

Analisa Efisiensi Energi pada Proses Produksi Obat X di Perusahaan YZ

M. Samsuri^{1,*}, Hernowo Widodo², Ananda Siti Choirunnisa³

¹ Fakultas Teknik; Universitas Bhayangkara Jakarta Raya; Jalan Raya Perjuangan, telp/fax (021) 88955871; e-mail: msamsuri1979@ubharajaya.ac.id

² Fakultas Teknik; Universitas Bhayangkara Jakarta Raya; Jalan Raya Perjuangan, telp/fax (021) 88955871; e-mail: hernowo.widodo@dsn.ubharajaya.ac.id

³ Fakultas Teknik; Universitas Bhayangkara Jakarta Raya; Jalan Raya Perjuangan, telp/fax (021) 88955871; e-mail: anandasitic@gmail.com

* Korespondensi: e-mail: msamsuri1979@ubharajaya.ac.id

Submitted: 26/03/2022; Revised: 05/04/2022; Accepted: 21/05/2022; Published: 31/05/2022

ABSTRACT

Drugs are chemicals that are produced to reduce pain and prevent the risk of various diseases. In the manufacture of drugs, several stages of the process are needed which are quite long and require calculations from each process to produce products that meet the requirements and minimize errors during the process that can cause company losses. The research was carried out by direct observation during the process as well as collecting data on the mass of materials before and after the process, as well as critical parameters listed from the PPI (Main Processing Procedure) book for 1 batch of drug manufacture which takes more than 24 hours to manufacture. From observations, it is known that the drug manufacturing process has an adiabatic process where the resulting mass balance has the equation mass in = mass out and there is no chemical reaction that takes place. In the drying process, the heat balance can be calculated because this process produces heat which requires a certain amount of energy in the process. The drying machine used is an FBD (Fluidized Bed Dryer) machine which requires a certain amount of power so that the efficiency of this machine can be known to maximize the process.

Keywords: Drug, FBD, Mass Balance, Heat Balance, Process

ABSTRAK

Obat merupakan suatu bahan kimia yang diproduksi untuk mengurangi rasa sakit dan mencegah timbulnya risiko berbagai penyakit. Pada pembuatan obat, diperlukan beberapa tahapan proses yang cukup panjang serta membutuhkan perhitungan dari setiap prosesnya untuk menghasilkan produk yang sesuai persyaratan dan meminimalisir kesalahan saat proses yang dapat menyebabkan kerugian perusahaan. Penelitian dilakukan dengan metode pengamatan langsung saat proses berlangsung serta pengumpulan data massa bahan sebelum dan sesudah proses, juga parameter kritis yang tercantum dari buku PPI (Prosedur Pengolahan Induk) untuk 1 batch pembuatan obat dimana pada pembuatannya membutuhkan waktu lebih dari 24 jam. Dari pengamatan, diketahui bahwa pada proses pembuatan obat memiliki proses adiabatik dimana neraca massa yang dihasilkan memiliki persamaan massa masuk = massa keluar dan tidak adanya reaksi kimia yang berlangsung. Pada proses pengeringan, neraca panas dapat dihitung karena pada proses ini menghasilkan panas yang membutuhkan sejumlah energi pada prosesnya. Mesin pengering yang digunakan adalah mesin FBD (*Fluidized Bed Dryer*) yang membutuhkan sejumlah daya sehingga dapat diketahui efisiensi mesin ini untuk memaksimalkan proses.

Kata Kunci : Obat, FBD, Neraca Massa, Neraca Panas, Proses

1. Pendahuluan

Industri di Indonesia mengalami peningkatan serta revolusi yang berkembang dengan signifikan. Hal ini dikarenakan meningkatnya konsumsi serta kebutuhan warga Indonesia dari segala aspek. Dari mulai kebutuhan primer, sekunder hingga tersier menuntut industri memproduksi untuk pemenuhan kebutuhan tersebut. Ini menjadikan mahasiswa teknik kimia yang notabene adalah salah satu generasi bangsa yang memikul tanggung jawab dalam berdirinya dan kemajuan industri di Indonesia untuk terus mendorong serta menyokong sektor Industri. Salah satu sektor industri yang sangat dibutuhkan eksistensinya ialah Industri Farmasi. Farmasi sebagai salah satu garda penting di bidang kesehatan mempunyai tugas fungsi pokok untuk menyediakan obat yang aman, berkhasiat dan berkualitas. Terutama di era pandemi semenjak akhir tahun 2019 Indonesia mulai terkena dampak virus COVID-19 hingga saat ini. Industri farmasi merupakan bagian terdepan yang memiliki peranan penting tersebut sekaligus merupakan bagian terdepan yang terkena dampak dari situasi pandemik COVID-19. Tekanan untuk penemuan vaksin/obat baru sebagai antivirus COVID19 hingga produksi vitamin dan produk nutrisi lain sebagai upaya preventif untuk melindungi masyarakat Indonesia dari peningkatan penularan virus COVID-19 .

Didalam pembuatannya, Industri Farmasi juga membutuhkan alur proses yang melibatkan alat dengan pemenuhan target produksi mereka. Dimana alur tersebut dimulai dari proses granulasi, pengeringan, ayak, pencampuran massa, pencetakan, hingga proses kemas. Proses tersebut cukup panjang dan melibatkan perhitungan dari segala aspek agar produk yang dibuat sesuai spek dan menghindari kerugian yang besar. Pada laporan ini akan dibahas mengenai neraca massa dan neraca panas yang bertujuan untuk mendiagnosa terjadinya malfungsi dalam suatu proses pabrik kimia.

1.1. Landasan Teori

Definisi obat menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 58 tahun 2014 yaitu obat termasuk produk biologi yang digunakan untuk mempengaruhi atau menyelidiki sistem fisiologi atau keadaan patologi dalam rangka penetapan diagnosis, pencegahan, penyembuhan, pemulihan, peningkatan kesehatan dan kontrasepsi untuk manusia. Sumardjo, D. (2006) melaporkan, obat adalah suatu bahan kimia yang dapat mempengaruhi organisme hidup dan dipergunakan untuk keperluan diagnosis, pencegahan, dan pengobatan suatu penyakit. Obat secara umum merupakan semua bahan tunggal atau campuran yang dipergunakan oleh semua makhluk untuk mencegah, meringankan dan menyembuhkan penyakit (Syamsuri, 2005). Dari beberapa definisi obat di atas dapat disimpulkan bahwa obat merupakan suatu bahan kimia yang diproduksi untuk mengurangi rasa sakit dan mencegah timbulnya risiko berbagai penyakit.

Pengertian Neraca Massa

Neraca massa merupakan perhitungan semua bahan yang ada dalam proses. Berdasarkan keadaannya proses dibedakan menjadi dua yaitu, proses steady state dan unsteady state. Pada proses steady state, semua aliran di dalam sistem mempunyai laju, komposisi, massa dan suhu yang tetap atau tidak berubah terhadap waktu, sehingga pada keadaan ini jumlah akumulasi di dalam sistem tetap (laju alir akumulasi = 0). Pada kesetimbangan materi tanpa reaksi kimia, rumus umum yang digunakan adalah :

Input = Output , karena tidak adanya pembentukan zat ataupun reaksi kimia yang menggunakan zat tersebut (Ringgani, 2016).

Perhitungan neraca massa dilakukan dengan prinsip jumlah massa yang masuk dan meninggalkan sistem adalah sama. Penyelesaian perhitungan neraca massadilakukan dengan menggunakan neraca massa total dan neraca massa komponen.

$$\text{Neraca massa komponen} = F_1W_1 + F_2W_2 = F_3W_3$$

$$\text{Neraca massa total} = F_1 + F_2 = F_3$$

Dimana : F = laju alir massa yang masuk dan keluar sistem (kg/jam)

W = fraksi massa

(Charles, 1979)

Pengertian Neraca Panas

Neraca panas merupakan perhitungan panas yang masuk dan yang dihasilkan dalam suatu proses dengan panas yang dibawa keluar dan yang dipakai. persamaan umum yang digunakan adalah:

Kalor Masuk – Kalor Keluar = Kalor Akumulasi

Sensibel (panas yang dirasakan perubahan suhunya) panas yang diserap dan dilepas dengan kenaikan atau penurunan suhu tanpa perubahan fase. Kapasitas panas (Cp) = banyak panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu setiap satuan massa tiap satuan suhu. Untuk padatan gas, (Cp) merupakan fungsi suhu.

Rumus : $Q_s = m \cdot C_p \cdot dt$ (Tekanan Tetap)

Dimana : Q_s = Panas Sensibel (cal) (David M.Himmleblau)

m = mol bahan (mol)

C_p = Kapasitas Panas (cal/mol.k)

dt = perubahan suhu K

2. Metode Penelitian

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data berupa massa penimbangan bahan sebelum proses, penimbangan setelah proses serta data parameter mesin. Dimana, data yang diperoleh dari data PPI (Prosedur Pengolahan Induk obat "X" per 1 batch di Perusahaan Farmasi yang pada prosesnya sampai tahap akhir memakan waktu sekitar 3 hari dan dilakukan pengamatan langsung saat pembuatan obat berlangsung.

3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Obat "X" dalam prosesnya terdapat perhitungan neraca massa dan neraca panas, dimana secara umum neraca massa yang terjadi dalam proses pembuatan obat tidak melibatkan persamaan reaksi yang terjadi atau steady state. Sedangkan untuk neraca panasnya sendiri hanya ada pada bagian pengeringannya saja. Adapun perhitungan neraca massa dan neraca panas dapat dijabarkan sebagai berikut :

3.1. Menghitung Neraca Massa

Tabel 1. Neraca Massa Larutan Binder

Komponen	IN (Kg)	OUT (Kg)
14AA03410	5,80000	-
14AH03710	2,25000	-
Total larutan binder	-	7,97000
waste	-	0,08000
Total	8,05000	8,05000

Sumber: data penelitian

Efisiensi massa : $7,97/8,05 \times 100 = 99,00 \%$

Tabel 2. Neraca Massa Granulasi

Komponen	IN (Kg)	OUT (Kg)
13AL02300	55,00000	-
14AC18800	1,00000	-
Larutan binder	7,97000	-
Total Granul Basah	-	62,87000
waste	-	1,10000
Total	63,97000	63,97000

Sumber: data penelitian

Efisiensi massa : $62,87/63,97 \times 100 = 98,28 \%$

Tabel 3. Neraca Massa Pengeringan

Komponen	IN (Kg)	OUT (Kg)
Granul basah	62,87000	-
Total Granul kering	-	60,10000
waste	-	1,25000
Total	62,87000	62,87000

Sumber: data penelitian

Efisiensi massa : $60,10/62,87 \times 100 = 95,59 \%$

Tabel 4. Neraca Massa Ayak

Komponen	IN (Kg)	OUT (Kg)
Granul Kering	60,10000	-
14AM08400	18,70000	-
14AC18800	1,00000	-
14AC18700	0,80000	-
14AM00200	1,30000	-
14AS00710	0,15000	-
Total granul ayak	-	79,35000
waste	-	2,70000
Total	82,05000	82,05000

Sumber: data penelitian

Efisiensi massa : $79,35/82,05 \times 100 = 96,71 \%$

Tabel 5. Neraca Massa Final Mixing

Komponen	IN (Kg)	OUT (Kg)
Granul ayak	79,35000	-
Total Granul Ayak	-	79,35000
Waste	-	0,00000
Total	79,35000	79,35000

Sumber: data penelitian

Efisiensi massa : $79,35/79,35 \times 100 = 100 \%$

Tabel 6. Neraca Massa Cetak

Komponen	IN (Kg)	OUT (Kg)
Massa siap cetak	79,35000	-
Total tablet cetak	-	78,95000
Waste	-	0,40000
Total	79,35000	79,35000

Sumber: data penelitian

Efisiensi massa : $78,95/79,35 \times 100 = 99,53 \%$

3.2. Data Perhitungan Neraca Panas Pada Proses Drying

3.2.1. Neraca Panas Komponen Masuk

Komponen A

$$Q = n.C_p.dT$$

$$Q = 5800 \text{ g}/18 \times 29.19 \text{ J.mol}^{-1} .\text{K}^{-1} \times (333-323)\text{K}$$

$$Q = 94.056,67 \text{ J}$$

Komponen B

$$Q = n.C_p.dT$$

$$Q = 2250 \text{ g} / 1261.4 \times 12.471 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (333-323)\text{K}$$

$$Q = 222,45 \text{ J}$$

Komponen C

$$Q = n \cdot C_p \cdot dT$$

$$Q = 11000 \text{ g} / 361.4 \times 12.471 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (333-323)\text{K}$$

$$Q = 3.795,82 \text{ J}$$

Komponen D

$$Q = n \cdot C_p \cdot dT$$

$$Q = 1000 \text{ g} / 177.12 \times 12.471 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (333-323)\text{K}$$

$$Q = 704,10 \text{ J}$$

$$\text{Total } Q = Q_A + Q_B + Q_C + Q_D = 98.779,04 \text{ J} = 98,7 \text{ KJ}$$

3.2.2. Neraca Panas Air Flow

massa udara

$$\rho = m/v$$

$$\text{Kg} = 1,2 \text{ Kg/m}^3 \times 2000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Kg} = 2400 \text{ Kg/h}$$

komponen udara

$$\text{N}_2 =$$

$$0,7809 \times 2400 = 1.874,16$$

$$Q = M \cdot C_p \cdot dT$$

$$Q = 1.874,16 \text{ Kg} \times 1,04 \text{ KJ/Kg K} \times (333-323)\text{K}$$

$$Q = 19.491,26 \text{ KJ}$$

$$\text{O}_2 =$$

$$0,2094 \times 2400 = 502,56$$

$$Q = M \cdot C_p \cdot dT$$

$$Q = 502.56 \text{ Kg} \times 0,923 \text{ KJ/Kg K} \times (333-323)\text{K}$$

$$Q = 4.638,63 \text{ KJ}$$

$$\text{Total } Q_{\text{Udara}} = 24.129,89 \text{ KJ}$$

3.2.3. Efisiensi (η) Alat

Panas yang terpakai :

$$\begin{aligned} Q_{\text{terpakai}} &= Q_{\text{komponen}} + Q_{\text{udara}} = 98,78 \text{ KJ} + 24.129,89 \text{ KJ} \\ &= 24.228,67 \text{ KJ} \\ &= 24.228,67 \text{ watt} = 24,22867 \text{ KW} \times 45 \text{ menit} \times 1 \text{ Jam} / 60 \text{ Menit} \\ &= 18,1715 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Panas yang Tersedia :

$$\begin{aligned} \text{Daya Heater} &= 72,5 \text{ KW} \\ &= 72,5 \text{ KW} \times 45 \text{ menit} \times 1 \text{ Jam} / 60 \text{ Menit} \\ &= 54,3750 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Efisiensi alat :

$$\begin{aligned} \eta &= Q_{\text{terpakai}} / Q_{\text{tersedia}} \times 100\% \\ &= 18,1715 \text{ KWh} / 54,3750 \text{ KWh} \times 100\% \\ &= 33,42\% \end{aligned}$$

Pada prosesnya, kebanyakan proses pembuatan obat merupakan proses steady state. Dimana komponen yang berbeda-beda dicampur menjadi satu menyesuaikan komposisinya. Data-data yang ada pada perhitungan merupakan data yang diperoleh dari proses pembuatan obat dalam skala 1 batch. Data ini merupakan data yang tertulis pada PPI yang ditulis langsung saat proses berlangsung. Dimulai dari pembuatan larutan binder, neraca massa pada tahapan ini seharusnya menghasilkan output yang sama dengan inputnya mengingat tidak adanya reaksi yang terjadi selama proses tersebut. Akan tetapi dalam proses penimbangannya, ada beberapa komponen massa yang hilang selama proses tersebut, dimana diantaranya adalah ada beberapa massa yang tertinggal selama proses penuangan atau faktor lainnya. Begitu pula dengan proses granulasi. Pada tahapan ini komponen bahan zat aktif dan bahan pengisi di campurkan dengan larutan binder dengan speed tertentu. Yang pada prosesnya, tidak ada reaksi yang terjadi, sehingga komponen in=out. Akan tetapi, bobot yang ditimbang sesuai proses granulasi memiliki bobot yang kurang dari proses inputnya. Hal ini dikarenakan adanya massa yang tertinggal pada mesin yang cukup banyak karena sulitnya pemindahan massa yang masih menempel ke tempat container, sehingga massa yang dihasilkan menjadi berkurang dari yang seharusnya.

Tahapan selanjutnya merupakan proses pengeringan. Pengeringan merupakan proses yang tidak terpisahkan dalam pembuatan farmasi, selain untuk mendapatkan struktur granul yang stabil dan bebas kelembapan juga untuk mengurangi bobot sehingga memperkecil biaya transportasi dan penyimpanan. Pengeringan merupakan proses untuk mengeliminasi keadaan lembab yang dapat merusak kestabilan sediaan dimana transfer panas dan massa terlibat pada proses ini. Panas ditransfer mengenai sediaan untuk mengeliminasi zat cair dimana zat cair diubah menjadi massa uap yang dibawa oleh udara keluar. Transfer massa dan panas merupakan suatu proses yang tak terpisahkan. Kecepatan pengeringan ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi transfer massa dan panas. Tujuan pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air sampai batas perkembangan mikroorganismedian kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lama. Kemampuan udara membawa uap air keluar dipengaruhi oleh kelembapan relatif (RH). Kelembapan relatif didefinisikan sebagai

perbandingan antara tekanan parsial uap air yang ada di dalam udara dengan tekanan jenuh uap air yang ada pada temperatur yang sama. Kelembaban relatif dapat dikatakan sebagai kemampuan udara untuk menerima kandungan uap air, jadi semakin besar RH semakin kecil kemampuan udara tersebut untuk menyerap uap air. Pada kelembaban relatif 100%, jumlah uap air yang mampu dibawa udara keluar sangatlah minim tetapi pada suhu yang tinggi sebaliknya. Hal ini menjelaskan mengapa dalam pengeringan dibutuhkan suhu yang tinggi.

Agar hasil optimal dapat diperoleh, bahan yang dikeringkan harus memiliki permukaan yang luas, hal ini dimaksudkan agar panas dapat mengenai permukaan secara merata sehingga proses pengeringan berjalan sempurna. Pada umumnya pengeringan yang sempurna hampir tak mungkin dicapai karena akan selalu tercapai keadaan seimbang antara zat yang dikeringkan dengan kelembaban dalam udara. Akan tetapi dengan suplai panas yang terkendali dan sirkulasi udara yang terkontrol, tingkat pengeringan yang tinggi dapat dicapai.

Operasi pengeringan dalam pembuatan sediaan farmasi memainkan peran yang penting, misalnya dalam pembuatan ekstrak kering, granul, tablet atau yang lainnya. Ada banyak macam cara pengeringan. Cara pengeringan yang dipilih bergantung pada jenis, jumlah dan sifat fisikokimia bahan. Produk farmasi yang akan dikeringkan pada umumnya berupa ekstrak kental atau padatan. Mesin yang dipakai untuk mengeringkan bahan adalah tipe Fluid Bed Dryer (FBD). Pengering sistem fluidisasi (fluidized bed dryer, FBD) adalah pengering yang menggunakan prinsip fluidisasi. Prinsip kerja mesin pengering sistem fluidisasi adalah penghambusan udara panas oleh kipas peniup (blower) melalui suatu saluran ke atas bak pengering. Udara merupakan salah satu komponen yang penting di dalam proses pengeringan bahan. Pada proses pengeringan secara mekanik, udara membawa kalor ke dalam ruang pengering untuk menguapkan air yang terkandung di dalam bahan obat, kemudian membawa uap air tersebut ke luar dari ruang pengering.

Dari data yang diperoleh, diketahui suhu produk yang seharusnya tercapai adalah sebesar 50o C, dimana suhu yang ada didalam FBD harus dengan settingan sebesar 60o C. Dengan massa yang telah diketahui, besaran panas pada komponen masuk dapat dicari dan didapat besar Q komponen masuk adalah 98,78 KJ/K. Sedangkan untuk hembus angin panasnya sendiri telah diketahui settingannya sebesar 2000 m³/h. Nilai tersebut dapat dikonversikan ke nilai berat dengan mengkalikan nilai inlet air volume dengan berat masa jenisnya. Sehingga, untuk kapasitas panas untuk hembus anginnya dapat diketahui sebesar 24.129,89 KJ. Ada selisih antara nilai Q komponen dengan Q hembus angin panasnya yang cukup besar.

Q udara - Q komponen

$$24.129,89 \text{ KJ} - 98,78 \text{ KJ} = 24.031,11 \text{ KJ}$$

Selisih ini dapat dikatakan adalah heat loss yang terjadi selama pengeringan. Perpindahan panas yang signifikan disebabkan oleh panas dari penguapan antara padatan dan udara pengering, dan ada juga perpindahan panas dengan lingkungan. Keseimbangan laju energi berkurang dengan asumsi bahwa semua efek energi kinetik dan potensial dapat diabaikan. Karena laju aliran massa udara kering dan massa bahan kering dalam volume kontrol tetap konstan dengan waktu. Adapun faktor heat loss bisa terjadi karena mesin FBD ini cenderung mengeluarkan panas yang cukup besar menyesuaikan granul basah yang terkadang masih dalam bongkahan sehingga membutuhkan panas yang banyak. Selain itu, mesin FBD memiliki waktu pengeringan paling cepat yaitu antara 30 - 60 menit dimana batch size produksi yang besar. Adapun efisiensi termal mesin sendiri dari data yang diperoleh mendapat besaran 33,42%. Dalam termodinamika, efisiensi termal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan sebagainya. Panas yang masuk adalah energi yang didapatkan dari sumber energi. Output yang diinginkan dapat berupa panas atau kerja, atau mungkin keduanya. Ketika ditulis dalam persentase, efisiensi termal harus berada di antara 0% dan 100%. Karena inefisiensi seperti gesekan, hilangnya panas, dan faktor lainnya, efisiensi termal mesin tidak pernah mencapai 100%. Seperti contoh, mesin mobil bensin memiliki efisiensi 25%, dan mesin pembangkit listrik tenaga batu bara yang besar memiliki efisiensi maksimum 46%. Mesin diesel terbesar di dunia memiliki efisiensi maksimum 51,7%.

Setelah pengeringan, granul yang sudah kering di ayak untuk mendapatkan granul halus yang nantinya akan mudah dicetak. Pada proses ini, neraca massa yang terjadi sama dengan input=output. Terdapat sisaan bahan dimana massa yang terbuang merupakan granul butiran yang tidak lolos pada proses ayak. Granul halus didapatkan, maka granul siap dicampur

dengan bahan lainnya atau bisa disebut proses final mixing. Setelah pencampuran, maka granul siap cetak dapat dicetak sesuai requirement tablet yang diinginkan. Dimana pada proses ini tidak terjadi reaksi, sehingga hasil input sama dengan Output. Setelah penimbangan, adanya gap massa yang merupakan bobot tablet yang berkurang akibat adanya proses pra cetak dimana sejumlah granul dicetak terlebih dahulu untuk percobaan sebelum proses cetak yang sebenarnya. Tablet yang sudah dicetak dapat dikemas dan lanjut untuk dikemas sehingga dapat dijual di pasaran. Dari data neraca massa yang diketahui, efisiensi massa pada proses pembuatan obat "X" memiliki efisiensi massa di rentang 95,59 – 100 %. Hal ini membuktikan bahwa pada prosesnya sudah sangat maksimal dari segi memaksimalkan output berupa meminimalisir massa waste. Sehingga pada prosedurnya, segala aspek dari mulai personil maupun metode sangat baik dalam penerapan proses tersebut.

4. Kesimpulan

Industri Farmasi membutuhkan alur proses yang melibatkan alat dengan pemenuhan target produksi, dimulai dari proses granulasi, pengeringan, ayak, pencampuran massa, pencetakan, hingga proses kemas. Neraca massa selama proses pembuatan obat "X" terjadi secara adiabatik, dimana tidak adanya reaksi kimia sehingga pada prosesnya massa input sama dengan masa output. Besar Q loss pada proses pengeringan adalah sebesar 24.031,11 KJ. Panas yang hilang merupakan granul yang menguap selama proses pengeringan serta besarnya energi yang dikeluarkan. Hal ini harus menjadi perhatian penting untuk meminimalisasi penggunaan energi, sehingga perusahaan dapat menghemat pengeluaran biaya operasionalnya. Efisiensi mesin pengeringan FBD pada proses pembuatan obat "X" sebesar 33,42 %. Efisiensi Massa dari proses pembuatan obat "X" memiliki rentang efisiensi massa antara 95,59 – 100 %.

Daftar Pustaka

- Anief M., 2000. Ilmu Meracik Obat Teori dan Praktek, UGM Press, Yogyakarta.
- Anief, M., 1991. Apa Yang Perlu Diketahui Tentang Obat. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ansel, H.C., 1989. Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi. diterjemahkan oleh Farida Ibrahim, Asmanizar, Iis Aisyah, Edisi keempat, 255-271, 607-608, 700, Jakarta, UI Press.
- Badan Pengawasan Obat dan Makanan, 2001. Pedoman Cara Pembuatan Obat yang Baik, Jakarta.
- Holman, J.P., 1994. Perpindahan Kalor. Erlangga. Jakarta
- Jas, A., 2007. Perihal Resep & Kern, D. Q. 1965. Process Heat Transfer. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Hermawan, Lutfi. 2020. Laporan Kerja Praktek PT Kalbe Farma. Universitas Muhammadiyah Jakarta. Jakarta
- Howell John R and Buckius Richard O. 1987. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. New York: McGraw-H
- Indriani, Irma. dkk. 2009. Pembuatan *Fluidized Bed Dryer* Pengeringan Benih Pertanian Secara Resmi Semi *Batch*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Perry, R.H and Green, D.W.. 1999. Perry's Chemical Engineer's Handbook. 7th ed.. Mc Graw-Hill Book Company. New York.
- Pediatric Dosage Handbook (Including Neonatal Dosing, Drug Administration, & Extemporer Preparation), Lexi-Comp, 2007.
- Tjay, Tan Hoan dan Rahardja, Kirana, *Obat-Obat Penting*, Edisi keenam. Elex Media Komputindo, Jakarta. Universitas Sumatera Utara Press, 1-1