

ANALISIS PENGARUH SIFAT REOLOGI TERHADAP KEHILANGAN ENERGI PADA SISTEM TRANSFER SUSU

Siti Mechram, Darwin dan Ratna^{*)}

ABSTRACT

This research aimed to know the influence of rheological properties of cream to energy losses that occurred during transporting process. In addition, this research was conducted by using a computer programming designed for calculating and analysing any complicated data. Those rheological properties were derived from analysis in the laboratory, such as viscosity from any kind of cream. Results analysed by a computer programming revealed that flow behaviour Index (n) and consistency coefficient (m) were the rheological properties interacting with each other since these parameters were the viscosity of cream that influences energy losses in the transport system. Once the total of energy losses was obtained from the system, the pump power required for transferring the product also can be known. Based on the simulation conducted by using rheological parameters of cream with consistency coefficient of 4.5 PaS^n , and flow behaviour Index at 0.772 was obtained total energy losses at 282.76 J/kg with the pump power requirement at 0.285 kW . Once consistency coefficient was 7.16 PaS^n , and flow behaviour Index was at around 0.768 , the total of energy losses increased to 426.30 J/Kg with pump power requirement at 426.30 J/Kg

Keywords: rheology, full cream, energy losses

PENDAHULUAN

Reologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari tentang aliran dan deformasi dari suatu bahan (Herth et al., 2000). Pengukuran dan instrumentasi reologi merupakan hal penting yang harus dimiliki pada laboratorium analisis industri pangan untuk mengetahui karakteristik bahan, serta karakteristik dari produk akhir. Sistem transfer bahan pangan cair merupakan hal yang penting dilakukan sebelum bahan dikemas. Hal ini sangat diperlukan untuk menjaga kebersihan produk sehingga dapat tercapai kualitas yang baik. Pada pabrik pengolahan pangan, bahan pangan cair diproses dengan berbagai tahapan, termasuk diantaranya pemanasan, pendinginan, pengentalan atau yang lain sering diperoleh dengan menggunakan pompa.

**)Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala*

E-mail : mechram_tp@yahoo.com

Kualitas suatu produk pangan sangat tergantung pada komposisi kandungannya (Herth et al, 2000). Perubahan komposisi suatu produk dapat terjadi selama proses transfer dari suatu bioreaktor ke tangki penampungnya yang disebabkan material atau peralatan yang digunakan tidak steril. Lebih lanjut, upaya untuk menjaga kebersihan suatu produk susu kental manis, agar tidak terjadi gumpalan dan buih yang dapat mengakibatkan rusaknya susu kental manis pada saat dipasarkan, maka diperlukan sistem transfer susu yang efektif sehingga kualitas susu dapat dipertahankan. Kusumah (1992) menjelaskan bahwa untuk keperluan industri pangan perlu diperhatikan pemilihan pipa yang tidak membahayakan makanan yang dihasilkan. Selama mengalir di dalam pipa akan terjadi hambatan terhadap aliran karena adanya gesekan dengan dinding dalam pipa. Besar gesekan ini sangat dipengaruhi oleh jenis fluida, bahan pipa dan parameter-parameter aliran lain.

Heldman (1980) menyatakan bahwa faktor utama yang harus dimasukkan dalam penerapan data reologi untuk menghitung masalah aliran fluida dalam operasi pengolahan pangan adalah gesekan. Gaya gesekan sangat bervariasi dengan berbagai kondisi seperti angka Reynold dan kekasaran permukaan. Gesekan mempengaruhi sifat aliran produk pangan dengan berbagai cara, termasuk aliran satu lapisan produk diatas lapisan lainnya, aliran produk diatas permukaan dinding, dan aliran produk melalui berbagai perubahan dalam sistem transpor. Dalam penerapan umum, gesekan diartikan sebagai sebuah gaya yang menentang aliran fluida dalam sistem yang diamati.

Menurut Tipler (1991), gaya-gaya gesekan ini juga dinamakan sebagai gaya viskos. Akibat gaya-gaya viskos ini, kecepatan fluida tidak konstan di sepanjang diameter pipa, dengan kecepatan tertinggi di dekat pusat pipa dan terendah terdapat pada tepi pipa, dimana fluida bersinggungan dengan dinding pipa. Lebih lanjut lagi dinyatakan bahwa penurunan tekanan dapat sebanding dengan laju aliran volume. Tipler (1991) juga menyatakan bahwa pada umumnya, viskositas cairan bertambah bila temperatur menurun.

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan terhadap kebutuhan energi untuk memompakan cairan dengan menggunakan pipa, antara lain: (1). Gesekan yang terjadi di sepanjang pipa . (2). Kebutuhan energi untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat yang lebih tinggi. (3). Energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan

kecepatan aliran yang diinginkan. (4). Energi yang dibutuhkan untuk mengatasi perbedaan tekanan diantara input dan output dari pompa. Gesekan yang diciptakan oleh perubahan aliran, sambungan pipa yang berubah secara langsung dan gesekan yang ditimbulkan oleh perubahan aliran, sambungan pipa yang berubah secara langsung dan gesekan yang ditimbulkan oleh penggunaan peralatan-peralatan lain pada sistem (Heldman 1993).

Untuk mengatasi hal ini maka sangat diperlukan untuk menentukan kebutuhan daya pompa dengan mempertimbangkan parameter reologi pada susu kental manis. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari metode kuantitatif yang dapat menjelaskan karakteristik aliran dan ekspresi matematik yang berguna pada penentuan kehilangan energi serta daya yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan pangan cair dalam hal ini susu kental manis dalam suatu sistem.

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian ini terdiri atas persiapan peralatan dan bahan, serta metode penelitian. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Viscometer rheology International*, *Power Supply and Drive*, timbangan digital, *Software Visual Basic 6.0*. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, adalah: beberapa jenis susu kental manis dengan tingkat kekentalan yang berbeda.

Ada beberapa tahapan yang harus diperhatikan dan dilakukan dalam penelitian ini diantaranya adalah (1) Pengukuran viskositas atau kekentalan, viskositas ini berfungsi sebagai koefisien konsistensi dari bahan dan indeks perilaku alirannya yang akan menentukan jenis aliran dalam sistem transfer susu kental manis. (2) Menentukan total kehilangan energi dari sistem transpor serta menentukan kebutuhan daya pompa yang sesuai untuk mengalirkan susu kental manis dari hasil proses pengolahan, dengan tidak merubah sistem yang ada pada suatu pabrik maka dapat dilakukan dengan analisis pendekatan simulasi komputer. Adapun data-data yang diperlukan untuk perencanaan sistem transfer ini adalah ukuran diameter tangki dan diameter pipa, panjang pipa, jumlah penggunaan keran (*Valve*), *Tee*, dan alat penukar panas (*Heat Exchanger*) pada sistem, jumlah belokan pada sistem, data kekentalan susu kental manis yang terdiri dari indeks perilaku aliran dan koefisien konsistensinya.

Heldman (1980) mengungkapkan bahwa sistem transfer bahan pangan cair sangat tergantung sifat reologi bahan tersebut. Sistem transfer ini sangat berbeda dengan fluida air, dimana pada produk pangan cair sedapat mungkin dihindarkan kerusakan seperti terjadinya busa pada saat pengaliran yang dapat menurunkan kualitas produk. Oleh karena itu untuk menghindari kerusakan pada saat pengaliran bahan pangan cair, maka perlu diketahui berapa besar kehilangan energi yang terdapat pada sistem transfer yang didesain sehingga besarnya daya pompa yang dibutuhkan juga dapat diketahui (Heldman, 1980). Ada beberapa parameter yang harus diketahui untuk memperoleh total kehilangan energi pada sistem, diantaranya adalah:

1. Perhitungan kecepatan rata-rata bagi aliran produk

Pada persamaan kecepatan aliran massa mempunyai hubungan langsung antara kecepatan fluida \bar{u} , kecepatan aliran massa fluida w dan rapat massa fluida ρ , juga menunjukkan pengaruh luas penampang melintang pipa dimana aliran berlangsung, kita dapat menghitung kecepatan rata-rata bagi aliran produk dengan menggunakan persamaan sebagai berikut;

$$\bar{U} = \frac{w}{\rho A} \dots\dots\dots (1)$$

Pada persamaan 1, diasumsikan bahwa luas penampang pipa dan tangki penampung (A) yang digunakan pada sistem adalah sama.

2. Perhitungan Bilangan Reynold

Pada sistem transpor bahan pangan cair, rumus perhitungan bilangan Reynold-nya berbeda dengan fluida air. Pada fluida bahan pangan cair perhitungan bilangan Reynold menggunakan rumus bilangan Reynold yang digeneralisir, yang didefinisikan pada persamaan berikut;

$$N_{RE} = \frac{\rho \bar{U}^{2-n} D^n}{2^{n-3} m \left[\frac{3n+1}{n} \right]^n} \dots\dots\dots (2)$$

Pada rumus bilangan Reynold yang digeneralisir juga menggunakan parameter yang sama seperti bilangan Reynold yang biasa, tetapi nilainya beragam karena dipengaruhi koefisien konsistensi (m) dan indeks perilaku aliran bahan (n).

3. Perhitungan hubungan antara faktor gesekan dengan bilangan Reynold.

Untuk jenis aliran laminar dimana $Re < 2100$, maka untuk menghitung faktor gesekannya dapat digunakan persamaan (2).

$$f = \frac{16}{Re} \dots\dots\dots(3)$$

Sedangkan pada aliran turbulen dimana $Re > 2100$, maka perhitungan faktor gesekannya menggunakan persamaan (4).

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \dots\dots\dots(4)$$

4. Perhitungan energi kinetik

Perhitungan energi kinetik (EK) dari produk yang mengalir dapat dihitung dengan persamaan (5);

$$EK = \frac{\bar{U}^2}{r} \dots\dots\dots(5)$$

dimana energi kinetik tersebut dipengaruhi oleh kecepatan rata-rata dan faktor koreksi energi. Dimana faktor koreksi energi (r) bagi aliran laminar yaitu dihitung berdasarkan persamaan (6),

$$r = \frac{(4n+2)(5n+3)}{3(3n+1)^2} \dots\dots\dots(6)$$

sedangkan untuk aliran turbulen $r = 2$.

5. Perhitungan susut energi karena gesekan dalam pipa

Susut energi karena gesekan dalam pipa ini disebut juga dengan *Head Loss Mayor*. Untuk menghitungnya dapat digunakan persamaan berikut;

$$E_{f_1} = f \frac{\bar{U}^2 \cdot L}{R} \dots\dots\dots(7)$$

Faktor gesekan (f) ditentukan berdasarkan jenis aliran fluida yang terjadi pada sistem. Besarnya *Head Loss Mayor* juga ditentukan oleh jari-jari dari pipa (R) serta panjang pipa yang digunakan (L). Pada penentuan susut energi pada gesekan dalam pipa ini diasumsikan bahwa diameter yang digunakan ukurannya sama, tidak ada perubahan

diameter pipa sepanjang aliran bahan pangan cair, begitu juga dengan diameter pipa *Heat Exchanger* harus sama dengan diameter pipa pada sistem.

6. Perhitungan susut energi karena gesekan pada bagian masuk ke pipa dari tangki utama

Perhitungan ini dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut;

$$Ef_2 = Kf \frac{\bar{U}^2}{r} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana, nilai koefisien gesekan (Kf_p) untuk menghitung susut energi karena gesekan pada bagian masuk ke pipa dari tangki utama atau susut energi pada *entrance* dapat dihitung berdasarkan persamaan (9) dan (10).

$$Kf_p = 0,4 \left(1,25 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right) \text{ pada } \frac{D_2^2}{D_1^2} < 0,715 \dots\dots\dots(9)$$

$$Kf_p = 0,5 \left(1 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right) \text{ pada } \frac{D_2^2}{D_1^2} > 0,715 \dots\dots\dots(10)$$

7. Perhitungan susut energi karena gesekan dalam jumlah siku

Perhitungan ini dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut;

a. Susut energi karena gesekan pada *Elbow 90° Standard*

$$Ef_{3a} = Kf_s \frac{\bar{U}^2}{r} b_1 \dots\dots\dots(11)$$

b. Susut energi karena gesekan pada *Elbow 90° Medium Sweep*

$$Ef_{3b} = Kf_{ms} \frac{\bar{U}^2}{r} b_2 \dots\dots\dots(12)$$

c. Susut energi karena gesekan pada *Elbow 90° Long Sweep*

$$Ef_{3c} = Kf_{ls} \frac{\bar{U}^2}{r} b_3 \dots\dots\dots(13)$$

d. Susut energi karena gesekan pada *Elbow 90° Square*

$$Ef_{3d} = Kf_{sq} \frac{\bar{U}^2}{r} b_4 \dots\dots\dots(14)$$

Dimana

Kf_s = Koefisien gesekan *Elbow 90° Standard*

Kf_{ms} = Koefisien gesekan *Elbow 90° Medium sweep*

Kf_{ls} = Koefisien gesekan *Elbow 90° Long sweep*

Kf_{sq} = Koefisien gesekan *Elbow 90° Square*

b = Jumlah siku

Dengan demikian perhitungan total susut energi karena gesekan dalam jumlah siku dapat ditentukan dengan persamaan;

$$Ef_3 = Ef_{3a} + Ef_{3b} + Ef_{3c} + Ef_{3d} \dots\dots\dots(15)$$

8. Perhitungan susut energi karena gesekan dalam alat penukar panas (*Heat Exchanger*) dapat ditentukan dengan persamaannya adalah sebagai berikut;

$$Ef_4 = \frac{HE}{\dots} \dots\dots\dots(16)$$

Pada perhitungan susut energi karena gesekan dalam alat penukar panas ini dapat dikalikan dengan jumlah penggunaan *Heat Exchanger* pada sistem. Dimana HE = Tekanan pada *Heat Exchanger* (kPa)

9. Perhitungan susut energi karena gesekan dengan jumlah katup (*valve*)

Nilai Kf_V dapat dilihat dalam Tabel 1 yang menunjukkan susut energi untuk *Standard Fittings* sesuai dengan jenis katup yang digunakan dalam sistem. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

a. Susut energi karena gesekan pada katup gerbang (*Gate Valve*)

$$Ef_{5a} = Kf_{GV} \frac{\bar{U}^2}{r} q_1 \dots\dots\dots(17)$$

b. Susut energi karena gesekan pada katup bola (*Globe Valve*)

$$Ef_{5b} = Kf_{GIV} \frac{\bar{U}^2}{r} q_2 \dots\dots\dots(18)$$

c. Susut energi karena gesekan pada katup siku (*Angle Valve*)

$$Ef_{5c} = Kf_{AV} \frac{\bar{U}^2}{r} q_3 \dots\dots\dots(19)$$

Dengan demikian total susut energi karena gesekan dalam jumlah katup dapat ditentukan dengan persamaan :

$$Ef_5 = Ef_{5a} + Ef_{5b} + Ef_{5c} \dots\dots\dots(20)$$

Dimana :

q = jumlah katup

Kf_{GV} = Koefisien gesekan pada *Gate Valve* (katup gerbang)

Kf_{GIV} = Koefisien gesekan pada *Globe Valve* (katup bola)

Kf_{AV} = Koefisien gesekan pada *Angle Valve* (katup siku)

Persamaan 7 sampai dengan 19 merupakan persamaan energi kinetik yang terjadi pada sistem transfer yang didesain. Persamaan-persamaan tersebut diperlukan untuk mengetahui besarnya kehilangan energi yang terjadi pada peralatan yang dirangkai pada sistem transfer, seperti kehilangan energi pada pipa, tangki penampung, elbow, jumlah dan jenis katup yang digunakan, *heat exchanger*, dan *tee*. Semua parameter ini sangat diperlukan untuk mengetahui jumlah kehilangan energi yang terjadi pada sistem, sehingga dapat diketahui daya pompa yang sesuai untuk dipasang pada sistem.

Tabel 1. Susut Energi Untuk *Standard Fittings*

Fitting	Friction Constan	Equivalent Length Pipe Diameters
Elbow, 90° Standard	0,74	32
Elbow, 90° Medium Sweep	0,5	2,6
Elbow, 90° Long Sweep	0,25	20
Elbow, 90° Square	1,5	60
Tee, used as elbow, entering run	1,5	60
Gate Valve, open	0,13	7
Globe Valve, open	6,0	300
Angle Valve, open	3,0	170

10. Perhitungan susut energi karena gesekan pada Tee

Nilai Kf pada perhitungan ini dapat dilihat pada tabel koefisien gesekan untuk *Standard Fittings*. Dengan demikian dapat digunakan persamaan sebagai berikut;

$$E_{f_6} = K_f \frac{\bar{U}^2}{r} \dots\dots\dots(21)$$

Pada perhitungan susut energi karena gesekan pada Tee ini dapat dikalikan dengan jumlah Tee yang digunakan pada sistem.

11. Perhitungan total susut energi karena gesekan dalam sistem

Susut energi karena gesekan (*Head Loss*) pada sistem terbagi dua yaitu; *Head Loss Mayor* dan *Head Loss Minor*. *Head Loss Mayor* merupakan susut energi karena gesekan dalam pipa (E_{f_1}). Sedangkan *Head Loss Minor* merupakan susut energi akibat perubahan diameter dari tangki utama masuk ke dalam pipa (E_{f_2}), belokan (E_{f_3}), *Heat Exchanger* (E_{f_4}), Keran (E_{f_5}) dan Tee (E_{f_6}).

Dengan demikian total susut energi karena gesekan dalam sistem dapat ditentukan dengan persamaan;

12. Perhitungan Total Kerja Pada Sistem

Untuk menentukan kerja total dalam sistem transpor bahan pangan cair digunakan persamaan energi mekanis sebagai berikut;

$$gZ_1 + (KE)_1 + \frac{P_1}{\rho} + W = gZ_2 + (KE)_2 + \frac{P_2}{\rho} + Ef \dots\dots\dots(22)$$

Dalam menentukan total kerja pada sistem, kehilangan energi (E_f) yang digunakan merupakan total kehilangan energi yang terjadi pada sistem.

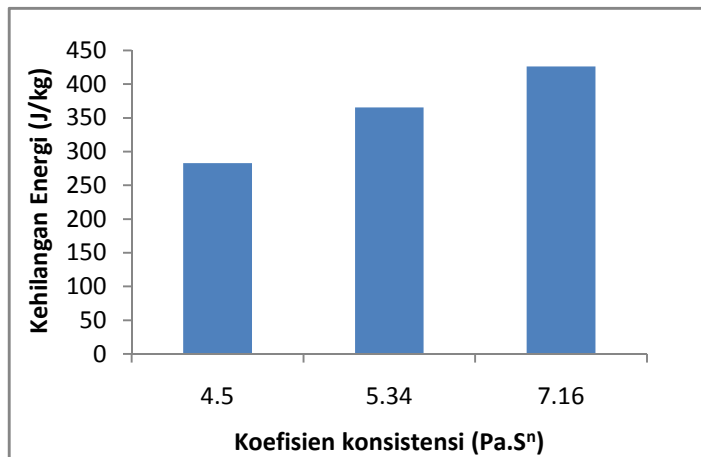
HASIL PEMBAHASAN

Analisis pengaruh sifat reologi susu kental manis dalam perancangan suatu sistem transpor bahan pangan cair merupakan hal yang sangat penting dilakukan. Hal ini diperlukan karena dengan mengetahui sifat reologi bahan maka kehilangan energi yang terjadi selama proses pengangkutan bahan tersebut juga dapat diketahui, sehingga

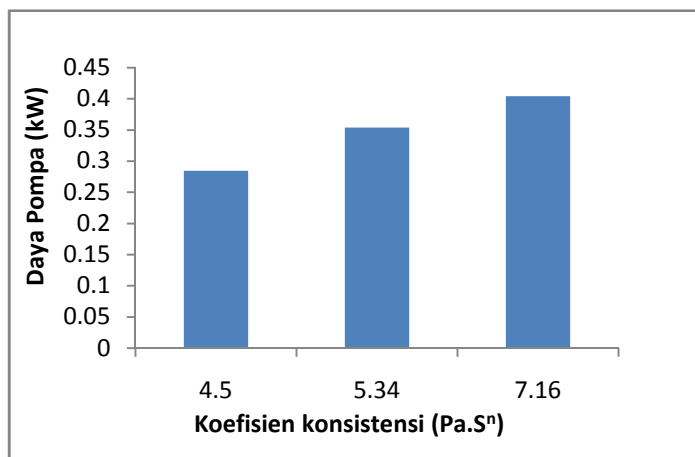
ukuran pompa yang diperlukan pada sistem juga dapat diketahui. Untuk mencegah terjadinya buih atau gumpalan tentunya kita harus mengetahui daya pompa yang dibutuhkan agar suatu produk bahan pangan cair yang dialirkan dapat berjalan efektif.

Untuk melakukan analisis pengaruh sifat reologi susu kental manis terhadap kehilangan energi yang terjadi pada suatu sistem transpor bahan pangan cair tentunya diperlukan suatu data-data reologi susu kental manis itu sendiri yaitu viskositas atau kekentalan susu kental manis tersebut. Parameter viskositas bahan pangan cair dalam hal ini susu kental manis adalah koefisien konsistensi dan indeks perilaku aliran. Analisis simulasi komputer untuk mengetahui kehilangan energi pada sistem transpor bahan pangan cair dengan menggunakan parameter reologi susu kental manis ini diasumsikan bahwa ketinggian, panjang pipa, diameter pipa mempunyai ukuran yang tetap, serta tidak adanya pembesaran dan pengecilan pipa. Pada penelitian ini dilihat perubahan parameter reologi susu kental manis terhadap kehilangan energi pada sistem. Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan program komputer dapat diketahui bahwa dengan semakin meningkatnya nilai koefisien konsistensi (m) dari susu kental manis maka kehilangan energi yang terjadi pada sistem juga akan semakin meningkat sehingga daya pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan produk tersebut juga akan semakin besar. Dimana jenis aliran yang terjadi yaitu aliran laminar, hal ini terjadi karena koefisien konsistensi yang tinggi mencerminkan kekentalan yang tinggi dari produk tersebut. Sehingga dengan semakin meningkatnya kekentalan dari susu maka alirannya juga lambat sehingga banyak terjadi kehilangan energi baik dari gesekan internal pada bahan dan juga gesekan pada peralatan yang digunakan pada sistem juga semakin besar. Heldman (1980) menjelaskan bahwa untuk mengubah kecepatan aliran fluida, maka pompa dapat digunakan untuk meningkatkan energi kinetik fluida tersebut.

Pengaruh sifat reologi dari susu kental manis terhadap kehilangan energi dan daya pompa yang dibutuhkan dalam mentransfer fluida susu kental manis tersebut dari *vessel* (bejana) utama menuju ke *vessel* kedua yang lebih tinggi dapat dilihat pada hubungan antara koefisien konsistensi dengan kehilangan energi pada sistem serta daya pompa yang dibutuhkan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Hubungan antara koefisien konsistensi dan total kehilangan energi pada sistem



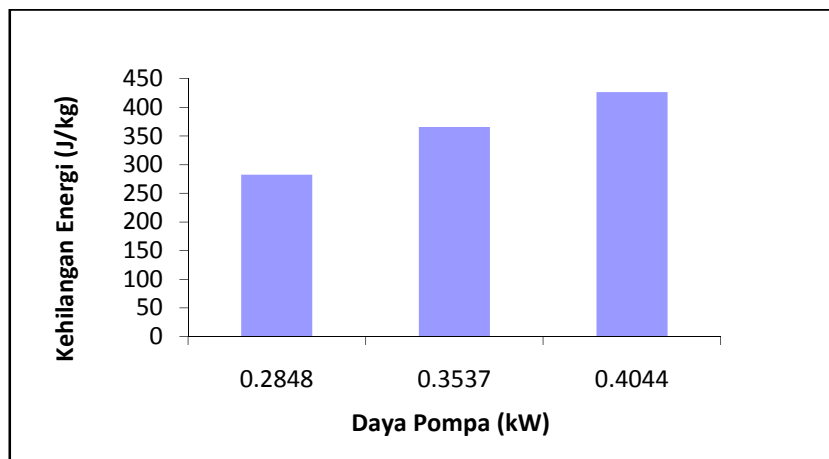
Gambar 2. Hubungan antara koefisien konsistensi dan Daya Pompa yang dibutuhkan oleh sistem

Berdasarkan Gambar 1 dan 2 dapat diketahui hubungan atau pengaruh koefisien konsistensi terhadap kehilangan energi dan daya pompa yang dibutuhkan oleh sistem. Semakin besar nilai koefisien konsistensi bahan maka semakin besar pula kehilangan energi dalam sistem transfer fluida tersebut.

Hal ini dapat dilihat ketika koefisien konsistensi bernilai 4,5 Pa.Sⁿ maka kehilangan energi pada sistem yaitu berkisar 282,76 J/kg, dengan 0,285 kW daya pompa yang dibutuhkan oleh sistem. Sedangkan, pada saat koefisien konsistensi berkisar 7,16

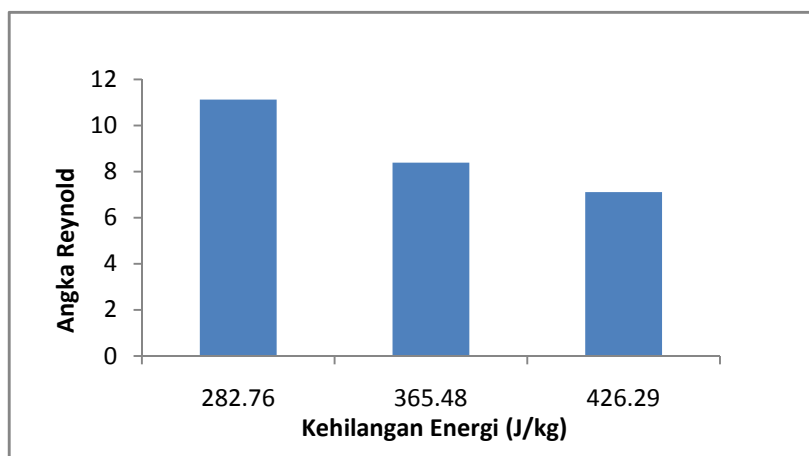
Pa.Sⁿ energi yang hilang pada sistem juga bertambah besar mencapai 426,30 J/kg. Kondisi tersebut menyebabkan kebutuhan daya pompa untuk mentransferkan fluida susu kental manis juga semakin meningkat menjadi 0,404 kW.

Kehilangan energi juga mempunyai korelasi dengan total kerja pada sistem transfer susu kental manis. Hal itu dapat dilihat pada Gambar 3, menunjukkan kehilangan energi pada sistem tidak hanya berpengaruh terhadap daya pompa saja tetapi juga berpengaruh terhadap total kerja sistem, semakin besar kehilangan energi pada sistem maka total kerja pada sistem juga semakin besar. Akibat peningkatan total kerja maka daya pompa yang dibutuhkan juga semakin besar supaya transfer susu kental lebih efektif dan kerusakan produk dapat diminimalisir.



Gambar 3. Hubungan daya pompa yang dibutuhkan oleh sistem terhadap kehilangan energi

Pengaruh parameter reologi susu kental manis terhadap angka reynold dalam sistem juga dapat menggambarkan lebih dalam tentang pengaruh parameter reologi susu kental manis terhadap kehilangan energi dan daya pompa yang dibutuhkan untuk mentransfer fluida tersebut. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara kehilangan energi dan angka Reynold

Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa semakin besar kehilangan energi pada sistem maka angka Reynold semakin berkurang. Hal tersebut disebabkan pada saat kehilangan energi sistem maka kecepatan aliran fluida juga menurun. Penurunan diakibatkan adanya gesekan di sepanjang pipa yang dialiri fluida susu kental berupa gesekan peralatan (kran, tee, sambungan dan belokan) dan gesekan internal fluida (lapisan-lapisan fluida). Semakin kental fluida maka gesekan internal juga semakin tinggi dan kehilangan energi pada sistem juga semakin besar.

Widiharsa (1997) menyatakan bahwa untuk mempertahankan gesekan seminimum mungkin maka sebaiknya dipakai pipa yang berdiameter besar dan belokan-belokan yang berjari-jari panjang. Oleh karena itu pilihlah tinggi tekanan pompa untuk dapat memberikan tinggi tekan sistem yang diinginkan

Berdasarkan Gambar 4 juga dapat dipahami bahwa sifat reologi dari susu kental manis yang berupa koefisien konsistensi sangat mempengaruhi jenis aliran yang terjadi selama proses pengangkutan fluida tersebut karena sifat reologi yang berupa koefisien konsistensi itu merupakan sifat viskositas dari susu. Dari Gambar 4 dapat dilihat juga bahwa pada saat nilai koefisien konsistensi dari susu $4,5 \text{ Pa}\cdot\text{S}^n$ maka nilai angka Reynoldnya mencapai 11,132. Sedangkan disaat koefisien konsistensi dari bahan mencapai $7,16 \text{ Pa}\cdot\text{S}^n$ maka bilangan Reynoldnya menurun drastis menjadi 7,105. Dengan demikian dapat diketahui bahwa aliran yang terjadi pada sistem merupakan aliran laminar, dimana bilangan Reynoldnya berada di bawah 2100. Dengan demikian dapat diketahui bahwa dengan semakin tinggi nilai kekentalan dari susu kental manis

maka aliran yang terjadi akan sangat lambat karena besarnya energi yang hilang pada sistem, sehingga dibutuhkan daya pompa yang besar untuk mengangkut fluida tersebut dari satu bejana ke bejana lainnya.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini bahwa sifat-sifat reologi dari susu kental manis yang berupa koefisien konsistensi sangatlah mempengaruhi kehilangan energi dari sistem transfer fluida susu kental manis tersebut karena parameter ini merupakan sifat kekentalan dari susu. Semakin besar kehilangan energi pada suatu sistem maka daya yang dibutuhkan untuk mentransferkan fluida susu kental manis juga akan semakin besar.

Selanjutnya dapat disarankan bahwa sebaiknya diadakan pengumpulan data parameter yang lain seperti perubahan ketinggian pipa, perubahan diameter pipa, penggunaan *elbow, tee, Heat Exchanger* dari suatu sistem transpor fluida susu kental manis pada pabrik pembuatan susu kental manis sehingga hasil analisis dari program komputer yang berupa simulasi dapat dilakukan validasi yang baik, dan dapat diperoleh suatu software program komputer yang mempunyai ketepatan yang tinggi dalam penentuan kehilangan energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Heldman, D.R., and R.P. Singh. 1980 a. *Food Proses Engineering Second Edition*. AVI Publishing. New York.
- Heldman, D.R., and R.P. Singh. 1993 b. *Introduction to Food Engineering Second Edition*. Academic Press. New York.
- Herth, P.K.W., S.M.Colo, N. Roye, K.Hedman. 2000. Rheology of foods: New techniques, capabilities, and instruments. *ATS RheoSystems*:16-20.
- Kusumah, A.W. 1992. *Peralatan dan Unit Proses Industri Pangan*. IPB. Bogor.
- R. L. Earle. 1969. *Satuan Operasi Dalam Pengolahan Pangan*. Sastra Hudaya. Bogor.
- Tipler, P.A. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Erlangga. Jakarta.
- Widiharsa, F.A. 1997. *Analogi Sistem Instalasi Air dan Sistem Listrik Tenaga Surya*. Sains Jurnal Iptek Lembaga Penelitian, Universitas Merdeka Malang.