



TUGAS AKHIR - TM 145502

**PERHITUNGAN *PRESSURE DROP* DAN
KAPASITAS UDARA PADA *FLY ASH*
PNEUMATIC CONVEYING DI PT
PETROKIMIA GRESIK**

**ALI FAKHRI AR RAISI
NRP. 2114 030 014**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc
NIP. 19610714 198803 1 003**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - TM 145502

**PERHITUNGAN *PRESSURE DROP* DAN
KAPASITAS UDARA PADA *FLY ASH*
PNEUMATIC CONVEYING DI PT
PETROKIMIA GRESIK**

**ALIFAKHRI AR RAISI
NRP 2114 030 014**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc
NIP. 19610714 198803 1 003**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - TM 145502

**CALCULATION OF PRESSURE DROP AND
AIR CAPACITY FOR FLY ASH PNEUMATIC
CONVEYING IN PT PETROKIMIA GRESIK**

**ALI FAKHRI AR RAISI
NRP 2114 030 014**

**Consellor Lecture :
Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc
NIP. 19610714 198803 1 003**

**DEPARTMENT of INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

**PERHITUNGAN *PRESSURE DROP* DAN KAPASITAS
UDARA PADA *FLY ASH PNEUMATIC COVEYING* DI PT
PETROKIMIA GRESIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Bidang Studi Konversi Energi
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Ali Fakhri Ar Raisi
NRP. 2114030014



Disetujui Oleh,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc
NIP. 19610714 198803 1 003

SURABAYA, JULI 2017

**PERHITUNGAN *PRESSURE DROP* DAN KAPASITAS
UDARA PADA *FLY ASH PNEUMATIC CONVEYING* DI PT
PETROKIMIA GRESIK**

Nama Mahasiswa : ALI FAKHRI AR RAISI
NRP : 2114 030 014
Jurusan : D3 Teknik Mesin Industri FV – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc.

Abstrak

Sistem udara bertekanan merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan udara bertekanan pada suatu sistem baik itu untuk kebutuhan industri maupun kebutuhan bidang lain. Pada instalasi sistem udara bertekanan yang digunakan oleh PT Petrokimia Gresik di Fly Ash Pneumatic Conveying System digunakan untuk mensuplai abu terbang atau fly ash yang merupakan produk sisa pembakaran dari batu bara pada boiler PLTU di Petrokimia Gresik.

Kebutuhan udara bertekanan di Unit Batu Bara PT Petrokimia Gresik dipenuhi oleh kompresor jenis oil injected screw dan beberapa peralatan penunjang seperti air receiver, air dryer, dan pressure vessel. Mengingat pentingnya peningkatan kualitas dan penyesuaian kebutuhan pada sistem udara bertekanan ini maka perlu dilakukan perhitungan ulang pada sistem udara bertekanan pada fly ash pneumatic conveying system di PT Petrokimia Gresik.

Dari hasil perhitungan didapatkan kapasitas udara yang dibutuhkan sebesar 98 ft³/min, laju aliran massa material sebesar 13.6325 ton/jam, dan kerugian tekanan yang terjadi sebesar 4511.32 Pa..

Kata Kunci : Kompresor screw, sistem udara tekan, kapasitas, udara, kerugian tekanan, Fly Ash, Pneumatic Conveying, receiver air, air dryer

Halaman ini sengaja dikosongkan

CALCULATION OF PRESSURE DROP AND AIR REQUIREMENTS CAPACITY FOR FLY ASH PNEUMATIC CONVEYING IN PT PETROKIMIA GRESIK

Student Name : ALI FAKHRI AR RAISI
NRP : 2114 030 014
Major : Teknik Mesin Industri FV – ITS
Conselor Lecture : Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc

Abstract

Compressed air system is a system that supply the need of compressed air for industrial use or another application. In the installation of compressed air system used by PT Petrokimia Gresik in Fly ash pneumatic conveying system, the fly ash is the by product of the coal combustion in the PT Petrokimia Gresik Power plant boiler that need to be trasferre into the Ash Silo.

The need of compressed air in Coal unit of PT Petrokimia Gresik is fullfilled by oil injeceted screw compressor and some other supporting equipment such as air receiver, air dryer, and pressure vessel. Considering the importance of quality and the need of compressed air in this plant, then it needs to be done the racalculation on the Requirement of compressed air PT Petrokimia Gresik..

From the result of calculation, the capacity of compressor air generated by 98 ft³/min, mass flow rate is 13.6325 ton/jam, and the pressure loss is 4511.32 Pa.

Keywords : Oil Free Screw Compressor , Compressed-Air System, Capacity, Power, Pressure Drop, Pneumatic Conveying, Fly Ash, Air Dryer, Air Receiver, Pressure Vessel.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan petunjuk-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini antara lain:

1. Orang tua penulis, Ibu Ninik Yuliana SAg, Bapak Moehammad Tari SAg, keluarga penulis yang selalu berdoa, dan memberikan dukungan moral dan materi serta nasehat agar selalu bersemangat dan pantang menyerah. Terimakasih atas motivasi dan kasih sayang yang selalu diberikan demi kesuksesan penulis.
2. Bapak Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan ilmu – ilmu yang bermanfaat, saran, serta membimbing penulis. Terimakasih atas waktu dan kesabarannya dalam membimbing penulis dalam penyelesaian tugas akhir.
3. Bapak, Drs. Heru Mirmanto M.T selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin Industri.
4. Bapak Ir. Suhariyanto, M.Sc. selaku koordinator tugas akhir program studi D3 Teknik Mesin Industri.
5. Bapak Lutfi, Mas Eko, dan Mas Rofi sebagai pembimbing yang selalu membantu ketika di PT Petrokimia Gresik.
6. Sahabat saya, Renaldi Ardiansyah, Imam Sakroni, Hermawan Listyoputra yang sudah membantu dalam mengerjakan tugas akhir ini.
7. Partner TA Diko, Hapet, dan Hendri
8. Teman – teman D3 Teknik Mesin angkatan 2014, yang telah menemani selama 3 tahun terimakasih atas semuanya.
9. Seluruh Civitas Akademik D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
10. Serta seluruh pihak yang belum disebutkan di atas dimana telah memberikan do'a bantuan dan dukungan bagi

penulis hingga tugas akhir ini selesai tepat waktu dengan baik.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan dari semua pihak. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan pengetahuan.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penulisan anfaat	2
1.5. Manfaat Penulisan	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSATAKA	5
2.1. Sistem Udara Bertekanan	5
2.2. Komponen Sistem Udara Bertekanan	6
2.2.1.Kompresor	6
2.2.2.Pipa	7
2.2.3.Pressure Gage	8
2.2.4.Air Receiver.....	8
2.2.5.Air Dryer.....	9
2.2.5.Air Filter	10
2.3. Kompresor	11
2.3.1.Klasifikiasi Kompresor	11
2.3.2.Konstruksi Kompresor Screw	16
2.3.3.Bagian-Bagian Kompresor Sekrup	17
2.3.4.Cara Kerja Kompresor Sekrup.....	19
2.3.5.Jenis Kompresor Sekrup	21
2.4. Pipa (<i>Pipe</i>)	25
2.4.1.Material Pipa.....	25
2.4.2.Kode dan Standar Pipa.....	25
2.4.3.Fitting.....	26

2.4.4. Katup(Valve).....	26
2.4.5. Piping Joint	27
2.4.6. Slip Joint	28
2.5. Hukum Kontinuitas	28
2.6. Kerugian Tekanan	30
2.6.1. Kerugian Mayor(Mayor Losses)	30
2.6.2. Kerugian Minor(Minor Losses)	31
2.7. Material Handling Equipment	33
2.7.1. Pengertian Material Handling Equipment.....	33
2.7.2. Pneumatic Conveying System	34
2.7.3. Metode Perhitungan Pressure Drop System..	40
BAB III METODOLOGI	44
3.1. Metode Penyusunan Tugas Akhir	44
3.2. Data – Data Hasil Survey	44
3.2.1. Data Data Spesifikasi Kompresor	44
3.2.2. Data Spesifikasi Pipa Instalasi Kompresor ke Vessel	45
3.2.3. Data Spesifikasi Air Receiver	45
3.2.4. Data Spesifikasi Pipa Instalasi Vessel ke Ash Silo	45
3.3. Urutan Pengerjaan	46
3.3.1. Diagram Alir Secara Umum	46
3.3.2. Diagram Alir Perhitungan Sistem Instalasi Udara Tekan(Kompresor –Vessel)	47
3.3.3. Diagram Alir Perhitungan Sistem Instalasi Udara Tekan(Kompresor –Vessel).....	49
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	51
4.1. Perhitungan Kapasitas Udara yang Dibutuhkan .	51
4.1.1. Kebutuhan Udara Pada Instalasi	51
4.2. Perhitungan Laju Aliran Massa Pada Pipa.....	52
4.3. Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	52
4.3.1. Perhitungan Relative Roughness	52
4.3.2. Perhitungan Pressure Drop(Compressor- Vessel)	52

4.3.3. Perhitungan Pressure Drop(Pressure Vessel- Ash Silo).....	55
4.4. Perhitungan Tekanan Minimal Receiver Tank	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Udara Bertekanan	5
Gambar 2.2	Pipa Galvanized	7
Gambar 2.3	<i>Pressure Gage</i>	8
Gambar 2.4	<i>Air Receiver</i>	9
Gambar 2.5	<i>Air Dryer</i>	10
Gambar 2.6	Klasifikasi Kompresor menurut buku Sularso	12
Gambar 2.7	Klasifikasi Kompresor menurut Royce N. Brown	13
Gambar 2.8	Kompresor Reciprocating	13
Gambar 2.9	Kompresor Straight Lobe	14
Gambar 2.10	Kompresor Sliding Vane	14
Gambar 2.11	Kompresor Liquid Piston	14
Gambar 2.12	Ejector	15
Gambar 2.13	Kompresor Sentrifugal	15
Gambar 2.14	Kompresor Aksial	15
Gambar 2.15	Rotor Jantan dan Betina	16
Gambar 2.16	Penampang Kompresor Sekrup	17
Gambar 2.17	Komponen Utama Kompresor Sekrup	17
Gambar 2.18	Cara Kerja Kompresor Sekrup	20
Gambar 2.19	Konstruksi Kompresor Sekrup Jenis Injeksi....	22
Gambar 2.20	Konstruksi Kompresor Sekrup Jenis Injeksi....	22
Gambar 2.21	Kompresor Sekrup Kecil Jenis Injeksi Minyak	23
Gambar 2.22	Diagram Sistem Kompresor Sekrup Injeksi Minyak.....	23
Gambar 2.23	Diagram Sistem Kompresor Sekrup Jenis Bebas Minyak.....	24
Gambar 2.24	Persamaan Kontinuitas dengan Volume Atur..	29
Gambar 2.25	Aliran Proses pada Dilute Phase Conveying System	35
Gambar 2.26	Aliran Proses pada Dense Phase Conveying System	37
Gambar 2.27	Rotary Valve	38
Gambar 2.28	Hopper	39
Gambar 2.29	Pressure Vessel	39
Gambar 3.1	Diagram Alir Secara Umum	46

Gambar 3.2	Diagram Alir Perhitungan Instalasi Sistem Udara Tekan(Kompresor-Vessel)	47
Gambar 3.3	Diagram Alir Perhitungan Instalasi Sistem Udara Tekan(Kompresor-Vessel) (<i>Lanjutan</i>)	48
Gambar 3.4	Diagram Alir Perhitungan Instalasi Sistem Udara Tekan(Vessel-Ash Silo).....	49
Gambar 3.5	Diagram Alir Perhitungan Instalasi Sistem Udara Tekan(Vessel-Ash Silo) (<i>Lanjutan</i>).....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien kerugian pada aliran untuk komponen pipa	33
Tabel 4.1	<i>Pipeline Sections Data</i>	61
Tabel 4.2	<i>Conveying System Input Data</i>	62
Tabel 4.3	<i>Pressure Drop Calculations</i>	62

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PEDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT Petrokimia Gresik dalam melakukan kegiatan produksinya memerlukan pasokan energy listrik yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhannya. PT Petrokimia Gresik tempat studi kasus dalam menyelesaikan tugas akhir ini memiliki berbagai macam metode untuk meningkatkan jumlah serta kualitas produksinya. Salah satu cara yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi kerja didalam pabrik maka PT Petrokimia Gresik khususnya di bagian pembangkit listrik atau Unit Batu Bara menggunakan system *pneumatic conveying* dalam mentransportasikan sampah batubara hasil produksi yakni *fly ash*. Untuk mensuplai kebutuhan udara dari sitem *pneumatic conveying* digunakanlah *compressed air system* atau sistem udara bertekanan. Sistem udara bertekanan memiliki banyak manfaat maka banyak industri yang memanfaatkan sistem ini. Oleh karena itu, tugas akhir ini diarahkan untuk merancang ulang system udara bertekanan yang digunakan untuk mensuplai kebutuhan udara yang dipelukan oleh *pneumatic conveying system* agar mampu mengirimkan sampah batubara atau *fly ash* dari pressure vessel menuju ke tempat pembuangan akhir di Ash Silo.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan mengetahui hasil pengamatan yang ada maka didapat beberapa rumusan masaalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara untuk memahami *pneumatic conveying system* ?
- b. Bagaimana cara mengetahui kapasitas pemindahan material fly ash ?

- c. Bagaimana cara melakukan perhitungan kecepatan aliran fluida pada pipa instalasi ?
- d. Bagaimana cara melakukan perhitungan kerugian tekanan yang terjadi pada instalasi pipa ?

1.3. Batasan Masalah

Permasalahan ini dibatasi pada perhitungan unjuk kerja kompresor reciprocating dan perhitungan pengoptimasian instalasi sistem udara bertekanan pada *Workshop D3 Teknik Mesin ITS* yang digunakan untuk alat penunjang pembelajaran dan juga dibatasi dalam beberapa hal seperti :

- a. Tidak memperhitungkan perpindahan panas pada kompresor dan instalasi sistem perpipaan.
- b. Pada instalasi, aliran fluida dianggap *uniform, steady state*, dan *steady flow*.
- c. Properties fluida udara yang masuk kompresor diasumsikan memenuhi persamaan gas ideal.
- d. Temperatur udara sekitar yang masuk kompresor disesuaikan dengan suhu cuaca yang terdapat pada BMKG kota Gresik dengan range waktu satu bulan (Bulan November), dan tekanan sebelum masuk kompresor adalah tekanan atmosfer.
- e. Kapasitas udara yang masuk ke dalam pipa disesuaikan dengan volume data discharge pada kompresor.

1.4. Tujuan Penulisan

Dengan mengacu latar belakang serta rumusan masalah yang ada maka tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Memahami cara kerja *pneumatic conveying system*.
- b. Mengetahui kapasitas pemindahan material fly ash pada system

- c. Melakukan perhitungan kecepatan aliran fluida pada pipa instalasi.
- d. Melakukan perhitungan kerugian tekanan yang terjadi pada instalasi pipa.

1.5. Manfaat Penulisan

Manfaat penulisan laporan tugas akhir ini adalah :

1. Mahasiswa mampu memberikan pengetahuan tentang cara kerja dan jenis *pneumatic conveying system*.
2. Mahasiswa mampu memberikan pengetahuan tentang perhitungan kapasitas pengiriman material *fly ash*.
3. Mahasiswa mampu menghitung kecepatan aliran fluida pada pipa instalasi sistem.
4. Mahasiswa mampu menghitung kerugian tekanan yang terjadi pada instalasi perpipaan.

1.6. Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri atas 5 bab, berdasarkan penulisan – penulisan tertentu, yang nantinya diharapkan agar pembaca lebih mudah dalam memahaminya. Sistematika penulisannya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang Latar Belakang, Perumusan Masaalah, Batasan Masalah, Tujuan Penulisan, Manfaat Penulisan dan Sistematika Penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan teori – teori dari berbagai literatur yang diambil untuk selanjutnya digunakan sebagai referensi dalam melakukan analisa unjuk kerja kompresor screw, perhitungan instalasi sistem udara tekan dan perhitungan instalasi *system pneumatic conveying*.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini menggambarkan dengan jelas data – data yang dipakai dalam menganalisa perhitungan dan memberikan gambaran langkah dalam menganalisa data berupa diagram alir.

BAB IV ANALISA DATA

Pada bab ini terdiri dari perhitungan tentang masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini dan pembahasan singkat mengenai hasil yang diperoleh, seperti perhitungan kecepatan aliran material dan fluida dalam pipa, , dan perhitungan *pressure drop* pada pipa.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil perhitungan perhitungan yang didapatkan..

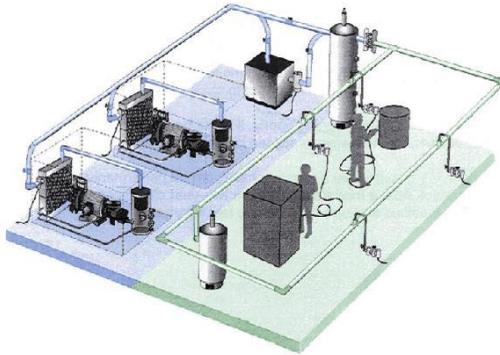
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Udara Bertekanan

Sistem udara bertekanan sudah menjadi kebutuhan utama di dunia industri. Udara tekan menjadi unsur utama dalam proses produksi, untuk menjalankan alat-alat pendukung industri dan mesin produksi utama. Sekitar 10 % industri yang berbasis pembangkit listrik menggunakan sistem ini karena sistem yang lebih *safety* dan lebih ramah terhadap alat – alat produksi.



Gambar 2.1 Sistem Udara Bertekanan

Beberapa faktor perlu diperhatikan ketika akan membuat suatu instalasi sistem udara tekan. Faktor – faktor tersebut diantaranya adalah sistem pendistribusian udara, sistem perawatan, kebocoran sistem, ukuran dan tekanan pada kompresor, letak kompresor, kualitas udara di lingkungan sistem, dan masih banyak lagi faktor yang perlu diperhatikan.

Untuk sistem pendistribusian udara pada sistem, perancangannya sebaiknya memilih pipa yang memiliki *pressure drop* kurang dari 0,15 bar di seluruh sistem. Untuk pilihan jenis pipa yang digunakan, banyak sekali macamnya, diantaranya ad pipa *galvanized*, *carbon steel*, *copper*,

aluminum, dan *stainless steel*. Untuk pemilihan pipa ditentukan oleh beberapa hal berikut :

- Kondisi lingkungan
- Jenis udara yang digunakan
- Kualitas udara yang akan dikompresi
- Harga pipa

Kebocoran pada sistem diakibatkan oleh beberapa sumber diantaranya adalah kebocoran pada *filter*, *receiver*, *lubricator*, *manual drain valves*, dan lain sebagainya.

Kompresor juga merupakan faktor yang harus diperhatikan ketika akan membuat suatu instalasi sistem udara tekan. Beberapa hal yang harus diperhatikan adalah letak dari kompresor karena akan mempengaruhi kinerja dari kompresor. Kemudian kualitas udara dan kehandalan dari kompresor akan berdampak pada lingkungan di sekitar kompresor.

Ruangan tempat kompresor diletakkan harus memiliki beberapa syarat antara lain temperatur lingkungan harus tidak lebih dari 40°C. Jika lebih dari itu maka akan berdampak pada peralatan yang ada apada kompresor.

2.2. Komponen Sistem Udara Bertekanan

2.2.1 Kompresor

Kompresor adalah suatu alat atau peralatan yang menerima energi atau kerja dari luar (berupa daya poros), dengan tujuan untuk menaikkan tekanan fluida udara atau gas. Tekanan yang masuk memiliki berbagai macam harga tekanan yaitu tekanan vakum hingga tekanan positif yang tinggi. Sedangkan tekanan yang keluar dapat bervariasi mulai tekanan atmosfer hingga ribuan psi diatas atmosfer. Variasi tekanan masuk dan keluar ini tentunya sesuai dengan tipe atau konfigurasi kompresor.

Pemakaian gas atau udara bertekanan ini sangat luas. Mulai dari peralatan rumah tangga, refrigerator, berbagai

peralatan untuk *workshop* atau industri manufaktur, peralatan besar dan pesawat terbang, dan lain sebagainya.

2.2.2 Pipa

Sistem perpipaan pada sistem udara tekan bertujuan untuk mengirim udara bertekanan ke titik pengguna dengan volume yang cukup dengan kualitas dan tekanan sesuai kebutuhan.

Hal berikut harus diperhatikan untuk instalasi pipa udara bertekanan :

1. Headeer pipa utama harus miring menuju arah aliran udara.
2. Pipa keluaran kompressor disambungkan ke koneksi bagian bawah tangki penampungan.
3. Ukuran pipa minimal sama dengan koneksi keluaran kompressor. Biasanya kecepatan udara dalam pipa tidak lebih dari 6 m/s.
4. Memperhitungkan kemungkinan ekspansi untuk tidak merubah pipa header dan ukuran pipa yang lebih besar supaya loos pressure rendah.



Gambar 2.2 Pipa Galvanized

2.2.3 Pressure Gauge

Pressure gauge adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau liquid) dalam tabung tertutup. Satuan dari alat ukur tekanan ini berupa psi (pound per square inch), psf (pound per square foot), mmHg (millimeter of mercury), inHg (inch of mercury), bar, atm (atmosphere), N/m^2 (pascal).



www.shutterstock.com - 106005371

Gambar 2.3 Pressure Gauge

2.2.4 Air Receiver

Sebuah kompresor normalnya memiliki satu atau lebih *air receiver*. *Air receiver* sendiri merupakan suatu alat penampung udara yang akan disalurkan menuju pipa – pipa distribusi udara pada instalasi sistem udara tekan.

Tujuan dari adanya *air receiver* adalah untuk mengurangi siklus pada kompresor, sebagai tempat penyimpanan udara, dan untuk tempat pemisahan antara air dan udara. Untuk menentukan Volume *air receiver* menggunakan rumus:

$$Vr = \frac{0.25 \times Tr \times Q_{fad}}{f_{max}(P_{max} - P_{min}) \times Tc}$$

Dimana : Vr = Ukuran Receiver (lt)

Tr = Tempertur udara dalam receiver (K)

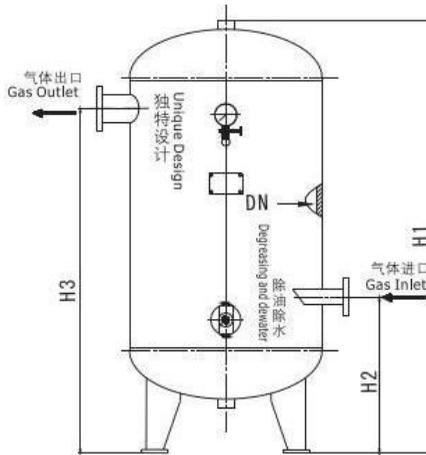
Qfad = Compressor fad (l/s)

Tc = Temperatur masuk kompresor (K)

Pmax = Tekanan maks receiver (bar)

Pmin = TEkanan min receiver (bar)

Fmax = maks loading frequency



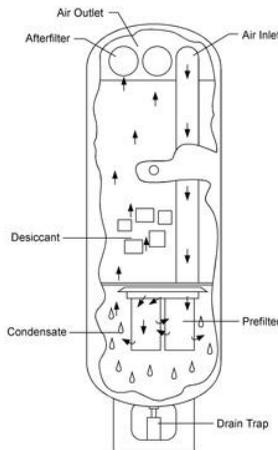
2.2.5 Air Dryer

Air dryer adalah suatu alat yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan air pada *compressed air* (udara terkompresi). Sistem ini biasanya menjadi satu kesatuan

proses dengan kompresor. Udara terkompresi hasil dari kompresor sebagian akan masuk ke tangki penyimpanan dan sebagian lagi dikeringkan menggunakan *air dryer*.

Udara terkompresi yang dikeringkan, akan mengalami proses penurunan *dew point*. *Dew point* adalah nilai temperatur yang dibutuhkan untuk mendinginkan sejumlah udara, pada tekanan konstan, sehingga uap air yang terkandung mengembun. Nilai dari penurunan *dew point* tergantung dari spesifikasi *air dryer* yang dipergunakan dan kebutuhan dari konsumsinya. Untuk menentukan ukuran air dryer digunakan persamaan:

$$Dryer\ Size = \frac{Q}{Ti \times Pi \times Ta}$$



Gambar 2.5 *Air Dryer*

2.2.6 *Air Filter*

Air filter merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menyaring udara dari kotoran, debu dan partikel lainnya yang masuk ke dalam aliran sistem.

Berikut merupakan jenis *air filter* yang dibagi berdasarkan type alirannya yaitu

- Udara masuk dari samping, keluar lewat tengah.
- Udara masuk dari tengah, keluar lewat samping.

Berikut merupakan jenis *air filter* yang dibagi berdasarkan serienya yaitu

- Single stage yang digunakan untuk daerah dengan kondisi debu ringan, alat yang memakai relatif kecil (truck, genset).
- Double stage yang terdiri atas primary dan safety filter, digunakan pada daerah dengan kondisi debu sedang sampai berat.
- Heavy duty double stage digunakan pada daerah yang sangat berdebu. Pada filter jenis ini, sebelum udara masuk dan disaring oleh filter, terlebih dahulu mengalir melalui *pre-cleaner*.

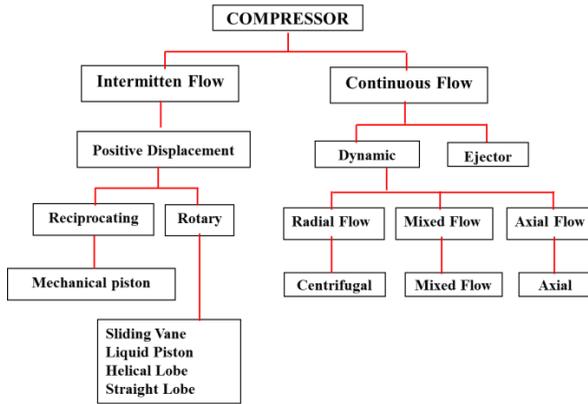
2.3. Kompresor

2.3.1 Klasifikasi Kompresor

Prinsip kerja dari kompresor dan pompa adalah sama. Kedua alat tersebut menggunakan energi luar kemudian diubah menjadi energi fluida.

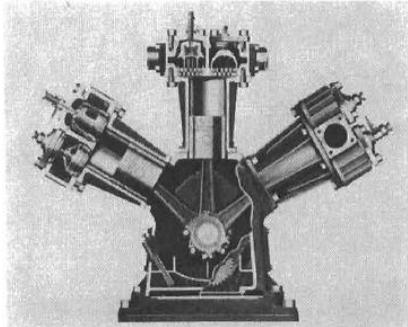
Menurut buku yang ditulis oleh Sularso (2000), kompresor dapat diklasifikasikan atas dasar konstruksinya seperti di bawah ini.

1. Klasifikasi berdasarkan jumlah tingkat kompresi : satu tingkat, dua tingkat, dst.
2. Klasifikasi berdasarkan langkah kerja (kompresor torak) : *single acting*, dan *double acting*.
3. Klasifikasi berdasarkan susunan silinder (kompresor torak) : mendatar, tegak, bentuk-L, bentuk-V, bentuk-

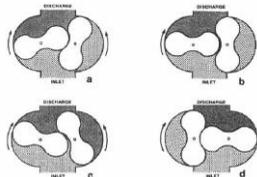


Gambar 2.7 Klasifikasi Kompresor menurut Royce N. Brown

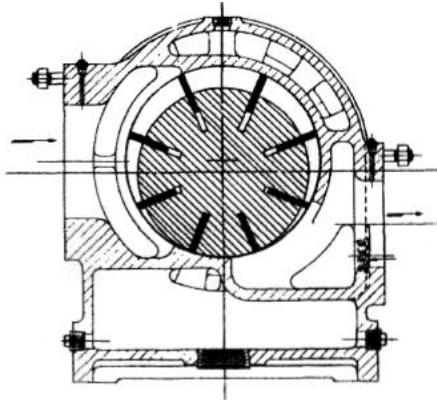
Berikut merupakan gambar – gambar klasifikasi kompresor menurut Royce N. Brown.



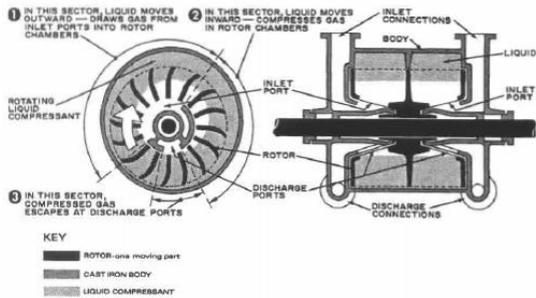
Gambar 2.8 Kompresor Reciprocating



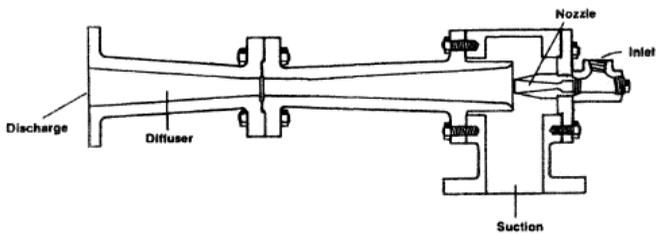
Gambar 2.9 Kompresor Straight Lobe



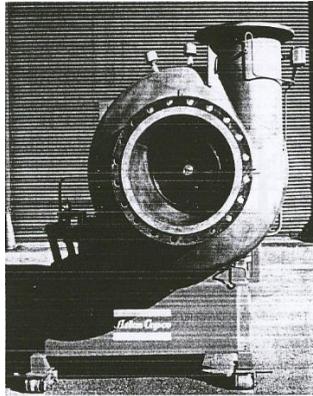
Gambar 2.10 Kompresor Sliding Vane



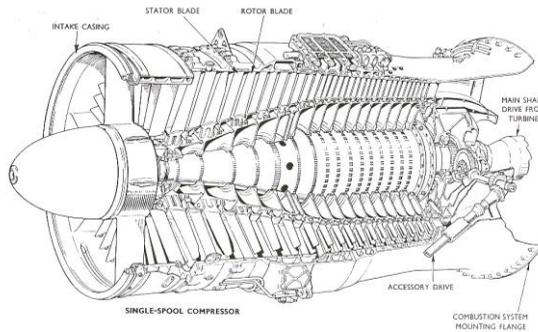
Gambar 2.11 Kompresor Liquid Piston



Gambar 2.12 Ejector



Gambar 2.13 Kompresor Sentrifugal

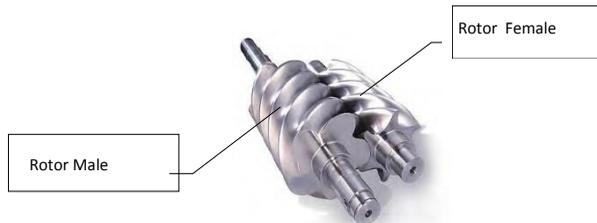


Gambar 2.14 Kompresor Aksia

2.3.2 Konstruksi Kompresor Screw

Kompresor sekrup termasuk jenis kompresor perpindahan positif yang tergolong dalam kompresor putar (*rotary*). Untuk tekanan antara 7 sampai 8 kgf/cm^2 (0,69 sampai 0,83 MPa). Kompresor sekrup memiliki sepasang rotor berbentuk sekrup. Kompresor ini memampatkan

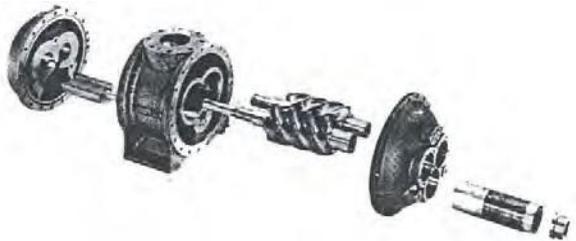
fluida dengan putaran serempak, Rotor jantan (*male rotor*) memiliki alur permukaan cembung dan rotor betina (*female rotor*) memiliki alur permukaan cekung. Pasangan rotor ini berputar dalam arah saling berlawanan, apabila rotor berputar maka ruang yang terbentuk antara bagian cekung dari rotor dan dinding rumah akan bergerak ke arah aksial sehingga udara akan dimampatkan.



Gambar 2.15 Rotor Jantan dan Betina.

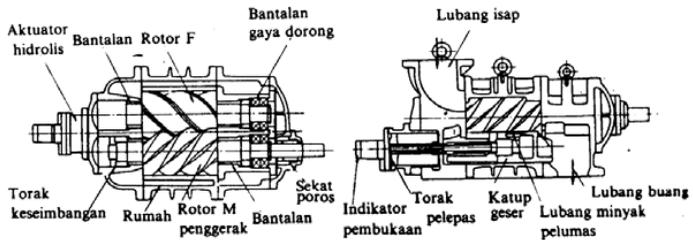
(Sumber: www.academia.edu, *Pengoperasian dan Perawatan Kompresor*)

2.3.3. Bagian-bagian Kompresor Sekrup (*Screw*)



Gambar 2.16 Penampang Kompresor Sekrup.

(Sumber: www.academia.edu, *Pengoperasian dan Perawatan Kompresor*)



Gambar 2.17 Komponen Utama Kompresor Sekrup (Sumber: www.academia.edu, *Pengoperasian dan Perawatan Kompresor*)

Komponen utama kompresor sekrup:

- Rangka (*Frame*)
 Berfungsi untuk mendukung bagian kompresor diatas pondasi. *Frame* harus kuat menahan seluruh beban dan getaran yang ditimbulkan kompresor.
- Rumah (*Casing*)
 Bagian paling luar kompresor berfungsi sebagai pelindung bagian-bagian didalamnya, juga sebagai kedudukan rotor.
- Rotor
 Merupakan elemen utama dari kompresor sekrup, berfungsi sebagai media pemampat udara.
- Bantalan Poros (*Bearing*)
 Berfungsi menahan gaya aksial karena perbedaan

tekanan antara *discharge* dan *suction* kompresor, selain itu bantalan poros juga berfungsi sebagai peredam getaran karena putaran tinggi dan juga untuk mengurangi keausan poros akibat gesekan.

- *Mechanical Seal*

Berfungsi mencegah kebocoran dimana celah-celah poros yang keluar dari

casing. (poros yang dihubungkan dengan penggerak).

- Poros (*Shaft*)

Merupakan tempat kedudukan dari rotor sehingga dapat berputar.

- Katup Geser

Berfungsi mengatur kapasitas kompresor dari 0% - 100% atau sebaliknya, katup ini digerakkan oleh *unloader valve*.

- *Unloader Valve*

Berfungsi menggerakkan katup kapasitas, unloader piston bergerak otomatis setelah tekanan *discharge* mencapai $\pm 5,9$ bar, tekanan akan turun sampai 4,4 bar dan kemudian setelah ± 7 detik kompresor akan load secara otomatis.

- Piston Keseimbangan

Berfungsi menahan gaya aksial dari rotor (mengurangi beban dari *thrust bearing*).

- Lubang Minyak Pelumas

Berfungsi sebagai tempat masuknya minyak pelumas kompresor, minyak pelumas digunakan

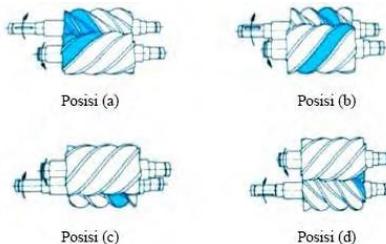
untuk melumasi *rotor*, *bearing*, *balance piston* dan *unloader valve*.

- Katup Hisap
Berfungsi mengatur udara masuk ke kompresor.
- Sisi Keluar
Berfungsi sebagai saluran udara keluar.

2.3.4 Cara Kerja Kompresor Sekrup (*Screw*)

Fluida dipindahkan oleh sepasang rotor yang berbentuk sekrup, pasangan rotor ini berputar serempak dan arah putarannya berlawanan di dalam rumah (*casing*) yang tingginya tetap. Salah satu rotor tersebut sebagai *driver* (dihubungkan langsung dengan motor penggerak) yang dikenal dengan male rotor dan yang satunya sebagai *driven* (digerakkan oleh rotor *male*) yang dikenal dengan nama *female* rotor yang kedua ujungnya ditumpu oleh bantalan.

Saat udara atau gas memasuki kompresor melalui sisi isap, udara atau gas isapan ini dengan segera akan ditutup/disekat oleh putaran sekrup. Setiap pemasukan udara atau gas ditangkap diantara celah rotor dan rumah (*casing*), kemudian udara atau gas dipindahkan sepanjang alur rotor dari sisi masuk ke sisi keluar.



Gambar 2.18 Cara Kerja Kompresor Sekrup

Pada Gambar 3.7 telah dijelaskan proses pemampatan udara pada scre compressor.

1. Pada posisi (a) udara diisap sepenuhnya melalui lubang isap masuk ke dalam ruang alur. Isapan akan selesai setelah ruang alur tertutup seluruhnya oleh dinding rumah (*casing*) langkah ini disebut langkah akhir hisapan.
2. Pada posisi (b) menunjukkan pertengahan proses kompresi dimana volume udara atau gas di dalam ruang alur sudah ada di tengah, langkah ini disebut langkah awal kompresi.
3. Pada posisi (c) memperlihatkan akhir kompresi dimana udara atau gas yang terkurung sudah mencapai lubang keluar, langkah ini disebut langkah akhir kompresi.
4. Pada posisi (d) udara atau gas yang terkurung dalam alur tadi telah dikeluarkan sebagian hingga tinggal sebagian yang akan diselesaikan, langkah ini disebut langkah pengeluaran. Karena proses pengisapan, kompresi, dan pengeluaran dilakukan secara kontinyu, dengan begitu alirannya lebih stabil dibanding kompresor torak

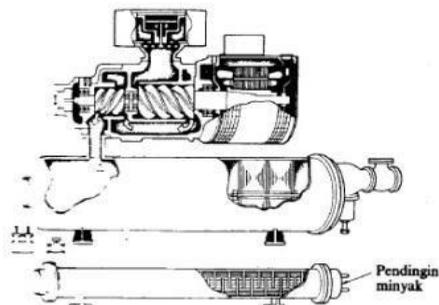
2.3.5 Jenis Kompresor Sekrup (*Screw*)

2.3.5.1 Kompresor Sekrup Injeksi Minyak

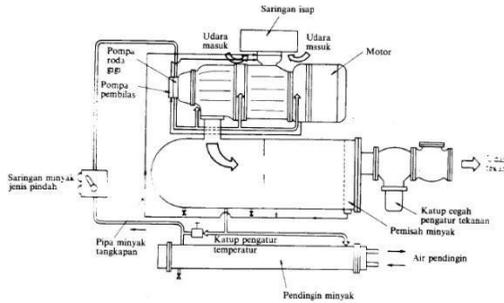
Minyak dalam jumlah yang cukup besar diinjeksikan ke dalam pasangan alur rotor yang sedang saling berkaitan pada proses kompresi. Adapun maksudnya adalah Pertama untuk mendinginkan udara yang sedang mengalami kompresi agar proses kompresinya berjalan secara isothermal. Kedua, untuk mendapatkan celah antara alur-alur rotor yang berkait dengan dinding rumah

sehingga kebocoran dapat dikurangi. Ketiga, untuk menggerakkan rotor beralur cekung oleh rotor beralur cembung dengan memberikan pelumasan yang cukup. Kompresor sekrup jenis injeksi minyak mempunyai tiga keistimewaan seperti tersebut sebelumnya sedangkan konstruksinya sederhana. Kompresor ini digerakkan oleh motor listrik 2 kutub atau 4 kutub yang dihubungkan langsung dengan rotor yang beralur cembung. Konstruksi bantalan rotor yang dipakai adalah bantalan rol atau bantalan bola kontak sudut. Konstruksi dan sistem kompresor jenis ini diperlihatkan pada gambar 3.8 dan 3.9.

Udara yang dihisap melalui saringan udara masuk ke dalam kompresor melalui katup trotel hisap. Setelah dimampatkan lalu dialirkan bersama minyak injeksi ke dalam pemisah minyak yang berfungsi pula sebagai penampung minyak. Udara yang dikompresikan setelah dipisahkan dari minyak lalu disalurkan melalui katup cegah pengatur tekanan. Minyak didalam penampung selanjutnya didinginkan oleh pendingin minyak lalu diinjeksikan kembali ke dalam kompresor oleh pompa roda gigi yang dihubungkan langsung dengan ujung poros rotor kompresor.

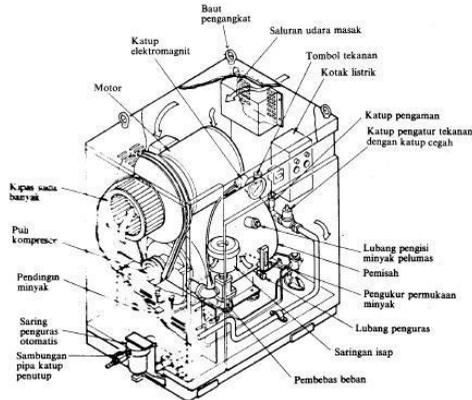


Gambar 2.19 Konstruksi Kompresor Sekrup Jenis Injeksi. (Sumber: Pompa dan Kompresor, Sularso dan Haruo Tahara, 2006)

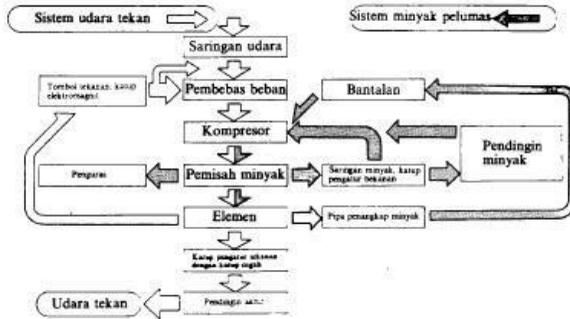


Gambar 2.20 Konstruksi Kompresor Sekrup Jenis Injeksi. (Sumber: Pompa dan Kompresor, Sularso dan Haruo Tahara, 2006)

Temperatur minyak injeksi harus diatur dengan baik agar tidak terlalu rendah hingga terjadi pengembunan uap air di dalam penampung minyak, dan juga agar tidak terjadi oksidasi minyak karena temperatur yang terlalu tinggi.



Gambar 2.21 Kompresor Sekrup Kecil Jenis Injeksi Minyak. (Sumber: Pompa dan Kompresor, Sularso dan Haruo Tahara, 2006)



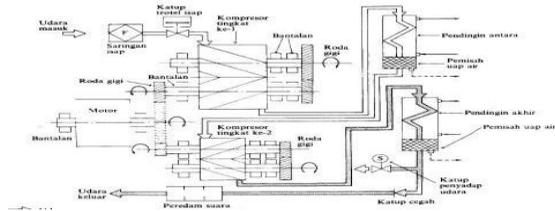
Gambar 2.22 Diagram Sistem Kompresor Sekrup Injeksi Minyak. (Sumber: Pompa dan Kompresor, Sularso dan Haruo Tahara, 2006)

2.3.5.2 Kompresor Sekrup Jenis Bebas Minyak

Gambar 3.12 memperlihatkan diagram sistem dari kompresor jenis ini, kompresor 2 tingkat dimana rotor yang beralur cembung pada tingkat 1 dan tingkat 2 mempunyai empat gigi. Rotor digerakkan melalui roda gigi peningkat putaran.

Rotor yang beralur cekung memiliki enam gigi dan yang beralur cembung memiliki empat gigi. Kedua rotor berputar dalam arah berlawanan dengan perbandingan putara 2 : 3 yang diperoleh melalui sepasang roda gigi. Rotor ditumpu kedua ujungnya oleh bantalan radial. Salah satu ujungnya diberi bantalan aksial untuk menahan gaya aksial yang timbul dari perbedaan tekanan udara yang bekerja pada kedua ujung rotor. Celah antara puncak gigi rotor dan dinding dalam rumah dibuat tetap,

sedangkan celah antara kedua rotor dapat dijaga tetap baik dengan menyesuaikan kelonggaran pemasangan roda gigi. Karena tidak ada sentuhan antara gigi dengan rotor maupun antara gigi rotor dengan rumah maka tidak diperlukan pelumasan. Untuk merapatkan poros pada rumah (agar kebocoran udara dapat dicegah) digunakan perapat labirin yang terbuat dari cincin karbon.



Gambar 2.23 Diagram Sistem Kompresor Sekrup Jenis Bebas Minyak. (Sumber: *Pompa dan Kompresor, Sularso dan Haruo Tahara, 2006*)

2.4. Pipa

2.4.1 Material Pipa

Material pipa yang digunakan dalam suatu perencanaan sangat menyetukan panjang pendeknya umur pemakaian pipa tersebut. Pemilihan material pipa sangat ditentukan oleh :

- Sifat fluida (korosif atau tidak)
- Temperatur dan tekanan operasi
- Kondisi lingkungan dimana pipa akan ditempatkan

Contoh material pipa antara lain adalah *cast iron*, *cast steel*, *alloy steel*, *stainless steel*, *galvanized iron* dan masih banyak yang lainnya. Masing – masing material memiliki sifat fisik dan mekanik yang berbeda – beda sedangkan

penggunaannya didasarkan pada jenis fluida, tekanan dan temperatur operasi. Untuk kondisi operasi tertentu dan juga pertimbangan ekonomis dan perencanaan, ada pipa yang terbuat dari gabungan bahan yang berbeda dalam bentuk campuran yang homogen maupun berupa lapisan khusus atau *lining*.

2.4.2 Kode dan Standar Pipa

Kode dan standar merupakan suatu acuan teknis dalam perencanaan yang diterbitkan oleh suatu institusi internasional dan digunakan secara internasional pula.

Untuk perusahaan – perusahaan yang sudah maju, kode dan standar tersebut dikembangkan lagi dalam bentuk *company standart*, *code of practice* maupun *rule of thumb* yang biasanya berlaku *intern* perusahaan yang menyusunnya. Untuk sistem perpipaan, kode dan standart yang digunakan antara lain :

- ANSI (*American National Standart Institution*)
- API (*American Protoleum Institute*)
- ASME (*American Society of Mechanical Engineers*)
- ASTM (*American Society of Testing and Material*)
- JIS (*Japanese Industrial Standard*)
- MSS (*Manufacturers Standardization Society*)

2.4.3 Fitting

Fitting digunakan untuk menghubungkan suatu sistem perpipaan itu sendiri maupun dengan peralatan lain dalam suatu unit atau *plant*. Ukuran fitting biasanya mengikuti ukuran diameter pipa dimana fitting tersebut akan dipasang.

Contoh fitting antara lain :

- Elbow 90 atau 45 derajat : untuk belokan pipa 90° atau 45°
- Return bend / "U" bend : belokan pipa 180°

- Tee / “Y” : untuk percabangan pipa, bisa bercabang sama besar atau lebih kecil.
- Reducer / diffuser : untuk perubahan ukuran pipa menjadi lebih kecil / lebih besar.
- Flange : untuk menghubungkan pipa dengan peralatan agar mudah dilepas/dipasang, antara flange harus dipasang gasket untuk mencegah kebocoran.

2.4.4 Katup (Valve)

Katup atau *valve* digunakan untuk mengatur laju aliran fluida yang ada di dalam pipa. Jenis katup bermacam – macam dan disesuaikan dengan kebutuhannya. Ukuran suatu katup biasanya mengikuti ukuran diameter pipa dimana katup tersebut akan dipasang. Contoh katup antara lain:

- Gate/ball/plug valve : untuk membuka atau menutup penuh saluran suatu aliran.
- Globe valve : untuk mengatur besar kecilnya suatu aliran di dalam pipa.
- Needle valve : untuk mengatur aliran dengan ketelitian tinggi.
- Check valve : untuk menahan aliran balik.

2.4.5 Piping Joint

Piping joint merupakan komponen pelengkap di dalam sistem perpipaan yang biasanya dipasang dengan tujuan kemudahan pemeliharaan perpipaan dan peralatan, disamping itu ada juga yang berfungsi sebagai pengaman, untuk mengakomodasikan pemuatan atau getaran yang bertujuan untuk menghindari ketidaklurusan pipa (*pipe offset*). Sistem sambungan dengan *fitting* maupun *valve* dapat dilakukan dengan sistem :

- Sambungan tetap (*fixed point*) dengan pengelasan.

- Sambungan tidak tetap (*removable joint*) dengan sistem ulir atau sambungan *flange* dengan *bolt* atau *nut* atau kombinasi keduanya.

Untuk pengaman sistem perpipaan terhadap pemuaian pipa karena temperatur tinggi, adanya getaran yang cukup signifikan maupun untuk fleksibilitas perpipaan maka dipasang *flexible point/flexible hose* antara lain :

- *Expansion Bends* : untuk mengakomodasi pemuaian / penyusutan pipa karena perubahan temperatur dan juga getaran untuk jalur perpipaan yang cukup panjang. Bentuknya bisa bermacam – macam yang juga disesuaikan dengan kondisi di lapangan dan terbuat dari rangkaian pipa yang *rigid*.
- *Expansion Bellows* : untuk mengakomodasikan pemuaian atau penyusutan pipa karena perubahan temperatur dan juga getaran, bentuknya berupa *corrugated pipa* yang biasanya dipasang di bagian inlet atau outlet peralatan.

2.4.6 Slip Joint

Untuk mengakomodasikan pemuaian / penyusutan pipa karena perubahan temperatur dan juga getaran pada khususnya ke arah longitudinal, biasanya berbentuk sepasang pipa yang satu masuk ke dalam pipa lainnya dan sepasang *rubber ring* untuk mencegah kebocoran.

2.5. Hukum Kontinuitas

Setelah tercapai kondisi yang steady, berat fluida persatuan waktu adalah sama dengan γAV dimana V adalah kecepatan rata – rata pada penampang tersebut, A luas penampang, dan γ adalah berat per satuan volume. Untuk sembarang penampang a dan b, $\gamma_a A_a V_a = \gamma_b A_b V_b$ untuk setiap penampang, sehingga $\gamma AV = \text{konstan}$, persamaan ini dikenal

sebagai persamaan kontinuitas dan sangat penting dalam perhitungan – perhitungan aliran fluida.

Untuk cairan – cairan seperti ini, γ secara praktis adalah konstan, persamaan diatas menjadi, $Q = AV$ dimana Q adalah jumlah fluida yang mengalir per satuan waktu (msalnya feet kubik per detik). Jadi, begitu luasan penampang mengecil, secara perlahan – lahan kecepatan akan bertambah besar, dan sebaliknya seperti pada gambar 2.28.

Selama interval waktu tertentu aliran yang melalui volume atur memiliki sejumlah massa yang masuk dan keluar dari volume atur tidak sama, dengan demikian akan terjadi perubahan massa dan volume atur tersebut.

Berkaitan dengan hal tersebut dapat diformulasikan volume atur untuk kekekalan massa yaitu :

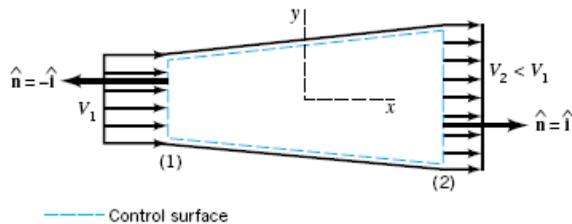
$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho dV + \int_{cs} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2.17)$$

Asumsi bahwa :

- Aliran fluida adalah incompressible
- Aliran fluida kerjanya adalah steady state

Maka persamaan 2.18 dapat ditulis sebagai berikut :

$$\int_{cs} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2.18)$$



Gambar 2.24 Persamaan kontinuitas dengan volume atur

Dengan mengintegrasikan persamaan 2.19 maka di dapat persamaan sebagai berikut :

$$0 = -|\rho V_1 A_1| + |\rho V_2 A_2| \quad (2.19)$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$$

$$\frac{P_1}{R_1 T_1} \cdot v_1 \cdot \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{P_1}{R_1 T_1} \cdot Q_2$$

Asumsi :

$$T_1 = T_2$$

$$R_1 = R_2$$

$$P_1 = P_2$$

Sehingga :

$$v_1 = \frac{Q_2 \cdot 4}{\pi \cdot D^2} \quad (2.20)$$

2.6. Kerugian Tekanan

Kerugian tekanan menyebabkan penurunan tekanan, oleh karena itu harus diusahakan agar kerugian tekanan tetap serendah mungkin

Kerugian tekanan dibedakan menjadi dua yaitu kerugian tekanan mayor yang meliputi kerugian tekanan pada pipa dan kerugian tekanan minor yang meliputi kerugian tekanan pada aksesoris.

2.6.1 Kerugian Mayor (*Mayor Losses*)

Merupakan kehilangan tekanan karena gesekan pada dinding pipa yang mempunyai luas penampang yang tetap yang terjadi dalam pipa yang bergantung pada panjang saluran (L), saluran dalam pipa (diameter dalam

$$f = \frac{64}{Re}$$

Sedangkan untuk turbulen besarnya koefisien kerugian geseknya bergantung pada *Reynold Number* (Re) dan *Relatif Roughness* (e/D) yang dapat dihitung dan selanjutnya nilai tersebut di plotkan pada *Moody Diagram*.

2.6.2 Kerugian Minor (*Minor Losses*)

Kerugian minor merupakan gesekan yang terjadi pada katup atau *fitting* seperti *tee*, *elbow*, dan bengkokan (*bends*). Untuk menghitung kerugian tekanan akibat adanya katup perubahan penampang pada sisi aliran fluida dalam pipa, dan lain – lain, besarnya dapat dicari dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\Delta P = K \left(\frac{v^2}{2} \right) \cdot \rho \text{ atau } \Delta P = f \frac{L_e}{D} \left(\frac{v^2}{2} \right) \cdot \rho \quad (2.26)$$

Dimana :

K = faktor K, untuk berbagai macam katup dan fitting yang besarnya dapat dilihat pada lampiran

Le/D = koefisien tekanan yang hilang pada katup dan fitting yang besarnya dapat dilihat pada tabel 2.3

v = kecepatan rata – rata fluida (m/s)

ρ = massa jenis udara (kg/m³)

Selain menggunakan persamaan diatas, perhitungan kerugian tekanan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan Harris.

Metode dengan menggunakan *equivalent length* merupakan metode yang paling sederhana dengan perkiraan bahwa kerugian gesekan pada katup dan alat penyambung sama dengan panjang pipa dengan diameter

nominal yang sama. Kerugian gesekan dalam katup alat penyambung akan menjadi fungsi dari faktor gesekan dari pipa. *Equivalent length* dari katup dan alat penyambung dapat menimbulkan kesalahan karena asumsi dari faktor gesekan, tetapi hal ini lebih akurat untuk aliran turbulen pada perencanaan jalur pipa.

Table 14.2 Loss Coefficients for Pipe Components $\left(h_L = K_L \frac{V^2}{2g}\right)$

Component	K_L	
a. Elbows		
Regular 90°, flanged	0.3	
Regular 90°, threaded	1.5	
Long radius 90°, flanged	0.2	
Long radius 90°, threaded	0.7	
Long radius 45°, flanged	0.2	
Regular 45°, threaded	0.4	
b. 180° return bends		
180° return bend, flanged	0.2	
180° return bend, threaded	1.5	
c. Tees		
Line flow, flanged	0.2	
Line flow, threaded	0.9	
Branch flow, flanged	1.0	
Branch flow, threaded	2.0	
d. Union, threaded	0.08	
e. Valves		
Globe, fully open	10	
Angle, fully open	2	
Gate, fully open	0.15	
Ball valve, fully open	0.05	

Tabel 2.1 Koefisien kerugian pada aliran untuk komponen pipa

2.7 Material Handling Equipment

2.7.1 Pengertian Material Handling Equipment

Menurut MHI (*Material Handling Institute*) *Material Handling Equipment* adalah Seni dan ilmu pengetahuan dari

perpindahan, penyimpanan, perlindungan dan pengawasan material penanganan material dalam jumlah yang tepat dari material yang sesuai, dalam kondisi yang baik, pada tempat yang cocok, pada waktu yang tepat, pada posisi yang benar, dalam urutan yang sesuai, dengan biaya yang murah dan menggunakan metode yang benar. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam industry besar khususnya industry yang berkaitan dengan *transport bulk material*, maka digunakanlah *pneumatic conveying system* sebagai metode pengiriman material dalam bentuk padatan atau powder menuju ke storage atau tempat pengiriman akhir. *Material Handling Equipment* secara garis besar dibagi menjadi dua berdasarkan tujuan penyalurannya yakni *internal material handling equipment* dan *external material handling equipment*. Untuk internal, material yang disalurkan masih berada dalam wilayah plant yang sama. Sedangkan untuk yang eksternal material yang disalurkan tujuannya keluar dari plant.

2.7.2 Pneumatic Conveying System

A. Pengertian Pneumatic Conveying System

Merupakan salah satu system pemindah bahan untuk pengangkutan bahan beban curah. Prinsip kerja dari pneumatic conveying adalah mengalirkan material didalam pipa dengan bantuan udara bertekanan. Perawatan yang relatif murah dan, konsumsi daya yang kecil, dan fleksibilitas pengangkutan merupakan factor yang menjadikan pneumatic conveying ini banyak digunakan di dunia industry.

B. Jenis Jenis Pneumatic Conveying

1. Dilute Phase Conveying

Hampir semua jenis bahan dapat disalurkan menggunakan metode ini, aliran suspensi melalui pipa, terlepas dari ukuran partikel, bentuk ataupun

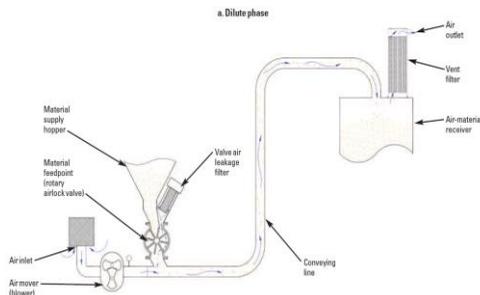
density nya. Pada system ini, partikel sepenuhnya bercampur dengan udara bertekanan dengan tekanan rendah namun memiliki kecepatan tinggi. Sistem ini sering juga disebut system suspensi mengalir karena partikel yang diadukan di suspensi di udara seperti yang ditiup atau dihisap melalui pipa. Sebuah kecepatan yang relatif tinggi diperlukan dan kebutuhan daya juga bisa tinggi tetapi hampir tidak ada batasan untuk berbagai bahan yang dapat disalurkan.



Gambar 2.29 Aliran Material Dalam Pipa System *Dilute Phase*

Properties Aliran dalam system perpipaan dilute phase conveying:

1. High gas velocities: $v=25 - 40$ m/s (5,000 – 8,000 ft/min)
2. Low product-to-air ratio: range 1 – 5 to 1
3. Low to medium pressure drop: $p = 0.1 - 1.0$ bar (1.5 – 15psig)



Gambar 2.25 Aliran Proses pada Dilute Phase Conveying System

2. Dense Phase Conveying

Pada dense phase conveying system ada dua jenis aliran yang terjadi, yang pertama adalah aliran *moving bed* dimana material berpindah dalam bentuk gundukan gundukan pasir pada bagian bawah pipa system dan yang kedua adalah aliran type slug di mana materi yang disampaikan sebagai colokan bore penuh dipisahkan oleh celah udara. *Dense Phase Conveying* sering disebut juga sebagai aliran non-suspensi hal ini karena material yang dipindahkan tidak tersuspensi di dalam udara bertekanan tinggi dengan kecepatan aliran yang rendah.

Jenis aliran biasanya terbatas bahan bubuk yang sangat halus memiliki rata-rata ukuran partikel dalam kisaran sekitar 40-70 μ m, tergantung pada distribusi ukuran dan bentuk partikel. Jenis Plug aliran hanya mungkin dalam sistem menyampaikan konvensional jika materi memiliki permeabilitas yang baik. Jenis aliran biasanya terbatas pada bahan yang pada dasarnya terbatas pada bahan yang pada dasarnya mono-berukuran, karena ini memungkinkan udara untuk lulus mudah melalui celah antara partikel. Bahan pelet dan biji adalah bahan yang ideal untuk jenis aliran.



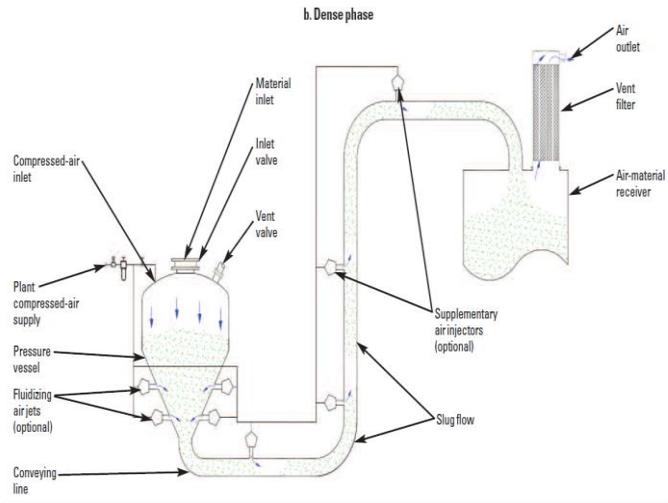
Gambar 2.31 Aliran Material Dalam Pipa System Dense Phase

Properties Aliran Dalam Pipa Sytem Dense Phase Conveying:

Low gas velocities: $v=2 - 10$ m/s (400 – 2,000 ft/min)

High product-to-air ratio: range 15 – 50 to 1

High pressure drop: $p = 0.5 - 3.5$ bar (7 – 50 psig)



Gambar 2.26 Aliran Proses pada Dense Phase Conveying System

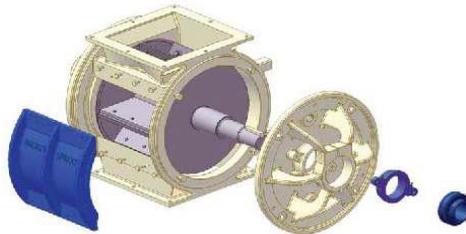
C. Komponen Sistem Pneumatic Conveying

1. Air Movers

Air Movers adalah komponen penyuplai udara bertekanan berupa kompresor sekrup jenis injeksi miyak.

2. Feed Systems

Peralatan yang digunakan untuk mengirimkan material menuju ke tempat yang dituju. Contohnya yang banyak dijumpai di system pneumatic conveying yakni rotary valve, screw feeder, slide valve, dll.



Gambar 2.27 Rotary Valve

3. Pipe/Tube

Pipa atau tube digunakan sebagai line penyaluran material. Material yang digunakan untuk pipa atau tube pada system pneumatic conveying bermacam macam mulai dari stainless steel, CS, aluminium, dan lain lain. Penentuan material pembuat pipa atau tube bergantung pada jenis material apa yang akan dipindahkan dalam line perpipaan system.

4. Dust Collector

Dust Collector merupakan alat yang berfungsi untuk mengumpulkan material dalam bentuk debu/power sebelum disalurkan lebih lanjut menuju ke tempat yang dituju bisa berupa silo, ataupun tanki penyimpanan. Pemilihan dari dust collector tergantung pada jenis pengaplikasiannya dan jenis

2.7.3 Metode Perhitungan Pressure Drop System

Dasar dari perhitungan yang dilakukan untuk mendesain sebuah system pneumatic conveying yakni menentukan pressure drop yang terjadi di dalam system berdasarkan aliran udaradan padatan yang dipindahkan. Pada perhitungan pressure drop, baik untuk system dilute phase maupun dense phase terdiri dari enam gaya efektif:

1. Gesekan dari udara dengan dinding pipa
2. Gaya yang diperlukan untuk memindahkan padatan sepanjang conveying line
3. Gaya yang dibutuhkan untuk menahan berat padatan pada pipa vertical
4. Gaya yang dibutuhkan untuk menahan berat udara pada pipa vertical
5. Gaya yang dibutuhkan untuk memberikan percepatan pada padatan
6. Gesekan antara pipa dan padatan

Perhitungan pressure drop yang dilakukan pada system dilute phase maupun dense phase memiliki dua persamaan yang digunakan untuk melakukan analisa maupun desain sebuah *system pneumatic conveying* :

$$\Delta P_{\square} = \frac{W \cdot V_p}{144 \cdot G} + \frac{W \cdot \Delta_z \cdot g}{144 \cdot V_p \cdot G_c} + \frac{4 \cdot f \cdot \rho_g \cdot V_g^2 \cdot L}{2 \cdot G \cdot D \cdot 144} + \Delta P_g \cdot K \cdot R + \frac{\Delta_z \cdot \rho_g}{144 \cdot G_c}$$

\downarrow
 ΔP_{acc}

\downarrow
 ΔH_s

\downarrow
 ΔP_g

\downarrow
 ΔP_s

\downarrow
 ΔH_g

Keterangan: D = Diameter Dalam Pipa (mm)

f = Fanning friction factor

g = Percepatan Gravitasi ($9.8 \frac{m}{s^2}$)

g_c = Constant ($32.174 \text{ ft-lb/lb-sec}^2$)

K = Friction multiplier for the solids conveyed
 L = Panjang Ekvivalen Pipa (m)
 R = Perbandingan mass flow material dan fluida (lb/lb)
 V_g = Kecepatan gas (m/sec)
 V_p = Kecepatan partikel (m/sec)
 W = Solids line loading (lbs/sec·ft²)
 Z = Elevation change in conveying line (m)
 ρ_g = Gas density (lbs/ft³)

Untuk menyelesaikan persamaan diatas, harus ditentukan terlebih dahulu nilai berikut:

1. Fanning friction factor(f)

Hitung terlebih dahulu *Reynold Number* :

$$NRe = \frac{D \cdot V_g \cdot \rho_g}{\mu_g}$$

Dimana, μ_g = Viscositas Udara (kg/ms)

Kemudian hitung fanning friction factornya menggunakan rumus :

$$f = \frac{0.331}{\{ \text{Log}_n \left(\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} \right) + \left(\frac{7}{N_{Re}} \right)^{0.9} \right) \}^2}$$

Dimana, ε adalah factor kekasaran pipa Faktor kekasaran pipa bergantung apakah pipa *internally smooth, rough, atau very rough*.

2. Friction Multiplier (K)

Besarnya nilai K tidaklah dihitung, melainkan diperoleh dari bank data. Nilai K bervariasi mulai dari 0,4 samapai 4.0 tergantung jenis material yang ditransportasikan.

3. Panjang Ekuivalen Pipa (m)

Untuk Pipa lurus gunakan panjang actual pipa. Sedangkan untuk komponenen seperti *bends*, *diverter valves*, atau *flexible hoses*, gunakan panjang ekuivalennya yang didapat dari tabel.

4. Solids Velocity (V_p)

Kecepatan padatan selalu lebih kecil dari kecepatan gas karena adanya gaya tarik antara gas dan padatan. Nilai V_p bervariasi antara 0.8 sampai 0.95 kecepatan gas (V_g). Namun pada accessories seperti *bends*:

$$V_{p2} = \left[1 - \frac{\text{Derajat Bends}}{90} \cdot (1 - 0.8) \right] V_{p1}$$

Setelah Melewati *bend* 90° maka gunakan diameter pipa *default* untuk menghitung berapa panjang pipa lurus yang dibutuhkan oleh padatan kembali mencapai kecepatan awalnya saat masuk *bends* (V_{p1}).

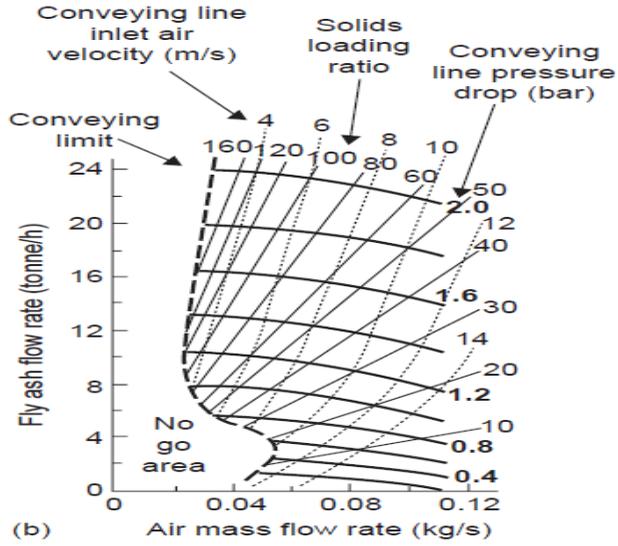
5. Perbandingan Padatan dan Udara (R)

Perhitungan yang digunakan berdasarkan ZENZ and OTHMER :

$$R = \frac{m}{A \cdot V_g \cdot \rho_g}$$

2.7.4. Menentukan Kapasitas Udara Yang dibutuhkan

Untuk bisa mendapatkan kapasitas udara yang dibutuhkan maka digunakan grafik conveying characteristics untuk material *fine grade fly ash* dari buku *pneumatic conveying engineering handbook*. Data yang harus diketahui sebelum bisa menentukan kebutuhan udara adalah *solids loading ratio*, *pressure drop*, *conveying velocity*, dan *material flow rate*.



Gambar 2.30 Conveying Characteristics For Fine Fly Ash

BAB III METODOLOGI

3.1. Metode Penyusunan Tugas Akhir

Adapun langkah dan prosedur penyusunan tugas akhir ini dilakukan dengan metode penyusunan yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi literatur, bertujuan untuk mendapatkan berbagai macam informasi dan data yang berkaitan dengan objek penelitian.
2. Melakukan pengambilan data untuk mendapatkan spesifikasi kompresor, spesifikasi mesin penggerak kompresor, dan ukuran pipa pada instalasi sistem udara bertekanan, jenis material (fly ash), kapasitas pemindahan material,
3. Analisa data, dalam hal ini dilakukan analisa berdasarkan data – data spesifikasi yang diperoleh, meliputi :
 - a. Spesifikasi kompresor
 - b. Spesifikasi Air Receiver
 - c. Spesifikasi pipa instalasi
 - d. Panjang vertical dan horizontal system perpipaan
 - e. Properties Fisik fly ash
 - f. Pressure Drop System
4. Pembahasan dan evaluasi perbandingan, dalam hal ini akan dilakukan pembahasan dan evaluasi perbandingan terhadap hasil – hasil yang di dapat.
5. Kesimpulan dan rekomendasi yang di dapat setelah melakukan analisa dan evaluasi perhitungan.

3.2. Data – Data hasil Survey

Setelah melakukan survey lapangan di *Unit Batu Bara* Pabrik 3 PT Petrokimia Gresik, maka diperoleh data – data sebagai berikut :

3.2.1. Data Spesifikasi Kompresor

Kompresor yang digunakan untuk instalasi sistem udara tekan di bagian *conveying system fly ash* pabrik 3 PT Petrokimia

Gresik adalah merk *Gardner Denver Oil Injected Screw Compressor*. Kompresor ini nantinya akan dianalisa unjuk kerjanya. Berikut merupakan spesifikasi dari *Gardner Denver Oil Injected Screw Compressor* dengan tipe ST125-100A.

Jenis Kompresor	: Oil Injected Screw Compressor
Model	: ST125-100A
Tekanan Keluar	: 0.69 MPa
Kapasitas	: 18.2 m ³ /min
Weight	: 2495 Kg

3.2.2. Data Spesifikasi Pipa Instalasi Kompresor ke Vessel

1. Diameter luar : 102.3 mm
2. Diameter dalam : 114.3 mm
3. Ketebalan (*schedule*): 40
4. Bahan pipa : *Galvanized iron*
5. Aksesoris :
 - *Lateral Non Standard* = 1
 - *Elbow 165° LR Non Standard* = 1
 - *Elbow 90° LR Non Standard* = 5
 - *Flange 10 K* = 1

3.2.3. Data Spesifikasi Air Receiver

Air Receiver yang digunakan dalam instalasi ini adalah jenis GB 150-98 dengan spesifikasi:

Model	: GB 150-98
Tekanan Maksimal	: 0.8 MPa
Volume	: 8 m ³
Weight	: 1905 Kg
Temperatur Design	: 5°C
Pressure Proof Test	: 1.1 MPa

3.2.4. Data Spesifikasi Pipa Instalasi Vessel ke Ash Silo

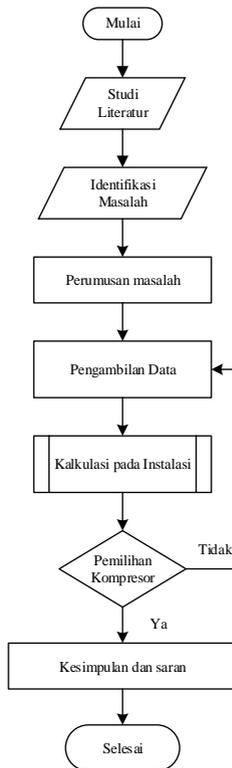
1. Diameter Luar : 102.3 mm dan 158.2 mm
2. Diameter Dalam : 114.3 mm dan 141.3 mm
3. Ketebalan (*schedule*): 40
4. Bahan Pipa : Carbon Steel

5. Akseroris :

- *Lateral Non Standard* = 1
- *Elbow 135° LR Non Standard* = 1
- *Elbow 90° LR Non Standard* = 4
- *Flange 10 K* = 40
- *Sheld Cover Cross Valve* = 1

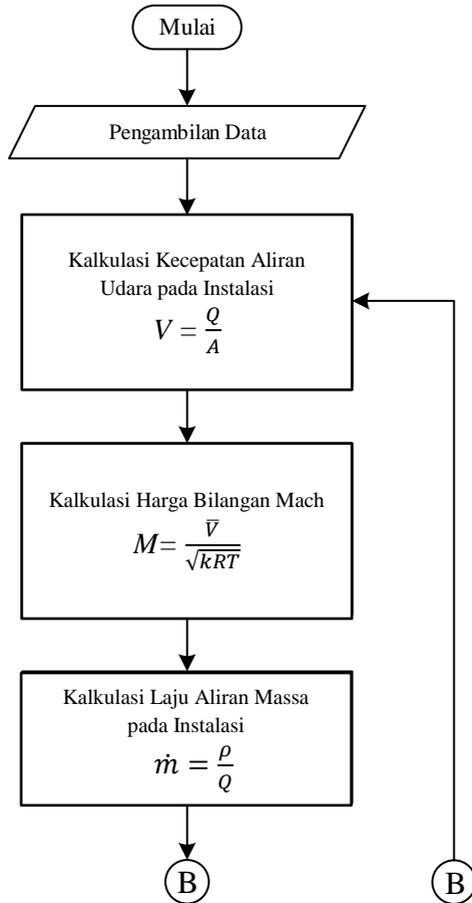
3.3. Urutan Pengerjaan

3.3.1. Diagram Alir Secara Umum

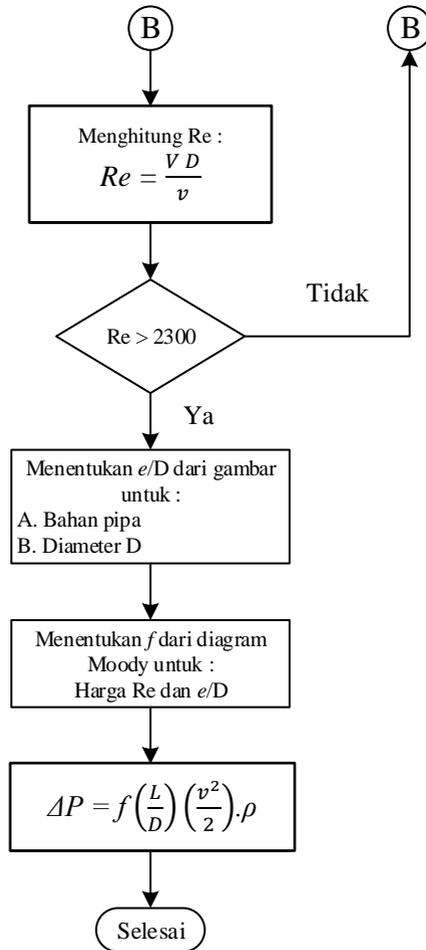


Gambar 3.1 Diagram Alir Secara Umum

3.3.2. Diagram Alir Perhitungan Instalasi Sistem Udara Tekan (Kompresor-Vessel)



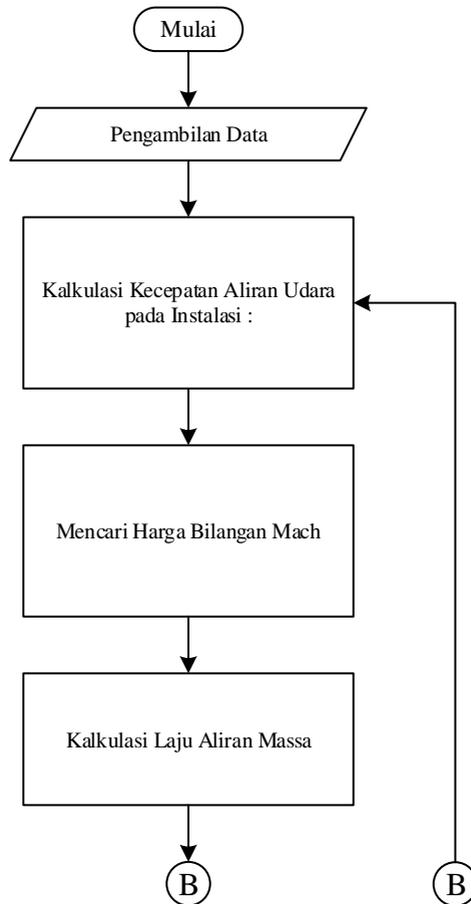
Gambar 3.2 Diagram alir perhitungan instalasi sistem udara tekan(Kompresor-Vessel)

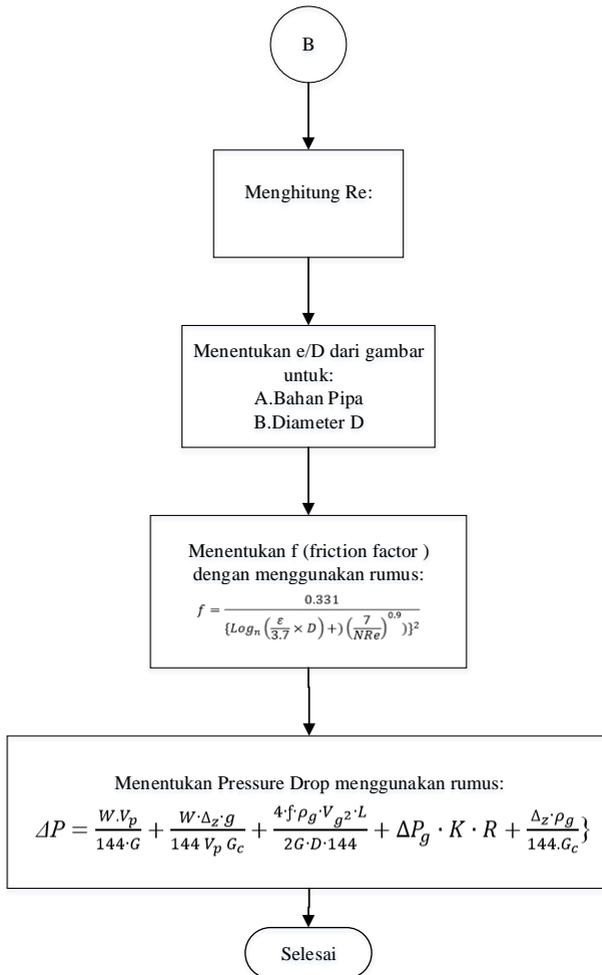


Gambar 3.3 Diagram alir perhitungan instalasi sistem udara tekan(Kompresor-Vessel)

(lanjutan)

3.3.3 Diagram Alir Perhitungan Instalasi Sistem Udara Tekan(Vessel-Ash Silo)





Gambar 3.3 Diagram alir perhitungan instalasi sistem udara tekan
(lanjutan)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Laju Aliran Massa pada Pipa

Pada subbab ini yang dihitung adalah laju aliran massa dari instalasi. Suhu untuk udara pada instalasi menurut BMKG pada tanggal penelitian adalah 31.4° C. Sehingga massa jenis udara adalah

$$\dot{m} = \rho \cdot Q$$

$$\dot{m} = 1,17 \frac{kg}{m^3} \cdot 781.56 \frac{m^3}{h}$$

$$\dot{m} = 1524.042 \frac{kg}{h} \text{ atau } \dot{m} = 0.423 \frac{kg}{s}$$

4.2. Perhitungan *Pressure Drop*

Pada sistem instalasi telah diketahui bahwa bahan pipa yang digunakan adalah pipa jenis galvanized yang memiliki nilai *roughness* (e) = 0,15 mm = $1,5 \times 10^{-4}$ m. Untuk perhitungan *pressure drop* dibagi menjadi beberapa titik.

4.3.1 Perhitungan *Relative Roughness*

$$\frac{e}{D} = \frac{0.000046m}{0.10022604m}$$

$$\frac{e}{D} = 0,0056$$

Jika dilihat dari hasil pada grafik *Moody Diagram*, maka nilai dari *friction factor* adalah sebesar 0,016.

4.3.2 Perhitungan *Pressure Drop* (Compressor-Vessel)

Untuk *pressure drop* line 1 dimulai dari titik B menuju titik C pada gambar teknik instalasi (Lampiran).

Perhitungan pertama adalah mencari kecepatan aliran, bilangan reynold dan bilangan mach.

$$\underline{V} = \frac{Q}{A}$$

Sehingga :

$$\underline{V} = \frac{Q}{A}$$

$$\underline{V} = \frac{0.0667 \frac{m^3}{sec}}{0.0100 m^2}$$

$$\underline{V} = 8.45 \frac{m}{s}$$

Maka

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

$$Re = \frac{8.45 \frac{m}{s} \cdot 0.10022604 m}{1,56 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 54289.105$$

Sehingga aliran pada line 1 adalah aliran turbulen.

Pada perhitungan selanjutnya, untuk menentukan bilangan mach menggunakan persamaan sebagai berikut

$$M = \frac{16,6 \text{ m/s}}{\sqrt{1,4 \times 287 \text{ J/kgK} \times 306 \text{ K}}}$$

Dimana suhu lingkungan pada saat itu adalah 31.4 °C atau 304.55 K. Sehingga perhitungannya adalah

$$M = \frac{8.45 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{1,4 \times 287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \times 304.55 \text{ K}}} = 0,024$$

Maka aliran dari instalasi ini bersifat aliran inkompresibel dikarenakan bilangan mach kurang dari 0,3.

Pressure Drop Mayor dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta p = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2} \right) \cdot \rho$$

$$\Delta p = 0,016 \left(\frac{16,27 \text{ m}}{0,01 \text{ m}} \right) \left(\frac{(0,835 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} \right) \cdot 1,201384 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\Delta p = 0.83 \text{ Pa}$$

Pressure Drop Minor untuk instalasi dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta p = k \left(\frac{V^2}{2} \right) \cdot \rho$$

Diketahui aksesoris pada pipa line 1 antara lain :

- Elbow 90° LR Non Standard X3 $k = 0.27$
- Lateral Non Standard $k = 0.27$
- Flange 10K $k = 0.27$
- Elbow 90° LR Non Standard $k = 0.27$
- Elbow 90° LR Non Standard $k = 0.27$
- Elbow 90° LR Non Standard $k = 0.27$
- Elbow 165° LR Non Standard $k = 0.27$
- Elbow 90° LR Non Standard $k = 0.27$

$$\Delta p = 0,27 \cdot 1,201384 \frac{kg}{m^3} \left(\frac{(0.835 \frac{m}{s})^2}{2} \right)$$

$$\Delta p = 0.11308072x 8 Pa = 0.90 Pa$$

Maka didapatkan ΔP_{total} pada line 1 adalah

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{mayor} + \Delta P_{minor}$$

$$\Delta P_{total} = 0.83 Pa + 0.90 Pa$$

$$\Delta P_{total} = 1.79 Pa$$

4.3.3 Perhitungan *Pressure Drop* (Vessel-Ash Silo)

Untuk *pressure drop* line 2 dimulai dari titik B menuju titik D pada gambar teknik instalasi (Lampiran).

Perhitungan pertama adalah mencari kecepatan aliran, bilangan reynold dan bilangan mach.

$$\underline{V} = \frac{Q}{A}$$

Sehingga :

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$\underline{V} = \frac{0.0667 \frac{m^3}{sec}}{0.0100 m^2}$$

$$\underline{V} = 8.45 \frac{m}{s}$$

Maka Re untuk Pipa diameter 4 in:

$$NRe = \frac{D.Vg.Pg}{\mu g}$$

$$NRe = \frac{0.33ft.27,72 \frac{ft}{s} \cdot \frac{0.075lbs}{cu} ft}{1.25 \times 10^{-5} lbs/(ft.sec)}$$

$$NRe = 55459.9878$$

Sedangkan Re untuk Pipa diameter 5 in:

$$NRe = \frac{D.Vg.Pg}{\mu g}$$

$$NRe = \frac{0.416 \text{ ft} \cdot 27,72 \frac{\text{ft}}{\text{s}} \cdot 0.075 \text{ lbs/cu ft}}{1.25 \times 10^{-5} \text{ lbs/(ft} \cdot \text{sec)}}$$

$$NRe = 69189.12$$

Dikarenakan bilangan Re yang didapatkan melebihi 2300 maka aliran pada line 2 adalah aliran turbulen.

Pada perhitungan selanjutnya, untuk menentukan bilangan mach menggunakan persamaan sebagai berikut

$$M = \frac{16,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{1,4 \times 287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \times 306 \text{ K}}}$$

Dimana suhu lingkungan pada saat itu adalah 31.4 °C atau 304.55 K. Sehingga perhitungannya adalah

$$M = \frac{8.45 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{1,4 \times 287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \times 304.55 \text{ K}}} = 0,024$$

$$e = 0.0005$$

Maka aliran dari instalasi ini bersifat aliran inkompresibel dikarenakan bilangan mach kurang dari 0,3.

Pressure Drop dapat dihitung sebagai berikut :

Kemudian hitung *fanning friction factornya* untuk pipa berdiameter 4 in menggunakan rumus :

$$f = \frac{0.331}{\left\{ \text{Log}_n \left(\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} \right) + \left(\frac{7}{N_{Re}} \right)^{0.9} \right) \right\}^2}$$

$$f = \frac{0.331}{\left\{ \text{Log}_{10} \left(\left(\frac{0.0005}{3.7 \times 0.33} \right) + \left(\frac{7}{55459.9878} \right)^{0.9} \right) \right\}^2}$$

$$f = 3.34 \times 10^{-4}$$

Sedangkan untuk pipa diameter 5 in *fanning friction* factornya :

$$f = \frac{0.331}{\left\{ \text{Log}_n \left(\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} \right) + \left(\frac{7}{N_{Re}} \right)^{0.9} \right) \right\}^2}$$

$$f = \frac{0.331}{\left\{ \text{Log}_{10} \left(\left(\frac{0.0005}{3.7 \times 0.41} \right) + \left(\frac{7}{69189.12} \right)^{0.9} \right) \right\}^2}$$

$$f = 3.58 \times 10^{-4}$$

Dimana, e adalah factor kekasaran pipa Faktor kekasaran pipa bergantung apakah pipa *internally smooth, rough, atau very rough*.

Kemudian hitung *Pressure Drop* tiap section pipa menggunakan rumus:

$$\Delta p = \frac{W \cdot Vp}{144 \cdot G} + \frac{\Delta z \cdot WG}{144 \cdot Vp \cdot Gc} + \frac{4f \cdot \rho g \cdot Vg^2 \cdot L}{2G \cdot D \cdot 144} + \Delta P_g \cdot K \cdot R + \frac{\Delta z \cdot \rho g}{144 \cdot Gc}$$

- Section 1 (Pipa Diameter 4 in):

$$\Delta P_{acc} = \frac{W \cdot Vp}{144 \cdot G}$$

$$= \frac{\frac{6.73634691 \text{ lbs}}{\text{sec}} \cdot \text{ft}^2 \times 24.950787 \text{ ft/s}}{144 \times 32.2 \text{ ft/sec}^2}$$

$$= 0.036223526 \text{ lbs/in}^2$$

$$\Delta P_g = \frac{4f \cdot \rho g \cdot Vg^2 \cdot L}{2G \cdot D \cdot 144}$$

$$= \frac{4.3,34 \cdot 10^{-4} \times 0.075 \frac{\text{lbs}}{\text{cu ft}} \times (27.72 \frac{\text{ft}}{\text{s}})^2 \times 1.64 \text{ ft}}{2 \times 32.2 \text{ ft/s}^2 \times 0.1016 \text{ ft} \times 144}$$

$$= 0.000134398 \text{ lbs/in}^2$$

$$\Delta P_s = \Delta P_g \cdot K \cdot R$$

$$= 0.000134398 \text{ lbs/in}^2 \cdot 1.5 \cdot 3.82$$

$$=0.000770101\text{lbs/in}^2$$

$$\begin{aligned}\Delta H_g &= \frac{\Delta z \cdot \rho g}{144 \cdot Gc} \\ &= \frac{0 \times 0.075 \frac{\text{lbs}}{\text{cu ft}}}{144 \times 32.174 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{lb} \cdot \text{s}^2}} \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_s &= \frac{\Delta z \cdot W \cdot G}{144 \cdot Vp \cdot Gc} \\ &= \frac{0 \times 6.73634691 \text{lbs/s} \times 32.2 \text{ft/sec}^2}{144 \times 24.950787401575 \times 32.174 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{lb} \cdot \text{s}^2}} \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\Delta H_{misc} = 0.2$$

Jadi, Pressure Drop Pipa Section 1 :

$$\begin{aligned}\Delta p &= \frac{W \cdot Vp}{144 \cdot G} + \frac{\Delta z \cdot WG}{144 \cdot Vp \cdot Gc} + \frac{4f \cdot \rho g \cdot Vg^2 \cdot L}{2G \cdot D \cdot 144} + \Delta P_g \cdot K \cdot R + \frac{\Delta z \cdot \rho g}{144 \cdot Gc} \\ &= 0.036 \text{ lbs/in}^2 + 0.00013 \text{ lbs/in}^2 + 0.00077 \text{ lbs/in}^2 + 0 + 0 + 0.2 \\ &= 0.25 \text{ bs/ft}^2\end{aligned}$$

Untuk Nilai Pressure Drop Section 2 sampai 15 bisa dilihat pada tabel :

Description	Orientation	Diameter(incr)	Length (feet)	Equivalent length(m)
Pipe A53 Gr.B Sch 40 (01)	Vertikal	0.333	1.640416667	
Elbow 90° LR Non Stndard (08) X3	Vertical to Horizontal	0.333	30	9.14411
Pipe A53 Gr.B Sch 40 (02)	Horizontal	0.333	14.73	
Pipe A53 Gr.B Sch 40 (01)	Vertikal	0.333	1.640416667	
Pipe A53 Gr.B Sch 40 (03)	Horizontal to Vertikal	0.333	2.95275	
Elbow 90° LR Non Stndard With Reducer $\phi 4 / \phi 5$ (09)	Vertical to Horizontal	0.333	30	6.096
Pipe A53 Gr.B Sch 40 (04)	Horizontal	0.416	106.791125	
Elbow 90° LR Non Stndard (17)	Horizontal to Vertikal	0.416	30	9.14411
Elbow 135° LR Non Standard (18)	Horizontal to Vertikal	0.416	20	4.876859
Pipe A53 Gr.B Sch 40 (05)	Vertikal	0.416	36.05625833	
Elbow 90° LR Non Standard (17)	Vertical to Horizontal	0.416	30	9.14411
Pipe A53 Gr.B Sch 40 (06)	Horizontal	0.416	6.824133333	
Sheld Cover Cross Valve (21)	Horizontal	0.416	17.7165	5.4
Pipe A53 Gr.B Sch 40 (07)	Horizontal	0.416	31.988125	

Tabel 4.1. Pipeline Sections Data

W(lbs./ft ²)	Vp(feet)	R	K	Δz (feet)	gc(ft·lb/lb·s ²)	Fanning factor	ρ_g	Vg (feet/s)	g(ft/s ²)
98.2	2.4655512	157.44	1.5	0	32.174	0.000334519	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.2189961	157.44	1.5	7.791979167	32.174	0.000334519	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.4655512	157.44	1.5	7.791979167	32.174	0.000334519	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.4655512	157.44	1.5	0	32.174	0.000334519	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.4655512	157.44	1.5	15.86286089	32.174	0.000334519	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.2189961	157.44	1.5	7.791979167	32.174	0.000334519	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.4655512	157.44	1.5	7.791979167	32.174	0.000358713	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.2189961	157.44	1.5	19.61942257	32.174	0.000358713	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.2189961	157.44	1.5	11.82742782	32.174	0.000358713	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.4655512	157.44	1.5	38.838505	32.174	0.000358713	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.2189961	157.44	1.5	52.01771654	32.174	0.000358713	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.4655512	157.44	1.5	52.01771654	32.174	0.000358713	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.4655512	157.44	1.5	52.01771654	32.174	0.000358713	0.075	2.739501312	32.2
98.2	2.4655512	157.44	1.5	52.01771654	32.174	0.000358713	0.075	2.739501312	32.2

Tabel 4.2 .Conveying Sstem Input Data

ΔP_g	ΔP_{acc}	ΔP_s	ΔH_g	ΔH_s	ΔH_{misc}	Total Pressure Drop (lbs/ft ²)
4.00408E-07	0.052180415	9.45603E-05	0	0	0.2	0.252275376
7.32267E-06	0.046962374	0.001729321	0.004061599	2.396575182	0	2.449335799
3.59543E-06	0.052180415	0.000849097	0.004061599	2.15691768	0	2.214012387
4.00408E-07	0.052180415	9.45603E-05	0	0	0	0.052275376
7.20734E-07	0.052180415	0.000170208	0.008268578	4.391039091	0	4.451659013
7.32267E-06	0.046962374	0.001729321	0.004061599	2.396575182	0	2.449335799
2.23749E-05	0.052180415	0.005284052	0.004061599	2.15691768	0	2.218466122
6.2856E-06	0.046962374	0.001484408	0.0102267	6.034336105	0	6.093015873
4.1904E-06	0.046962374	0.000989605	0.006165093	3.63775613	0	3.691877393
7.55451E-06	0.052180415	0.001784073	0.020244722	10.75098589	0	10.82520266
6.2856E-06	0.046962374	0.001484408	0.027114437	15.99906337	0	16.07463087
1.42979E-06	0.052180415	0.00033766	0.027114437	14.39915714	0	14.47879109
3.71196E-06	0.052180415	0.000876617	0.027114437	14.39915714	0	14.47933233
6.70215E-06	0.052180415	0.001582781	0.027114437	14.39915714	0	14.48004148
						94.21025156

Tabel 4.3 *Pressure Drop Calculations*

Setelah seluruh Nilai *Pressure Drop* tiap *section* diketahui maka dijumlah untuk mengetahui tekanan total pada instalasi dari *vessel-ash silo* :

$$\Delta p_{Total_{Vessel-silo}} = 94.2 \text{ lbs/ft}^2$$

Untuk Δp_{Total} instalasi secara keseluruhan:

$$\begin{aligned} \Delta p_{Total} &= \Delta p_{Total_{compressor-vessel}} + \Delta p_{Total_{vessel-silo}} \\ &= 1.79 \text{ Pa} + 4510.32 \text{ Pa} \\ &= 4511.32 \text{ Pa} \end{aligned}$$

4.3.4 Kebutuhan Udara Untuk Mensuplai Fly Ash Menuju Silo

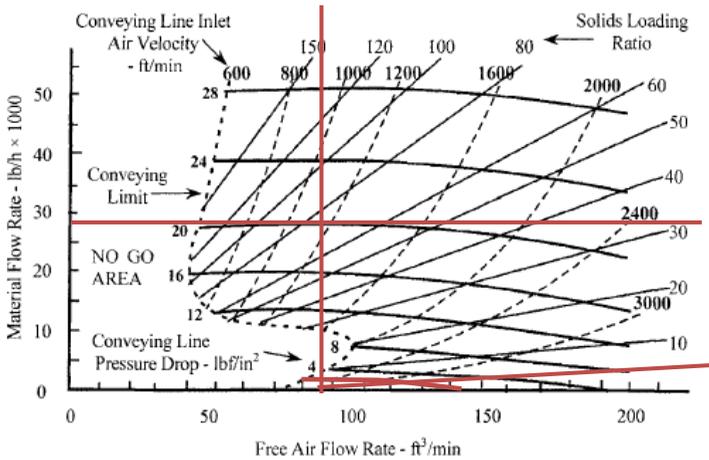


Figure 10.11 Conveying characteristics for a fine grade of fly ash.

Dari grafik tersebut didapatkan kebutuhan udara sebesar 98 ft³/min untuk bisa mensuplai fly ash ke silo.

4.4. Perhitungan Tekanan Minimal Air Receiver

$$P_{min} = P_2 + \Delta P_{instalasi} + P_{atm}$$

$$P_{min} = 500000 Pa + 4511.32 Pa + 101325 Pa$$

$$P_{min} = 605836.32 Pa$$

$$P_{min} = 6.05 bar$$

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penulis menyimpulkan berdasarkan analisa yang telah dilakukan untuk Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai laju aliran massa udara (\dot{m}) pada instalasi adalah $\dot{m} = 2,5 \times 10^{-2} \frac{kg}{s}$
2. Laju Aliran massa fly ash adalah 13.6325 ton/jam
3. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai kerugian tekanan (*pressure drop*) pada instalasi adalah sebesar
 - a. Line 1 = 1.9 Pa
 - b. Line 2 = 4510.32 Pa.
4. Kebutuhan udara yang harus diuplai untuk bisa mengirimkan fly ash menuju ke Ash silo adalah 98 ft³/min atau sama dengan 2.77 m³/min.

5.2. Saran

Dari hasil analisis yang telah dilakukan maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu diadakan maintenance kompresor setidaknya sebulan sekali pengecekan dan perawatan. Karena kompresor memiliki bagian yang mendapat beban tumbukan dan bagian – bagian yang saling meluncur dengan permukaan tekanan yang besar. Selain itu getaran mekanis serta denyutan tekanan merupakan hal yang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, jika menginginkan umur yang panjang dan performansi yang tetap baik, kompresor harus dioperasikan dengan benar, serta dilakukan pemeriksaan dan pemeliharaan dengan cermat. Biasanya setiap kompresor yang dibeli dilengkapi dengan buku petunjuk yang harus diikuti.
2. Data – data penting seperti tekanan, temperatur, aliran dan putaran poros kompresor sebaiknya benar – benar diketahui secara realnya melalui alat ukur dari masing – masing parameter tersebut, kemudian ditentukan standar minimal

yang harus dipenuhi dari parameter tersebut ketika kompresor sedang dioperasikan. Sehingga apabila terjadi gangguan pada kompresor atau instalasi perpipaannya dapat terminimalisir karena sudah diatasi ketika melewati batas nilai standarnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tahara, Haruo. *Pompa dan Kompresor, pemilihan, pemakaian dan pemeliharaan*. Alih bahasa Sularso. PT Pradnya Paramita. Jakarta. 2006.
2. Brown, Royce N. *Compression Selection and Sizing*. Gulf Publishing Company. Second Edition. Houston. 1997.
3. Barber, Anthony. *Pneumatic Handbook*. Elsevier Advanced Technology. Eighth Edition. Kidlington. 1997
4. UNIDO. *Compressed Air System Optimization*. Kementrian Perindustrian. Jakarta.
5. Fox, Robert W. and McDonald, Alan T. *Introduction to Fluid Mechanics, 8th ed.* John Wiley and Sons. USA. 2011
6. Bregman, Theodore L., Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera and David P. Dewitt. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7th ed.* John Wiley and Sons. USA. 2011
7. Afrianto, Aries. *Perhitungan Ulang Instalasi Udara Bertekanan Pada Proses Produksi di PT. Coca Cola Bottling Indonesia Gempol Plant*. D3 Teknik Mesin. Surabaya. 2009
8. Agarwal, AT. *Theory and Design of Dilute Phase Pneumatic Conveying System*. Vol 17 No 1. Powder Handling Processing. USA. 2005.
9. Ramme, Taranniyil. *Coal Combustion Products Utilization Handbook*. Third edition. WE Energies Publication. USA. 2013
10. Mills, David. *Pneumatic Conveying Design Guide*. Second Edition. Elsevier Butterwirth Heinemann. USA. 2004
11. Biles, William E. and Zohdi, Magd E. *Mechanical Engineers' Handbook: Manufacturing and Management. Volume 3 Third Edition*. John Wiley and sons, Inc. Kentucky, 2006

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN 1

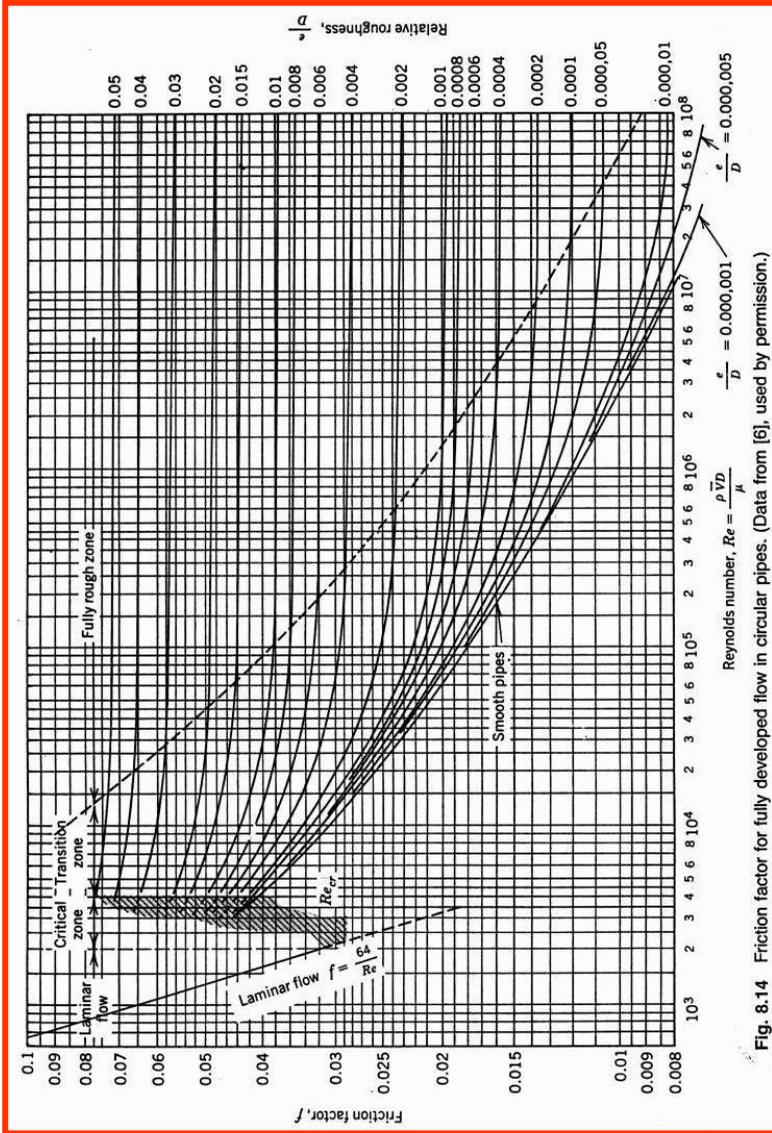


Fig. 8.14 Friction factor for fully developed flow in circular pipes. (Data from [6], used by permission.)

LAMPIRAN 2

Table A.10
Properties of Air at Atmospheric Pressure (SI Units)

Temperature, $T(^{\circ}\text{C})$	Density, $\rho(\text{kg/m}^3)$	Dynamic Viscosity, $\mu(\text{N} \cdot \text{s/m}^2)$	Kinematic Viscosity, $\nu(\text{m}^2/\text{s})$
0	1.29	1.72E-05	1.33E-05
5	1.27	1.74E-05	1.37E-05
10	1.25	1.76E-05	1.41E-05
15	1.23	1.79E-05	1.45E-05
20	1.21	1.81E-05	1.50E-05
25	1.19	1.84E-05	1.54E-05
30	1.17	1.86E-05	1.59E-05
35	1.15	1.88E-05	1.64E-05
40	1.13	1.91E-05	1.69E-05
45	1.11	1.93E-05	1.74E-05
50	1.09	1.95E-05	1.79E-05
55	1.08	1.98E-05	1.83E-05
60	1.06	2.00E-05	1.89E-05
65	1.04	2.02E-05	1.94E-05
70	1.03	2.04E-05	1.98E-05
75	1.01	2.06E-05	2.04E-05
80	1.00	2.09E-05	2.09E-05
85	0.987	2.11E-05	2.14E-05
90	0.973	2.13E-05	2.19E-05
95	0.960	2.15E-05	2.24E-05
100	0.947	2.17E-05	2.29E-05

LAMPIRAN 3

Table 8.4
Representative Dimensionless Equivalent Lengths (L_e/D) for Valves and Fittings

Fitting Type	Equivalent Length, ^a L_e/D
Valves (fully open)	
Gate valve	8
Globe valve	340
Angle valve	150
Ball valve	3
Lift check valve: globe lift	600
angle lift	55
Foot valve with strainer: poppet disk	420
hinged disk	75
Standard elbow: 90°	30
45°	16
Return bend, close pattern	50
Standard tee: flow through run	20
flow through branch	60

^aBased on $h_{L_m} = f(L_e/D)(\bar{V}^2/2)$.

Source: Data from Reference [11].

LAMPIRAN 4

TABLE A.1

Conversion Factors

Area (A)	
$1 \text{ mm}^2 = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2$	$1 \text{ ft}^2 = 144 \text{ in.}^2$
$1 \text{ cm}^2 = 1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 0.1550 \text{ in.}^2$	$1 \text{ in.}^2 = 6.4516 \text{ cm}^2 = 6.4516 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
$1 \text{ m}^2 = 10.7639 \text{ ft}^2$	$1 \text{ ft}^2 = 0.092903 \text{ m}^2$
Conductivity (k)	
$1 \text{ W/m-K} = 1 \text{ J/s-m-K}$ $= 0.577789 \text{ Btu/h-ft-}^\circ\text{R}$	$1 \text{ Btu/h-ft-R} = 1.730735 \text{ W/m-K}$
Density (ρ)	
$1 \text{ kg/m}^3 = 0.06242797 \text{ lbm/ft}^3$	$1 \text{ lbm/ft}^3 = 16.01846 \text{ kg/m}^3$
$1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$	
$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg/L}$	
Energy (E, U)	
$1 \text{ J} = 1 \text{ N-m} = 1 \text{ kg-m}^2/\text{s}^2$	
$1 \text{ J} = 0.737562 \text{ lbf-ft}$	$1 \text{ lbf-ft} = 1.355818 \text{ J}$
$1 \text{ cal (Int.)} = 4.18681 \text{ J}$	$= 1.28507 \times 10^{-3} \text{ Btu}$
	$1 \text{ Btu (Int.)} = 1.055056 \text{ kJ}$
$1 \text{ erg} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ J}$	$= 778.1693 \text{ lbf-ft}$
$1 \text{ eV} = 1.60217733 \times 10^{-19} \text{ J}$	
Force (F)	
$1 \text{ N} = 0.224809 \text{ lbf}$	$1 \text{ lbf} = 4.448222 \text{ N}$
$1 \text{ kp} = 9.80665 \text{ N (1 kgf)}$	
Gravitation	
$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$	$g = 32.17405 \text{ ft/s}^2$
Heat capacity (C_p, C_v, C), specific entropy (s)	
$1 \text{ kJ/kg-K} = 0.238846 \text{ Btu/lbm-}^\circ\text{R}$	$1 \text{ Btu/lbm-}^\circ\text{R} = 4.1868 \text{ kJ/kg-K}$
Heat flux (per unit area)	
$1 \text{ W/m}^2 = 0.316998 \text{ Btu/h-ft}^2$	$1 \text{ Btu/h-ft}^2 = 3.15459 \text{ W/m}^2$

LAMPIRAN 5

TABLE A.1 (continued)
Conversion Factors

Heat-transfer coefficient (h)		
1 W/m ² -K = 0.176 11 Btu/h-ft ² -°R		1 Btu/h-ft ² -°R = 5.67826 W/m ² -K
Length (L)		
1 mm = 0.001 m = 0.1 cm		1 ft = 12 in.
1 cm = 0.01 m = 10 mm = 0.3970 in.		1 in. = 2.54 cm = 0.0254 m
1 m = 3.28084 ft = 39.370 in.		1 ft = 0.3048 m
1 km = 0.621 371 mi		1 mi = 1.609344 km
1 mi = 1609.3 m (US statute)		1 yd = 0.9144 m
Mass (m)		
1 kg = 2.204 623 lbm		1 lbm = 0.453 592 kg
1 tonne = 1000 kg		1 slug = 14.5939 kg
1 grain = 6.47989 × 10 ⁻⁵ kg		1 ton = 2000 lbm
Moment (torque, T)		
1 N-m = 0.737 562 lbf-ft		1 lbf-ft = 1.355 818 N-m
Momentum (mV)		
1 kg-m/s = 7.232 94 lbm-ft/s = 0.224809 lbf-s		1 lbm-ft/s = 0.138 256 kg-m/s
Power (Q, W)		
1 W = 1 J/s = 1 N-m/s = 0.737 562 lbf-ft/s		1 lbf-ft/s = 1.355 818 W = 4.626 24 Btu/h
1 kW = 3412.14 Btu/h		1 Btu/s = 1.055 056 kW
1 hp (metric) = 0.735 499 kW		1 hp (UK) = 0.7457 kW = 550 lbf-ft/s = 2544.43 Btu/h
1 ton of refrigeration = 3.516 85 kW		1 ton of refrigeration = 12 000 Btu/h
Pressure (P)		
1 Pa = 1 N/m ² = 1 kg/m-s ²		1 lbf/in. ² = 6.894 757 kPa
1 bar = 1.0 × 10 ⁵ Pa = 100 kPa		
1 atm = 101.325 kPa = 1.01325 bar = 760 mm Hg [0°C] = 10.332 56 m H ₂ O [4°C]		1 atm = 14.695 94 lbf/in. ² = 29.921 in. Hg [32°F] = 33.899 5 ft H ₂ O [4°C]
1 torr = 1 mm Hg [0°C]		
1 mm Hg [0°C] = 0.133 322 kPa		1 in. Hg [0°C] = 0.49115 lbf/in. ²
1 m H ₂ O [4°C] = 9.806 38 kPa		1 in. H ₂ O [4°C] = 0.036126 lbf/in. ²
Specific energy (e, u)		
1 kJ/kg = 0.42992 Btu/lbm = 334.55 lbf-ft/lbm		1 Btu/lbm = 2.326 kJ/kg 1 lbf-ft/lbm = 2.98907 × 10 ⁻³ kJ/kg = 1.28507 × 10 ⁻³ Btu/lbm

LAMPIRAN 6

TABLE A.1 (continued)

Conversion Factors

Specific kinetic energy ($\frac{1}{2} V^2$)	
1 m ² /s ² = 0.001 kJ/kg	1 ft ² /s ² = 3.9941 × 10 ⁻⁵ Btu/lbm
1 kJ/kg = 1000 m ² /s ²	1 Btu/lbm = 25037 ft ² /s ²
Specific potential energy (Zg)	
1 m·g _{sat} = 9.80665 × 10 ⁻³ kJ/kg	1 ft·g _{sat} = 1.0 lbf-ft/lbm
= 4.21607 × 10 ⁻³ Btu/lbm	= 0.001285 Btu/lbm
	= 0.002989 kJ/kg
Specific volume (v)	
1 cm ³ /g = 0.001 m ³ /kg	
1 cm ³ /g = 1 L/kg	
1 m ³ /kg = 16.01846 ft ³ /lbm	1 ft ³ /lbm = 0.062 428 m ³ /kg
Temperature (T)	
1 K = 1°C = 1.8 R = 1.8 F	1 R = (5/9) K
TC = TK - 273.15	TF = TR - 459.67
= (TF - 32)/1.8	= 1.8 TC + 32
TK = TR/1.8	TR = 1.8 TK
Universal Gas Constant	
$\bar{R} = N_0 k = 8.31451$ kJ/kmol·K	$\bar{R} = 1.98589$ Btu/lbmol·R
= 1.98589 kcal/kmol·K	= 1545.36 lbf-ft/lbmol·R
= 82.0578 atm·L/kmol·K	= 0.73024 atm·ft ³ /lbmol·R
	= 10.7317 (lbf/in. ²)·ft ³ /lbmol·R
Velocity (V)	
1 m/s = 3.6 km/h	1 ft/s = 0.681818 mi/h
= 3.28084 ft/s	= 0.3048 m/s
= 2.23694 mi/h	= 1.09728 km/h
1 km/h = 0.27778 m/s	1 mi/h = 1.46667 ft/s
= 0.91134 ft/s	= 0.44704 m/s
= 0.62137 mi/h	= 1.609344 km/h
Volume (V)	
1 m ³ = 35.3147 ft ³	1 ft ³ = 2.831 685 × 10 ⁻² m ³
1 L = 1 dm ³ = 0.001 m ³	1 in. ³ = 1.6387 × 10 ⁻⁵ m ³
1 Gal (US) = 3.785 412 L	1 Gal (UK) = 4.546 090 L
= 3.785 412 × 10 ⁻³ m ³	1 Gal (US) = 231.00 in. ³

LAMPIRAN 7

Part Number	Dimensions in Inches																Cap. GAL.	MAWP PSI	Weight LBS
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P			
30ARV200	16	38	--	--	¼	¼	¼	--	--	½	¼	--	1½	--	1½	1¼	30	200	100
60ARV200	20	48	--	--	¼	¼	¼	--	--	¾	¼	--	2	--	2	2¼	60	200	165
80ARV200	24	46	--	--	¼	½	--	--	¾	¼	--	2	--	2	3¾	80	200	250	
120ARV200	24	65	--	--	¼	1	2	2	1½	2	¼	1½	1½	1½	12	120	200	360	
200ARV200	30	74	--	--	¾	1	2	2	1½	--	¼	1½	2	1½	12	200	200	572	
240ARV200	30	84	--	--	¾	1	2	2	1½	--	¼	1½	2	1½	12	240	200	643	
400ARV150	36	92	3	1	¼	1	2	3	¾	--	--	1	--	--	12	400	150	713	
400ARV200	36	92	3	½	¼	1½	1	2	3	½	--	1	--	--	12	400	200	996	
400ARV300	36	92	3	½	¼	1½	1	2	3	½	--	1	--	--	12	400	300	1295	
500ARV150	36	116	3	1	¼	1	2	2	3	2	--	1	--	--	12	500	150	920	
500ARV200	36	116	3	¼	--	1½	1	2	3	1	--	1	--	--	12	500	200	1180	
620ARV150	42	113	--	¾	--	3	1	3	--	1	--	1	--	2	12	620	150	1585	
620ARV200	42	113	--	¾	--	3	1	3	--	1	--	1	--	2	12	620	200	1700	
1040ARV150	48	143	--	¾	--	6F	1	6F	--	1	--	1	--	2	12	1040	150	1910	
1040ARV200	48	143	--	¾	--	6F	1	6F	--	1	--	1	--	2	12	1040	150	2175	
1550ARV150	54	168	--	2	--	6F	1	6F	--	1	--	1	--	2	12	1550	150	2590	
2200ARV150	60	191	--	2	--	6F	1	6F	--	1	--	1	--	2	12	2200	150	3300	
2560ARV150	60	224	--	2	--	6F	1	6F	--	2	--	1	--	2	12	2560	150	3800	
3000ARV150	66	217	--	2	--	8F	1	8F	--	1	--	1	--	2	12	3000	150	5000	
3750ARV150	72	229	--	2	--	8F	1	8F	--	1	--	1	--	2	12	3750	150	6000	
5000ARV150	72	298	--	2	--	8F	1	8F	--	1	--	1	--	2	12	5000	150	7853	

Specifications

Model	Air Capacity (SCFM 38°F/ 3°C m ³ /min)	Pressure Drop (psig/barg)	Operating kW		Dimensions (in/mm)			Approx. Ship Wt. (lbs/kg)	Air In/Out (in)
			Air Cooled	Water Cooled	W	D	H		
NV/C200	200/5.7	1.6/0.11	2.10	1.88	28/711	30/762	58/1473	620/282	1.5 NPT
NV/C300	300/8.5	2.1/0.14	2.80	2.10	28/711	30/762	58/1473	735/334	2 NPT
NV/C400	400/11.3	2.9/0.20	3.30	2.72	28/711	30/762	58/1473	745/339	2 NPT
NV/C500	500/14.1	2.9/0.20	4.66	3.90	42/1067	40/1016	62/1575	1105/501	3 NPT
NV/C600	600/17.0	3.0/0.21	5.00	4.36	42/1067	40/1016	62/1575	1275/580	3 NPT
NV/C700	700/19.8	2.7/0.19	6.10	4.99	42/1067	40/1016	62/1575	1320/600	3 NPT
NV/C800	800/22.7	2.9/0.20	6.70	5.63	42/1067	40/1016	62/1575	1415/643	3 NPT
NV/C1000	1000/28.3	2.5/0.17	8.90	6.90	32/813	72/1829	69/1753	2315/1052	4 FLG
NV/C1200	1200/34.0	3.1/0.21	10.50	6.90	32/813	72/1829	69/1753	2435/1107	4 FLG
NV/C1600	1600/45.3	3.3/0.23	13.10	7.70	32/813	72/1829	69/1753	2785/1266	4 FLG
NV/C2000	2000/56.7	3.5/0.24	13.50	10.40	32/813	91/2311	91/2311	3925/1780	6 FLG
NV/C2400	2400/68.0	3.5/0.24	15.80	11.40	32/813	91/2311	91/2311	4150/1886	6 FLG
NV/C3250	3250/92.1	3.5/0.24	24.10	15.30	78/1981	96/2438	100/2540	6520/2957	8 FLG
NV/C4000	4000/113.3	3.5/0.24	27.00	20.70	78/1981	96/2438	100/2540	6720/3048	8 FLG
NV/C4800	4800/136.0	3.5/0.24	31.60	22.80	78/1981	96/2438	100/2540	6880/3121	8 FLG
NV/G6000	6000/170.0	3.5/0.24	40.50	31.10	110/2794	98/2489	102/2591	9700/4400	10 FLG
NV/G8000	8000/226.6	3.5/0.24	54.00	41.40	143/3632	99/2515	103/2616	13020/5906	12 FLG

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Moehammad Tari SAg dan Ibu NinikYuliana SAg yang memiliki dua adik kandung. Penulis lahir di Tanggamus pada tanggal 29 April 1996. Jenjang pendidikan formal yang telah ditempuh berada di TK Pertiwi 1 Gabugan, SD Negeri Demangan 1 Bangkalan, SMP Negeri 2 Bangkalan dan SMA Negeri 1 Bangkalan. Pada tahun 2014 setelah lulus SMA penulis diterima di Program D3 Reguler ITS jurusan Teknik Mesin dan mengambil bidang Konversi Energi sebagai bidang keahlian.

Di jurusan, penulis cukup aktif di bidang organisasi. Organisasi yang pernah diikuti penulis yaitu Staf Jundullah Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Mesin (HMDM).

Penulis dapat dihubungi melalui nomor telepon 083856840738 atau email : fahri.arryaisi.07@gmail.com