



**SKRIPSI - ME 141501**

**DESIGN PNEUMATIC TUBE TRANSFER SYSTEM PADA KAPAL  
RUMAH SAKIT KRI DR SOEHARSO 990**

Andi Dwi Nugraha  
NRP 4215105008

Dosen Pembimbing I  
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**SKRIPSI - ME 141501**

**DESIGN PNEUMATIC TUBE TRANSFER SYSTEM PADA KAPAL  
RUMAH SAKIT KRI DR SOEHARSO 990**

Andi Dwi Nugraha  
NRP 4215105008

Dosen Pembimbing I  
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

### DESIGN PNEUMATIC TUBE TRANSFER SYSTEM PADA KAPAL RUMAH SAKIT KRI DR SOEHARSO 990

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Manufacture Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Andi Dwi Nugraha**  
NRP 4215 105 008

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT (  )

SURABAYA  
Januari, 2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

### DESIGN PNEUMATIC TUBE TRANSFER SYSTEM PADA KAPAL RUMAH SAKIT KRI DR SOEHARSO 990

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Manufacture Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Andi Dwi Nugraha**  
NRP 4215 105 008

Disetujui oleh Kepala Departement Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 197708022008011007

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## ABSTRAK

**Nama Mahasiswa** : Andi Dwi Nugraha  
**NRP** : 4215105008  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

*Pneumatic Tube Transfer System* adalah Sebuah Rangkaian system instalasi yang memanfaatkan udara bertekanan atau angin bertekanan untuk melakukan transfer material/Benda dimana konsepnya adalah menaruh material dalam sebuah kapsul dengan kapasitas maksimal muatan (5,67 kg) dan mendistribusinya pada *pipeline way* ke ruang lokasi yang ditentukan, dengan menggunakan bantuan instalasi udara bertekanan atau Compress Air system pada kapal KRI Dr Soeharso – 990 sebagai pendorong atau penggerakannya. Keuntungan dari Tube Transport System ini adalah mengurangi waktu transit dalam sebuah system transportasi (Benda/Peralatan) dari satu departemen ke departemen lainnya atau dari suatu tempat ke tempat lainnya, lebih menekankan efektivitas waktu yang baik, dan akan lebih menonjolkan kerapian sebuah System pada aktivitas Kapal Rumah Sakit KRI Dr Soeharso – 990, dari hasil pengolahan data dapat dihitung untuk kapasitas *pressure* (Tekanan) maksimal yang dibutuhkan untuk mendistribusikan kapsul yaitu sebesar 5,85 Bar untuk kecepatan maksimal kapsul sebesar 7,62 m/s dan nilai konsumsi udara adalah 134 liter/second, dimana untuk memenuhi kapasitas volume distribusi Kapsul dibutuhkan kapasitas Air receiver sebesar 3000 Liter

Kata Kunci : *Pneumatic Tube, Pressure, Reynold Number*

## ABSTRACT

**Name** : Andi Dwi Nugraha  
**NRP** : 4215105008  
**Department** : Marine Engineering  
**Supervisors** : Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

Pneumatic Tube Transfer System is a series of installation system that using pressurized air to transfer material where the concept is to put material in a capsule with a maximum load capacity (5.67 kg) and distribute it to the pipeline way to the specified location space , Using the aid of a pressurized air installation or Compress Air system on board KRI Dr Soeharso - 990 as a driver or propulsion. The advantage of this Tube Transport System is to reduce transit time in a transportation system (Objects / Equipment) from one department to another department or from one place to another, emphasizing better time effectiveness, and more Emphasizing the neatness of a System on the activity of KRI Dr Soeharso Hospital Shipbuilding - 990, from the data processing can be calculated for the maximum pressure capacity required to distribute the capsule of 5.85 Bar for the maximum capsule speed of 7.62 m / s And the value of air consumption is 134 liters / second, where to meet the capacity of distribution volume Capsule required capacity of 3000 Liter Water receiver

Keywords : *Pneumatic Tube, Pressure, Reynold Number*

## KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena anugerah dan kuasaNya sehingga tugas akhir dengan judul “**Design Pneumatic Tube Transfer System Pada Kapal Rumah Sakit KRI Dr.Soeharso 990**” ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik oleh penulis juga atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Agung Nurwanto dan Ibu Hari Yulianti serta Kakak RianyNoor Rachmawati, yang telah bersedia mendengar keluh kesah, memberikan dukungan baik moril maupun materi, dan doa yang tulus ikhlas kepada penulis saat menghadapi kesulitan dalam pengerjaan Tugas Akhir, sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT selaku dosen pembimbing yang selalu mengarahkan, membimbing dan memotivasi penulis dengan baik.
3. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT, Bapak Ir. Amiadji M. M. M. Sc , Bapak Ir. H.Agoes Santoso.M.Sc. M.Phil, Bapak Irfan Syarief Arief , S.T., M.T selaku dosen member MMD yang selalu memberikan solusi atas masalah tentang pengerjaan progress skripsi
4. Bapak Adi Kurniawan, S.T., M.T selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan dukungan untuk penulis
5. Team Kandang Kucing Ex Kontrakan Kandang Jaran Selaku Teman maupun keluarga besar PSD Teknik Perkapalan Undip 2011, dan selama 5 Tahun seperjuangan Undip dan LJ ITS, Telly, Farera, Adam, Yoga, Dai, Maya, Ardi, Dimas, Eko Pranoto, Praba, Riki, Hasfi
6. Teman Seperjuangan satu Dosen Pembimbing, Eric Ahok, Dai, Praba, Farera, dan Imam Nur Rochim
7. Teman-teman seperjuangan 2 Tahun Lintas Jalur Teknik Sistem Perkapalan 2015 (Hayy, Bernard, Ika Cendi, Eric, Hidak, Cahyo, Dian nafi, Didit, franky, Ilham, fikri, Lutfi, Sigit, Ibnu, Sulthon, Noval, Cahyo,Imam
8. Pihak PT.PAL yang berkenan memberikan data-data dokumen penunjang skripsi
9. Semua teman-teman lab MMD, Semoga Sukses P 117.
10. Dan semua pihak yang terlibat dan berkontribusi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan saran untuk dapat menyempurnakan tugas akhir ini dengan baik dan dapat bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata, semoga Tuhan YME melimpahkan KaruniaNya kepada kita semua. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Juli 2017  
Penulis.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Skripsi .....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pneumatic Tube Transfer System.....	5
2.2 Aliran Fluida dalam Pipa.....	10
2.3 Fluid Power .....	12
2.4 Pneumatic System .....	14
2.5 Keuntungan Pemakaian Pneumatik.....	15
2.6 Kerugian / terbatasnya Pneumatik.....	17
2.7 Dasar-Dasar Teoritis Pneumatik.....	17
2.8 Cara kerja sistem pneumatic.....	18
2.9 Aktuator Tenaga Fluida.....	19
2.10 Gesekan Dinamis .....	20
2.11 Konsep Dasar Instalasi Pneumatic Tube Transfer System .....	21
2.12 Komponen Penunjang Pneumatic Tube Transfer System .....	22
2.13 Software SolidWork .....	28
2.14 Rekomendasi Biro Klasifikasi .....	28
BAB III METODOLOGI.....	31
3.1 Lokasi Studi.....	31
3.2 Metodologi Penulisan.....	31
3.3 Rumusan Masalah .....	31
3.4 Studi Pustaka .....	31
3.5 Metode Pengumpulan Data .....	31
3.6 Jadwal Pelaksanaan .....	32
3.7 Tahapan Penelitian .....	32
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	35
4.1 Perencanaan layout system.....	35
4.1.1 Analisa Data .....	35
4.1.2 Design Layout .....	36
4.2 Kalkulasi perhitungan.....	39
4.2.1 Perhitungan Nilai Reynold Number .....	40
4.2.2 Perhitungan Nilai pressure Drop .....	40
4.2.3 Perhitungan Nilai Tt (waktu akhir) .....	40
4.2.4 Perhitungan Nilai Percepatan Kapsul (a) .....	40
4.2.5 Perhitungan Nilai Gaya Kapsul (F).....	41

4.2.6 Perhitungan Nilai Pressure (P) .....	41
4.2.7 Perhitungan Estimasi Waktu Kapsul .....	41
4.2.8 Perhitungan Total Variabel .....	42
4.2.9 Perhitungan Konsumsi Kebutuhan Volume Udara .....	44
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.1 Saran .....	47
Daftar Pustaka.....	48
LAMPIRAN A.....	49
LAMPIRAN B .....	53
LAMPIRAN C .....	57
LAMPIRAN D.....	75

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Koefisien gesek statis untuk material yang berbeda dari tabung dan kapsul Karet seal .....	21
<b>Tabel 2.2</b> Tabel <i>Mechanical Propertiess</i> pipa HDPE .....	24
<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Pelaksanaan .....	32
<b>Tabel 4.1</b> Perhitungan Estimasi Waktu Kapsul .....	42
<b>Tabel 4.2</b> Perhitungan <i>Pressure Drop</i> .....	42
<b>Tabel 4.3</b> Perhitungan Nilai waktu akhir (Tt) .....	43
<b>Tabel 4.4</b> Perhitungan Nilai Percepatan .....	43
<b>Tabel 4.5</b> Perhitungan Nilai Gaya .....	43
<b>Tabel 4.6</b> Perhitungan Nilai Tekanan / <i>Pressure</i> .....	44
<b>Tabel 4.7</b> Spesifikasi Kompresor .....	46

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> System Port Jalur Pneumatic Tube Transfer System.....	1
<b>Gambar 1.2</b> KRI Dr. Soeharso (990).....	2
<b>Gambar 2.1</b> Rencana transportasi system tabung.....	5
<b>Gambar 2.2</b> Aliran Fluida pada kapsul.....	7
<b>Gambar 2.3</b> Aliran Trubulen pada pipa.....	8
<b>Gambar 2.4</b> Perbedaan tekanan pada pipa.....	8
<b>Gambar 2.5</b> Daryl Oster (a) dan (b) proyek Elon Musk untuk transportasi tabung evakuasi .....	9
<b>Gambar 2.6</b> Compact transportasi kapsul dan transportasi capsul cargo (b) .....	9
<b>Gambar 2.7</b> Aliran Trubulence pada pipa .....	10
<b>Gambar 2.8</b> Aliran Laminar pada pipa .....	10
<b>Gambar 2.9</b> Moody Diagram.....	12
<b>Gambar 2.10</b> Skema laju aliran fluida.....	13
<b>Gambar 2.11</b> Rangkaian Sistem Penumatic Sederhana.....	18
<b>Gambar 2.12</b> Silinder Kerja Tunggal Beserta Simbol pada Diagram .....	19
<b>Gambar 2.13</b> Silinder Kerja Ganda Beserta Simbol pada Diagram .....	19
<b>Gambar 2.14</b> Transportasi kapsul Kecil (a) dan transportasi kapsul kapasitas besar (b) .....	20
<b>Gambar 2.15</b> Rangkaian Sistem Penumatic Tube Sytem pada industri .....	22
<b>Gambar 2.16</b> Rangkaian Sistem Penumatic Tube Sytem kompleks .....	22
<b>Gambar 2.17</b> Stasiun Pneumatic .....	23
<b>Gambar 2.18</b> Tempat pendaratan carrier/Basket .....	23
<b>Gambar 2.19</b> Pipa HDPE (High-density polyethylene pipe -HDPE) .....	25
<b>Gambar 2.20</b> Diverter 3 cabang.....	25
<b>Gambar 2.21</b> Carrier/Tube .....	26
<b>Gambar 2.22</b> Komponen pendorong Kapsul pneumatic (Blower, Kompresor, Botol angin).....	26
<b>Gambar 2.23</b> Panel blower relay .....	26
<b>Gambar 2.24</b> Panel control unit.....	27
<b>Gambar 2.25</b> Panel power pack.....	27
<b>Gambar 2.26</b> Panel power induk .....	27
<b>Gambar 2.27</b> Komputer server .....	28
<b>Gambar 2.28</b> Replika Modeling Plant.....	28
<b>Gambar 2.29</b> (a) Komponen Sekat yang berlubang yang akan di Tembus Pipe Line (b) Doubling pipe/Cover Pipe Line.....	29
<b>Gambar 3.1</b> Flow Chart Metodologi Penulisan .....	33
<b>Gambar 4.1</b> Pencanaan General Arrangement KRI Dr Soeharso 990 Deck H dan Deck J.....	36
<b>Gambar 4.2</b> Layout System Pneumatic Tube Transfer Syetem pada Deck H dan Deck J .....	36
<b>Gambar 4.3</b> Pneumatic Tube Transfer Syetem Modeling .....	37
<b>Gambar 4.4</b> Pneumatic Tube Transfer Syetem Modeling dengan Deck .....	37
<b>Gambar 4.5</b> (a) Launcher Station (b) Diverter .....	37

<b>Gambar 4.6</b> (a) Elbow Pipe (b) Line Pipe .....	38
<b>Gambar 4.7</b> (a) Capsule (b) Socket .....	38
<b>Gambar 4.8</b> (a) Elbow Flange Joint (b)Straight pipe Flange Joint-Compress Air Part .....	38
<b>Gambar 4.9</b> (a) T-Joint (b) Elbow Joint -Compress Air Part .....	38
<b>Gambar 4.10</b> (a) Straight Pipe-Compress Air Part (b) Pipe Rack-Line Pipe Part .....	39
<b>Gambar 4.11</b> Spesifikasi Kapsul/Tube .....	39
<b>Gambar 4.12</b> Kebutuhan Udara bertekanan untuk Starting Engine .....	45
<b>Gambar 4.13</b> Kapasitas Starting Air Recevier pada Engine.....	45
<b>Gambar 4.14</b> Spesifikasi Air Recevier/Botol Angin .....	45

# BAB I PENDAHULUAN

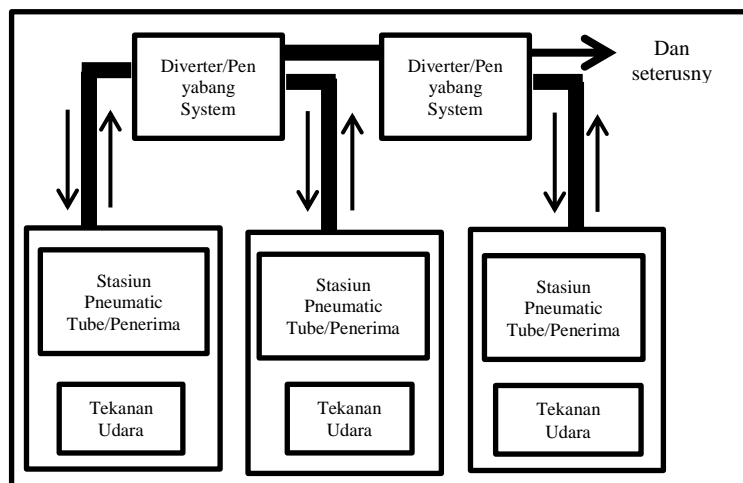
## 1.1. Latar Belakang

Pneumatik dalam industri merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik dimana udara memindahkan suatu gaya atau gerakan. Jadi pneumatic meliputi semua komponen mesin atau peralatan, dalam mana terjadi proses – proses pneumatik. Udara bertekanan dalam peranannya sebagai unsur penggerak lebih banyak dilaksanakan dalam mesin-mesin perkakas dan mesin produksi.

Pneumatic berasal dari bahasa Yunani “ pneuma “ yang berarti udara atau angin. Semua system yang menggunakan tenaga yang di simpan dalam bentuk udara yang di dimanfaatkan untuk menghasilkan suatu kerja di sebut system pneumatic. Pneumatic merupakan cabang teori aliran atau mekanika fluida dan tidak hanya meliputi penelitian aliran – aliran udara melalui suatu system saluran, yang terdiri atas pipa – pipa, selang – selang, dan sebagainya, tetapi aksi dan penggunaan adalah udara mampat ( udara bertekanan ). Pneumatic menggunakan hukum – hukum aeromekanika, yang menentukan keadaan keseimbangan gas dan uap ( khususnya udara atmosfer ) dengan adanya gaya – gaya luar ( aerostatika ) dan teori aliran ( aerodinamika ). Susunan peralatan utama sistem pneumatic tube transfer system adalah sebagai berikut :

- a. Sistem Pendorong
- b. Sistem Line Pipe
- c. Sistem Control
- d. Tube Packaging

Pada kesempatan kali ini penulis akan mencoba menerapkan aplikasi Pneumatic Tube Transfer system pada bidang marine, terutama akan diaplikasikan pada kapal rumah sakit *KRI Dr Soeharso - 990* untuk melakukan transfer obat-obatan maupun peralatan dari deck 1 ke deck yang lain



Gambar 1.1 System Port Jalur Pneumatic Tube Transfer System

KRI dr. Soeharso (990) (sebelumnya bernama KRI Tanjung Dalpele (972)) adalah kapal jenis Bantu Rumah Sakit (BRS). Awalnya kapal ini berfungsi sebagai Bantu Angkut Personel (BAP) bernama KRI Tanjung Dalpele (972) Kapal ini berbobot 11.394 ton kosong dan 16.000 ton berisi penuh. Kapal sepanjang 122 meter, lebar 22 m, dan draft 6,7 m ini mempunyai geladak yang panjang dan luas sehingga mampu mengoperasikan dua buah helikopter. Kapal ini juga dilengkapi sebuah hanggar untuk menampung helikopter satu lagi dan juga melakukan perawatan terhadap helikopter. Sebagai kapal rumah sakit, telah disediakan 1 ruang UGD, 3 ruang bedah, 6 ruang poliklinik, 14 ruang penunjang Klinik dan 2 ruang perawatan dengan kapasitas masing-masing 20 tempat tidur.



**Gambar 1.2** KRI Dr. Soeharso (990)[8]

Kapal ini memiliki 75 anak buah kapal (ABK), 65 staf medis dan mampu menampung 40 pasien rawat inap. Jika dalam keadaan darurat, KRI DR Soeharso juga dapat menampung 400 pasukan dan 3000 penumpang. Dalam fungsinya sebagai kapal angkut, kapal ini mampu mengangkut 14 truk/tank dengan bobot per truk/tank 8 ton, 3 helikopter tipe Super Puma, 2 Landing Craft Unit (LCU) tipe 23 M dan 1 hovercraft. Persenjataan, kapal ini dilengkapi senjata 2 pucuk meriam Penangkis Serangan Udara (PSU) Rheinmetall 20mm dan tenaga penggeraknya adalah mesin diesel.

## 1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan diatas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- Bagaimana Bentuk Design Instalasi pneumatic tube transfer system untuk *KRI Dr Soeharso – 990* dan berapa nilai Tekanan/pressure yang dibutuhkan untuk Komponen Pendorong yang berperan penting dalam intalasi pneumatic tube transfer system tersebut agar distribusi Tube /Courier dapat dilakukan?

### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a. Design Layout Pneumatic tube transfer system dengan menyesuaikan General Arrangement
- b. Kapal KRI Dr. Soeharso 990 dengan panjang 122 m
- c. Simulasi Gambar Design 3 Dimensi Dengan Software Solid Work, dan untuk penggambaran designnya tanpa pembahasan system control

### 1.4. Tujuan Skripsi

Dari rumusan masalah yang telah dijabarkan diatas, maka tujuan dari Skripsi ini adalah agar :

- Mengetahui Bentuk Design Instalasi pneumatic tube transfer system untuk *KRI Dr Soeharso – 990* dan mengetahui nilai Tekanan/pressure yang dibutuhkan dibutuhkan untuk Komponen Pendorong yang berperan penting dalam intalasi pneumatic tube transfer system tersebut agar Tube /Courier dapat didistribusikan

### 1.5. Manfaat

Keuntungan dari Tube Transport System ini adalah mengurangi waktu transit dalam sebuah system transportasi (Benda/Peralatan) dari satu departemen ke departemen lainnya atau dari suatu tempat ke tempat lainnya, dimana berarti lebih menekankan efektivitas waktu yang baik, dan energi tidak terbuang sia-sia serta akan lebih menonjolkan kerapian sebuah System pada aktivitas Kapal Rumah Sakit *KRI Dr Soeharso – 990*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pneumatic Tube Transfer System

Sebuah Rangkaian system instalasi yang memanfaatkan udara bertekanan atau angin bertekanan untuk melakukan transfer material/Benda

*Sejarah Pneumatic Tube Transfer system*

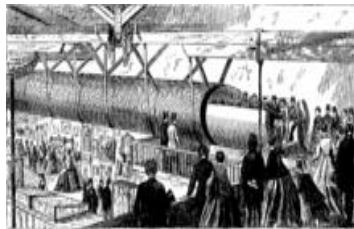
#### 2.1.1 Abad ke-19

Pada tahun 1812, George Medhurst pertama kali mencetuskan ide transportasi tetapi, yaitu meniup gerbong penumpang melalui sebuah terowongan, dengan sistem tabung pneumatik untuk angkutan penumpang, kereta api atmosfer dimana tabung diletakkan antara rel, dengan piston yang ditekan dengan tekanan udara berjalan diatas rel, transportasi tersebut rencananya akan dioperasikan pada wilayah dan tahun berikut ini :

- 1844-1854: Dublin dan Kingstown Railway Dalkey Atmospheric Railway antara Kingstown (Dún Laoghaire) dan Dalkey, Irlandia dengan jarak (1,75 mil (2,82 km))
- 1846-1847: London dan Croydon Railway antara Croydon dan New Cross, London, Inggris dengan jarak (7,5 mil (12,1 km))
- 1847-1848: Isambard Kingdom Brunel South Devon Railway antara Exeter dan Newton Abbot, Inggris dengan jarak (20 mil (32 km))
- 1847-1860: kereta api Paris-Saint-Germain antara Bois de Vésinet dan Saint-Germain-en-Laye, Prancis dengan jarak (2 km (1,2 mil))

Pada tahun 1861, perusahaan London Pneumatic Despatch membangun sistem yang cukup besar untuk menggerakkan seseorang, meskipun itu dimaksudkan untuk transportasi paket, dan peresmian Stasiun Holborn baru pada 10 Oktober 1865 ditandai dengan berdirinya perusahaan transportasi bernama Duke of Buckingham, ketua, dan beberapa direktur perusahaan ditiupkan melalui tabung ke wilayah Euston (lima menit perjalanan).

Kemudian, Eksperimen pneumatik kereta bawah tanah dikembangkan oleh Alfred Ely Beach, dan dipamerkan pada tahun 1866 di Crystal Palace Ini adalah prototipe untuk diusulkan Waterloo dan Whitehall Railway yang akan berjalan di bawah Sungai Thames yang menghubungkan Waterloo dan Charing Cross. Menggali dimulai pada tahun 1866 namun dihentikan pada tahun 1868 karena masalah keuangan.



**Gambar 2.1** Rencana transportasi system tabung [9]

Perkembangan transportasi kereta ini berkembang juga pada tahun 1867 di American Institute Fair di New York, dimana Alfred Ely Pantai menunjukkan 32,6 m panjang, 1,8 m diameter pipa yang mampu bergerak dan mengangkut 12 penumpang jika diberi penambahan teknologi konduktor. Pada tahun 1869, Perusahaan transportasi the Beach Pneumatic Transit dari New York diam-diam membangun sebuah system dengan panjang 95 m, diameter 2,7 m garis pneumatik kereta bawah tanah di bawah Broadway, untuk menunjukkan kemungkinan mode transportasi baru. Jalur ini hanya beroperasi selama beberapa bulan, dan ditutup seketika karena alasan politik pada wilayah tersebut.

### **2.1.2 Abad ke-20**

Pada tahun 1960, Lockheed dan MIT dengan Amerika Serikat Departemen Perdagangan melakukan studi kelayakan pada sistem vactrain didukung oleh tekanan atmosfer ambient untuk menghubungkan kota-kota di pantai timur negara itu. Mereka menghitung bahwa jarak antara Philadelphia dan New York City akan rata-rata 174 meter per detik, yang 626 km / h (388 mph).

Ketika rencana itu ditinggalkan karena terlalu mahal, kemudian ada perusahaan yang bernama Lockheed dan mempunyai seorang insinyur bernama L.K. Edwards berencana mendirikan Tabung Transit, Inc untuk mengembangkan teknologi berdasarkan "transportasi gravitasi-vakum". Pada tahun 1967 ia mengusulkan Bay Area Gravity-Vacuum Transit untuk California yang akan dijalankan bersama kemudian dalam pembangunan sistem BART. Tetapi rencana itu tidak dapat terealisasi sepenuhnya

### **2.1.3 Abad ke 21**

Pipa kapsul hidrolik (HCP) adalah metode transportasi. yang menggunakan kapsul untuk mengangkut kargo melalui pipa. Air itu digunakan baik untuk mengapungkan (suspend) dan mendorong (drive) kapsul melalui pipa. Kapsul dapat berjalan pada kecepatan 1,8-3 meter/second dalam pipa. HCP bisa digunakan untuk mengangkut bahan massal seperti biji-bijian dan produk pertanian lainnya, dan limbah padat yang tidak memerlukan kecepatan tinggi untuk pengiriman. HCP pertama kali diuji dan dipelajari secara benar-benar di Kanada di Alberta Pusat Re-search selama periode 1958-1978 (1).

Pada tahun 1991. National Science Foundation di Amerika Serikat mendirikan Capsule Pipeline Research Center (CPRC) di University of Missouri-Columbia (UMC) untuk mengembangkan berbagai teknologi pipa kapsul. termasuk Hydraulic Pipeline Capsule (HCP). Pneumatik kapsul Pipeline (PCP) dan Batubara Log Pipeline (CLP). Mengakibatkan penelitian dan pengembangan di HCP, dan sejak saat itu penggunaannya semakin menjadi komersial

Gerakan kapsul di pipa dapat diklasifikasikan menjadi empat regim. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 . Dalam Rezim 1. Kecepatan cairan fluida , sangat rendah sehingga tidak cukup untuk menggerakkan kapsul tersebut. Sehingga tidak bisa untuk mengatasi kontak friction factor/ faktor gesekan antara ke 2 benda tersebut, akhirnya kapsul tidak bisa bergerak.



Rezim 2. Menjelaskan ketika kecepatan cairan yang cukup tinggi untuk menyebabkan kapsul meluncur sepanjang lintasan yang ditempuh, tetapi kecepatan fluida di Regime 2. masih relatif rendah, gesekan kontak antara kapsul dan pipa masih sangat tinggi. dan kecepatan kapsul lebih rendah dari dari kecepatan fluida cair pendorong kapsul tersebut . Dengan cara meningkatkan kecepatan massal ( $V_b$ , Di luar yang di Rezim 2. Pressure drop/ penurunan tekanan pada sepanjang kapsul akan memberikan dorongan kekuatan yang lebih tinggi pada kapsul tersebut.

Rezim 3, tegangan geser sekitar kapsul (gaya tolak) lebih rendah dari pada tegangan bebas dari kapsul. Hal ini karena kecepatan relatif tinggi antara aliran dalam pipa/ aliran fluida dan dinding kapsul lebih rendah dari pada kecepatan relatif antara kecepatan fluida dan dinding pipa , dinding pipa yang tidak bergerak dan dinding kapsul bergerak dalam aliran yang sama , ini adalah beberapa parameter yang menyebabkan kapsul untuk mencapai kecepatan yang lebih tinggi dari pada sebelumnya. Dimana: ( $d_p$ ), adalah diameter pipa; ( $d_c$ ), adalah diameter kapsul; ( $V_c$ ), adalah kecepatan kapsul; ( $V_b$ ) "adalah kecepatan annular. di Rezim 3, dapat dilihat bahwa velocity kapsul, lebih besar dari velocity cairan massal, dan kecepatan annular ( $V_a$ ), sangat rendah, dan dapat disimpulkan pada Rezim 3, bahwa ketika kecepatan fluida

$$V_b \times \frac{\pi}{4} d_p^2 = V_c \times \frac{\pi}{4} d_c^2 + V_a \times \frac{\pi}{4} (d_p^2 - d_c^2),$$

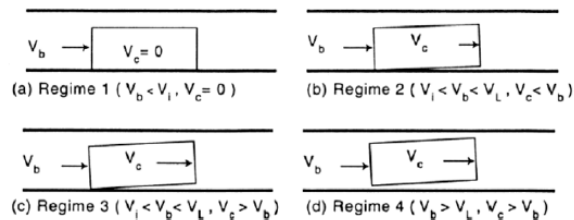


Fig. 1. Four regimes of hydraulic capsule pipeline flow [3].

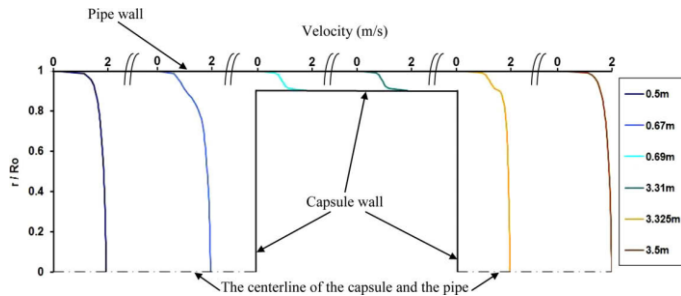
### Gambar 2.2 Aliran Fluida pada kapsul [2]

begitu tinggi sehingga kapsul tersebut dapat terangkat dari dinding pipa. Rezim 4 dapat disimpulkan bahwa kecepatan Fluida massal ( $V_b$ ) lebih besar daripada kecepatan kapsul disaat kapsul terangkat ( $V_L$ ) pada panjang lintasan tertentu, dan kecepatan kapsul lebih besar daripada kecepatan fluida massal ( $V_b$ )

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mohamed F. Khalil, Sadek Z. Kassab 1, Ihab G. Adam, Mohamed A. Samaha , Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Alexandria, Alexandria 21544, Mesir pada tahun 2009 menjelaskan bahwa pada penelitian ini, untuk mengetahui bagaimana bentuk aliran turbulen yang terjadi pada Pipa kapsul hidrolik , model turbulen digunakan adalah untuk aliran dua dan tiga dimensi ,tujuannya yaitu untuk memprediksi sifat aliran di anulus konsentris dengan dan tanpa efek tepi.

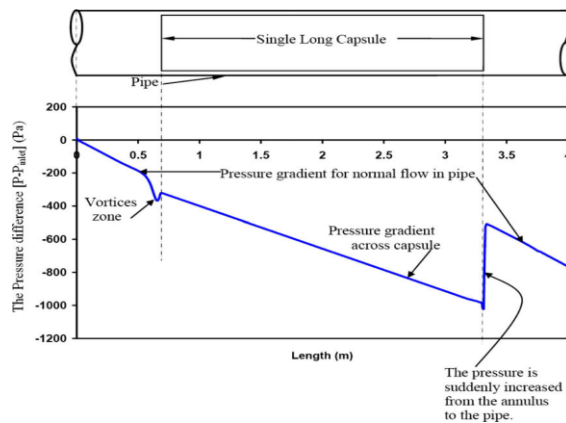
Tiga model turbulensi yang berbeda (Baldwin-Lomax, k-e dan k-x model) digunakan untuk memperkirakan gradien tekanan, koefisien drag dan profil kecepatan untuk aliran di anulus antara satu kapsul dan pipa. Hasil prediksi dikaji dengan data eksperimen yang tersedia di berbagai nomor Reynolds dan rasio diameter praktis. Selain itu, 2-D dan 3-D, k-e model turbulensi, yang

digunakan untuk satu panjang dengan efek tepi, penelitian ini digunakan untuk memprediksi garis gaya aliran, distribusi tekanan, dan profil kecepatan di mengembangkan dan wilayah sepenuhnya dikembangkan untuk kedua pipa dan aliran annulus. Selanjutnya, hasil dipaparkan dalam model dari 2-D dan 3-D



**Gambar 2.3** Aliran Turbulen pada pipa [2]

Pada gambar 2 terlihat sistematis bagian dari pipa dan kapsul yang dialiri aliran fluida yang membentuk/menghasilkan aliran turbulen yang akan di teliti



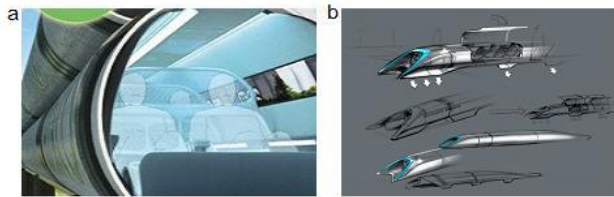
**Gambar 2.4** Perbedaan tekanan pada pipa [2]

Pada gambar 3 dapat disimpulkan bahwa gardient tekanan normal pipa terjadi pada antara jarak 0,5 meter dan 3 meter (lebih) dan pada titik tersebut nilai pressure/tekanan pada pipa menjadi tinggi, dimana akan mempengaruhi kecepatan pada kapsul tersebut

Fisikawan Italia yang besar E. Torricelli pernah berkata: "Kami hidup terendam di dasar lautan udara". Ini "laut" merupakan media bekerja sangat nyaman, yang digunakan dalam ruang hampa dan teknologi kompresor. Salah satunya adalah transportasi pneumatik, di mana teknologi udara dan vakum dikompresi digunakan. Tujuan dari proyek ini adalah untuk mengembangkan ide-ide para penemu terdahulu tentang sistem transportasi tabung, dan untuk mencari peluang baru untuk pengembangan transportasi kapsul pneumatik untuk mengantar orang dan berbagai barang.

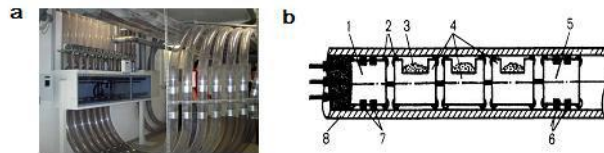
Salah satu jenis transportasi tabung kapsul, yaitu transportasi tabung dengan levitasi magnetik kereta "Maglev" [1, 2] (Gambar. 1). Kelemahan dari proyek

ini adalah tingginya biaya menciptakan dan memelihara tabung vakum dan Lintasannya.



**Gambar 2.5** Daryl Oster (a) dan (b) proyek Elon Musk untuk transportasi tabung evakuasi [1]

Gambar diatas adalah transportasi modern kontainer pneumatik (Gambar. 2a, b) mengambil sejarah "air-mail" dari abad ke-18 [3]. Keuntungan utama dari transportasi kapsul pneumatik adalah kecepatan tinggi, keamanan lingkungan, dan kemampuan untuk sepenuhnya mengotomatisasi gerakan.



**Gambar 2.6** Compact transportasi kapsul (a) dan transportasi kapsul cargo (b) [1]

Untuk lebih mengembangkan transportasi pneumatik, perlu untuk mempelajari kemungkinan pindah barang dengan membuat data tekanan diferensial untuk sifat-sifat bahan yang digunakan berpasangan gesekan dan pasang bantalan.

Pada tahun 2016, Belova O.V.a, Vulf M.D.a dan Bauman Moscow State Technical University, 2-ya Baumanskaya St., 5/1, Moscow 105005, Russian Federation mengembangkan sebuah simulasi matematika untuk menghitung nilai tekanan yang dibutuhkan untuk distribusi tabung carrier dimana mengacu pada koefisien gesek statis pada masing-masing jenis type bahan pipa yang berbeda.

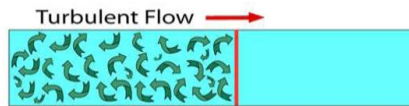
Penelitian kereta berjalan di tabung sebagian sistem transportasi terus berkembang, selain berguna untuk mengangkut orang, sistem tabung pneumatik digunakan untuk mengangkut slip penjualan dan uang dari penjual ke sebuah "tabung carrier" terpusat, di mana kasir bisa melakukan perubahan, catatan kredit referensi, dan sebagainya.

Banyak bank dengan drive-through juga menggunakan tabung pneumatik. dalam pengobatan banyak rumah sakit memiliki sistem tabung pneumatik yang mengirim sampel ke laboratorium, maupun obat-obatan ke ruangan pasien, tetapi dengan ukuran sistem yang dimana lintasan diameter tabung yang kecil dan tube carrier dengan ukuran yang menyesuaikan dan pada sejak saat itu, sistem pneumatic tube transfer system sudah mulai digunakan, dan bahkan diproduksi menjadi sebuah produk yang akan bisa di jual pada

pasar dan dikomersialkan untuk mendapatkan profit keuntungan, tetapi untuk system pneumatic Tube transfer system ini hanya berlaku untuk pengiriman benda maupun obat-obatan dalam skala kecil pada gedung-gedung atau inatalasi rumah sakit dimana berfungsi agar efisiensi waktu dan tenaga dapat di maksimalkan sebaik mungkin

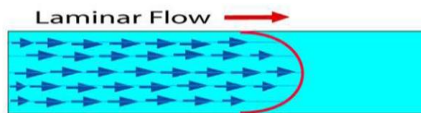
## 2.2 Aliran Fluida dalam Pipa

Aliran fluida dalam pipa secara umum diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu aliran turbulen dan aliran Laminar. **Aliran Turbulen** merupakan aliran fluida yang terjadi olakan atau gumpalan ataupun gelombang saat mengalir. Penyebab terjadinya turbulence sangat banyak. Namun yang pasti ketika fluida mengalir dari suatu penampang 1 ke penampang yang lebih kecil maka besar kemungkinan akan terjadi turbulence seperti dibawah ini



**Gambar 2.7** Aliran Trubulence pada pipa [10]

Sedangkan Aliran laminar merupakan aliran fluida yang tidak terjadi olakan dan sifatnya mendekati linear dan biasanya akibat tidak terjadinya perubahan penampang yang tiba-tiba.



**Gambar 2.8** Aliran Laminar pada pipa [10]

Osborne Reynolds yang pertama kali menemukan dan mengklasifikasikan jenis aliran pada fluida. Untuk menentukan aliran itu turbulence atau laminar harus dicari terlebih dahulu Reynolds numbertnya dengan persamaan :

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \dots\dots\dots(1)$$

Reynold number atau bilangan Reynold adalah suatu bilangan tanpa dimensi yang menganalisa gaya inersia Fluida. Jenis aliran Fluida dan gaya gesekan yang terjadi dengan dengan permukaannya akan menentukan Bilangan Reynold. Aliran Fluida dapat dibagi dalam 3 kategori :

- Laminar
- Transisi
- Turbulen.

Dimana terdapat variable massa jenis , kecepatan, diameter dan juga viskositas. Sehingga semakin kecil viskositas nya maka bilangan Reynolds nya akan semakin besar begitu pula sebaliknya. Jika kecepatan aliran semakin kecil maka bilangan Reynolds nya akan semakin kecil pula. Hubungan antara bilangan Reynolds dengan penentuan apakah aliran suatu fluida yang kita tinjau memiliki profil yang laminar, turbulence atau transisi dapat diketahui dengan :

- Apabila Reynolds number didapatkan hasil < 2000 maka aliran tersebut dinyatakan sebagai aliran Laminar
- Apabila Reynolds number didapatkan hasil 2000-x-4000 maka aliran tersebut dinyatakan sebagai aliran transisi
- Apabila Reynolds number didapatkan hasil >4000 maka aliran tersebut dinyatakan sebagai aliran Turbulence

Dalam Perhitungan Reynold Number, dapat diaplikasikan beberapa formula atau rumus, yaitu Rumus faktor gesekan **Darcy untuk aliran laminar** (ketika bilangan Reynolds di bawah 2000) adalah:

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- f adalah faktor gesekan Darcy
- Re adalah bilangan Reynolds

Sedangkan jika ternyata bilangan reynold number menunjukkan nilai Trubulence, Pressure drop dapat dihitung dengan menggunakan formula berikut ini :

$$\Delta p = \lambda x \frac{L}{D} x \frac{\rho}{2} x w^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- $\Delta P$  = Pressure Drop
- $\lambda$  = Pipe Friction Coefficient
- L = Length of Pipe ( panjang lintasan pipa)
- D = Pipe Diameter (DIameter pipa) ID
- $\rho$  = Density (kg/m<sup>3</sup>)
- w = Flow Velocity (m/s)

Rumus berikut pada umumnya dapat kita jumpai pada Moody diagram, dimana diagram sangat bermanfaat untuk menghitung aliran yang terjadi pada suatu pipa, sejujurnya saja sangat susah untuk menghitung nilai friction didalam pipa, apalagi bila pipa tersebut mempunyai panjang yang lumayan, sehingga perbandingan antara diameter dan panjang pipa sangatlah kecil. cara yang paling mudah adalah dengan pembacaan melalui moody diagram, tanpa mengetahui dengan pasti nilai dari kekasaran pipa, kita dapat memperkirakan dengan mudah melalui pembacaan diagram ini. Head loss pada pipa karena gesekan dapat dihitung dengan persamaan Darcy-Weisbach seperti dibawah ini

$$h = \frac{fLv^2}{D2g} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

- h = head loss
- f = friction factor

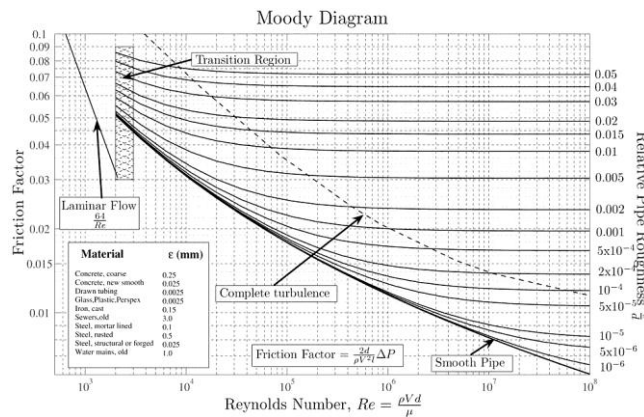
- $L$  = length of pipe
- $v$  = velocity of fluid trough pipe
- $D$  = Diameter of pipe
- $g$  = acceleration due to gravity

Diagram Moody memberikan faktor gesekan pipa. Faktor ini dapat ditentukan oleh bilangan Reynold dan kekasaran relatif dari Pipa. bila pipa semakin kasar, maka kemungkinan turbulent akan semakin besar, kekasaran relatif didefinisikan sebagai

$$\frac{e}{D} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- $e$  = absolute roughness
- $D$  = diameter of pipe sedangkan bilangan reynold didefinisikan sebagai



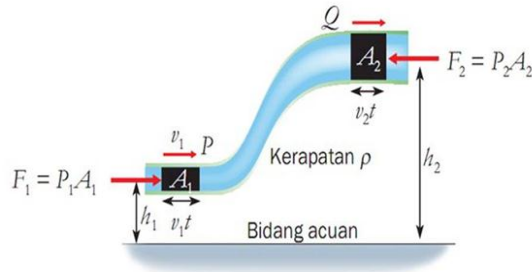
**Gambar 2.9** Moody Diagram [12]

### 2.3 Fluid Power

Tenaga fluida (Fluid Power) adalah istilah yang mencakup pembangkitan, kendali dan aplikasi dari fluida bertekanan yang digunakan untuk menghasilkan urutan gerak. Berdasarkan fluida yang digunakan tenaga fluida dibagi menjadi pneumatik, yang menggunakan udara, serta hidrolis, yang menggunakan cairan. Sebelum mengetahui jauh tentang Fluid power, kita harus mengetahui teori apa saja yang mendukung tentang Fluid power, dimana salah satu teori yang mendukung kuat adalah teori / Hukum bernoulli tentang persamaan energi. Prinsip Bernoulli adalah sebuah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari Persamaan Bernoulli yang menyangkut tentang persamaan energi, dimana menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Prinsip ini diambil dari nama ilmuwan Belanda/Swiss yang bernama Daniel Bernoulli, Asumsi dalam Persamaan Bernoulli :

1. Kecepatan partikel fluida di setiap penampang adalah sama.
2. Tidak ada gaya-gaya luar yang bekerja pada fluida selain gaya berat.

3. Tidak terjadi kehilangan energi.



Gambar 2.10 Skema laju aliran fluida [12]

persamaan diatas diperoleh dari penurunan persamaan yang akan dijelaskan dibawah ini

- ✓ Persamaan 1, rumus gaya (F) = Tekanan (P) . Luas penampang (A)
  - $P_1 = F_1$
  - $F_1 = P_1 \cdot A_1$
  - $F_2 = P_2 \cdot A_2$  .....(1)
- ✓ Persamaan ke 2, turunan dari rumus usaha (W) = Gaya (F) . Jarak atau perpindahan (S)
  - Usaha = (w)
  - $(w_1) = F_1 \cdot S_1$
  - $(w_2) = F_2 \cdot S_2$
  - $(w_{total}) = w_1 + w_2$
  - $= F_1 \cdot S_1 + (-F_2 \cdot S_2)$
  - $= F_1 \cdot S_1 - F_2 \cdot S_2$
  - Turunkan gaya (F) = P . A dari persamaan Satu
  - $(w_{total}) = P_1 \cdot A_1 \cdot S_1 - P_2 \cdot A_2 \cdot S_2$
  - $A \cdot S = \text{Volume Tabung (A : Luas Alas x S : Tinggi)}$
  - $P_1 \cdot V_1 - P_2 \cdot V_2$
  - (P dikeluarkan untuk pengali dan rumus volume (V) diturunkan ( $V = m/\rho$ ))
  - Maka  $(w_{total}) = (P_1 - P_2) V_1$
  - $= (P_1 - P_2) \cdot (m/\rho)$ .....(2)
- ✓ Persamaan ke 3, konservasi Energi
  - Energi total (Et)
  - $(Et) = E_{kinetik} + E_{potensial} = Ek + Ep$
  - $Ek = \frac{1}{2} m v^2$
  - $Ep = mgh^2$
  - Konservasi energi
  - $(E) = E_{T2} - E_{T1}$
  - $= (Ek_2 + Ep_2) - (Ek_1 + Ep_1)$
  - $= (\frac{1}{2} mv_2^2 + mgh_2^2) - (\frac{1}{2} mv_1^2 + mgh_1^2)$
  - $= \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2 + mgh_2^2 - mgh_1^2$
  - $= \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2) + mg(h_2^2 - h_1^2)$

- ✓ Persamaan ke 4 ,dapat diperoleh dari persamaan 2 = persamaan 3,seperti yang dijelaskan pada penyelesaian dengan rumus seperti ini :

$$(P_1 - P_2) \cdot (m/\rho) = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2) + mg (h_2^2 - h_1^2)$$

$$(P_1 - P_2) \cdot m = \frac{1}{2} \rho m(v_2^2 - v_1^2) + \rho mg (h_2^2 - h_1^2)$$

Massa (m) dibagi dengan satuan massa sehingga massa (m) menjadi habis

$$P_1 - P_2 \cdot = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (h_2^2 - h_1^2)$$

$$P_1 - P_2 \cdot = \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_2^2 - \rho g h_1^2$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1^2 = P_2 \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2^2$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1^2 = \text{konstan}$$

Dari Penurunan diatas, maka akan mendapatkan **persamaan Bernouli**

Perlu diketahui, bahwa dasar dari aktuator tenaga fluida adalah bahwa fluida mempunyai tekanan yang sama ke segala arah (Hukum Pascal). Dalam sistem tenaga fluida, aktuator berupa piston mendapat tekanan fluida dari katup kendali arah, yang kemudian memberikan gaya kepadanya. Gaya inilah yang menggerakkan piston, baik maju atau mundur. Gaya yang bekerja pada sebuah piston, F, dipengaruhi oleh besarnya tekanan fluida yang masuk ke dalam piston, P, dan luas penampang dari permukaan piston, A.

$$F = P \cdot A$$

Pada dasarnya sistem pneumatik dan hidrolik tidaklah jauh berbeda. Perbedaan utama keduanya adalah sifat dari fluida kerja yang digunakan. Pada hidrolik fluida kerja yang digunakan adalah cairan, yaitu fluida yang tidak terkompresi (incompressible fluid), sedangkan pada pneumatik fluida kerjanya berupa udara, yang merupakan fluida yang dapat terkompresi (compressible fluid).

## 2.4 Pneumatic System

Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan-keadaan keseimbangan udara dan syarat-syarat keseimbangan. Kata pneumatik berasal bahasa Yunani “ pneuma “ yang berarti “napas” atau “udara”. Jadi pneumatik berarti terisi udara atau digerakkan oleh udara mampat. Pneumatik merupakan cabang teori aliran atau mekanika fluida dan tidak hanya meliputi penelitian aliran-aliran udara melalui suatu sistem saluran, yang terdiri atas pipa-pipa, selang-selang, gawai dan sebagainya, tetapi juga aksi dan penggunaan udara yang dimampatkan.

Pneumatik menggunakan hukum-hukum aeromekanika, yang menentukan keadaan keseimbangan gas dan uap (khususnya udara atmosfer) dengan adanya gaya-gaya luar (aerostatika) dan teori aliran (aerodinamika). Pneumatik dalam industri merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik dimana udara memindahkan suatu gaya atau gerakan. Jadi pneumatik meliputi semua komponen mesin atau peralatan, di mana terjadi proses-proses pneumatik. Penerapan pneumatik secara umum :

- a. Pengemasan (packaging)
- b. Pemakanan (feeding)
- c. Pengukuran (metering)
- d. Pengaturan buka dan tutup (door or chute control)



- e. Pemindahan material (transfer of materials)
- f. Pemutaran dan pembalikan benda kerja (turning and inverting of parts)
- g. Pemilahan bahan (sorting of parts)
- h. Penyusunan benda kerja (stacking of components)
- i. Pencetakan benda kerja (stamping and embosing of components)

Persaingan antara peralatan pneumatik dengan peralatan mekanik, hidrolik atau elektrik makin menjadi besar. Dalam penggunaannya sistem pneumatik diutamakan karena beberapa hal yaitu dapat bertahan lebih baik terhadap keadaan-keadaan tertentu Sering kali suatu proses tertentu dengan cara pneumatik, berjalan lebih rapi (efisien) dibandingkan dengan cara lainnya.

Contoh :

- 1) Palu-palu bor dan keling pneumatik adalah jauh lebih baik dibandingkan dengan perkakas-perkakas elektrik serupa karena lebih ringan, lebih ada kepastian kerja dan lebih sederhana dalam pelayanan.
- 2) Pesawat-pesawat pneumatik telah mengambil suatu kedudukan monopoli yang penting pada :
  - a. Rem-rem udara bertekanan untuk mobil angkutan dan gerbong-gerbong kereta api, alat-alat angkat dan alat-alat angkut.
  - b. Pistol-pistol ( alat cat semprot, mesin-mesin peniup kaca, berbagai jenis penyejukan udara, kepala-kepala asah kecepatan tinggi). Udara bertekanan memiliki banyak sekali keuntungan,yaitu tentang penghematan waktu dan kemudahan penggunaan.

## **2.5 Keuntungan Pemakaian Pneumatik**

- 1.) Merupakan media/fluida kerja yang mudah didapat dan mudah diangkut :
  1. Udara dimana saja tersedia dalam jumlah yang tak terhingga.
  2. Udara bertekanan dapat diangkut dengan mudah melalui saluran-saluran cabang dan pipa-pipa selang, energi udara bertekanan dapat disediakan dimana saja dalam perusahaan.
- 2.) Dapat disimpan dengan mudah :
  1. Sumber udara bertekanan (kompresor/Blower) hanya menyerahkan udara bertekanan kalau udara bertekanan ini memang digunakan. Jadi kompresor / Blower tidak perlu bekerja seperti halnya pada pompa peralatan hidrolik.
  2. Pengangkutan ke dan penyimpanan dalam tangki-tangki penampung juga dimungkinkan.
  3. Suatu daur kerja yang telah dimulai selalu dapat diselesaikan, demikian pula kalau penyediaan listrik tiba-tiba dihentikan.
- 3.) Bersih dan kering :
  1. Udara bertekanan adalah bersih. Kalau ada kebocoran pada saluran pipa, benda-benda kerja maupun bahan-bahan disekelilingnya tidak akan menjadi kotor.
  2. Udara bertekanan adalah kering. Bila terdapat kerusakan pipa-pipa tidak akan ada pengotoran-pengotoran, bintik minyak dan sebagainya.
  3. Dalam industri pangan , kayu , kulit dan tenun serta pada mesin-mesin pengepakan hal yang memang penting sekali adalah bahwa peralatan

tetap bersih selama bekerja. Sistem pneumatik yang bocor bekerja merugikan dilihat dari sudut ekonomis, tetapi dalam keadaan darurat pekerjaan tetap dapat berlangsung. Tidak terdapat minyak bocoran yang mengganggu seperti pada sistem hidrolis.

- 4.) Tidak peka terhadap suhu
  1. Udara bersih ( tanpa uap air ) dapat digunakan sepenuhnya pada suhu-suhu yang tinggi atau pada nilai-nilai yang rendah, jauh di bawah titik beku ( masing-masing panas atau dingin ).
  2. Udara bertekanan juga dapat digunakan pada tempat-tempat yang sangat panas, misalnya untuk pelayanan tempa tekan, pintu-pintu dapur pijar, dapur pengerasan atau dapur lumer.
  3. Peralatan-peralatan atau saluran-saluran pipa dapat digunakan secara aman dalam lingkungan yang panas sekali, misalnya pada industri-industri baja atau bengkel-bengkel tuang (cor).
- 5.) Aman terhadap kebakaran dan ledakan
  1. Keamanan kerja serta produksi besar dari udara bertekanan tidak mengandung bahaya kebakaran maupun ledakan.
  2. Dalam ruang-ruang dengan resiko timbulnya kebakaran atau ledakan atau gas-gas yang dapat meledak dapat dibebaskan, alat-alat pneumatik dapat digunakan tanpa dibutuhkan pengamanan yang mahal dan luas. Dalam ruang seperti itu kendali elektrik dalam banyak hal tidak diinginkan.
- 6.) Tidak diperlukan pendinginan fluida kerja  
Pembawa energi (udara bertekanan) tidak perlu diganti sehingga untuk ini tidak dibutuhkan biaya. Minyak setidak-tidaknya harus diganti setelah 100 sampai 125 jam kerja.
- 7.) Rasional (menguntungkan)
  1. Pneumatik adalah 40 sampai 50 kali lebih murah dari pada tenaga otot. Hal ini sangat penting pada mekanisasi dan otomatisasi produksi.
  2. Komponen-komponen untuk peralatan pneumatik tanpa pengecualian adalah lebih murah jika dibandingkan dengan komponen-komponen peralatan hidrolis.
- 8.) Kesederhanaan (mudah pemeliharaan)
  1. Karena konstruksi sederhana, peralatan-peralatan udara bertekanan hampir tidak peka gangguan.
  2. Gerakan-gerakan lurus dilaksanakan secara sederhana tanpa komponen mekanik, seperti tuas-tuas, eksentrik, cakera bubungan, pegas, poros sekerup dan roda gigi.
  3. Konstruksinya yang sederhana menyebabkan waktu montase (pemasangan) menjadi singkat, kerusakan-kerusakan seringkali dapat direparasi sendiri, yaitu oleh ahli teknik, montir atau operator setempat.
  4. Komponen-komponennya dengan mudah dapat dipasang dan setelah dibuka dapat digunakan kembali untuk penggunaan-penggunaan lainnya.

- 9) Sifat dapat bergerak  
Selang-selang elastik memberi kebebasan pindah yang besar sekali dari komponen pneumatik ini.
- 10) Aman  
Sama sekali tidak ada bahaya dalam hubungan penggunaan pneumatik, juga tidak jika digunakan dalam ruang-ruang lembab atau di udara luar. Pada alat-alat elektrik ada bahaya hubungan singkat.
- 11) Pengawasan (kontrol)  
Pengawasan tekanan kerja dan gaya-gaya atas komponen udara bertekanan yang berfungsi dengan mudah dapat dilaksanakan dengan pengukur-pengukur tekanan (manometer).
- 12) Pengaturan Udara dapat diatur
  1. Dengan katup pengatur aliran, kecepatan dan gaya dapat diatur tanpa bertingkat mulai dari suatu nilai minimum (ditentukan oleh besarnya silinder) sampai maksimum (tergantung katup pengatur yang digunakan).
  2. Tekanan udara dengan sederhana dan kalau dibutuhkan dalam keadaan sedang bekerja dapat disesuaikan dengan keadaan.
- 13) Kemungkinan penggunaan lagi (ulang)  
Komponen-komponen pneumatik dapat digunakan lagi, karena kinerja system yang mengharuskan dilakukan pengulangan
- 14) Fluida kerja murah  
Pengangkut energi (udara) adalah gratis dan dapat diperoleh senantiasa dan dimana saja. Yang harus dipilih adalah suatu kompresor yang tepat untuk keperluan tertentu; jika seandainya kompresor yang dipilih tidak memenuhi syarat, maka segala keuntungan pneumatik tidak ada lagi.

## 2.6 Kerugian / terbatasnya Pneumatik

- a. Gangguan Suara (Bising)  
Udara yang ditiup ke luar menyebabkan kebisingan (desisan) mengalir ke luar, terutama dalam ruang-ruang kerja sangat mengganggu. **Pemecahan** : dengan memberi peredam suara (silencer)
- b. Kebocoran System  
Udara bertekanan sangat gerbak (volatile). Terutama dalam jaringan-jaringan udara bertekanan yang besar dan luas dapat terjadi kebocoran-kebocoran yang banyak, sehingga udara bertekanan mengalir keluar. **Pemecahan** : dapat dilakukan dengan menggunakan perapat-perapat berkualitas tinggi.
- c. Kelembaban udara  
Kelembaban udara dalam udara bertekanan pada waktu suhu menurun dan tekanan meningkat dipisahkan sebagai tetesan air (air embun). **Pemecahan** : penggunaan filter-filter untuk pemisahan air embun (dan juga untuk penyaring kotoran-kotoran).

## 2.7 Dasar-Dasar Teoritis Pneumatik

Tekanan udara adalah sebuah gaya dorong atau gaya tekan atau gaya semprot sebuah udara pada bidang tertentu dan menuju ke arah tertentu, begitu juga pada

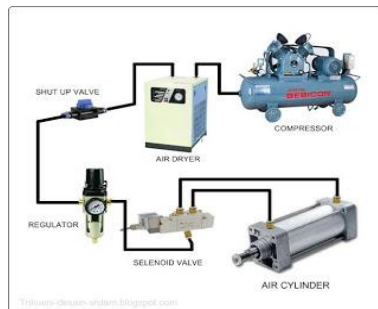
bumi, bumi di kelilingi oleh mantel (selimut) udara (atmosfer). Udara ini melakukan tekanan terhadap semua benda yang dikelilinginya. Gaya yang disebabkan oleh gravitasi terhadap molekul-molekul udara pada bidang benda disebut tekanan udara. Tekanan udara disebabkan bobot udara sendiri (bobot atmosfer bumi). Tekanan udara ini naik-turun dari hari ke hari. Variasi dalam tekanan udara berhubungan erat dengan gerakan-gerakan massa udara. Tekanan udara secara beraturan merambat ke segala arah penjurur. Satuan tekanan (satuan SI) berikut Pascal (Pa) dan pada tekanan-tekanan yang lebih besar bar (bar).

- $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar} = 10 \text{ } \mu\text{bar}$
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2$
- $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 100 \text{ N/m}^2$

Dalam ilmu teknik, tekanan udara ini dapat diukur dengan manometer, yang bekerja atas dasar yang sama dengan barometer (barometer air raksa dan barometer aneroda).

## 2.8 Cara kerja sistem pneumatik

Secara global, cara kinerja dari sistem pneumatic adalah sebagai berikut, ketika udara disedot oleh kompresor dan disimpan pada reservoir air ( tabung udara) hingga mencapai tekanan kira-kira sekitar 6 – 9 bar, untuk beberapa sistem yang dalam skala kecil, sehingga tidak memerlukan tekanan yang begitu besar. Karena bila tekanan hanya dibawah 6 bar akan menurunkan daya mekanik dari cylinder kerja pneumatik dan sedangkan bila bertekanan diatas 9 bar akan berbahaya pada sistem perpipaan atau kompresor. Baca berapa standar tekanan maksimal yang terdapat pada nameplate reservoir air dari kompresor.



**Gambar 2.11** Rangkaian Sistem Penumatic Sederhana [13]

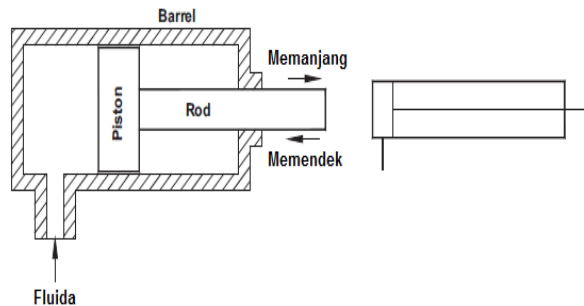
Selanjutnya udara bertekanan itu disalurkan ke sirkuit dari pneumatik dengan pertama kali harus melewati air dryer (pengering udara) untuk menghilangkan kandungan air pada udara. Dan dilanjutkan menuju ke katup udara (shut up valve), regulator, solenoid valve dan menuju ke cylinder kerja. gerakan air cylinder ini tergantung dari solenoid. Bila solenoid valve menyalurkan udara bertekanan menuju ke inlet dari air cylinder maka piston akan bergerak maju sedangkan bila solenoid valve menyalurkan udara bertekanan menuju ke outlet dari air cylinder maka piston akan bergerak mundur.

Jadi dari selenoid valve inilah penggunaan aplikasi pneumatik bisa juga di kombinasikan dengan elektrik, seperti PLC ataupun rangkaian kontrol listrik lainnya. Sehingga mempermudah dalam pengaplikasiannya. dan pada design Tube Transfer system , kegunaan dari piston tersebut akan dihilangkan dan akan digantikan oleh sebuah Tube Transfer, sehingga udara bertekana tersebut akan mampu mendorong Tube berjalan sepanjang Line Piping yang telah di rancang.

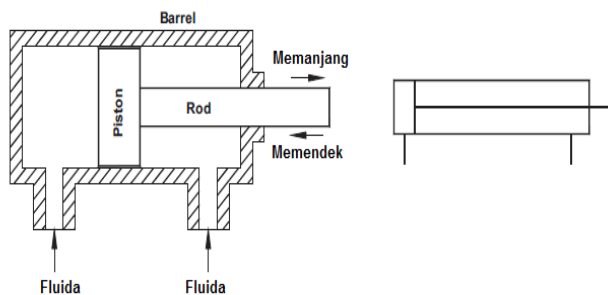
## 2.9 Aktuator Tenaga Fluida

Aktuator merupakan alat yang menanamkan sebuah parameter ke dalam gerakan fisik atau aksi. Di dalam elemen mesin, aktuator adalah sebagai berikut: pneumatik, hidrolik, magnet, elektromagnet dan solenoid, motor listrik, serta peralatan-peralatan piezoelektrik.

Aktuator tenaga fluida mengekstrak energi dari sebuah fluida dan mengubahnya menjadi bentuk mekanik/gerakan untuk melakukan pekerjaan yang berguna. Aktuator fluida dapat diklasifikasikan menjadi aktuator hidrolik atau pneumatik tergantung dari fluida jenis apa yang digunakan Aktuator hidrolik menggunakan fluida cair sedangkan aktuator pneumatik menggunakan fluida gas. Aktuator fluida dapat menghasilkan gerakan linear seperti silinder hidrolik dengan gerakan memanjang dan memendek atau gerakan berputar seperti motor hidrolik. Gambar berikut menunjukkan aktuator fluida linear yang paling sederhana yaitu silinder kerja tunggal (silinder kerja tunggal tersebut dapat berupa silinder hidrolik maupun silinder pneumatik).

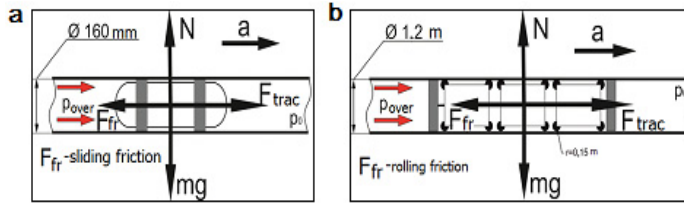


**Gambar 2.12** Silinder Kerja Tunggal Beserta Simbol pada Diagram [14]



**Gambar 2.13** Silinder Kerja Ganda Beserta Simbol pada Diagram [14]

Sifat antara fluida gas dan cair tentu berbeda. Fluida gas bersifat mampu dimampatkan (compressible). Sedangkan fluida cair bersifat tidak mampu dimampatkan. Oleh karena itu penggunaan sistem pneumatik (dengan fluida gas) cenderung untuk aplikasi yang lebih ringan dibandingkan dengan sistem hidrolik (dengan fluida cair). Di bawah ini adalah sketsa bentuk permodel matematis transportasi kapsul ukuran kecil (Gambar. 3a) dan transportasi kapsul kapasitas besar (Gambar. 3b) dengan gaya gesek yang berbeda berdasarkan Hukum II-nd Newton pada masing-masing jenisnya



**Gambar 2.14** Transportasi kapsul Kecil (a) dan transportasi kapsul kapasitas besar (b). [1]

Percepatan waktu kapsul sampai dengan referensi kecepatan adalah fungsi dari kecepatan kebutuhan kapsul, massa kapsul, diameter tabung, koefisien gesekan dan penurunan tekanan (perbedaan tekanan sebelum dan sesudah kapsul):

$$t = \frac{vm}{\pi d^2 / 4 \cdot \Delta p - \mu mg} \dots\dots\dots(6)$$

Berat maksimum kapsul, subjek percepatan kapsul waktu, adalah fungsi dari kecepatan referensi pada diameter tabung d, koefisien gesekan  $\mu$  dan penurunan tekanan  $\Delta P$  (perbedaan tekanan sebelum dan sesudah kapsul):

$$m = \frac{\pi d^2 \Delta p}{4 \cdot (a + \mu g)} \dots\dots\dots(7)$$

Bisa diasumsikan bahwa kapsul tersebut adalah Piston/aktuator dimana membutuhkan tekanan agar dapat berpindah tempat/terdorong bergerak, untuk itu diperlukan tekanan maupun gaya yang cukup agar dapat memindahkannya.

**2.10 Gesekan Dinamis**

Ketika mempertimbangkan Pneumatic Tube Transfer System, nilai dari gesekan koefisien  $\mu$  didefinisikan sebagai rasio antara gaya gesekan F yang dibutuhkan untuk menciptakan geser dan gaya normal N yang menekan dua tubuh terhadap satu sama lain. Nilai dari koefisien gesekan diukur sebelum meluncur dan koefisien gesekan dinamis  $\mu_d$  diukur selama pergeseran kapsul terjadi.

Tabel 1 menyajikan beberapa nilai-nilai statis mikrodetik koefisien gesekan untuk pasangan gesekan untuk bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pipa dan karet sebagai seal kapsul. Nilai-nilai tersebut sangat berbeda, itu sebabnya waktu atau perhitungan percepatan akan sangat berbeda.

**Tabel 2.1** koefisien gesek statis untuk material yang berbeda dari tabung dan kapsul karet seal. [1]

The tube material	Static friction coefficient
HDPE (High Density Polyethylene)	0.5
PVC (Polyvinyl chloride)	0.2
F-4 (PTFE-4)	0.04

Di sisi lain, kapsul dan tabung bahan polimer. Teori gesekan polimer dikembangkan oleh ilmuwan Rusia Bartenev G.M. [4]. Polimer bisa eksis di empat negara bagian fisik - kristal dan tiga negara amorf (seperti kaca, karet, dan aliran viskos). Teori gesekan molekul untuk polimer menghasilkan ekspresi binomial untuk gaya gesekan  $F$  eksternal sebagai Fungsi dari Beban Nominal  $N$  :

$$F = \mu N + \mu P_o S_o \dots\dots\dots(8)$$

Atau

$$F = \mu (N + P_o S_o) \dots\dots\dots(9)$$

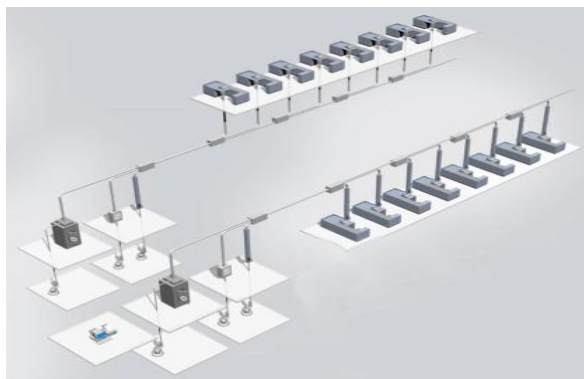
Dimana ( $\mu$ ) adalah koefisien gesekan yang sesungguhnya ; ( $S_o$ ) adalah bidang kontak nyata; ( $P_o$ ) adalah Spesifikasi Adhesi pada area tertentu, gaya gesekan adalah jumlah dari dua komponen. Salah satunya,  $\mu N$ , tergantung pada beban yang diciptakan , yang lain,  $\mu (p_o) (S_o)$ , tergantung pada respon dari gaya tolak dengan kekuatan tarik molekul. Total gesekan dinamis dalam sistem kering drastis meningkat dengan kehadiran adhesi

Transportasi kapsul pneumatik memiliki aplikasi yang sangat cepat dan efisien dalam skala kebutuhan kecil, dan perlu diketahui bahwa pemilihan bahan untuk pipa memainkan peran penting ketika mengangkut kargo pembobotan.

Perangkat eksperimental memungkinkan untuk mendapatkan koefisien rata-rata gesekan dinamis dan dapat digunakan untuk penelitian eksperimental lebih lanjut dari kemungkinan transportasi pneumatik.

**2.11 Konsep Dasar Instalasi Pneumatic Tube Transfer System**

Berikut ini adalah gambaran dasar tentang bagaimana Instalasi Pneumatic Tube Transfer system dilakukan



**Gambar 2.15** Rangkaian Sistem Penumatic Tube Sytem pada industri [15]



**Gambar 2.16** Rangkaian Sistem Penumatic Tube Sytem kompleks [15]

## **2.12 Komponen Penunjang Pneumatic Tube Transfer System**

Berikut ini adalah komponen yang di gunakan dalam system pneumatic tabung pada Instalasi Rumah sakit Graha Kedoya (Jakarta Barat) untuk pengiriman obat – obatan maupun peralatan peralatan medis skala kecil yang memungkinkan untuk dikirimkan melalui Tube system, komponen yang mendukung system pengiriman meliputi :

### **2.12.1 Stasiun**

Stasiun multi-load digunakan sebagai stasiun pengirim dan penerima yang bisa di Kontrol computer pada stasiun itu sendiri terdapat berbagai macam komponen yang mendukung beroperasinya system pengiriman dan penerimaan barang, komponen tersebut antara lain : Motor Dc 24 volt yang di hubungkan dengan pipa yang menggunakan van belt yang bergigi sebagai penggerak pipa yang di setting sedemikian rupa supaya lubang untuk pengirim dan penerima pas dengan lubang pipa keluar dan pipa pengiriman.

Switch yang di tempatkan di pipa pengiriman sebagai kontak dan sebagai alamat stasiun untuk diteruskan ke controller untuk mengesekusi dan dikirim carrir tersebut ke alamat yang diinginkan. PCB yang berfungsi sebagai mather board yang di hubungkan ke panel control , yang diproses dengan mikroprosesor ke komputer untuk melakukan perintah sesuai permintaan.

Keypad yang berfungsi sebagai controller dan untuk mengakses alamat yang mau dikirim. Lampu sinyal berfungsi sebagai sinyal bila ada pengiriman barang datang lampu akan menyala sebelum direset lampu akan menyala terus, Sensor yang berfungsi untuk mendeteksi carrier yang datang dan bisa dikembalikan secara otomatis karena tidak perlu menekan alamatnya. Pipa S yang berfungsi sebagai saluran carrier dan bisa berpindah tempat dari lubang pengirim dan lubang penerima yang di hubungkan dengan motor penggerak.





**Gambar 2.17** Stasiun Pneumatic

### 2.12.2 Basket

Basket adalah Tempat penerima Tube/carrier, Tempat penerimaan barang atau carrier ada 3 jenis yaitu

1. Receiving basket atau keranjang yang di tempatkan di bawah stasiun yang berfungsi sebagai tempat penerimaan barang yang dialasi dengan kantong pasir supaya carrier tidak mental keluar dari keranjang.
2. Receiving yaitu pipa yang di sambung dengan 2 batang stainless steel atau rell yang dipasang dengan sudut kemiringan supaya carrier datang dengan lembut dan tidak keluar dari jalur ( rel )
3. Khusus di laboratorium menggunakan meja operation sebagai stasiun yang dimana berfungsi pengiriman barang dari atas meja dan ada rell kedatangan carrier



**Gambar 2.18** Tempat pendaratan carrier/Basket [16]

### 2.12.3 Pipa

Pipa HDPE atau high density polyethylene adalah pipa plastik bertekanan yang mulai banyak digunakan untuk pipa air dan pipa gas rumah tangga. Bahan dasarnya adalah polymer minyak bumi, yaitu polyethylene (PE). Indonesia saat ini ada terdapat 7 pabrik yang memproduksi pipa HDPE dan sudah ber SNI, Unilon, Vinilon, Pralon, Maspion, Wavin, Indopipe dan Tyco.

Permintaan yang besar dari berbagai sektor tetap belum bisa terpenuhi. Masih banyak dibutuhkan pabrik pipa HDPE baru. Pipa yang dibuat dari bahan (material) POLYETHYLENE dapat menekan biaya produksi dan pipa HDPE ini sangat efektif digunakan sebagai solusi masalah perpipaan di kota, industri, Maritim, Pertambangan, Tempat Pembuangan Sampah, irigasi dan pertanian. Penggunaan pipa HDPE sudah diuji dan terbukti efektif untuk

diletakkan diatas tanah, dikubur, dipasang pada gedung maupun dipergunakan dilaut. Pipa HDPE (high density polyethylene) dapat mengalirkan air, lumpur, cairan kimia, limbah berbahaya dan gas bertekanan rendah. Faktanya, HDPE polypipe ini sudah sejak lama dipergunakan pada industri pertambangan, gas serta industri lainnya. Biaya perawatan polypipe sangat rendah dibandingkan penggunaan pipa bertekanan lainnya, terutama untuk distribusi gas diperumahan. Polyethylene sangat kuat, dan tahan lama baik digunakan untuk cairan zat kimia maupun kegunaan lainnya. Biaya perawatan yang rendah, karena:

- Anti karat. Tidak berkarat, membusuk atau korosi.
- Anti rembes. Penyambungan pipa HDPE menggunakan pemanasan bertekanan sehingga hasil sambungan lebih kuat dibandingkan dengan pipanya sendiri.
- Permukaan yang halus memungkinkan aliran air semakin optimal. Tidak terjadi turbulansi karena ketahanannya serta memiliki ketahanan terhadap perkembangan organism dalam pipa.
- Pipa HDPE memiliki karakteristik yang bagus dalam menghadapi air balik (water hammer).
- Pipa HDPE mengurangi kemungkinan pecah karena terjadinya pembekuan air didalamnya.

Perawatan yang sangat rendah, dengan demikian terjadi penghematan yang luar biasa dalam biaya perbaikan. Tanpa perlu filter luar maupun dalam untuk air siap minum (potable water) sehingga air tetap terjaga kemurniannya.

Aplikasi Pipa HDPE dipakai untuk:

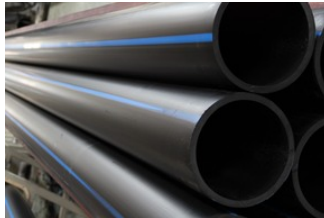
1. Pipa air
2. Pipa gas
3. Pipa zat kimia
4. Pipa air kotor

Untuk mechanical Properties/Karakteristik Material pipa HDPE menurut ASTM dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 2.2** Tabel Mechanical Propertiess pipa HDPE [17]

Property	ASTM Test Method	Units	HDPE
<b>Physical</b>			
Density	D-792	lbs/ft <sup>3</sup>	59.88
Water Absorption	D-570	%	slight
<b>Mechanical</b>			
Yield Point	D-638	psi	4,279
Elongation at Yield	D-638	%	18
Tensile Break	D-638	psi	4,423
Elongation at Break	D-638	%	1,350
Tensile Modulus	D-638	psi	224,812
Flexural Modulus	D-790	psi	166,796
Izod Impact	D-4020	ft-lbs/in	1.3
Tensile Impact	DIN 53448	ft-lbs/in <sup>2</sup>	570
Hardness	D-2240	Type D	67
<b>Thermal</b>			
Melt Point	D-3417	°F	259-267
<b>Electrical</b>			
Volume Resistivity		ohm-cm	>10 <sup>15</sup>
Surface Resistivity	D-257	ohm/square	>10 <sup>15</sup>

Pipa HDPE mempunyai nilai melting point sebesar **259-267°F** nilai ini lebih tinggi dibanding nilai melting point dari Material Tube Carrier/Kapsul, sehingga mampu menahan panas gesekan Tube carrier saat sedang berdistribusi, sehingga penipisan atau kerusakan pipa HDPE akibat panas gesekan dapat di kurangi.



**Gambar 2.19** Pipa HDPE (High-density polyethylene pipe-HDPE) [17]

#### 2.12.4 Diverter

Diverter adalah kotak percabangan dari piping Pneumatic tube transfer systemnya, dimana Box diverter yang digunakan di sini adalah diverter 3 lubang dan 4 lubang maupun ada 2 lubang , dimana mempunyai fungsi yang sama yaitu yang berfungsi untuk percabangan pipa supaya carrier dapat di kirim sesuai dengan yang diinginkan atau sebagai driver carrier ,di dalam diverter terdapat komponen Motor DC 24 Volt yang dihubungkan dengan pipa berbentuk S yang menggunakan van belt gigi untuk mengerakkan pipa S ke lubang yang akan di lewati carrier antara hisap dan kirim PCB controller yang berfungsi mengontrol semua komponen yang di hubungkan dengan microprosesor. Pipa S yang berfungsi sebagai penghubung antara pipa stasiun yang digunakan untuk mengirim dan menerima carrier



**Gambar 2.20** Diverter 3 cabang [15]

#### 2.12.5 Carrier/Tube

Carrier digunakan sebagai kendaraan untuk mengangkut barang ke tempat tujuan dengan cepat dan tepat sekaligus dengan pendaratan yang lembut, untuk carrier yang akan dipilih nantinya adalah type universal 6-Inch Carriers dengan payload maksimal 5,67 kg. Material atau bahan utama Kapsul ini adalah soft model plastic, ringan dan kuat.



**Gambar 2.21** Carrier/Tube [4]

### 2.12.6 Sistem Pendorong

Pada Rumah Sakit “Graha Kedoya” menggunakan **Blower** untuk sistem pendorongnya yang menggunakan system katup 3 posisi yang berfungsi sebagai vakum dan tekanan dan mampu beralih antara hisap dan tekan dalam hitungan detik. Hal ini menciptakan perjalanan pembawa dua arah dalam sistem tabung tunggal. Setelah menyelesaikan setiap siklus, blower secara otomatis menutup sambil menunggu sinyal berikutnya untuk memulai operasi.

Tetapi pada rancangan kali ini akan ada sedikit modifikasi, yaitu dengan menggunakan system compress air pada kapal KRI Dr. Soeharso 990 , yaitu dengan menggunakan Kompresor dan Air receiver sebagai “Sistem Pendorongnya”



**Gambar 2.22** Komponen pendorong Kapsul pneumatic (Blower, Kompresor, Botol angin) [6]

### 2.12.7 Panel Compress Air Relay

Panel ini berfungsi sebagai relay pengontrol compress air untuk keadaan pemberian perintah tekanan untuk aktuator.



**Gambar 2.23** Panel blower relay [16]

### 2.12.8 Digital control unit

Panel control yang berfungsi sebagai control antara stasiun, diverter, Compress air relay



**Gambar 2.24** Panel control unit [16]

### **2.12.9 Panel switching power pack**

Panel switching berfungsi sebagai power motor servo untuk motor diverter, Panel compress air relay ,dan stasiun yang di tempatkan di ruang kontrol



**Gambar 2.25** Panel power pack [16]

### **2.12.10 Panel Induk**

Sebagai sumber listrik pada system pneumatic antara lain untuk CPU, Motor Diverter blower, diverter, stasiun



**Gambar 2.26** Panel power induk [16]

### **2.12.11 Komputer**

Komputer digunakan sebagai program” Pneumatic Tube Transport System” yaitu input atau output yang di lakukan dalam system aerocom terdeteksi. Di dalam Komputer kita bisa melihat Zone, set up, gambar system aerocom 6 stasiun berjalan dalam pengirimannya, grafik, bila ada error kita bisa mendeteksi



Gambar 2.27 Komputer server [16]

### 2.13 Software SolidWork

Solidwork adalah sebuah aplikasi modeling pembuatan gambar Design 3 dimensi, dimana selain untuk membuat model bentuk produk barang atau benda yang akan dibuat nantinya, Design tersebut dapat diberikan sebuah aktifitas analisa Treatment untuk menghitung menghitung tingkat kekuatan, kecepatan, maupun aliran dan pengaruh-pengaruh lain dalam ranah fisika untuk menganalisa produk tersebut sebelum produk tersebut sudah dibuat



Gambar 2.28 Replika Modeling Plant [18]

Program Ansys yang bisa menjadi add in di solidworks untuk modeling. sehingga tanpa harus meng ekspor model, dapat langsung berpindah model ke Ansys untuk perhitungannya yang kopleks

### 2.14 Rekomendasi Biro Klasifikasi

Menurut peraturan class BKI VOLUME II RULES FOR HULL pada "Section 11 Watertight Bulkheads", mengadopsi pada peraturan pada section tersebut dimana :

- **2.1.5** *No doors, manholes, access openings, or ventilation ducts are permitted in the collision bulkhead below the bulkhead deck.*
- **2.1.6** *Except as provided in 2.1.7 the collision bulkhead may be pierced below the bulkhead deck by not more than one pipe for dealing with fluid in the forepeak tank, provided that the pipe is fitted with a screwdown valve capable of being operated from above the bulkhead deck, the valve chest being secured inside the forepeak to the collision bulkhead. The Administration may, however, authorize the fitting of this valve on the after side of the collision bulkhead provided that the valve is readily accessible under all service conditions and the space in which it is located is not a cargo space. All valves shall be of steel, bronze or other approved ductile*

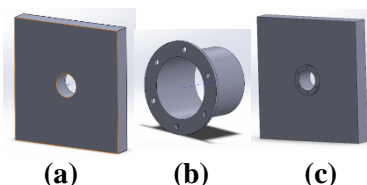
material. Valves of ordinary cast iron or similar material are not acceptable.

- **2.1.7** If the forepeak is divided to hold two different kinds of liquids the Administration may allow the collision bulkhead to be pierced below the bulkhead deck by two pipes, each of which is fitted as required by 2.1.6, provided the Administration is satisfied that there is no practical alternative to the fitting of such a second pipe and that, having regard to the additional subdivision provided in the forepeak, the safety of the ship is maintained.

Dari regulasi point diatas dapat disimpulkan bahwa pada sekat kedap, tidak diizinkan untuk dipasang pintu, manhole, maupun akses terbuka, ventilasi, dsb. Ditinjau dari hal itu jika terpaksa memang harus dilakukan sebuah modifikasi pada kontruksi sekat tersebut, maka diperlukan metode khusus agar keadaan titik penembusan akan tetap kedap dan rapat.

Mengadopsi dari peraturan class tersebut maka Pada pemasangan instalasi pipe Line pneumatic tube transfer system menggunakan regulasi class bki, dimana mengacu pada instalasi peralatan/pipa yang dimana menembus sekat pada ruangan atau deck, pada kompartemen kapal, dimana untuk peraturan rekomendasi pemasangannya adalah ;

1. Diberikan konstruksi doubling pipe pada plat yang ditembus dengan diameter pipa doubling pipe > dari pada diameter pipa line pipe yang menembus, guna doubling pipe ini adalah sebagaiudukan *pipe line* dimana sebagai cover untuk bagian pipe line yang menembus konstruksi sekat tersebut, doubling pipe tersebut terdiri dari bahan material yang sama dengan bahan material *pipe line* atau lintasan kapsul tersebut
2. Doubling pipe diperkuat pada salah satu sisinya dengan Flange dan menempel pada dinding ruangan yang ditembus dengan menggunakan baut agar konstruksinya kuat.
3. Setelah *pipa pipe* line di selipkan pada bagian doubling pipe tersebut, maka untuk merekatkan serta menambal agar celah pipa tersebut menjadi kedap adalah dengan menggunakan bahan compound, dimana untuk proses penambalan doubling pipe harus dengan metode tertentu agar seluruh celah dapat tertutup dan bagian sekat menjadi kedap.
4. Dilakukan test kekedapan pada celah celah doubling pipe dimana untuk menguji hasil perekatan compoundnya.



**Gambar 2.29** (a) Detail Sekat yang berlubang yang di Tembus Pipe Line Pneumaic Tube ID : 182,2 mm (b) Doubling pipe/Cover Pipe Line OD : 182 mm (c) Asembly komponen

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Lokasi Studi**

Laboratorium Marine Manufacture Design (MMD) FTK ITS-DTSP, dimana analisa design maupun perancangan pneumatic tube transfer system akan dilakukan di tempat tersebut

### **3.2 Metodologi Penulisan**

Pengerjaan maupun penulisan skripsi ini menggunakan software Solid Work dengan menggunakan data rencana kapal dan komponen pneumatic tube transfer system dari yang diperoleh. Proses pembuatan skripsi ini dapat digambarkan sebagai flowchart pada Gambar b.

### **3.3 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka pada skripsi kali ini dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Bentuk Design Instalasi pneumatic tube transfer system untuk *KRI Dr Soeharso – 990*
2. Berapa nilai Tekanan/pressure yang dibutuhkan untuk Komponen Pendorong yang berperan penting dalam instalasi pneumatic tube transfer system tersebut agar distribusi Tube /Courier dapat dilakukan?

### **3.4 Studi Pustaka**

1. Buku  
Untuk beberapa buku yang dapat dijadikan acuan referensi adalah sebagai berikut  
(Fluid Power And Control System) Ernest C.Fitch, JR
2. Jurnal  
Untuk Jurnal yang dapat dijadikan referensi acuan didapatkan dari **Science Direct**

### **3.5 Metode Pengumpulan Data**

Ada dua jenis data yang diperlukan untuk penelitian ini, yaitu:

- Data Primer  
Pada Primer, yang didapatkan adalah berupa data yang diperoleh dari sumber pertama (PT.PAL), Data primer kali ini berupa :
  - a. Data ukuran utama kapal *KRI Dr Soeharso – 990*
  - b. Gambar design general arrangement dari kapal tersebut untuk merencanakan line pipe/ line way dan keyplan pneumatic tube transfer system  
(Terlampir)
  - c. Catalog Pneumatic Tube Transport System by “SWISSLOG”  
(Terlampir)
- Data Sekunder  
Data sekunder yang diperoleh Yaitu data - data pada jurnal yang berhubungan dengan “Pneumatic Tube Transfer System” dimana jurnal maupun buku tersebut mendukung tentang teorinya dan mengandung

beberapa Formula rumus kalkulasi untuk perhitungan teknisnya, berikut adalah beberapa data sekunder berupa jurnal yang digunakan :

- International Conference on Oil and Gas Engineering, OGE-2016 (Pneumatic capsule transport) Belova O.V.a\*, Vulf M.D.a . aBauman Moscow State Technical University, 2-ya Baumanskaya St., 5/1, Moscow 105005, Russian Federation (Sumber : Science Direct) tahun 2016
- (Turbulent flow around single concentric long capsule in a pipe) Mohamed F. Khalil, Sadek Z. Kassab 1, Ihab G. Adam, Mohamed A. Samaha \* Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Alexandria University, Alexandria 21544, Egypt (Sumber : Science Direct) tahun 2009

### 3.6 Jadwal Pelaksanaan

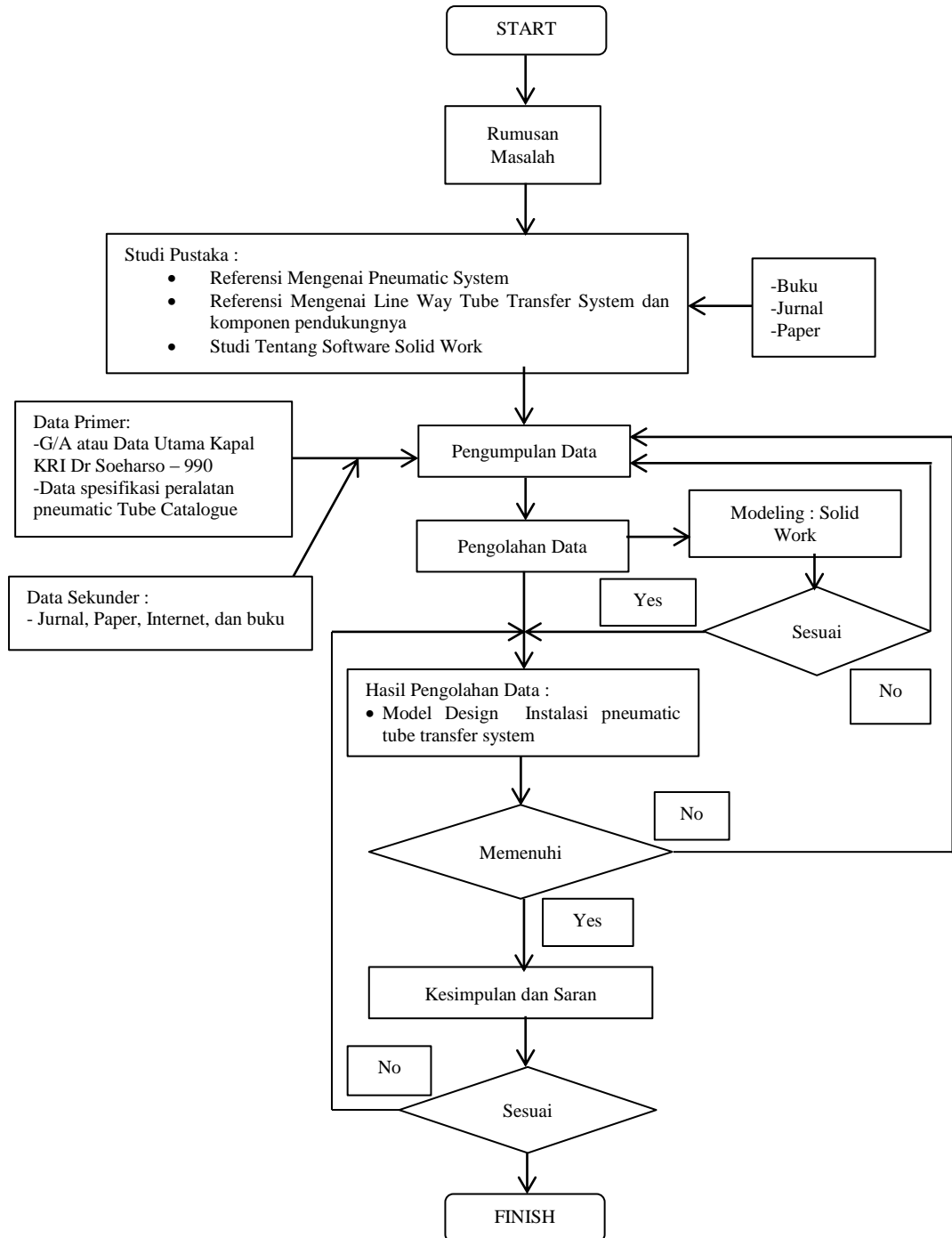
**Tabel 3.1** Jadwal Pelaksanaan

No	Jenis Kegiatan	Minggu ke -															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Start																
2	Studi Literatur																
3	Pengumpulan Data																
4	Penggambaran Sistem																
6	Analisa data dan pembahasan																
7	Kesimpulan																

**Catatan : Minggu 1** Dihitung Saat Pelaksanaan P1

### 3.7 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini secara berurutan. Langkah-langkahnya digambarkan menggunakan flow Chart berikut ini :



**Gambar 3.1** Flow Chart Metodologi Penulisan

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perencanaan layout system

#### 4.1.1 Analisa Data

Sebelum melakukan tahapan penggambaran layout, maka kita harus mengetahui beberapa parameter seperti data utama kapal sebagai batas-batas design Pneumatic Tube Transfer Syatem nantinya agar design yang kita buat sesuai dengan tata letak bentuk, maupun ukuran kapal tersebut, berikut ini adalah Data utama kapal KRI Dr.Soeharso 990 :

1. Data ukuran utama kapal *KRI Dr Soeharso – 990*
  - ✓ Length Over All (LOA) : 125 m
  - ✓ Length Between Perpendicular (LBP) : 109,2 m
  - ✓ Breadth (B) : 22 m
  - ✓ Depth (H) : 6,7 m
  - ✓ Draft (D) : 4,5 m
  - ✓ Type Main Engine : (MAN B&W 9L28/32A)
  - ✓ Vs : 14 knot
  - ✓ Maximum Embarkation : 344 Person
2. Gambar design general arrangement dari kapal tersebut untk merencakana line pipe/ line way dan keyplan pneumatic tube transfer system
  - ✓ (Terlampir)
3. Catalog Pneumatic Tube Transport System by “SWISSLOG”. Catalog ini berfungsi sebagai design peralatan penunjang lain seperti tube carrier/kapsul, design elbow line pipe, diverter, dan peralatan penunjang instalasi lainnya.

Berikut ini adalah beberapa lokasi pada kapal rumah sakit *KRI Dr Soeharso - 990* dimana nantinya akan dipasang sebuah instalasi “Pneumatic Tube Transfer System”

1. Deck Crew/Troop ( Deck “H”) meliputi :
  - a. No 4 dan No 5 ( Troop Room)
  - b. No 1 dan No 2 (Pilot Room)
  - c. No 1 dan NO 2 (Guest Room)
  - d. Medical Examination Room
  - e. Nurse ST
  - f. Medical Store, power technology and control Unit Room = **Control Equipment**
2. Deck Troop ( Deck “J”) meliputi :
  - a. No 1, No 2, dan No 3 (Troop Room)

Pada ruangan tersebut nantinya akan terpasang sebuah Tube Carrier Station Unit dimana berfungsi sebagai penerima Tabung atau sebagai pusat kontrol pengendali.

#### 4.1.2 Design Layout

Setelah data-data sudah didapatkan maka proses penggambaran Design dapat dilakukan berikut ini adalah beberapa Perencanaan Gambarnya :

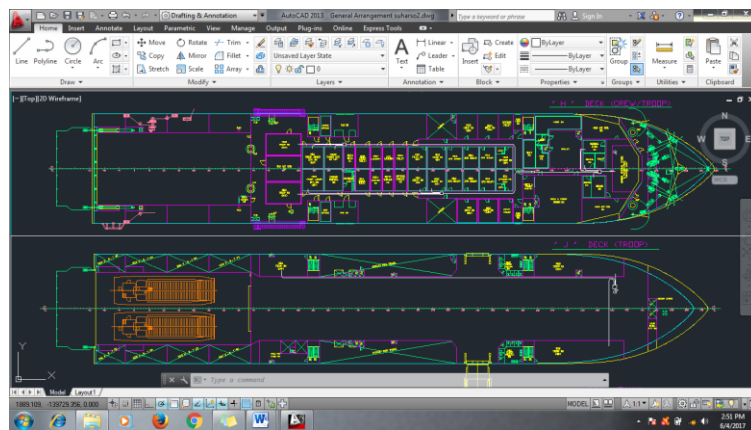
- ❖ *Keyplan* “Pneumatic Tube Transfer System”

Setelah Data *General Arrangement* sudah tersedia maka akan bisa dilakukan design layout Pneumatic Tube Transfer System secara 2 Dimensi perencanaannya.

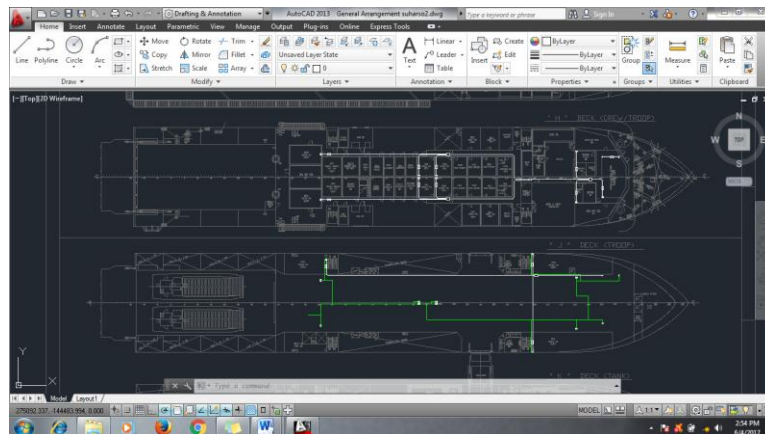
- ❖ 3D Drawing “Pneumatic Tube Transfer System”

Setelah pnggambaran *keyplan* sudah dulakukan maka penggambara.

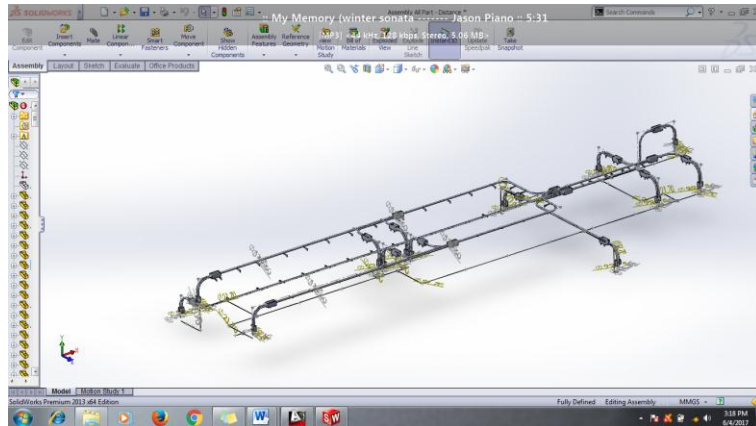
Design layout sangat berguna untuk kalkulasi perhitungan Design Pneumatic Tube Transfer System nantinya seperti menentukan perhitungan panjang lintasan, waktu, dan estimasi nilai tekanannya.



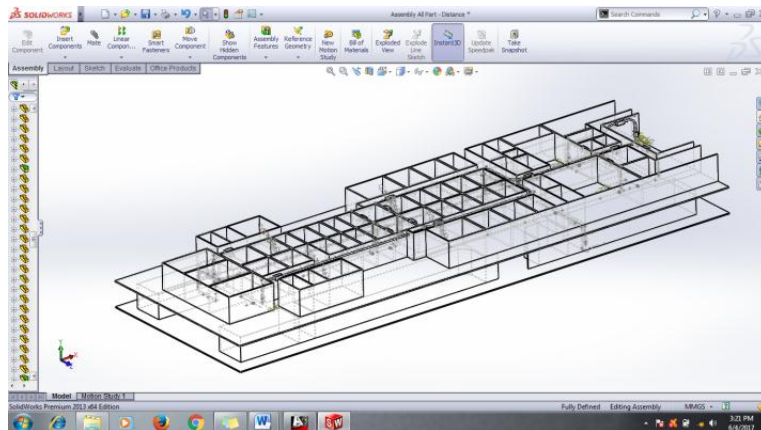
**Gambar 4.1** Perencanaan General Arrangement KRI Dr Soeharso 990 Deck H dan Deck J



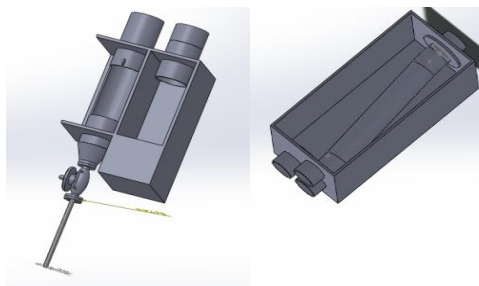
**Gambar 4.2** Hasil Perencanaan Layout System Pneumatic Tube Transfer Syetem pada Deck H dan Deck J



**Gambar 4.3** Hasil Perencanaan Instalasi Pneumatic Tube Transfer System Modeling



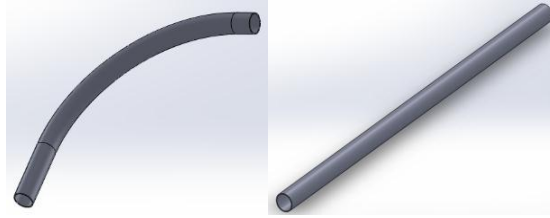
**Gambar 4.4** Hasil Perencanaan Pneumatic Tube Transfer System Modeling dengan Deck



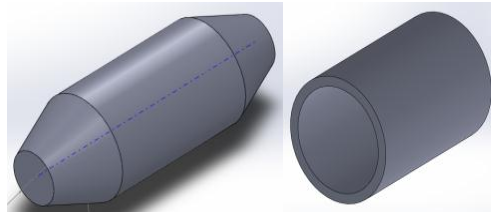
(a)

(b)

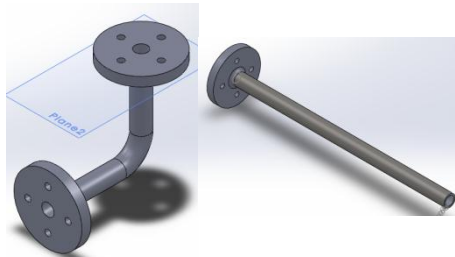
**Gambar 4.5** Hasil Perencanaan (a) Launcher Station (b) Diverter



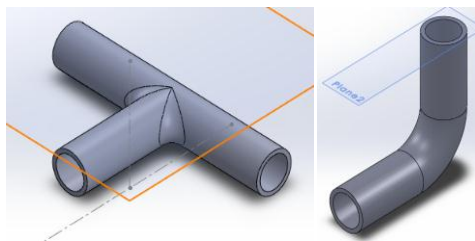
**Gambar 4.6** Hasil Perencanaan (a) Elbow Pipe (b) LinePipe



**Gambar 4.7** Hasil Perencanaan (a) Capsule (b) Socket

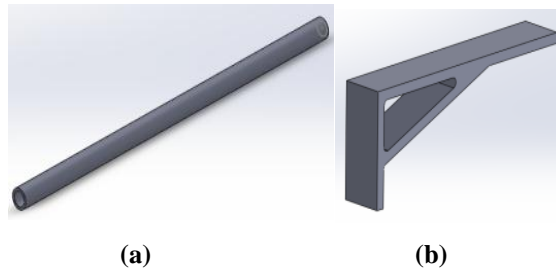


**Gambar 4.8** Hasil Perencanaan (a) Elbow Flange Joint (b)Straight pipe Flange Joint-Compress Air Part



**Gambar 4.9** Hasil Perencanaan (a) T-Joint (b) Elbow Joint -Compress Air Part



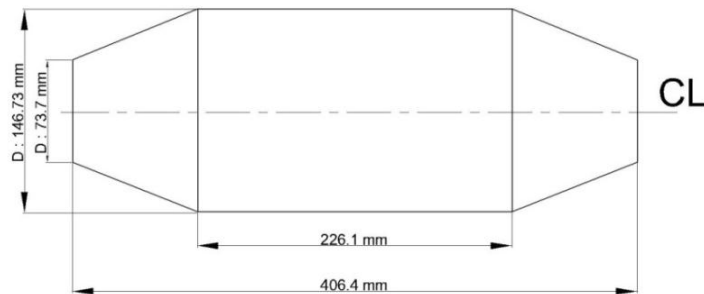


**Gambar 4.10** Hasil Perencanaan (a) Straight Pipe-Compress Air Part  
(b) Pipe Rack-Line Pipe Part

#### 4.2 Kalkulasi perhitungan

Setelah penggambaran System tersebut telah dilakukan, maka proses selanjutnya adalah tahapan kalkulasi/perhitungan

*Diketahui data-data sebagai berikut ini :*



Carrier	Net Payload (Standard vs. Full Capacity)	Overall Length	Wearband to Wearband Distance	Outside Diameter at Wearband	Outside Diameter of Carrier Nose
NexSeal	4.5 lbs (2.04 kg)/ 12.5 lbs (5.67 kg)	16 in (40.64 cm)	8.9 in (22.61 cm)	5.75 in (14.61 cm)	2.9 in (7.34 cm)
EcoSeal	4.5 lbs (2.04 kg)/ 12.5 lbs (5.67 kg)	16 in (40.64 cm)	8.9 in (22.61 cm)	5.75 in (14.61 cm)	2.3 in (5.85 cm)
Universal	4.5 lbs (2.04 kg)/ 12.5 lbs (5.67 kg)	16 in (40.64 cm)	8.9 in (22.61 cm)	5.75 in (14.61 cm)	2.9 in (7.37 cm)

**Gambar 4.11** Spesifikasi Kapsul/Tube [4]

Data Tube Carrier :

- Massa bersih tube Carrier : 2,04 kg
- Massa Tube Carrier dengan payload : 5,67 kg
- Diameter penampang Tube carrier : 14,61 cm = 0,1461 m
- ( $\mu$ s) Koefisien gesek ststis pada pipa jenis HDPE : 0,5
- $P_o = C_d$  , ( $C_d < 0,01$ )
- $V = 7,62$  m/s
- $\rho(\text{udara}) = 1,2$  kg/m<sup>3</sup>
- $\mu$  (Kinematic Viscosity) =  $1,51 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s
- ID (Line Pipe) = 0,1496 m
- Percepatan gravitasi : 9,8 m/s<sup>2</sup>
- L (Terpanjang) = 80,064 m

Ditanyakan :

- Berapa nilai total pressure yang dibutuhkan agar tube carrier bisa didistribusikan ke system ?

Jawab :

#### 4.2.1 Perhitungan Nilai Reynold Number

$$Re = \frac{\rho v ID}{\mu} \dots\dots\dots(7)$$

$$Re = \frac{1,2 \times 7,62 \times 0,1496}{1,51 \times 10^{-5}} = 90592,212$$

Karena hasil reynold Number > 4000 maka jenis aliran tersebut adalah aliran Turbulence

#### 4.2.2 Perhitungan Nilai pressure Drop

$$\Delta p = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{\rho}{2} \times w^2 \dots\dots\dots(9)$$

$$\Delta p = 0,5 \times \frac{80,064}{0,1496} \times \frac{1,2}{2} \times 7,62^2 = 9320,5 \text{ Pa}$$

#### 4.2.3 Perhitungan Nilai Tt (waktu akhir)

$$Tt = \frac{vm}{\pi d^2 / 4 \cdot \Delta p - \mu mg} \dots\dots\dots(3)$$

$$Tt = \frac{7,62 \times 5,67}{\pi \times 0,1461^2 / (4 \times 9320,5) - (0,5 \times 5,67 \times 9,8)}$$

$$= 0,01730 \text{ Second}$$

#### 4.2.4 Perhitungan Nilai Percepatan Kapsul (a)

$$\text{Percepatan (a)} = \frac{Vt - Vo}{Tt - To} = \frac{\Delta V}{\Delta T} = \dots\dots\dots \text{ m/s}^2$$

Dimana :

- Vt (Kecepatan Akhir) = 7,62 m/s
- Vo (Kecepatan Awal) = 0 m/s
- Tt (Waktu Akhir) = 0,01730 second
- To (Waktu Awal) = 0 Second

$$a = \frac{7,62 - 0}{0,01730 - 0} = 440,375 \text{ m/s}^2$$

#### 4.2.5 Perhitungan Nilai Gaya Kapsul (F)

$$F = m \times a$$

Dimana

$$m \text{ (masa kapsul)} : 5,67 \text{ kg}$$

$$a \text{ (Percepatan kapsul)} : 440,375 \text{ m/s}^2$$

$$F = 5,67 \times 440,375 = \underline{2496,93 \text{ Newton}}$$

#### 4.2.6 Perhitungan Nilai Pressure (P)

$$\text{Pressure (P)} = \frac{\text{Gaya (F)}}{\text{Area (A)}} = \dots \text{N/m}^2$$

$$F = 2496,93 \text{ N}$$

$$\text{Luas Area (A)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \dots \text{m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Area (A)} &= 0,25 \times 3,14 \times D_{\text{out}}^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 0,0737^2 \\ &= 0,004264 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Pressure (P)} = \frac{2496,93}{0,004264}$$

$$= 585599,794 \text{ Pa}$$

$$= \underline{5,85 \text{ Bar}}$$

#### 4.2.7 Perhitungan Estimasi Waktu Kapsul

Berikut ini adalah perhitungan estimasi waktu pencapaian kapsul pada tiap-tiap stasiun dimana tiap stasiun yang mempunyai jarak yang berbeda-beda pada tiap-tiap tempatnya. Untuk menghitung Estimasi waktu tempuh Tiap Carrier pada masing-masing Stasiun menggunakan Formula :

$$v = \frac{s}{t}$$

Dimana :

s : Panjang Lintasan atau Jarak tempuh  
(Lintasan Pipa Tube Carrier)....m

t : Waktu Tempuh...(Second)

v : Kecepatan Tube Carrier (7,62 m/s )

Maka :

$$t = \frac{s}{v}$$

**Tabel 4.1** Perhitungan Estimasi Waktu Kapsul

Lokasi	S(meter)	v(m/s)	t(Ssecond)
TCSUC 1-TCSU 1	21.227	7.62	2.78569554
TCSUC 1-TCSU 2	22.547	7.62	2.95892388
TCSUC 1-TCSU 3	56.392	7.62	7.40052493
TCSUC 1-TCSU 4	60.751	7.62	7.97257218

TCSUC 1-TCSU 5	77.826	7.62	10.2133858
TCSUC 1-TCSU 6	79.313	7.62	10.4085302
TCSUC 1-TCSU 7	62.075	7.62	8.14632546
TCSUC 1-TCSU 8	58.237	7.62	7.64265092
TCSUC 2-TCSU 1	34.594	7.62	4.53989501
TCSUC 2-TCSU 2	45.6745	7.62	5.99402887
TCSUC 2-TCSU 3	80.046	7.62	10.5047244

Keterangan :

- TCSU : Tube Carrier Station Unit
- TCSUC : Tube Carrier Station Unit Center (Control)
- Jarak panjang lintasan dapat dilihat dan dihitung pada gambar layout keyplan

#### 4.2.8 Perhitungan Total Variabel

Dengan menggunakan formula yang sama dan berurutan pada formula 4.2.1 sampai 4.2.8, maka akan dapat dihitung nilai dari :

- Pressure drop ( $\Delta P$ )
- Waktu akhir ( $T_t$ )
- Percepatan ( $a$ )
- Gaya ( $F$ )
- Luas ( $A$ )
- Pressure ( $P$ )

Nilai pada masing-masing titik lokasi TCSU menuju TCSUC tertera pada table berikut ini :

**Tabel 4.2** Perhitungan *Pressure Drop*

Lokasi	S(meter)	$\Delta P$ (Pa)
TCSUC 1-TCSU 1	21.227	2471.66
TCSUC 1-TCSU 2	22.547	2625.36
TCSUC 1-TCSU 3	56.392	6566.25
TCSUC 1-TCSU 4	60.751	7073.8
TCSUC 1-TCSU 5	77.826	9062.01
TCSUC 1-TCSU 6	79.313	9235.15
TCSUC 1-TCSU 7	62.075	7227.97
TCSUC 1-TCSU 8	58.237	6781.08
TCSUC 2-TCSU 1	34.594	4028.1
TCSUC 2-TCSU 2	45.6745	5318.31
TCSUC 2-TCSU 3	80.046	9320.5

**Tabel 4.3** Perhitungan Nilai waktu akhir (Tt)

Lokasi	$\Delta P(\text{Pa})$	Tt(Second)
TCSUC 1-TCSU 1	2472	0.06538557
TCSUC 1-TCSU 2	2625	0.06154746
TCSUC 1-TCSU 3	6566	0.02456917
TCSUC 1-TCSU 4	7074	0.02280455
TCSUC 1-TCSU 5	9062	0.0177974
TCSUC 1-TCSU 6	9235	0.01746348
TCSUC 1-TCSU 7	7228	0.02231769
TCSUC 1-TCSU 8	6781	0.02379
TCSUC 2-TCSU 1	4028	0.04007717
TCSUC 2-TCSU 2	5318	0.03034185
TCSUC 2-TCSU 3	9321	0.01730344

**Tabel 4.4** Perhitungan Nilai Percepatan

Lokasi	S(meter)	Tt(Second)	a(m/s <sup>2</sup> )
TCSUC 1-TCSU 1	21.23	0.06538557	116.539
TCSUC 1-TCSU 2	22.55	0.06154746	123.807
TCSUC 1-TCSU 3	56.39	0.02456917	310.145
TCSUC 1-TCSU 4	60.75	0.02280455	334.144
TCSUC 1-TCSU 5	77.83	0.0177974	428.152
TCSUC 1-TCSU 6	79.31	0.01746348	436.339
TCSUC 1-TCSU 7	62.08	0.02231769	341.433
TCSUC 1-TCSU 8	58.24	0.02379	320.303
TCSUC 2-TCSU 1	34.59	0.04007717	190.133
TCSUC 2-TCSU 2	45.67	0.03034185	251.138
TCSUC 2-TCSU 3	80.05	0.01730344	440.375

**Tabel 4.5** Perhitungan Nilai Gaya

Lokasi	Masa(kg)	a(m/s <sup>2</sup> )	Gaya (N)
TCSUC 1-TCSU 1	5.67	116.539481	660.779
TCSUC 1-TCSU 2	5.67	123.806906	701.985
TCSUC 1-TCSU 3	5.67	310.14478	1758.52
TCSUC 1-TCSU 4	5.67	334.143798	1894.6
TCSUC 1-TCSU 5	5.67	428.152343	2427.62
TCSUC 1-TCSU 6	5.67	436.339207	2474.04

TCSUC 1-TCSU 7	5.67	341.433246	1935.93
TCSUC 1-TCSU 8	5.67	320.302658	1816.12
TCSUC 2-TCSU 1	5.67	190.133169	1078.06
TCSUC 2-TCSU 2	5.67	251.138245	1423.95
TCSUC 2-TCSU 3	5.67	440.37483	2496.93

**Tabel 4.6** Perhitungan Nilai Tekanan / Pressure

Lokasi	A(m <sup>2</sup> )	Pressure(Pa)	Pressure(Bar)
TCSUC 1-TCSU 1	0.00426	154971.383	1.54971383
TCSUC 1-TCSU 2	0.00426	164635.428	1.64635428
TCSUC 1-TCSU 3	0.00426	412423.024	4.12423024
TCSUC 1-TCSU 4	0.00426	444336.338	4.44336338
TCSUC 1-TCSU 5	0.00426	569346.626	5.69346626
TCSUC 1-TCSU 6	0.00426	580233.32	5.8023332
TCSUC 1-TCSU 7	0.00426	454029.669	4.54029669
TCSUC 1-TCSU 8	0.00426	425930.724	4.25930724
TCSUC 2-TCSU 1	0.00426	252834.488	2.52834488
TCSUC 2-TCSU 2	0.00426	333957.562	3.33957562
TCSUC 2-TCSU 3	0.00426	585599.794	5.85599794

#### 4.2.9 Perhitungan Konsumsi Kebutuhan Volume Udara

Dalam Perhitungan kali ini akan diketahui berapa debit volume udara yang dibutuhkan Instalasi tersebut disaat system tersebut beroperasi.

Diketahui :

- v (kecepatan aliran/Tube) : 7,62 m/s
- A ( Luas Alas Line Pipe ) :  $(A) = \frac{1}{4} \times \pi D^2 = \dots\dots m^2$  Luas Area (A)
- $= 0,25 \times 3,14 \times D_{out}$   
 $= 0,25 \times 3,14 \times 0,1496^2$   
 $= 0,017568 m^2$

Ditanyakan :

Q = .....Liter / second

**Jawab :**

$$\begin{aligned}
 Q &= v \times A \\
 &= 7,62 \times 0,017568 \\
 &= 0,134 m^3/s \\
 &= \mathbf{134 \text{ Liter /second}}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Udara Bertekanan saat berdistribusi :

- **V = Q x t (min atau max)**  
 $= 134 \times 2,786 = 373,28 \text{ Liter}$

karena setiap kapsul mengalami 2x perjalanan maka

- = 2 x 373,28 Liter
  - = 746,57 Liter (**Minimal**)
  - **V = Q x t (min atau max)**
  - = 134 x 10,505 = 1407,6 Liter
- karena setiap kapsul mengalami 2x perjalanan maka
- = 2 x 1407,6 Liter
  - = 2815,3 Liter (**Maksimal**)

Karena Engine Tersebut menggunakan Engine Type 9L28/32A dan sudah mempunyai kapasitas untuk kebutuhan Starting dibawah ini :

Starting air system						
Air consumption per start incl. jet assist	approx.	Nm <sup>3</sup>	1.6	1.8	1.8	2.0
Total capacity starting air compressors		l/min	250	250	250	375

**Gambar 4.12** Kebutuhan Udara bertekanan untuk Starting Engine [5]

STARTING AIR RECEIVER		
Engine type	6-7-8L28/32A	9L28/32A
Receiver size, litres	250 + 250	250 + 500

**Gambar 4.13** Kapasitas Starting Air Receiver pada Engine [5]

Maka untuk memenuhi kebutuhan kapasitas distribusi Pneumatic Tube Transfer System tersebut harus menambahkan kapasitas Air Receiver Sebesar 3000 Liter dengan spesifikasi sebagai berikut :



**Technical Specifications – Air Receivers** ● Standard version ○ Optional version

Receiver volume Litres	Max. permissible pressure bar				Surface Galva- nised	Arrangement		Height mm	Specifications, galvanised version						Weight kg
	11	16	45	50		Vert.	Horiz.		Vertical 11 bar		Horizontal 11 bar		Inlet/Outlet Con- nections 2 x G 2		
2000	○	○	—	—	●	○	○	2710	1250	4 x G 2½	2160	1250		2 x G 2½	605
5000	○	○	—	—	●	○	○	3570	1400	4 x DN 100	3470	1400	4 x DN 100	950	
8000	○	○	—	—	●	○	○	4400	1600	4 x DN 200	4400	1600	4 x DN 200	1680	

**Gambar 4.14** Spesifikasi Air Receiver/Botol Angin [6]

Berikut ini adalah pemilihan spesifikasi type kompresor yang akan digunakan untuk melakukan pengisian Air Receiver tersebut dimana dengan spesifikasi sebagai berikut :

**Tabel 4.7** Spesifikasi Kompresor [6]

<b>Compressors L-Series</b>							
<b>Type</b>	<b>Cylinders</b>	<b>Stages</b>	<b>Speed (rpm)</b>	<b>F.A.D (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Power (kW)</b>	<b>Weight (kg)</b>	<b>Dimension LxWxH(mm)</b>
L9	2	2	1150	6,6	1,7	120	820x540x540
			1450	8,7	2,3	120	820x540x540
			1750	10,5	2,8	120	820x540x540

Pemilihan spesifikasi didasarkan atas efisiensi waktu pengisian air receiver dengan kapasitas 3000 Liter , dimana dengan spesifikasi tersebut total lama pengisian mampu mengisi air receiver dengan durasi kurang dari 30 menit



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan pada hasil pengerjaan skripsi ini dapat disimpulkan bahwa Instalasi pneumatic tube transfer system dapat diaplikasikan pada Kapal Rumah Sakit *KRI Dr Soeharso – 990*, dimana instalasi ini mempunyai keuntungan yaitu dapat mengurangi waktu transit dalam sebuah system transportasi (Benda/Peralatan) dari satu departemen ke departemen lainnya atau dari suatu tempat ke tempat lainnya, dimana berarti lebih menekankan efektivitas waktu yang baik, dan akan lebih menonjolkan kerapian sebuah System pada aktivitas Kapal Rumah Sakit.

Dalam pembuatan Design Instalasi pneumatic tube transfer system tersebut diketahui bahwa nilai Tekanan/pressure yang dibutuhkan dibutuhkan untuk Komponen Pendorong yang berperan penting dalam instalasi pneumatic tube transfer system tersebut agar Tube /Courier dapat didistribusikan adalah 5,85 bar dengan kecepatan Kapsul maksimal 7,62 m/s dan nilai konsumsi udara adalah 134 liter/second, dimana untuk memenuhi kapasitas volume distribusi Kapsul dibutuhkan kapasitas Air receiver sebesar 3000 Liter

#### **5.2 SARAN**

Dalam pengerjaan Design Instalasi pneumatic tube transfer system ini tidak membahas tentang system control maupun analisa simulasi stress dari bahan atau material komponen instalasi tersebut, diharapkan pada kesempatan berikutnya akan ditindaklanjuti lebih detail tentang analisa tersebut agar kesempurnaan Design Instalasi ini akan menjadi lebih teruji dalam tingkat kesempurnaannya

## Daftar Pustaka

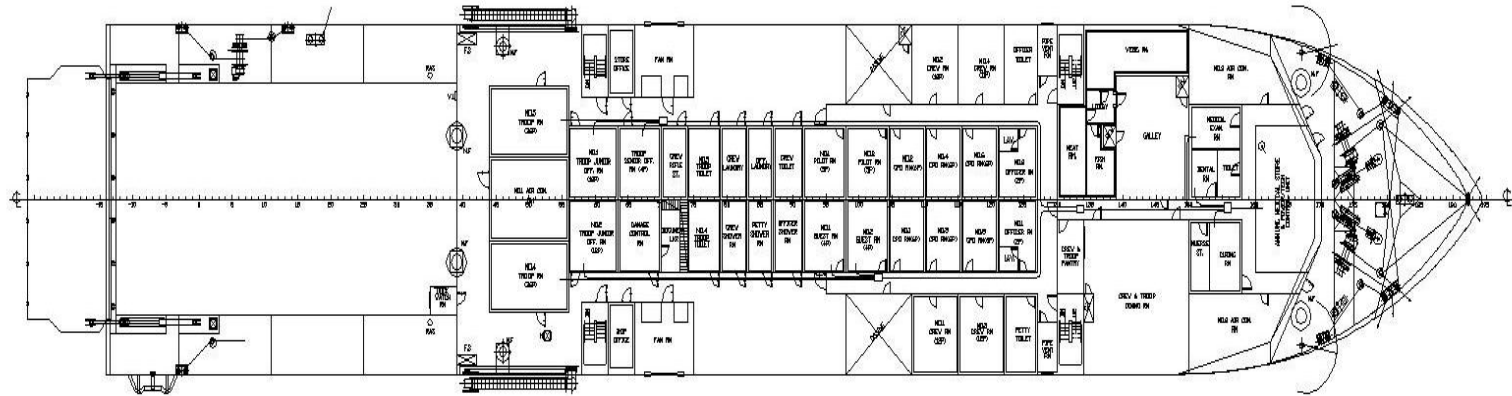
- [1] International Journal Conference on Oil and Gas Engineering Pneumatic capsule transport ; Bauman Moscow State Technical University ; Publ 2016
- [2] Mohamed F. Khalil, Sadek Z. Kassab 1, Ihab G. Adam, Mohamed A. Samaha; Turbulent flow around single concentric long capsule in a pipe ; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Alexandria UniversityE ; Available online 20 October 2009
- [3] Ernest C.Fitch, JR ; Fluid Power And Control System) Ernest C.Fitch, JR ; Pub 1966
- [4] Swisslog catalogue tool specification and manual book; Pub 2011
- [5] MAN-L28/32A Project Guide Four Stroke Propulsion Engine Compliant with IMO Tier II ; Complete Manual Date 2 July 4, 2014
- [6] Kaeser Compressors-Air Recevier Technical Specification Catalogue; Pub 2004
- [7] Hatlapa L-Series Compressors Catalogue; Pub 2013
- [8] Jakarta Greater, Retrieved February 2, 2017, from : [https:// jakartagreater.com/ misi-kemanusiaan-pertama-kri-dr-soeharso-di-luar negeri/](https://jakartagreater.com/misi-kemanusiaan-pertama-kri-dr-soeharso-di-luar-negeri/)
- [9] Wikipedia, Retrieved February 2, 2017,[https://en.Wikipedia.org/wiki/Pneumatic\\_tube](https://en.Wikipedia.org/wiki/Pneumatic_tube)
- [10] Mekanika Fluida, Retrieved February 2, 2017, from : [http : //miqbalfh.blogspot.co.id/2015\\_12\\_01\\_archive.html](http://miqbalfh.blogspot.co.id/2015_12_01_archive.html)
- [11] Nuclear Power, Retrieved February 2,2017, from : <http://www.nuclear-power.net/nuclear-engineering/fluid-dynamics/major-head-loss-friction-loss/moody-diagram/>
- [12] Hukum Bernoulli, Retrieved February 2, 2017, from : [http : // dekrisetiawan .blogspot .co.id / 2016 / 01/hukum-bernoulli.html](http://dekrisetiawan.blogspot.co.id/2016/01/hukum-bernoulli.html)
- [13] Design System Control, Retrieved February 2, 2017, from : <http://trikuenidesain-sistem.blogspot.co.id/2013/08/Aplikasi-PLC-Pneumatik.html>
- [14] Aktuator Tenaga Fluida, Retrieved February 2,2017, from : <http://teknikmesinmanufaktur.blogspot.co.id/2015/02/aktuator-tenaga-fluida.html>
- [15] Aerocom , Retrieved February 2, 2017, from : [http : //www.aerocomusa.com / systems/](http://www.aerocomusa.com/systems/)
- [16] Foto instalasi peralatan-PTTS Graha kedoya Jakarta
- [17] HDPE Pipe, Retrieved February 2, 2017, from :[http : //www.mahaveer-trading.com/hdpe-pipes.html](http://www.mahaveer-trading.com/hdpe-pipes.html)
- [18] Solidworks, Retrieved February 2, 2017, from :[http : // www.Solidworks.com/sw/resources/gallery.htm](http://www.Solidworks.com/sw/resources/gallery.htm)

**LAMPIRAN A**

(General Arrangement)

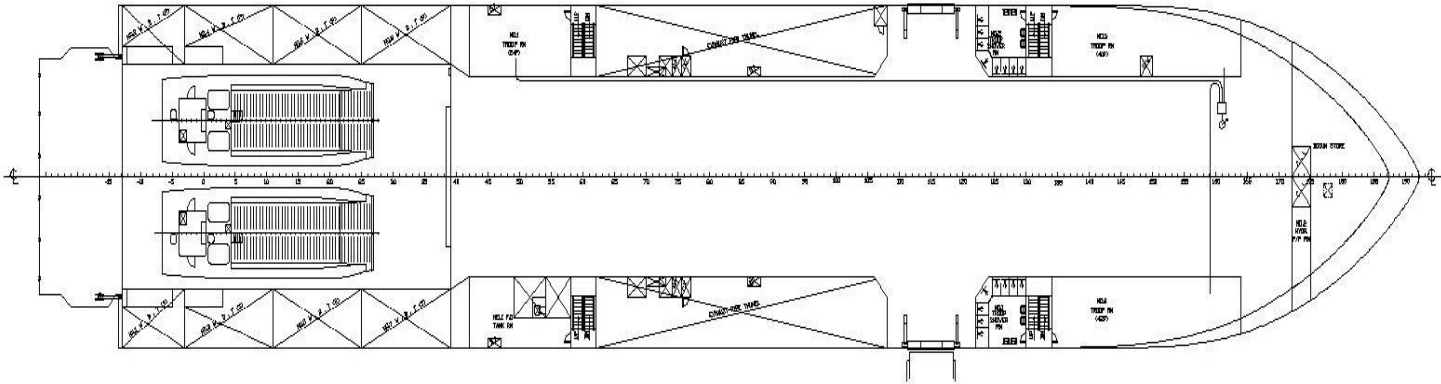
**KRI DR.SOEHARSO 990**

' H ' DECK (CREW/TROOP)



**Gambar.**General Arrangement Kapal Rumah Sakit KRI Dr.Soeharso 990 Deck H

" J " DECK (TROOP)



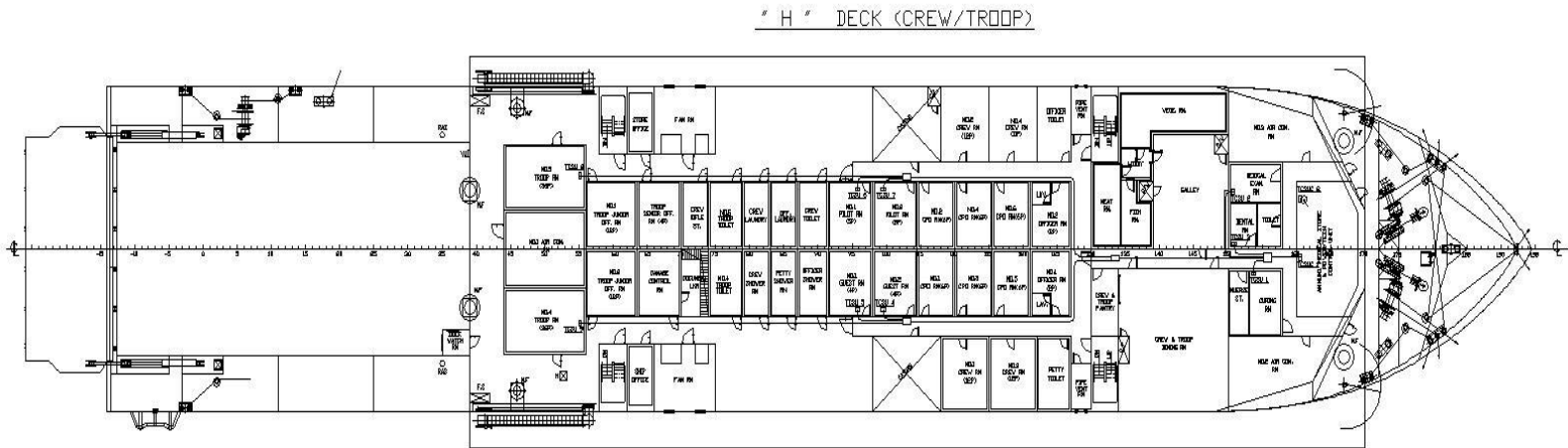
**Gambar.**General Arrangement Kapal Rumah Sakit KRI Dr. Soeharso 990 Deck J

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LAMPIRAN B**

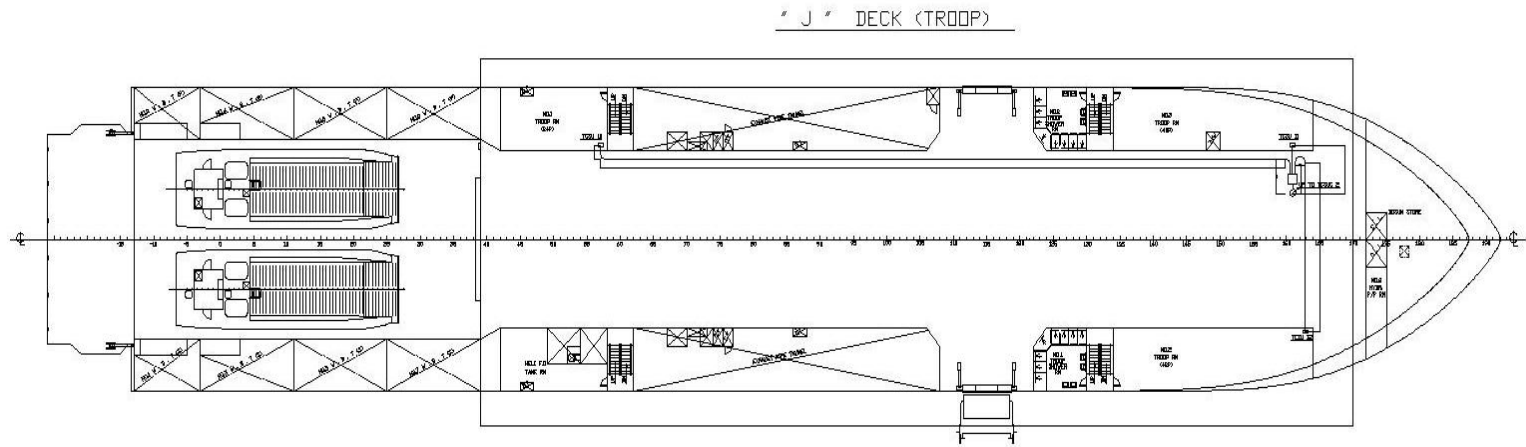
(Pneumatic Tube Transfer System Key Plan )

KRI DR.SOEHARSO 990



**Gambar.**Perencanaan Layout Keyplan Pneumatic Tube GeTransfer System Kapal Rumah Sakit KRI Dr.Soeharso 990 Deck H





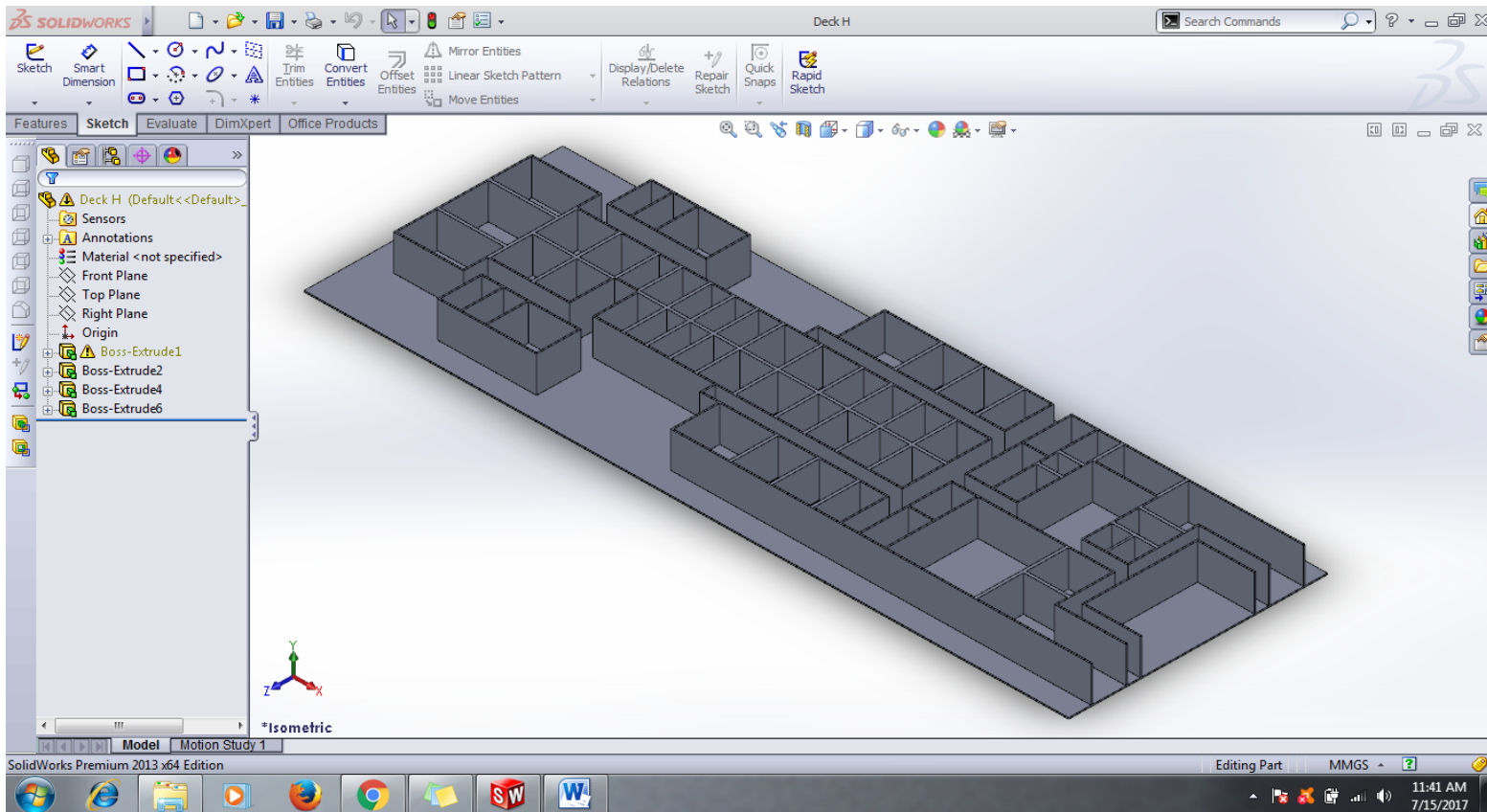
**Gambar.**Perencanaan Layout Keyplan Pneumatic Tube Transfer System Kapal Rumah Sakit KRI Dr.Soeharso 990 Deck J

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

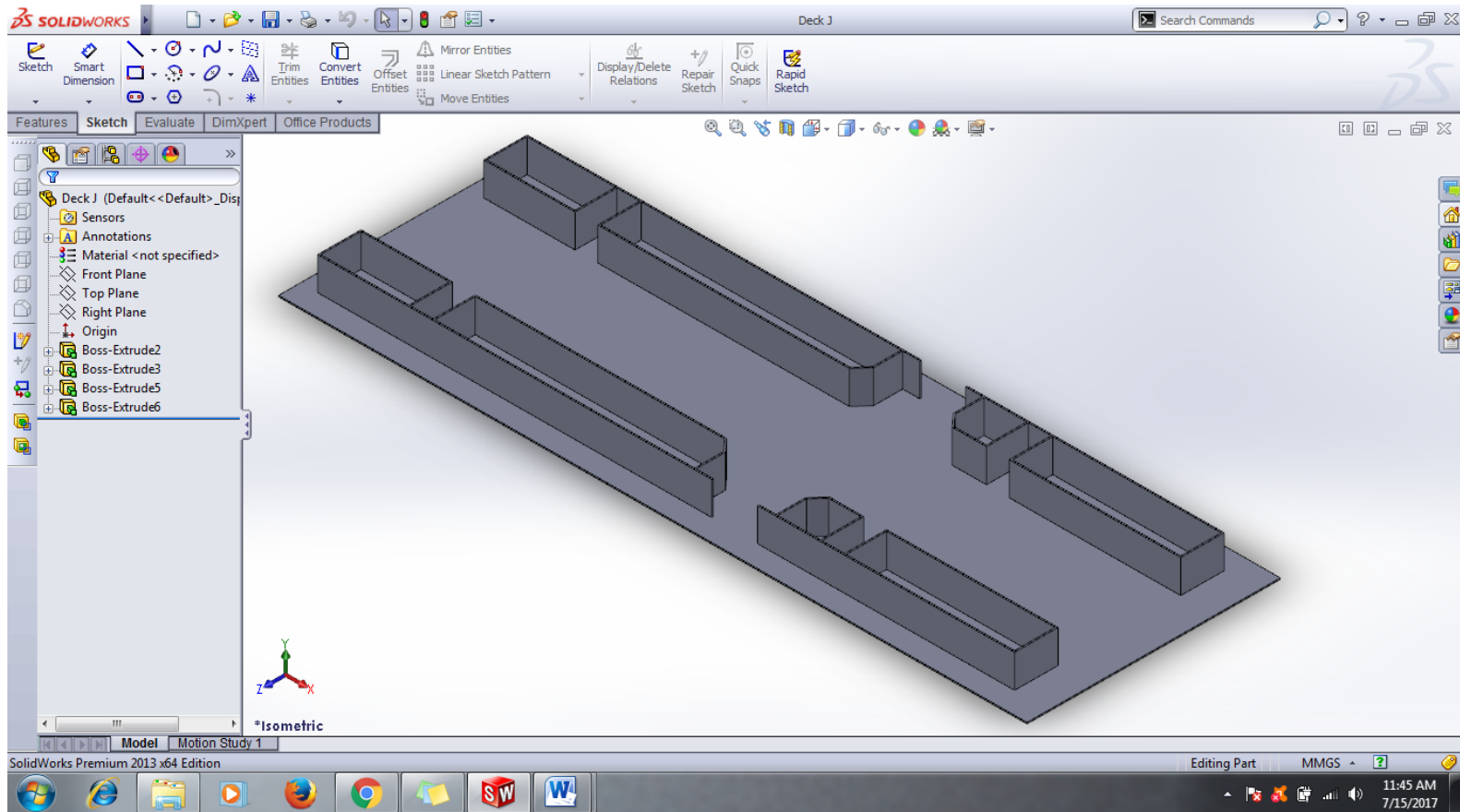
**LAMPIRAN C**

(Pneumatic Tube Transfer System 3D Drawing )

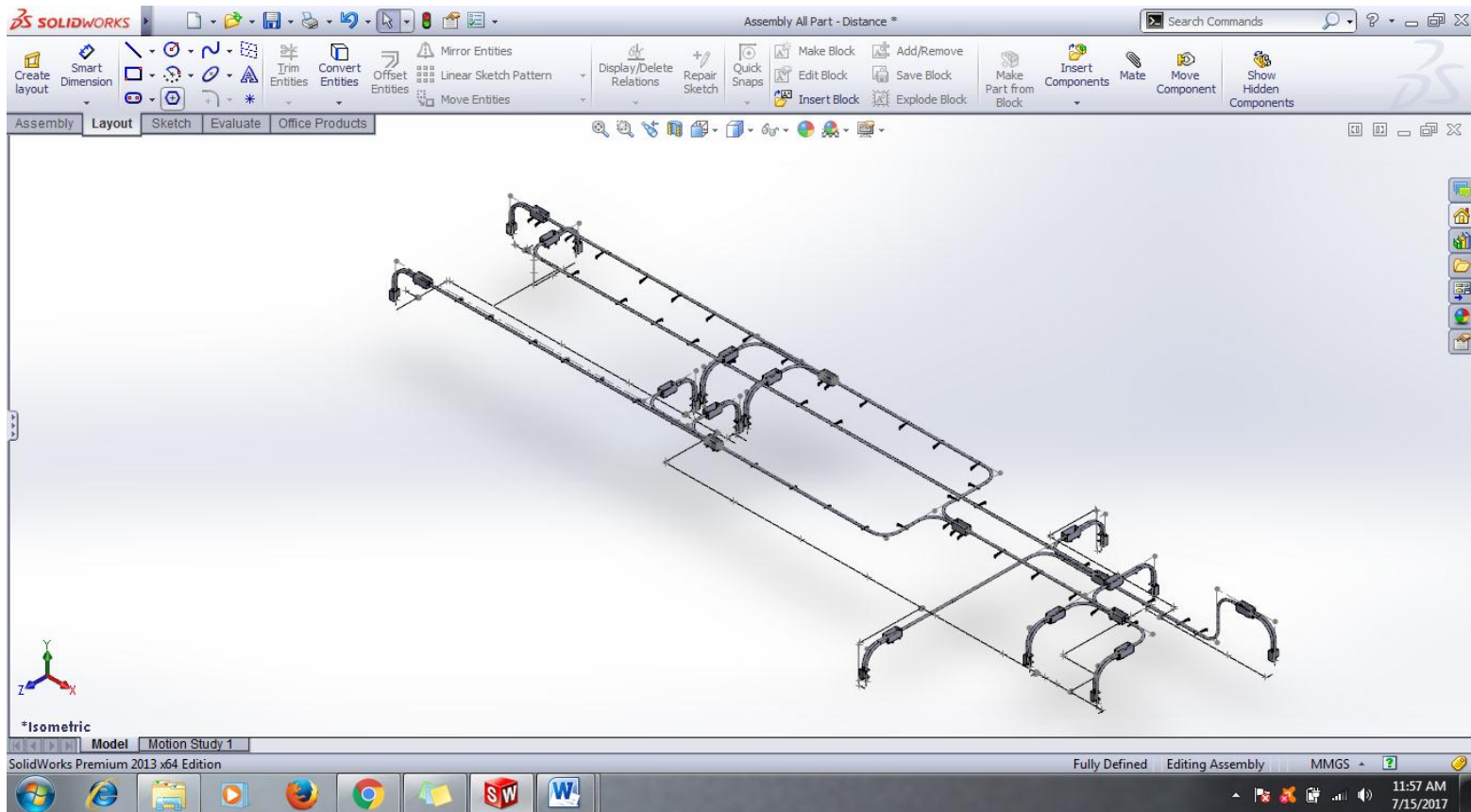
KRI DR.SOEHARSO 990



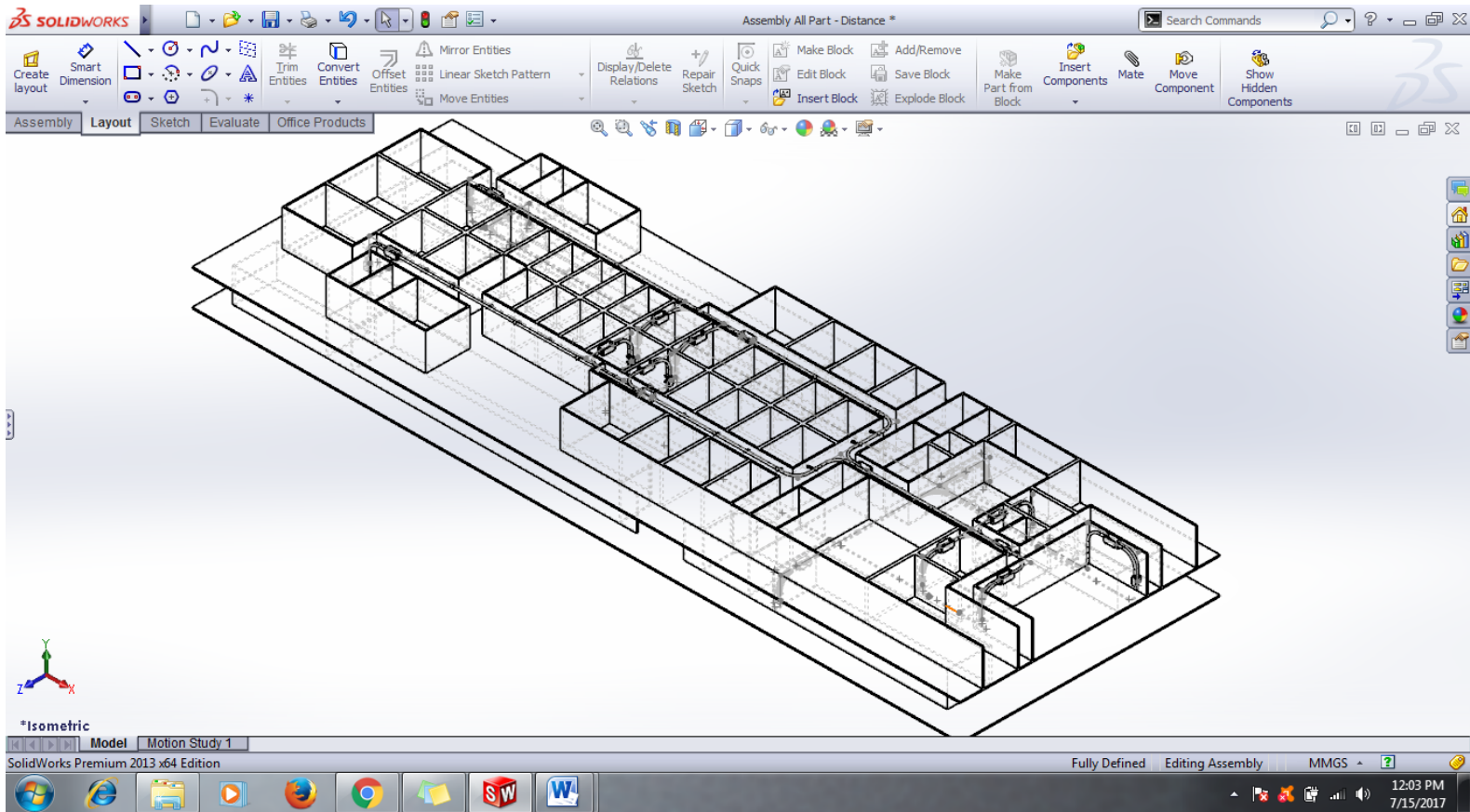
**Gambar.** Hasil Perencanaan 3D Drawing Pada Deck H Kapal Rumah Sakit KRI Dr.Soeharso 990



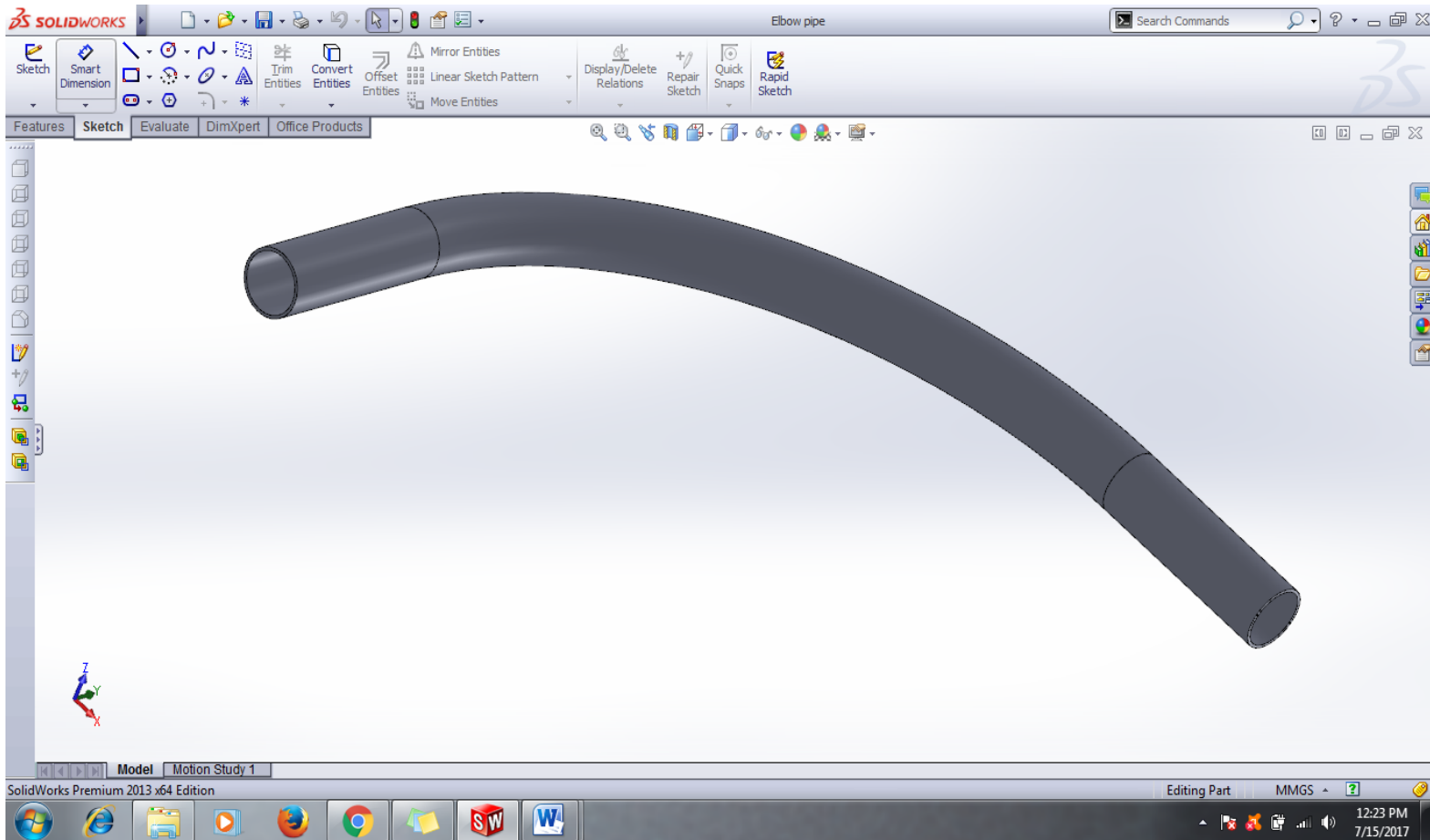
**Gambar.** Hasil Perencanaan 3D Drawing Pada Deck J Kapal Rumah Sakit KRI Dr.Soeharso 990



**Gambar.** Hasil Perencanaan 3Dimensi Pneumatic Tube Transfer System Kapal Rumah Sakit KRI Dr.Soeharso 990

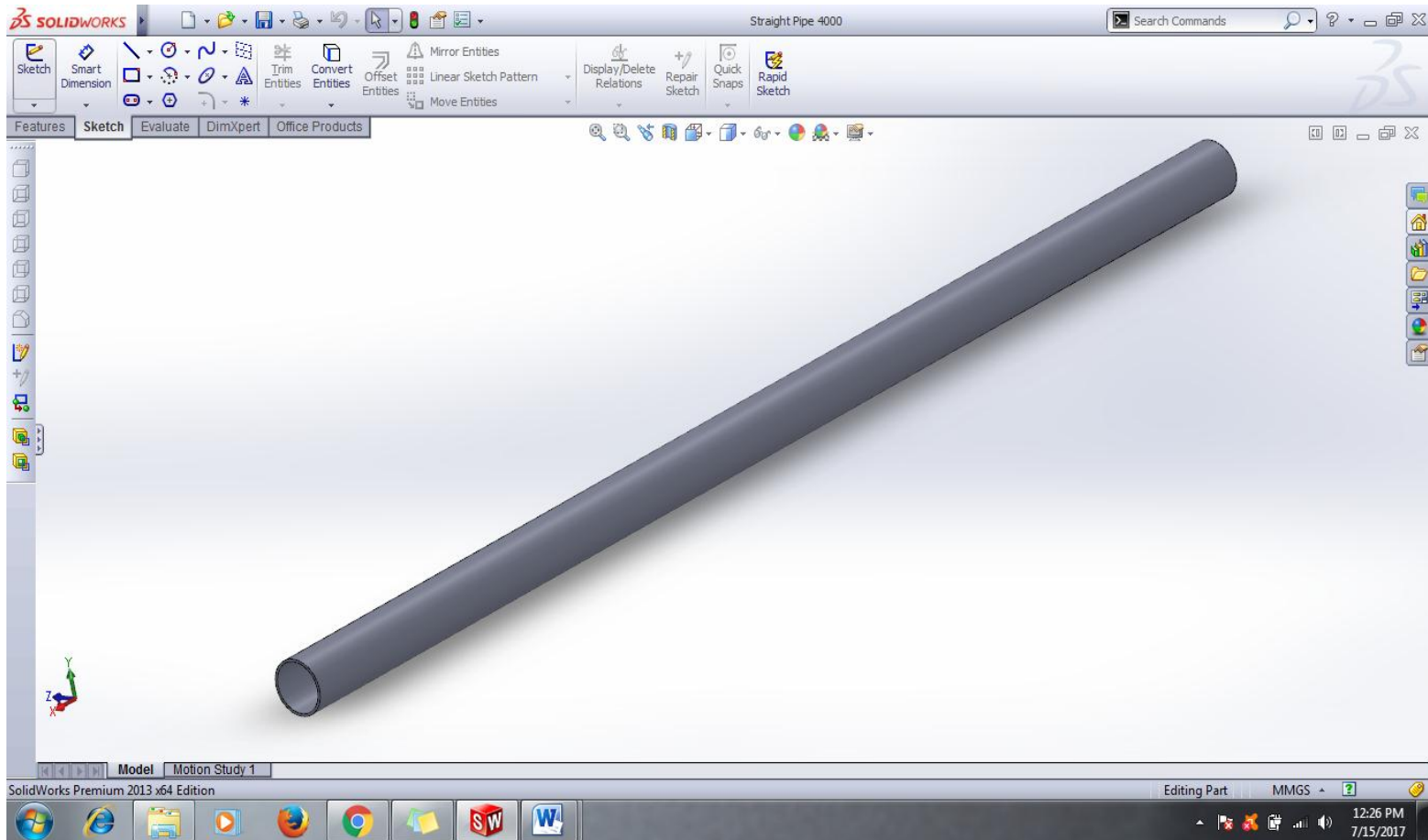


**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Pneumatic Tube Transfer System Kapal Rumah Sakit KRI Dr.Soeharso 990 Dengan Deck H dan Deck J

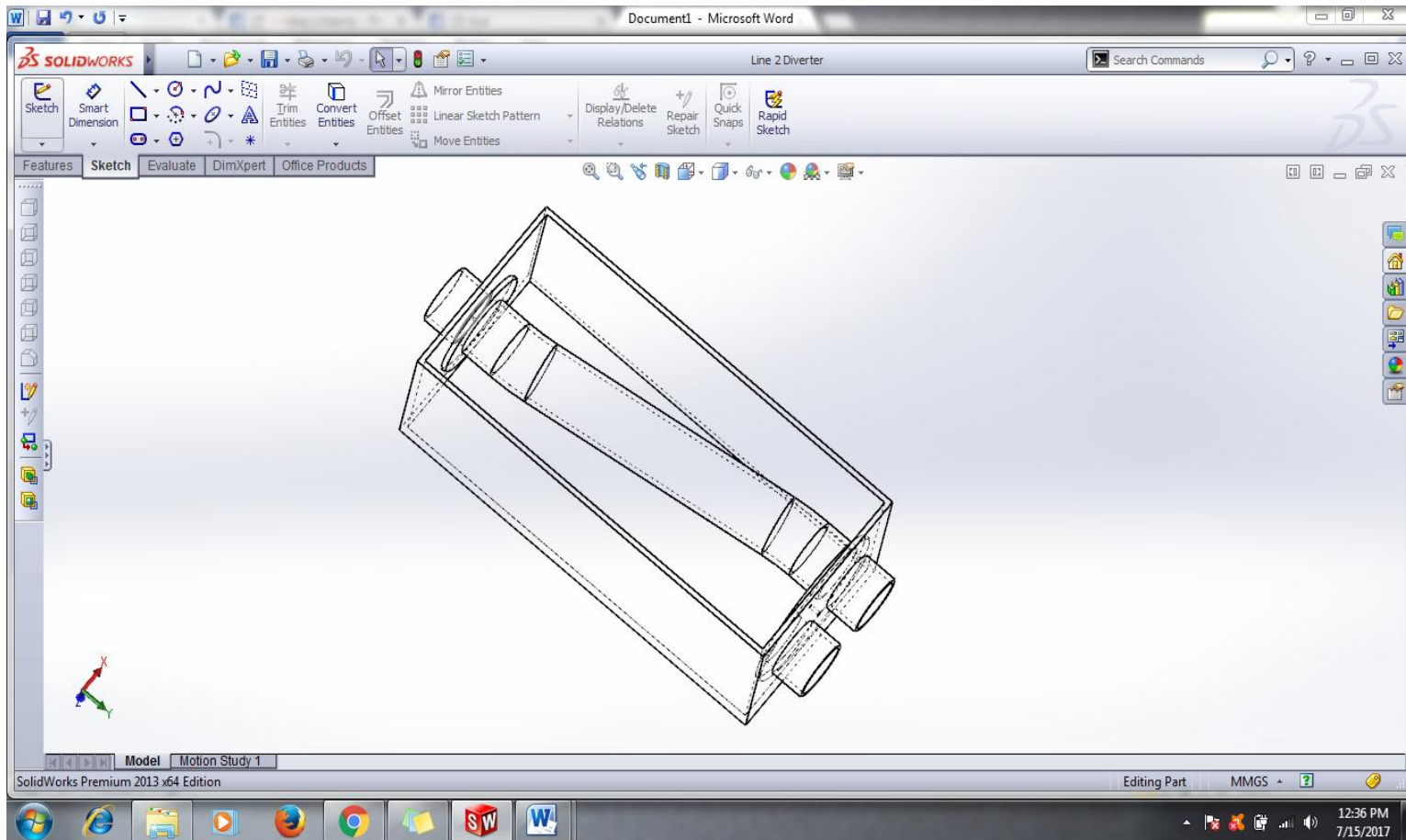


**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Elbow Part Pada Line Pipe

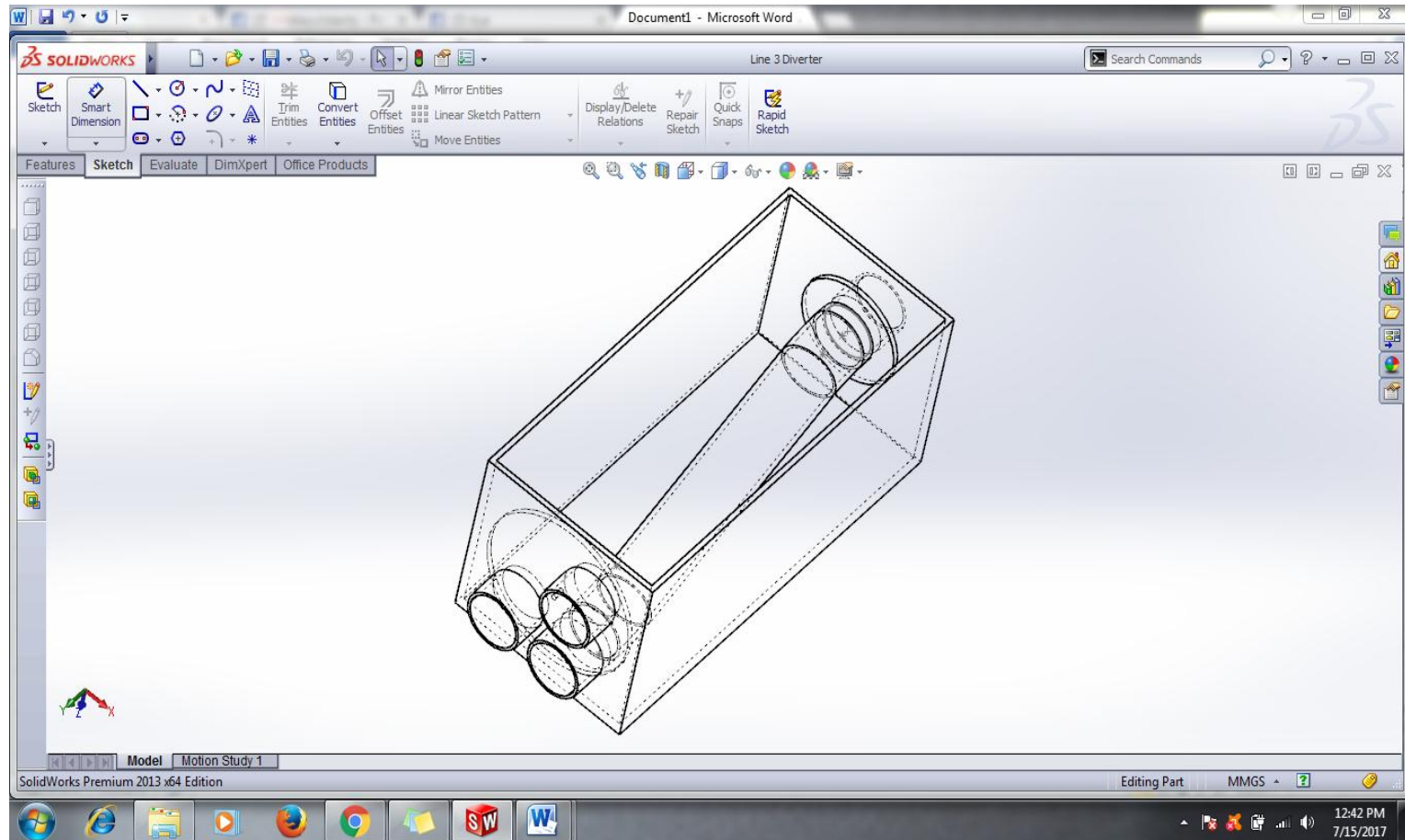




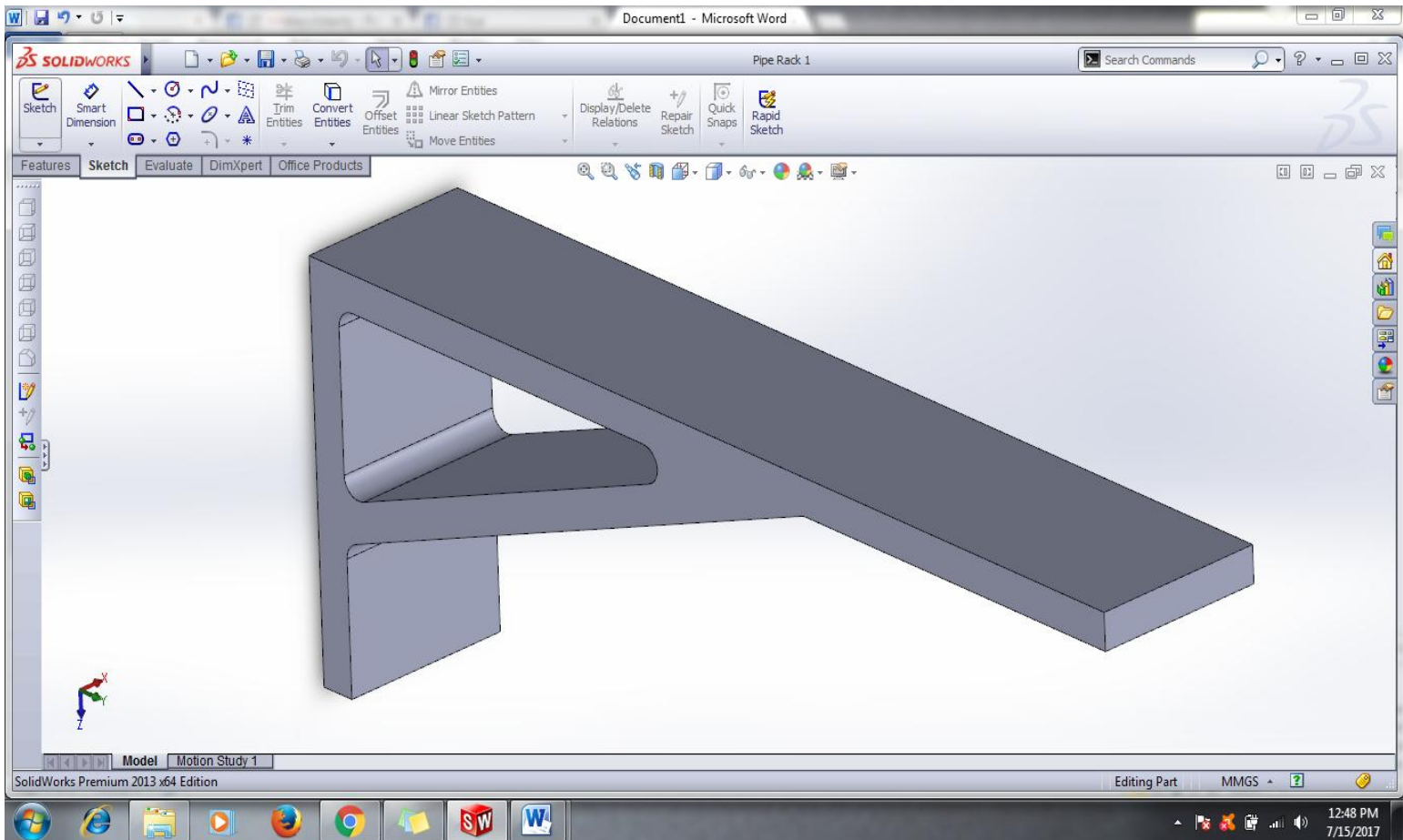
**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Straight Pipe Part Pada Line Pipe



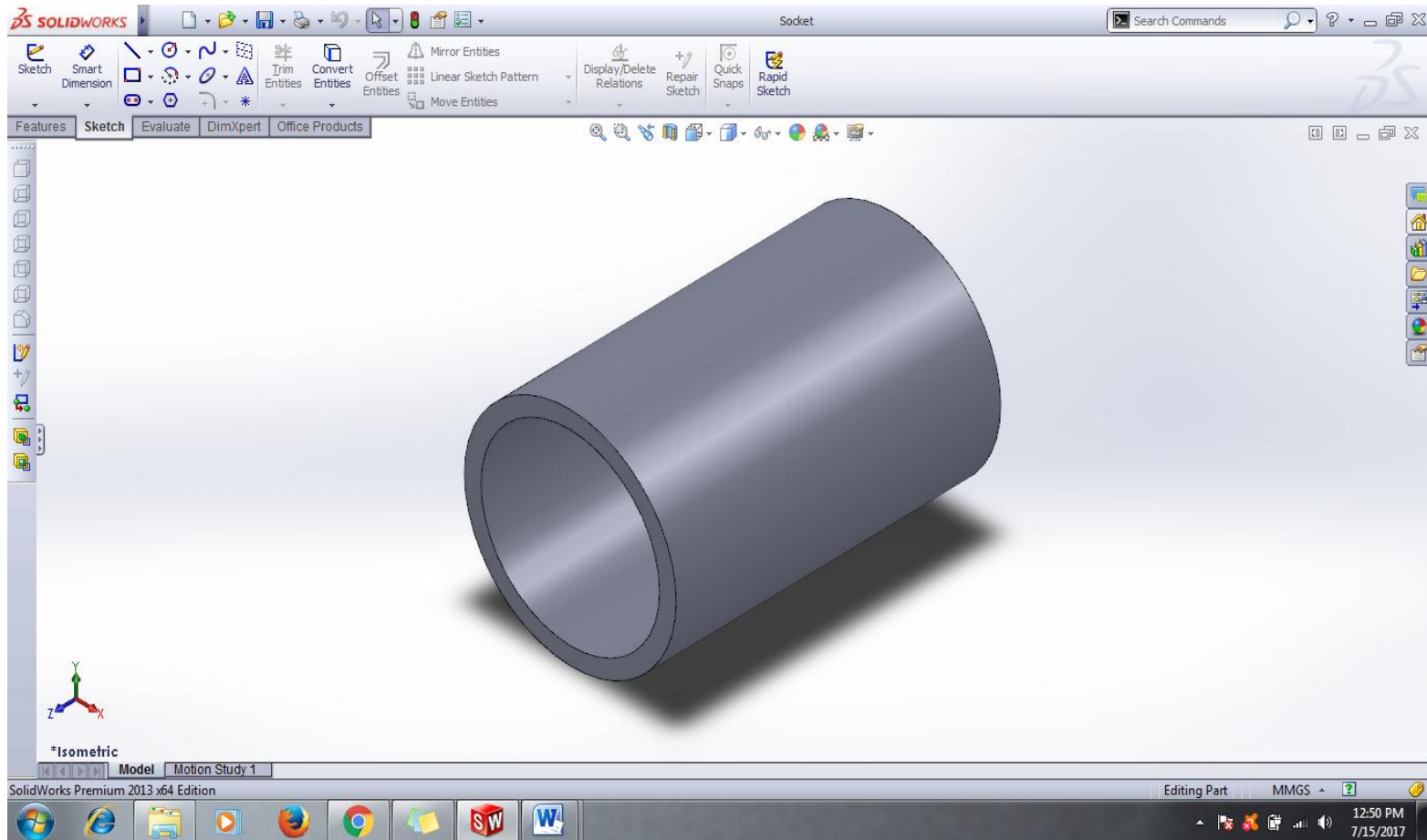
**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi 2 Line Diverter



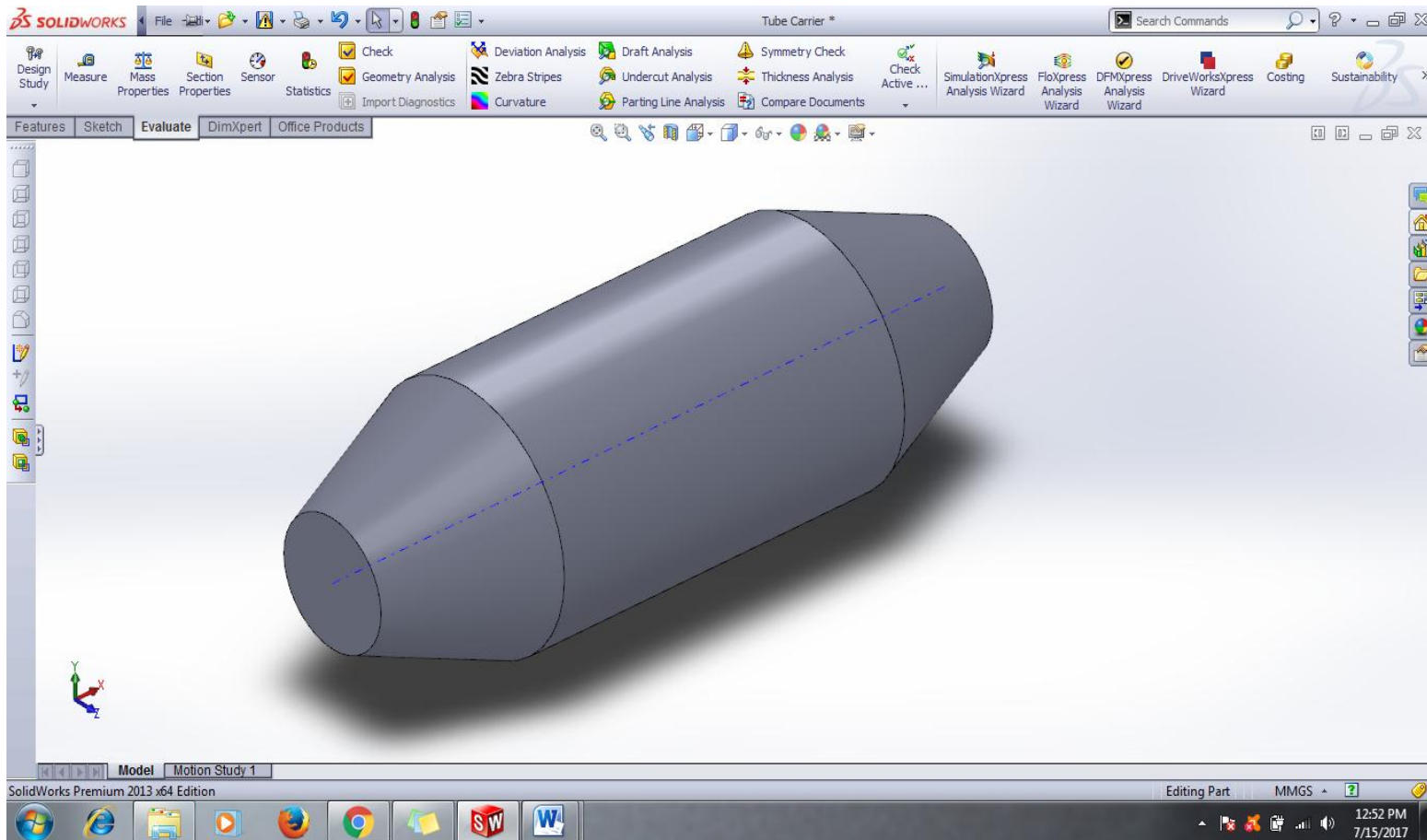
**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi 3 Line Diverter



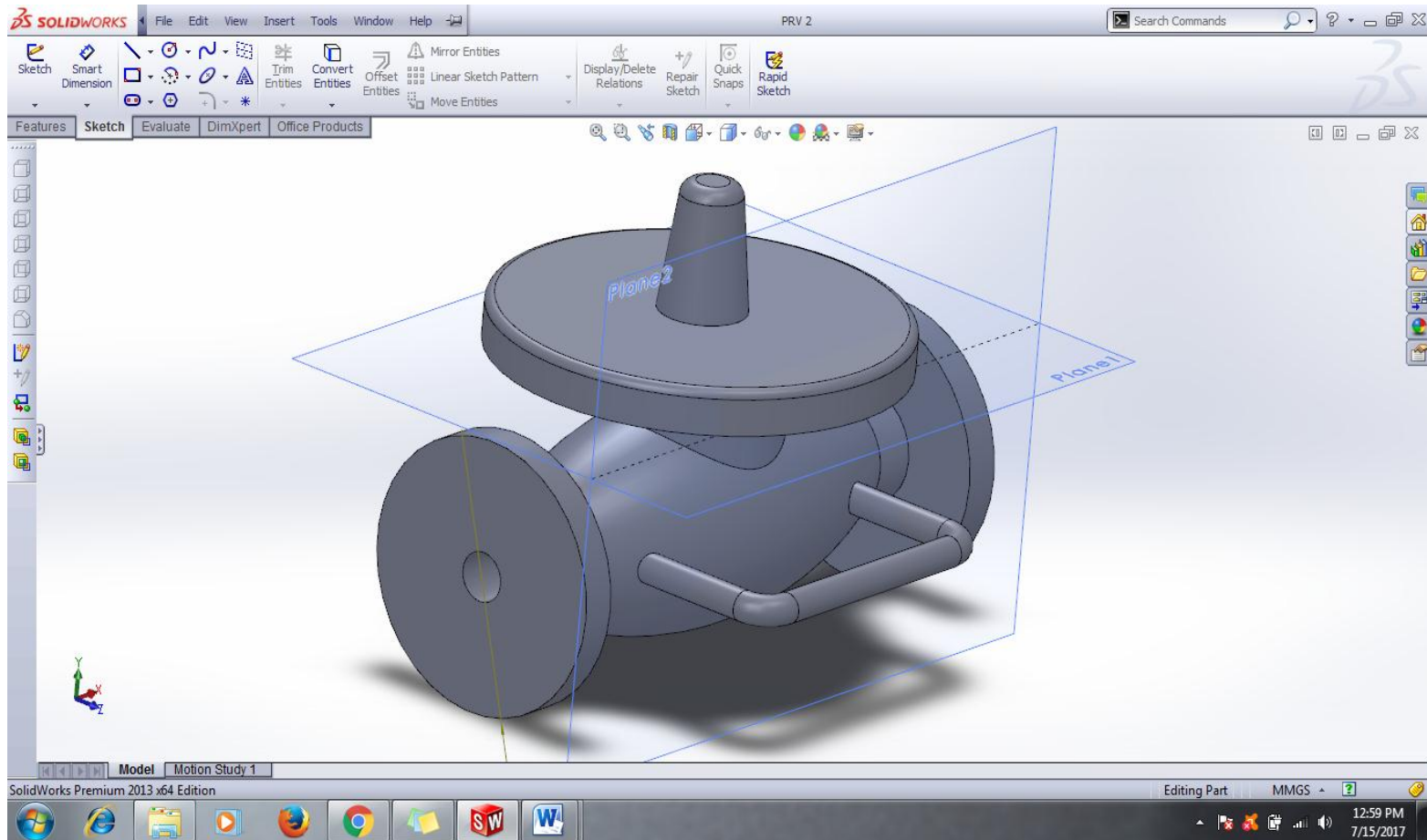
**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Pipe Rack Part



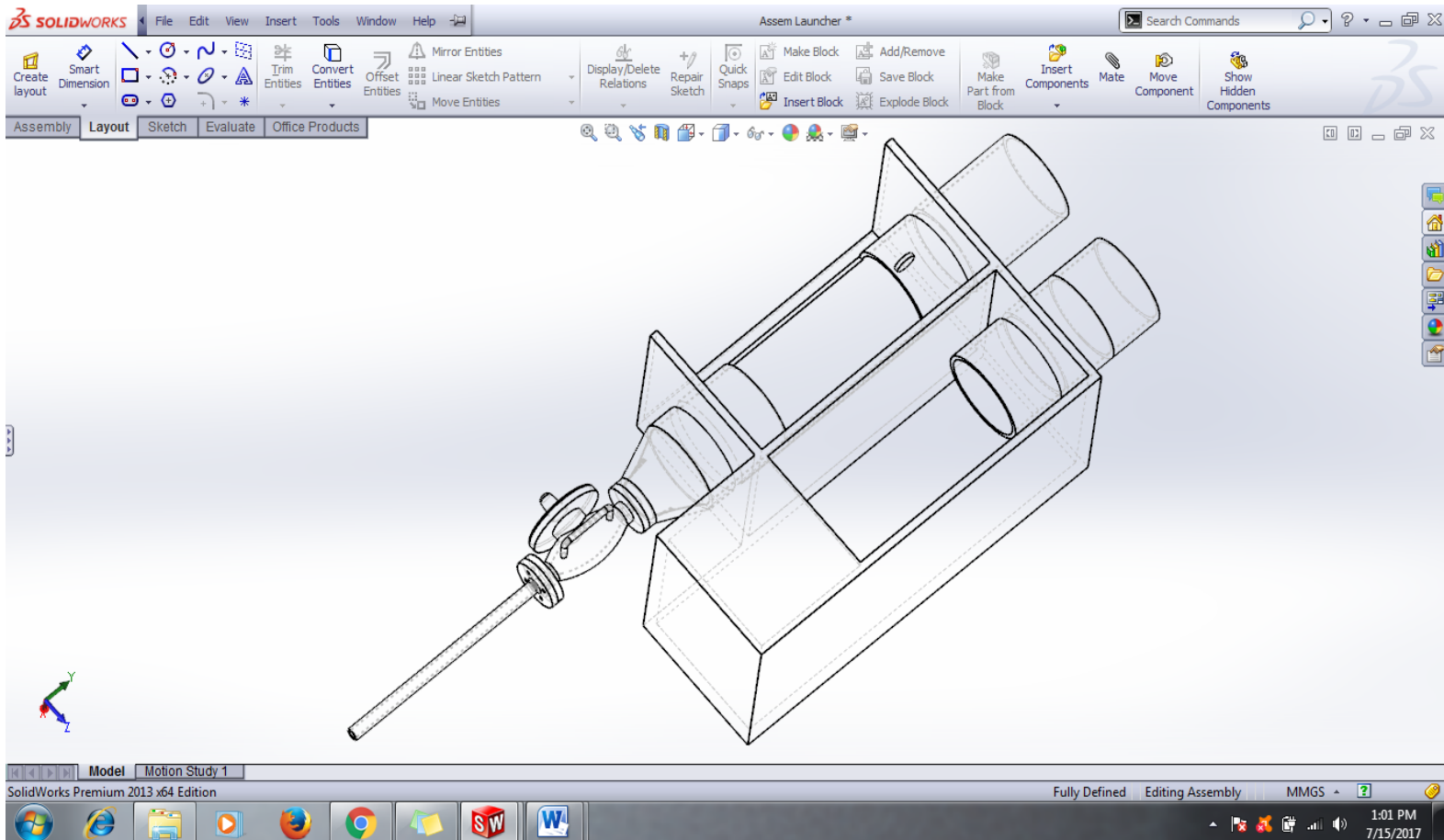
**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Socket Pipe



**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Tube/Capsule

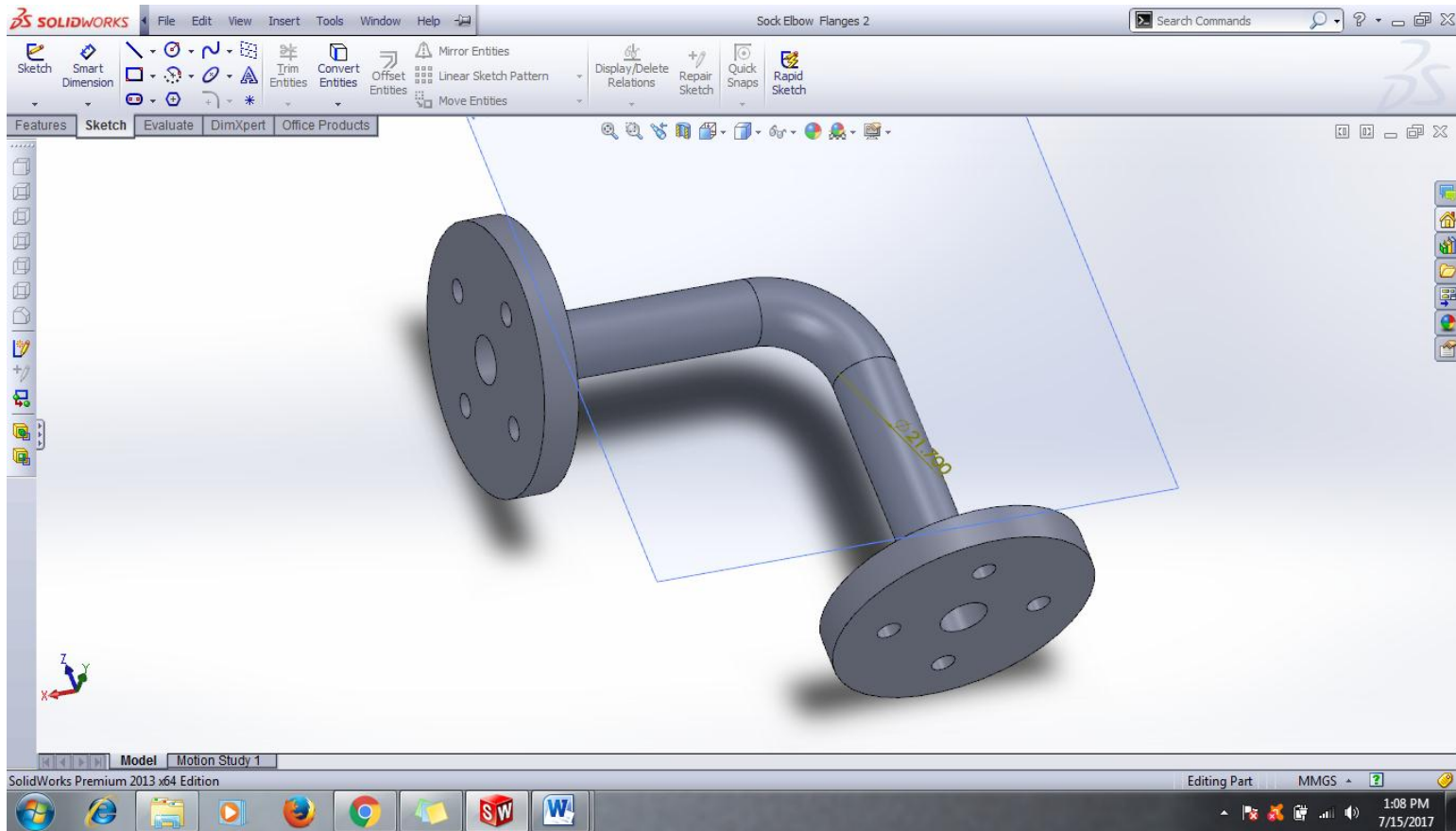


**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Pressure Reducing Valve

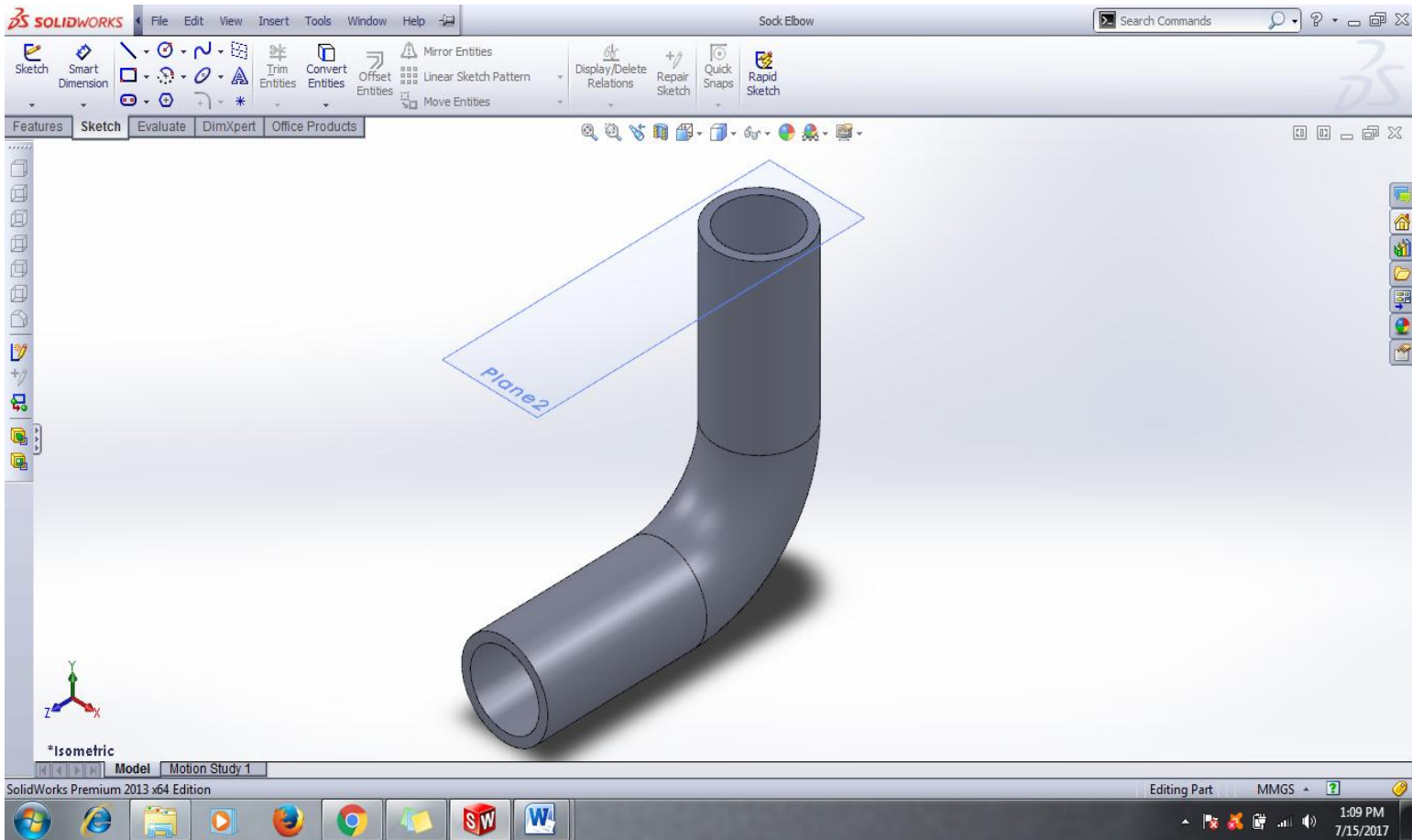


**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Launcher Part Station

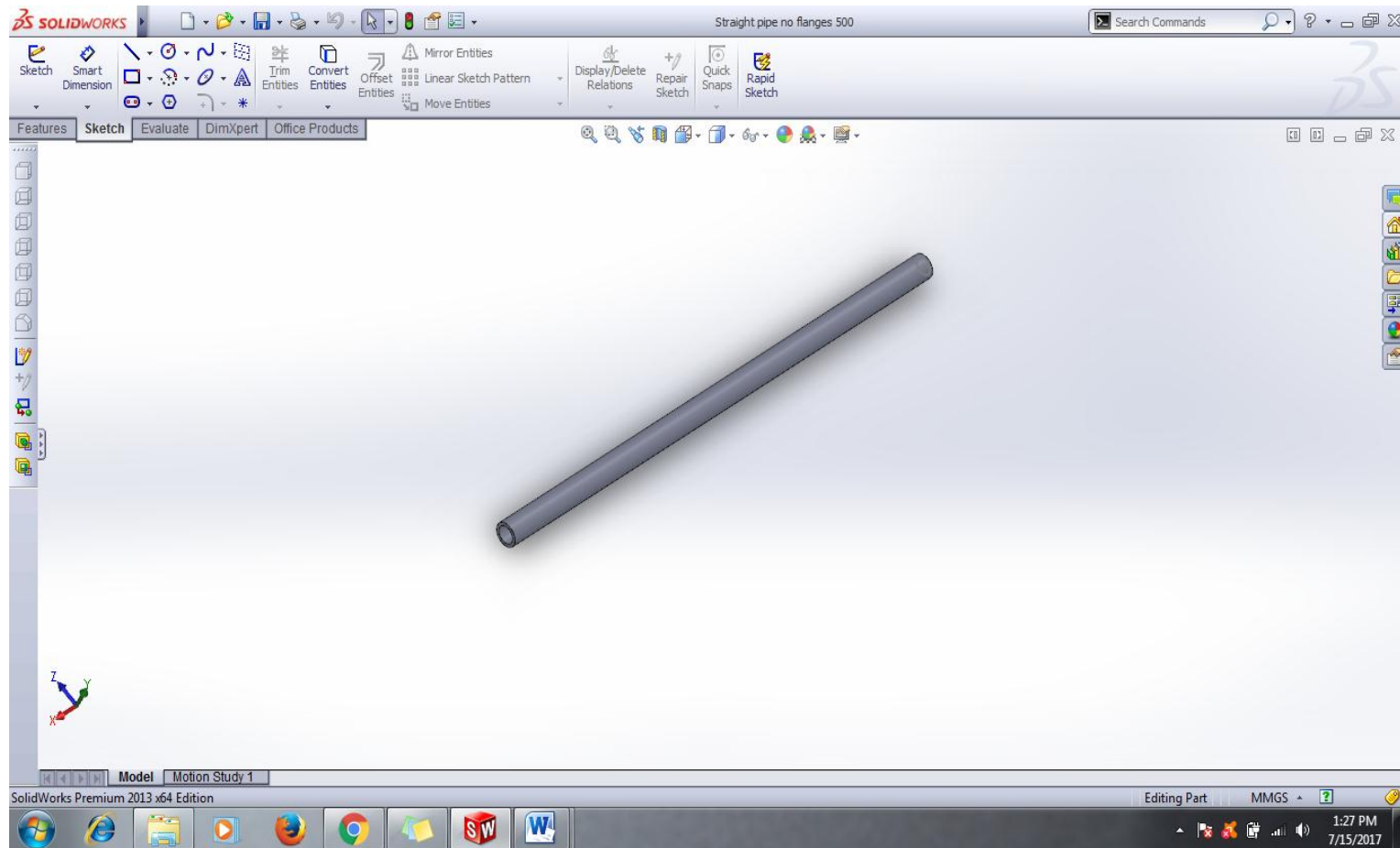




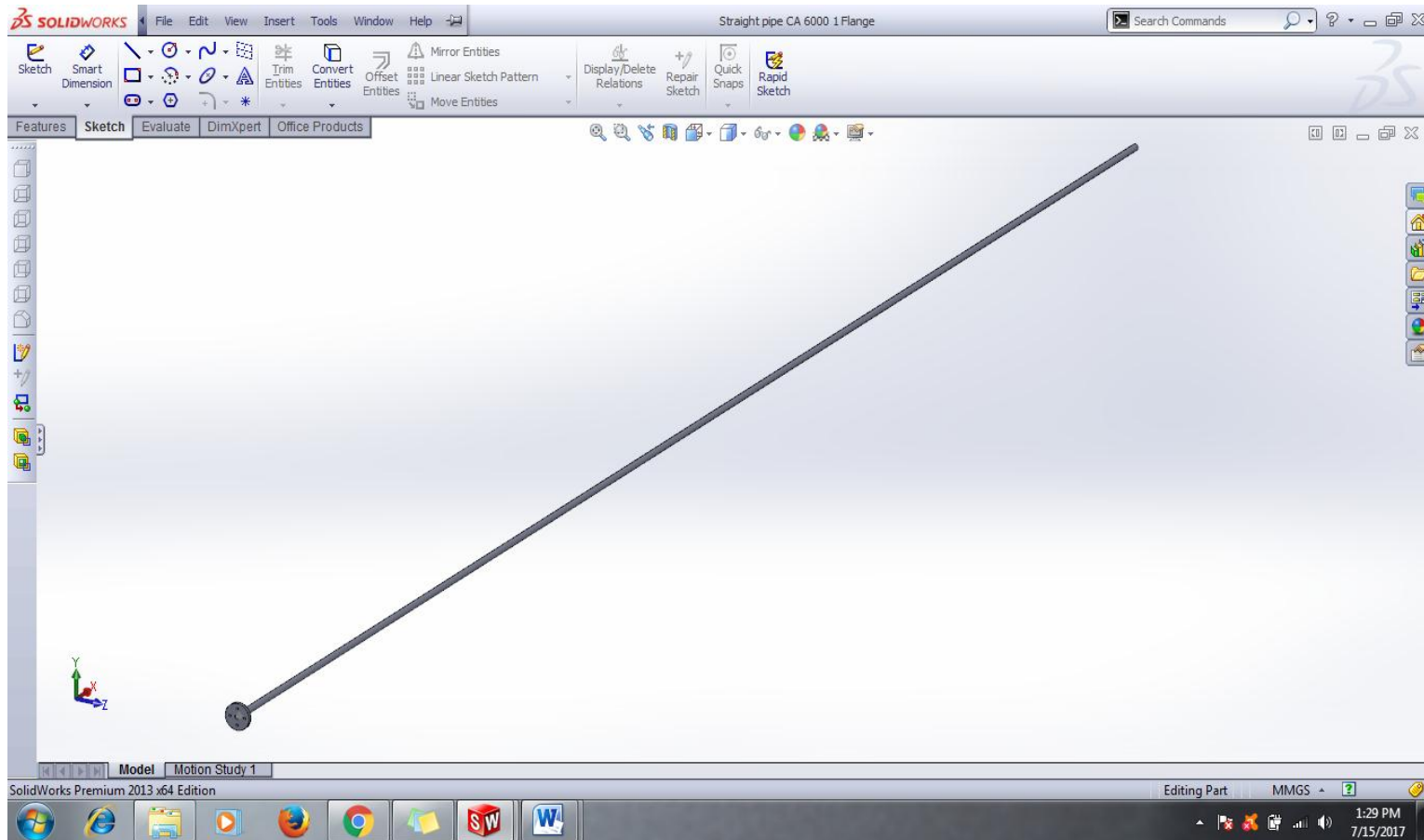
**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Elbow Flange pipe-Compress Air Part



**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Elbow Pipe-Compress Air Part



**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Straight Pipe-Compress Air Part



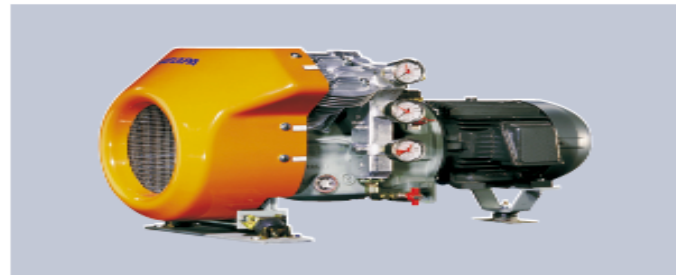
**Gambar.** Hasil Perencanaan 3 Dimensi Straight Pipe Flange-Compress Air Part

**LAMPIRAN D**

(Compress Air Equipment Catalogue)



**Type L20, L35**



**STRUCTURAL FEATURES:**

- Two staged cylinders in 90° V-arrangement, with one-throw crankshaft, single acting trunk pistons
  - 1st stage: 1 cylinder
  - 2nd stage: 1 cylinder

**VALVES:**

- Combined suction and pressure valves in both stages

**AIR COOLING:**

- By radial fan directly driven by the crankshaft

**Gambar.** Hatlapa Marine Equipment Compressors Catalogue

Compressors L-Series									
Type	Cylinders	Stages	Speed rpm	F.A.D m <sup>3</sup> /h	Power kW	Weight incl. e-motor approx. kg	Dimensions - mm		
							L	W	H
L9	2	2	1150	6.6	1.7	120	820	540	540
			1450	8.7	2.3	120	820	540	540
L14	2	2	1750	10.5	2.8	120	820	540	540
			1150	10.5	2.7	140	840	540	540
L20	2	2	1450	14	3.5	140	840	540	540
			1750	17	4.2	140	840	540	540
L35	2	2	1150	16.5	3.9	180	950	540	570
			1450	20.5	5.3	180	950	540	570
L50	2	2	1750	25	6.3	180	950	540	570
			1150	24	5.0	200	975	590	530
L80II	2	2	1450	31	6.6	200	975	590	530
			1750	38	8.2	200	975	590	530
L90	3	3	1150	37.5	8	350	1220	800	850
			1450	48.5	10.3	350	1220	800	850
L140	3	3	1750	59	12.5	350	1220	800	850
			1150	57.5	12	330	1270	655	800
L160	3	3	1450	72.5	15.5	380	1300	655	800
			1750	85.5	19	380	1300	655	800
L190	3	3	1150	71	13.5	650	1500	1150	950
			1450	93	18.5	650	1500	1150	950
L220	4	4	1750	116	24	650	1500	1150	950
			1150	100	19.5	700	1540	1150	950
L270	4	4	1450	127	26.8	700	1540	1150	950
			1750	154	33.5	700	1540	1150	950
L350	4	4	1150	118	23	750	1675	1150	1050
			1450	151	30	750	1675	1150	1050
L360	4	4	1750	185	40	850	1675	1150	1050
			1150	135	25	750	1675	1150	1050
L220	3	3	1450	175	34.5	850	1675	1150	1050
			1750	215	46.5	900	1675	1150	1050
L270	3	3	1150	169	31	1000	2000	1050	1200
			1450	214	41	1000	2000	1050	1200
L350	3	3	1750	259	52.5	1000	2000	1050	1200
			1150	205	37	1050	2050	1050	1200
L360	3	3	1450	256	49.5	1050	2050	1050	1200
			1750	301	63.5	1050	2050	1050	1200
L360	4	4	1150	271	49.5	1300	2150	1050	1200
			1450	338	63	1300	2150	1050	1200
L360	4	4	1750	411	84	1300	2150	1050	1200

COMPRESSORS

Gambar. Hatlapa Marine Equipment Compressors Catalogue Specification

**Air Receivers**  
Volumes 90 – 10,000l



**Gambar.** Kaeser-Air Recevier Catalogue



## Technical Specifications – Air Receivers

● Standard version ○ Optional version

Receiver volume Litres	Max. permissible pressure bar		Zu- face coloured	Arrangement		Specifications, galvanized version		Weight kg			
	11	16		18	45	20	Vertical 11 bar Horizontal 11 bar		Inlet/Outlet Con- nectors		
	●	○	●	●	○	●	○				
90	●	○	●	○	○	1160	350	2 x G 1/2	—	—	
150	○	○	●	○	○	1100	450	2 x G 1/2 1932*	1050	450	2 x G 2 55
250	○	○	●	○	○	1580	500	2 x G 1/2 1932*	1465	500	2 x G 2 75
350	○	○	●	○	○	1810	550	2 x G 1 1932*	1640	550	2 x G 2 80
500	○	○	●	○	○	1925	600	2 x G 1 1932*	1780	600	2 x G 2 110
900	●	○	●	○	○	2210	795	2 x G 2; 2 x G 1 1/2	—	—	—
1000	○	○	●	○	○	2265	800	2 x G 1 1/2; 2 x G 2	2150	800	1 x G 2; 1 x G 1 1/2 215
2000	○	○	●	○	○	2875	1150	4 x G 2 1/2	2180	1150	2 x G 2 420
3000	○	○	●	○	○	2710	1250	4 x G 2 1/2	2510	1250	2 x G 2 1/2 605
5000	○	○	●	○	○	3570	1400	4 x DN 100	3470	1400	4 x DN 100 650
8000	○	○	●	○	○	4400	1600	4 x DN 200	4400	1600	4 x DN 200 1680
10000	○	○	●	○	○	5415	1900	4 x DN 200	5400	1900	4 x DN 200 2100

### Accessories



**Connection set**  
Comprises ball valve, pressure relief valve, pressure gauge, drain tap, gaskets and associated smaller components.



**ECO DRAIN**  
Electronic controlled condensate drain ensures exceptional performance. Available as a complete set. Includes attachments, matched to air receiver.

## The EasyFit System

Available for: (1 unit 11 bar)	Standard version		Standard version with additional micro-filter	
	Model	Air receiver Capacity/Pressure bar	Compressed air inlet/air line Hose connection	Model
Airtower 3	EASY FIT 150/11	150/11	1/2" N"	EASY FIT 150/11FE
Airtower 4	EASY FIT 250/11	250/11	1/2" N"	EASY FIT 250/11FE
Airtower 6	EASY FIT 350/11	350/11	1/2" N"	EASY FIT 350/11FE
SM 9 T	EASY FIT 500/11	500/11	1" / 1"	EASY FIT 500/11FE
SM 12 T	EASY FIT 900/11	900/11	1" N" / 1" N"	EASY FIT 900/11FE
SM 15 T	EASY FIT 1500/11	1500/11	1" N" / 1" N"	EASY FIT 1500/11FE
SK T	EASY FIT 2000/11	2000/11	1" N" / 1" N"	EASY FIT 2000/11FE
ASK T	EASY FIT 3000/11	3000/11	1" N" / 1" N"	EASY FIT 3000/11FE
ASD T	EASY FIT 5000/11	5000/11	1" N" / 1" N"	EASY FIT 5000/11FE



## KAESER KOMPRESSOREN GmbH

P.O. Box 2143 – 96410 Coburg – GERMANY – Tel: +49 9561 640-0 – Fax: +49 9561 640130  
www.kaeser.com – e-mail: productinfo@kaeser.com

Gambar. Kaeser-Air Receiver Catalogue Specification

## BIODATA PENULIS



Penulis, **Andi Dwi Nugraha** lahir di kota Kudus pada tanggal 12 Agustus 1993. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis, memulai pendidikan formal yaitu di SDN 2 Barongan Kabupaten Kudus, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 3 Kudus dan melanjutkan jenjang Sekolah Menengah Tingkat Atas di SMA Negeri 1 Bae Kudus, kemudian penulis diterima di Progam Studi Diploma III Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro melalui program PSSB Undip dan terdaftar sebagai mahasiswa Diploma Teknik Perkapalan dengan NRP. 21090111060005. Setelah lulus dari Diploma III penulis mendapat kesempatan untuk bekerja di Perusahaan Swasta yang berada di Jakarta lalu penulis mendapatkan kesempatan untuk melanjutkan kuliah di tahap Strata 1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang terdaftar sebagai mahasiswa Lintas Jalur Angkatan 2015 Semester Ganjil dengan NRP. 4215105008 .

Andi Dwi Nugraha

AndiDwi.Nugraha@yahoo.co.id