

# ANALYSIS OF AIR PRESSURE DROP IN CEMENT TRANSFER PIPELINES USING PNEUMATIC CONVEYING

Angga Christiawan\*, Ramon Trisno

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila

\*Corresponding author: [Anggachristiawan@yahoo.co.id](mailto:Anggachristiawan@yahoo.co.id)

**Abstract.** Pneumatic Conveying system is a system that has a function as a solid means transportation, to move the materials from one place to another. The main media used in the transportation is pressurized air. There is an air pressure drop on the flow in the pipe. These loss are caused by friction between the air flow and the pipe wall and also caused by the other components such as turns and changes in cross-sectional dimensions. In this analysis, the writer will calculate how much the pressure drop occurs in the flow of the pipe. The pressure drop to be analysis is a pressure drop who caused by mayor and minor losses. In the air pressure drop calculating, supporting data is needed. Such as flow rate and the components who used in the piping system. These data were obtained based on the result of measurement in the field. Actual condition and information obtained. Based on the data that has been obtained and after processing data theoretically the result were, that the major losses or the losses who caused by friction between the fluid flow and pipe walls was reaching 0,007 Bar. For minor losses or losses who caused by the components of pipe there were along the fluid pipeline was reaching 0,0028 Bar.

**Abstrak.** Sistem pneumatic conveying merupakan suatu sistem yang memiliki fungsi sebagai alat transportasi padatan, untuk memindahkan material berbahan curah didalam suatu aliran dalam pipa dari satu tempat ke tempat lainnya. Media utama yang digunakan dalam sistem transportasi tersebut adalah udara bertekanan. Pada sistem transportasi ini terdapat kerugian tekanan udara pada aliran dalam pipa tersebut. Kerugian ini disebabkan oleh gesekan antara aliran fluida dengan dinding pipa dan juga karena komponen-komponen lain seperti belokan dan perubahan dimensi penampang. Dalam penelitian ini penulis akan menghitung seberapa besar penurunan tekanan yang terjadi pada aliran dalam pipa. Penurunan tekanan yang akan di analisis adalah penurunan tekanan yang disebabkan karena kerugian mayor dan kerugian minor. Dalam menghitung penurunan tekanan tersebut dibutuhkan data-data penunjang, seperti debit aliran, dan juga komponen-komponen yang digunakan pada pipa yang dilalui oleh fluida. Data-data tersebut didapatkan berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, kondisi aktual maupun informasi yang didapat. Berdasarkan data-data yang telah didapatkan dan setelah dilakukan pengolahan data secara teoritis maka didapatkan hasil, yaitu kerugian tekanan mayor atau kerugian tekanan yang disebabkan karena gesekan antara aliran fluida dengan dinding pipa mencapai 0,007 Bar, sedangkan untuk kerugian tekanan minor atau kerugian yang disebabkan oleh komponen-komponen yang terdapat pada sepanjang jalur pipa yang dialiri fluida mencapai 0,0028 Bar.

**Kata kunci:** Penurunan Tekanan, Major Losses and Minor Losses.

---

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

PT. X. adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang industri semen. Saat ini perusahaan mendistribusikan produk ke seluruh wilayah cakupannya. Dalam prosesnya, pada pabrik semen tentunya terdapat media alat angkut/transportasi semen. Media alat angkut/transportasi semen memiliki peran yang vital dalam kegiatan yang ada pada pabrik semen, untuk proses memindahkan semen dari satu tempat lainnya. Kegiatan distribusi akan sangat bergantung kepada cepat atau lambatnya proses transfer semen. Kegiatan transfer semen tersebut dibantu dengan suatu sistem transportasi yang dinamakan sistem *pneumatic conveying*. *Compressed air system* atau sistem udara bertekanan digunakan untuk memenuhi kebutuhan udara dari sistem *pneumatic conveying* tersebut. Sistem udara bertekanan memiliki banyak manfaat, maka dari itu banyak industri yang memanfaatkan sistem ini. Pada pengoperasian sistem *pneumatic conveying* terdapat *losses* atau kerugian yang terjadi. Kerugian yang dimaksud merupakan terjadinya penurunan tekanan. Penurunan tekanan tersebut akan berpengaruh terhadap kemampuan transfer semen yang nantinya akan beroperasi menggunakan sistem tersebut. Kerugian tekanan tersebut dapat disebabkan oleh dua faktor. Pertama, kerugian yang disebabkan karena faktor gesekan pada fluida yang mengalir dengan permukaan dari penampang jalur penyampaian atau pipa. Kedua, penurunan tekanan juga dapat disebabkan oleh komponen-komponen seperti belokan, teukan maupun *valve* yang terdapat pada jalur sistem tersebut.

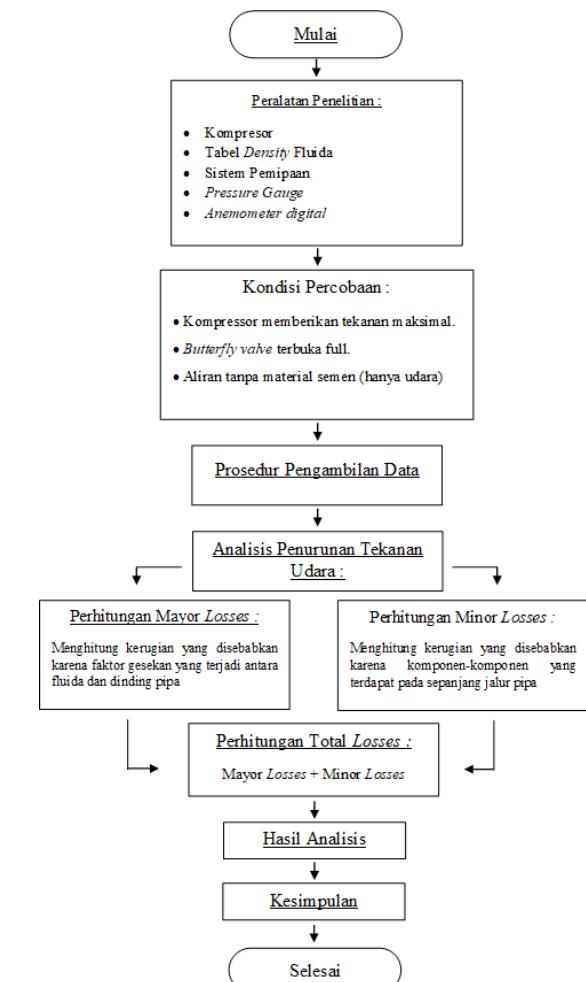
Atas dasar itu, akan dilakukan analisis terhadap penurunan tekanan udara yang ada dari jalur pipa pada *outlet blow tank* sampai dengan ke silo yang terdapat pada sistem transportasi *pneumatic conveying*. Menganalisis penurunan tekanan yang ada pada jalur pipa dari *output blow tank* sampai dengan Jalur pipa silo. Penelitian yang dilakukan berupa menganalisa proses yang ada pada saat ini terlebih dahulu, dari menganalisa kecepatan dan debit aliran udara, kemudian menganalisa komponen-komponen yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan tekanan secara minor hingga penurunan tekanan mayor, kemudian menghitung seberapa besar penurunan tekanan udara yang terjadi pada jalur pipa yang dilalui fluida menuju silo.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kerugian tekanan yang terjadi pada aliran dalam pipa, serta menganalisis perhitungan

kerugian tekanan udara yang terjadi pada jalur pipa.

## Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis mengkaji tentang penurunan tekanan udara yang terjadi di sepanjang jalur pipa dari outlet blow tank menuju ke silo. Kajiannya berhubungan mengenai hal-hal yang menjadi faktor penyebab menurunnya tekanan udara yang ada pada sepanjang jalur penyampaian (pipa). Menghitung kerugian-kerugian yang ada dari mulai kerugian mayor dan juga kerugian minor yang ada pada sepanjang jalur pipa tersebut. Setelah perhitungan mengenai analisis tersebut telah di dapatkan, penulis akan mencoba memberikan saran perbaikan terhadap sistem yang digunakan saat ini. Diagram alir yang menggambarkan proses dapat dilihat pada gambar berikut :

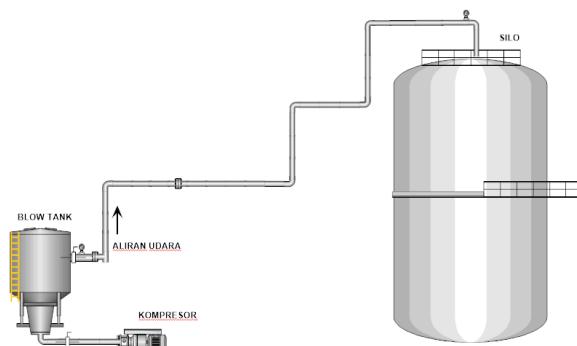


**Gambar 1.** Diagram Alir Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis mengkaji tentang penurunan tekanan udara yang terjadi di sepanjang jalur pipa dari outlet blow tank menuju ke silo.

Kajiannya berhubungan mengenai hal-hal yang menjadi faktor penyebab menurunnya tekanan udara yang ada pada sepanjang jalur penyampaian (pipa). Menghitung kerugian-kerugian yang ada dari mulai kerugian mayor dan juga kerugian minor yang ada pada sepanjang jalur pipa tersebut. Setelah perhitungan mengenai analisis tersebut telah di dapatkan, penulis akan mencoba memberikan saran perbaikan terhadap sistem yang digunakan saat ini.

Adapun skema peralatan dari sistem pneumatik yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



**Gambar 2.** Skema alat secara keseluruhan

Dari hasil pengamatan dan pengukuran di lapangan, didapatkan data diantaranya :

- Bahan pipa = Cast iron
- Diameter pipa = 14 Inch (355,6 mm)
- Panjang pipa = 134 m
- Elbow 90° = 6 Buah
- Butterfly valve = 1 Buah
- Tee = 1 Buah
- Tekanan dalam pipa = 1,4 bar
- Temperature aliran = 50 °C
- Kecepatan aliran = 11,14 m/s
- Massa jenis udara = 1,109 kg/m<sup>3</sup>

Kondisi percobaan dilakukan dengan cara menginjeksikan udara dari kompresor menuju ke jalur *blow tank*, dengan kondisi *blow tank* kosong tanpa terisi oleh material semen. Kemudian aliran udara akan keluar dari *blow tank* ke arah pipa *outlet blow tank*. Pada jalur pipa *outlet blow tank* terdapat *butterfly valve* dan juga *pressure gauge*.

*Butterfly valve* yang digunakan oleh PT. X hanya dapat terbuka penuh, dikarenakan menggunakan

keukatan angin untuk pengopersiannya sehingga *butterfly valve* tidak dapat dibuka sesuai dengan variasi yang diinginkan.

Pada *pressure gauge* yang terdapat pada pipa di jalur *outlet blow tank* akan menunjukkan nilai tekanan awal yang masuk ke dalam pipa tersebut, dan diasumsikan sebagai P1 (tekanan pada jalur *input* pipa). Sedangkan untuk tekanan yang ada pada ujung output dari jalur pipa menuju silo akan di asumsikan sebagai tekanan pada jalur *output* atau jalur keluar dan dapat disebut dengan P2

## Hasil dan Pembahasan

Dari data yang telah didapatkan, diketahui data kecepatan (v) adalah sebesar 11,14 m/s, dengan diameter (D) pipa yang digunakan sebesar 14 inch atau 0,355 m dengan luas penampang sebesar 0,099264 m<sup>2</sup>, maka dengan data yang sudah diketahui, didapatkan nilai debit sebesar 66,3

Untuk mengetahui besar penurunan tekanan akibat panjang dan gesekan pipa (rugi-rugi mayor) terlebih dahulu harus dicari nilai massa jenis udara, bilangan Reynold dan nilai faktor gesekan (*friction factor*). Diketahui Massa jenis udara pada temperature 50°C adalah sebesar 1,109 kg/m<sup>3</sup> dan bilangan Reynold sebesar 224.910,88, dengan begitu disimpulkan bahwa jenis aliran dari aliran yang di analisis merupakan aliran turbulen.

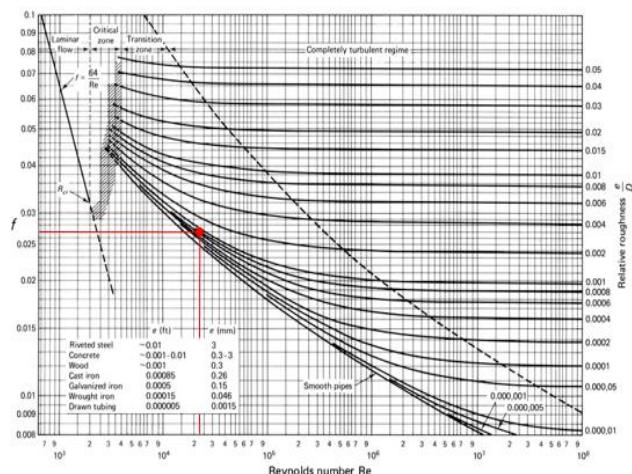
**Tabel 1** Tabel kekasaran pipa [2]

Bahan	Kekasaran	
	Ft	m
Riveted Steel	0,003 - 0,3	0,0009 - 0,009
Concrete	0,001 - 0,01	0,0003 - 0,003
Wood Stave	0,0006 - 0,003	0,0002 - 0,009
Cast Iron	0,00085	0,00026
Galvanized Iron	0,0005	0,00015
Asphalted Cast Iron	0,0004	0,0001
Commercial Steel or Wrought Iron	0,00015	0,000048
Draw Brass or Copper Tubing	0,000005	0,0000015
Glass & Plastic	"smooth"	"smooth"

Dengan material pipa cast iron, maka nilai roughness (e) yang didapat dari tabel adalah 0,26 mm. Maka Relative Roughness dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{e}{D} = 7 \cdot 10^{-4}$$

Dari perhitungan diatas maka didapat data berupa  $f$  (*friction factor*) sebesar 0,027 kemudian total panjang pipa sepanjang 134 m, diameter pipa sebesar 14 inch (0,355 m),  $v$  (kecepatan aliran udara) sebesar 11,14 m/s dan  $\rho$  (massa jenis udara) sebesar 1,109 kg/m<sup>3</sup>



**Gambar 3.** Diagram Moody

Maka kerugian mayor yang didapatkan dengan menggunakan persamaan dibawah :

$$\Delta P \text{ Mayor} = f \cdot \rho \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta P \text{ Mayor} = 0,007 \text{ Bar}$$

Untuk mendapatkan nilai kerugian minor, Sebelumnya dianalisa untuk menghitung nilai dari koefisien dari komponen-komponen yang digunakan pada sepanjang jalur pipa.

**Tabel 1** Total komponen yang ada pada jalur pipa

Jenis Sambungan	Koefisien (K)	Jumlah	$\Sigma K$
Elbow (Regular 90° flanged)	0,75	5	3,75
Tees (Line flow, flanged)	0,2	1	0,2
Coupling	0,04	2	0,08
Valve (Butterfly, full open)	0,05	1	0,05
<b>Total</b>			<b>4,08</b>

Perhitungan kerugian minor pada posisi *butterfly valve* terbuka penuh (*full open*). Dapat dicari dengan menggunakan persamaan dibawah :

$$\Delta P \text{ Minor} = k \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta P \text{ Minor} = 0,0028 \text{ Bar}$$

Setelah mayor *losses* dan minor *losses* diketahui, maka total *losses* / total kerugian dapat diketahui dengan menjumlahkan hasil dari mayor *losses* dan minor *losses* dengan persamaan berikut :

$$\Delta P = \Delta P \text{ Mayor} + \Delta P \text{ minor}$$

$$\Delta P = 0,0098 \text{ Bar}$$

Setelah dilakukan pengukuran tekanan udara pada aliran udara yang ada pada jalur pipa, didapatkan data tekanan aktual yang ditunjukkan pada *pressure gauge* yang berada di jalur pipa yang terdapat pada *outlet blow tank* (P1) sebesar 1,4 bar. pada *pressure gauge* yang terdapat pada pipa yang berada di ujung jalur menuju silo, dan didapatkan tekanan sebesar 1,2 bar.

Sehingga apabila dilihat dari penurunan tekanan aktual yang terdapat pada aliran udara di pipa tersebut adalah sebesar :

$$\Delta P = P1 - P2$$

$$\Delta P = 0,2 \text{ bar}$$

Jika dibandingkan antara hasil analisis dari perhitungan penurunan tekanan yang telah dilakukan dengan penurunan tekanan aktual yang ada pada *pressure gauge* yang terdapat pada jalur pipa dari *outlet blow tank* (P1) dan *pressure gauge* yang terdapat pada ujung jalur pipa menuju silo (P2), memiliki perbedaan sebesar 0,2 Bar. Perbedaan tersebut bisa disebabkan material semen yang menempel pada dinding pipa, hal tersebut biasa dinamakan dengan *coating* semen. *Coating* semen yang menempel pada dinding pipa akan berpengaruh kepada aliran fluida yang mengalir pada jalur pipa tersebut, yang secara tidak langsung akan merubah diameter dari pipa dan juga mempengaruhi *friction factor* yang telah dimiliki oleh masing-masing jenis pipa yang digunakan,

dalam sistem ini pipa yang digunakan merupakan pipa *cast iron*.

Maka perlu dilakukan pembersihan pada sepanjang jalur pipa dan juga dapat dipastikan temperatur semen yang akan ditransfer harus selalu panas, hal tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya pelapisan semen pada dinding pipa dikarena suhu semen yang terlalu dingin dan lembab yang dapat menyebabkan semen membeku dan mudah menempel pada dinding penampang (pipa) yang akan berakibat ke menurunnya tekanan kecepatan aliran fluida dan juga tekanan yang ada pada sepanjang jalur tersebut pada saat proses produksi sedang dilakukan.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hal yang menjadi penyebab terjadinya penurunan tekanan diantaranya adalah gesekan antara aliran fluida dengan dinding penampang dari aliran tertutup dan dikarenakan oleh komponen-kompone yang terdapat pada pipa seperti belokan, katup, sambungan dan perubahan dimensi dari penampang (pipa).
2. Cara untuk menghitung kerugian tekanan udara yang terjadi pada aliran dalam pipa adalah dengan menggunakan perhitungan kerugian pada suatu aliran dalam pipa. Ada 2 jenis perhitungan kerugian, kerugian mayor (*major losses*) dan juga kerugian minor (*minor losses*).
3. Dari hasil analisis perhitungan dengan menggunakan persamaan untuk mencari kerugian mayor dan kerugian minor, didapatkan penurunan tekanan udara sebesar 0,0098 Bar. Sedangkan untuk data aktual yang ditunjukkan oleh pressure gauge pada P1 dan P2, penurunan tekanan yang terjadi adalah sebesar 0,2 Bar.

### Daftar Pustaka

- [1] David Mills, *Pneumatic Design Guide*, Second edi. Butterworth-Heinemann, 1983.
- [2] A. Hamid and H. Muwardi, "Evaluasi Penurunan Tekanan Pada Pemipaan Sistem Udara Bertekanan Di PT. Indofood Sukses Makmur (Bogasari Flour Mill)," *Sinergi J. Tek. Mercu Buana*, vol. 17, no. 3, p. 16, 2013.

- [3] A. F. Ar Raisi, "Perhitungan Pressure Drop dan Kapasitas Udara Pada Pneumatic Conveying Fly Ash di PT Petrokimia Gresik," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [4] Waspodo, "Analisa Head Loss Sistem Jaringan Pipa pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda," *J. Suara Tek.*, vol. 04, no. 01, pp. 1–12, 2017.
- [5] N. A. Fauziah, "Analisis Aliran Fluida Terhadap Fitting Serta Satuan Panjang Pipa," *Anal. Aliran Fluida Terhadap Fitting Serta Satuan Panjang Pipa*, p. 7.
- [6] N. Kurniawan, T. Priangkoso, and Darmanto., "Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Kerugian Tekanan pada Saluran Udara," *J. Ilm. MOMENTUM*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, Jul. 2017.
- [7] Muchsin, "Kerugian - Kerugian Pada Pipa Lurus," *Fak. Tek. Univ. Tadulako*, p. 7, 2003.
- [8] T. ; K. ; D. Priangkoso, "Perancangan Alat Praktikum Pengujian Kerugian Tekanan Aliran Udara Dalam Pipa," *Tek. Mesin, Fak. Tek. Univ. Darmanto*, no. 2, p. 4, 2001.
- [9] L. Nurcholis, "Perhitungan Laju Aliran fluida Pada Jaringan Pipa," *ISSN 1693 - 3451 Vol. 7 Juni 2008*, vol. 7, no. 1, p. 13, 2008.