

# EVALUASI PENURUNAN TEKANAN PADA PEMIPAAN SISTEM UDARA BERTEKANAN DI PT.INDOFOOD SUKSES MAKMUR (BOGASARI FLOUR MILL)

Abdul Hamid, Hilman Muwardi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik  
Universitas Mercu Buana Jakarta

## ABSTRAK

*Sistem pemipaan udara bertekanan bertujuan untuk mendistribusikan udara bertekanan dari mesin penghasil udara bertekanan. Dalam kondisi nyata sistem tersebut tidak terlepas dari rugi-rugi dalam hal ini adalah penurunan tekanan sepanjang jalur distribusi. Penurunan tekanan dalam jalur distribusi disebabkan oleh tiga faktor yaitu akibat gesekan sepanjang jalur pemipaan (rugi-rugi mayor), sambungan (fitting) sepanjang jalur pipa (rugi-rugi minor) dan penurunan tekanan akibat komponen penunjang.*

*Dalam penelitian ini kita akan menghitung seberapa besar penurunan tekanan yang terjadi sepanjang pipa distribusi maupun yang disebabkan oleh komponen penunjang yang ada di PT.Indofood Sukses Makmur. Dalam menghitung penurunan tekanan sepanjang jalur distribusi dibutuhkan data-data penunjang, seperti flowrate, tekanan dan pemipaan. Data-data tersebut didapat berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian di lapangan, kondisi nyata yang ada maupun dari informasi yang didapat.*

*Dari data-data di atas tersebut setelah dilakukan pengolahan secara teoritis maka didapatkan hasil, yaitu penurunan tekanan yang paling besar terdapat pada plant Mill KL dimana penurunan tekanan yang ada mencapai 221682.43 Pa atau sekitar 32.15 Psi. Sedangkan penurunan tekanan paling kecil terdapat pada plant packaging 1 kg yaitu sebesar 49153.68 Pa. Sedangkan persentase kontribusi penurunan tekanan untuk seluruh sistem udara bertekanan untuk rugi-rugi mayor sebesar 58 %, rugi-rugi minor 32.6 % dan komponen 9.4 %.*

**Kata kunci :** Tekanan, pipa, rugi, udara, penurunan

## 1.PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Bogasari Flour Mills adalah divisi dalam PT Indofood Sukses Makmur, Tbk dan merupakan perusahaan penggilingan tepung terigu terintegrasi dan terbesar dalam satu lokasi. Sejak berdiri tahun 1971, Bogasari telah memenuhi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia dan berbagai penjuru dunia lainnya. Dimana salahsatu dari penunjang proses produksi adalah ketersediaan udara bertekanan, seperti halnya di PT Indofood Sukses Makmur, Tbk berbagai peralatan yang

dipakai pada proses produksi hampir semuanya memakai prinsip otomasi berbasis udara bertekanan, sehingga ketersediaan udara bertekanan menjadi sangat mutlak.

Ketersediaan udara bertekanan pada proses produksi tidak bisa lepas dari suatu sistem udara bertekanan. Sistem ini berfungsi untuk menghasilkan dan mendistribusikan udara bertekanan ke pemakai atau kemesin-mesin proses produksi. Setiap industri memiliki karakteristik kebutuhan udara bertekanan yang berbeda, hal tersebut disesuaikan

dengan fungsi dan kebutuhan udara itu sendiri. Dengan demikian industri harus memiliki sistem udara bertekanan yang sangat baik, dimana sistem udara bertekanan yang baik adalah sistem yang dapat memenuhi kebutuhan semua proses produksi serta mempertimbangkan aspek-aspek penghematan energi dalam artian tidak banyak energi yang terbuang sia-sia dalam sistem.

Mengingat pentingnya sistem udara bertekanan dalam meningkatkan kualitas maupun kuantitas hasil produksi, maka peningkatan kualitas efisiensi pada sistem udara bertekanan itu sendiri menjadi sangat penting, oleh sebab itu penulis bermaksud melakukan evaluasi terhadap sistem udara bertekanan yang ada di PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk plan Bogasari Flour Mills.

## 1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mengetahui besar kerugian penurunan tekanan atau energi yang hilang pada sistem pemipaan udarabertekanan yang berada di PT. Indofood Sukses Makmur, Bogasari flour Mills ?.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah dapat mengetahui besar kerugian penurunan tekanan atau energi yang hilang pada sistem pemipaan udara bertekanan yang ada di PT. Indofood Sukses Makmur, Bogasari Flour Mill. Evaluasi kerugian penurunan tekanan pada sistem udara tersebut difokuskan pada kerugian yang diakibatkan oleh keocoran sistem dan penurunan tekanan pada jalur distribusi yang disebabkan beberapa faktor diantaranya gesekan pada pipa lurus, belokan, fitting, reducer (perubahan diameter) maupun komponen yang ada.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah

- Fluida yang dibahas adalah udara
- Tidak terdapat panas yang keluar dan masuk pada sistem pemipaan.
- Penurunan pipa yang diamati adalah pada gesekan pipa lurus, belokan, fitting, perubahan diameter pipa dan komponen yang ada.

- Sistem yang dibahas adalah beberapa plan mill dan packaging.

## 1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang dilakukan dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah

- Studi literatur.
- Studi lapangan dengan mengumpulkan data di lapangan berupa data komponen yang ada.
- Melakukan pengujian terhadap sistem, guna memperoleh data tingkat kebocoran pada sistem.
- Pengukuran flow rate dan tekanan baik untuk suplai maupun permintaan (demand).
- Analisa penurunan tekanan head loss pada gesekan pada pipa lurus, belokan, fitting, reducer (perubahan diameter) maupun komponen yang ada.
- Pembuatan laporan.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Definisi.

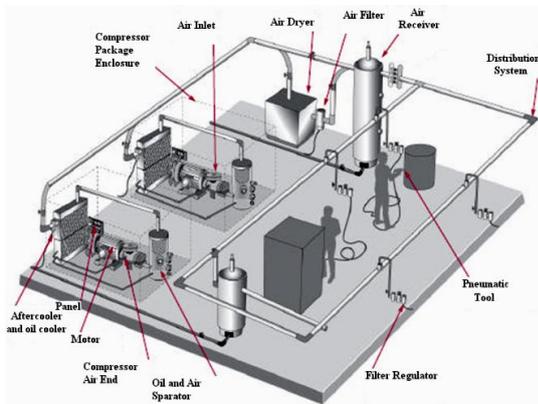
Sistem udara bertekanan adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menghasilkan, mengkondisikan dan mendistribusikan udara ke tempat pemakaian yang diinginkan. Sistem udara tekan terdiri dari bagian suplai atau pemasokan, yang terdiri dari kompresor serta sistem pengkondisian udara, penyimpanan dan bagian permintaan (pengguna). Sistem perpipaan merupakan sistem yang kompleks, dimana sistem perpipaan mempunyai hubungan yang sangat erat dengan prinsip-prinsip analisa static dan dinamic stress, thermodynamic, dan teori aliran fluida untuk merencanakan keamanan dan efisiensi sistem pipa.

Pada perancangan sistem instalasi diharapkan menghasilkan suatu jaringan instalasi pipa yang efisien dan afektive, dimana aplikasinya baik dari segi peletakan maupun segi keamanan dalam pengoperasian harus diperhatikan sesuai peraturan-peraturan klasifikasi maupun dari spesifikasi panduan instalasi dari sistem pendukung permesinan. Peletakan dan pemilihan komponen penyusun perlu diperhatikan untuk mengurangi hal-hal yang

tidak diinginkan seperti potensi kebocoran yang tinggi dan penurunan tekanan yang besar (*head loss*).

## 2.2 Penunjang Sistem Udara Bertekanan

Sistem udara bertekanan terdiri dari beberapa komponen penting, diantaranya kompresor, air dryer, filter dan sistem pemipaan.

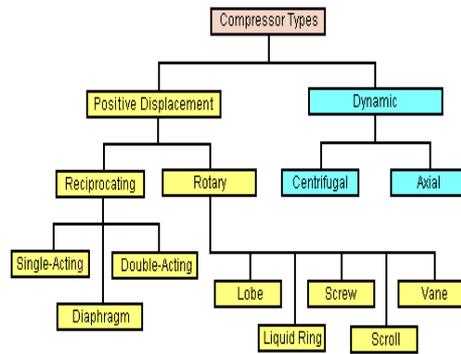


Gambar 1. Ilustrasi Sistem Udara Bertekanan Pada Umumnya

### 2.2.1 Kompresor

Kompresor adalah alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida mampu mampat, yaitu gas atau udara. Pada prinsipnya kerja kompresor adalah udara atau gas yang berasal dari lingkungan dihisap melalui inlet valve dan kemudian di kompresi dengan mekanisme tertentu dan setelah proses kompresi udara dikeluarkan melalui saluran keluaran (*discharge*) untuk menuju sistem distribusi. Dikarenakan mekanisme kompresinya yang berbeda kompresor di dunia industri menjadi beraneka ragam jenisnya, maka dalam melakukan pemilihan kompresor harus dilakukan secara tepat yang sesuai dengan fungsinya. Hal tersebut dilakukan supaya udara yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan. Dalam menentukan pemilihan kompresor terdapat hal yang perlu diperhatikan diantaranya :

- Kapasitas beban pemakaian (volume beban)
- Tekanan pemakaian
- Kondisi lingkungan sekitar
- Kualitas udara
- Sumber energi yang tersedia

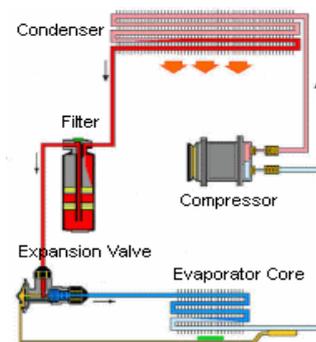


Gambar 2. Diagram Jenis Kompresor

### 2.2.2 Air Dryer.

Air dryer merupakan komponen yang berfungsi sebagai pengering udara dari uap air yang terkandung, dikarenakan udara yang dihisap kompresor selalu mengandung uapair. Kadar air ini harus ditekan serendah mungkin. Suhu dan tekanan udara menentukan kadar kelembaban udara. Makin tinggi suhu udara, makin banyak kadar uap air yang dapat diserap. Pada air dryer temperatur udara dikondisikan supaya sangat rendah yaitu mencapai suhu anomali air yaitu 0 sampai 4°C, massa jenis air terbesar diperoleh pada suhu 4 derajat dengan demikian titik jenuh dari kelembaban udara mencapai 100%, maka air akan menetes.

Gambaran sistem air dryer seperti yang ditunjukkan gambar di bawah ini

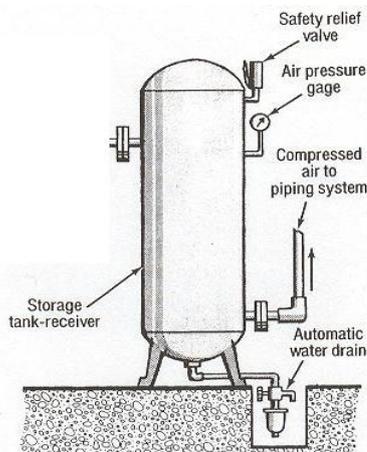


Gambar 3. Sistem Air Dryer

### 2.2.3 Air Receiver

Untuk menyimpan udara yang sudah dikompresi oleh mesin kompresor, diperlukan sebuah tempat yang mampu menahan besarnya tekanan dari udara tersebut yaitu air receiver. Air receiver juga berfungsi untuk menjaga tekanan udara yang konstan di dalam sistem yang ada

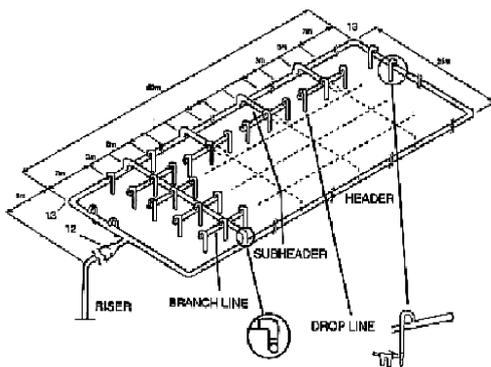
,tanpa memperhatikan pemakaian dan supply yang berubah-ubah serta berfungsi sebagai penyediaan udara darurat ke sistem bila tiba-tiba terjadi kegagalan pada sumber. Ukuran tangki udara bertekanan sendiri sangat tergantung dari kebutuhan dan suplai udara.



Gambar 4. Tangki Udara

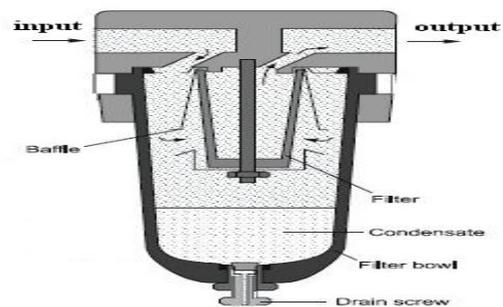
#### 2.2.4 Pipa Distribusi

Pipa distribusi merupakan komponen yang berfungsi untuk menyalurkan atau mendistribusikan udara bertekanan untuk sampai ke pemakai atau mesin produksi. Pipa distribusi ini terdiri dari pipa header, pipa kapiler, fitting dan belokan (elbow). Sehingga pemilihan ukuran dan material merupakan factor yang sangat penting dalam perancangan jalur pipa distribusi, dikarenakan hal tersebut sangat berkaitan dengan kualitas dan efektivitas udara yang di salurkan serta sangat mempengaruhi konsumsi energi dari mesin penghasil udara bertekanan (mesin kompresor)



#### 2.2.5 After dan Pre Filter

Komponen yang berfungsi untuk menyaring udara yang didistribusikan dari air yang masih terkandung, kotoran dan minyak. Perinsip dasarnya udara yang dikompresi melewati lapisan dalam dari elemen filter yang bertindak sebagai integral untuk menghilangkan kontaminan, sehingga partikel padat secara permanen terjebak dalam media filter sedangkan cairan dipisahkan pada bagian bawah elemen filter dan jatuh melalui drain valve. Kemampuan penyaringan pada after dan pree filter pada sistem udara pemipaian sangat tergantung dari material dan disain dari komponen itu sendiri, secara umum kemampuan penyaringan partikel padat pada after dan pree filter yaitu 5 micron.



Gambar 6. Contoh Konstruksi After /pre Filter

### 2.3 Jenis Sistem Jalur Distribusi Udara Bertekanan

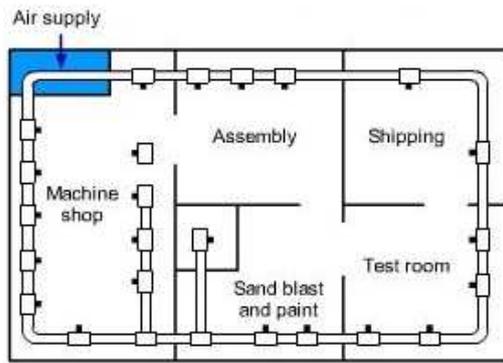
Dalam mengklasifikasikan sistem udara bertekanan kita dapat membaginya menjadi dua dasar pemikiran yaitu berdasarkan penempatan kompresor dan berdasarkan layout sistem pemipaian.

#### 2.3.1 Berdasarkan Penempatan Kompresor.

Berdasarkan letak kompresor sistem pemipaian dibagi menjadi dua yaitu sistem sentralisasi dan desentralisasi.

##### A. Sistem Sentralisasi

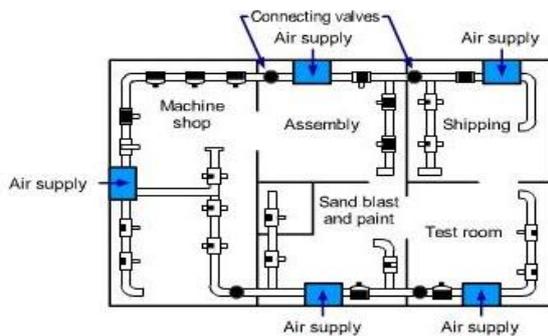
Sistem sentralisasi yaitu sistem dimana kompresor ditempatkan khusus pada satu tempat ruang kompresor. Pada sistem ini terdapat beberapa keuntungan diantaranya memudahkan perawatan dan monitoring karena semua compressor berada dalam satu lokasi, memudahkan untuk penyediaan listrik dan air (jika unit compressor model water-cooled) karena tersentralisasi.



Gambar 7. Sistem Sentralisasi

B. Sistem Desentralisasi

Sistem desentralisasi yaitu sistem dimana kompresor tidak ditempatkan pada satu ruangan kompresor saja melainkan kompresor ditempatkan di berbagai tempat disesuaikan dengan ruang pemakaian/departemen. Pada sistem ini terdapat beberapa keuntungan diantaranya pipa yang digunakan lebih pendek sehingga meminimalkan biaya pipa dan *pressure drop*, mampu menyediakan tekanan kerja yang sesuai dengan kebutuhan tiap bagian secara spesifik serta jika terjadi lonjakan kebutuhan pada salah satu bagian tidak akan mempengaruhi bagian yang lainnya.



Gambar 8. Sistem Desentralisasi

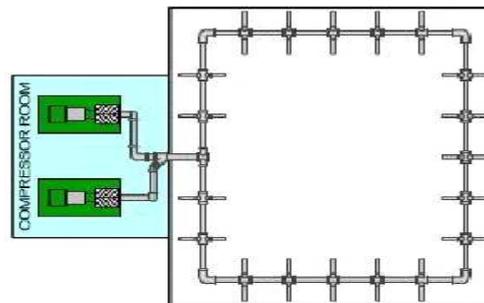
2.3.2 Berdasarkan Layout Sistem Pemipaan.

Berdasarkan layout sistem pemipaan, maka sistem dibagi menjadi dua kelompok yaitu sistem pipa loop dan sistem straight run (satu pipa utama).

A. Sistem Pipa Loop (pipa ring)

Sistem pipa loop atau disebut juga sistem pipa ring merupakan sistem yang menempatkan pipa header mengelilingi atau melingkari plant pemakai. Untuk plan

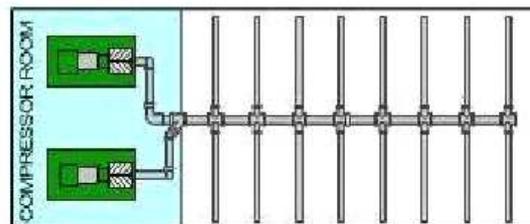
yang relative berbentuk persegi empat lebih baik menggunakan sistem Pipe Loop. Sistem ini juga memberikan peningkatan volume pipa (dapat berfungsi sebagai penyimpanan) dan aliran udara ke titik yang jauh dapat dijangkau dari dua arah. Selain itu sistem ini sesuai untuk *compressed air system* yang besar dengan sejumlah titik pemakaian. Hal ini memberikan keunggulan karena tiap peralatan di-supply dari dua arah sehingga kecepatan udara terbagi dan *pressure drop* berkurang.



Gambar 9. Sistem Pipa Loop

B. Sistem satu pipa utama (*Straight Run*)

Sistem straight run atau disebut juga dengan sistem satu pipa utama, merupakan system yang menggunakan satu pipa header untuk menuju ke plant pemakaian. Sistem seperti ini cocok untuk plant yang berbentuk lorong panjang dapat menggunakan sistem ini karena biaya yang dikeluarkan untuk pipa header sangat rendah. Meskipun banyak hal yang harus dipertimbangkan untuk menggunakan sistem ini terutama berkaitan dengan *pressure drop* yang terjadi. Sistem ini mempunyai desain satu pipa header yang panjang dengan sejumlah cabang untuk mencapai titik-titik pemakaian.



Gambar 10. Sistem Pipa Satu Pipa Utama

## 2.4 Sistem Losses

Losses yang terjadi pada sistem pemipaan dapat terjadi pada tekanan maupun pada debit (flow) udara yang didistribusikan. Hal tersebut dapat disebabkan oleh terdapatnya kebocoran pada sistem maupun disebabkan oleh rancangan dari pada sistem itu sendiri (panjang pipa, tekukan, sambungan/fitting, dan lainnya)

### 2.3.3 Kebocoran Sistem

Kebocoran sistem merupakan sumber pemborosan energi yang paling besar disamping itu juga kebocoran dapat berkontribusi terhadap kehilangan operasi lainnya. Kebocoran menyebabkan penurunan tekanan sistem, yang dapat membuat fungsi peralatan udara jadi kurang efisien, memberi pengaruh yang merugikan terhadap produksi. Ketika sistem mengalami kebocoran yang cukup besar, maka hal tersebut akan mengakibatkan beban kompresor menjadi lebih besar sehingga waktu kondisi berbeban (*full loading*) akan meningkat dengan sendirinya konsumsi arus listrik akan semakin besar. Selain itu juga meningkatnya waktu operasi dapat juga menyebabkan permintaan perawatan kompresor itu sendiri semakin meningkat. Kebocoran dapat berasal dari berbagai bagian dari sistem, tetapi area permasalahan yang paling umum adalah:

- Sambungan pipa (fitting)
- Pengatur tekanan (regulator)
- Penjebak air (water trap)
- Drain kondensat

Untuk mengetahui persentase dan flowrate udara yang terbuang akibat kebocoran sistem, kita dapat melakukan pengetesan sebagai berikut :

1. Matikan operasi peralatan yang menggunakan suplai udara bertekanan.
2. Jalankan mesin kompresor yang ada, biarkan sampai kondisi stabil.
3. Catat waktu rata-rata yang dibutuhkan kompresor untuk fasa load dan untuk fasa unload.

Setelah data didapat, kita dapat mengetahui presentasi dan flowrate udara yang terbuang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\text{Leakage (\%)} = \frac{(T \times 100)}{(T + t)} \dots\dots\dots 1$$

$$Q_{\text{loss}} = \frac{Q \times T}{T + t} \dots\dots\dots 2$$

Dimana,  
 T = Waktu loading (s)  
 t = Waktu unload (s)  
 Q = Kapasitas kompresor (m<sup>3</sup>/s)  
 Q<sub>loss</sub> = Flowate terbuang (m<sup>3</sup>/s)

### 2.3.4 Kehilangan Tekanan Pada Sistem Pemipaan.

Kehilangan tekanan pada sistem pemipaan adalah besar tingkat kehilangan energi yang dapat mengakibatkan berkurangnya tekanan aliran udara dalam saluran. Secara umum kehilangan tekanan pada sistem disebabkan oleh dua faktor, diantaranya :

- Gesekan dengan dinding pipa (mayor pressure losses).
- Sambungan, belokan dan perubahan diameter pipa (minor pressur losses)

#### A. Rugi-rugi Mayor

Rugi mayor adalah rugi yang terjadi akibat adanya gesekan aliran fluida dengan dinding pipa pada pipa lurus. Profil aliran fluida dalam pipa ditentukan dari bilangan Reynolds, yaitu :

$$Re = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \dots\dots\dots 3$$

Dimana,  
 V = Kecepatan fluida (m/s)  
 P = Massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)  
 D = Diameter pipa (m)  
 μ = Viscositas dinamik fluida (N.s/m<sup>2</sup>)

Jenis aliran berdasarkan bilangan Reynold ada tiga macam

- Aliran laminar, Re < 2300
- Aliran transisi, 2300 < Re < 4000
- Aliran turbulen, Re > 4000

Sedangkan persamaan untuk menentukan nilai massa jenis udara di dalam pipa didapat dari persamaan di bawah

$$\rho = \frac{P}{RT} \dots\dots\dots 4$$

Dimana,  
 Pabsolut = Pa (tekanan alat ukur + tekanan atm)  
 R = 287 j/kg K (tabel thermodinamika)  
 T = 27°C  
 = (27 + 273) = 300° K

Kecepatan fluida (V) pada Reynold dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q = V \times A \quad \text{jadi, } V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots 5$$

Dimana,  
 Q = Flowrate (m<sup>3</sup>/s)  
 A = Luas penampang (m)  
 v = Kecepatan (m/s)

Selain itu juga penurunan tekanan dikarenakan gesekan pada pipa ditentukan oleh factor gesekan yang terjadi pada dinding pipa yang ditunjukkan dengan nilai ( f ). Friction factor ( f ) dapat dicari melalui diagram Moody, sebelumnya harus diketahui terlebih dahulu nilai relative *Roughnes*. Relative *Roughness* dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{e}{D} \dots\dots\dots 6$$

Dimana,  
 e = Roughness pipa (dilihat dari table pipa roughness)  
 D = Diameter pipa

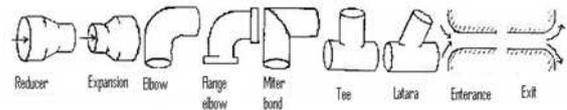
Sehingga perhitungan kehilangan tekanan (pressure loss) mayor menurut Darcy-Weisbach, dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan rumus.

$$\Delta p = f \times \rho \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2} \dots\dots\dots 7$$

Dimana,  
 Δp = Kehilangan tekanan mayor (Pa)  
 f = Friction factor (Moody Diagram)  
 L = Panjang pipa (m)  
 D = Diameter pipa (m)  
 V = Kecepatan fluida (m/s)  
 ρ = Masa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

**B. Kerugian Tekanan Minor (*minor preassure loss*)**

Rugi-rugi minor adalah kerugian tekanan yang disebabkan karena adanya sambungan pipa (fitting) seperti katup (valve), belokan (elbow), saringan (strainer), percabangan (tee), losses pada bagian entrance, losses pada bagian axit, pembesaran pipa (expansion), pengecilan pipa (contraction) dan sebagainya.



Gambar 11. Fitting

Kehilangan tekanan minor karena belokan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta p = k \times \rho \times \frac{V^2}{2} \dots\dots\dots 8$$

Dimana,  
 Δp = Kehilangan tekanan minor (Pa)  
 f = Friction factor (Moody Diagram)  
 k = Koefisien hambatan  
 V = Kecepatan fluida (m/s)  
 ρ = Masa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

**C. Penurunan Tekanan Total Pemipaan**  
 Punurunan tekanan total pada pemipaan yang di sebabkan oleh jalur distribusi pemipaan dapat dicari dengan menjumlahkan rugi-rugi mayor dengan rugi-rugi minor. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut.

$$\Delta p \text{ Total Pemipaan} = \Delta p \text{ mayor} + \Delta \text{ minor} \dots\dots 9$$

**D. Kerugian Tekanan Komponen.**  
 Selain kerugian mayor yang disebabkan oleh gesekan pada pipa dan kerugian minor yang disebabkan oleh sambungan-sambungan (fitting) pada pipa. Kerugian pun dapat disebabkan oleh beberapa komponen penunjang sistem, seperti diantaranya after filter, pre filter dan air dryer. Rugi-rugi yang disebabkan oleh komponen tersebut akan sangat besar, ketika kondisinya sudah kurang baik seperti filter lama tidak di ganti sehingga terjadi penyumbatan dan pada air dryer terjadi penyumbatan pada saluran epavurator dikarenakan terjadi frozen. Besar rugi-rugi atau penurunan tekanan maksimal diperbolehkan yang disebabkan oleh komponen di atas adalah sebagai berikut.

- Refrigerant dryer 8963.184 Pa (1.3 PSI)
- Line filter/pre filter dan after filter (kondisi masih baru) 19994.8 Pa (2.9 PSI)

(Sumber CAGI, *Compressor Air and Gas Institute*)

#### E. Kerugian Total Sistem (*total system pressure loss*)

Dengan demikian kerugian total dalam suatu sistem pemipaan udara bertekanan merupakan penjumlahan dari kerugian mayor, kerugian minor dan kerugian komponen. Sehingga kerugian total pada sistem dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$\Delta p \text{ total} = \Delta p \text{ mayor} + \Delta p \text{ minor} + \Delta p \text{ komponen} \dots\dots\dots 10$$

#### Keterangan

- $\Delta p$  = Kerugian total (Pa)
- $\Delta p$  mayor = Kerugian mayor (Pa)
- $\Delta p$  minor = Kerugian minor (Pa)
- $\Delta p$  komponen = Kerugian komponen (Pa)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan cara atau prosedur yang berisi tahapan-tahapan yang jelas, yang disusun secara sistematis dalam proses penelitian. Tiap tahapan maupun bagian yang menentukan tahapan selanjutnya sehingga harus dilalui dengan teliti.

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT INDOFOOD SUKSES MAKMUR, Tbk Plan Bogasari Flour Mills ,dengan judul penelitian

" EVALUASI PENURUNAN TEKINAN PADA PEMIPAAN SISTEM UDARA BERTEKANAN DI PT.INDOFOOD SUKSES MAKMUR (BOGASARI FLOUR MILL) "

#### 3.2. Objek Penelitian

PT.Indofood Sukses Makmur Tbk Plan Bogasari Four Mills merupakan industri yang bergerak dibidang proses penggilingan gandum menjadi tepung terigu sampai dengan proses packaging. Jadi objek yang diteliti adalah sistem pemipaan udara bertekanan.

#### 3.3. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan diperlukan untuk meneliti lebih lanjut apa yang akan menjadi permasalahan. Studi pendahuluan terdiri dari studi literatur maupun pengamatan langsung di lapangan.

#### 3.4. Metode Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan atau pengambilan data dikelompokkan menjadi beberapa kelompok proses pengambilan data, diantaranya :

- 1.Data Primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan dan penelitian secara langsung dilapangan.
- 2.Data Sekunder merupakan data yang tidak langsung diamati oleh peneliti.
- 3.Data yang dikumpulkan nantinya digunakan dalam pengolahan data, data yang dikumpulkan antara lain:

- a.Data plan
  - Data jumlah plan yang ada.
  - Data pengukuran kapasitas beban pemakaian udara bertekanan masing-masing plan.
  - Data mesin masing-masing plan beserta spesifikasi tekanan kerja.
  - Data pengukuran tekanan pada masing-masing plan.
- b.Data mesin penunjang sistem udara bertekanan.
  - Data jumlah dan klasifikasi mesin kompresor yang ada.
  - Data tekanan kerja semua kompresor.
  - Data kapasitas dari masing-masing kompresor (spesifikasi unit dan hasil pengukuran).
  - Data jumlah air drayer yang ada.
  - Data spesifikasi dryer yang ada.
  - Data perbedaan tekanan masukan dan keluaran(deferential pressure) pada air dryer.
- c.Data instalasi pipa dan sambungan (*fitting*)
  - Material pipa
  - Panjang pipa
  - Diameter pipa
  - Jenis dan jumlah sambungan (*fitting*)
- d.Data pengujian.
  - Data interval waktu berbeban dan tidak berbeban (*load and un-laoad time*) pada kompresor ketika semua plan tidak beroperasi.
  - Data interval waktu untuk menghabiskan seluruh udara bertekanan dalam tangki, ketika masing-masing plan tidak beroperasi.

### 3.5. Pengolahan dan Analisis Data

Data yang dikumpulkan, kemudian diolah agar dapat digunakan dalam penelitian. Tahapan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Evaluasi kebocoran pada sistem (persentasi).
2. Perhitungan jumlah keseluruhan/total pemakaian udara bertekanan oleh tiap plant produksi.
3. Penentuan laju aliran masa udara yang masuk pada masing-masing plant produksi.
4. Perhitungan kecepatan aliran udara pada pipa.
5. Penurunan tekanan karena rancangan dan instalasi.
6. Perhitungan tekanan maksimal dan tekanan minimal tiap plant.

## 4. ANALISA DAN PEMECAHAN MASALAH

### Data Penelitian

#### 4.1 Data Beban Produksi.

Beban produksi di PT.Indofood Bogasari yang menggunakan udara bertekanan terdiri dari beberapa line produksi. Adapun jumlah plan mill produksi yang ada diantaranya : Plan produksi Mill : MNO, HIJ, FG, DE, KL, C, dan mill AB

#### 4.2 Data Perkiraan Kebutuhan Udara Masing-masing Mill Pada Awal Perencanaan.

Perencanaan kebutuhan udara masing-masing mill berdasarkan asumsi yang disampaikan oleh PT.Indofood Sukses Makmur – Div.Bogasari adalah sebagai berikut

NO	Mill/Plan	Kapasitas Produksi (ton/jam)	Asumsi Kebutuhan Udara (m <sup>3</sup> /menit)
1	AB	1000	3.47
2	C	900	3.12
3	DE	900	3.12
4	FG	1100	3.82
5	HIJ	2400	8.33
6	KL	1600	5.55
7	MNO	3000	10.41

Tabel 1. Data Flowrate Tiap Plan

Suara dapat digunakan untuk mempercepat

### 4.3 Data Spesifikasi dan Data Pengukuran Mesin Sistem Udara Bertekanan

Adapun data mesin system udara bertekanan yang ada di PT.Indofood Bogasari adalah sebagai berikut :

#### 4.3.1 Kompresor dan Alat-alat Penunjang

##### 4.3.1.1 Kompresor.

##### 1. Data jumlah kompresor

Adapun data kompresor yang ada adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Data Flowrate Kompresor

NO	Kompresor	Model	FAD Pengukuran (m <sup>3</sup> /menit)	Status Operasional
1	Sullair	LS2S-300HWC	36.29	Full Running
2	Sullair	LS2S-300HWC	35.69	Full Running
3	Sullair	TS20S-200HWC	22.30	Full Running
4	Sullair	TS20S-200HWC	24.82	Full Running
5	Bromwade	Cyclon 215	1.36	Full Running
6	Bromwade	Cyclon 215	1.35	Full Running
7	Bromwade	Cyclon 215	1.36	Full Running
8	Bromwade	Cyclon 215	1.35	Full Running
Jumlah FAD			<b>124.52</b>	
9	Atlas Copco	GA11 P	1.38	Stand by
10	Atlas Copco	GA22 P	2.74	Stand by
11	Atlas Copco	GA30	3.40	Stand by
12	Atlas Copco	GA30	3.18	Stand by
13	Atlas Copco	GA30	3.14	Stand by
Jumlah FAD			<b>13.84</b>	

##### 4.3.1.2 Air Dryer.

Jumlah air dryer yang ada terhubung pada sistem besar udara bertekanan berjumlah 4 unit, jenis dari semua dryer yang ada adalah tergolong kedalam refrigerant drayer.

Tabel 3. Data Air Dryer

No	Manufacture Brand	Air Dryer Model	Working Air Flow (m <sup>3</sup> /menit)	Max Working Pressure (psi)	Power (KW)	Design Drop Pressure Δp(psi)
1	Sullair	SR450	45	217	8.7	4.8
2	Sullair	SR450	45	217	8.7	4.8
3	Sullair	SR270	27	217	6.7	2.3
4	Sullair	SR270	27	217	6.7	2.3



Nilai Maksimum = 105.995 Psi  
 Nilai Minimum = 89.34 Psi  
 Nilai Rata-rata = 97.57 Psi  
 3. Sebelum Air Dyer Unit TS (Comp Room 2)

Pengambilan data pressure trending pada pemipaan sebelum air dryer di ruang kompresor 2 dilakukan dari tanggal 1 Desember 2011 pukul 03:51:10 hingga tanggal 03 Desember 2011 jam 11:13:26. Dari grafik 4.3 di atas didapat nilai tekanan sebagai berikut.

Nilai Maksimum = 97.115 Psi  
 Nilai Minimum = 66.486 Psi  
 Nilai Rata-rata = 92.558 Psi

## 5 ANALISA DATA.

### 5.1 Perhitungan kecepatan udara dalam masing-masing pipa.

Titik pemipaan A-B

Flowrate (Q) = 97.115 Psi  
 Diameter pipa = 150 mm  
 Luas penampang pipa (A) =  $\pi r^2 = 0.0181366 \text{ m}^2$

Jadi kecepatan udara di titik A-B

$$\frac{44.41 \text{ m}^3/\text{menit}}{0.0181366 \text{ m}^2} = 41.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2 Perhitungan Rugi-rugi Karena Kebocoran Sistem.

Evaluasi pengujian 1.

Kapasitas speck kompresor yang digunakan ( hasil pengukuran ) = 36.29 m<sup>3</sup>/menit = 0.604 m<sup>3</sup>/s

Tekanan Loading = 102 Psi  
 Tekanan Unloading = 116 Psi  
 Interval waktu loading = 58 second  
 Interval waktu u-loading = 210 second

Maka persentase yang didapat adalah,

$$\text{Leakage ( \% )} = \frac{58}{58 + 210} \times 100 = 21.6 \%$$

Sedangkan untuk mengetahui flow rate yang terbuang dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q \text{ loss} = \frac{Q \times T}{T + t}$$

Dimana Q = Flowrate kompresor (m<sup>3</sup>/s)

Jadi flowrate yang terbuang akibat kebocoran system berdasarkan data yang ada adalah sebagai berikut

$$Q \text{ Loss} = \frac{0.604 \times 58}{58 + 210} = 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.3 Analisa Penurunan Tekanan Pipa (pressure drop)

5.3.1 Rugi-rugi Mayor (gesekan panjang pipa).

❖ Titik pemipaan A-B

Untuk mengetahui besar penurunan tekanan pada titik pemipaan A-B akibat panjang dan gesekan pada pipa (rugi-rugi mayor) terlebih dahulu harus dicari nilai massa jenis udara, bilangan Reynold dan nilai faktor gesekan (*friction factor*).

- Massa jenis

Massa jenis udara pada titik A-B dapat dicari dengan menggunakan persamaan,

Untuk menentukan nilai massa jenis menggunakan data tekanan rata-rata yaitu 631352.9 Pa

P (absolute) 631352.9 Pa + 100000 Pa = 731352.9 Pa

T (temperature) = 27°C = 300 K

R (udara) = 287 (tabel)

Interval waktu u-loading = 210 second

$$\text{Maka, } \rho \text{ (A-B)} = \frac{\sqrt{731352.9 \text{ Pa}}}{287 \times 300 \text{ K}} = 8.49 \text{ kg/m}^3$$

- Bilangan Reynold

Bilangan Reynold untuk titik A-B adalah sebagai berikut.

V (Kecepatan aliran udara titik A-B) = 41.9 m/s,

D (Diameter pipa A-B) = 0.150 m

$\mu$  (Viskositas dinamik) = (dengan temperatur udara 27°, maka viskositas dinamik berdasarkan tabel adalah 1.85 x 10<sup>-5</sup> N.s/m<sup>2</sup>)

Maka Re (A-B),

$$\frac{8.49 \text{ kg/m}^3 \times 41.90611 \text{ m/s} \times 0.150 \text{ m}}{1.85 \times 10^{-5} \text{ N.s/m}^2} = 2884$$

726

- *Friction Factor (f)*

Dengan material pipa Carbon Steel, maka nilai Roughness (e) yang didapat dari table adalah 0.00015 ft = 0.0018 in = 4.6 x 10<sup>-5</sup> m, maka besar nilai Relative Roughness adalah sebagai berikut, e = 4.6 x 10<sup>-5</sup> m

$$\text{Relative Roughness} = \frac{e}{D} = \frac{4.6 \times 10^{-5} \text{ m}}{0.150 \text{ m}}$$

$$= 3.06 \times 10^{-4}$$

Dari nilai Relative Roughness dan bilangan Renold yang didapat serta melihat Moody diagram, maka nilai f yang didapat sebesar 0.014

Dari nilai-nilai di atas dapat ditentukan penurunan tekanan ( $\Delta p$  mayor) pada titik A-B adalah sebagai berikut.

- F (friction factor A-B) = 0.014
- L (pemipaan A-B) = 12.430 m
- D (pemipaan A-B) = 287 0.150 m
- V (pemipaan A-B) = 41.9 m/s
- P (masa jenis A-B) = 8.49 Kg/m<sup>3</sup>
- Maka Losses Mayor A-B,

$$\Delta p = 0.014 \times 8.49 \text{ kg/m}^3 \times \frac{12.430 \text{ m}}{0.150 \text{ m}} \times \frac{41.90611^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2}$$

$$= 8648.49 \text{ Pa}$$

5.3.2 Rugi-rugi Minor (sambungan/fitting)

❖ Titik pemipaan A-B

Kerugian yang disebabkan oleh sambungan (fitting) pada titik pemipaan A-B ( $\Delta p$  minor), dapat dicari dengan persamaan di bawah.

Data sambungan/fitting titik A-B dan nilai k (dari tabel koefisien kerugian untuk komponen pipa),

Tabel 7. Nilai Koefisien Hambatan

Jenis sambungan	Jumlah	Nilai k	$\sum k$
Tee (aliran lurus berflensa)	4	0.2	0.8
Katup bola (bukaan penuh)	2	0.05	0.1
		$\sum k$	0.9

Masa jenis udara ( $\rho$ ) Titik A-B = 8.49 kg/m<sup>3</sup>  
Kecepatan udara (v) titik A-B = 41.9 m/s

Maka, penurunan tekanan pada titik A-B dikarenakan sambungan (minor) adalah

$$\Delta p = 0.9 \times 8.49 \text{ kg/m}^3 \times \frac{41.90611^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2}$$

$$= 6709.264 \text{ Pa}$$

5.3.3 Rugi-rugi Total

Untuk penurunan tekanan pemipaan total dapat diketahui dari persamaan di bawah.

$$\Delta p (\text{total pemipaan}) = \Delta p \text{ mayor} + \Delta p \text{ minor}$$

❖ Titik pemipaan A-B

$$\Delta p_{\text{mayor A-B}} = 8648.49 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{\text{minor A-B}} = 6709.264 \text{ Pa}$$

Jadi penurunan tekanan total pemipaan A-B adalah

$$\Delta p_{\text{total A-B}} = 8648.49 \text{ Pa} + 6709.264 \text{ Pa}$$

$$= 15357.75 \text{ Pa}$$

5.4 Penurunan Tekanan Masing-masing Plan.

Berdasarkan perhitungan, kita dapat menentukan penurunan total tekanan untuk masing-masing plan yang akan dijelaskan di bawah ini

a.  $\Delta p$  (plan mill FG)

$$\Delta p_{\text{Total (A-B)}} + \Delta p_{\text{Total (B-C)}} + \Delta p_{\text{Total (C-D)}} + \Delta p_{\text{Total (D-mill FG)}}$$

$$15357.75 \text{ Pa} + 3661.87 \text{ Pa} + 10498.5 \text{ Pa} + 12739.22 \text{ Pa} = 42257.34 \text{ Pa}$$

b.  $\Delta p$  (plan mill HIJ)

$$\Delta p_{\text{Total (A-B)}} + \Delta p_{\text{Total (B-C)}} + \Delta p_{\text{Total (C-D)}} + \Delta p_{\text{Total (D-mill HIJ)}}$$

$$15357.75 \text{ Pa} + 3661.87 \text{ Pa} + 10498.5 \text{ Pa} + 53105.6 \text{ Pa} = 82623.7 \text{ Pa}$$

c.  $\Delta p$  (plan FAM)

$$\Delta p_{\text{Total (A-B)}} + \Delta p_{\text{Total (B-C)}} + \Delta p_{\text{Total (C-F)}} + \Delta p_{\text{Total (F-FAM)}}$$

$$15357.75 \text{ Pa} + 3661.87 \text{ Pa} + 12527.518 \text{ Pa} + 1463.26 \text{ Pa} = 33010.398 \text{ Pa}$$

d.  $\Delta p$  (plan mill MTC)

$$\Delta p_{\text{Total (A-B)}} + \Delta p_{\text{Total (B-C)}} + \Delta p_{\text{Total (C-F)}} + \Delta p_{\text{Total (F-mill MTC)}}$$

$$15357.75 \text{ Pa} + 3661.87 \text{ Pa} + 12527.52 \text{ Pa} + 4341.24 \text{ Pa} = 35888.38 \text{ Pa}$$

e.  $\Delta p$  (plan mill DE)

$$\Delta p_{\text{Total A-B}} + \Delta p_{\text{Total B-H}} + \Delta p_{\text{Total H-mill DE}}$$

$$15357.75 \text{ Pa} + 23623.01 \text{ Pa} + 10488.716 \text{ Pa} = 49469.476 \text{ Pa}$$

f.  $\Delta p$  (plan mill KL)  
 $\Delta p$  Total A-B +  $\Delta p$  Total B-H +  $\Delta p$  Total H-I  
+  $\Delta p$  Total I-mill KL  
15357.75 Pa + 23623.01 Pa + 1228.7 Pa +  
181472.97 Pa = 221682.43 Pa

g.  $\Delta p$  (plan mill MNO)  
 $\Delta p$  Total L-M +  $\Delta p$  Total M-mill MNO  
41469.85 Pa + 34696.3 Pa = 76166.15 Pa

h.  $\Delta p$  (plan packaging 1 kg)  
 $\Delta p$  Total L-M +  $\Delta p$  Total M-N +  $\Delta p$  Total N-  
Packaging 1 kg  
41469.85 Pa + 7629.52 Pa + 54.3123 Pa,=  
49153.68 Pa

i.  $\Delta p$  (plant packaging 25 kg)  
 $\Delta p$  Total L-M +  $\Delta p$  Total M-N +  $\Delta p$  Total N-  
Packaging 25 kg  
41469.85 Pa + 7629.52 Pa + 48019.857 Pa  
= 97119.227 Pa

### 5.5 Tekanan Masing-Masing Plan

Berdasarkan perhitungan penurunan tekanan total pada masing-masing plan, maka kita dapat menentukan tekanan maksimal dan tekanan minimal pada masing-masing plant melalui persamaan di bawah ini.

$$P \text{ max} = P \text{ max} - \Delta p \text{ (header-plan)}$$

$$P \text{ min} = P \text{ min} - \Delta p \text{ (header-plan)}$$

Dari hasil pengukuran tekanan, maka didapat :

Nilai tekanan maksimum rata-rata = 665413 Pa

Nilai tekanan minimum rata-rata = 611137.5 Pa

Maka nilai tekanan masing-masing plan adalah,

a. Plan mill FG,  
 $P \text{ max} = 665413 \text{ Pa} - 42257.34 \text{ Pa} = 623155.66 \text{ Pa}$   
 $P \text{ min} = 611137.5 \text{ Pa} - 42257.34 \text{ Pa} = 568880.16 \text{ Pa}$

b. Plan mill HIJ,  
 $P \text{ max} = 665413 \text{ Pa} - 82623.7 \text{ Pa} = 582789.3 \text{ Pa}$   
 $P \text{ min} = 611137.5 \text{ Pa} - 82623.7 \text{ Pa} = 528513.8 \text{ Pa}$

c. Plan FAM,  
 $P \text{ max} = 665413 \text{ Pa} - 33010.398 \text{ Pa} = 632402.602 \text{ Pa}$

$P \text{ min} = 611137.5 \text{ Pa} - 33010.398 \text{ Pa} = 578127.10 \text{ Pa}$

d. Plan mill MTC,  
 $P \text{ max} = 665413 \text{ Pa} - 35888.38 \text{ Pa} = 629524.62 \text{ Pa}$   
 $P \text{ min} = 611137.5 \text{ Pa} - 35888.38 \text{ Pa} = 575249.12 \text{ Pa}$

e. Plan mill DE,  
 $P \text{ max} = 665413 \text{ Pa} - 49469.476 \text{ Pa} = 615943.524 \text{ Pa}$   
 $P \text{ min} = 611137.5 \text{ Pa} - 49469.47 \text{ Pa} = 561668.024 \text{ Pa}$

f. Plan mill KL,  
 $P \text{ max} = 665413 \text{ Pa} - 221682.43 \text{ Pa} = 443730.57 \text{ Pa}$   
 $P \text{ min} = 611137.5 \text{ Pa} - 221682.43 \text{ Pa} = 389455.07 \text{ Pa}$

g. Plan mill MNO,  
 $P \text{ max} = 665413 \text{ Pa} - 76166.15 \text{ Pa} = 589246.85 \text{ Pa}$   
 $P \text{ min} = 611137.5 \text{ Pa} - 76166.15 \text{ Pa} = 534971.35 \text{ Pa}$

h. Plan packaging 1 kg,  
 $P \text{ max} = 665413 \text{ Pa} - 49153.68 \text{ Pa} = 616259.32 \text{ Pa}$   
 $P \text{ min} = 611137.5 \text{ Pa} - 49153.68 \text{ Pa} = 561983.82 \text{ Pa}$

i. Plan packaging 25 kg,  
 $P \text{ max} = 665413 \text{ Pa} - 97119.227 \text{ Pa} = 568293.773 \text{ Pa}$   
 $P \text{ min} = 611137.5 \text{ Pa} - 97119.227 \text{ Pa} = 514018.27 \text{ Pa}$

### 5.6 Laju Aliran Massa Udara Masing-masing Plan

Dari perhitungan penurunan tekanan tiap titik pemipaan serta perhitungan massa jenis, maka untuk menentukan besar laju aliran massa untuk masing-masing plan dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$m = \rho \times Q$$

Maka,

a. Plan Mill FG =  $5.30 \text{ m}^3/\text{menit} \times 8.163 \text{ kg/m}^3$   
=  $43.264 \text{ kg/menit} = 0.721 \text{ kg/s}$   
b. Plan Mill HIJ =  $8.34 \text{ m}^3/\text{menit} \times 8.163 \text{ kg/m}^3$   
=  $68.08 \text{ kg/menit} = 1.135 \text{ kg/s}$   
c. Plan FAM =  $3.62 \text{ m}^3/\text{menit} \times 8.138 \text{ kg/m}^3$   
=  $29.46 \text{ kg/menit} = 0.491 \text{ kg/s}$

- d. Plan Mill MTC =  $5.7 \text{ m}^3/\text{menit} \times 8.138 \text{ kg/m}^3$   
=  $46.387 \text{ kg/menit} = 0.773 \text{ kg/s}$
- e. Plan Mill DE =  $4.86 \text{ m}^3/\text{menit} \times 8.052 \text{ kg/m}^3$   
=  $39.133 \text{ kg/menit} = 0.652 \text{ kg/s}$
- f. Plan Mill KL =  $16.59 \text{ m}^3/\text{menit} \times 8.038 \text{ kg/m}^3$  =  $133.35 \text{ kg/menit} = 2.223 \text{ kg/s}$
- g. Plan Mill MNO =  $13.71 \text{ m}^3/\text{menit} \times 8.013 \text{ kg/m}^3$  =  $109.86 \text{ kg/menit} = 1.831 \text{ kg/s}$
- h. Plan Packaging 1kg =  $1.14 \text{ m}^3/\text{menit} \times 7.924 \text{ kg/m}^3$  =  $9.0334 \text{ kg/menit} = 0.151 \text{ kg/s}$
- i. Plan Packaging 25 kg =  $20.90 \text{ m}^3/\text{menit} \times 7.924 \text{ kg/m}^3$  =  $165.6116 \text{ kg/menit} = 2.760 \text{ kg/s}$

### 5.7 Perhitungan Penurunan Tekanan Pada Komponen Masing-masing Ruang Kompresor

Berdasarkan data pengukuran tekanan kita dapat menentukan penurunan tekanan komponen yang adap pada pemipaan ruang kompresor 1 dan ruang kompresor 2.

Komponen ruang kompresor 1 : 2 unit air dryer, 4 buah after/pre filter dan 1 receiver tank

Komponen ruang kompresor 2 : 2 unit air dryer dan 4 buah after/pre filter dan 4 buah receiver tank.

Dimana datanya adalah sebagai berikut,

- Tekanan pada pipa header atau sesudah air dryer

Nilai Maksimum =  $97.22 \text{ psi} = 670308.3 \text{ Pa}$

Nilai Minimum =  $34.14 \text{ psi} = 235387 \text{ Pa}$

Nilai Rata-Rata =  $91.57 \text{ psi} = 631352.9 \text{ Pa}$

- Tekanan sebelum air dryer ruang kompresor 1

Nilai Maksimum =  $105.995 \text{ psi} = 730809.8 \text{ Pa}$

Nilai Minimum =  $89.34 \text{ psi} = 615977.6 \text{ Pa}$

Nilai Rata-Rata =  $97.57 \text{ psi} = 672721.5 \text{ Pa}$

- Tekanan sebelum air dryer ruang kompresor 2

Nilai Maksimum =  $97.115 \text{ psi} = 669584.4 \text{ Pa}$

Nilai Minimum =  $66.486 \text{ psi} = 458404.8 \text{ Pa}$

Nilai Rata-Rata =  $92.558 \text{ psi} = 638164.9 \text{ Pa}$

Dari data di atas kita dapat menentukan penurunan tekanan yang terjadi pada komponen penunjang udara bertekanan masing-masing ruangan kompresor, dengan persamaan sebagai berikut.

$\Delta p$  Total komponen ruang kompresor =

P rata-rata sebelum air dryer- P rata-rata sesudah air dryer (P header)

Jadi,  $\Delta p$  Total komponen ruang komp 1 =  $672721.5 \text{ Pa} - 631352.9 \text{ Pa} = 41368.6 \text{ Pa}$

$\Delta p$  Total komponen ruang komp 2 =  $638164.9 \text{ Pa} - 631352.9 \text{ Pa} = 6812 \text{ Pa}$

### 5.8 Evaluasi Rugi-rugi Penurunan Tekanan Total Sistem

Sedangkan total penurunan tekanan pada sistem dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut.

$\Delta p$  Total Sistem =  $\Delta p$  Total Piping Plan +  $\Delta p$  Total komponen penunjang

Berdasarkan perhitungan di atas, maka penurunan tekanan total komponen ( $\Delta p$ Total Komponen) adalah sebagai berikut.

$\Delta p$ Total Komponen =  $41368.6 \text{ Pa} + 6812 \text{ Pa} = 48180.6 \text{ Pa}$

Penurunan total tekanan ( $\sum \Delta p$  Total) yang terdapat pada jaringan pemipaan adalah sebesar  $\sum \Delta p$  Total =  $462378.2 \text{ Pa}$ , dimana :

$\Delta p$  Mayor =  $296002.5 \text{ Pa}$

$\Delta p$  Minor  $166365.7 \text{ Pa}$ .

Sehingga total penurunan tekanan sistem

$\Delta p$  Total Sistem =  $462378.2 \text{ Pa} + 48180.6 \text{ Pa} = 510558.8 \text{ Pa}$

Sehingga persentase untuk masing-masing rugi-rugi tekanan sistem adalah

$$\Delta p \text{ Mayor} = \frac{\quad}{296002.5 \text{ Pa}} \times 100 = 58 \%$$

$$\frac{510558.8 \text{ Pa}}{296002.5 \text{ Pa}}$$

$$\Delta p \text{ Minor} = \frac{166365.7 \text{ Pa}}{510558.8 \text{ Pa}} \times 100 = 32.6 \%$$

$$\Delta p \text{ Komponen} = \frac{48180.6 \text{ Pa}}{510558.8 \text{ Pa}} \times 100 = 9.4 \%$$

### 5.9 Perbandingan Penentuan Penurunan Tekanan Berdasarkan Perhitungan dan Pengukuran

Adapun yang akan dibandingkan adalah hasil perhitungan tekanan minimal dan maksimal secara matematis dengan hasil pengukuran pada plant, sehingga perbandingan penurunan tekanan secara teoritis dan percobaan dapat dibandingkan. Terdapat beberapa data hasil pengukuran untuk beberapa plant yang akan dilakukan perbandingan yaitu.

#### ❖ Data mill MTC

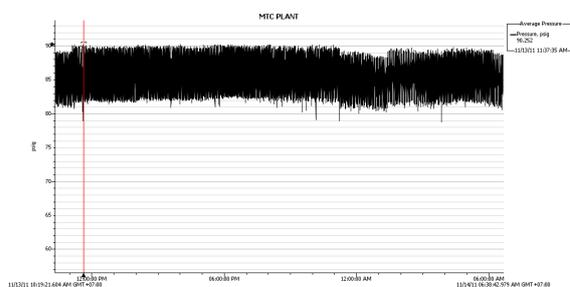
- Berdasarkan perhitungan yang didapat adalah.

Penurunan tekanan  $\Delta p$  mill MTC yang didapat adalah 35888.38 Pa, sehingga didapat tekanan maksimal dan tekanan minimal pada plant mill MTC yaitu :

$$P \text{ Max} = 629524.62 \text{ Pa}$$

$$P \text{ Min} = 575249.12 \text{ Pa}$$

- Berdasarkan pengukuran dengan menggunakan alat ukur *Hobo Pressure Transducer*



Grafik 1. Pengukuran Tekanan Pada Plan MTC

Pengambilan data pressure trending pada pemipaan masukan plant MTC di ruang

plant mill MTC yang dilakukan dari tanggal 31 Oktober 2011 pukul 16:06:15 hingga tanggal 14 November 2011 pukul 14:08:31. Dari grafik 4.6 di atas didapat nilai tekanan sebagai berikut:

$$P \text{ max rata-rata} = 90.252 \text{ Psi} = 622265.6 \text{ Pa}$$

$$P \text{ min rata-rata} = 82.229 \text{ Psi} = 566949 \text{ Pa}$$

Sedangkan penurunan tekanan yang diperoleh dari pengukuran adalah

$$\Delta p \text{ Pipa mill MTC} =$$

$$P_{\text{max header (pengukuran)}} - P_{\text{max plan (pengukuran)}}$$

$$665413 \text{ Pa} - 622265.6 \text{ Pa} = 43147.4 \text{ Pa}$$

## 5. PENUTUP

### Simpulan

Dari perhitungan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Penurunan tekanan pada pipa distribusi ( $\Delta p$ ) sangat tergantung pada dimensi diameter penampang pipa itu sendiri. Dengan flow rate tertentu, semakin kecil dimensi diameter pipa yang dialiri flow rate tersebut maka penurunan tekanan pada pipa akan semakin besar.
2. Penurunan tekanan yang paling tinggi terjadi pada plan KL. Berdasarkan perhitungan didapat  $\Delta p$  total plan mill KL sebesar 221682.43 Pa. Adapun kontribusinya adalah 129215.9 Pa dari penurunan tekanan yang disebabkan oleh gesekan sepanjang jalur pipa dan penurunan tekanan yang disebabkan oleh sambungan (*fitting*) adalah sebesar 92466.51 Pa. Dengan penurunan tekanan tersebut, maka tekanan yang terdapat pada plan tersebut untuk tekanan maksimal sebesar 443730.57 Pa atau 4.44 bar sedangkan tekanan minimal sebesar 389455.07 Pa atau 3.9 bar. Kondisi ini disebabkan oleh dimensi pipa 1-inch KL yang tidak sesuai atau terlalu kecil untuk mengalirkan flowrate udara yang masuk ke plan yaitu sebesar 16.59 m<sup>3</sup>/menit.
3. Penurunan tekanan paling kecil terjadi pada plan FAM, dimana berdasarkan

perhitungan didapat penurunan tekanan total pada plan adalah sebesar 33010.398 Pa. Dimana 21217.1 Pa adalah kehilangan tekanan mayor dan 11793.25 Pa adalah kehilangan tekanan minor.

4. Laju aliran massa udara paling besar terjadi pada plan packaging 25 kg yaitu sebesar 2.760 kg/s, sedangkan laju aliran massa udara paling kecil terdapat pada plan packaging 1 kg yaitu sebesar 0.151 kg.
5. Perbandingan penentuan penurunan tekanan secara perhitungan matematis dengan metoda pengukuran menggunakan alat *Hobo Pressure Transducer* yang dilakukan pada beberapa pant salah satunya plan MTC hasilnya adalah hasil pengukuran lebih besar 16% dari hasil perhitungan matematis. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi aktual permukaan pipa yang kemungkinan besar sudah sangat kasar dikarenakan karat, sehingga mengakibatkan rugi-rugi mayor ( $\Delta p_{mayor}$ ) yang lebih besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Dakso Sriyono (Penerjemah). Turbin Pompa Dan Kompresor 1992. Bagian Penerbitan Erlangga Jakarta.
2. Harinaldi (Penterjemah). Mekanika Fluida jilid 1 dan 2 2003 : Bagian Penerbitan PT.Gelora Aksara Pratama Jakarta.
3. White, Frank M. Mekanika Fluida 1986. : Bagian Penerbitan Erlangga Jakarta.
4. Reynold dan Parkin. Termodinamika Teknik 1982 . : Bagian Penerbitan Erlangga Jakarta

#### B. Daftar Acuan

1. Sistim Perpipa-an- de wey.petra.ac.id
2. Pressure Drop Pada Pipa- www.gunadarma.ac.id
3. Menghitung Pressure Drop- dosen.narotama.ac.id
4. Compressors Installation System- [www.cagi.org](http://www.cagi.org)
5. Penurunan Kerugian Head Pada Belokan Pipa-puslit.petra .ac.id
6. Pengenalan Umum Sistem Pemipaan- mesin.ub.ac.id

7. Aliran Fluida Dalam Pipa- vladvamphire.file.wordpress.com
8. Piping System-eprints.undip.ac.id