



**DISTRIBUSI TEKANAN FLUIDA CAMPURAN  
SOLAR DAN AIR PADA IMPELER POMPA  
SENTRIFUGAL**

**SKRIPSI**

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik Program Studi Teknik Mesin**

Oleh  
**Khairul Vandyhantoro**  
5212412059

**UNNES**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2016**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Khairul Vandyhaantoro

NIM : 5212412059

Program Studi : Teknik Mesin S1

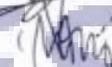
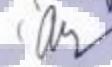
Judul : Distribusi Tekanan Fluida Campuran Solar dan Air pada Impeler Pompa Sentrifugal

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

### Panitia Ujian

	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua : Rusiyanto, S.Pd., M.T. NIP. 197403211999031002		7/9/16
Sekretaris : Samsudin Anis ST., MT., P.hD. NIP. 197601012003121002		8/9/16

### Dewan Penguji

Pembimbing I : Widya Aryadi, S.T., M.Eng. NIP. 19720101999031		8/9/16
Pembimbing II: Samsudin Anis ST., MT., P.hD. NIP. 197601012003121002		8/9/16
Penguji : Dr. Wirawan Sumbodo, M.T. NIP. 196601051990021002		8/9/16

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Ditetapkan tanggal :

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qulias, M.T  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Khairul Vandyhantoro  
NIM : 5212412059  
Program Studi : Teknik Mesin S1  
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**Distribusi Tekanan Fluida Campuran Solar dan Air pada Impeler Pompa Sentrifugal**" ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 30 Agustus 2016  
Yang membuat pernyataan



Khairul Vandyhantoro  
NIM 5212412059

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## ABSTRAK

**Vandyhantoro, Khairul. 2016.** Distribusi Tekanan Fluida Campuran Solar dan Air pada Impeler Pompa Sentrifugal. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Samsudin Anis ST, MT, Ph.D dan Widya Aryadi S.T., M.Eng.

**Kata Kunci:** Pompa Sentrifugal, Distribusi Tekanan, Impeler, Campuran Solar dan Air.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi campuran solar dan air 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% terhadap distribusi tekanan, *head* dan debit terhadap pompa sentrifugal dengan variasi pembebanan katup tanpa pembebanan dan pembebanan 1/3 tertutup serta mengetahui fenomena aliran yang terjadi.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen, dengan melakukan pembacaan manual tekanan di setiap titik pada impeler dan pembacaan kecepatan aliran menggunakan *flowmeter* dan dilakukan perhitungan terhadap *head*. Data hasil penelitian dianalisis dengan cara dilakukan perhitungan dan disajikan dalam tabel dan grafik. Dua hal yang diamati dalam penelitian ini yaitu, pengaruh variasi campuran solar dan air terhadap distribusi tekanan, *head*, dan pengaruh variasi pembebanan terhadap parameter tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan distribusi tekanan hingga mencapai fraksi 40% solar yaitu sebesar 8,83 cmHg (13,05%) dari performa awal pompa, kemudian naik kembali pada fraksi 100% solar sebesar 2,12 cmHg (3,21%). Pada *head* mengalami penurunan terendah pada fraksi 40% sebesar 5,88m (45,37%) dari *head* awal pompa, kemudian pada variasi campuran 100% kembali naik sebesar 1,85m (20,07%) dari fraksi 40% solar. Debit turun hingga titik terendah pada fraksi solar mencapai 60% sebesar 31,17 lpm (33,68%) dari debit awal pompa, kemudian kembali naik hingga fraksi 100% solar sebesar 10,17 lpm (14,22%) dari fraksi 60%. variasi pembebanan katup mempengaruhi distribusi tekanan, *head* dan debit, dimana distribusi tekanan mengalami penurunan tekanan sebesar 1,81 cmHg (2,71%). *Head* mengalami peningkatan sebesar 1,83m (18,56%). Debit turun hingga 5,3 lpm (1,57%). Pada fenomena aliran, terjadi pembentukan emulsi pada campuran 20%, 40%, 60% dan 80% akibat dari gaya sentrifugal pompa.

## PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat diselesaikan proposal skripsi dengan judul “Distribusi Tekanan Fluida Campuran Solar dan Air pada Impeler Pompa Sentrifugal” dalam rangka menyelesaikan studi Strata Satu untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bimbingan, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati disampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Rusyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Samsudin Anis, S.T., M.T. Ph.D., Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Wirawan Sumbodo, M.T, selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran, dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian proposal skripsi ini.
5. Widya Aryadi, S.T, M.Eng., selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran, dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian proposal skripsi ini.

6. Samsudin Anis, S.T., M.T. Ph.D., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran, dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian proposal skripsi ini.
7. Ibu dan Bapak yang senantiasa memberikan doa, semangat dan motivasi.
8. Teman-teman satu kontrakan yang selalu bersama dan menemani dalam mengerjakan skripsi ini.
9. Semua pihak yang telah membantu, memberikan saran, masukan serta memberi motivasi untuk terus menyelesaikan proposal skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan proposal skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan proposal skripsi ini.



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>PRAKATA</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah .....	5
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Landasan Teori .....	7
1. Properti Fluida .....	7
a. Solar .....	7
b. Air .....	8
c. Emulsi.....	9
1) Sifat Emulsi.....	10
a) Demulsifikasi.....	10
d. Jenis-jenis Aliran Fluida .....	11
2. Massa Jenis .....	13
3. Debit .....	14
4. Viskositas .....	14
5. Tekanan .....	17

6.	Persamaan Kontinuitas .....	18
7.	Persamaan Bernoulli .....	19
8.	Manometer .....	21
9.	Instalasi Pemasangan Pompa .....	22
	a. Impeler .....	23
	1) Impeler Tertutup .....	23
	2) Impeler Setengah Terbuka .....	23
	3) Impeler Terbuka .....	23
	b. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal .....	25
11.	Tinggi Tekan ( <i>Head</i> ) .....	26
	a. Kerugian Gesek di dalam Pipa ( <i>Major Losses</i> ) .....	26
	b. Kerugian dalam Jalur Pipa ( <i>Minor Losses</i> ) .....	28
	1) Pada Belokan ( <i>Elbow</i> ) .....	29
B.	Kajian Penelitian yang Relevan .....	30
C.	Kerangka Berpikir .....	31
D.	Hipotesis Penelitian .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
A.	Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	34
	1. Waktu Penelitian .....	34
	2. Tempat Pelaksanaan .....	34
B.	Desain Penelitian .....	34
C.	Alat dan Bahan Penelitian .....	35
	1. Alat Penelitian .....	35
	2. Bahan Penelitian .....	37
D.	Parameter Penelitian .....	37
	1. Variabel Independen .....	37
	2. Variabel Dependen .....	38
	3. Variabel Kontrol .....	38
E.	Metode Pengumpulan Data .....	38
	1. Skema Peralatan Penelitian .....	39
	a. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian .....	40

b. Proses Penelitian.....	41
c. Data Penelitian.....	44
F. Teknik Analisis Data .....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Data Penelitian.....	46
1. Fluida Kerja . .....	46
2. Data Pengukuran .....	47
B. Hasil Pengolahan Data Penelitian.....	48
1. Distribusi Tekanan Tanpa Pembebanan.....	48
2. Distribusi Tekanan dengan Pembebanan 1/3 Tertutup.....	50
3. Pengaruh Variasi Campuran terhadap <i>head</i> .....	53
a. <i>Head</i> Tekan ( $H_t$ ).....	53
b. <i>Head</i> Kecepatan ( $H_k$ ).....	54
c. <i>Head</i> Potensial ( $Z$ ).....	54
d. <i>Head Loss</i> ( $H_{los}$ ).....	55
e. <i>Head Loss</i> Mayor ( $H_{lm}$ ).....	56
f. <i>Head Loss</i> Minor ( $H_{lf}$ ).....	56
g. <i>Head</i> Total Pompa ( $H_{tp}$ ).....	57
4. Pengaruh Variasi Campuran terhadap Debit.....	58
C. Pembahasan.....	59
1. Pengaruh Variasi Campuran terhadap Distribusi Tekanan Tanpa Pembebanan.....	60
2. Pengaruh Variasi Campuran terhadap Distribusi Tekanan Pembebanan 1/3 Tertutup.....	62
3. Pengaruh Variasi Campuran terhadap <i>Head</i> Tanpa Pembebanan dan Pembebanan 1/3 Tertutup.....	63
4. Pengaruh Variasi Campuran terhadap Debit Tanpa dan Pembebanan 1/3 Tertutup.....	64
5. Fenomenan Aliran yang Terjadi di dalam Pompa Sentrifugal.....	66
D. Keterbatasan Penelitian.....	69

**BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan.....	70
B. Saran.....	71

**DAFTAR PUSTAKA**

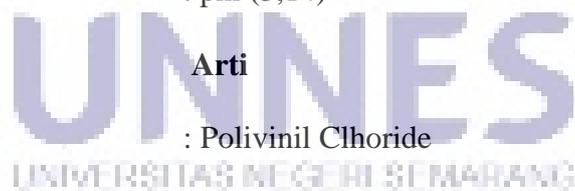
**LAMPIRAN**



## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
$\epsilon$	: Regangan (m)
$\mu$	: Viskositas dinamik (poise)
A	: Luas penampang ( $m^2$ )
D	: Diameter pipa (m)
$f$	: Koefisien rugi gesek
F	: Gaya (N)
g	: Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
h	: Ketinggian (m)
$H_{aliran}$	: <i>Head</i> aliran (m)
$H_k$	: <i>Head</i> Kecepatan (m)
$H_{lf}$	: <i>Head loss</i> Minor
$H_{lm}$	: <i>Head loss</i> Mayor (m)
$H_{los}$	: <i>Head loss</i> (m)
$H_{tp}$	: <i>Head</i> total pompa (m)
L	: Panjang pipa (m)
$m_{keluar}$	: Laju massa keluar per satuan waktu (kg/s)
$m_{masuk}$	: Laju massa masuk per satuan waktu (kg/s)
P	: Tekanan (cmHg)
$P_0$	: Tekanan atmosfer (atm)
$P_{abs}$	: Tekanan absolut (cmHg)
$P_{atm}$	: Tekanan atmosfer (cmHg)
$P_d$	: Tekanan pada sisi tekan (cmHg)
$P_{gauge}$	: Tekanan pengukuran (cmHg)
$P_s$	: Tekanan pada sisi hisap (cmHg)
r	: Jari- jari lengkung sumbu belokan (m)
RE	: Angka Renolds
t	: Waktu (s)

$v$	: Kecepatan (m/s)
$V$	: Volume ( $m^3/s$ )
$\nu_a$	: Viskositas air (cSt)
$\nu_b$	: Viskositas solar (cSt)
$X_a$	: Fraksai air (%)
$X_b$	: Fraksai solar (%)
$y$	: Arah yang tegak lurus dengan aliran fluida
$Z$	: <i>Head</i> potensial (m)
$\gamma$	: Gama ( $kg/ms^2$ )
$\Delta P$	: Perbedaan Tekanan (cmHg)
$\theta$	: Sudut belokan ( $^0$ )
$\rho$	: Massa jenis ( $kg/m^3$ )
$\tau$	: Tegangan Geser ( $kg/m^3$ )
$\nu$	: Viskositas kinematik (cSt)
$\pi$	: phi (3,14)
<b>Singkatan</b>	<b>Arti</b>
PVC	: Polivinil Chloride



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Koefisien Kerugian pada Katup .....	29
3.1 Spesifikasi Solar dan Air .....	37
3.2 Pengujian Tanpa Pembebanan .....	44
3.3 Pengujian dengan Pembebanan Katup 1/3 Tertutup .....	44
4.1 Pengujian dengan Pembebanan Katup 1/3 Tertutup .....	46
4.2 Hasil Pengukurann Tanpa Pembebanan.....	47
4.3 Hasil Pengukurann Pembebanan 1/3 Tertutup.....	48
4.4 Distribusi Tekanan Tanpa Pembebanan.....	48
4.5 Distribusi Tekanan Pembebanan 1/3 Tertutup.....	50
4.6 Gradien Tekanan rata-rata pada Pembebanan 1/3 Tertutup.....	52
4.6 Gradien Tekanan rata-rata pada Pembebanan 1/3 Tertutup.....	52
4.7 Tekanan Pengukuran Tanpa Pembebanan .....	53
4.8 Tekanan Pengukuran dengan Pembebanan 1/3 Tertutup.....	54
4.9 <i>Head</i> Tekan.....	54
4.10 <i>Head</i> Potensial ( <i>Z</i> ).....	55
4.11 <i>Head</i> Aliran.....	55
4.12 Koefiesn Rugi Gesek.....	56
4.13 <i>Head Loss</i> Mayor ( $H_{lm}$ ) .....	56
4.14 Rugi Gesek ( $f$ ) dan <i>Head Loss</i> Minor ( $H_{lf}$ ) Tanpa Pembebanan.....	57
4.15 Rugi Gesek ( $f$ ) dan <i>Head Loss</i> Minor ( $H_{lf}$ ) Pembebanan 1/3 Tertutup.	57
4.16 <i>Head</i> Total Pompa.....	57
4.17 Pengaruh Variasi Campuran dan Pembebanan pada Debit ( $Q$ ).....	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 <i>Water in Oil</i> .....	11
2.2 <i>Oi in Water</i> .....	11
2.3 Aliran Laminar dan Turbulen .....	12
2.4 Gerak Fluida pada Fluida yang Diam .....	15
2.5 Pengukuran Tekanan.....	18
2.6 Aliran Fluida .....	18
2.7 Perubahan Energi pada Saluran.....	19
2.8 Profil Saluran Bernoulli .....	19
2.9 Perubahan Energi pada Pompa .....	20
2.10 Manometer .....	18
2.11 Instalasi Pemasangan Pompa .....	22
2.12 Jenis Impeler .....	24
2.13 Bagan Aliran Fluida dalam Pompa .....	25
2.14 Diagram Moody .....	28
2.15 Kerangka Berpikir.....	32
3.1 Desain Penelitian .....	35
3.2 Modifikasi Pompa Sentrifugal .....	36
3.3 Skema Alat.....	39
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	40
3.5 Titik Pengukuran Impeler.....	41
3.6 Dimensi Alat.....	42
4.1 Perbandingan Massa Campuran Jenis terhadap Viskositas Campuran.....	47
4.2 Grafik Distribusi Tekanan dengan Pengujian Tanpa Pembebanan...	49
4.3 Grafik Distribusi Tekanan dengan Pengujian dengan Pembebanan 1/3 Tertutup.....	51
4.4 Grafik Grafik Gradien Tekanan Rata-rata pada Pembebanan 1/3 Tertutup .....	52

4.5 Grafik Pengaruh Variasi Campuran terhadap <i>Head</i> Total Pompa.....	58
4.6 Grafik Pengaruh Variasi Campuran terhadap Debit.....	58
4.7 Visualisasi Aliran Fluida pada Pipa Hisap dan Impeler Solar 0% (air).....	66
4.8 Visualisasi Aliran Fluida pada Impeler Solar 20% .....	67
4.9 Visualisasi Aliran Fluida pada Pipa Tekan dan Impeler Solar 40%.....	67
4.10 Visualisasi Aliran Fluida pada Pipa Hisap dan Impeler Solar 60%..	67
4.11 Visualisas Aliran Fluida pada Pipa Hisap dan Impeler Solar 80%.....	68
4.12 Visualisasi Aliran Fluida pada Pipa DiTekan dan Impeler Solar 100%.....	68



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Hasil Penelitian.....	74
2. Perhitungan.....	78
3. Dokumentasi Penelitian.....	84
4. Surat Tugas Dosen Pembimbing dan Penguji.....	8



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pompa adalah sebuah mesin yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain (Anis dan Karnwo, 2008: 12). Penggunaan pompa sudah semakin luas, misalnya pompa untuk keperluan rumah tangga, pertanian, bahkan untuk keperluan industri-industri besar seperti industri perminyakan, perkapalan dan sarana transportasi berbahan bakar solar. Pada industri perminyakan, pompa banyak digunakan untuk mensirkulasi air, minyak pelumas dan pendingin mesin-mesin industri, pada industri perkapalan, pompa digunakan untuk memindahkan solar dari tangki ke penampungan. Pompa juga dipakai pada motor bakar, yaitu sebagai pompa pelumas, pompa bahan bakar dan pada sistem pendinginan. Pada mesin-mesin hidrolis termasuk pompa, energi fluida ini disebut *head* atau energi persatuan berat zat cair. Bentuk *head* yang mengalami perubahan dalam pompa ada 3, yaitu *head* tekan, kecepatan dan potensial (Anis dan Karnowo, 2008: 23).

Kajian mengenai distribusi tekanan untuk aliran dua cairan dengan viskositas yang berbeda masih jarang dilakukan. Padahal di dalam pompa terjadi perubahan tekanan dari vakum (-) menuju ke tekan (+). Proses pengembangan tekanan inilah yang menyebabkan fluida dapat terlempar dengan ketinggian tertentu. Selain itu, pompa sentrifugal menggunakan prinsip memberikan gaya sentrifugal kenapa fluida untuk memindahkan zat cair tersebut. Di dalam proses sentrifugasi, fluida akan menerima *impuls* yang berbeda dari impeler, sehingga gaya yang diterima oleh fluida akan berbeda, terlebih untuk aliran dengan dua

viskositas yang berbeda.. Saat solar dan air diberi tekanan sentrifugal, solar akan berada di tengah, sedangkan air akan terlebih dahulu terlempar keluar. Hal ini karena perbedaan massa jenis dan viskositas kedua fluida tersebut. Tentu hal tersebut akan berpengaruh dalam performansi pompa.

Ada berbagai pengaruh pada pompa yang bisa menurunkan atau menaikkan efisiensinya, yaitu kecepatan impeler, diameter impeler, jumlah sudu impeler, ketebalan dari impeler, sudut *pitch* dari sudu impeler. Saat Impeler memberikan gaya putar, dua fluida akan mengalir secara serempak, yaitu aliran fluida melalui laluan dan aliran sirkulasi (Church, 1986: 29). Faktor-faktor lain yang juga mempengaruhi dari performansi pompa adalah kondisi permukaan dalam pompa, kerugian mekanis dari pompa, kekentalan zat cair dan kondisi zat cair yang dipompakan.

Secara umum, penggunaan pompa hanyalah untuk mengalirkan fluida satu fase cairan, namun dalam pengoperasiannya sering dijumpai adanya cairan lain dengan viskositas yang berbeda yang masuk kedalam pompa, sehingga pompa akan bekerja pada dua aliran cairan dengan viskositas berbeda. Ketika pompa tersebut bekerja, performansi pompa akan mengalami perubahan. Jenis fluida merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi performa pompa. Fluida itu sendiri merupakan substansi yang mengalir karena antar partikel satu dengan lainnya secara bebas (Anis dan Karnowo, 2008: 3). Karakteristik fluida dapat dijelaskan dengan properti fluida. Adapun properti fluida yaitu aliran fluida, tekanan, debit, viskositas, massa jenis dan *specific gravity*.

Pada penelitian ini, fluida yang akan digunakan adalah solar-air. Solar cenderung menempati sisi tengah impeler, sedangkan air akan menempati sisi luar impeler. Hal ini karena adanya perbedaan antara viskositas solar dan air, sehingga mengakibatkan distribusi tekanan di sepanjang radius impeler tidak membentuk pola yang merata dan juga akan terjadi penurunan tekanan dan debit pompa. Hal tersebut dapat berakibat pompa tidak akan bekerja secara optimal atau bahkan untuk penggunaan waktu tertentu dapat terjadi kerusakan. Selain itu, dalam pompa juga terjadi kavitasi. Kavitasi merupakan proses menguapnya zat cair suatu fluida yang sedang mengalir karena turunnya tekanan sampai di bawah tekanan uap jenuhnya (Sularso dan Tahara, 2000: 9). Hal ini dapat terjadi karena pembentukan rongga kosong dalam suatu cairan dengan tekanan yang tinggi dan kemudian pecah, kavitasi terjadi pada daerah yang mengalami perubahan tekanan yang cepat, yaitu pada sisi isap pompa.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi tekanan di sepanjang radius impeler dan mengetahui fenomena aliran yang terjadi didalam pompa. Pengukuran distribusi tekanan dilakukan dengan cara pembacaan manual dengan manometer air raksa. Penelitian ini sangat diperlukan untuk optimalisasi desain dan parameter campuran yang tepat untuk pemompaan solar dan air, sehingga diharapkan dapat dikembangkan untuk teknologi desain pemompaan pada pompa sentrifugal pada industri perminyakan, khususnya dengan dua cairan yang mempunyai viskositas yang berbeda.

## B. Identifikasi Masalah

Dalam industri perminyakan, banyak sekali fenomena yang terjadi pada aliran dan sistem perpipaan untuk distribusi minyak. Mulai dari pengeboran minyak di dalam perut bumi, hingga proses pendistribusian hasil yang telah diolah dari minyak bumi menuju kilang-kilang penampungan. Salah satu hasil olahan dari minyak bumi adalah solar. Pada proses pendistribusian solar menuju penampungan, terdapat berbagai macam komponen pendukung yang digunakan, salah satunya adalah sistem pemompaan. Penggunaan pompa sangat diperlukan untuk memindahkan solar dari unit pengolahan menuju penampungan, sedangkan pada sistem pemompaan itu sendiri ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi kinerja pompa, yaitu jenis fluida, rumah impeler, bentuk impeler, jenis impeler, putaran penggerak dan fluida yang dipindahkan.

Seperti yang telah di jelaskan pada latar belakang, distribusi tekanan di sepanjang radius impeler pompa untuk dua cairan yang mempunyai viskositas yang berbeda akan berbeda pula disetiap titiknya, terlebih untuk saat ini masih jarang sekali kajian yang spesifik mengenai distribusi tekanan pada pompa sentrifugal. Padahal, banyak sekali fenomena yang dapat kita temukan, diantaranya proses separasi, *pressure development performance* dan pada saat terjadi perubahan tekanan dari vakum ke tekan, sehingga perlu dilakukan pengujian mendalam untuk mengetahui distribusi tekanan, *head* dan debit pada aliran solar dan air.

### C. Batasan Masalah

Penelitian ini mencakup distribusi tekanan, fenomena aliran dan parameter lain yang terjadi baik numerik, grafis 1 di sepanjang radius impeler pompa. Penelitian ini hanya dibatasi dengan ketentuan:

1. Variasi campuran solar-air yang dicampurkan yaitu 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%.
2. Variasi beban bukaan katup/*gate*, yaitu tanpa pembebanan dan pembebanan 1/3 tertutup pada sisi *discharge*.

### D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini dirumuskan pada:

1. Seberapa besar pengaruh variasi campuran solar-air terhadap distribusi tekanan, *head* dan debit yang terjadi di sepanjang radius impeler.
2. Seberapa besar pengaruh beban bukaan katup/*gate* dengan variasi campuran yang dilakukan terhadap distribusi tekanan, *head* dan debit yang terjadi di sepanjang radius impeler.
3. Bagaimana fenomena aliran yang terjadi di dalam pompa sentrifugal

### E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui besar pengaruh variasi campuran solar-air terhadap distribusi tekanan yang terjadi di sepanjang radius impeler pompa.

2. Mengetahui besar pengaruh beban bukaan/*gate* dengan variasi campuran yang dilakukan terhadap distribusi tekanan yang terjadi di sepanjang impeler pompa sentrifugal.
3. Mengetahui fenomena aliran yang terjadi di dalam pompa sentrifugal.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Setelah mengetahui distribusi tekanan yang terjadi, diharapkan dapat memberikan informasi untuk selanjutnya digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam merencanakan desain pompa yang tepat untuk penggunaan aliran solar dan air .
2. Setelah penelitian dilakukan, diharapkan alat dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk mahasiswa teknik mesin Unnes.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Properti Fluida**

fluida merupakan substansi yang mengalir bergeraknya suatu partikel dengan partikel yang lain secara bebas. Fluida itu sendiri di klasifikasikan sebagai fluida mampu mampat (*compressible*) dan tak mampu mampat (*incompressible*) (Anis dan Karnowo, 2008: 7). Properti fluida itu sendiri merupakan aliran fluida, tekanan, debit, viskositas, massa jenis dan *specific gravity*. Berkaitan dengan penelitian ini, fluida kerja yang akan digunakan adalah solar dan air. Berikut penjabaran singkatnya.

##### **a. Solar**

Solar merupakan hasil dari olahan dari minyak bumi dan tidak dapat menguap pada suhu tertentu. Pada proses pengolahannya, bagian minyak bumi lainnya akan terbawa ke atas untuk diolah kembali. Umumnya, solar mengandung belerang dengan kadar yang cukup tinggi. Sebagai bahan bakar, tentunya solar memiliki karakteristik tertentu sama halnya dengan jenis bahan bakar lainnya. Berikut karakteristik yang dimiliki fraksi solar:

1. Tidak berwarna atau terkadang berwarna kekuningkuningan dan berbau.
2. Tidak akan menguap pada temperatur normal.
3. Memiliki kandungan sulfur yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bensin dan kerosen.
4. Tetap encer pada suhu dingin (tidak mudah membeku).

## **b. Air**

Air merupakan sumber kehidupan yang dimanfaatkan dalam berbagai kehidupan manusia. Air digunakan sebagai zat pelarut, hal itu karena sifat air melarutkan lebih banyak zat daripada cairan apapun, saat air mengalir, ia akan membawa partikel yang ada pada penampangnya (Mense dkk, 2007: 1). Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Ini berarti bahwa, baik melalui tanah atau melalui suatu instalasi, saat mengalir, air membawa serta zat-zat berharga seperti zat kimia, zat mineral (tambang) dan bahan gizi. Air juga mempunyai indeks panas khusus yang tinggi. Ini berarti bahwa, air dapat menyerap banyak panas, sebelum air itu mulai menjadi panas. Inilah sebabnya, air sangat berharga untuk industri, seperti pada boiler digunakan sebagai air umpan, dari PDAM air dipompakan untuk keperluan rumah tangga, dan dalam radiator mobil sebagai pendingin. Air murni mempunyai pH netral = 7, baik yang berkadar asam maupun yang tidak berkadar asam. Suatu perubahan pH dalam arus air dapat menjadi sebuah penunjuk dari kenaikan polusi (pencemaran) atau suatu faktor lingkungan lain.

Selain itu, air mempunyai ketegangan permukaan yang sangat tinggi. Dengan kata lain, air itu lengket dan elastis serta condong menggumpal dalam tetes daripada menyebar dalam lapisan yang tipis. Kepekatan: 996 gram per  $\text{cm}^3$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) pada  $39,2^{\circ}\text{F}$ , 0,96 gram per  $^{\circ}\text{C}$  pada  $212^{\circ}\text{F}$ . Suhu dari air yang dilepaskan dapat mempengaruhi arus bawah secara alamiah. Untuk warna air, warna semula dari air adalah seperti warna hijau asal sayur yang disadap dari daun-daun dan tanaman-tanaman air. Tentu saja air yang disalurkan dari rawa mempunyai warna

yang paling keruh. Semua permukaan air mempunyai suatu tingkatan dari warna. Seperti hal yang sama, beberapa sumur yang dangkal, mata air dan sekali-sekali sumur yang dalam dapat mengandung warna yang nyata. Tetapi pada umumnya, air dari sumur yang dalam hampir-hampir tidak berwarna.

### **c. Emulsi**

Emulsi adalah suatu sistem koloid yang fase terdispersinya dapat berupa zat padat, cair, dan gas, yang terdispersi ke dalam zat lain (Armansyah: 2016). Contoh dari emulsi adalah air dengan minyak). Pada umumnya kestabilan emulsi dapat terlihat pada keadaannya yang selalu keruh seperti; susu, santan, dsb. Untuk memantapkan emulsi diperlukan zat pemantap yang disebut emulgator. Air dan minyak dapat bercampur membentuk emulsi cair apabila suatu pengemulsi (emulgator) ditambahkan dalam larutan tersebut. Hal itu karena kebanyakan emulsi adalah disperse air dalam minyak, dan dispersi minyak dalam air, maka zat pengemulsi yang digunakan harus dapat larut dengan baik di dalam air maupun minyak. Contoh pengemulsi tersebut adalah senyawa organik yang memiliki gugus polar dan nonpolar. Bagian nonpolar akan berinteraksi dengan minyak mengelilingi partikel-partikel minyak, sedangkan bagian yang polar akan berinteraksi kuat dengan air. Apabila bagian polar ini terionisasi menjadi bermuatan negatif, maka partikel-partikel minyak juga akan bermuatan negatif. Muatan tersebut akan mengakibatkan partikel-partikel minyak saling tolak menolak dan tidak akan bergabung, sehingga emulsi menjadi stabil. Contohnya adalah ada sabun yang merupakan garam karboksilat. Molekul sabun tersusun dari

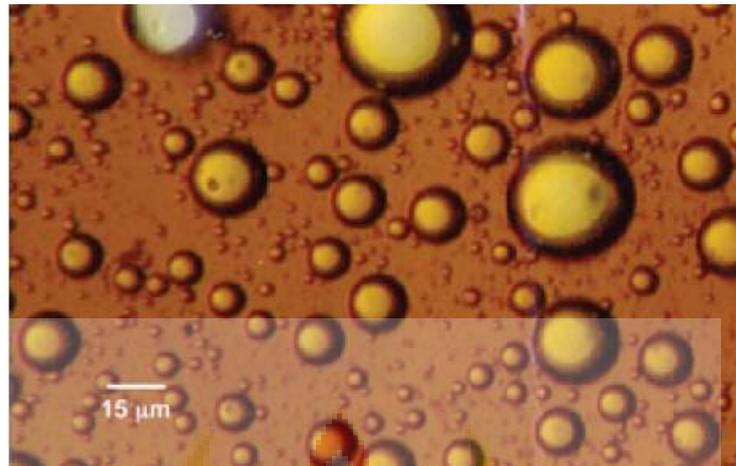
alkil yang nonpolar (larut dalam minyak) dan kepala ion karboksilat yang polar (larut dalam air). Prinsip tersebut yang menyebabkan sabun dan deterjen memiliki daya pembersih. Ketika kita mandi atau mencuci pakaian, partikel ujung nonpolar dari sabun akan menempel pada kotoran dan kepala polarnya menempel pada air, sehingga tegangan permukaan air akan semakin berkurang, sehingga air akan jauh lebih mudah untuk menarik kotoran.

## **1). Sifat Emulsi**

### **a) Demulsifikasi**

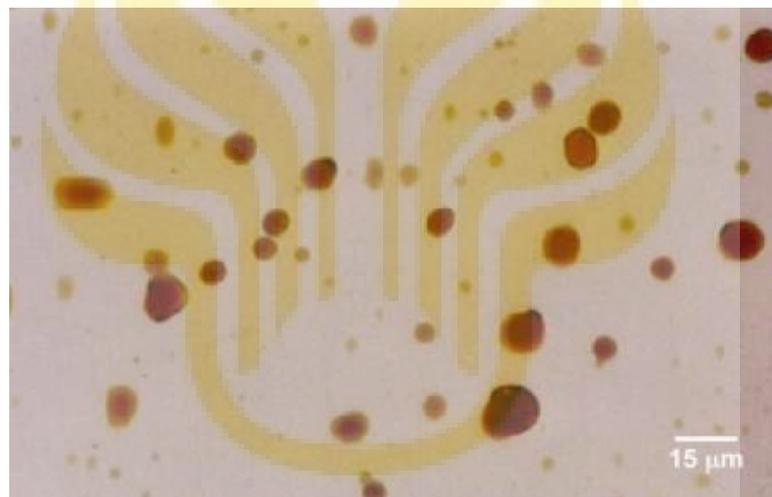
Ada berbagai faktor yang dapat merusak kestabilan emulsi cair diantaranya saat terjadi pemansan, proses sentrifugasi, pendinginan, penambahan elektrolit, dan perusakan zat pengemulsi (Armansyah: 2016). Krim atau creaming atau sedimentasi dapat terbentuk pada proses ini. Pembentukan krim dapat kita jumpai pada emulsi minyak dalam air, apabila kestabilan emulsi ini rusak, maka partikel- partikel minyak akan naik ke atas membentuk krim, sedangkan sedimentasi yang terjadi pada emulsi air dalam minyak. Apabila kestabilan emulsi ini rusak, maka partikel- partikel air akan turun ke bawah.

Rusaknya partikel fluida juga terjadi pada proses sentrifugasi, dimana saat suatu fluida mendapatkan gaya sentrifugal dari benda lain. Hal itu membuat timbulnya gelembung sehingga menyebabkan timbulnya emulsi. Contohnya pada campuran minyak dan air. Untuk Contoh macam macam emulsi ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan 2.2 berikut ini.



Gambar 2.1 *Water in Oil*

Sumber: [http://petrowiki.org/Oil\\_emulsions](http://petrowiki.org/Oil_emulsions)



Gambar 2.2 *Oil in Water*

Sumber: [http://petrowiki.org/Oil\\_emulsions](http://petrowiki.org/Oil_emulsions)

#### d. Jenis-jenis Aliran Fluida

Aliran fluida dapat dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu laminar, transisi dan turbulen. Penentuan jenis aliran fluida didasarkan pada seberapa besar bilangan Reynolds yang dimiliki oleh suatu aliran fluida. Bilangan Reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang dijadikan sebagai tolok ukur suatu aliran itu dinamakan laminar, transisi atau turbulen. Kondisi yang mempengaruhi besar kecilnya bilangan Reynolds pada suatu aliran antara lain kecepatan fluida,

kerapatan (*density*), viskositas dan diameter pipa aliran fluida. Menurut Munson dkk (2005: 6) Untuk menentukan bilangan Reynolds dapat dicari dengan rumus:

$$RE = \frac{\rho v D}{\mu} \dots\dots\dots (2.1)$$

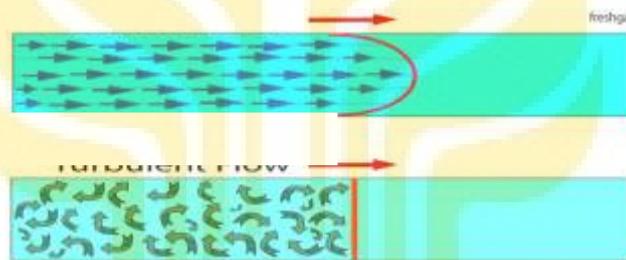
Dimana :

$v$  = kecepatan (rata-rata) fluida yang mengalir (m/s)

$D$  = diameter dalam pipa (m)

$\rho$  = masa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$\mu$  = viskositas dinamik fluida ( $\text{N.s/m}^2$ )



Gambar 2.3 Aliran Laminar dan Turbulen

Sumber: Sunyoto, 2008: 54

Untuk mengetahui jenis aliran yang terjadi, menurut pandangan Sularso dan Tahara (2000: 29) dijelaskan sebagai berikut.

Pada  $Re < 2300$ , aliran bersifat laminar.

Pada  $Re < 4000$ , aliran bersifat turbulen.

Pada  $Re = 2300 - 4000$ , aliran terdapat di daerah transisi, dimana aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

## 2. Massa Jenis

Massa jenis suatu fluida adalah massa per volume. Pada volume fluida yang tetap, massa jenis fluida tetap tidak berubah (Anis dan Karnowo, 2008: 3).

Perumusannya adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

$m$  = massa (kg)

$V$  = volume ( $m^3$ )

Untuk massa jenis campuran menggunakan persamaan berikut:

$$\rho_{ab} = X_a \cdot \rho_a + X_b \cdot \rho_b \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana:

$X_a$  : Fraksi air

$\rho_a$  : Massa jenis air ( $kg/m^3$ )

$X_b$  : Fraksi solar

$\rho_b$  : Massa jenis solar ( $kg/m^3$ )

Massa jenis fluida bervariasi tergantung jenis fluidanya. Pada kondisi atmosfer, massa jenis air adalah  $996 \text{ kg/m}^3$ , massa jenis udara  $1.22 \text{ kg/m}^3$  dan massa jenis solar  $837,5 \text{ kg/m}^3$  air raksa adalah  $13600 \text{ kg/m}^3$ . Untuk beberapa fluida, massa jenisnya tergantung pada temperatur dan tekanan khususnya untuk fluida gas. Perubahan keduanya akan sangat mempengaruhi massa jenis gas. Untuk fluida cairan pengaruh keduanya adalah kecil. Jika massa jenis fluida tidak terpengaruh oleh perubahan temperatur tekanan dinamakan fluida tak mampu

mampat (*incompressible*). Properti fluida yang lain yang berhubungan langsung dengan massa jenis adalah volume jenis, berat jenis dan *specific gravity*. Volume jenis adalah kebalikan dari massa jenis yaitu volume fluida dibagi dengan massanya. Untuk berat jenis adalah massa jenis fluida dikalikan dengan percepatan gravitasi atau berat fluida per satuan volume dirumuskan sebagai berikut :

$$\gamma = \rho \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana:

$\gamma$  = berat jenis cairan ( N/ m<sup>3</sup>

$\rho$  = massa jenis cairan (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = percepatan gravitasi = 9,81 (m/s<sup>2</sup>)

Adapun untuk *specific gravity* adalah perbandingan antara kerapatan fluida tersebut dengan kerapatan air pada sebuah temperatur tertentu (Munson dkk, 2004: 15). Pada kondisi standar( 40<sup>0</sup>C, 1 atm) massa jenis air adalah  $\rho = 1000$  (kg/m<sup>3</sup>).

### 3. Debit

Debit aliran adalah nilai yang dipergunakan untuk menghitung kecepatan aliran pada suatu pipa eksperimen. Rumus perhitungan debit aliran adalah:

$$Q = \frac{V}{t} \text{ atau } Q = v \cdot A \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

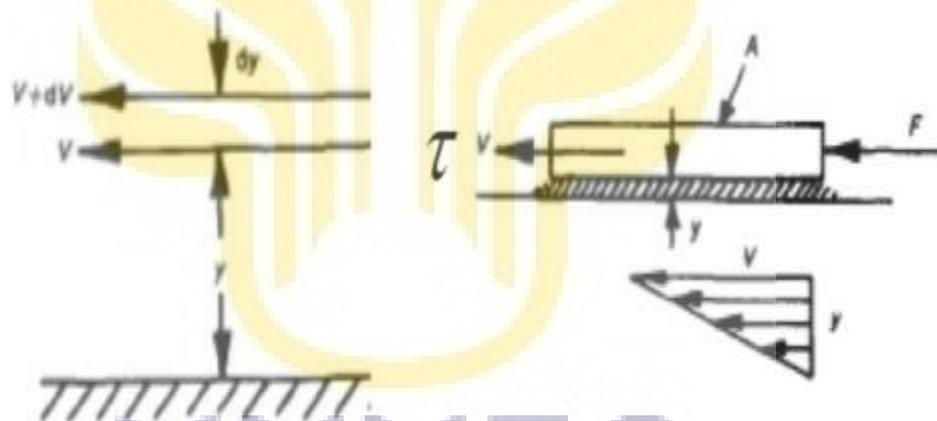
$Q$  = debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

$V$  = volume fluida (m<sup>3</sup>)

$t$  = waktu (s)

#### 4. Viskositas

Viskositas merupakan sifat dasar fluida yang menunjukkan kemampuan fluida untuk mengalir (Anis dan Karnowo, 2008: 7). Semakin besar viskositas suatu cairan maka akan semakin besar pula hambatan yang diterima dibandingkan dengan fluida dengan viskositas kecil (encer). Viskositas suatu fluida sangat bergantung pada kondisi temperatur. Pada temperatur tinggi fluida mempunyai viskositas yang besar, hal ini berkebalikan dengan fluida cair, dengan kenaikan temperatur viskositas zat cair semakin kecil (encer).



Gambar 2.4 Gerak Fluida pada Fluida yang Diam

Sumber: Anis dan Karnowo, 2008: 7

Apabila suatu fluida diberi tekanan yang akan menggeser bagian fluida setebal  $dy$  dengan kecepatan  $v$  menjadi  $v + dv$ , maka tegangan gesernya akan sebanding dengan perbandingan perubahan kecepatan  $dv$  dengan tebal bagian fluida yang bergeser dikalikan dengan suatu konstanta. Konstanta tersebut yang dinamakan dengan viskositas (dinamik). Adapun besar gaya yang diperlukan untuk menggeser bagian fluida adalah:

$$F = \tau A = \mu A \frac{dv}{dy}$$

$$\frac{F}{A} = \tau = \mu \frac{dv}{dy} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

$\tau$  = gaya *tau* tegangan geser (kg/m<sup>2s</sup>)

$v$  = kecepatan fluida (m/s)

$y$  = arah yang tegak lurus terhadap aliran fluida

$\mu$  = viskositas dinamik (g/cm.s)

Dari gambaran diatas, dapat kita simpulkan bahwa besaran gaya sebanding dengan kostanta viskositasnya. Jadi, bisa disimpulkan kostanta tersebut adalah suatu tahanan fluida untuk mengalir (bergeser kontinyu). Apabila nilai viskositas suatu fluida dibagi dengan nilai massa jenisnya akan ketemu besaran yang sering disebut dengan viskositas kinematik. Adapun perumusan viskositas kinematik adalah sebagai berikut :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

$\nu$  = viskositas kinematik (cm<sup>2</sup>/s) / stokes

Didalam sebuah aliran fluida, terkadang bercampur dengan zat lain disepanjang penampang aliran. Tercampurnya zat lain kedalam aliran membuat kekentalan fluida tersebut berubah. Menurut (Neutrium: 2016), untuk menghitung viskositas campuran menggunakan persamaan Gambill sebagai berikut:

$$(\nu)^{1/3} = X_a (\nu_a)^{1/3} + X_b (\nu_b)^{1/3} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

$X_a$  : Fraksi air

$v_a$  : Viskositas air (cSt)

$X_b$  : Fraksi solar

$v_b$  : Viskositas solar (cSt)

## 5. Tekanan

Tekanan merupakan besarnya gaya yang diterima oleh luasan daerah yang menerima gaya tersebut. Didalam pompa, tekanan digunakan untuk menaikkan fluida dari suatu tempat ketempat lain dengan cara memampatkan fluida. Jika permukaan suatu zat menerima gaya dari luar maka permukaan zat yang menerima gaya tegak lurus tersebut akan mengalami tekanan (Anis dan Karnowo, 2008: 4), dengan perumusan:

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$P$  = Tekanan (  $\text{kg}/\text{ms}^2$  )

$F$  = Gaya ( $\text{kgm}/\text{s}^2$ )

$A$  = Luas permukaan ( $\text{m}^2$ )

Dalam termodinamika, tekanan secara umum dinyatakan dalam harga absolutnya. Tekanan absolut tergantung pada tekanan pengukuran sistem, bisa dijelaskan sebagai berikut :

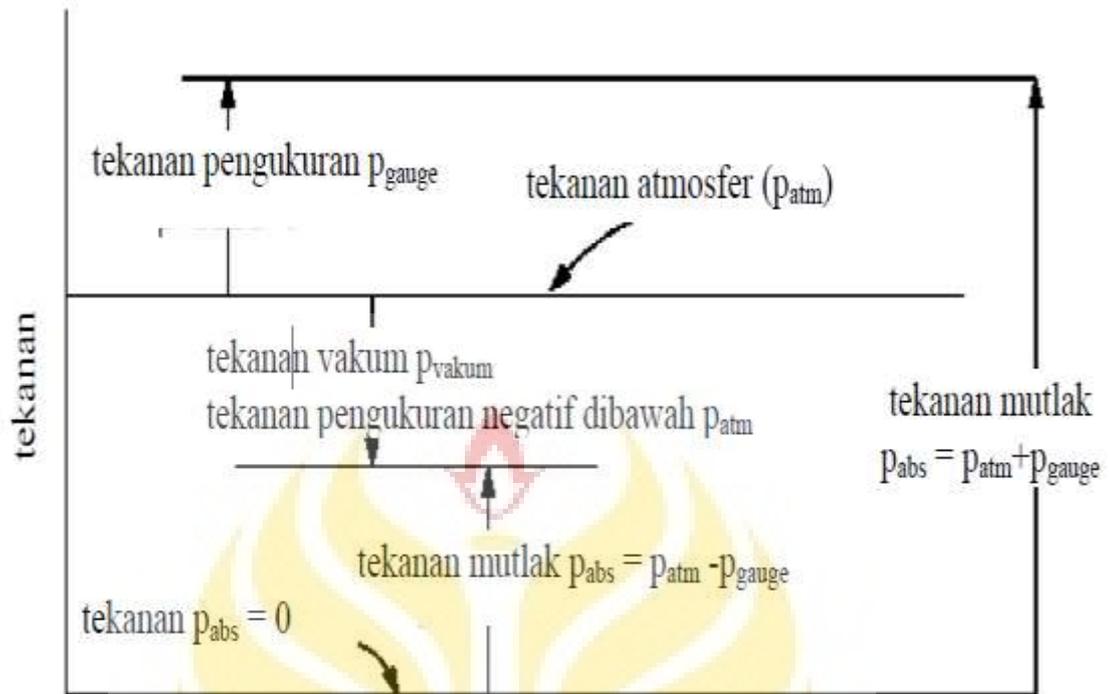
- a. Bila tekanan pengukuran sistem diatas tekanan atmosfer, maka tekanan

$$\text{absolut } (P_{\text{abs}}) = P_{\text{gauge}} + P_{\text{atm}} \dots\dots\dots (2.10)$$

- b. Bila tekanan pengukuran dibawah tekanan atmosfer maka, tekanan

$$\text{absolut } (P_{\text{abs}}) = P_{\text{atm}} - P_{\text{gauge}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Standar atmosfer =  $1,01 \times 10^5 \text{N}/\text{m}^2$



Gambar 2.5 Pengukuran Tekanan  
 Sumber: Anis dan Karnowo, 2008: 4

**6. Persamaan Kontinuitas**

Suatu fluida yang mengalir melewati suatu penampang akan selalu memenuhi hukum kontinuitas, yaitu laju massa fluida yang masuk  $m_{masuk}$  akan selalu sama dengan laju massa fluida yang keluar  $m_{keluar}$  (Sunyoto, 2008: 53). Persamaannya sebagai berikut:



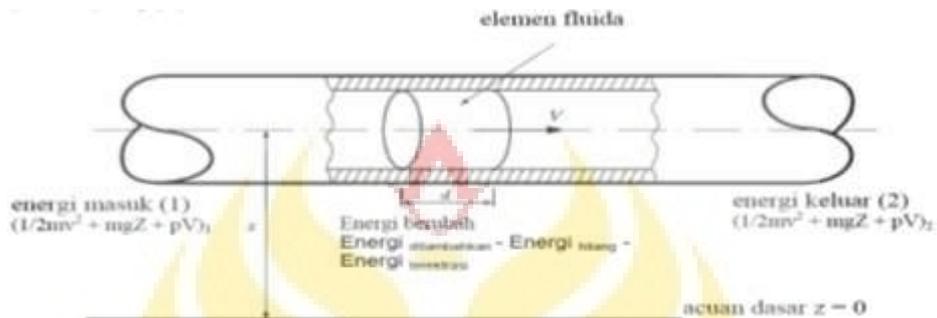
Gambar 2.6 Aliran Fluida  
 Sumber: Sunyoto, 2008: 53

$$m_{masuk} = m_{keluar}$$

$$(\rho Av)_1 = (\rho Av)_2 \dots\dots\dots (2.12)$$

**7. Persamaan Bernoulli**

Apabila suatu fluida cair (tak mampu mampat) mengalir melewati suatu penampang pipa dan saluran dengan mengabaikan hambatan aliran (fluida non viskositas), maka akan memenuhi hukum yang dirumuskan oleh Bernoulli (Anis dan Karnowo, 2008: 8). Persamaan yang digunakan adalah:

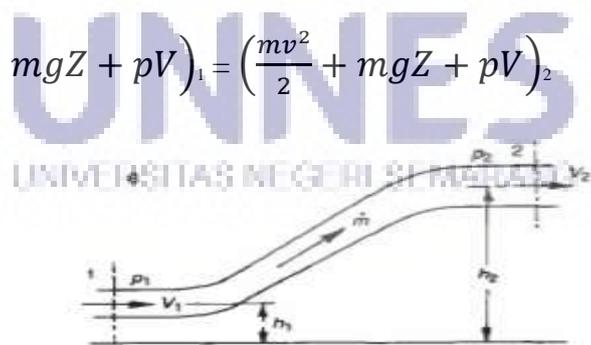


Gambar 2.7 Perubahan Energi pada Saluran  
 Sumber: Anis dan Karnowo, 2008: 8

Gambar 2.8 menunjukkan dimana penampang saluran pipa diasumsikan sebagai permukaan yang sempurna, sehingga tidak ada gesekan antara aliran fluida cair dengan permukaan pipa dan tidak ada energi yang ditambahkan, maka, dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Energi}_{\text{masuk}} = \text{Energi}_{\text{keluar}}$$

$$\left(\frac{mv^2}{2} + mgZ + pV\right)_1 = \left(\frac{mv^2}{2} + mgZ + pV\right)_2$$



Gambar 2.8 Profil Saluran Benoulli  
 Sumber: Anis dan Karnowo, 2008:9

Dibagi dengan m (Nm)

$$\left(gZ + \frac{v^2}{2} + \frac{pV}{m}\right)_1 = \left(gZ + \frac{v^2}{2} + \frac{pV}{m}\right)_2 \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\frac{v}{m} = \frac{1}{\rho}$$

Dibagi dengan  $g$  menjadi bentuk persamaan *head* (m).

$$\left( Z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} \right)_1 = \left( Z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho} \right)_2 \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

$$\frac{v}{m} = \frac{1}{\rho}$$

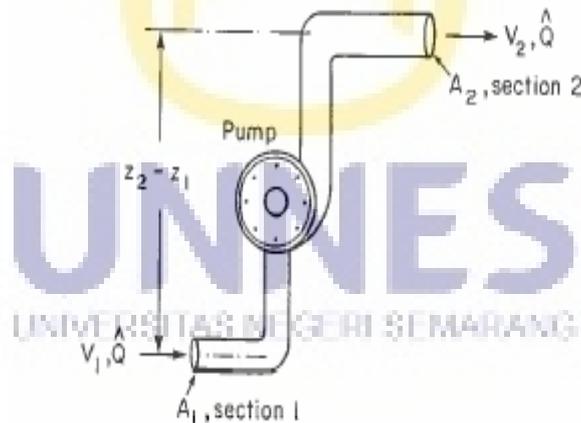
Dikalikan  $gZ$  menjadi bentuk persamaan tekanan  $N/m^2$

$$\left( \rho g Z + \rho \frac{v^2}{2g} + p \right)_1 = \left( \rho g Z + \rho \frac{v^2}{2} + p \right)_2 \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

$Z$  = ketinggian pipa aliran (m)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )



Gambar 2.9 Perubahan Energi pada Pompa

Sumber: Anis dan Karnowo, 2008: 10

Apabila pada penampang saluran ditambahkan energi, pompa akan

memberikan energi tambahan pada aliran fluida sebesar  $Z_{ad}$ , sehingga persamaan

menjadi:

$$\left(Z + \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho g}\right)_1 + H_{tp} = \left(Z + \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho g}\right)_2 + H_{los} \quad \dots\dots \quad (2.16)$$

Keterangan:

$$\text{Head total pompa} = H_{tp}$$

$$\text{Head tekan pompa ( } H_t) = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\text{Dengan } \Delta P = P_d - P_s \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\text{Head Kecepatan Pompa ( } H_k) = \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\text{Head potensial pompa} = Z \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

## 8. Manometer

Manometer adalah alat yang menggunakan kolom cairan untuk menentukan tekanan atau beda tekanan. Fluida yang digunakan dalam pengukuran menggunakan manometer disebut fluida pengukur (Munson dkk, 2004: 62). Untuk menentukan harga tekanan atau beda tekanan dan tinggi kenaikan atau defleksi ( perbedaan ketinggian ) zat cair dalam manometer tersebut, dipergunakan persamaan tekanan hidrostatis :

$$P = P_0 + \rho g \Delta h \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

$P_0$  = tekanan atmosfer (1atm)

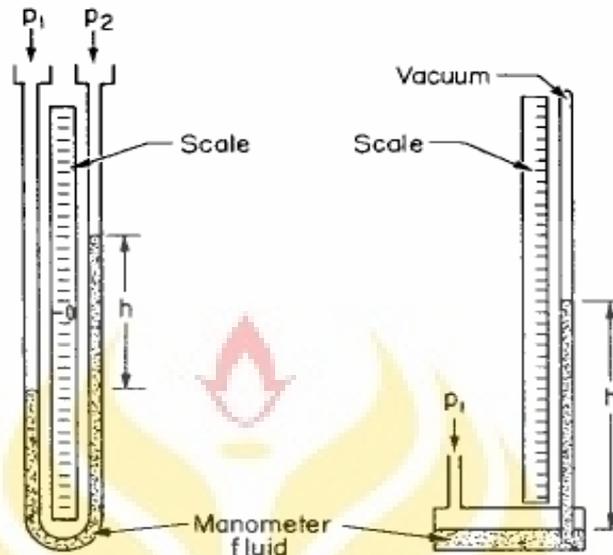
= 1 atm

= 76cmHg

=  $1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

=  $10332 \text{ kg/m}^2$

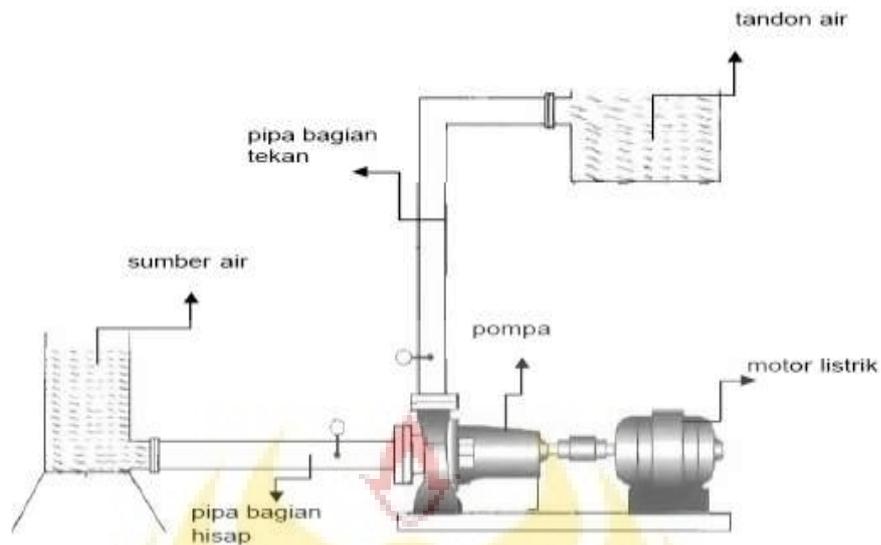
$\rho$  = massa jenis fluida yang digunakan



Gambar 2.10 Manometer  
Sumber: Anis dan Karnowo, 2008: 5

## 9. Instalasi Pemasangan Pompa

Dalam Industri-industri besar, banyak menggunakan pompa sebagai salah satu peralatan bantu yang penting untuk proses produksi. Pompa yang sering digunakan salah satunya adalah pompa sentrifugal. Pada prinsipnya, pompa sentrifugal adalah memberikan gaya sentrifugal yang dihisap oleh pompa, kemudian dilemparkan kembali oleh sudu-sudu impeler tersebut untuk mengubahnya menjadi energi fluida. Dalam penerapannya, pompa ini digunakan untuk mengalirkan fluida ke instalasi di seluruh unit industry, misalnya dalam industri perminyakan. Pada proses distribusi minyak, digunakan berbagai macam pipa dan sambungan, yang digunakan untuk memindahkan campuran minyak dan air dari perut bumi ke tangki penampungan atau dari penampungan menuju ke tangki pengolahan. Berikut ini adalah gambaran desain instalasi pompa.



Gambar 2.11 Instalasi Pompa  
Sumber: Anis dan Karnowo 2008:12

#### a. Impeler

Impeler merupakan komponen terpenting dalam pompa dimana bila impeler mengalami kerusakan maka akan menyebabkan penurunan performa pompa (Anitya dkk, 2013: 116). Impeler merupakan komponen yang berputar meneruskan energi putar dari poros, apabila impeler tidak seimbang, maka saat berputar akan menimbulkan gaya sentrifugal dan menyebabkan terjadinya getaran.

*Unbalance* pada

impeler bisa disebabkan oleh kavitasi, korosi, korosi bahan kimia atau asam dan lain-lain. Kerusakan yang terjadi pada impeler pompa akan mengakibatkan mengakibatkan meningkatnya getaran pada pompa. Hal itu kemudian akan mempengaruhi performansi pompa. Impeler sendiri dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

### 1) Impeler Tertutup

Sudu-sudu ditutup oleh dua buah dinding yang merupakan satu kesatuan digunakan untuk memompakan zat cair yang bersih atau sedikit mengandung kotoran.

### 2) Impeler Setengah Terbuka

Impeler jenis ini terbuka disebelah sisi masuk (depan) dan tertutup di sebelah belakangnya. Sesuai untuk memompa zat cair yang sedikit mengandung kotoran misalnya air yang mengandung pasir, zat cair yang mengauskan, slurry.

### 3) Impeler Terbuka

Impeler jenis ini tidak ada dindingnya di depan maupun di belakang. Bagian belakang ada sedikit dinding yang disisakan untuk memperkuat sudu. Jenis ini banyak digunakan untuk pemompaan zat cair yang banyak mengandung kotoran.



Gambar 2.12 Jenis Impeler  
Sumber: Gumulya, 2013

### b. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Prinsip kerja pompa sentrifugal adalah dengan mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida, sehingga mengakibatkan pertambahan *head* tekanan, *head* kecepatan, dan *head* potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinyu (Sularso dan Tahara, 2000: 4). Pompa sentrifugal mempunyai sebuah impeler (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi.



Gambar 2.13 Bagan Aliran Fluida dalam Pompa  
Sumber: Sularso dan Tahara, 2000: 4)

Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeler di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam impeler, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Hal ini karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeler ke luar melalui saluran di antara sudu-sudu, sehingga *head* tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula *head* kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeler ditampung oleh saluran berbentuk volut di keliling impeler dan disalurkan keluar pompa melalui nosel. Di dalam nosel ini, sebagian *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan. Jadi, impeler mempunyai peran penting dalam

pompa yaitu berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga terjadi peningkatan energi (Sularso dan Tahara, 2000: 4).

### 10. Tinggi Tekan (*Head*)

*Head* adalah energi setiap satuan berat dengan unit satuan panjang. Sedang yang dimaksud *head* pompa adalah *head* total yaitu *head* pada sisi *discharge* dengan sisi *suction*. Pada uraian tentang persamaan Bernoulli yang dimodifikasi untuk aplikasi pada instalasi pompa, dapat kita ketahui bahwa persamaan Bernoulli dalam bentuk energi *head* terdiri dari empat bagian *head* yaitu *head* potensial, *head* kecepatan, *head* tekanan, dan *head* kerugian (gesekan aliran). Sularso dan Tahara (2000: 3) merumuskan dari hasil modifikasi persamaan Bernoulli sebagai berikut:

$$H_{\text{alirann}} = \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z \dots\dots\dots (2.22)$$

$$H_{\text{tp}} = \left( \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z \right) + H_{\text{Los}} \dots\dots\dots (2.23)$$

#### a. Kerugian Gesek di dalam Pipa (*Major Losses*)

Aliran fluida cair yang mengalir di dalam pipa adalah fluida yang tidak mampu diabaikan faktor gesekannya (Sunyoto, 2008: 120). Hal itu menunjukkan bahwa kerugian yang terjadi pada sistem yang berkaitan dengan gesekan terjadi pada bagian pipa yang tegak lurus atau horizontal akan mendapatkan hambatan karena viskos fluida. Berikut perumusan *Darcy Weisbach* menurut pandangan (Munson 2005: 43).

$$H_{\text{lm}} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana:

$f$  = koefisien kerugian gesek

$g$  = percepatan gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$L$  = panjang pipa (m)

$D$  = diameter dalam pipa (m)

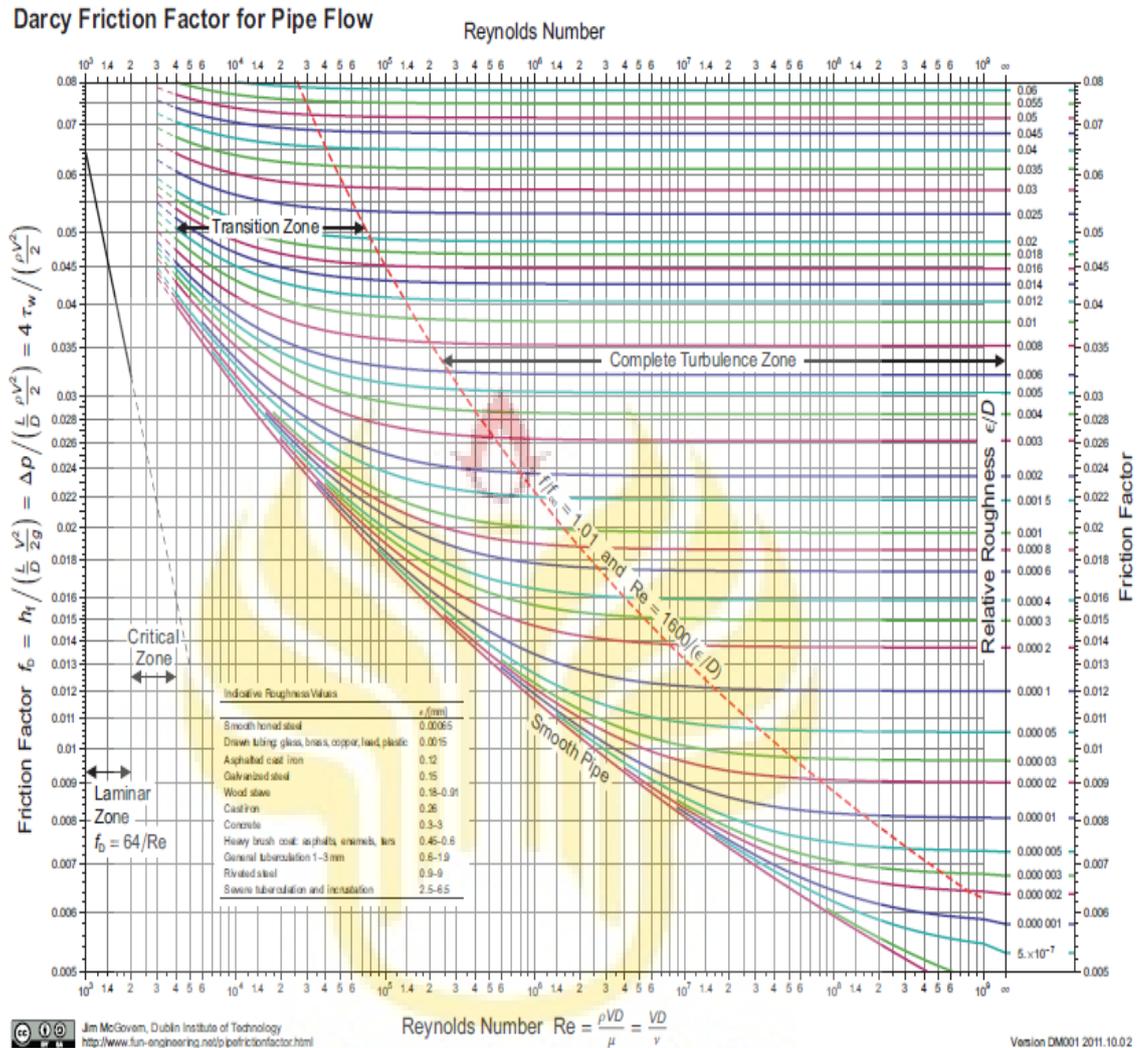
$v$  = kecepatan cairan m/s

Koefisien kerugian gesek adalah  $f = \lambda$ , untuk aliran laminar, koefisien kerugian gesek pipa ( $\lambda$ ) dihitung menggunakan persamaan:

$$\lambda = \frac{64}{RE} \dots\dots\dots (2.25)$$

Untuk aliran turbulen, koefisien kerugian gesek dihitung menggunakan formula Darcy:

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \dots\dots\dots (2.26)$$



Gambar 2.14 Diagram Moody  
Sumber: Govern 2011: 9

**b. Kerugian dalam Jalur Pipa (*Minor Losses*)**

Kerugian *head* salah satunya dapat terjadi karena fluida mengalami gangguan aliran sehingga energi aliran menjadi turun (Sunyoto, 2008: 121).

Secara umum rumus kerugian *head* ini adalah :

$$H_{lf} = f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.27)$$

**1) Pada Belokan (*Elbow*)**

Untuk belokan lengkung :

$$f = \left[ 0,131 + 1,847 \left( \frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (2.28)$$

Untuk belokan patah :

$$f = 0,946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2,046 \sin^4 \frac{\theta}{2} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana:

$\theta$  = Sudut belokan ( $^{\circ}$ )

R= Jari- jari lengkung sumbu belokan (m)

Tabel 2.1 Koefisien Kerugian pada Katup

Jenis Katup	Koefisien Rugi
Globe, bukaan penuh	10
Sudut,	2
Gerbang, bukaan penuh	0,15
Gerbang, $\frac{1}{4}$ tertutup	0,26
Gerbang, $\frac{1}{2}$ tertutup	2,1
Gerbang, $\frac{3}{4}$ tertutup	17
Cek swing, aliran maju	2
Cek swing, aliran mundur	$\infty$
Katup bola, bukaan penuh	0,05
Katup bola, $\frac{1}{3}$ tertutup	5,5
Katup	210

Sumber: Munson dkk, 2005: 59

## B. Kajian Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait dengan distribusi tekanan sepanjang radius impeler adalah sebagai berikut:

Penelitian berkaitan dengan distribusi tekanan sepanjang radius impeler telah dilakukan oleh Aryadi (2006) dengan judul Pengukuran Distribusi Tekanan Aliran Gas-Cair dalam Pompa Sentrifugal untuk Berbagai Tegangan Permukaan Cairan dapat disimpulkan bahwa, penambahan deterjen (sunlight) menyebabkan turunnya tegangan permukaan sehingga distribusi tekanan akan meningkat. Namun, pada penelitian ini fluida kerja yang digunakan adalah gas-air (duafasa).

Penelitian berkaitan dengan distribusi tekanan sepanjang radius impeler telah dilakukan oleh Wen dan Li (2000) dengan judul penelitian, *effects of viscosity of fluids on centrifugal pump performance and flow pattern in the impeller* dalam penelitian ini dijelaskan bahwa penurunan performansi pompa sentrifugal karena viskositas yang tinggi pada aliran yang alirakan dalam pompa. Viskositas yang tinggi meningkatkan rugi gesek pada luasan, seperti pada pusat impeler saat kerugian hidraulik terjadi. Pola aliran di sekitar impeler sangat dipengaruhi oleh viskositas.

Penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan distribusi tekanan sepanjang radius impeler telah dilakukan oleh Muktabar dan Yohanan (2014) dengan judul penelitian Kaji Eksperimental Pengaruh Aliran Dua Fase *Crude Oil-Water* dalam Pipa Horisontal terhadap Performansi Pompa Sentrifugal dengan Variasi Impeler. Dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan *head* total pompa, debit, efisiensi serta daya poros pompa. Hal ini disebabkan oleh

meningkatnya viskositas fluida campuran, sehingga kerugian gesek meningkat, sehingga hambatan meningkat dan menurunkan performansi pompa.

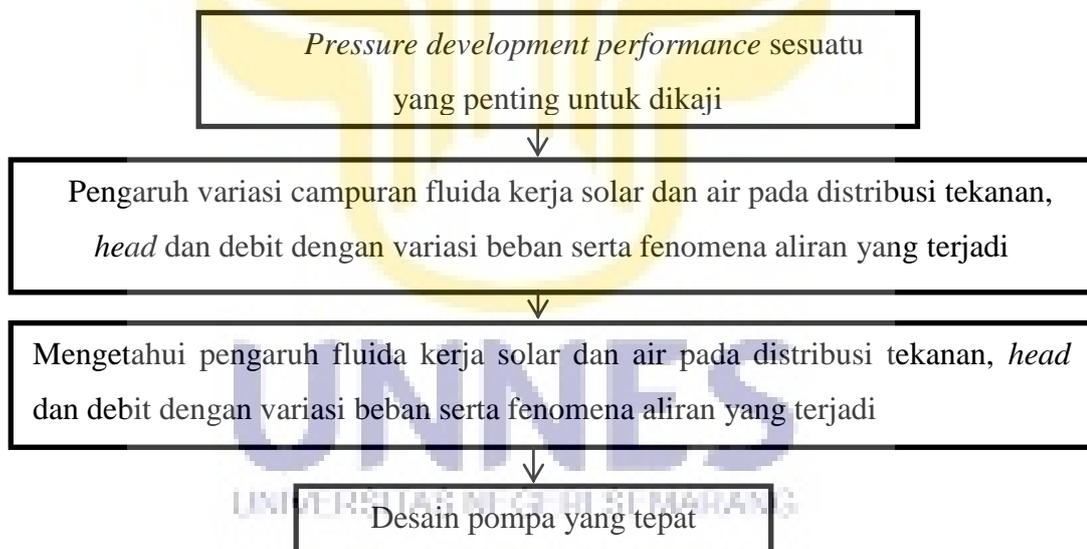
Penelitian berikutnya yang berkaitan dengan penelitian ini telah dilakukan oleh Khalil dkk (2008) dengan judul penelitian *Centrifugal Pump Performance Understable and Unstable Oil-Water Emulsions Flow*. Dalam penelitian ini, Khalil dkk menyimpulkan bahwa, aliran campuran (emulsi) minyak dan air menunjukkan penurunan tekanan, debit aliran dan efisiensi hidrolis yang signifikan di dalam pompa. Dalam penelitian ini, dapat dijadikan pandangan pada saat aliran emulsi yang tak stabil, maka akan terjadi penurunan tekanan yang signifikan pada laju aliran pompa.

### **C. Kerangka Berpikir**

Pompa sentrifugal merupakan pompa yang kini telah sangat luas sekali penggunaannya di dunia industri. Misalnya, dalam industri perkapalan, pompa digunakan sebagai mesin fluida untuk memindahkan solar dari tangki kapal ke penampungan. Selain itu, pada sistem pengolahan minyak mentah, pompa seringkali dalam penggunaannya memompakan hasil olahan minyak seperti solar yang masih tercampur dengan air. Tentu hal ini akan mempengaruhi performansi pompa. Dalam hal ini, banyak faktor yang dapat mempengaruhi performansi pompa, salah satunya adalah jenis cairan yang dipompakan. Penelitian tentang unjuk kinerja pompa telah banyak diteliti, namun sampai saat ini untuk pengembangan performansi tekanan pompa masih jarang dilakukan. Padahal, impeler merupakan bagian yang penting dalam suatu pompa, karena pada impeler terjadi perubahan dari tekanan vakum menjadi tekan. Untuk itu perlu dilakukan

pengujian untuk mengetahui distribusi tekanan yang terjadi disepanjang impeler pada pompa yang dialiri dua cairan dengan viskositas yang berbeda.

Hasil penelitian ini akan memberi informasi tentang distribusi tekanan di setiap titik di sepanjang radius impeler, selain itu dalam hasil pengamatan visual dengan kamera *high speed* akan diketahui pola aliran yang terjadi di dalam pompa. Untuk mengetahui performansi *head* pompa, dapat kita ketahui dengan mencari menggunakan perumusan yang ada. Hasil data yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan desain pompa dan dapat dijadikan landasan untuk separasi dua aliran dengan viskositas yang berbeda dalam pompa sentrifugal.



Gambar 2. 15 Kerangka Berpikir

#### D. Hipotesis Penelitian

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian, dimana rumusan masalah penelitian telah dinyatakan dalam bentuk kalimat pertanyaan. Berdasarkan kajian pada pembahasan di atas hipotesis dalam penelitian ini yaitu :

1. Ada pengaruh variasi campuran solar-air terhadap distribusi tekanan, debit dan *head* pada pompa sentrifugal.
2. Ada pengaruh beban bukaan pompa terhadap distribusi tekanan yang terjadi di sepanjang radius impeler, debit dan *head* pada pompa sentrifugal.
3. Diperkirakan terjadi separasi aliran didalam pompa sentrifugal.

## BAB V PENUTUP

### A. Kesimpulan

Dari Pengujian yang telah diuraikan dalam pembahasan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Variasi campuran berpengaruh terhadap distribusi tekanan *head* dan debit, dimana distribusi tekanan mengalami penurunan terendah pada fraksi 40% solar yaitu distribusi tekanan turun sebesar 8,83 cmHg (13,05%) dari performa awal pompa, kemudian naik kembali pada fraksi 100% solar sebesar 2,12 cmHg (3,21%). Pada *head* mengalami penurunan terendah pada fraksi 40% sebesar 5,88 m (45,37%) dari *head* awal pompa, kemudian pada variasi campuran 100% kembali naik sebesar 1,85 m (20,07%) dari fraksi 40% solar. Debit turun hingga titik terendah pada fraksi solar mencapai 60% sebesar 31,17 lpm (33,68%) dari debit awal pompa, kemudian kembali naik hingga fraksi 100% solar sebesar 10,17 lpm (14,22%) dari fraksi 60%.
2. Adanya variasi pembebanan katub mempengaruhi distribusi tekanan, *head* dan debit, dimana distribusi tekanan mengalami penurunan tekanan sebesar 1,81 cmHg (2,71%). *Head* mengalami peningkatan sebesar 1,83 m (18,56%). Debit turun hingga 5,3 lpm (1,57%).
3. Fenomena aliran yang terjadi pada campuran fluida solar dan air yaitu terjadi emulsi pada variasi campuran 20%, 40%, 60% dan 80%.

## B. Saran

1. Perlu dilakukan kajian lebih dalam mengenai pengaruh emulsi tak stabil pada pompa sentrifugal, sehingga didapatkan perhitungan yang tepat untuk pencampuran 2 fluida yang mengalir pada pompa sentrifugal.
2. Hendaknya dilakukan pengujian terhadap titik setelah P7 searah *discharge* untuk mengetahui tekanan yang terjadi pada jarak ujung impeler dengan *volute*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anis, S. dan Karnowo. 2008. *Buku Ajar Dasar Pompa*. Semarang: Universitas Negeri Semarang. Accessed: <http://dokumen.tips/download/link/buku-ajar-ptm204-pompa-dankompresor>. Diunduh: 6 maret 2016
- Ari, Anitya, I. dkk. 2013. Deteksi Kerusakan Impeler Pompa Sentrifugal dengan Analisa Sinyal Getaran. *Mekanika*. 11/2. 116. Solo: Universitas Sebelas Maret.
- Armansyah, W. 2016. *Rumus Kimia*. Accessed: <http://www.rumuskimia.net/2016/04/emulsi-adalah-html>. Diunduh: 6 agustus 2016
- Aryadi, W. 2006. *Pengukuran Distribusi Tekanan Aliran Gas-Cair dalam Pompa Sentrifugal untuk Berbagai Tegangan Permukaan Cairan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Chruch, A.H. 1986. *Pompa dan Blower Sentrifugal*. Translated by Harahap, S. 1985. Jakarta: Erlangga.
- Friction Losses in Pipe Fittings Resistance Coefficient K (use in formula  $hf = Kv^2/2g$ )*. Accessed: [www.wetenschapsforum.nl/index.php?app=core](http://www.wetenschapsforum.nl/index.php?app=core). Diunduh: 6 agustus 2016.
- Govern, J.M. 2011. *Technical Note: Friction Factor Diagrams for Pipe Flow*. Dublin Institute of Technology.
- Gumulya, U. 2013. *Berbagai Jenis Impeler pada Pompa Sentrifugal*. Accessed: <http://uripgumulya.com/berbagai-jenis-impeller-dalam-pompa-sentrifugal/>. Diunduh: 6 maret 2016 Jam 21.00 WIB]
- Khalil, M. F. dkk. 2008. Centrifugal Pump Performance Under Stable and Unstable Oil-Water Emulsions Flow. *Twelfth International Technology Conference (IWTC)*. 12. Egypt: Departement of Engineering.
- Mense. P. 2007. *Air dan Sifat dari Air*. Pontianak: PDAM Pontianak – Oasen Gouda
- Muktabar, A. K. dan Yohana, E. 2014. Kaji Eksperimental Pengaruh Aliran Dua Fasa Crude Oil-Water dalam Pipa Horizontal terhadap Performansi Pompa Sentrifugal dengan Variasi Impeler. *Jurnal Teknik Mesin S-1*. 2/2. Semarang: Universitas Diponegoro. Online: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtm>.
- Munson, B.R. dkk. 2004. *Mekanika Fluida*. Translated by Harinaldi dan Budiarmo. 2003. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.

- Munson, B.R. dkk. 2005. *Mekanika Fluida*. Translated by Harinaldi dan Budiarmo. 2003. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Neutrium. 2008. *Estimating the Viscosity of Mixture-Neutrium*. Accessed: [http://neutrium.net/fluid\\_flow/estimating-the-viscosity-of-mixtures/](http://neutrium.net/fluid_flow/estimating-the-viscosity-of-mixtures/). Diunduh: 6 agustus 2016 jam 21.00 wib
- Oil emulsions. Accessed: [http://petrowiki.org/Oil\\_emulsions](http://petrowiki.org/Oil_emulsions). Diunduh: 6 agustus 2016 jam 21.00 wib
- Pertamina. 2007. *Material Safety Data Sheet (MSDS)*. PT. Pertamina (persero) Accessed: <http://www.pertamina.com/aviation/files/avgas-msds.pdf>. Diunduh pada 6 agustus 2016
- Sularso dan Haruo, H. 2000 *Pompa dan Kompresor*. Cetakan ketujuh. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sunyoto. dkk. 2008. *Teknik Mesin Industri*. Jilid 1. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional. Accessed: [mirror.unpad.ac.id/bse/kurikulum\\_2006/10\\_SMK/kls10\\_smk\\_teknik-mesin-industri\\_sunyoto.pdf](http://mirror.unpad.ac.id/bse/kurikulum_2006/10_SMK/kls10_smk_teknik-mesin-industri_sunyoto.pdf). Diunduh: 6 maret 2016
- Wen dan Li, G. 2000. Effects of Viscosity of Fluids on Centrifugal Pump Performance and Flow Pattern in the Impeller. *Heat and Fluid Flow*. 21. 207-212. Lanzhou: Gansu University of Technology.