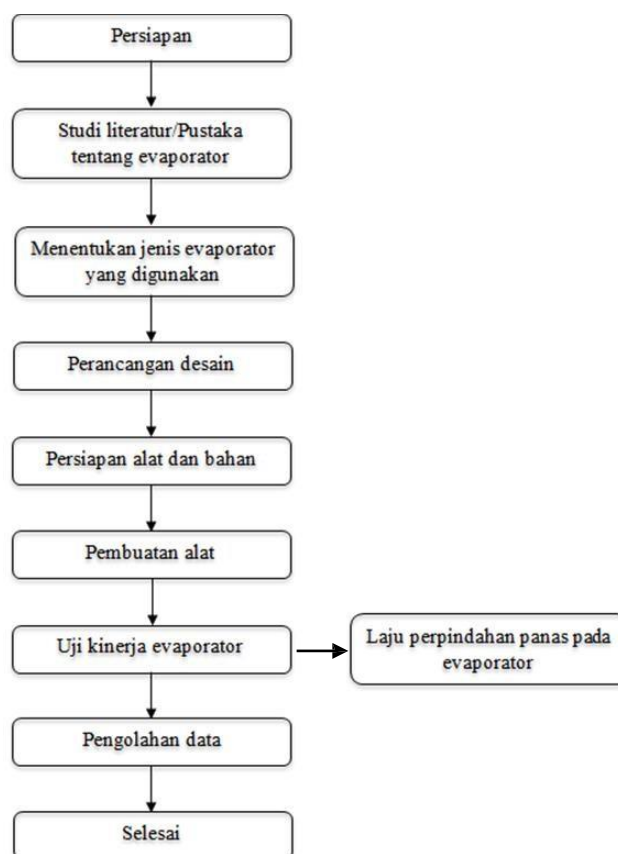
f. Melakukan uji coba prototype evaporator

2. Tahap uji alat

- Mengalirkan steam ke dalam tabung evaporator.
- Mengukur temperature suhu input steam evaporator.
- Memasukan larutan penguji kedalam tabung evaporator.
- Monitoring suhu output dari dalam evaporator.
- Menguji produk pekatan setelah keluar dari evaporator.

Diagram Alir

Penelitian ini mengikuti langkah-langkah pada diagram di bawah ini:



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini pemilihan jenis material dan desain alat evaporator falling film sangat berpengaruh terhadap proses perpindahan panas dan pencapaian hasil evaporasi, yaitu mampu mempekatkan susu murni menjadi susu yang pekat dengan kadar

air yg rendah secara efektif dengan mengoptimalkan sumber panas dari steam boiler .

Berikut adalah analisa desain alat dan material yang digunakan pada rancang bangun evaporator falling film.

Tabung Evaporator Falling Film

Evaporator falling film ini dirancang untuk memiliki volume 6000 ml sehingga sangat memungkinkan dalam pengujian dengan kapasitas volume bahan destilasi 2000 ml karena terdapat ruang kosong yang digunakan sebagai wadah pada fase penguapan.

Bahan yang di gunakan pada evaporator ini yaitu Stainlees steel 304 karena potensi korosif yang tinggi akibat kondisi bagian dalam evaporator sulit dipantau dan cenderung lembab, stainlees steel memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap korosi dibarengi dengan kualitas bahan tergolong grade food sehingga dapat digunakan untuk mengolah berbagai macam makanan atau minuman.



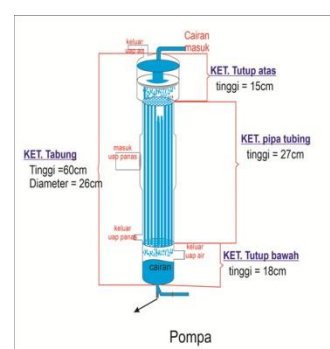
Gambar 1.1 Tabung Evaporator

Spesifikasi Tabung Evaporator :

1. Bahan Plat : Stainlees Steel 304
2. Tebal plat : 3 mm
3. Diameter : 26 cm
4. Tinggi : 60 cm
5. Tekanan : 3 Bar (40 Psi)
6. Suhu : 70 – 120°C

Tubing Evaporator Falling Film

Material yang di gunakan pada tubing evaporator falling film yaitu stainlees steel 304 dengan diameter pipa 3/8 inch, pemilihan material stainlees bertujuan agar larutan yang ingin di pekatkan tidak terkontaminasi oleh korosi dan stainlees jenis ini merupakan material food grade. Selain itu logam jenis ini dapat menghantarkan panas yang baik dan memiliki ketahanan yang tinggi terhadap bahan cair. Diatas tube terdapat lapisan plat mesh (berlubang) dengan ukuran 6 mesh (3mm) berfungsi untuk memperkecil permukaan cairan agar mudah menguap.



Gambar 1.2 Desain Falling Film Evaporator (FFE)



Gambar 1.3 Tutup FFE

Spesifikasi Tabung Evaporator :

1. Bahan Tube : Stainlees Steel 304
2. Tebal plat : 2 mm
3. Diameter : 3/8 inch
4. Panjang : 30 cm

Penentuan valve inlet dan outlet

Pada prototipe evaporator falling film ini terdapat 2 inlet dengan ukuran ½ inch, yaitu inlet feed (umpan) dan inlet steam (Uap).

Penentuan titik inlet feed (umpan) diatas tabung yang berdasarkan pada sistem

sesuai dengan gaya gravitasi. sehingga umpan yang akan di pekatkan masuk dari atas tabung



Gambar 1.4 Posisi valve FFE

Kemudian valve outlet juga terdapat 2 unit dengan ukuran ½ inch yaitu outlet uap air boiler dan outlet condensat larutan.

Besaran Bahan yang di Evaporasi

Penilaian kapasitas alat dilakukan dengan mengukur banyaknya bahan yang dievaporasi, laju evaporasi, hasil pemekatan, dan menganalisis aspek perpindahan panas. Laju evaporasi adalah laju air yang diuapkan selama evaporasi yang dihitung dengan rumus:

$$V = \frac{V_{\text{awal}} - V_{\text{akhir}}}{\Delta t}$$

Diaman:

V = Laju evaporasi (liter/jam) V_o = Volume awal

bahan (liter) V_t = Volume akhir bahan (liter)

Δt = Lama Evaporasi (jam)

Berdasarkan data percobaan dan rumus persamaan diatas maka besaran kapasitas alat dapat di hitung sebagai berikut:

N	Volume awal (liter)	Suhu (°C)	Tekanan (Psi)	Waktu (min)	Volume akhir (liter)
1	2	30	0	0	2
2	2	100	14	3	2
3	2	110	28	6	1.5
4	1.5	120	40	9	1
5	1	120	40	15	0.5

Tabel 1 Data Pengujian Evaporator

$$V = \frac{2l - 0,5l}{0,25h}$$

$$V = \frac{1,5l}{0,25}$$

$$V = 6 \text{ l/h} = 30 \text{ liter/5jam}$$

Hasil Pekatan

Dari hasil pengujian 2 liter susu sapi dengan suhu 100-110°C selama 15 menit dapat menghasilkan pekatan 0,5 liter. Dengan demikian dapat di simpulkan bahwa prototipe ini mampu menghasilkan pekatan sebesar 25% dari total umpan masuk dan mampu mengevaporasi air sampai 75% dari umpan masuk.

Selisih suhu keseluruhan

Pada pengujian ini suhu umpan awal larutan susu yaitu sesuai suhu lingkungan sekitar 33°C. Pada pengujian ini suhu yang di gunakan skitar 70 – 100°C.

Hal ini mengacu pada percobaan pendahulunya bahwa suhu pendidihan larutan

susu adalah 70°C. Akan tetapi pada percobaan ini terjadi beberapa kenaikan suhu hingga mencapai 100°C, hal ini menyebabkan pekatan yang di hasilkan terdapat lapisan minyak. Karena adanya pemanasan berlebih pada lemak yang terkandung di dalam susu sapi.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisi material penggunaan material pada konstruksi prototipe ini menggunakan bahan stainless steal 304 yang sesuai dengan standar peralatan industri karena menggunakan bahan yang tahan terhadap korosi dan tergolong bahan yang memiliki standar food grade, Kemudian dari analisa perhitungan kapasitas maka diketahui bahwa alat ini mampu mengevaporasi 6 liter larutan dalam waktu 1 jam.

Selain dari analisi material, pada penelitian ini juga mendapatkan data dan perhitungan mengenai performansi dari evaporator falling film (FFE) dengan menggunakan bahan uji susu sapi murni sebanyak 2 liter, dan dengan luas permukaan evaporasi 0,34 m² yang terdiri dari 19 tube dengan diameter masing-masing tube 0,75 inch, serta mempunyai laju masa uap sebesar 0,11 kg/s. dan memiliki laju perpindahan panas sebesar 30.115 W.

Tim penyusun jobsheet praktikum Pilot Plant, 2013, "Falling Film Evaporator", Bandung: Jurusan Teknik Kimia, Polban

Wirakartakusumah, M. A, Kamarudin Abdullah, dan Atjeng M. Syarif. 1992. Sifat Fisik Pangan. Bogor. Institut Pertanian.

6. REFERENSI

- Earle, R.L. 1982, "Satuan Operasi dalam Pengolahan Pangan", Bogor: Sastra Budaya.
- Geankoplis, C.J. and J.F Richardson, "Design Transport Process and Unit Operation", 1989, Pergamon press, Oxford
- Hewitt, A. J., Huddleston, E. W., Sanderson, R., & Ross, J. B. (1993), "Effect of adjuvants and formulations on aerial spray drift potential", Pesticide Science, 37, 209–211.
- Kern, D. Q., 1998, "Process Heat Transfer", Mc. Graw Hill, Singapore
- Lukman Arif, Mochamad sidiq, 2010, "Laporan Pembuatan Evaporator Tipe Batch untuk Memekatkan Larutan Zat Warna Umpan Spray Dryer", Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- McCabe, W., Smith, J.C., and Harriot, P., 1993, "Unit Operation of Chemical Engineering", McGraw Hill Book, Co., United States of America.
- Praptiningsih, Y., 1999. Teknologi Pengolahan, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, Jember.