

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA KAPASITAS DAN TEKANAN KERJA KOMPRESSOR UDARA PADA MESIN BLOW MOLDING TIPE CD-I90 DI PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD IKHSAN PRATAMA**  
NPM : 1307220040



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

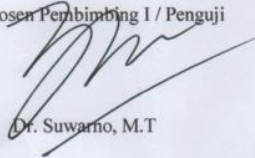
Nama : Muhammad Ikhsan Pratama  
NPM : 1307220040  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisa Kapasitas dan Tekanan Kerja Kompresor Udara Pada Mesin Blow Molding Tipe CD-190 di PT. Pacific Medan Industri

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Maret 2019

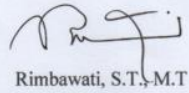
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



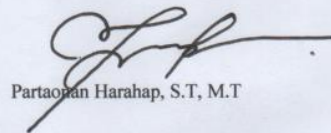
Dr. Suwarno, M.T

Dosen Pembimbing II / Peguji



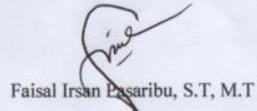
Rimbawati, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Partaon Harahap, S.T., M.T

Dosen Pembanding II / Penguji



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T



Program Studi Teknik Elektro  
Ketua,  
Faisal Irsan P, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Ikhsan Pratama

NPM : 1307220040

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul:

### **“ANALISA KAPASITAS DAN TEKANAN KERJA KOMPRESOR UDARA PADA MESIN BLOW MOLDING TIPE CD-I90 DI PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI”**

Dengan sebenar benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, Gagasan dan masalah ilmiah dan diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip didalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Medan, 21 MEI 2019.

Saya yang menyatakan,



METERAI  
TEMPEL  
6000  
TUAS  
RUPIAH

MUHAMMAD IKHSAN PRATAMA

## ABSTRAK

Sumber energi listrik yang selama ini digunakan merupakan sumber energi listrik yang berasal dari fosil. Biaya pembangkitan energi listrik yang berasal dari fosil tidaklah murah, membutuhkan biaya yang cukup mahal. Sebagai salah satu konsumen energi terbesar PT. PAMIN dituntut untuk berupaya mengatur penggunaan energi secara efektif, efisien dan rasional. Sesuai dengan Instruksi Presiden (Inpres) No 10 (2005) yang menginstruksikan agar dilakukan penghematan energi di instansi – instansi pemerintah pusat ataupun daerah, serta dilakukan sosialisasi program penghematan energi listrik (DESDM, 2003). Melakukan pengambilan data di PT. Pacific Medan Industri untuk mendapatkan spesifikasi kompresor, spesifikasi mesin penggerak kompresor, jenis dan ukuran pipa, serta proses kerja. Dengan konsumsi udara yang terpakai untuk mesin blow molding sebesar 3000 liter/menit dengan tekanan 8 bar, maka kapasitas kompresor sesuai dengan udara puncak sebesar 18000 liter/menit yang harus disediakan oleh mesin kompresor untuk mengoperasikan mesin blow molding dengan jumlah 6 unit. Dan persentase kebocoran system udara tekan pada mesin blow molding menghasilkan sebesar > 10%. Dari perhitungan beban motor yang berdasarkan penelitian, dengan temperatur 50°C saat beroperasi (*load*) daya output motor sebesar 193 kW dan saat tidak beroperasi (*unload*) dengan temperatur 45°C daya output motor sebesar 186 kW dari data name plate sebesar 200 kW.

*Kata kunci : compressor, kapasitas dan tekanan kerja, Pacific Medan Industri.*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakkatuh.

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmatnya telah memberikan karunia kesehatan dan nikmat yang tiada terkira. Sehingga saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir saya yang berjudul

**“ Analisa kapasitas Dan Tekanan Kerja Kompresor Udara Pada Mesin Blow Molding Tipe CD-I 90 Di PT. Pacific Medan Industri “** yang mana merupakan salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Selama penulisan ini berlangsung, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan kedua orang tua serta bimbingan dari berbagai pihak, Untuk itu penulis turut mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua ( **Karni** ) , Pacar ( **Sela Amelia** ) , dan seluruh keluarga, yang selalu setia mendukung dalam doa dan selalu setia menemani penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir Ini.
2. Bapak **Dr.Suwarno, MT.** selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini .
3. Ibu **Rimbawati, ST, MT.** selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

4. Bapak **Partaonan Harahap, ST, MT.** selaku Wakil Ketua Program Studi Teknik Elektro dan sebagai Dosen Pembimbing dan Penguji I yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak **Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT.** selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro dan sebagai Dosen Pembimbing dan Penguji II yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir Ini.
6. Bapak **Munawar Alfansury Siregar, ST, MT.** Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh **Staf Administrasi dan Dosen – dosen Jurusan Teknik Elektro** yang telah membantu dalam teori dan ilmu yang telah diberikan.
8. Kepada teman – teman serta rekan – rekan mahasiswa teknik elektro lainnya, yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan yang saya terima mendapat balasan yang layak dari Allah SWT. Akhir kata saya mengharapkan semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Medan, 21 Maret 2019

Penulis

Muhammad Ikhsan Pratama

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGHANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar belakang masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Metode Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2. Landasan Teori	8
2.2.1 Peluang Penghematan Energi Pada Kompresor	8
2.2.2 Rugi – Rugi Energi Karena Kebocoran	9
2.3. Daya dan Efisiensi Kompresor	10
2.3.1 Efisiensi Motor Induksi Pada Kompresor	12
2.3.2 Rugi – rugi Motor listrik	13
2.3.3 Faktor Daya	14
2.3.4 Faktor – faktor Efisiensi Motor Induksi	15
2.3.5 Analisa Efisiensi Motor Induksi	16
2.4. Sistem Udara Bertekanan	18
2.4.1 Penunjang Sistem Udara Bertekanan	19
2.5. Jenis Sistem Jalur Distribusi Udara Bertekanan	23
2.5.1 Berdasarkan Penempatan Kompresor	23

2.5.2 Berdasarkan Layout Sistem Pemipaan	25
2.6 Sistem Losses	26
2.6.1 Kebocoran Sistem	26
2.6.2 Kehilangan Tekanan Pada Sistem Pemipaan	28
2.7 Mesin Blow Molding	32
2.7.1 Prinsip Kerja Mesin Blow Mold	34
2.8 Mesin Kompresor Udara	37
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>39</b>
3.1 Lokasi Penelitian	39
3.2 Alat Penelitian	39
3.3 Data Penelitian	40
3.4 Jalannya Penelitian	41
<b>BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>	<b>43</b>
4.1 Analisa Kapasitas dan Tekanan Pada Kompresor Udara	43
4.1.1 Kapasitas Kompresor	43
4.1.2 Pengaruh Kebocoran Pada Kapasitas Kompresor	43
4.1.3 Tekanan Kerja Kompresor	44
4.2 Pemakaian Energi Daya Kompresor	47
4.2.1 Perhitungan Beban Motor	48
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran..	50

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Potensi Penghematan Pada Kompresor Udara	9
Gambar 2.2 Blok Diagram Daya dan Rugi Motor Induksi	12
Gambar 2.3 Grafik Efisiensi Motor Terhadap Beban Motor	14
Gambar 2.4 Faktor Daya dan Efisiensi Motor Induksi Terhadap Beban	15
Gambar 2.5 Ilustrasi Sistem Udara Bertekanan Pada Umumnya	19
Gambar 2.6 Diagram Jenis Kompresor	20
Gambar 2.7 Sistem Air Dryer	21
Gambar 2.8 Tangki Penyimpanan Udara	21
Gambar 2.9 Ilustrasi Distribusi Udara Bertekanan	22
Gambar 2.10 Contoh Konstruksi After dan Pre Filter	23
Gambar 2.11 Sistem Sentralisasi	24
Gambar 2.12 Sistem Desentralisasi	24
Gambar 2.13 Sistem Pipa Loop	25
Gambar 2.14 Sistem Satu Pipa Utama	26
Gambar 2.15 Fitting	30
Gambar 2.16 Proses Injection Blow Mold	35
Gambar 2.17 Proses Extrusion Blow Mold	36
Gambar 2.18 Proses Stretch Blow Mold	37
Gambar 2.19 Diagram Alir Proses Kerja Mesin Kompresor	38
Gambar 3.1 Tata Letak Mesin Blow Mold	40
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 4.1 Skema Jalur Distribusi Udara Bertekanan	45

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Perkiraan Kerugian Akibat Kebocoran	10
Tabel 2.2 Karakteristik Kinerja Motor 25 HP dan 50 HP 380 VAC	17
Tabel 2.3 Karakteristik Kinerja Motor 25 HP dan 50 HP 380 VAC	17
Tabel 2.4 Spesifikasi Mesin Parker Blow Mold	33

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Sumber energi listrik yang selama ini digunakan merupakan sumber energi listrik yang berasal dari fosil. Seperti kita ketahui sumber energi listrik ini persediaannya terbatas yang diperkirakan tersedia untuk 70 tahun kedepan. Biaya pembangkitan energi listrik yang berasal dari fosil tidaklah murah, membutuhkan biaya yang cukup mahal. Sehingga kita dituntut untuk dapat menggantinya dengan sumber energi alternatif yang mungkin untuk digunakan. PT. Pacific Medan Industri (PAMIN) merupakan salah satu industri cukup besar di Indonesia. Sebagai salah satu konsumen energi terbesar PT. PAMIN dituntut untuk berupaya mengatur penggunaan energi secara efektif, efisien dan rasional. Sesuai dengan Instruksi Presiden (Inpres) No 10 (2005) yang menginstruksikan agar dilakukan penghematan energi di instansi – instansi pemerintah pusat ataupun daerah, serta dilakukan sosialisasi program penghematan energi listrik (DESDM, 2003).

Seiring dengan bertambahnya populasi penduduk yang berbanding lurus dengan bertambahnya kebutuhan energi, maka konservasi energi sangat diperlukan. Penghematan energi merupakan salah satu upaya konservasi energi yang dapat dilakukan. Salah satu dampak positif dari penghematan energi adalah pengurangan biaya dari penggunaan energi. Konservasi energi dapat dilakukan secara menyeluruh atau hanya pada beban listrik tertentu. Beban listrik yang paling banyak digunakan dan paling banyak membutuhkan konsumsi energi pada sektor industri adalah mesin listrik karena sebagian besar konsumsi energi pada sektor industri digunakan untuk

menyuplai motor listrik. Oleh karena itu perlu dilakukan konservasi dan audit energi untuk mesin – mesin yang digunakan dalam proses produksi divisi *blow molding* di PT Pacific Medan Industri. Pada penelitian ini akan diidentifikasi pola pengoperasian dan pembebanan mesin – mesin yang digunakan dan dianalisis penyelesaian yang sesuai dengan keadaan yang diperoleh selama proses audit energi.

Motor induksi tiga fasa merupakan motor yang paling banyak digunakan diindustri karena ketahanannya, keandalannya, harganya yang murah, mudah konstruksinya dan bebas perawatannya. Di Amerika, motor listrik mengkonsumsi listrik sekitar 60 % dari daya listrik yang dihasilkan. Ini menandakan bahwa motor induksi tiga fasa sangat berperan penting dalam penggunaan energi.

Di masa depan biaya bahan bakar akan meningkat karena masalah lingkungan dan sumber energi yang terbatas. Oleh karena itu istilah “efisiensi” mulai mononjol terutama dalam masalah keterbatasan energi saat ini, selain harus dapat menemukan sebuah inovasi baru pada alat – alat listrik dan juga dituntut untuk meningkatkan efisiensi kerja dari alat – alat listrik tersebut.

Efisiensi motor listrik sangat penting sekarang ini, dengan menggunakan motor yang dapat menghemat energi diharapkan dapat mengurangi pemakaian bahan bakar dan mengurangi biaya pembangkitan listrik. Selain itu, dengan motor hemat energi diharapkan dapat mengurangi biaya perawatan dan meningkat operasinya. Sebelum menentukan apakah motor lama perlu diganti dengan yang hemat energi atau tidak, perlu dilakukan perhitungan nilai efisiensi motor lama tersebut, setelah itu baru dapat dibandingkan untuk mendapatkan nilai ekivalen biaya yang dapat dihemat.

Hal tersebut menjadi sebuah persoalan pada dunia industri dimana setiap mesin produksi memiliki motor induksi tiga fasa yang dibutuhkan untuk mengoperasikan mesin produksi kemasan tersebut, serta juga beberapa motor induksi sebagai pendukung mesin produksi tersebut, seperti kompresor udara, pompa air dan lainnya. Kemudian daripada itu tertarik hal tersebut maka penulis mencoba membantu menentukan kapasitas suplai angin melalui skripsi yang berjudul : Analisa Kapasitas dan Tekanan Kerja Kompresor Udara pada Mesin Blow Molding Tipe CD – I 90 di PT. Pacific Medan Industri.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang dipaparkan yakni :

1. Seberapa besar kapasitas dan tekanan pada mesin kompresor udara ?
2. Berapa pemakaian energi selama mesin kompresor beroperasi (*load*) dan tidak beroperasi (*unload*).

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang dicapai pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui berapa besar kapasitas dan tekanan kerja yang ada pada mesin kompresor udara tersebut.
2. Untuk dapat mengetahui pemakaian energi yang digunakan selama saat mesin keadaan beroperasi (*load*) dan tidak beroperasi (*unload*).

#### **1.4 Batasan Masalah**

Laporan skripsi yang dibuat ini terbatas pada :

1. Hanya menghitung kapasitas dan tekanan kerja kompresor dengan daya kompresor sebesar 279,349 BTU/hr dengan daya motor 200 kW
2. Selisih pemakaian energi yang digunakan saat dalam posisi beroperasi (*load*) dan tidak beroperasi (*unload*).

#### **1.5 Metode Penelitian**

Adapun metode penelitian ini sebagai berikut :

1. Studi literatur

Merupakan metode penelitian yang berasal dari buku – buku yang terdapat dipustaka setempat, serta buku – buku dari perusahaan yang terkait dari penelitian ini.

2. Observasi atau riset

Merupakan metode penelitian secara investigasi yang dilakukan secara aktif, tekun, dan sistematis yang bertujuan untuk menemukan,meinterpretasikan dan merevisi fakta – fakta.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Langkah – langkah yang pertama dilakukan dalam tugas ini yaitu mempersiapkan hal – hal yang diperlukan antara lain buku – buku pendukung dan diskusi dengan pembimbing dilapangan. Untuk mrndapatkan dan memperoleh penelitian yang terarah, maka pembahasan dilakukan beberapa bab, yakni :

## Bab I PENDAHULUAN

Berisi tentang pendahuluan, latar belakang, maksud dan tujuan kerja praktek, manfaat kerja praktek, ruang lingkup kerja praktek dan sistematika penulisan

## Bab II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang landasan teori relevan dan landasan teori yang menjadikan dasar dari penelitian ini.

## Bab III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas lokasi penelitian, alat dan bahan, metode penelitian terkait dan struktur dari langkah – langkah penelitian ini.

## Bab IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas inti dari persoalan dari penelitian ini meliputi analisa, perhitungan serta mencari titik masalah beserta penyelesaiannya.

## Bab V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka Relevan**

Terus berlangsungnya krisis energi dunia membawa dampak dalam berbagai bidang. Banyak upaya telah, sedang, dan akan terus dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini, dengan prioritas untuk lebih meningkatkan terjaminnya pasokan energi maupun sumbernya. Para ahli dari berbagai cabang ilmu berusaha melakukan riset untuk mencari lebih banyak sumber-sumber energi baru, upaya-upaya penghematan energi, maupun untuk menggunakan energi secara lebih bijak. Penggunaan energi yang bijak tidak hanya menjadi landasan kuat langkah konservasi energi, melainkan juga dapat menjanjikan keuntungan finansial yang menarik.

Di negara-negara maju konsumsi energi listrik didominasi oleh penggunaan motor listrik. Peralatan ini banyak dijumpai di berbagai sektor kegiatan seperti industri, perdagangan, transportasi, komunikasi, fasilitas-fasilitas publik maupun dalam rumah tangga. Motor listrik mengonsumsi lebih dari separuh energi listrik yang dibangkitkan pusat-pusat pembangkit listrik, hampir tiga perempat konsumsi listrik industri, serta hampir separuh dari konsumsi listrik di sektor perdagangan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa motor listrik merupakan tipe beban yang paling mendominasi konsumsi energi listrik sehingga menjadi salah satu target utama dalam upaya penghematan energi. Motor listrik merupakan penyerap energi terbesar, perbaikan efisiensi meskipun kecil yang dilakukan pada motor secara keseluruhan akan menghasilkan penghematan energi



yang cukup signifikan. Mengingat kesederhanaan dan konstruksinya yang kokoh, motor induksi khususnya yang berotor sangkar merupakan jenis motor listrik yang paling banyak digunakan. Motor induksi mengonsumsi sekitar 90 – 95 % dari total total konsumsi energi oleh motor listrik, yang setara dengan kira-kira 53% total konsumsi energi listrik. Motor induksi banyak digunakan sebagai penggerak dalam dunia industri, perdagangan, pelayanan publik, traksi and peralatan-peralatan rumah tangga (Nur, 2012).

Departemen Energi Amerika Serikat (2003) melaporkan bahwa 70 sampai 90 persen udara tekan hilang energi dalam bentuk panas yang tidak dapat digunakan, gesekan, salah penggunaan dan kebisingan. Sehingga kompresor dan sistem udara tekan menjadi area penting untuk meningkatkan efisiensi energi pada *plant industry*. Merupakan catatan yang berharga bahwa biaya untuk menjalankan sistem udara tekan jauh lebih tinggi dari pada harga kompresor itu sendiri.

Penghematan energi dari perbaikan sistim dapat berkisar dari 20 sampai 50 persen atau lebih dari pemakaian listrik, menghasilkan ribuan bahkan ratusan ribu dolar. Sistem udara tekan yang dikelola dengan benar dapat menghemat energi, mengurangi perawatan, menurunkan waktu penghentian operasi, meningkatkan produksi, dan meningkatkan kualitas. Sistem udara tekan terdiri dari bagian pemasukan, yang terdiri dari kompresor dan perlakuan udara, dan bagian permintaan, yang terdiri dari sistem distribusi, penyimpanan dan peralatan pemakai akhir. Bagian pemasukan yang dikelola dengan benar akan menghasilkan udara bersih, kering, stabil yang dikirimkan pada tekanan yang dibutuhkan dengan biaya yang efektif. Bagian permintaan yang dikelola dengan benar akan meminimalkan udara terbuang dan penggunaan udara tekan untuk penerapan yang tepat. Perbaikan dan pencapaian

puncak kinerja sistem udara tekan memerlukan bagian sistem pemasukan dan permintaan dan interaksi diantara keduanya (Hendri, 2003).

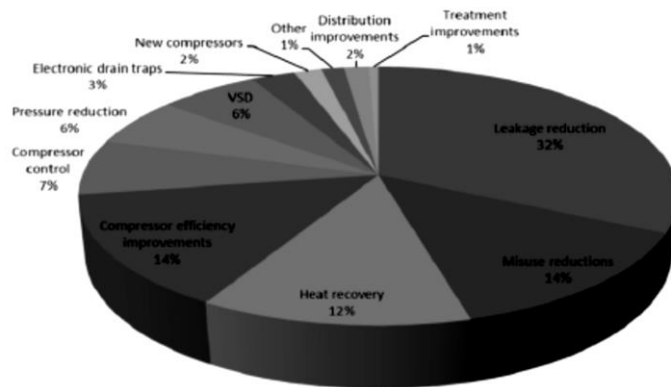
Ketersediaan udara bertekanan pada proses produksi tidak bisa lepas dari suatu sistem udara bertekanan. Sistem ini berfungsi untuk menghasilkan dan mendistribusikan udara bertekanan ke pemakai atau kemesin – mesin proses produksi. Setiap industri memiliki karakteristik kebutuhan udara bertekanan yang 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 (Hamid, 2005).

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Peluang Penghematan Energi Pada Kompresor**

Hampir dari 75 % persen biaya hidup dari suatu sistem kompresor udara bertekanan adalah energi, dengan biaya pemeliharaan sekitar 10 persen dan biaya investasi awal hanya 15 persen saja. Dengan demikian sudah seharusnya perhatian lebih ditujukan kepada biaya energinya. Beberapa peluang penghematan energi pada sistem kompresor ditampilkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Potensi Penghematan Pada Kompresor Udara

Dari gambar diatas tampak bahwa potensi terbesar untuk penghematan energi pada Kompresor udara adalah pada sisi pengurangan kebocoran sebesar 32 %, kedua adalah penggunaan udara bertekanan secara tidak tepat dan perbaikan efisiensi Kompresor sebesar 14 % , berikutnya adalah pemanfaatan panas buang sebesar 12 %. Jika kita lihat pada grafik dibawah ini, potensi penghematan terbesar pada sisi perbaikan kebocoran terdapat pada hampir 100 persen lokasi. Sedangkan Untuk pengantian dengan kompresor baru meskipun bisa memberikan penghematan sebesar 15 % tetapi hanya ekonomis diberlakukan disekitar 6 % lokasi, demikian juga dengan penggunaan meskipun bisa memberikan keuntungan penghematan energi hingga 16 % lebih, tetapi pada kasus praktis hanya ekonomis diberlakukan di 30 % lokasi.

### 2.2.2 Rugi – rugi Energi Karena Kebocoran

Kebocoran pada sistem udara bertekanan sangat umum terjadi, pada kondisi yang dianggap normal saja angka kebocoran bisa mencapai 10 persen. Bahkan berdasarkan pengalaman praktis kebocoran bisa mencapai angka 20 % pada sekitar 80 % industri yang dilakukan pengukuran. Secara umum jumlah udara yang terbuang sangat tergantung kepada besarnya lubang kebocoran dan

tekanan operasi kompresor. Tabel dibawah ini bisa dijadikan sebagai petunjuk untuk menaksir kerugian dalam kW permenit.

Tabel 2.1 Perkiraan Kerugian Akibat Kebocoran

<i>Hole diameter</i>	<i>Air consumption at 6 bar (g) m<sup>3</sup>/min</i>	<i>Loss kW</i>
1 mm	0,065	0,3
2 mm	0,240	1,7
4 mm	0,980	6,5
6 mm	2,120	12,0

Bagian – bagian yang umum terjadinya kebocoran adalah diantaranya sebagai berikut: *Filter, Regulator, Lubricator, Manual Drain Valves, Quick Disconnect (QD) fittings, Hose Clamps, Push-on Hose Fittings, Pipe fitting, Pipe Unions, Flange Gaskets, Old Rusted Piping, Pneumatic Cylinder Rod Packing, Pneumatic Cylinder Body, Directional Control Valve, Valve Pilot Lines and Ports, Valve Stems and Packing.*

Beberapa peluang untuk menghemat konsumsi energi pada kompresor udara diantaranya adalah mengurangi tekanan keluaran, menghilangkan atau mengurangi kebocoran udara tekan, penggantian motor listrik efisiensi tinggi, penggunaan *multi stage compressor*, penggunaan variable inlet volume.

### **2.3 Daya dan Efisiensi Kompresor**

Daya yang diperlukan kompresor tidak hanya untuk proses kompresi gas, tetapi juga untuk mengatasi kendala-kendala mekanis, gesekan, kendala tahanan aerodinamik aliran udara pada katup dan saluran saluran pipa, kebocoran gas, proses pendinginan, dan lain-lain. Kendala-kendala tersebut akan mengurangi daya poros kompresor. Namun untuk menentukan seberapa besar pengaruh masing-masing kendala tersebut adalah sangat sulit. Secara teori perhitungan daya

yang dibutuhkan untuk proses pemampatan kompresi bertingkat adalah sebagai berikut :

$$P_{ad} = p_s Q_s \frac{mn}{n-1} \left[ \left( \frac{p_d}{p_s} \right)^{\frac{n-1}{mn}} - 1 \right] \quad C = \frac{mn}{n-1} \left[ \left( \frac{p_d}{p_s} \right)^{\frac{n-1}{mn}} - 1 \right] \dots (2.1)$$

$$P_{ad} = \frac{p_s Q_s C}{60000} kW \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- $P_{ad}$  = daya untuk proses kompresi adiabatik (kW)
- $m$  = jumlah tingkat kompresi
- $Q_s$  = volume gas ke luar dari tingkat terakhir (m<sup>3</sup>/menit)
- $p_s$  = tekanan hisap tingkat pertama (N/m<sup>2</sup>)
- $p_d$  = tekanan keluar dari tingkat terakhir (N/m<sup>2</sup>)
- $n$  = 1,4 (udara) = 1 isoterma

Daya kompresi adiabatik diatas adalah sama dengan daya poros kompresor dikurangi dengan kendala – kendala kompresi atau dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{ad} = P_{poros} - P_{kendala} = P_{berguna} \dots \dots \dots (2.3)$$

Secara teori, efesiensi sistem adalah perbandingan daya berguna dengan daya masuk sistem, maka efesiensi kompresor dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta_{komp} = \frac{P_{berguna}}{P_{poros}} = \frac{P_{poros} - P_{kendala}}{P_{poros}} = \frac{P_{ad}}{P_{poros}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Berdasarkan rumus tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi efesiensi, daya poros yang dibutuhkan menjadi berkurang, sehingga secara ekonomis menguntungkan. Sedangkan untuk menghitung tinggi yang dihasilkan kompresor adalah sebagai berikut :

$$H = \frac{R_i T_s C_s}{g} + \frac{(c_d^2 - c_s^2)}{2g} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$H = \frac{p_s v_s C}{g} + \frac{(c_d^2 - c_s^2)}{2g} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$C = \frac{mn}{n-1} \left[ \left( \frac{p_d}{p_s} \right)^{\frac{n-1}{mn}} - 1 \right] \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

$c_d$  = kecepatan udara masuk kompresor (m/s)

$c_s$  = kecepatan udara keluar kompresor (m/s)

daya yang dibutuhkan kompresor untuk menghasilkan udara mampat dengan tinggi tekan sebesar H :

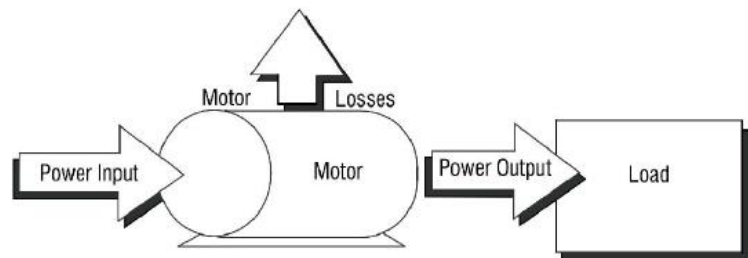
$$P = Q\rho gH \dots \dots \dots (2.8)$$

$$P_{iso} = \frac{Q\rho gH_{iso}}{\eta_{iso}\eta_m 1000} kW \dots \dots \dots (2.9)$$

$$P_{iso} = \frac{Q\rho gH_{ad}}{\eta_{ad}\eta_m 1000} kW \dots \dots \dots (2.10)$$

**2.3.1 Efisiensi Motor Induksi Pada Kompresor**

Efisiensi sebuah mesin adalah suatu ukuran seberapa baik mesin dapat mengubah energi masukan listrik ke energi keluaran mekanik. Efisiensi berhubungan langsung dengan rugi – rugi motor induksi terlepas dari desain mesin itu sendiri.



Gambar 2.2 Blok Diagram Daya dan Rugi Motor Induksi

Dari gambar diatas efisiensi sebagai perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukannya. Daya keluaran sama dengan daya masukan dikurangi dengan semua rugi – rugi daya yang ada. Oleh karena itu, jika dua dari tiga

variabel (keluaran, masukan atau rugi – rugi lainnya) telah didapatkan nilainya, maka efisiensi dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{P_{in} - P_{losses}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.11)$$

dimana :

$\eta$  = efisiensi (%)  
 $P_{out}$  = daya keluaran (W)  
 $P_{in}$  = daya masukan (W)  
 $P_{losses}$  = total rugi – rugi (W)

Sehingga nilai  $P_{in}$  dan  $P_{out}$  dapat dicari melalui persamaan sebagai berikut :

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\theta \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana :

$P_{in}$  = daya masukan (W)  
 $V_L$  = tegangan line (V)  
 $I_L$  = arus line (A)  
 $\cos\theta$  = faktor daya

$$P_{out} = \tau_{load} \times \omega_m \dots \dots \dots (2.13)$$

dimana :

$P_{out}$  = daya keluaran (W)  
 $\tau_{load}$  = torsi beban (Nm)  
 $\omega_m$  = kecepatan motor (rpm)

### 2.3.2 Rugi –rugi Motor Induksi

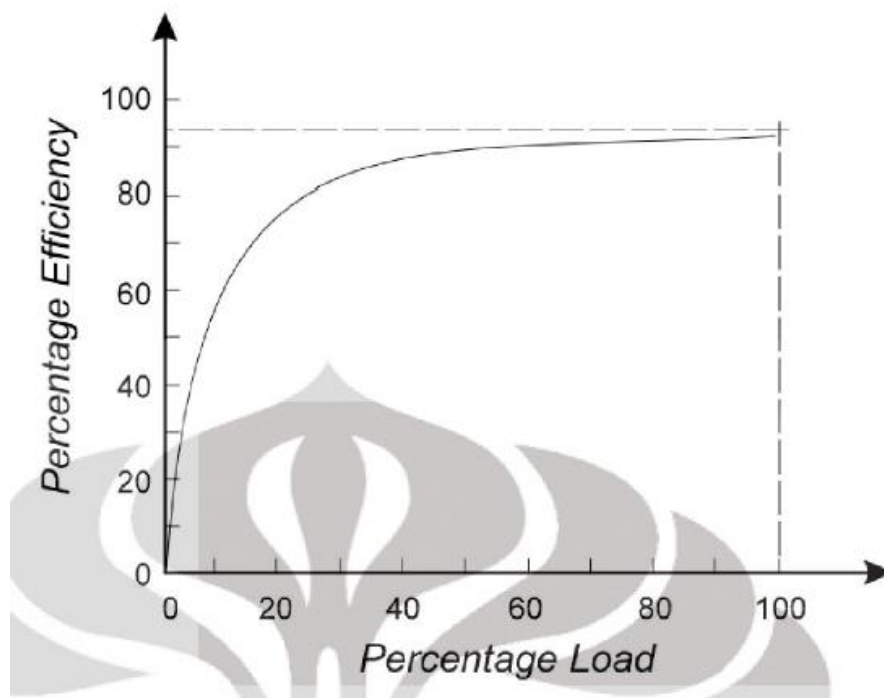
Berdasarkan rangkaian ekuivalen dari motor induksi, rugi – rugi terdiri dari

2 sifat yaitu :

1. Rugi – rugi yang bergantung nilainya terhadap beban. Rugi – rugi ini sebagian besar merupakan rugi – rugi tembaga yang diakibatkan oleh arus beban yang mengalir melalui kumparan stator dan rotor. Rugi – rugi ini sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir.

2. Rugi – rugi konstan. Ini sebagian besar merupakan rugi – rugi karena gesekan, udara dan rugi – rugi besi. Rugi – rugi ini tidak bergantung berapa besar beban yang ditarik.

Karena rugi – rugi konstan tidak bergantung terhadap beban, sedangkan rugi – rugi stator dan rotor bergantung dengan kuadrat arus beban, maka efisiensi motor induksi akan turun secara signifikan saat level beban rendah seperti gambar dibawah ini.

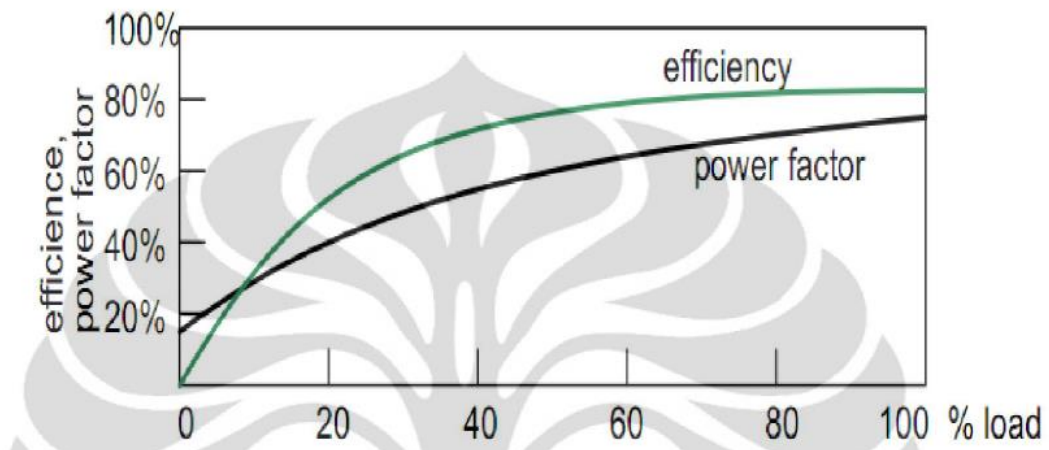


Gambar 2.3 Grafik Efisiensi Motor Terhadap Beban Motor

### 2.3.3 Faktor Daya

Motor listrik menarik arus lagging terhadap tegangan linanya. Faktor daya saat beban penuh untuk motor kecepatan tinggi ukuran besar biasanya mencapai 90%. Saat beban  $\frac{3}{4}$  full load, motor kecepatan tinggi ukuran besar dapat mencapai faktor daya 92%. Sedangkan faktor daya untuk motor kecepatan rendah ukuran kecil hanya mencapai 50%.





Gambar 2.4 Faktor Daya dan Efisiensi Motor Induksi Terhadap Beban

Faktor daya bervariasi nilainya sesuai beban mekaniknya. Motor yang sedang tidak dibebani dianalogikan seperti sebuah trafo yang sisi sekundernya tidak dihubungkan dengan beban. Sehingga catu daya melihat beban reaktif dengan faktor daya yang rendah yaitu 10%. Saat rotor dibebani komponen resistif yang direfleksikan dari rotor ke stator bertambah menyebabkan faktor daya juga bertambah.

#### 2.3.4 Faktor – Faktor Efisiensi Motor Induksi

Motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk melayani beban tertentu. Tentunya besar energi mekanik ini pasti lebih rendah dari energi listrik. Besar efisiensi motor ditentukan oleh kehilangan daya yang dapat dikurangi hanya oleh perubahan rancangan pada motor dan kondisi operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dari dua persen hingga dua puluh persen. Faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah :

1. Usia, motor baru lebih efisien.
2. Kapasitas, sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.

3. Kecepatan, motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
4. Jenis, motor sangkar biasanya lebih efisien dari pada motor cincin geser.
5. Suhu, motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup portal (TEFC) lebih efisien daripada motor *screen protected drip proof (SPDP)*
6. Penggulungan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi.

### 2.3.5 Analisa Efisiensi Motor Induksi

#### A. Analisa Biaya Pengembalian

Masalah yang harus diperhatikan adalah menghitung berapa biaya yang didapat agar dapat menghemat biaya pergantian motor. Metode sederhana “*simple payback*” digunakan untuk menentukan berapa tahun dapat pengembalian biaya pembelian motor baru.

$$\text{penghematan tahunan} = 0,746 \times HP \times L \times C \times U \times \left( \frac{100}{\eta_B} - \frac{100}{\eta_A} \right) \quad (2.14)$$

Dimana :

- HP = daya (W)
- L = persentase daya
- U = jam operasi tahunan (jam)
- C = biaya energi (Rp/kWh)
- $\eta_A$  = efisiensi motor baru (%)
- $\eta_B$  = efisiensi motor lama (%)

#### B. Analisa Penentuan Ukuran Motor

*Oversizing* merupakan salah satu cara untuk menjamin umur motor yang lebih panjang selama fluktuasi beban tiba – tiba maupun penambahan beban yang akan datang. Menggerakkan beban konstan 25 HP dengan motor 50 HP akan menghasilkan kenaikan panas yang lebih rendah daripada menggerakkan beban konstan 25 HP dengan motor 25 HP, karena efisiensi kerja motor antar 50 % - 100 % relatif sama untuk motor di atas 1 HP.

Selain itu motor yang lebih besar memang lebih efisien ketimbang motor ukuran kecil. Motor 50 HP yang bekerja dengan beban 50 % lebih kecil mengkonsumsi energi ketimbang motor 25 HP yang bekerja pada beban full 100 %, berikut ulasanya :

Tabel 2.2 Karakteristik Kinerja Motor  
25 HP dan 50 HP 380VAC

	50 HP @ ½ load	25 HP @ full load
Arus (A)	75	64
Faktor daya	0,7	0,82
Efisiensi	89 %	88,50 %

$$\text{Konsumsi Energi (kW)} = \sqrt{3} \times E \times I \times PF \div 1000$$

$$50 \text{ HP, kW} = \sqrt{3} \times 380 \times 75 \times 0,70 \div 1000 = 34,55 \text{ kW}$$

$$25 \text{ HP, kW} = \sqrt{3} \times 380 \times 64 \times 0,82 \div 1000 = 34,54 \text{ kW}$$

Namun disisi lain dalam aplikasinya motor juga membutuhkan waktu istirahat (*idle time*) baik untuk *maintenance* maupun untuk perbaikan kerusakan. Waktu *idle* untuk motor 50 HP membutuhkan biaya energi lebih besar dengan konsumsi energi 70 % lebih banyak.

Tabel 2.3 Karakteristik Kinerja Motor  
25 HP dan 50 HP 380VAC

	50 HP @ idle	25 HP @ idle
Arus (A)	47,8	25,0
Faktor daya	0,08	0,09

$$\text{Konsumsi Energi (kW)} = \sqrt{3} \times E \times I \times PF \div 1000$$

$$50 \text{ HP, kW} = \sqrt{3} \times 380 \times 47,8 \times 0,08 \div 1000 = 2,51 \text{ kW}$$

$$25 \text{ HP, kW} = \sqrt{3} \times 380 \times 25,0 \times 0,09 \div 1000 = 1,48 \text{ kW}$$

Dengan menganggap kedua motor bekerja selama 4000 jam per tahun dengan pembagian 2000 jam kerja dan 2000 jam istirahat, dan biaya per kWh sebesar \$0,06, maka penghematan energi sebesar motor 25 HP lebih besar \$54 ketimbang motor 50 HP.

Biaya Energi =  $kW \times total\ jam \times \$/kWh$

Saat dibebani

Biaya motor 50 HP =  $34,55 \times 2000 \times 0,06 = \$4146$

Biaya motor 25 HP =  $34,54 \times 2000 \times 0,06 = \$4144$

Motor 50 HP lebih hemat \$2

Saat istirahat

Biaya motor 50 HP =  $2,51 \times 2000 \times 0,06 = \$301,2$

Biaya motor 25 HP =  $1,48 \times 2000 \times 0,06 = \$177,6$

Motor 25 HP lebih hemat \$123,6

(\$123,6 - \$2 = \$121,6 penghematan per tahun motor 25 HP dibanding motor 50 HP)

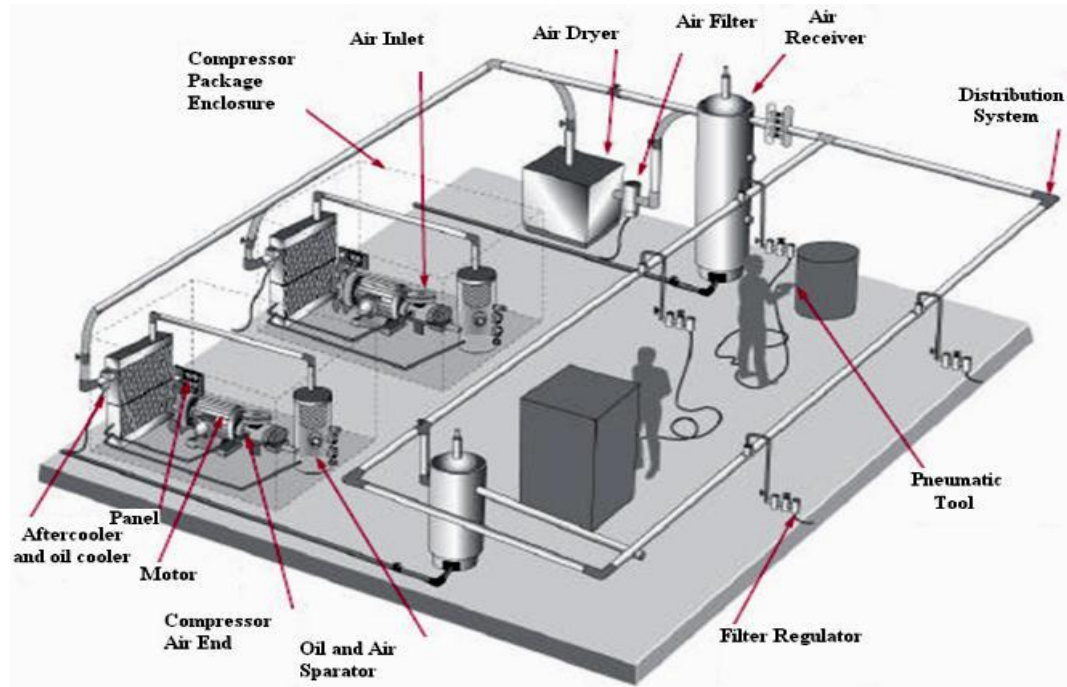
#### **2.4 Sistem Udara Bertekanan**

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 pemipaan merupakan sistem yang kompleks, dimana sistem pemipaan mempunyai hubungan yang sangat erat dengan prinsip – prinsip analisa statik dan dinamik *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 efektif, 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*).

### 2.4.1 Penunjang Sistem Udara Bertekanan

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



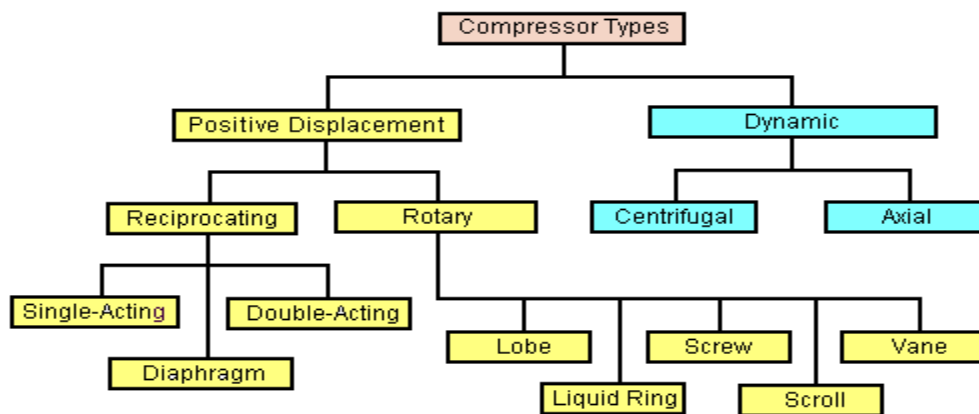
Gambar 2.5 Ilustrasi Sistem Udara Bertekanan Pada Umumnya

#### A. 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 :

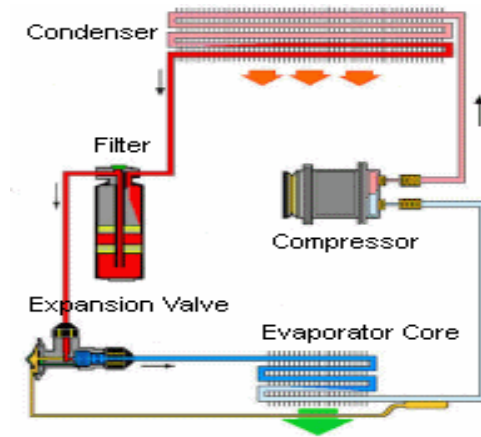
1. Kapasitas beban pemakaian atau volume beban
2. Tekanan pemakaian
3. Kondisi lingkungan sekitar
4. Sumber energi yang tersedia



Gambar 2.6 Diagram Jenis Kompresor

### B. Pengering Udara (*Air Dryer*)

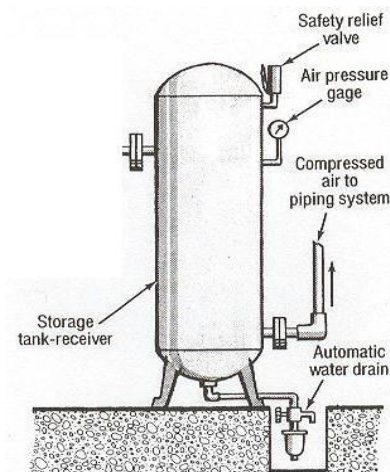
*Air dryer* merupakan komponen yang berfungsi sebagai pengering udara dari uap air yang terkandung, dikarenakan udara yang dihisap kompresor selalu mengandung uap air. Kadar air ini harus ditekan serendah mungkin. Suhu dan tekanan udara menentukan kadar kelembaban udara. Makin tinggi suhu udara, makin 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. Gambar sistem air dryer seperti yang ditunjukkan gambar dibawah ini .



Gambar 2.7 Sistem Air Dryer

### C. Tangki Penyimpanan Udara (*Air Receiver Tank*)

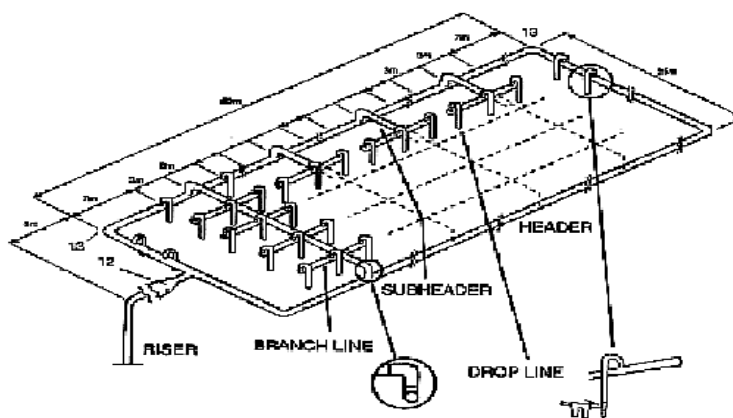
Untuk menyimpan udara yang sudah dikompresi oleh mesin kompresor, diperlukan sebuah tempat yang mampu menahan besarnya tekanan dari udara tersebut yaitu *air receiver tank*. *Air receiver tank* juga berfungsi untuk menjaga tekanan udara yang konstan di dalam sistem yang ada tanpa memperhatikan pemakaian dan suplai 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 2.8 Tangki Penyimpanan Udara

#### D. 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 pembagi utama (*header*), pipa kapiler, *fitting* dan *elbow*. Sehingga pemilihan ukuran dan material merupakan faktor 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.



Gambar 2.9 Ilustrasi Distribusi Udara Bertekanan

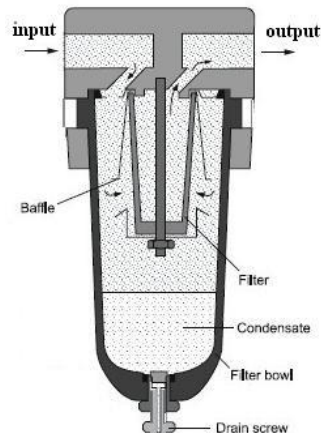
#### E. Penyaring Udara (*After dan Pre Filter*)

Komponen yang berfungsi untuk menyaring udara yang didistribusikan dari air yang masih terkandung, kotoran dan minyak. Prinsip dasarnya udara yang dikompresi melewati lapisan dalam dari elemen penyaring yang bertindak sebagai integral untuk menghilangkan kontaminasi, 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 pre filter* pada sistem udara pemipaan sangat tergantung dari material



dan disain dari komponen itu sendiri, secara umum kemampuan penyaringan partikel padat pada *after* dan *pre filter* yaitu 5 micron.

micron ( $\mu$ ) adalah satuan ukuran untuk menyebutkan ukuran suatu partikel;  $\frac{1}{1000} \text{ mm}$



Gambar 2.10 Contoh Konstruksi After dan Pre Filter

## 2.5 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 pemipaan.

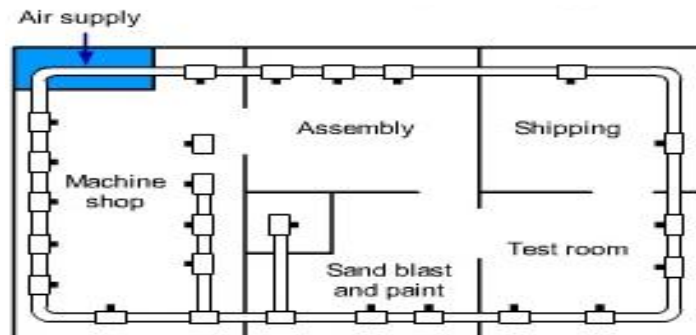
### 2.5.1 Berdasarkan Penempatan Kompresor

Berdasarkan letak kompresor sistem pemipaan 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 kompresor berada dalam satu lokasi, memudahkan untuk

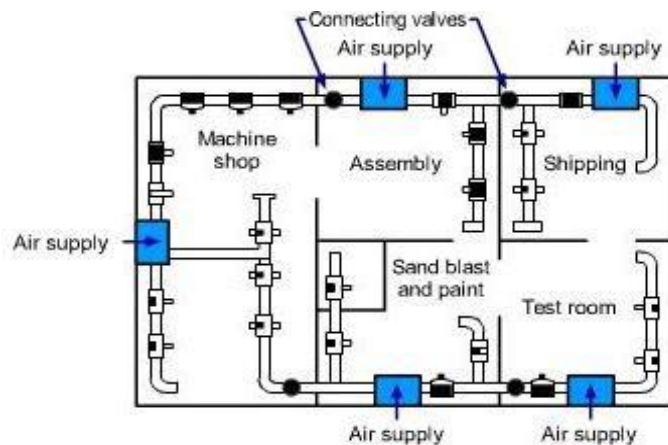
penyediaan listrik dan air (jika unit kompresor model *water-cooled*) karena tersentralisasi.



Gambar 2.11 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 atau 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.



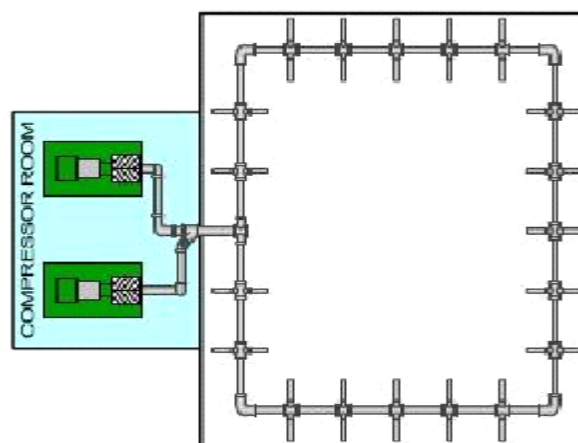
Gambar 2.12 Sistem Desentralisasi

### 2.5.2 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).

#### 1. Sistem Pipa Ring (*Pipe Loop*)

Sistem pipa *loop* atau disebut juga sistem pipa ring merupakan sistem yang menempatkan pipa *header* mengelilingi atau melingkari *plant* pemakaian. Untuk *plant* 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 disuplai dari dua arah sehingga kecepatan udara terbagi dan *pressure drop* berkurang.

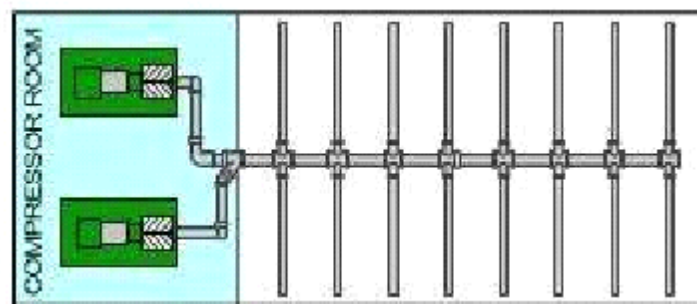


Gambar 2.13 Sistem Pipa Loop

#### 2. Sistem Satu Pipa Utama (*Straight Run*)

Sistem *straight run* atau disebut juga dengan sistem satu pipa utama, merupakan sistem 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 2.14 Sistem Satu Pipa Utama

## 2.6 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).

### 2.6.1 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:

1. Sambungan pipa (*fitting*)
2. Pengatur tekanan (*regulator*)
3. Penjebak air (*water trap*)
4. *Drain* kondesat

Untuk mengetahui persentase dan *flowrate* udara yang terbuang akibat kebocoran sistem, kita dapat melakukan pengujian 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 :

$$leakage (\%) = \frac{(T \times 100)}{(T + t)} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$Q_{loss} = \frac{Q \times T}{T + t} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana :

- T = waktu loading (s)  
 t = waktu unload (s)  
 Q = kapasitas kompresor (m<sup>3</sup>/s)  
 Q<sub>loss</sub> = flowrate terbuang (m<sup>3</sup>/s)

## 2.6.2 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 :

1. Gesekan dengan dinding pipa (*major pressure losses*).
2. Sambungan, belokan dan perubahan diameter pipa (*minor pressure losses*)

### A. Kerugian Tekanan Mayor (*Major Pressure Loss*)

Rugi mayor adalah rugi yang terjadi akibat adanya gesekan aliran fluida dengan adanya gesekan aliran fluida dengan dinding pipa pada pipa lurus.

Profil aliran fluida pada pipa ditentukan dari bilangan *Reynolds* yaitu :

$$Re = \frac{P \times V \times D}{\mu} \dots \dots \dots (2.17)$$

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 *Reynolds* ada tiga macam :

1. Aliran laminar, Re < 2300
2. Aliran transisi, 2300 < Re < 4000
3. Aliran turbulen, Re > 4000

Sedangkan persamaan untuk menentukan nilai massa jenis udara didalam pipa didapat dari persamaan dibawah ini :

$$P = \frac{P}{RT} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P_{\text{absolut}} &= Pa \text{ (tekanan alat ukur + tekanan atm)} \\ R &= 287 \text{ j/kg K} \\ T &= 27^\circ\text{C} \\ &= (27 + 273) = 300^\circ\text{K} \end{aligned}$$

Kecepatan fluida (V) pada *Reynolds* dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = V \times A \text{ jadi } V = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q &= \text{flowrate (m}^3\text{/s)} \\ A &= \text{luas penampang (m}^2\text{)} \\ V &= \text{kecepatan (m/s)} \end{aligned}$$

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

$$\frac{e}{D} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} e &= \text{roughness pipa} \\ D &= \text{diameter pipa} \end{aligned}$$

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

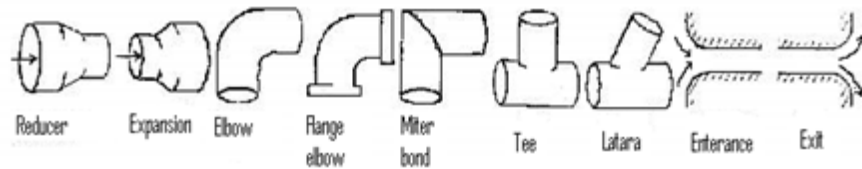
$$\Delta P = f \times \rho \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2} \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana :

$\Delta P$  = kehilangan tekanan mayor (Pa)  
 $f$  = friction factor (Moody diagram)  
 $L$  = panjang pipa (m)  
 $D$  = diameter pipa (m)  
 $V$  = kecepatan fluida (m/s)  
 $\rho$  = massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )

### B. Kerugian Tekanan Minor (*Minor Pressure Loss*)

Rugi – rugi minor adalah kerugian tekanan yang disebabkan karena adanya sambungan pipa (*fitting*) seperti katup (*valve*), belokan (*elbow*), saringan (*filter*), percabangan, *losses* pada bagian masuk, losses bagian keluar, pembesaran pipa (*expansion*), pengecilan pipa (*contraction*) dan sebagainya.



Gambar 2.15 Fitting

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

$$\Delta p = k \times \rho \times \frac{V^2}{2} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana :

$\Delta p$  = kehilangan tekanan minor (Pa)  
 $f$  = friction factor (Moody diagram)  
 $k$  = koefisien hambatan  
 $V$  = kecepatan fluida (m/s)  
 $P$  = massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )



### C. Penurunan Tekanan Total Pemipaan (*Piping Low pressure*)

Penurunan tekanan total pada pemipaan yang disebabkan oleh jalur distribusi pemipaan dapat dicari dengan menjumlahkan rugi – rugi mayor dengan rugi – rugi minor. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut.

$$\Delta p \text{ Total Pemipaan} = \Delta p \text{ mayor} + \Delta p \text{ minor} \dots \dots \dots (2.23)$$

### D. Kerugian Tekanan Komponen (*Component Pressure Loss*)

Selain kerugian mayor yang disebabkan oleh gesekan pada pipa dan kerugian minor yang disebabkan oleh sambungan - sambungan 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 diganti sehingga terjadi penyumbatan dan pada *air dryer* terjadi penyumbatan pada saluran evaporator dikarenakan terjadi pembekuan. Besar rugi – rugi atau penurunan tekanan maksimal diperbolehkan yang disebabkan oleh komponen di atas adalah sebagai berikut.

1. Refrigerant dryer = 8963,184 Pa (1,3 PSI).
2. Line filter/pre filter dan after filter (kondisi masih baru ) = 19994,8 Pa ( 2,9 PSI).

### 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 dibawah ini.

$$\Delta p_{total} = \Delta p_{mayor} + \Delta p_{minor} + \Delta p_{komponen} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana :

$\Delta p$  = kerugian total (Pa)

$\Delta p_{mayor}$  = kerugian mayor (Pa)

$\Delta p_{minor}$  = kerugian minor (Pa)

$\Delta p_{komponen}$  = kerugian komponen (Pa)

## 2.7 Mesin Blow Molding

Mesin adalah alat mekanik atau elektrik yang mengirim atau mengubah energi untuk melakukan atau membantu pelaksanaan tugas manusia. Biasanya membutuhkan sebuah masukan sebagai pemicu, mengirim energi yang telah diubah menjadi sebuah keluaran.

Mesin blow molding adalah mesin yang melakukan kegiatan dalam proses pencetakan atau pembentukkan biji plastik yang dileleh hingga menjadi sebuah botol ataupun jerigen dengan proses pencetakan, baik secara proses *injection blow mold*, *extrusion blow mold* maupun dengan proses *stretch blow mold*. Salah satu mesin blow molding yaitu mesin *Parker Plastic Machinery* mesin yang berasal negara Taiwan dengan proses kerja secara *injection* atau injeksi, *extrusion* atau ekstrusi maupun *stretching*. Salah satunya *parker plastic machinery* dengan tipe PK 90 CD-I dengan proses kerja *extrusion blow mold*. Produk yang dihasilkan bervariasi mulai dari ukuran 1 liter sampai dengan ukuran 5 liter.

Tabel 2.4 Spesifikasi mesin parker blow mold

MODEL PK 90 CD-I	UNIT	
material to be used	PE/PP/HDPE	
Product		
product volume(min/max)	cc	2000 - 5000
product diameter(min/max)	mm	80 - 230
Extruder		
screw diameter	mm	90
screw speed range	rpm	20 - 65
induction motor + inverter	hp	60
max extruder output/per hour	kgs	120
barrel heating zone	zone	4
barrel heating capacity	kw	23.6
Die Head		
twin cavity center distance	mm	250
heating zone	zone	7
heating capacity	kw	20.8
Mold Platen		
clamping force	ton	13
max opening stroke	mm	660/900
min clamping stroke	mm	220/300
carriage stroke	mm	ø50xø580
platen size	mm	520 x 520
		600 x 520
		600 x 660
Hydraulic Sistem		
pump motor	hp	30
pump pressure	Kg/cm <sup>2</sup>	180
air pressure	Kg/cm <sup>2</sup>	7
air volume	NL/min	1500
oil tank capacity	gallon	107
Power		
total power consumption	kw	111.9
average power consumption	kw	78.4
machine weight	ton	11

### 2.7.1 Prinsip Kerja Mesin Blow Mold

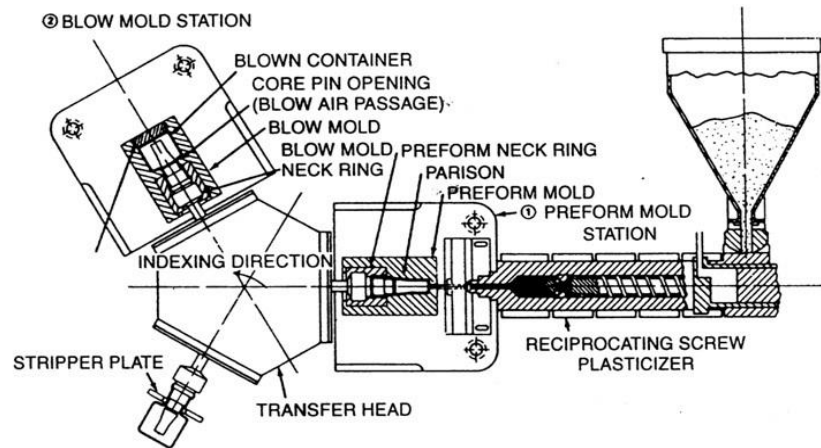
Prinsip kerja dari mesin *blow mold* berbeda – beda tergantung dari fungsi serta produk yang diinginkan.

#### 1. *Injection Blow Mold*

Merupakan salah satu proses pembentukan produk berbahan plastik dengan cara diinjeksikan terlebih dahulu kemudian plastik yang akan diblow dengan sendirinya. Terdiri dari komponen injek dan hembus, secara umum digunakan untuk membuat kontainer dengan ukuran yang relatif kecil dan sama sekali tidak ada pegangan atau *handle*. Sering digunakan untuk kontainer yang terdapat berbentuk ulir pada bagian leher pada botol.

Tahapan proses :

1. Biji plastik dimasukkan kedalam tabung silinder yang panjang dengan temperatur hingga 250<sup>0</sup> C.
2. Dalam tahap proses meleleh atau melting biji plastik tersebut didorong dengan tekanan ulir atau *screw* sehingga mendorong biji plastik menuju proses injeksi
3. Setelah material biji plastik dikumpulkan pada bagian depan tabung silinder, dan dengan keadaan sudah meleleh dengan sempurna
4. Kemudian biji plastik yang sudah meleleh ditekan kedalam cetakan dengan bantuan tenaga hidrolik
5. Kemudian biji plastik didinginkan dengan waktu yang ditentukan
6. Setelah selesai proses pendinginan, kemudian cetakan membuka sehingga produk tersebut akan jatuh dan akan berbentuk sesuai dengan cetakan.



Gambar 2.16 Proses injection blow mold

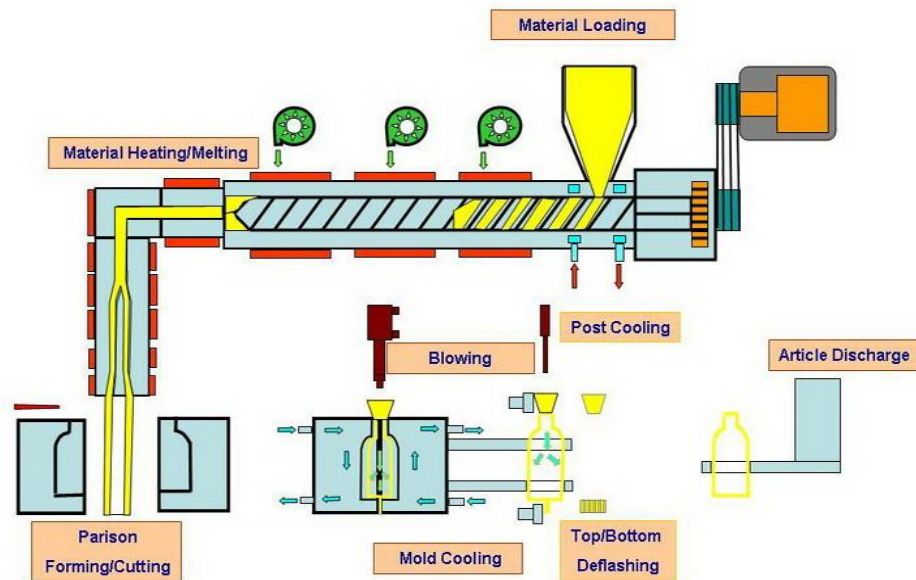
## 2. *Extrusion Blow Mold*

Proses pembentukan biji plastik dengan cara diteteskan dari *extrude* yang berbentuk lembaran panjang yang berongga atau disebut *parison*. Hasil cetakan dari proses ekstrusi berbeda dengan proses injeksi, hasil dari proses *extrusion blow mold* menghasilkan biji plastik yang berongga seperti wadah kontainer jerigen. Jenis plastik yang digunakan adalah *High Density Poly Ethelene* (HDPE), *Low Density Poly Ethelene* (LDPE) dan *Poly Vilum Cloride* (PVC).

Tahapan proses :

1. Biji plastik yang sudah meleleh dikeluarkan dari *extruder* yang didorong dengan ulir (*screw*) yang digerakan dari putaran motor induksi 3 fasa.
2. Lembaran lelehan biji plastik yang berongga ditangkap oleh cetakkan tertutup.
3. Kemudian lubang pada cetakkan akan ditutup dengan silinder yang berongga yang mengalirkan fluida udara dengan tekanan besar kedalam plastik yang dalam keadaan mengembang sehingga menekan kecetakan.
4. Selama proses peniupan cetakkan didinginkan dengan air dingin yang mengalir.

5. Setelah proses peniupan selesai cetakan akan membuka untuk mengeluarkan produk biji plastik tersebut



Gambar 2.17 Proses extrusion blow mold

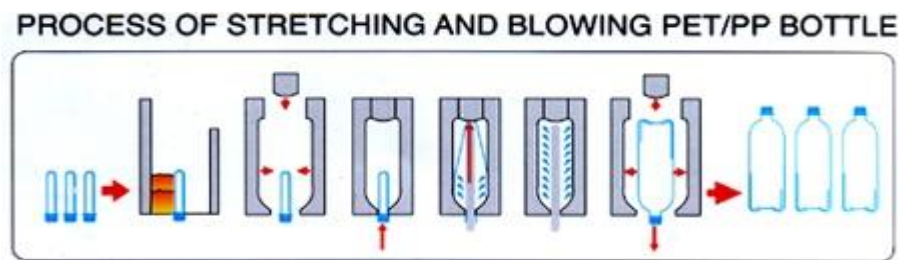
### 3. *Stretch Blow Mold*

Proses pembentukan plastik dengan cara direntangkan atau *stretch* sampai tercapai dengan ukuran yang diinginkan dengan mempertimbangkan ketebalan dari produk yang diinginkan. Proses ini sangat baik digunakan dengan menggunakan biji plastik dengan jenis *Poly Ethelene Terephthalate* (PET). Tahapan prosesnya hampir sama dengan proses *ekstrusion* hanya saja untuk proses *stretch blow mold* memerlukan tiga tahapan proses :

1. Proses pembentukan biji plastik dilelehkan yang kemudian ditekan dengan bantuan tenaga hidrolik menjadi bakal produk yakni berupa *preform*.
2. Kemudian *preform* tersebut dipanas dengan menggunakan pemanas berupa lampu dengan temperatur  $250^{\circ}\text{C}$  sambil berputar untuk mendapatkan panas

yang merata tetapi *preform* tersebut tidak sampai meleleh hanya untuk memanaskan saja.

3. Kemudian *preform* dijepit dengan cetakan dan ditiup dengan tekanan fluida sebesar  $8 \text{ kg/cm}^3$ , kemudian ditiup lagi dengan tekanan  $40 \text{ kg/cm}^3$  hingga memenuhi cetakan dengan padat, didalam proses peniupan *preform* yang berubah menjadi sebuah botol plastik didinginkan dengan bantuan aliran air dingin yang mengalir dalam cetakan.



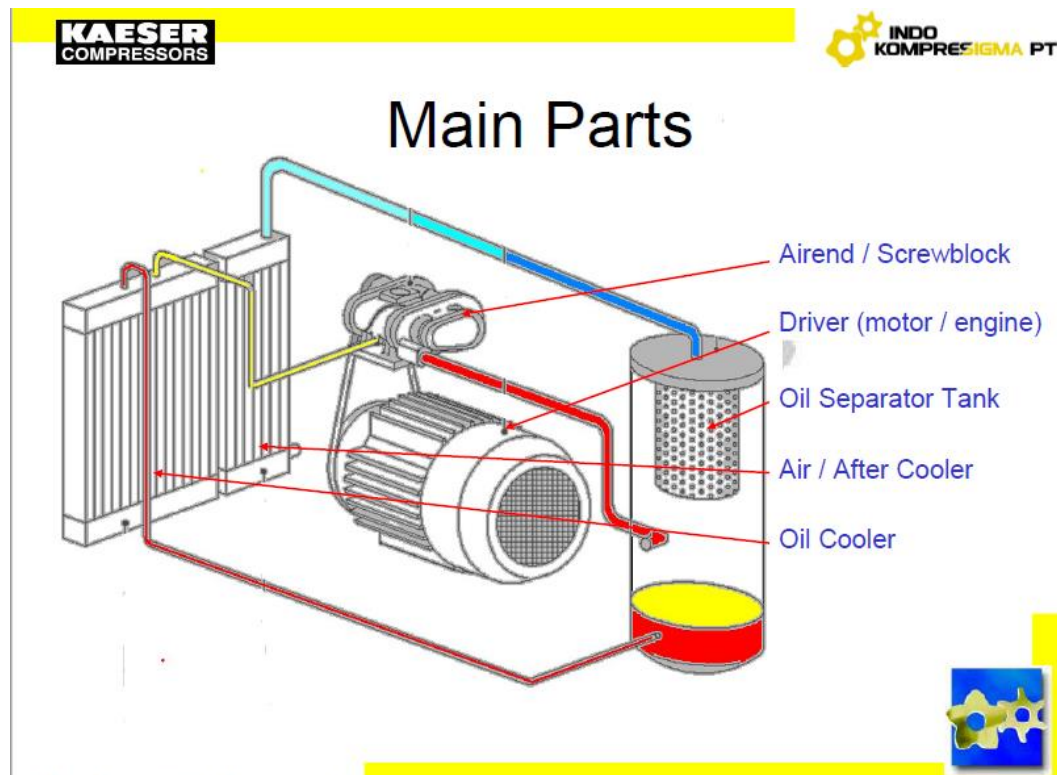
Gambar 2.18 Proses stretch blow mold

Dengan kata lain hampir keseluruhan dari proses sama hanya saja ditentukan dengan material atau biji plastik yang digunakan serta produk yang dihasilkan. Ukuran dari botol dan jerigen dapat ditentukan dengan cetakan yang ditentukan juga, tentu dengan tekanan fluida yang berbeda tergantung dari cetakan yang diinginkan.

## 2.8 Mesin Kompresor Udara

Kompresor adalah alat pemampat atau pengkompresi fluida (gas atau udara) dengan proses pemampatan, udara mempunyai tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan udara lingkungan ( $1 \text{ atm}$ ). Kenaikan tekanan gas atau udara yang dihasilkan kompresor disebabkan adanya proses pemampatan yang dapat berlangsung secara kontinu.

Pada industri, penggunaan kompresor sangat penting, baik sebagai penghasil udara bertekanan atau sebagai kesatuan dari mesin – mesin. Kompresor banyak dipakai untuk mesin pneumatik, sedangkan yang menjadi satu dengan mesin lainnya.



Gambar 2.19 Diagram alir proses kerja mesin kompresor



## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian ini di PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI tahap II Kawasan Industri Medan (KIM) II Desa Saentis, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang 20371 Provinsi Sumatera Utara. Ruang lingkup kerja memproduksi dan pengembangan minyak sayur, *Vegetable Ghee*, *Shortening Margarin* dan lemak khusus yang berasal minyak kelapa sawit mentah *Crude Palm Oil (CPO)* serta memproduksi kemasan metal kaleng, tutup *jerrycan* plastik dan botol.

#### 3.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang dibutuhkan untuk penelitian ini yakni sebagai berikut :

1. Laptop merk “Lenovo”.

Dengan kapasitas 500 HDD (*hard disk drive*) serta layar 4 “ (inchi) digunakan untuk menyusun data – data serta laporan penelitian ini.

2. Multitester dan Ampere meter clamp digital.

Digunakan untuk mengukur tegangan dan mengukur arus yang masuk ke motor kompresor.

3. Mistar atau meteran.

Digunakan untuk mengukur jarak antara mesin *blow molding*.

4. Alat pencatat.

Digunakan untuk mencatat segala kegiatan selama penelitian.

### 3.3 Data Penelitian

Berikut data – data penelitian yang diambil dari PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI :

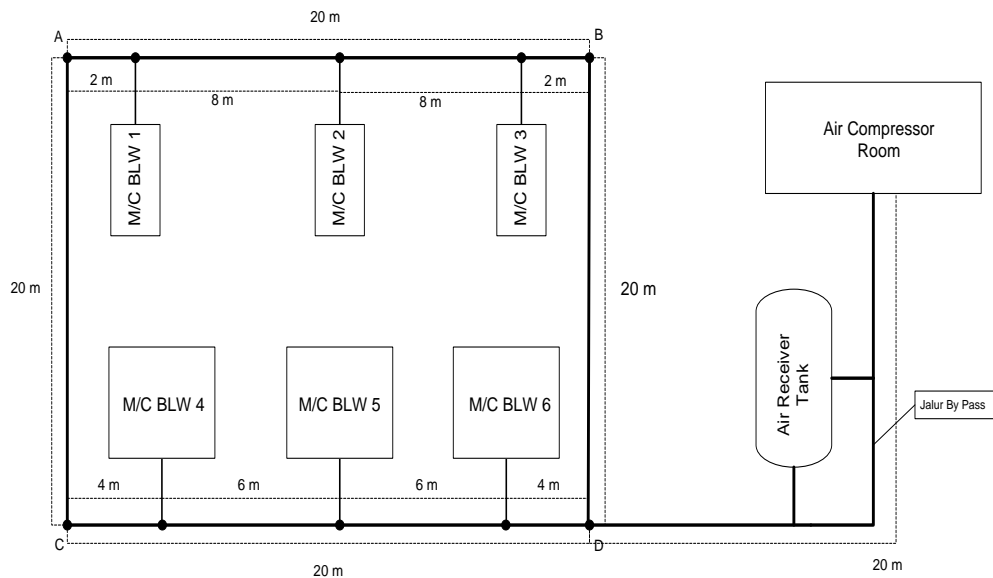
#### A. Spesifikasi mesin kompresor

1. Daya motor sebesar 200 kW
2. Daya kompresor sebesar 279,349 BTU/hr (*British Temperature unit per hour*)

#### B. Ukuran pipa penyalur udara bertekanan

1. Panjang pipa 100 meter
2. Diameter pipa 4 inchi

#### C. Tata letak dan kapasitas mesin *blow molding*



Gambar 3.1 Tata letak mesin *blow molding*

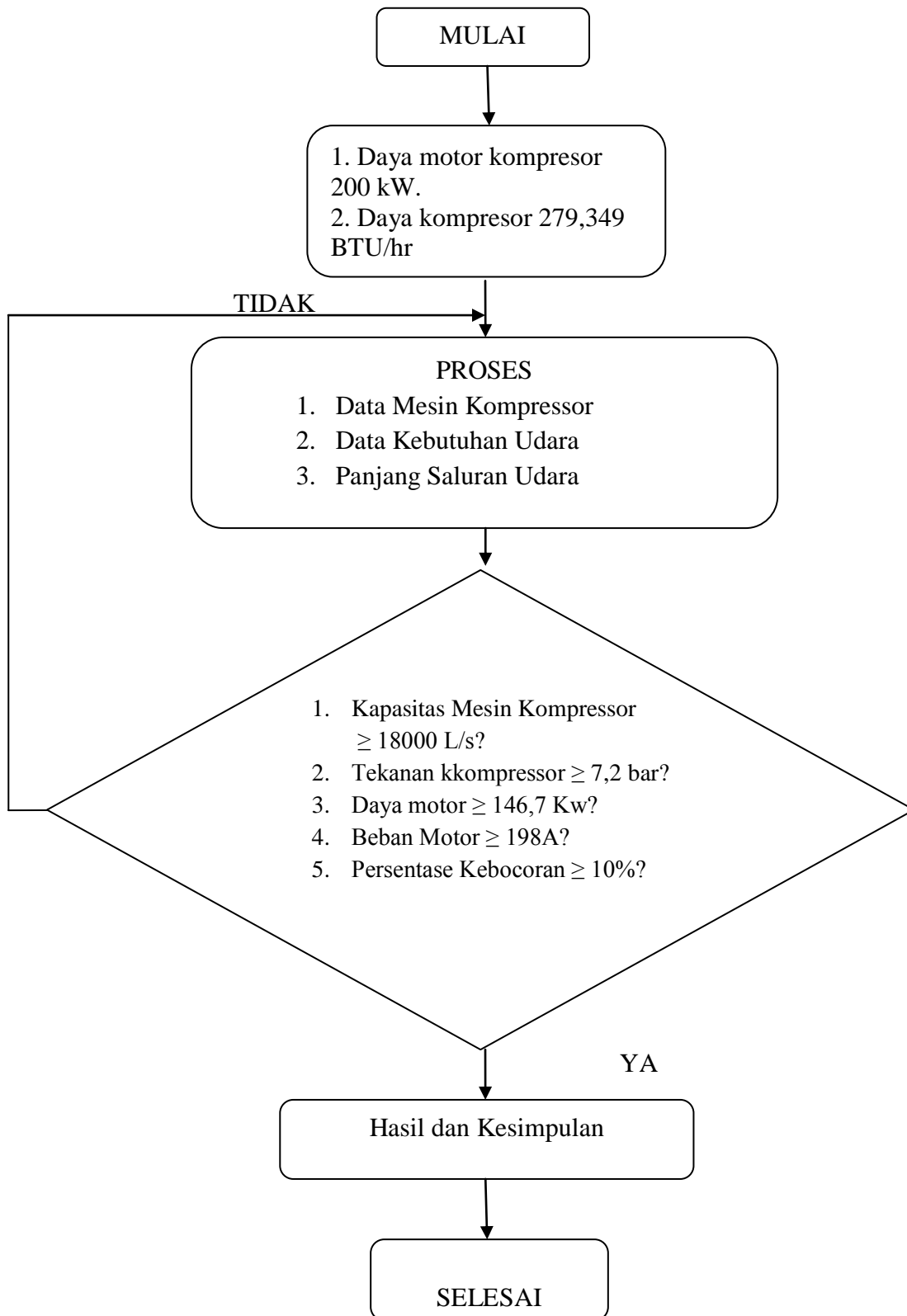
1. Kapasitas mesin blow molding pada setiap mesin 3.000 ltr/menit
2. Kapasitas tabung *air receiver tank* 20.000 ltr/menit

### 3.4 Jalannya Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI tahap II Kawasan Industri Medan (KIM) II Desa Saentis, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang 20371 Provinsi Sumatera Utara,

Pada jalannya penelitian ini meliputi pengambilan data – data pada mesin kompresor yang tercantum pada *name plate* mesin tersebut. Kemudian lanjut dengan mengukur panjang pipa penyalur pipa bertekanan mulai dari ruang kompresor sampai menuju mesin *blow molding* tersebut, serta mengukur jarak antara mesin ke mesin. Lalu di lanjut dengan mengambil data teknis pada mesin *blow molding* yakni kebutuhan udara yang diinginkan berdasarkan dari buku panduan (*manual book*) mesin tersebut.

Diagram alir dalam penelitian seperti tertera dibawah ini :



Gambar 3.2 Grafik alir penelitian

## BAB 4

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Kapasitas dan Tekanan Pada Kompresor Udara

##### 4.1.1 Kpasasitas Kompresor

Kapasitas kompresor adalah debit penuh aliran gas yang ditekan dan dialirkan pada kondisi suhu total, tekanan total dan diatur pada saluran masuk kompresor. Karena debit aliran sama dengan konsumsi udara maka kebutuhan kapasitas kompresor adalah kebutuhan konsumsi udara puncak; yaitu konsumsi udara dimana seluruh mesin bor pneumatika atau mesin pemasang paku keling pneumatika beroperasi, sehingga berapapun jumlah mesin pneumatika beroperasi kapasitas kompresor masih menyukupi untuk mendistribusikan udara bertekanan ke seluruh mesin pneumatika yang beroperasi.

Dalam penelitian ini menggunakan mesin blow molding dengan konsumsi udara yang terpakai 3000 liter/menit dengan tekanan udara sebesar 8 bar = 116,03 psi, maka kapasitas kompresor sesuai dengan konsumsi udara puncak adalah sebesar

$$konsumsi_{udara\ puncak} = jumlah\ mesin \times konsumsi\ udara$$

$$konsumsi_{udara\ puncak} = 6 \times 3000\ liter/menit$$

$$kapasitas_{kompresor} = konsumsi_{udara\ puncak}$$

$$kapasitas_{kompresor} = 18000\ liter/menit$$

##### 4.1.2 Pengaruh Kebocoran pada Kapasitas Kompresor

Kapasitas kompresor tidak hanya dipengaruhi oleh konsumsi udara mesin yang dipakai tetapi dipengaruhi juga oleh kebocoran yang terjadi pada sistem udara bertekanan seperti mesin blow molding, karena kebocoran sebagai sumber pemborosan energi, berkontribusi terhadap kehilangan operasi, menyebabkan penurunan tekanan

sistem yang dapat membuat fungsi peralatan udara jadi kurang efisien dan memberi pengaruh yang merugikan terhadap produksi. Sehingga kapasitas kompresor yang dibutuhkan merupakan hasil penjumlahan dari konsumsi udara puncak dan kebocoran sistem udara bertekanan pada *mesin blow molding* sehingga kinerja alat lebih efisien karena energinya tidak hilang oleh kebocoran yang terjadi.

Persentase kehilangan kebocoran pada sistem udara tekan harus kurang dari 10% dalam sistem yang terawat dengan baik. Mesin *blow molding* merupakan sistem udara bertekanan sehingga persentase kehilangan tidak boleh lebih dari 10 %. Besarnya kapasitas kompresor hasil perhitungan diatas belum termasuk di dalamnya kehilangan energi yang disebabkan oleh kebocoran sistem udara bertekanan pada mesin *blow molding*. Karena kehilangan tersebut tidak boleh lebih dari 10 % maka,

$$kapasitas_{kompresortotal} > konsumsi_{udarapuncak} + (10\% \times konsumsi_{udarapuncak})$$

$$kapasitas_{kompresor total} > 18000 + (10\% \times 18000)$$

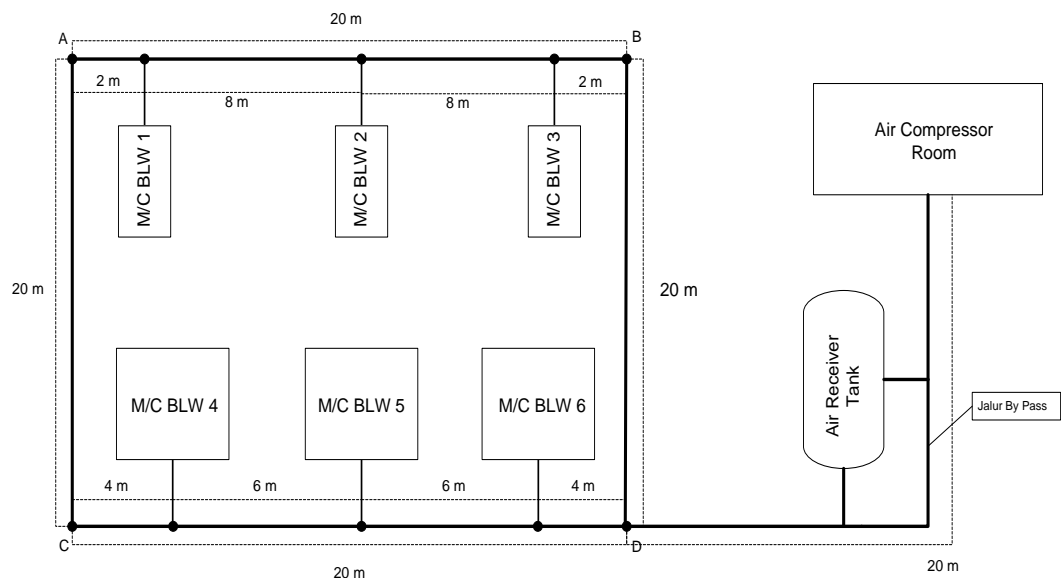
$$kapasitas_{kompresor total} > 18000 + (1800)$$

$$kapasitas_{kompresor total} > 19800 \text{ liter}/\text{menit}$$

#### 4.1.3 Tekanan Kerja Kompresor

Sistem udara bertekanan seperti pada mesin *blow molding* akan mendistribusikan udara bertekanan pada mesin pneumatika sebagai sumber energi penggerakannya, sehingga dibutuhkan jaringan pipa untuk mendistribuskannya. Aliran fluida dalam hal ini adalah udara dalam jaringan pipa dari sumber udara bertekanan yaitu kompresor ke mesin – mesin pneumatika memiliki kelemahan yaitu kerugian – kerugian tinggi tekan sehingga tekanan aliran udara pada mesin pneumatika akan lebih rendah dibandingkan tekanan aliran udara, sedangkan setiap mesin pneumatika memiliki tekanan kerja yang telah ditentukan oleh pabrik pembuat sehingga mesin dapat bekerja dengan baik jika tekanan kerjanya terpenuhi.

Kerugian – kerugian yang terjadi ini tidak dapat dihilangkan sehingga dibutuhkan perhitungan untuk mendapatkan harga tekanan kompresor yang tepat agar tekanan kerja mesin pneumatika dapat terpenuhi walaupun kerugian tinggi tekan tetap terjadi pada aliran fluida dalam jaringan pipa. Dalam menghitung tekanan kerja kompresor terlebih dahulu penulis akan menghitung kerugian – kerugian yang terjadi pada jaringan pipa distribusi.



Gambar 4.1 Skema jalur distribusi udara bertekanan

Pada gambar tampak atas, pendistribusian udara bertekanan disesuaikan dengan area kerja dan ditambah dengan panjang pipa menuju kompresor yang merupakan panjang lokasi kompresor.

$$\text{panjang pipa}_{distribusi} = \text{jarak}_{\text{antara mesin}} + \text{panjang}_{\text{saluran ke kompresor}}$$

$$\text{panjang pipa}_{distribusi} = (20 + 20 + 20 + 20) + 20$$

$$\text{panjang pipa}_{distribusi} = 100 \text{ m}$$

1. Volume distribusi udara jaringan pipa

Distribusi pada jaringan pipa semua mesin yang terkoneksi langsung pada mesin blow molding dengan ukuran pipa 4 inchi dengan panjang saluran dari area mesin sampai ke ruang kompresor 100 meter, sehingga didapat

$$volume_{pipa\ distribusi} = D^2 \times l \times \frac{1}{2}$$

$$v = (4^2) \times 100 \times \frac{1}{2}$$

$$v = 800\ liter$$

2. *Flow rate* distribusi udara jaringan pipa

Definisi dari flow rate adalah ukuran volume cairan yang bergerak dalam jumlah waktu tertentu. Flow rate tergantung pada luas pipa atau saluran yang dilalui cairan, dan kecepatan cairan. Apabila diketahui diameter pipa 4 inchi dengan kecepatan udara 13,88  $m/s$  maka,

$$A = r^2 \times \pi$$

$$A = 2^2 \times 3,14$$

$$A = 12,56\ m^2/s$$

Sehingga *flow rate*,

$$Q = A \times v$$

$$Q = 12,56 \times 13,88$$

$$Q = 174,34\ m^3/s$$



### 3. Head mesin pneumatika

Head mesin pneumatika untuk menghitung tekanan kerja kompresor yang penulis pakai adalah tekanan kerja minimum mesin pneumatika yaitu 7,2 Bar atau 720.000 pa, tekanan atmosfer bumi adalah 101300 pa dengan temperatur ruangan 27°C.

$$H = \frac{P}{\rho \times g}$$

$$\rho_{udara}(27^{\circ}\text{C}) = 1,176$$

$$H = \frac{720000}{1,176 \times 9,81} = 62412 \text{ m}$$

### 4. Tekanan kerja Kompresor

Tekanan kompresor yang tepat adalah tekanan kerja mesin pneumatika dapat terpenuhi walaupun kerugian tinggi tekan tetap terjadi pada aliran fluida dalam jaringan pipa. Sehingga tekanan kerja kompresor adalah penjumlahan antara tekanan kerja mesin pneumatika dan kerugian – kerugian yang terjadi.

$$P_{kompresor} = 62412 \times (1.176 \times 9,81) = 720019 \text{ Pa} \approx 7,2 \text{ bar}$$

## 4.2 Pemakaian Energi Daya Kompresor

Berdasarkan data penelitian daya motor pada mesin kompresor sebesar

### 1. Motor listrik kompresor

- Daya motor (kW) : 200 kW
- Arus (I) : 350 A
- Cos  $\phi$  : 0,87
- Tegangan : 380 Volt
- Putaran motor : 1475 rpm

## 2. Motor listrik kipas pendingin udara

- Daya motor : 7,5 kW
- Arus : 10,6 A
- Cos  $\phi$  : 0,85
- Tegangan : 380 Volt
- Putaran motor : 3000 rpm

Sehingga dapat dihitung batas daya output motor berdasarkan temperatur motor yang terukur, diketahui saat motor kompresor beroperasi (load) didapat temperatur sebesar 50°C dan saat tidak beroperasi (unload) temperatur sebesar 43°C maka,

$$P_{output} = \frac{93}{100} \times 200 \text{ kW} = 186 \text{ kW}$$

merupakan daya kompresor saat tidak beroperasi (unload) sedangkan saat beroperasi (load)

$$P_{output} = \frac{96,5}{100} \times 200 \text{ kW} = 193 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan, motor rentan mengalami kelebihan temperatur yang dapat menyebabkan rugi daya, terutama pada motor kompresor.

### 4.2.1 Perhitungan Beban Motor

Perhitungan beban motor dilakukan untuk mengetahui beban operasi motor-motor mesin produksi divisi pabrikasi. Hasil perhitungan digunakan untuk mengidentifikasi beban motor terlalu kecil atau terlalu besar. Perhitungannya menggunakan metode pengukuran daya masuk. Pada arus disetiap tegangan didapat :

$I_R$ : 301 A;     $I_S$ : 295 A;     $I_T$ : 300 A, sehingga

$$I_{rata-rata} = \frac{(301 + 295 + 300)}{3} = 298 \text{ A}$$

$V_{RS} = 380 \text{ V}$  ;  $V_{ST} = 370 \text{ V}$  ;  $V_{TR} = 378 \text{ V}$ , maka

$$V_{Rata-rata} = \frac{(380 + 370 + 378)V}{3} = 376 \text{ V}$$

#### 1. Motor listrik kompresor

- Daya motor (kW) : 200 kW
- Arus (I) : 350 A
- Cos  $\phi$  : 0,87
- Tegangan : 380 Volt
- Putaran motor : 1475 rpm

Maka dapat dihitung daya masuknya , yaitu ;

$$P_I = \frac{376 \times 298 \times 0,87 \times 1,73}{1000} = 168,643 \text{ kW}$$

Kemudian dapat juga dihitung nilai daya masuk berdasarkan data name plate, yaitu

$$P_R = \frac{200}{0,87} = 229,885 \text{ kW}$$

Selanjutnya dapat dihitung besar beban motor, yaitu :

$$load = \frac{168,643}{229,885} \times 100\% = 73,35\%$$

Sehingga beban yang sebenarnya

$$73,35\% \times 200 \text{ kW} = 146,7 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan motor dibebani antara 50 -100%.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis dari pemanfaatan pada mesin kompresor udara serta pemakaian daya energi pada mesin kompresor didapat kesimpulan :

1. Dengan konsumsi udara yang terpakai untuk mesin blow molding sebesar 3000 liter/menit dengan tekanan 8 bar, maka kapasitas kompresor sesuai dengan udara puncak sebesar 18000 liter/menit yang harus disediakan oleh mesin kompresor untuk mengoperasikan mesin blow molding dengan jumlah 6 unit.
2. Dari perhitungan beban motor yang berdasarkan penelitian, dengan temperatur 50°C saat beroperasi (*load*) daya output motor sebesar 193 kW dan saat tidak beroperasi (*unload*) dengan temperatur 45°C daya output motor sebesar 186 kW dari data nameplate sebesar 200 kW.
3. Presentase kebocoran sistem udara tekan pada mesin blow molding menghasilkan sebesar > 10 %.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas tercantum beberapa saran dari penulit tentang penelitian ini, yakni :

1. Dengan diketahui kapasitas dari mesin kompresor sebagaimana untuk melayani kebutuhan dari mesin *blow molding* maka dibutuhkan 2 mesin kompresor untuk melayani 6 mesin *blow molding*, apabila tersebut tidak dipenuhi oleh mesin kompresor maka mesin kompresor akan mengalami

*overheating* sebab tidak adanya waktu jeda atau istirahat yang akan menyebabkan kerusakan atau terbakarnya motor kompresor pada mesin kompresor tersebut, sebab kapasitas yang dimiliki tidak cukup untuk melayani 6 mesin *blow molding* sekaligus.

2. Sesuai dengan saran diatas tentang kurangnya kebutuhan udara untuk mesin *blow molding* maka disarankan untuk memiliki 2 atau 3 mesin kompresor yang mana kerja dari mesin tersebut dapat diatur secara bergantian sesuai dengan kebutuhan udara untuk mesin *blow molding*, hal tersebut akan berpengaruh pada pemakaian energi yang terpakai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arrasich, Indra Fajar., 2014. "Perhitungan Ulang Instalasi Kompresor CP9560 Pada *Central Proccesing Area(CPA)* Job Pertamina-Petrochina East Java Tuban". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Program Studi Diploma III Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ghazali, R., A. 2011."Metode Perhitungan Efisiensi Motor Induksi Yang Sedang Beroperasi". Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Hamid, A., Muwardi H. 2012,"Evaluasi Penurunan Tekanan Pada Pemipaan Sistem Udara Bertekanan Di PT. Indofood Sukses Makmur (Bogasari Flour Mill)". Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Hendri. 2010."Potensi Penghematan Energi Pada Kompresor Di PT. ABC". Program Teknik Industri Universitas Mercubuana.
- Kartikasari, C., Tri. 2012."Analisis Efisiensi Dan Efektifitas Penggunaan Mesin Produksi Pada CV. Harapan Baru". Program Studi Diploma III Manajemen Industri Fakultas Ekonomi Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Malik, Nasrun Hariyanto,syahrial., Februari 2013,"Analisis Penghematan Energi Motor Listrik di PT. X", Jurnal Reak Elkomika, Vol.1 no.3. Institut Teknologi Surabaya.
- Rijono, Yon. 2015. "Dasar Tehnik Tenaga Listrik". Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Shantia, Kosa., dkk. 2011."Analisis Pemanfaatan Energi Listrik pada Mesin – mesin Produksi Divisi Pabrikasi Di PT. INKA Madiun".Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Widoro, Ego.2007."Perhitungan Kapasitas Dan Tekanan Kerja Kompresor Udara Pada *Sheet Metal Shop* Di SMK Penerbangan Dirghantara Kecamatan Legok Tagerang". Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana, Jakarta.