

## Desain Ulang Sistem Perpipaan Distribusi Fluida *Massecuite* dari Reheater Menuju *Feed Mixer*

Merga Baresi Laras<sup>1\*</sup>, Emie Santoso<sup>2</sup>, Nopem Ariwiyono<sup>3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2,3</sup>

Email: [mergabaresi@gmail.com](mailto:mergabaresi@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [emie.santoso@gmail.com](mailto:emie.santoso@gmail.com)<sup>2\*</sup>; [nopem.ppns@gmail.com](mailto:nopem.ppns@gmail.com)<sup>3\*</sup>;

---

**Abstract** - *Massecuite* fluid can be one of the factors of clogging in pipes. The sediment leads to a blockage in the piping system from the reheater to the feed mixer. In this Journal it begins by determining the flow pattern to determine the effect on the flowing fluid. Then it is conducted a modeling using ANSYS software to find the location of sedimentation. After doing the modeling then it is done a calculation of headloss value and pressure drop. So then the redesigning of the piping system from reheater to feed mixer to prevent the occurrence of precipitation can be done. The result obtained from the calculation of the redesigning of the piping system compared with the result of the early design with a headloss of 0,083 meter, pressure drop, 13421,55 Pa, and the result of the redesigning of the piping system can be said as optimal from the value of the headloss which is 0,078 meter, pressure drop 13356,32 Pa.

**Keywords:** *massecuite, sedimentation, flow pattern, headloss, pressure drop.*

---

### Nomenclature

S	= Specific Gravity
Cw	= Concentration of Weight
$\rho_m$	= Densitas Campuran
$\rho_s$	= Densitas Partikel
$\rho$	= Densitas Air
$\mu_m$	= Viskositas Campuran
Re	= Bilangan Reynolds
F	= Friction Factor
U*	= Shear Velocity
CT/CA	= Concentration Ratio
HL	= Headloss
L	= Panjang Pipa
v	= Kecepatan Aliran
g	= Percepatan Gravitasi
Vs	= Kecepatan Endapan
Ds	= Diameter Partikel
K	= Koefisien Pengencilan Pipa

### 1. PENDAHULUAN

Gula Kristal adalah gula yang dihasilkan dari tebu yang telah melalui beberapa proses. PT. Industri Gula Glenmore adalah salah satu pabrik penghasil gula kristal putih di Indonesia. Adapun proses pengolahan tebu menjadi gula melalui tahapan, salah satunya yaitu proses masakan (stasiun masakan). *Continuous vertical crystalizer* (CVC) adalah equipment yang berfungsi untuk menurunkan temperatur dari suhu 67 °C ke suhu 40 °C. Pendingin berasal dari *cooling tower* yang bekerja setiap ada fluida *massecuite* yang masuk ke *continuous vertical crystalizer*, kemudian *over flow* menuju *reheater* untuk dipanaskan hingga temperatur mencapai 55 °C dengan tujuan agar proses menuju *feed mixer* lancar.

Fluida *massecuite* adalah campuran dari kristal gula dan air. Distribusi fluida *massecuite* dari *reheater* menuju *feed mixer* menggunakan sistem perpipaan. Pada proses ini sistem perpipaan memiliki peran yang sangat penting sebagai sarana transportasi nira dengan tekanan operasional 6,4 Bar, temperatur 55 °C, dan viskositas nira 7,707 centipoise.

Terjadi penyumbatan pada jalur pipa yang mengalirkan fluida *massecuite* dari *reheater* menuju *feed mixer*. Pembongkaran dilakukan setiap terjadi penyumbatan pipa. Pengendapan merupakan penyebab terjadinya penyumbatan pada sistem perpipaan. Penyumbatan pipa yang dibiarkan terus menerus dapat menyebabkan kerugian yang berdampak ke perusahaan, antara lain: memperlambat proses produksi, dan biaya yang digunakan untuk pembongkaran dan pemasangan sistem perpipaan.

Pembahasan pada Jurnal ini diawali dengan menentukan *flow pattern* untuk mengetahui pengaruhnya pada fluida yang mengalir. Kemudian dilakukan pemodelan menggunakan *software ANSYS* untuk mengetahui lokasi pengendapan. Setelah dilakukan pemodelan maka dilakukan perhitungan nilai *headloss* dan *pressure drop*. Sehingga dapat dilakukan desain ulang sistem perpipaan dari *reheater* menuju *feed mixer* untuk mencegah terjadinya pengendapan.

### 2. METODOLOGI

#### 2.1 Perhitungan Menentukan *Flow Pattern*

Tahap-tahap perhitungan di bawah ini merupakan tahap untuk menentukan *flow pattern* yang terjadi [1]:

##### A) *Specific Gravity*

$$S = \frac{\rho_s}{\rho_w} \quad (1)$$

**B) Concentration of Weight (C<sub>w</sub>)**

$$C_w = \frac{S}{S + \left(\frac{1}{C_v}\right) - 1} \quad (2)$$

**C) Densitas Campuran (ρ<sub>m</sub>)**

$$\rho_m = \frac{\rho_s}{S + C_w - SC_w} \quad (3)$$

**D) Viskositas Campuran (μ<sub>m</sub>)**

$$\mu_m = \mu_w [1 + 2,5C_v + 10,05C_v^2 + 0,00273e^{16,6C_v}] \quad (4)$$

**E) Bilangan Reynolds (Re)**

$$Re = \frac{\rho_m \times v \times D}{\mu_m} \quad (5)$$

**F) Friction Factor (f)**

Karena aliran yang terjadi adalah laminar, maka f dihitung menggunakan rumus berikut :

$$f = \frac{64}{Re} \quad (6)$$

**G) Shear Velocity (U\*)**

$$U_* = v \sqrt{\frac{f}{8}} \quad (7)$$

**H) Concentration Ratio ( $\frac{C_T}{C_A}$ )**

$$\log \frac{C_T}{C_A} = -1,8 \frac{V_s}{\kappa U_*} \quad (8)$$

Jenis aliran berdasarkan *concentration ratio* :

**Pseudohomogeneous**  $= \frac{C_T}{C_A} > 0.8$

**Heterogeneous**  $= \frac{C_T}{C_A} < 0.1$

**Intermediate**  $= 0.8 > \frac{C_T}{C_A} > 0.1$

**2.2 Menghitung Kecepatan Endapan**

Jika sebuah partikel turun di dalam fluida karena gaya gravitasi, maka kecepatan pengendapan akan tercapai apabila jumlah dari gaya friksi (*drag force*) dan gaya apung (*buoyancy*) sebanding dengan gaya gravitasi benda [3]. Pada sebuah partikel yang mulai tenggelam, kecepatan turunnya partikel dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$V_s = \frac{g \cdot D_s^2 \cdot (\rho_s - \rho)}{18 \times \mu_m} \quad (9)$$

Dimana,

V<sub>s</sub> = Kecepatan pengendapan

g = Percepatan gravitasi

D<sub>s</sub> = Diameter partikel

ρ<sub>s</sub> = Densitas partikel

ρ = Densitas air

μ<sub>m</sub> = Viskositas

**2.3 Kerugian Tinggi Tekanan (Headloss)**

*Headloss* (h<sub>L</sub>) merupakan suatu kerugian yang dialami aliran fluida selama bersirkulasi di mana kerugian itu tergantung pada geometri penampang saluran dan parameter-parameter fluida serta aliran itu sendiri.

**1. Headloss mayor**

*Headloss mayor* dapat terjadi karena adanya gesekan antara aliran fluida yang mengalir dengan suatu dinding pipa. Pada umumnya kerugian ini dipengaruhi oleh panjang pipa. Untuk dapat menghitung *headloss mayor*, perlu diketahui lebih awal jenis aliran fluida yang mengalir. Jenis aliran tersebut dapat diketahui melalui *Reynold Number*. *Headloss mayor* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [4]:

a. Persamaan Darcy-Weisbach yaitu:

$$h_{L\text{mayor}} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (10)$$

Dimana,

h<sub>L</sub> = Kerugian gesekan dalam pipa (m)

f = Koefisien gesek (diperoleh dari diagram Moody).

L = Jarak pipa (m)

D = Diameter dalam pipa (m)

V = Kecepatan aliran fluida (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Diagram Moody telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida di dalam pipa dengan menggunakan factor gesekan pipa (f) dari rumus Darcy-Weisbach. Untuk aliran laminar dimana bilangan Reynold kurang dari 2300, faktor gesekan dihubungkan dengan bilangan Reynold [4], dinyatakan dengan rumus:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (11)$$

Dimana :

f = Koefisien gesek.

Re = bilangan *Reynolds number*

**2. Headloss Minor**

*Headloss minor* dapat terjadi karena adanya sambungan pipa (*fittings*) seperti katub (*valve*), belokan (*elbow*), percabangan (*tee*) dan sebagainya. *Headloss minor* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{L\text{minor}} = K \frac{V^2}{2g} \quad (12)$$

Dimana,

h<sub>L</sub> = Kerugian pada perubahan geometri (m)

K = Koefisien pengecilan pipa.

V = Kecepatan aliran fluida (m/s)

g = Percepatan *gravity* (m/s<sup>2</sup>)

**2.4 Menghitung Pressure Drop**

Perhitungan penurunan tekanan (*pressure drop*) bertujuan untuk mengetahui hasil dari gaya gesek pada fluida ketika mengalir melalui pipa yang

disebabkan oleh resistansi terhadap aliran. Persamaan tekanan dihasilkan dari penerapan prinsip kekekalan energi pada aliran fluida. Energi yang dimiliki oleh suatu fluida yang mengalir terdiri dari energi dalam dan energi – energi akibat tekanan, kecepatan, dan ketinggian. Penurunan tekanan sepanjang pipa dapat dihitung menggunakan rumus Bernaulli sebagai berikut [4] :

$$\left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1\right) + H_A - H_L = \left(\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2\right) \quad (13)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Potensi Terjadinya Endapan

Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Flow Pattern

HASIL PERHITUNGAN PENENTUAN FLOW PATTERN			
Keterangan	Simbol	Nilai	Satuan
Specific Gravity	S	1,649	DIMENSIONLESS
Densitas Campuran	$\rho_m$	1400	kg/m <sup>3</sup>
Viskositas Campuran	$\mu_m$	0,07707	kg/ms
Bilangan Reynolds	Re	873,366	DIMENSIONLESS
Friction Factor	f	0,073	DIMENSIONLESS
Shear Velocity	$U_s$	0,03	m/s
Concentration Ratio	$\frac{C_r}{C_a}$	0,048	DIMENSIONLESS
<b>KESIMPULAN</b>	Nilai $\frac{C_r}{C_a}$ untuk aliran ini memenuhi syarat $\frac{C_r}{C_a} < 0,1$ sehingga dapat disimpulkan aliran ini membentuk heterogeneous flow.		

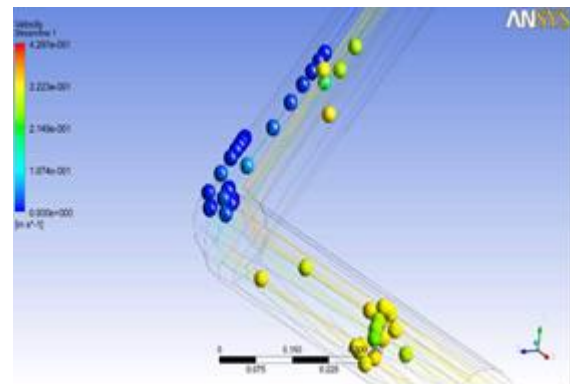
Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Deposit Velocity

HASIL PERHITUNGAN PENENTUAN DEPOSIT VELOCITY ( $V_d$ )			
Keterangan	Simbol	Nilai	Satuan
Kecepatan Endapan	$V_s$	0,00359	m/s
Froude Number	$F_d$	1,6	DIMENSIONLESS
Deposit Velocity	$V_d$	2,241	m/s
Kecepatan Operasi Actual	$V_{actual}$	0,3132	m/s
<b>KESIMPULAN</b>	$V_d > V_{actual}$ sehingga endapan akan terjadi dan aliran akan cenderung menjadi moving bed flow.		

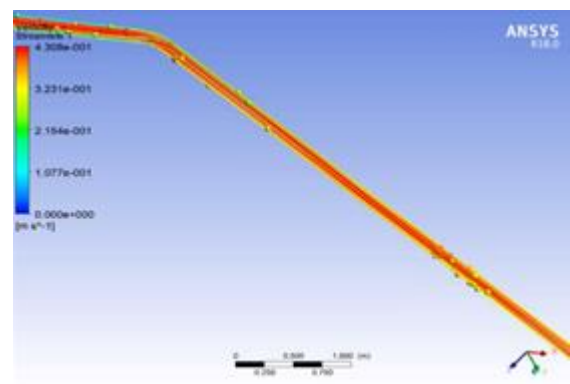
Tabel 3.1 dan tabel 3.2 menunjukkan kondisi operasi sistem dan karakteristik fluida. Kondisi tersebut memungkinkan terjadinya pengendapan partikel gula pada dinding pipa. Pengendapan yang terus dibiarkan selama masa operasi pabrik akan mengakibatkan kerak semakin mengeras dan menebalkan dinding dalam pipa.

Hasil Perhitungan yang ditunjukkan oleh tabel 3.1, menunjukkan bahwa fluida yang mengalir memiliki kecenderungan untuk lebih cepat mengendap. Hal ini dikarenakan fluida tersebut tergolong *heterogeneous flow*. Aliran *heterogeneous* yang dioperasikan dengan kecepatan 0,3132 m/s lebih cenderung berubah menjadi aliran *moving-bed flow*. *Moving-bed flow* adalah aliran yang memiliki kecenderungan pengendapan partikel tinggi. Sesuai dengan namanya,

*moving-bed flow* memiliki partikel-partikel padat yang bergerak lambat di dasar pipa. Pegerakan yang lambat itu akan berhenti manakala kecepatan aliran yang beroperasi sangat lambat. Terlebih lagi adanya pengaruh gaya gravitasi yang menyebabkan partikel semakin cepat mengendap di dasar pipa [2].



Gambar 3.1 Hasil Simulasi Aliran Desain Awal.



Gambar 3.2 Hasil Simulasi Aliran Desain Ulang.

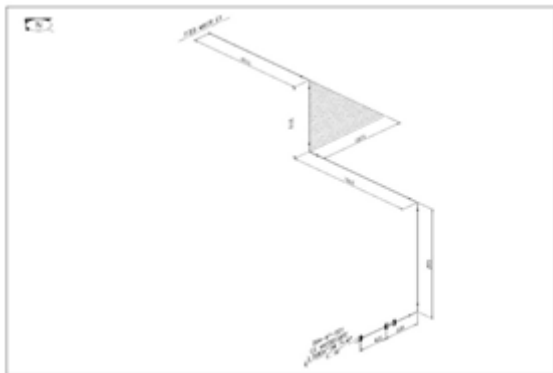
Pada gambar 3.1 dapat dilihat bahwa arah kecepatan aliran yang lambat (0,3132 m/s) akan semakin lambat pada bagian belokan, sehingga pada dinding area belokan partikel cenderung berhenti bergerak dan membentuk penebalan pada dinding pipa.

Penebalan dinding dalam pipa oleh kerak nira akan mengakibatkan sistem menjadi tidak stabil. Semakin tebal kerak yang mengendap, diameter pipa akan semakin kecil, semakin lama fluida dengan kekentalan yang tinggi akan sulit bergerak dan akhirnya pipa akan tersumbat. Selain itu, penebalan dinding pipa juga dapat meningkatkan tekanan kerja pada sistem yang berakibat *over pressure system* [5].

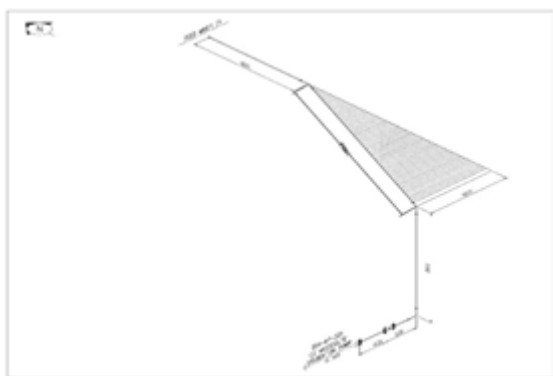
Sedangkan pada pemodelan ANSYS desain ulang gambar 3.2 dapat dilihat bahwa dengan mengurangi belokan dapat mengurangi gaya gesek

sehingga kecepatan cenderung stabil dan kemungkinan kecil untuk terjadinya endapan.

### 3.2 Analisa Desain Ulang



Gambar 3.3 Desain Awal Sistem Perpipaan



Gambar 3.4 Desain Ulang Sistem Perpipaan

Pada gambar 3.3 dapat dilihat desain awal sistem perpipaan dari *reheater* menuju *feed mixer*. Salah satu alternatif penyelesaian untuk permasalahan pada kasus ini adalah dengan merubah desain awal yang cenderung banyak belokan yang mana dapat menambah nilai *headloss* dan *pressure drop*, serta menjadi tempat menempelnya endapan pada dinding pipa yang merupakan salah satu faktor terjadinya penyumbatan. Pada gambar 3.4 dapat dilihat hasil desain ulang yang tentunya mengurangi nilai *headloss* dan *pressure drop*. Dari hasil perhitungan manual *headloss* total di sepanjang pipa yang terjadi pada desain awal sistem perpipaan dari *reheater* menuju *feed mixer* yaitu sebesar 0,083041 m, sedangkan nilai *headloss* total disepanjang pipa desain ulang diperoleh sebesar 0,078291 m. Untuk nilai *pressure drop* yang terjadi pada desain awal sistem perpipaan dari *reheater* menuju *feed mixer* adalah sebesar 13421,55 Pa, sedangkan nilai *pressure drop* pada desain ulang diperoleh sebesar 13356,32 Pa.

### 4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perhitungan dan pembahasan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Flow Pattern* yang terjadi didalam jalur pipa dari *reheater* menuju *feed mixer* adalah *heterogeneous flow* dengan nilai  $CT/CA = 0,048$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa fluida yang mengalir memiliki kecenderungan untuk lebih cepat mengendap. Hal ini dikarenakan fluida tersebut tergolong *heterogeneous flow*. Aliran *heterogeneous* yang dioperasikan dengan kecepatan 0,3132 m/s lebih cenderung berubah menjadi aliran *moving-bed*.
2. Setelah dilakukan pemodelan ANSYS desain awal dapat dilihat pada gambar 3.1 bahwa arah kecepatan aliran yang lambat (0,3132 m/s) akan semakin lambat pada bagian belokan, sehingga pada dinding area belokan partikel cenderung berhenti bergerak dan membentuk penebalan pada dinding pipa sehingga dapat menyebabkan endapan. Sedangkan pada pemodelan ANSYS desain ulang gambar 3.2 bahwa dengan mengurangi belokan dapat mengurangi gaya gesek sehingga kecepatan cenderung stabil dan kemungkinan kecil untuk terjadinya endapan.
3. Dari hasil perhitungan manual *headloss* total di sepanjang pipa yang terjadi pada desain awal sistem perpipaan dari *reheater* menuju *feed mixer* yaitu sebesar 0,083041 m, sedangkan nilai *headloss* total disepanjang pipa desain ulang diperoleh sebesar 0,078291 m. Untuk nilai *pressure drop* yang terjadi pada desain awal sistem perpipaan dari *reheater* menuju *feed mixer* adalah sebesar 13421,55 Pa, sedangkan nilai *pressure drop* pada desain ulang diperoleh sebesar 13356,32 Pa. Sehingga desain ulang pada tugas akhir ini bisa dikatakan lebih baik daripada desain awal karena nilai *headloss* dan *pressure drop* desain ulang lebih kecil daripada desain awal.
4. Hasil desain ulang pada tugas akhir ini bisa dikatakan lebih baik daripada desain awal karena nilai *headloss* dan *pressure drop* desain ulang lebih kecil daripada desain awal dan hasil simulasi menggunakan *software* ANSYS memperlihatkan bahwa pada desain ulang tidak terjadi endapan.

### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Ibu Emie Santoso, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
3. Bapak Nopem Ariwiyono, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.

4. Teman-teman seperjuangan teknik perpipaan angkatan tahun 2014 yang telah memberikan motivasi, warna kehidupan, dan kebersamaan.
5. Keluarga serta sahabat-sahabat terdekat penulis.
6. Setiap orang yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Henry Liu. 2005. *Pipeline Engineering*. Washington, D.C: Lewis Publisher.
- [2] Malalasekera, Versteeg H.K. 1995. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics*. England: Longman Group.
- [3] Setiyadi, Suratno Lourentius, Ezra Ariella W, Gede Prema M.S. 2010. *Menentukan Persamaan Kecepatan Pengendapan pada Sedimentasi*. Surabaya: Widya Teknik.
- [4] Sularso, Haruo Tahara. 2000. *Handbook Pompa dan Kompresor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [5] Wang H. 2011. *Analyzing Grid Independency and Numerical Viscosity of Computational Fluid Dynamics for Indoor Environment Applications*. Colorado: University of Colorado.

**(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)**