



UNIVERSITAS INDONESIA

**EFEK LARUTAN TINTA TERHADAP KOEFISIEN GESEK
PADA PIPA ACRYLIC Ø 12,7 MM**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

**FACHRIZA SOFYAN
0806368540**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Fachriza Sofyan

NPM : 0806368540

Tanda Tangan : 

Tanggal : 09 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

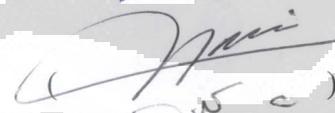
Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Fachriza Sofyan
NPM : 0806368540
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Efek Larutan Tinta Terhadap Koefisien Gesek
Pada Pipa Acrylic Bulat Ø 12,7mm

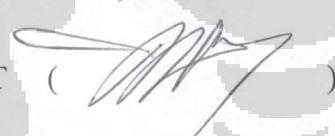
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Eng M.sc ()

Penguji : Ir. Hadi Tresno Wibowo ()

Penguji : Dr. Ir. Sunaryo M.sc ()

Penguji : Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T ()

Penguji : Ir. Mukti Wibowo ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 13 Juni 2011

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Eng Msc selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik;
- (2) Istri tercinta Dwi Novianti, SE
- (3) Orang tua dan keluarga
- (3) Rekan-rekan seperjuangan satu bimbingan skripsi Nurdiansyah Marpaung, Muhammad Andriaz, Torang Ridho, dan Rahmat Sandi Siddik yang telah sama-sama memberikan banyak kontribusi dalam penyelesaian skripsi ini.
- (4) Seluruh staf karyawan Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia yang telah membantu, atas bantuan kerjasamanya memberikan peminjaman alat-alat dalam pembuatan alat yang kami buat.
- (6) Dan seluruh pihak yang terkait sehingga membantu kelancaran dalam penyelesaian skripsi dalam pengambilan data dan hal lainnya;

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu saya. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 9 Juni 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fachriza Sofyan
NPM : 0806368540
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**EFEK LARUTAN TINTA TERHADAP KOEFISIEN GESEK
PADA PIPA BULAT ACRYLIC Ø 12,7 mm**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 09 Juni 2011

Yang menyatakan

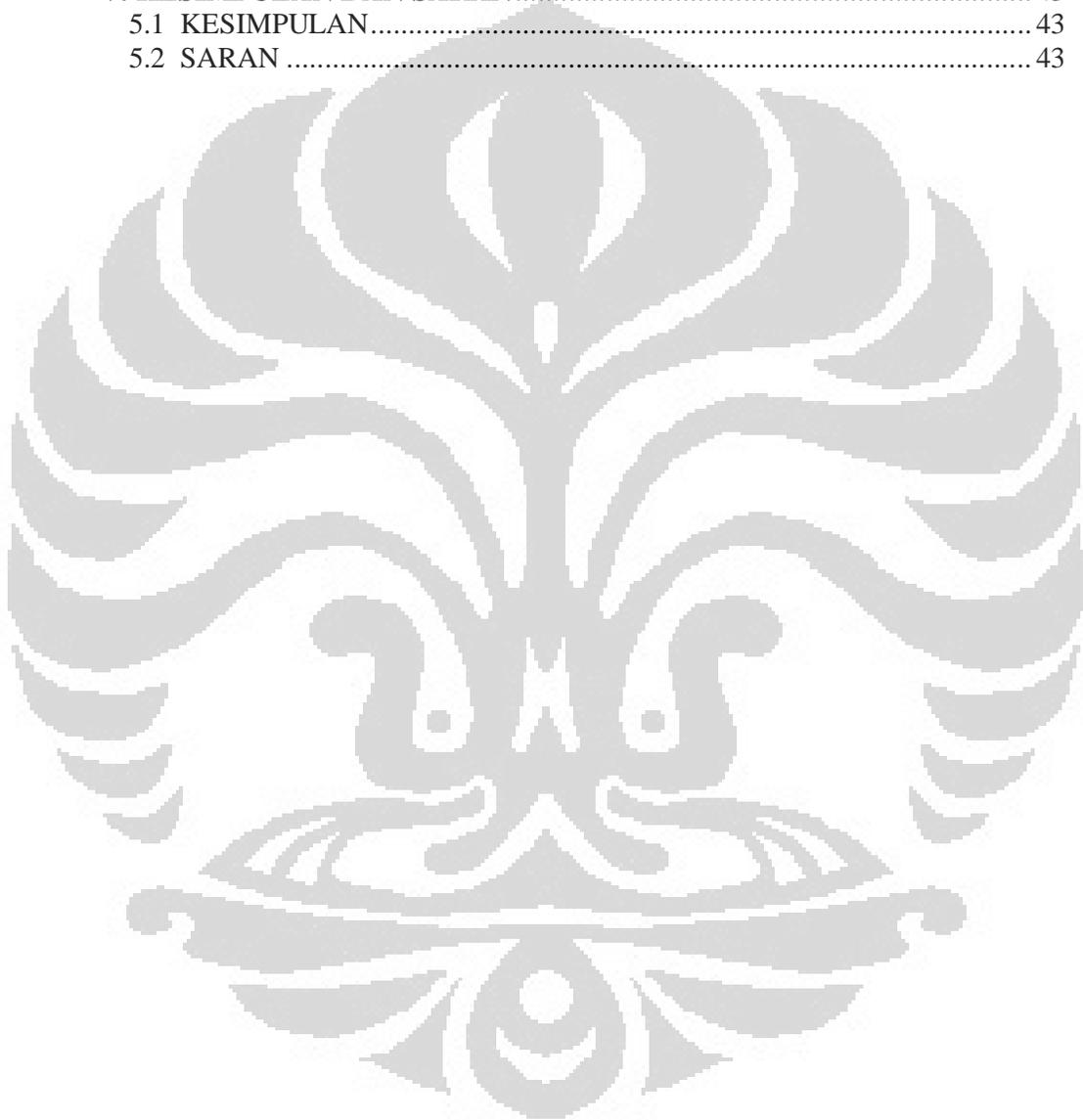


(Fachriza Sofyan)

DAFTAR ISI

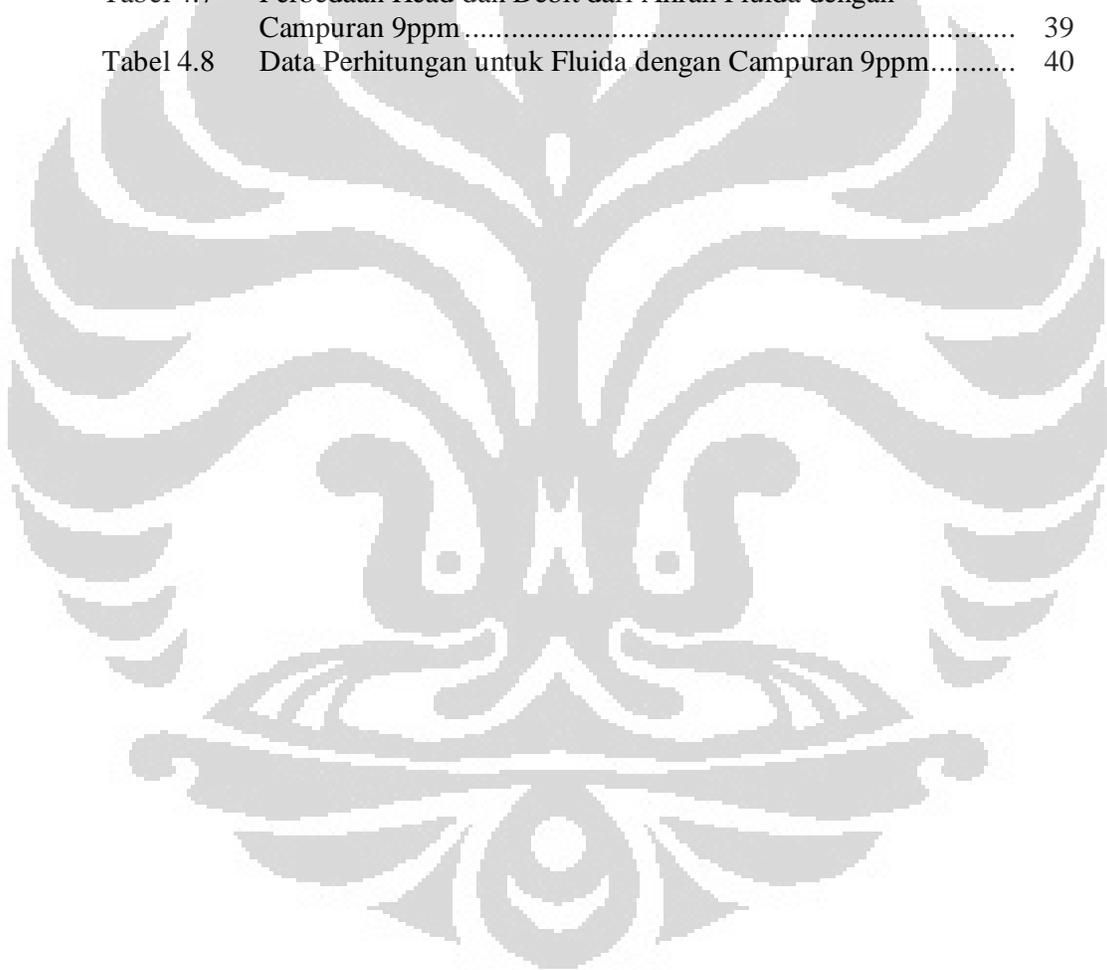
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 METODE PENELITIAN	2
1.4 BATASAN MASALAH	3
1.5 METODE PENULISAN	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
II. LANDASAN TEORI	6
2.1 KLASIFIKASI FLUIDA	6
2.1.1 Fluida Newtonian	6
2.1.2 Fluida Non-Newtonian	7
2.2 ALIRAN FLUIDA DALAM PIPA.....	10
2.2.1 Klasifikasi Aliran Fluida.....	10
2.2.2 Aliran Laminar dan Turbulen.....	12
2.3 SIFAT-SIFAT FLUIDA	16
2.3.1 Density	16
2.3.2 Viskositas.....	18
2.3.3 Bilangan Reynolds	19
2.4 PERSAMAAN FLUIDA.....	20
2.4.1 Laju Aliran Volume.....	20
2.4.2 Distribusi Kecepatan	20
III. DESKRIPSI ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN	22
3.1 RANCANGAN ALAT UJI	22
3.2 PERALATAN PENDUKUNG.....	23
3.2.1 Pompa Air	23
3.2.2 Tangki Air	25
3.2.3 Valve/Katup	25
3.2.4 Manometer	26
3.2.5 Termometer.....	27
3.2.6 Gelas Ukur	27
3.2.7 Stopwatch.....	28
3.2.8 Timbangan.....	28
3.2.9 Pipa Penyalur.....	29
3.3 PROSEDUR PENGAMBILAN DATA.....	29
3.4 TAHAP PENGUJIAN.....	30

IV. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA	31
4.1 PERHITUNGAN DATA.....	31
4.1.1 Fluida Tanpa Campuran.....	31
4.1.2 Fluida Dengan Konsentrasi Campuran 3ppm	35
4.1.3 Fluida Dengan Konsentrasi Campuran 6ppm	37
4.1.4 Fluida Dengan Konsentrasi Campuran 9ppm	39
4.2 ANALISA DATA	41
V. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 KESIMPULAN.....	43
5.2 SARAN	43



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Perbedaan Head dan Debit dari Aliran Fluida Tanpa Campuran	31
Tabel 4.2	Data Perhitungan Variasi untuk Fluida Air	33
Tabel 4.3	Perbedaan Head dan Debit dari Aliran Fluida dengan Campuran 3ppm	35
Tabel 4.4	Data Perhitungan Variasi Menutup untuk Fluida dengan Campuran 3ppm	36
Tabel 4.5	Perbedaan Head dan Debit dari Aliran Fluida dengan Campuran 6ppm	37
Tabel 4.6	Data Perhitungan untuk Fluida dengan Campuran 6ppm.....	38
Tabel 4.7	Perbedaan Head dan Debit dari Aliran Fluida dengan Campuran 9ppm	39
Tabel 4.8	Data Perhitungan untuk Fluida dengan Campuran 9ppm.....	40



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan antara <i>shear stress</i> - <i>shear rate</i> pada fluida Non-Newtonian	7
Gambar 2.2	Distribusi Kecepatan <i>bingham plastic fluid</i> pada pipa	8
Gambar 2.3	Hubungan <i>shear stress</i> (τ) - <i>shear rate</i> (γ) pada thixotropic dan rheopectic yang tergantung pada waktu	9
Gambar 2.4	Salah satu kerugian head yang disebabkan oleh belokan	12
Gambar 2.5	Perilaku aliran dalam pipa dari aliran sedang berkembang hingga aliran berkembang penuh	13
Gambar 2.6	Diagram Moody	16
Gambar 2.7	Distribusi Kecepatan Laminar dan Turbulen pada Pipa Bulat.	21
Gambar 3.1	Rencana Setup Alat	22
Gambar 3.2	Instalasi Alat Uji Pipa Bulat.....	23
Gambar 3.3	Pompa Air	24
Gambar 3.4	Tangki Air	25
Gambar 3.5	Valve dengan Busur Derajat	26
Gambar 3.6	Manometer	26
Gambar 3.7	Termometer Air Raksa.....	27
Gambar 3.8	Gelas Ukur	27
Gambar 3.9	Stopwatch.....	28
Gambar 3.10	Timbangan Digital	28
Gambar 3.11	Pipa Penyalur.....	29

ABSTRAK

EFEK LARUTAN TINTA TERHADAP KOEFISIEN GESEK PADA PIPA ACRYLIC BULAT Ø 12.7 MM

Perhitungan efisiensi suatu aliran fluida akan menjadi suatu hal penting di dalam kehidupan sehari - hari, dalam suatu aplikasi industri atau area lain yang memanfaatkan suatu aliran dari fluida. Banyak insinyur yang telah mengkonsentrasikan ilmunya untuk lebih jauh mengetahui tentang sifat – sifat dari suatu aliran, fluida dengan tujuan akhir adalah bagaimana kita dapat mengendalikan suatu aliran dengan efektif dan efisien di dalam aplikasi nyata. Variabel – variabel yang diperhitungkan dalam pemanfaatan aliran seperti kecepatan aliran, debit aliran, temperatur fluida, viskositas fluida, penampang aliran dan lain – lain yang saling bersinergi satu sama lain telah jauh dikembangkan agar tujuan tersebut bisa tercapai. Salah satu teknik yang dipakai untuk memberikan debit fluida yang lebih besar dengan tenaga yang sama adalah dengan penambahan zat aditif (agen) pada fluida yang secara langsung akan merubah sifat viskositas fluida tersebut dan mempengaruhi aliran yang terjadi, disinilah pentingnya kita mengetahui sifat – sifat yang terjadi pada suatu aliran fluida jika ditambahkan agen tertentu. Tujuan dari penelitian dan percobaan ini adalah untuk mengetahui sejauh apa pengaruh dari penambahan agen yaitu tinta pada fluida air dalam suatu aliran turbulen di dalam pipa lurus yang di plot pada perbandingan suatu grafik kecepatan aliran yang terjadi. Diameter yang akan digunakan yaitu $\frac{1}{2}$ " dengan panjang pipa total 5 meter. Variasi dari konsentrasi campurannya menggunakan 2 variasi konsentrasi yaitu sebesar 3 ppm dan 7 ppm. Hubungan koefisien gesek dengan generalis bilangan Reynolds menunjukkan semakin tinggi kepadatan lumpur diikuti kenaikan nilai koefisien gesek.

ABSTRACT

INK SOLUTION EFFECT IN FRICTION COEFFICIENT ON ACRYLIC PIPE Ø 12.7 MM

Efficiency calculation in some flow of fluids, will become something very important matter in daily lives, in some industrial application or another area which using fluids current flow.. Many engineer that has been concentrating their knowledge to understand more about characteristic of a current flow of fluids so that they can produce and control a current flow of fluids in a very effective and efficient way in some real practice. The variables that calculated in a current flow of fluids such as fluids viscosity, volume, temperature, dimension and others has been developed to some extend so they can achieve a very efficient application. One technique that can be used to give a better efficient current of fluids flow is to add some agent on fluids, which can directly change the character of fluids that can be used in a better way. This is the matter that how important why we must understand the characteristic of a fluids and what happen to it if we add some agent to it. The goal of this research and testing is to know how far effect of some agent which in this case is ink solution effect in a wsome turbulent water current flow on a straight pipe. The research will be comparing a two graphic of pure water and ink solution effect current flow. The diameter of pipe is Ø½” with total length of 5 [m]. The variation of concentration agent is at 3[ppm], and 7[ppm].

BAB I

PENDAHULUAN

Fluida adalah elemen yang sangat dekat atau bisa dibilang sangat diperlukan dalam kehidupan manusia sehari-hari. Udara dan air adalah beberapa contohnya, manusia tidak akan bisa hidup tanpa kedua elemen penting tersebut. Saat ini, fluida sudah lebih luas digunakan dalam kehidupan. Dari pemanfaatan aliran udara untuk pendinginan, pemanfaatan aliran air untuk pengairan dalam pertanian atau bahkan pemanfaatan sifat fluida sebagai suatu sarana penggerak seperti *system pneumatic* atau *hydraulic*.

Di dalam pemanfaatan suatu aliran fluida kebutuhannya sudah sangat luas. Oleh karena itu, efisiensi sangat diperlukan. Pengetahuan tentang bagaimana suatu aliran dapat kita kendalikan baik itu dari segi kecepatan aliran, volume aliran, temperatur atau yang lainnya sudah sangat luas tapi belum sepenuhnya tercapai dan akan terus berkembang.

Di dalam skripsi inilah penulis mencoba menambahkan pengetahuan tentang aliran fluida melalui pengamatan fenomena pada suatu penelitian dari aliran yang pada fluidanya ditambahkan suatu *agent*.

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Aliran dalam suatu pipa berfungsi untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain. Pada umumnya fluida yang akan dipindahkan memiliki nilai kekentalan yang berbeda-beda. Nilai kekentalan ini sangat penting untuk diketahui agar dapat menentukan kebutuhan energi yang diperlukan. Disamping itu pula kekentalan fluida ini akan menentukan sumber energi yang akan digunakan (pompa atau kompressor) untuk memindahkannya. Banyak faktor yang akan mempengaruhi kekentalan dari suatu fluida, antara lain temperatur, kandungan zat dalam fluida tersebut dan lain sebagainya.

Secara umum fluida yang ada di bumi ini dibedakan menjadi dua macam yaitu fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian yang mempunyai sifat-sifat dasar yang sangat berbeda. Untuk fluida Newtonian viskositas dari fluidanya tidak akan mengalami perubahan ketika ada gaya yang bekerja padanya, nilai viskositas dari fluida ini hanya akan mengalami perubahan jika terjadi perubahan temperatur. Sementara fluida non-Newtonian akan mengalami perubahan viskositas ketika terdapat gaya yang bekerja pada fluida tersebut. Fluida non-Newtonian tidak tahan terhadap tegangan geser (*shear stress*), kekentalan fungsi dari waktu, gradient kecepatan (*shear strain*) dan temperatur. Energi yang diperlukan untuk memindahkan fluida ini sangat besar begitu pula dengan bentuk daripada pipa penyalurnya. Pipa lurus, pipa berbelok, pipa melingkar, pipa spiral akan berbeda-beda efeknya. Dan di dalam skripsi ini penelitian menggunakan pipa lurus yang terdapat tiga buah pipa kapiler yang akan digunakan untuk mengukur perbedaan *head* yang terjadi.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu fluida, hubungan antara kecepatan dengan kekentalan sesaat serta mengetahui faktor gesekan dalam pipa dari suatu cairan tinta.

1.3 METODE PENELITIAN

Keseluruhan proses penelitian tentang gesekan aliran ini menggunakan fasilitas-fasilitas yang ada di laboratorium Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia. Adapun pengujian yang dilakukan meliputi pengujian langsung dan pengujian tidak langsung.

Pengujian langsung adalah pengujian dimana variabel yang diukur dapat langsung diketahui nilainya dari pengujian tersebut. Pengujian ini meliputi perbedaan tekanan pada manometer yang diukur menggunakan pipa kapiler yang terpasang pada pipa, debit aliran dan berat jenis fluida.

Sedangkan pengujian tidak langsung adalah pengujian dimana variabel-variabel yang diperoleh dari pengujian harus diolah terlebih dahulu dengan rumus-rumus yang telah baku dari beberapa referensi, baru kemudian diperoleh suatu nilai hasil.

1.4 BATASAN MASALAH

Penelitian ini hanya untuk membaca perubahan yang terjadi dalam suatu aliran fluida jika dalam fluida tersebut ditambahkan suatu *agent* dalam kuantitas tertentu, serta karakteristik dari salah satu jenis fluida Non-Newtonian. Jadi untuk faktor-faktor lain selain di atas belum sempat dilakukan penelitian. Dan untuk properti dari *agent* yang akan digunakan diambil dari *literature* yang telah dicantumkan referensinya.

1.5 METODE PENULISAN

Dalam penyusunan skripsi ini, digunakan beberapa macam metode penulisan yaitu:

1.5.1 Konsultasi dengan dosen pembimbing

Tujuan dari konsultasi dengan dosen pembimbing adalah untuk merumuskan tema yang akan dibahas dalam skripsi serta alat uji yang harus dibuat untuk mendukung penelitian pada tema skripsi tersebut dan memperoleh informasi mengenai dasar teori yang digunakan dalam pengolahan data yang akan dilakukan serta hasil yang hendak diperoleh dari penelitian tersebut.

1.5.2 Membuat alat uji di laboratorium

Membuat alat uji di laboratorium sesuai dengan rancangan awal yang telah dikonsultasikan dengan dosen pembimbing, serta mengenai bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian tersebut.

1.5.3 Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari penelitian tersebut selanjutnya dibandingkan dengan dasar teori yang telah dijelaskan oleh dosen pembimbing, data-data dan keterangan didapat dari studi percobaan (data percobaan), studi *literature* (dari sumber-sumber yang berhubungan dengan penelitian) serta melakukan diskusi dengan tim skripsi dan dosen pembimbing.

1.5.4 Pengolahan Data

Data mentah dari penelitian kemudian dimasukkan ke dalam persamaan-persamaan yang terdapat pada dasar teori sehingga didapat data yang dibutuhkan yang kemudian digunakan untuk melakukan analisis dan proses selanjutnya.

1.5.5 Analisa Data

Data-data dari hasil pengolahan digunakan untuk menganalisis hubungan antara tegangan geser dan gradient kecepatan serta hubungan antara *friction factor* dan bilangan Reynolds. Dari hubungan antara tegangan geser dan gradient kecepatan maka dapat diketahui karakteristik dari fluida Non-Newtonian tersebut.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan skripsi ini dibuat dalam beberapa bab yang pada setiap bab dibedakan menurut pembahasannya, yaitu:

Bab I:

Pada bab pertama ini akan dibahas mengenai latar belakang permasalahan, tujuan penelitian, metode penelitian, batasan permasalahan yang dibahas, metode penulisan yang dipakai, dalam hal ini bagaimana penulis mendapatkan informasi mengenai penelitian ini serta sistematika penulisan.

Bab II

Landasan teori, jenis-jenis fluida, jenis aliran fluida dalam pipa, sifat-sifat fluida, persamaan umum mekanika fluida, secara umum akan dipaparkan pada bab kedua ini.

Bab III

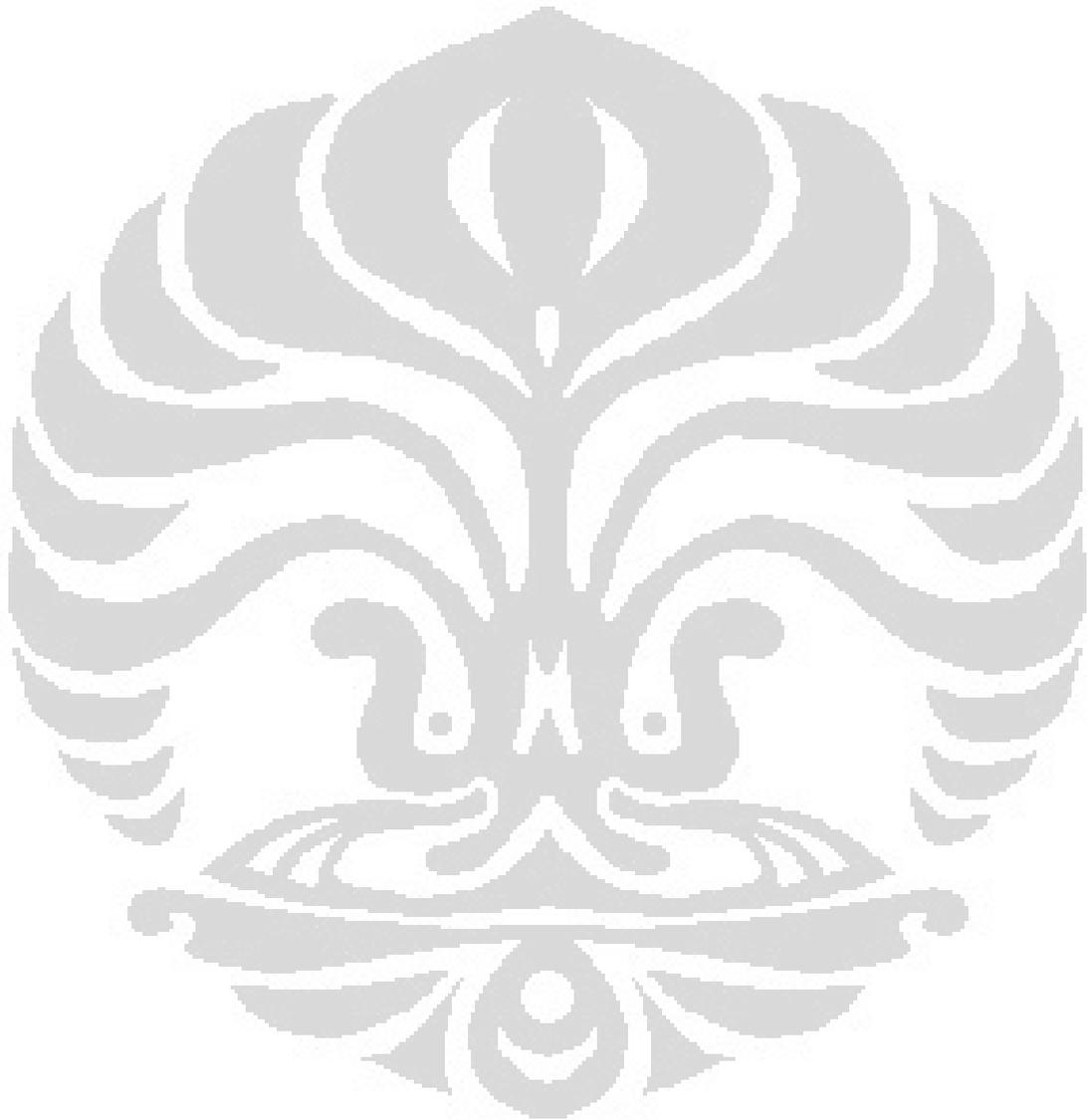
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai alat uji yang dipakai, mulai dari perancangan kasar, konsep pengujian yang akan dilakukan, proses pembuatan alat, peralatan-peralatan pendukung dalam pengujian, kondisi dalam pengujian serta prosedur pengujian dan pengambilan data.

Bab IV

Bab ini menjelaskan mengenai pengolahan dari data yang sudah didapat dari percobaan-percobaan yang dilakukan, data nominal secara tabel, data grafik yang dihasilkan, hasil dari pengujian kasar serta analisa dari hasil penelitian dan percobaan yang telah dilakukan.

Bab V

Bab ini merupakan bab penutup. Pada bab ini akan diberikan kesimpulan akhir serta saran seandainya dari penelitian ini akan dilanjutkan kembali suatu saat oleh mahasiswa lain sehingga akan dapat lebih mendekati kesempurnaan.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 KLASIFIKASI FLUIDA

Fluida merupakan suatu zat yang tidak mampu menahan gaya geser yang bekerja sehingga akan mengalami deformasi. Fluida dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian tetapi secara garis besar fluida dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu :

2.1.1 Fluida Newtonian

Fluida Newtonian adalah suatu jenis fluida yang memiliki kurva *shear stress* dan gradient kecepatan yang linier, seperti air, udara, ethanol, benzene, dan lain-lain. Fluida Newtonian akan terus mengalir dan viskositas fluida tidak berubah sekalipun terdapat gaya yang bekerja pada fluida. Viskositas fluida akan berubah jika terjadi perubahan temperatur. Pada dasarnya fluida Newtonian adalah fluida yang mengikuti hukum Newton tentang aliran dengan persamaan :

$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

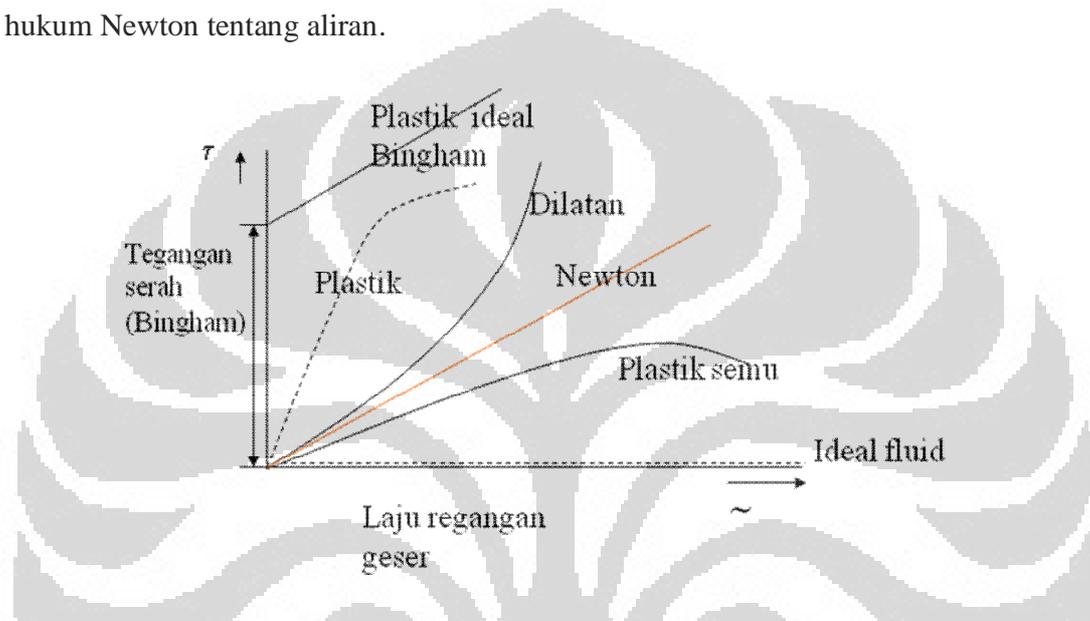
τ = Tegangan geser pada fluida

μ = Viskositas dinamik fluida

$\frac{\partial u}{\partial y}$ = Gradient kecepatan fluida

2.1.2 Fluida Non-Newtonian

Fluida Non-Newtonian adalah fluida yang tidak tahan terhadap tegangan geser (*shear stress*), gradient kecepatan (*shear rate*), dan temperatur seperti cat, minyak pelumas, darah, bubur kertas, obat-obatan cair, dan lain-lain. Viskositas fluida Non-Newtonian merupakan fungsi dari waktu dimana gradient kecepatannya tidak linier dan tidak mengikuti hukum Newton tentang aliran.



Gambar 2.1 Hubungan antara *shear stress* - *shear rate* pada fluida Non-Newtonian

Ada beberapa model pendekatan untuk fluida Non-Newtonian, antara lain:

a) Bingham Plastic

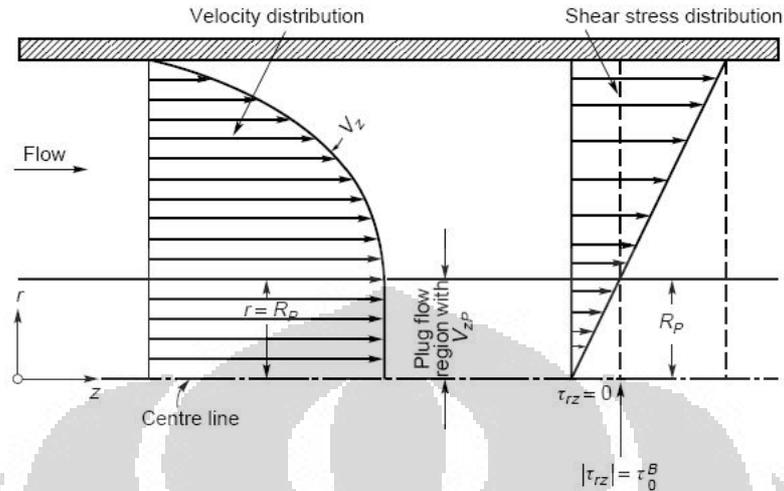
Bingham plastic adalah suatu model pendekatan fluida Non-Newtonian dimana viskositasnya sangat bergantung pada *shear stress* dari fluida tersebut, dimana semakin lama viskositasnya akan menjadi konstan. Persamaan untuk model ini sebagai berikut:

$$\tau = \tau_y + \mu_p \frac{\partial u}{\partial y} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

$\tau < \tau_y$ = zat padat

$\tau > \tau_y$ = fluida Newton



Gambar 2.2 Distribusi Kecepatan *bingham plastic fluid* pada pipa

b) Pseudoplastic (plastic semu)

Pseudoplastic adalah suatu model pendekatan fluida Non-Newtonian dimana viskositasnya cenderung menurun tetapi *shear stress* dari fluida ini akan semakin meningkat, misalnya *vinil acetate/vinylpyrrolidone co-polymer* (PVP/PA). Persamaan untuk model ini sebagai berikut :

$$\tau = K \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^n, n < 1 \dots \dots \dots (3)$$

c) Dilatant

Dilatant adalah suatu model pendekatan fluida Non-Newtonian dimana viskositas dan *shear stress* dari fluida ini akan cenderung mengalami peningkatan, misalnya pasta. Persamaan untuk model ini sebagai berikut :

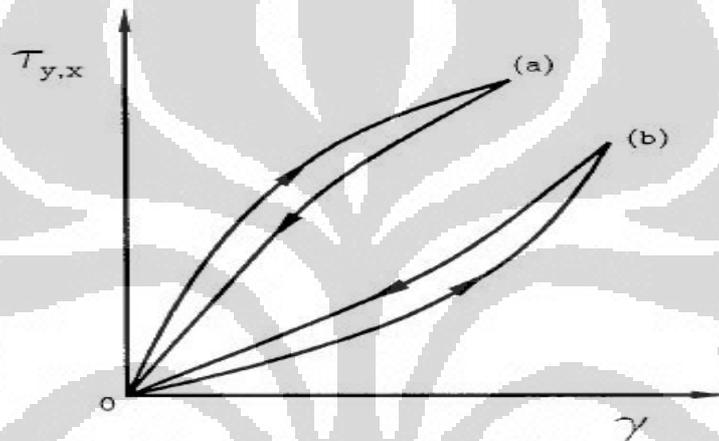
$$\tau = K \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^n, n > 1 \dots \dots \dots (4)$$

d) Penggolongan lain

- Thixotropic (*shear thinning*), fluida dimana viskositasnya berubah tergantung pada waktu dimana seolah-olah semakin lama semakin berkurang meskipun laju gesernya tetap.

Apabila terdapat gaya yang bekerja pada fluida ini maka viskositasnya akan menurun, misalnya cat, campuran tanah liat (*clay*), dan berbagai jenis gel.

- Rheopectic (*shear thickening*), fluida dimana viskositasnya berubah tergantung pada waktu dimana seolah-olah semakin lama semakin besar, misalnya minyak pelumas dimana viskositasnya akan bertambah besar saat minyak pelumas tersebut mengalami guncangan. Dalam hal ini fluida rheopectic jika ada suatu gaya yang akan bekerja padanya maka viskositasnya akan bertambah.



Gambar 2.3 Hubungan *shear stress* (τ) - *shear rate* (γ) pada thixotropic (a) dan rheopectic (b) yang tergantung pada waktu

Pada fluida Non-Newtonian secara umum hubungan tegangan geser (*shear stress*) dan gradient kecepatan (*shear rate*) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\tau = K \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^n = K (\gamma)^n \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

K = Indeks konsistensi

τ = Tegangan geser

n = Indeks perilaku aliran (*power law index*)

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \gamma = \text{Laju aliran}$$

Dengan :

$$\tau = \frac{D\Delta P}{4L} \dots\dots\dots (6)$$

$$\gamma = \frac{8V}{D} \dots\dots\dots (7)$$

2.2 ALIRAN FLUIDA DALAM PIPA

Dalam suatu aliran yang melewati sistem atau instalasi pipa maka terjadi suatu hambatan aliran dimana hambatan tersebut disebabkan oleh faktor-faktor bentuk instalasi. Hambatan tersebut dapat menyebabkan turunnya energi dari fluida tersebut yang sering disebut dengan kerugian tinggi tekanan (*head loss*) atau penurunan tekanan (*pressure drop*) yang disebabkan oleh pengaruh gesekan fluida (*friction losses*) dan perubahan pola aliran terjadi karena fluida harus mengikuti bentuk dari dindingnya.

2.2.1 Klasifikasi Aliran Fluida

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh HGL.Hagen (1839) penurunan tekanan berubah secara linier dengan kecepatan sampai kira-kira 0,3 m/s. Namun, di atas sekitar 0,66 m/s penurunan tekanan hampir sebanding dengan kecepatan kuadrat kecepatan ($\Delta P \approx V^{1,75}$). Pada tahun 1883 Osborne Reynolds menunjukkan bahwa penurunan tekanan tergantung pada parameter: kerapatan (ρ), kecepatan aliran (V), diameter (D), dan *viscositas absolute* (μ) yang selanjutnya dikenal dengan bilangan Reynolds. Penurunan tekanan merupakan fungsi dari faktor gesekan (λ) dan kekerasan relatif dari dinding pada (ε/D) [4], jadi:

$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{\varepsilon}{D}\right) \dots\dots\dots (8)$$

Menurut Henry Darcy (1857) yang melakukan eksperimen aliran dalam pipa menyatakan kekerasan mempunyai efek sehingga didapatkan faktor gesekan darcy (λ) atau disebut dengan formulasi Darcy-Weisbach sebagai berikut:

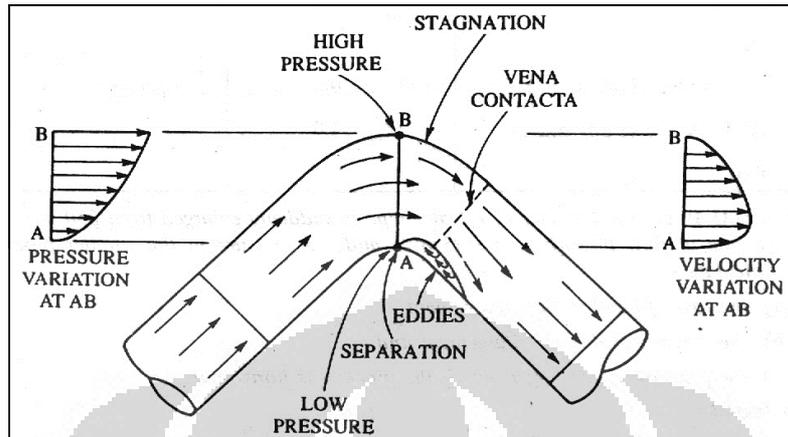
$$hf = \frac{\lambda L}{D(V^2 / 2g)} \dots\dots\dots (9)$$

Dari persamaan di atas didapat beberapa bentuk fungsi dari (λ) atau (f). Persamaan fanning umumnya digunakan untuk menghitung faktor gesekan dimana zat kimia penyusunnya lebih diperhatikan (untuk fluida lebih dari satu *phase*). Nilai faktor gesekan dapat dikonversi ke formula Darcy menjadi sebagai berikut :

$$[f_{Darcy} = 4 \times f_{fanning}] \dots\dots\dots (10)$$

Pada pola aliran dalam pipa horizontal terdapat efek gravitasi dimana fluida yang lebih berat akan berada di bagian bawah dan yang lebih ringan berada di atas. Hal ini dimungkinkan karena perbedaan berat jenis dari fluida tersebut. Bentuk lain dari pola ini dapat berubah karena efek ini dimana aliran akan terbagi menjadi dua lapisan.

Pada pipa juga terjadi kerugian *head* pada aliran yang disebut *minor losses*. Dimana kerugian ini terjadi pada siku, sambungan, katup, belokan yang disebabkan oleh pembesaran mendadak yang menyebabkan terjadinya perbedaan kecepatan dan tekanan sehingga terjadi *losses* pada sistem pipa.



Gambar 2.4 Salah satu kerugian *head* yang disebabkan oleh belokan

Metode yang paling umum digunakan untuk menentukan kerugian *head* ataupun tekanan dengan menentukan kerugian gesek lengkung pada pipa spiral lengkung adalah:

$$\xi = (\Delta h) / \left(\frac{v^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (11)$$

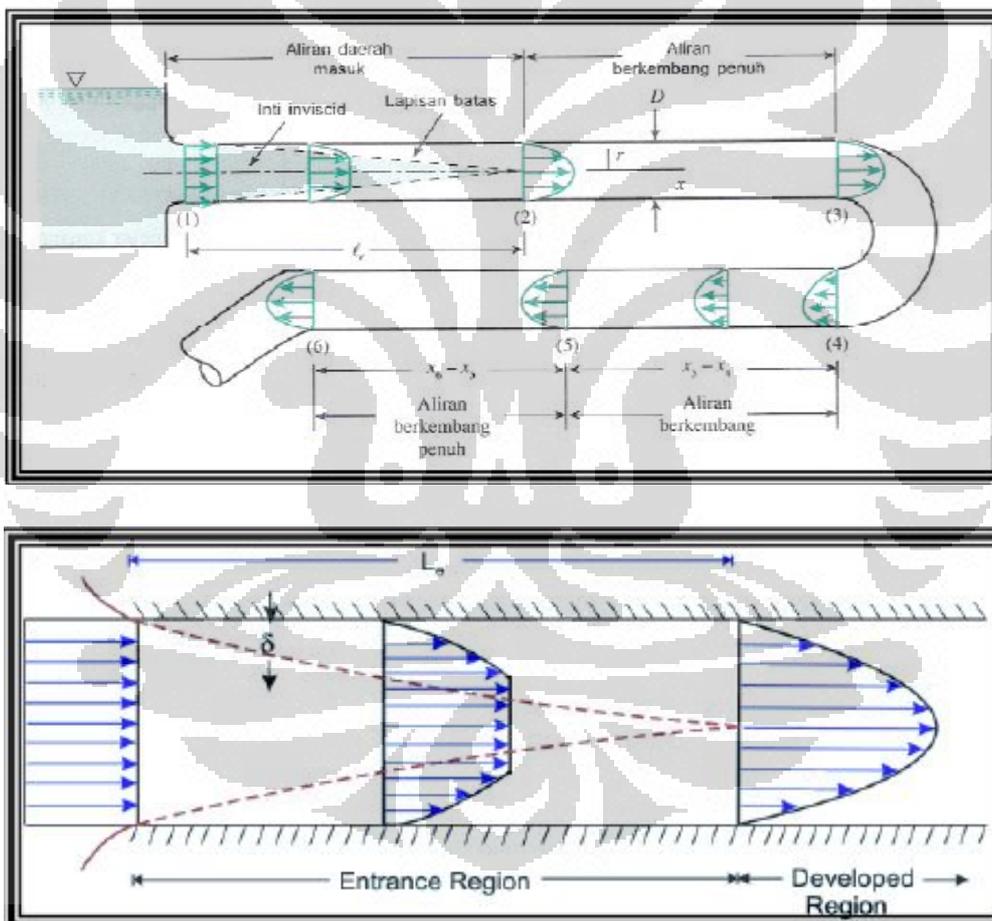
2.2.2 Aliran Laminar dan Turbulen

Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar pada lapisan yang bersebelahan dengan saling bertukar momentum secara molekuler saja. Kecenderungan ke arah ketidakstabilan dan turbulensi diredam habis oleh gaya-gaya geser viskos yang memberikan tahanan terhadap gerakan relatif lapisan-lapisan fluida yang bersebelahan.

Dalam aliran turbulen, partikel-partikel fluida bergerak dalam lintasan-lintasan yang sangat tidak teratur, dengan mengakibatkan pertukaran momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain. Aliran turbulen dapat berskala kecil yang terdiri dari sejumlah besar pusaran-pusaran kecil yang cepat yang mengubah energi mekanik menjadi ketidakmampubalikan melalui kerja viskos, atau dapat berskala besar seperti pusaran-pusaran besar yang berada di sungai atau hampasan udara. Pusaran-pusaran besar membangkitkan pusaran-pusaran yang kecil yang pada gilirannya menciptakan turbulensi berskala kecil. Aliran turbulen berskala kecil mempunyai fluktuasi-fluktuasi kecil kecepatan

yang terjadi dengan frekuensi yang tinggi. Pada umumnya, intensitas turbulensi meningkat dengan meningkatnya Bilangan Reynolds.

Ketika aliran melewati awal ujung pipa, distribusi kecepatan didalam pipa mempunyai bentuk yang tidak teratur yang disebut aliran sedang berkembang. Kondisi ini akan semakin berubah seiring bertambahnya panjang dari inlet. Distribusi kecepatan yang terjadi masing-masing mengalami perubahan bentuk kontur. Setelah aliran mengalami *fully developed flow* atau berkembang penuh, maka distribusi kecepatan akan seragam untuk jarak dari inlet semakin panjang. Untuk aliran laminar, panjang hidrodinamik untuk mencapai keadaan *fully developed flow* adalah kurang lebih 120 kali diameter dalam pipa.



Gambar 2.5 Perilaku aliran dalam pipa dari aliran sedang berkembang hingga aliran berkembang penuh

Dalam suatu aliran yang melewati sistem atau instalasi pipa maka terjadi suatu hambatan aliran. Hambatan tersebut disebabkan oleh faktor-faktor bentuk instalasi. Hambatan tersebut dapat menyebabkan turunnya energi dari fluida yang sering disebut dengan kerugian tekanan (*head loss*) atau penurunan tekanan (*pressure drop*) yang disebabkan oleh pengaruh gesekan fluida (*friction losses*) dan perubahan pola aliran. Pada kondisi aliran laminar, hambatan gesek tersebut hanya dipengaruhi oleh kekentalan fluida. Namun, pada aliran turbulen hambatan tersebut dipengaruhi oleh kekentalan fluida dan kekasaran permukaan pipa.

Pada tahun 1883 Osborne Reynolds menunjukkan bahwa penurunan tekanan tergantung pada parameter : kerapatan (ρ), kecepatan aliran (V), diameter (D) dan viskositas dinamik (μ) yang selanjutnya dikenal dengan bilangan Reynolds. Penurunan tekanan merupakan fungsi dari faktor gesekan (f) dan kekerasan relatif dari dinding (ϵ/D).

$$f = \phi\left(\text{Re}, \frac{\epsilon}{D}\right) \dots\dots\dots (12)$$

Hambatan gesek menyebabkan kerugian jatuh tekanan, Δh . Nilai Δh ini didapatkan dari persamaan Darcy dan Weisbach (1806-1871):

$$\Delta h = f \left(\frac{L}{D} \right) \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana f adalah koefisien gesek Darcy dan dapat ditentukan dengan rumus $f = \frac{64}{\text{Re}}$ untuk aliran laminar. Terlihat hubungan yang linear antara koefisien gesek dengan bilangan Reynolds, sedangkan untuk aliran turbulen nilai koefisien gesek tersebut banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor lain misalnya kekasaran permukaan pipa. Kekasaran permukaan pipa menjadi faktor yang dominan dalam menentukan besarnya koefisien gesek yang terjadi.

Nilai kekasaran permukaan dinotasikan dengan simbol e dapat ditentukan dengan rumus:

$$\epsilon = \frac{e}{D} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana : ϵ adalah kekasaran relatif.

Pengaruh kekasaran permukaan pipa diteliti secara luas pertama kali oleh Nikuradse. Hasil dari percobaannya menunjukkan bahwa kekasaran permukaan sangat mempengaruhi aliran pada bilangan Reynolds tinggi, nilai koefisien gesek tergantung pada bilangan Reynolds. Von Karman menurunkan rumus untuk aliran turbulen dengan memasukkan kekasaran permukaan. Hasil dari penurunan rumus tersebut adalah:

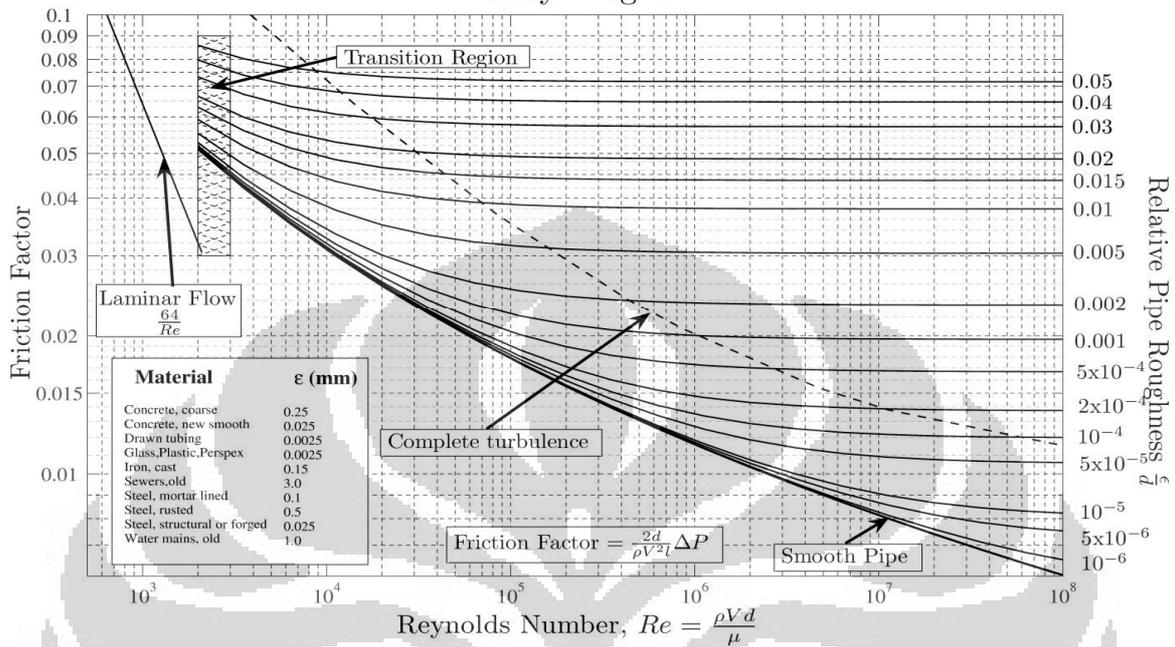
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 + 2 \log \frac{D}{e} \dots\dots\dots(15)$$

Persamaan Blasius juga menggambarkan nilai koefisien gesek untuk aliran turbulen yaitu:

$$f = 0.3164 \text{Re}^{-\frac{1}{4}} \dots\dots\dots (16)$$

Lewis F. Moody (1880-1953) mengembangkan hasil percobaan Nikuradse ke dalam bentuk model matematika dan berhasil memplot sebuah grafik hubungan koefisien gesek dengan bilangan Reynolds pada aliran turbulen dengan variasi kekasaran permukaan. Grafik tersebut dikenal dengan nama diagram Moody.

Moody Diagram



Gambar 2.6 Diagram Moody

2.3 SIFAT-SIFAT FLUIDA

Ada beberapa sifat fluida yang perlu diketahui, antara lain :

2.3.1 Density

Density adalah jumlah zat yang terkandung di dalam suatu unit volume. Semua fluida memiliki sifat ini. Sifat ini terbagi menjadi tiga bentuk, yaitu:

a) Densitas massa

Densitas massa adalah perbandingan jumlah massa dan jumlah volume dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (17)$$

Dimana m adalah massa dan v adalah volume dengan unit density adalah kg/m^3 dan dengan dimensi ML^{-3} dimana standar tekanan $P = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ dan temperatur $T = 288.15 \text{ K}$, misalnya ρ air = 1000 kg/m^3 .

b) Berat spesifik

Berat spesifik adalah nilai densitas massa dikalikan dengan gravitasi dengan persamaan sebagai berikut:

$$\gamma = \rho g \dots\dots\dots (18)$$

Dimana unit berat spesifik adalah N/m^3 dan dengan dimensi $\text{ML}^{-3}\text{T}^{-2}$ dengan nilai γ air adalah $9.81 \times 10^3 \text{ N/m}^3$.

c) Densitas relatif

Densitas relatif atau *specific gravity* (s.g) adalah perbandingan antara densitas massa dengan berat spesifik suatu zat terhadap densitas massa atau berat spesifik dari suatu zat standar, dimana yang dianggap memiliki nilai zat standar adalah air pada temperatur 4^0C dimana densitas relatif tidak memiliki satuan.

Pada fluida Non-Newtonian khususnya *slurry* dimana densitas dari fluida ini dinyatakan dalam bentuk persentase konsentrasi padatan (C_w) dengan persentase antara padatan dengan air sebagai pelarutnya seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$C_w = \frac{C_v \rho_s}{C_v \rho_s + (100 - C)} = \frac{C_v \rho_s}{\rho_m} \dots\dots\dots (19)$$

2.3.2 Viskositas

Viskositas (kekentalan) adalah ukuran ketahanan fluida terhadap tegangan geser pada dinding dimana fluida tersebut mengalir. Hukum viskositas pada fluida Newtonian menyatakan bahwa laju aliran dikalikan dengan viskositas berbanding lurus terhadap tegangan geser.

Pada dasarnya viskositas disebabkan karena kohesi dan pertukaran momentum molekuler diantara lapisan layer fluida pada saat fluida tersebut mengalir. Viskositas fluida ini dipengaruhi oleh banyak hal, misalnya temperatur, konsentrasi larutan, bentuk partikel, dan lain-lain. Viskositas dinyatakan dalam dua bentuk, antara lain:

a) Viskositas dinamik

Viskositas dinamik adalah perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya, besar nilai viskositas dinamik tergantung dari faktor seperti yang dijelaskan sebelumnya. Untuk viskositas dinamik air pada temperatur lingkungan $T = 27^{\circ}\text{C}$ adalah $8.6 \times 10^{-4} \text{ kg/ms}$.

b) Viskositas kinematik

Viskositas kinematik adalah perbandingan viskositas dinamik terhadap *density* (kerapatan) massa jenis dari fluida tersebut. Viskositas ini terdapat dalam beberapa penerapan antara lain dalam bilangan Reynolds yang merupakan bilangan tak berdimensi. Nilai viskositas kinematik air pada temperatur standar $T = 27^{\circ}\text{C}$ adalah $8.7 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

Pada fluida Non-Newtonian viskositasnya ditentukan oleh *Apperant Viscosity* (kekentalan sesaat) karena fluida Non-Newtonian tersebut memiliki suatu sifat histerisis, hal ini disebabkan sulitnya mencari viskositas aslinya.

2.3.3 Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds adalah bilangan yang tak berdimensi yang digunakan untuk menentukan sifat pokok aliran, apakah laminar atau turbulen, serta posisi relatifnya pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen terhadap kecenderungan laminar. Reynolds menemukan bahwa aliran selalu menjadi laminar bila kecepatannya diturunkan sedemikian sehingga bilangan Re lebih kecil dari 2000. Untuk instalasi pipa biasa, aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen dalam daerah bilangan Re dari 2000 sampai 4000 (Steeter, V.L., 1996). Di atas nilai 4000 akan menghasilkan aliran turbulen dan intensitas turbulensi meningkat dengan meningkatnya Bilangan Reynolds. Untuk pipa bundar yang mengalir penuh berlaku persamaan :

$$Re = \frac{Vd\rho}{\mu} = \frac{Vd}{\nu} \dots\dots\dots (20)$$

Dimana :

V = Kecepatan rata-rata aliran [m/s]

d = Diameter dalam pipa [m]

ν = viskositas kinematik fluida [m²/s]

μ = viskositas dinamik fluida [kg/ms]

Analisis lebih lanjut terhadap persamaan Bilangan Reynolds dapat dijelaskan bahwa untuk nilai Re yang besar atau dengan kata lain semua suku dalam pembilang adalah besar dibandingkan penyebut, ini secara tidak langsung menyatakan adanya fluida yang meluas, kecepatan yang tinggi, kerapatan yang besar, viskositas yang sangat kecil atau gabungan hal-hal ekstrim ini. Suku-suku pembilang mempunyai kaitan dengan gaya inersia atau gaya yang diakibatkan oleh percepatan atau perlambatan fluida. Suku penyebut merupakan penyebab gaya geser viskos. Jadi parameter Bilangan Reynolds juga dipandang sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya viskos.

2.4 PERSAMAAN FLUIDA

2.4.1 Laju Aliran Volume

Laju aliran volume disebut juga debit aliran (Q) yaitu jumlah volume aliran per satuan waktu. Debit aliran dapat dituliskan pada persamaan sebagai berikut :

$$Q = A V \dots\dots\dots (21)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran [m/s]

A = Luas penampang pipa [m]

Q = Debit aliran [m²/s]

Selain persamaan di atas dapat juga menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \frac{v}{t} \dots\dots\dots (22)$$

Dimana :

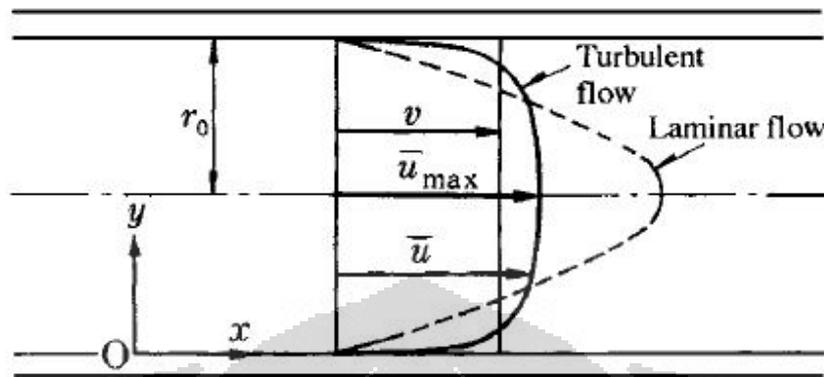
v = Volume aliran [m³]

Q = Debit aliran [m²/s]

t = waktu aliran [s]

2.4.2 Distribusi Kecepatan

Distribusi kecepatan adalah distribusi aliran dalam pipa antara jarak aliran terhadap permukaan pipa. Distribusi aliran ini berbeda antara aliran laminar dan aliran turbulen. Distribusi aliran digunakan untuk melihat profil aliran kecepatan dalam pipa.



Gambar 2.7 Distribusi kecepatan laminar dan turbulen pada pipa bulat

Untuk aliran laminar maka berlaku persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{2} v_c \dots \dots \dots (23)$$

$$v = v_c \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) = v_c \left(1 - \frac{(R - y)^2}{R} \right) \dots \dots \dots (24)$$

Dimana :

V = Kecepatan rata-rata aliran [m/s]

v_c = Kecepatan aliran pada pusat pipa [m/s]

v = Kecepatan aliran dalam jarak r atau y waktu aliran [m/s]

r = Jarak kecepatan aliran v dari titik pusat diameter dalam pipa [m]

y = Jarak kecepatan aliran v dari permukaan dalam pipa [m]

R = Jari-jari pipa [m]

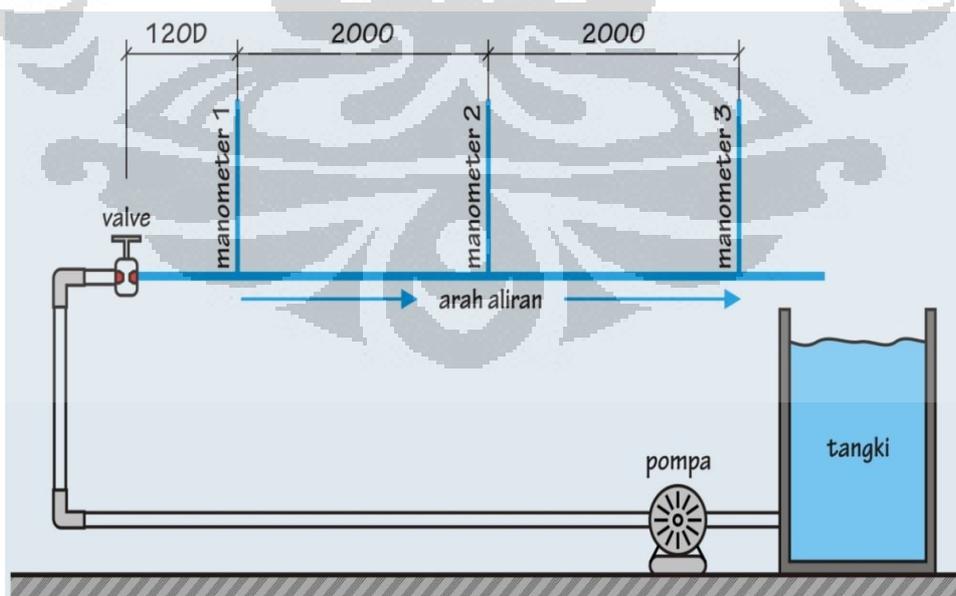
BAB III

DESKRIPSI ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

3.1 RANCANGAN ALAT UJI

Pada penelitian ini alat uji dirancang sendiri berdasarkan dasar teori dan pengalaman dari dosen pembimbing. Alat uji ini dirancang sebagai alat uji dengan skala laboratorium, yaitu penggunaan alat yang hanya ditunjukkan untuk penelitian dan pengambilan data dari sampel fluida yang akan dilakukan penelitian.

Rancangan alat uji seperti terlihat pada gambar 3.2 dimana alat uji adalah sebuah pipa akrilik dengan panjang pipa 6 m, diameter luar (\emptyset out) 12,7 mm, dan diameter dalam (\emptyset in) 11 mm. Pipa ini dihubungkan dengan pompa, dimana pompa digunakan untuk menyedot air yang ada di dalam tangki untuk dialirkan dalam pipa akrilik. Pada alat uji dipasang tiga buah *pressure gauge*, dimana *pressure gauge* pertama terpasang pada jarak $120 \times D$ -in, *pressure gauge* kedua $120 \times D$ -in + 2 m dan *pressure gauge* ketiga terpasang $120 \times D$ -in + 4 m dari ujung valve.



Gambar 3.1 Rencana setup alat



Gambar 3.2 Instalasi alat uji pipa bulat

3.2 PERALATAN PENDUKUNG

Pada alat uji ini terdapat beberapa komponen yang digunakan antara lain :

3.2.1 Pompa Air

Pada prinsipnya pompa air ini digunakan untuk mensirkulasikan campuran polimer dan fluida air murni dari tangki penampungan ke dalam *test section* pada pengujian. Oleh karena itu, pertimbangan pemilihan spesifikasi pompa didasarkan pada aliran campuran polimer dan fluida air murni yang dibutuhkan dalam proses pengujian. Adapun spesifikasi dari pompa adalah sebagai berikut:

Spesifikasi	
Kapasitas maksimum	42 liter/menit
Head hisap (<i>Suction Head</i>)	9 meter
Head keluaran (<i>Discharge Head</i>)	24 meter
Total head	33 meter
Input – Output	1 Inchi x 1 Inchi
Daya	125 Watt



Gambar 3.3 Pompa Air

3.2.2 Tangki Air

Tangki air berfungsi untuk menampung fluida yang akan di uji. Fluida yang mengalir melalui pipa saluran akan kembali ke tangki melalui keluaran pipa.



Gambar 3.4 Tangki Air

3.2.3 Valve/Katup

Valve/katup ini digunakan untuk mengatur jumlah debit yang mengalir. Jenis valve yang digunakan adalah *Ball valve*. Tujuannya agar dapat diatur variasi pembukaan yang sangat banyak. Pada valve ini terdapat busur derajat yang fungsinya untuk menentukan berapa derajat pembukaan dari valve tersebut.



Gambar 3.5 Valve dengan busur derajat

3.2.4 Manometer

Manometer digunakan untuk mengukur beda ketinggian (Δh) yang terjadi antara tiga titik manometer pada pipa penguji.



Gambar 3.6 Manometer

3.2.5 Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur temperatur dari fluida yang dialirkan dalam alat uji. Pada percobaan ini digunakan termometer air raksa.



Gambar 3.7 Termometer air raksa

3.2.6 Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume dan berat fluida yang keluar dari pipa uji dalam waktu tertentu.



Gambar 3.8 Gelas Ukur

3.2.7 Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk menghitung berapa waktu yang diperlukan oleh sebuah fluida untuk memenuhi suatu volume tertentu.



Gambar 3.9 Stop Watch

3.2.8 Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur massa dari fluida yang ditampung pada gelas ukur. Timbangan yang digunakan pada pengujian ini adalah timbangan digital.



Gambar 3.10 Timbangan Digital

3.2.9 Pipa Penyalur

Pipa ini terdiri dari pipa PVC dengan ukuran 1/2 inci. Dimana pipa ini diinstalasi sesuai gambar rancangan yang telah disetujui oleh dosen pembimbing.



Gambar 3.11 Pipa Penyalur

3.3 PROSEDUR PENGAMBILAN DATA

Saat aliran sudah *steady* pada pembukaan penuh katup, dan pada manometer sudah tidak ada gelembung dan ketinggian dari *head* yang terbaca sudah stabil, kita bisa memulai pengambilan data.

Variasi kecepatan aliran diperoleh dengan cara mengatur pembukaan atau penutupan pada katup utama yang berada di ujung awal pipa acrylic, dimana variasi buka-tutup katup yang digunakan adalah penutupan dari 90° (valve membuka penuh) sampai dengan 20° (valve hampir menutup) dan dari 20° membuka ke 90° . Variasi pembukaan valve adalah sebesar 5° , hal ini bertujuan untuk mendapatkan variasi data yang lebih banyak. Dan untuk ketepatan penutupan atau pembukaan katup ini dipasangkan busur derajat dan jarum penunjuk pada katup. Di bawah 20° tidak dilakukan karena dibawah 20° perbedaan tekanan pada manometer ketiga sudah tidak dapat terbaca.

Konsentrasi penambahan cairan tinta ini dilakukan dalam 3 (tiga) variasi konsentrasi, dimana untuk yang pertama adalah pencampuran sebanyak 3ppm, yang kedua adalah sebanyak 6ppm dan ketiga adalah sebanyak 9ppm. Tujuan dari perbedaan penambahan ini adalah untuk melihat seberapa signifikan pengaruh larutan tinta sebagai *agent* dalam fluida sebagai *accelerator* aliran. Dalam percobaan ini temperatur tiap menit selalu di monitoring.

3.4 TAHAP PENGUJIAN

Tahap pengujian dalam pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Mengisi tanki dengan fluida air murni.
2. Memasang termometer pada tangki untuk mengetahui temperatur fluida.
3. Campurkan larutan tinta sebanyak 3ppm, 6ppm dan 9ppm secara bertahap dan pastikan campuran tinta sudah diaduk dan tercampur secara merata.
4. Membuka semua katup agar fluida bisa mengalir dan mencapai keadaan stabil.
5. Menghidupkan pompa dan biarkan sampai aliran stabil.
6. Melihat temperatur pada termometer yang dipasang pada tangki.
7. Pastikan tidak ada udara yang terjebak pada pipa kapiler dan ketinggian *head* sudah tidak berubah lagi (sudah *steady*) agar pembacaan tidak terganggu.
8. Data pertama yang dibaca adalah ketinggian dari masing-masing manometer 1, 2 dan manometer 3.
9. Lalu dilanjutkan dengan pengukuran debit fluida yang keluar dengan bantuan gelas ukur, timbangan digital dan stopwatch. Caranya adalah debit air yang tertampung di gelas ukur selama ± 6 detik lalu ditimbang beratnya dengan menggunakan timbangan digital.
10. Setelah data didapat, valve diputar menutup sebesar 5° dan menunggu kembali sampai aliran stabil.
11. Lalu kita ulangi kembali pengukuran di langkah ke 8 dan 9 sampai valve menutup di 20° .
12. Setelah valve menutup sampai pada 20° , lalu valve di buka kembali sebesar 5° untuk data pembukaan
13. Setelah semua data dicatat lalu dilakukan pengolahan data serta dianalisa hasil dari pencatatan data, dan tidak lupa alat-alat dibereskan dan pompa dimatikan kembali.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 PERHITUNGAN DATA

Dari percobaan yang telah dilakukan, didapatkan beberapa parameter yang akan dipakai dalam perhitungan data untuk analisa. Pertama adalah perbedaan tekanan yang terjadi pada manometer (Δh). Lalu ada data debit dari aliran pada setiap bukaan dan tutupan katup utama untuk seluruh variasi konsentrasi campuran fluida dan *agent*, debit ini didapat dengan cara menghitung jumlah fluida yang tertampung persatuan waktu dibantu oleh stopwatch dan gelas ukur. Massa jenis campuran yang didapat dengan mengukur berat dari fluida atau fluida yang telah tercampur dibandingkan dengan jumlah total volume fluida atau fluida yang telah tercampur. Adapula data kecepatan aliran yang didapat dari hasil pembagian debit yang ada dengan luas penampang pipa.

Dalam pengambilan data terdapat 3 (tiga) variasi konsentrasi campuran yang digunakan yaitu 3ppm, 6ppm dan 9ppm.

4.1.1 Fluida Tanpa Campuran

Data pertama yang kita ambil adalah data air yang belum dicampur larutan tinta. Data ini akan kita gunakan sebagai komparator dari data yang telah dicampur larutan. Pada pengambilan data yang diperhatikan adalah perbedaan *head* yang terjadi dan debit aliran yang didapat yaitu:

Tabel 4.1 Perbedaan *head* dan debit dari aliran fluida tanpa campuran

No	Katup	H1	H2	H3	U
1	90	1.733	1.041	0.391	1.586
2	85	1.705	1.021	0.378	1.576
3	80	1.683	1.009	0.375	1.563
4	75	1.63	0.980	0.368	1.532

5	70	1.638	0.982	0.365	1.540
6	65	1.597	0.961	0.362	1.513
7	60	1.589	0.957	0.361	1.509
8	55	1.511	0.937	0.397	1.428
9	50	1.378	0.829	0.311	1.394
10	45	1.220	0.737	0.281	1.297
11	40	0.880	0.538	0.214	1.068
12	35	0.560	0.362	0.174	0.784
13	30	0.451	0.164	0.078	0.673
14	25	0.405	0.269	0.139	0.636
15	20	0.254	0.164	0.078	0.504

Dari data-data di atas yang didapat dari percobaan di dalam laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Indonesia, kemudian diolah lagi untuk mendapatkan beberapa variabel yang akan digunakan sebagai komparator nilai dengan fluida yang terkonsentrasi oleh tinta seperti kecepatan aliran, densitas fluida, viskositas fluida, Reynolds number yang terjadi, gesekan yang terjadi pada pipa dan nilai blasiusnya.

Untuk kecepatan aliran kita dapatkan dengan membagi debit yang terjadi dengan luas penampang pipa. Sebagai contoh kita cari nilai kecepatan aliran pada bukaan katup 90° .

$$v = \frac{995.82 \left[\frac{m^3}{s} \right]}{0.00009 \left[m^2 \right]} = 1.27602 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Dan perhitungan ini dilakukan untuk semua bukaan katup pertama sampai dengan terakhir dan dilakukan juga untuk variasi katup yang menutup.

Untuk viskositas dan densitas dari fluida kita menggunakan bantuan perhitungan software yaitu refprop dengan data awal adalah temperatur fluida saat dilakukan percobaan.

Seperti yang sudah dipaparkan, untuk mencari Reynolds number kita menggunakan rumus dengan data awal adalah densitas fluida, diameter pipa, kecepatan aliran dan viskositas fluida. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$Re = \frac{995.82 \times 0.011 \times 1.26072}{0.00080937} = 17269.6323$$

Reynolds number ini dicari untuk setiap bukaan katup dan tutupan katup selama percobaan yang dilakukan.

Dan untuk nilai gesekan yang terjadi diperhitungkan dari data perbedaan *head* yang didapat pada setiap pipa kapiler. Nilai gesekan ini ada dua macam, yang pertama adalah nilai dari perhitungan perbedaan *head* antara pipa kapiler yang satu dan dua lalu untuk nilai yang kedua adalah perhitungan perbedaan nilai *head* antara pipa kapiler yang dua dan tiga. Perhitungannya untuk bukaan katup 90° variasi menutup adalah sebagai berikut:

$$f_1 = \frac{2 \times 9.81 \times 0.011 \times 0.4678}{2 \times 1.27602^2} = 0.031$$

Cara yang sama dilakukan untuk mencari nilai f_2 , yang berbeda hanya pada input nilai perbedaan *head* antara pipa kapiler dua dan tiga.

Dan terakhir kita hitung nilai blasiusnya sebagai bandingan dari gesekan di antara manometer 1,2 dan manometer 2,3 dengan rumus sebagai berikut:

$$f_{Blasius} = 0.3614 \times Re^{-0.25}$$

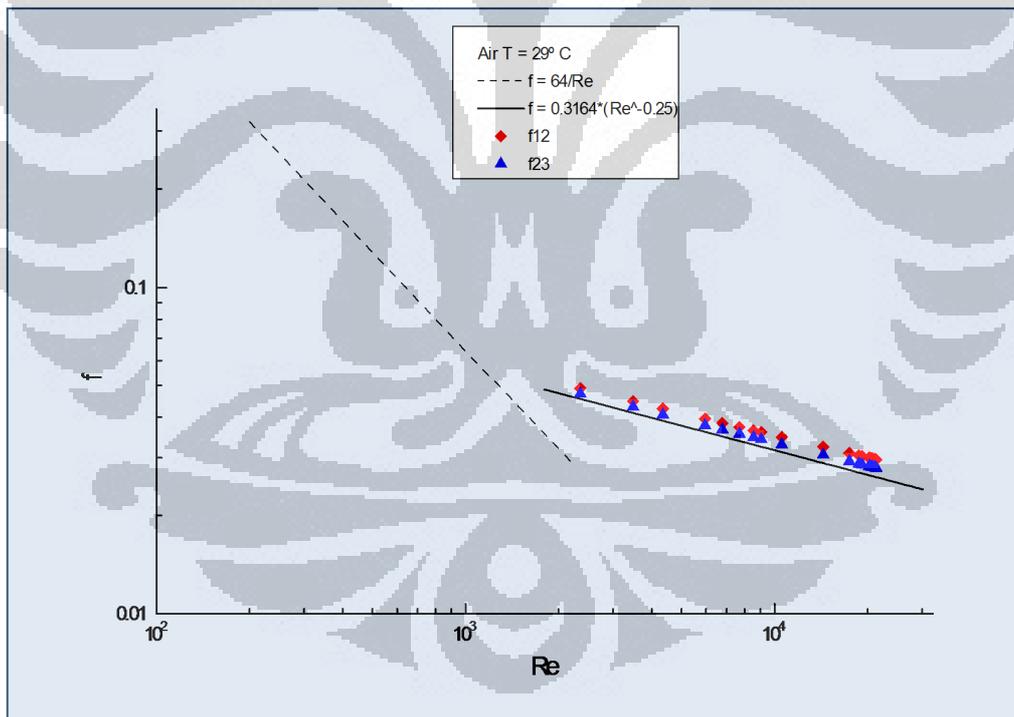
Berikut ini adalah data keseluruhan katup untuk nilai-nilai yang telah diperhitungkan di atas dan dimasukkan ke dalam tabel.

Tabel 4.2 Data perhitungan variasi untuk fluida air

No	Katup	Reynolds Number	f_1	f_2
1	90	2139	0.02966	0.02618
2	85	21192	0.02970	0.02622
3	80	21024	0.02976	0.02628
4	75	20601	0.02989	0.02641
5	70	20708	0.02986	0.02638

6	65	20352	0.02997	0.02649
7	60	20289	0.02999	0.02651
8	55	19201	0.03036	0.02688
9	50	18742	0.03052	0.02704
10	45	17439	0.03101	0.02753
11	40	14366	0.03238	0.02890
12	35	10548	0.03470	0.03122
13	30	9053	0.03592	0.03244
14	25	8548	0.03639	0.03291
15	20	6779	0.03835	0.03487

Dan dari data diatas kita buatkan grafik perbandingan antara gaya gesek yang terjadi dan nilai blasiusnya. Berikut adalah grafik yang terjadi:



4.1.2 Fluida dengan konsentrasi campuran 3ppm

Setelah nilai untuk air sudah kita dapatkan lalu kita lakukan percobaan dengan menggunakan tambahan tinta sebanyak 3ppm. dengan langkah-langkah yang sama dan diusahakan kondisi lingkungan yang sama.

Dan datanya sebagai berikut:

Tabel 4.3 Perbedaan *head* dan debit dari aliran fluida campuran 3ppm

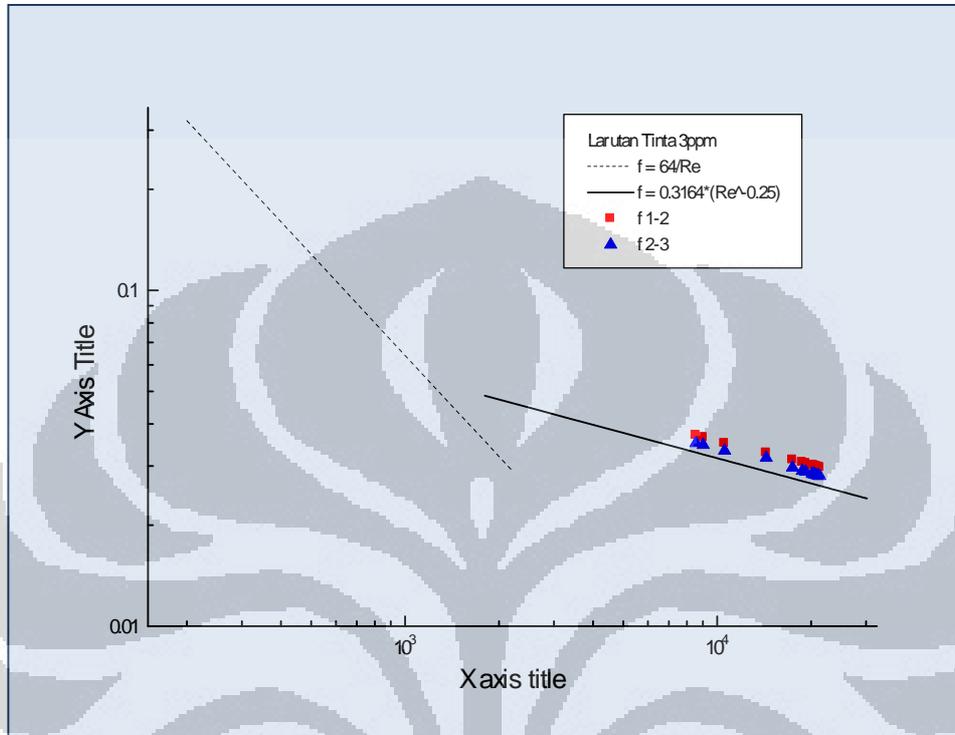
No	Katup	H1	H2	H3	U
1	90	1.795	1.092	0.429	1.599
2	85	1.783	1.091	0.438	1.584
3	80	1.777	1.091	0.445	1.575
4	75	1.748	1.090	0.469	1.539
5	70	1.747	1.085	0.462	1.543
6	65	1.714	1.071	0.465	1.518
7	60	1.662	1.029	0.433	1.505
8	55	1.642	1.015	0.425	1.497
9	50	1.548	0.975	0.434	1.423
10	45	1.502	0.956	0.441	1.385
11	40	1.369	0.889	0.434	1.287
12	35	1.132	0.791	0.461	1.059
13	30	0.772	0.576	0.389	0.777
14	25	0.545	0.398	0.258	0.661
15	20	0.471	0.338	0.212	0.622

Dan selanjutnya untuk perhitungan data:

Tabel 4.4 Data perhitungan variasi menutup untuk fluida dengan campuran 3ppm

No	Katup	Reynolds Number	f_{12}	f_{23}
1	90	21326	0.02968	0.02798
2	85	21179	0.02976	0.02806
3	80	21048	0.02983	0.02808
4	75	20611	0.02997	0.02826
5	70	20713	0.02998	0.02822
6	65	20367	0.03011	0.0284
7	60	20283	0.03016	0.02837
8	55	20175	0.03019	0.02847
9	50	19219	0.03055	0.02883
10	45	18736	0.03075	0.02901
11	40	17449	0.03127	0.02965
12	35	14359	0.03282	0.03173
13	30	10562	0.03502	0.03333
14	25	9018	0.03648	0.03465
15	20	8544	0.03706	0.03509

Dengan grafik didapat sebagai berikut:



4.1.3 Fluida dengan konsentrasi campuran 6ppm

Setelah nilai untuk air sudah kita dapatkan lalu kita lakukan percobaan dengan menggunakan tambahan tinta sebanyak 6ppm dengan langkah-langkah yang sama dan diusahakan kondisi lingkungan yang sama.

Dan datanya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Perbedaan *head* dan debit dari aliran fluida campuran 6ppm

No	Katup	H1	H2	H3	U
1	90	1.796	1.092	0.427	1.598
2	85	1.783	1.091	0.438	1.583
3	80	1.779	1.091	0.440	1.575
4	75	1.752	1.090	0.463	1.543
5	70	1.731	1.085	0.473	1.521
6	65	1.711	1.071	0.465	1.512

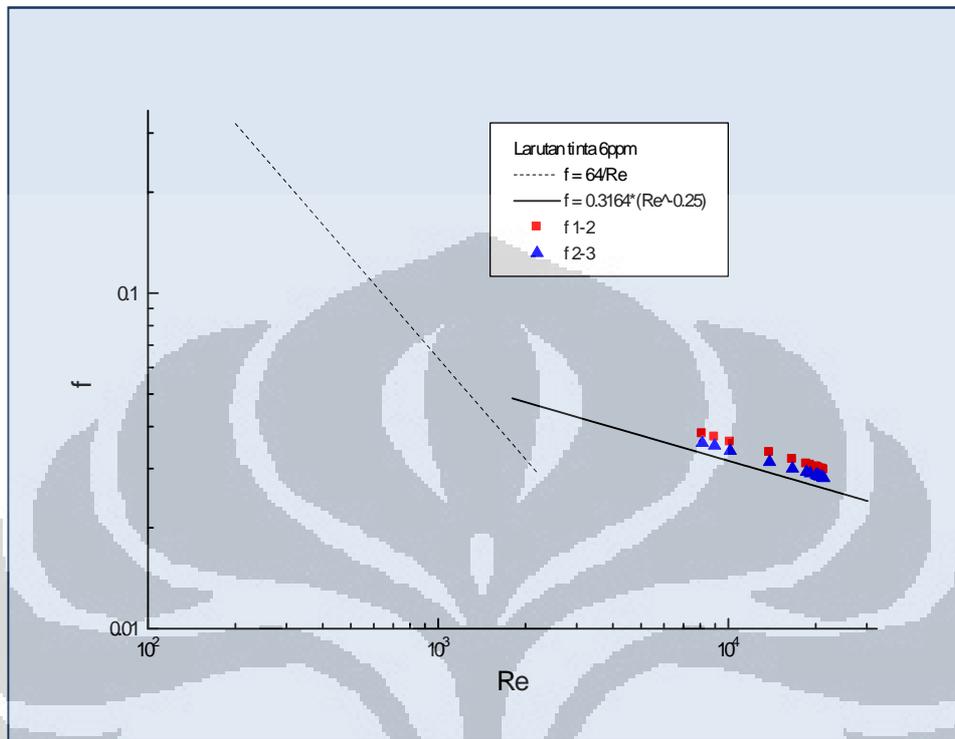
7	60	1.660	1.029	0.432	1.499
8	55	1.639	1.015	0.424	1.490
9	50	1.548	0.975	0.433	1.419
10	45	1.499	0.956	0.443	1.374
11	40	1.334	0.889	0.471	1.226
12	35	1.115	0.791	0.488	1.022
13	30	0.762	0.576	0.401	0.747
14	25	0.547	0.398	0.256	0.657
15	20	0.462	0.338	0.222	0.592

Dan selanjutnya untuk perhitungan data:

Tabel 4.6 Data perhitungan untuk fluida dengan campuran 6ppm

No	Katup	Reynolds Number	f_{12}	f_{23}
1	90	21318	0.02974	0.02809
2	85	21156	0.02985	0.02815
3	80	21028	0.02993	0.02831
4	75	20657	0.02999	0.02841
5	70	20401	0.03017	0.02856
6	65	20289	0.03024	0.02865
7	60	20208	0.03029	0.02868
8	55	20084	0.03036	0.02873
9	50	19163	0.03073	0.02904
10	45	18591	0.03099	0.02933
11	40	16624	0.03198	0.02999
12	35	13868	0.03352	0.03137
13	30	10144	0.03600	0.03387
14	25	8967	0.03729	0.03509
15	20	8126	0.03814	0.03577

Dengan grafik didapat sebagai berikut:



4.1.4 Fluida dengan konsentrasi campuran 9ppm

Setelah nilai untuk air sudah kita dapatkan lalu kita lakukan percobaan dengan menggunakan tambahan tinta sebanyak 9ppm dengan langkah-langkah yang sama dan diusahakan kondisi lingkungan yang sama.

Dan datanya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Perbedaan *head* dan debit dari aliran fluida campuran 9ppm

No	Katup	H1	H2	H3	U
1	90	1.809	1.101	0.431	1.599
2	85	1.797	1.098	0.439	1.589
3	80	1.774	1.094	0.451	1.563
4	75	1.751	1.090	0.463	1.537
5	70	1.755	1.085	0.451	1.551
6	65	1.720	1.071	0.459	1.517
7	60	1.660	1.029	0.426	1.504

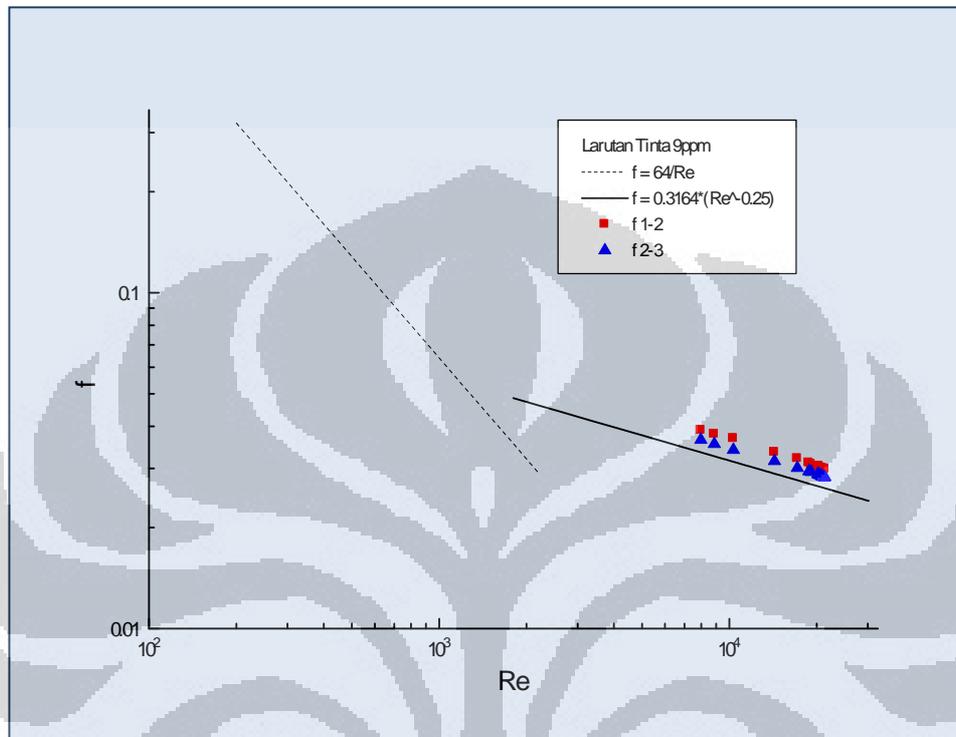
8	55	1.653	1.021	0.422	1.497
9	50	1.548	0.981	0.436	1.417
10	45	1.524	0.967	0.441	1.389
11	40	1.372	0.896	0.450	1.265
12	35	1.143	0.797	0.471	1.055
13	30	0.780	0.583	0.401	0.759
14	25	0.550	0.401	0.262	0.650
15	20	0.464	0.343	0.229	0.580

Dan selanjutnya untuk perhitungan data:

Tabel 4.8 Data perhitungan untuk fluida dengan campuran 9ppm

No	Katup	Reynolds Number	f_{12}	f_{23}
1	90	21329	0.02989	0.02827
2	85	21227	0.02987	0.02818
3	80	20898	0.03002	0.02839
4	75	20577	0.03017	0.02861
5	70	20813	0.03005	0.02846
6	65	20357	0.03043	0.02869
7	60	20264	0.03037	0.02879
8	55	20171	0.03044	0.02885
9	50	19149	0.0309	0.02926
10	45	18791	0.03117	0.0294
11	40	17154	0.03208	0.03007
12	35	14304	0.03352	0.03153
13	30	10323	0.03682	0.03405
14	25	8876	0.03795	0.03544
15	20	7971	0.03896	0.03646

Dengan grafik didapat sebagai berikut:

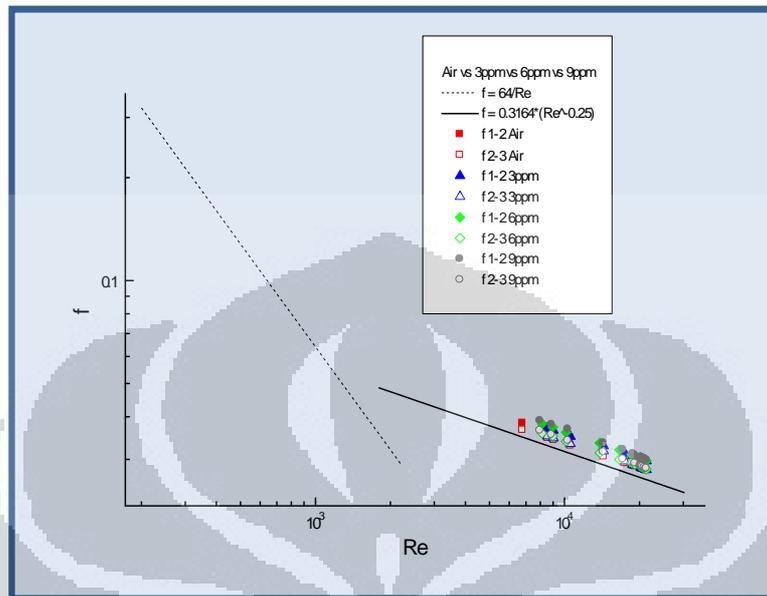


4.2 ANALISA DATA

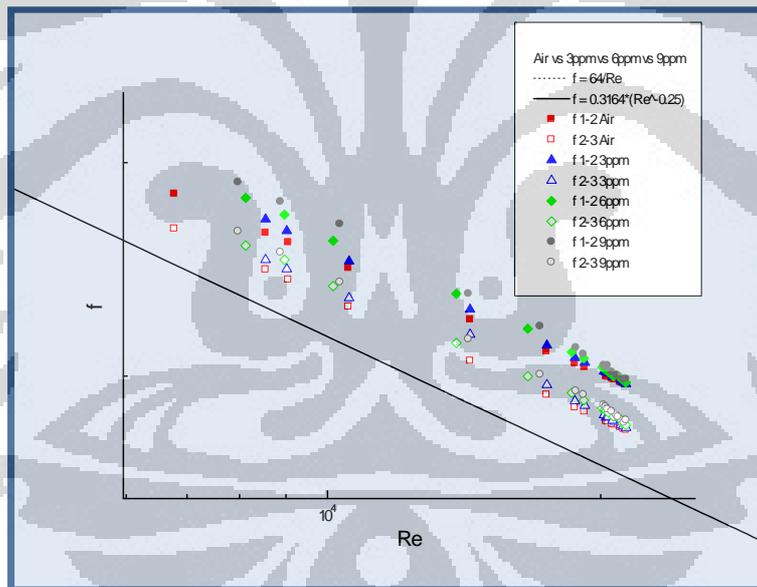
Dari beberapa kali percobaan dengan berbagai konsentrasi padatan dan grafik yang telah didapatkan grafik untuk f_{1-2} untuk pengukuran *head* pipa kapiler 1 dan 2 juga grafik untuk f_{2-3} untuk pengukuran *head* pipa kapiler 2 dan 3. Tiap-tiap penambahan ppm dilakukan dengan kondisi yang diusahakan sama. Penelitian yang dilakukan ini hanya mendapatkan data pada aliran yang turbulen, dikarenakan pada saat kecepatan menurun dan mencapai kondisi aliran laminer *head* pada masing-masing pipa kapiler sudah tidak dapat membaca.

Berikut akan kita bahas seluruh data larutan tinta 3ppm, 6ppm dan 9ppm yang terjadi menggunakan satu grafik gabungan agar efek dari larutan tinta ini bisa terlihat perbedaannya.

Grafik penggabungannya adalah sebagai berikut.



Agar dapat dilihat dengan lebih jelas, kita perbesar grafik tersebut pada area data saja:



Dapat kita lihat, dengan bertambahnya konsentrasi larutan tinta yang ditambahkan kedalam fluida, akan semakin membuat koefisien gesek bertambah besar. Hal ini terlihat lebih nyata pada nilai Reynold yang rendah. Semakin besar angka Reynolds, pertambahan koefisien gesek hanya sedikit berbeda dengan koefisien gesek air.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dalam penelitian efek larutan tinta pada aliran pipa ini, kita sudah mendapatkan data dan dianalisa melalui sebuah grafik gabungan yang mengukur koefisien gesek yang terjadi dari penambahan 3ppm, 6ppm dan 9ppm larutan tinta. Adapun kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut.

- Efek dari larutan tinta pada fluida air akan menambah koefisien gesek yang terjadi di dalam aliran.
- Semakin besar bilangan Reynolds dari aliran, efek dari larutan tinta ini akan lebih kecil. Dan semakin kecil bilangan Reynolds dari aliran, efek larutan tinta ini akan semakin terlihat.
- Larutan tinta tidak cocok dijadikan sebagai agen untuk suatu aliran fluida karena tidak akan memberi dampak efisiensi aliran yang lebih baik.

5.2 SARAN

Setelah menyelesaikan penelitian ini, penulis ingin memberikan beberapa saran kepada laboratorium teknik mesin UI dan mahasiswa yang mungkin ingin melakukan atau melanjutkan penelitian yang telah dilakukan ini dalam melakukan proses penelitian.

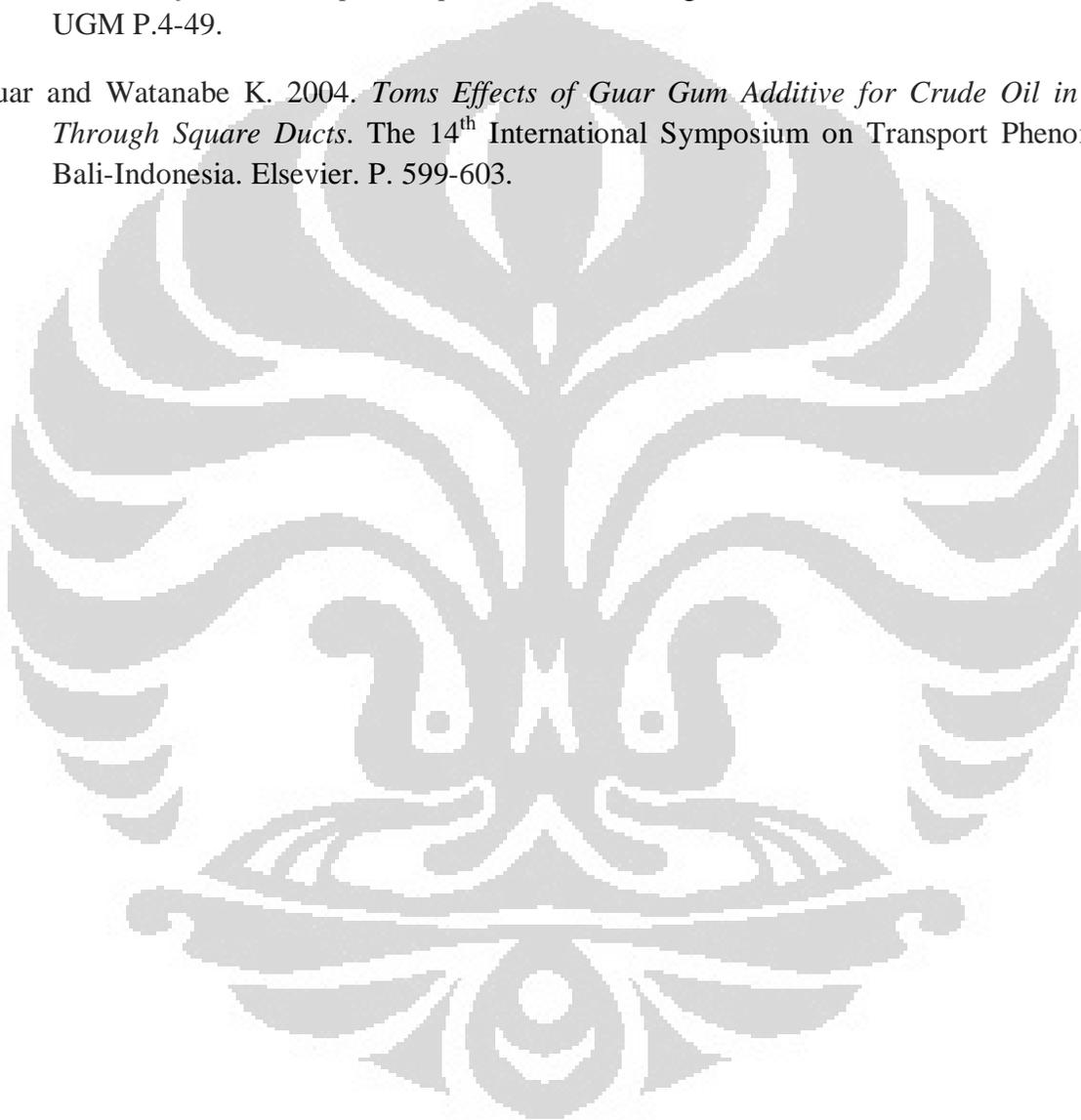
- Laboratorium teknik mesin UI sudah terlalu sempit dengan berbagai alat penelitian yang sebaiknya dipakai secara utuh atau sebagian untuk efisiensi ruangan yang terbatas.
- Fasilitas – fasilitas yang disediakan di laboratorium pengujian sebagian besar sudah tidak layak digunakan.
- Dalam suatu penelitian fluida yang mengukur perbedaan head menggunakan pipa kapiler, teknik pemasangan pipa kapiler perlu diperhatikan.
- Untuk mendapat debit yang konstan sebaiknya tidak langsung menggunakan pompa, tetapi menggunakan overflow.

Demikianlah beberapa saran yang dapat disampaikan untuk kemajuan Kualitas studi di fakultas teknik mesin UI.

DAFTAR PUSTAKA

- Bewersdorff H. W., and Berman, N. S. 1987. *Effect on Roughness on Drag Reduction for Commercially Smooth Pipes*. J. Non-Newtonian Fluid Mech. Vol. 24, 365-370.
- Choi, K.S. 1990. *Marine Applications on Riblets for Drag Reduction at High Reynolds Number*. Proc. 2nd Int. Symp. on Performance Enhancement for Maritime Applications. University of Rhode Island. P. 237-244.
- Elling S. and Gudmundsson, J.S. 2003. *Friction Factor Directly from Roughness Measurements*. Journal of Energy Resources Technology. Vol. 125 No. 2 P. 126-130.
- Hoyt, J.W. 1972. *The Effect of Additives on Fluid Friction*. Journal of Basic Engineering, Trans ASME. Series D Vol. 94 P. 258-285.
- Journal of Fluid Mech.*, P. 225. 1999.
- Lindgren, E.R. and Hoot T.G. 1968. *Effects of Dilute High Molecular Weight Polymer on Turbulent Flows of Water in Very Rough Pipes*. Trans ASME. 35E 2. P. 417-418.
- Munson, B.R., 2000. *Fundamentals of fluids Mechanics 4th Edition*. John Wiley&sons, Inc.
- Oldroyd, J.C. 1956. *In Rheology*. Academic Press. New York Vol. 1. P. 663-664.
- Perry, A.E., Schofield, W.H. and Joubert, P.N. 1969. *Rough Wall Turbulent Boundary Layers*. Journal Fluid Mech. 37. P. 384-413.
- Smith, A.J., A. 2000. *Physical Introduction to Fluid Mechanics*. John Wiley&sons, Inc.
- Spangler. J.G. 1969. *Studies of Viscous Drag Reduction with Polymers Including Turbulence Measurements Roughness Effects*. Wells C.S. ed. Viscous Drag Reduction. Plenum Press. N.Y. P. 131.
- Tom's, B.A. 1948. *Some Observations on the Flow of Linear Polymer Solution Through Straight Tubes at Large Reynolds Numbers*. Proc. Int. Conger Rheol P. 135, Scheveningen, Holland.
- Virk, P.S. 1970. *The Ultimate Asymptote and Mean Flow Structure in Toms Phenomenons*. Transactions of the ASME P. 488.
- Watanabe, k., H Udagawa. 2001. *Drag Reduction of Non-Newtonian Fluids in Circular Pipe with Highly Water-Repellent Wall*. AIChE Journal. Vol. 47. No. 2 P. 256.

- White A. 1966. *Turbulent Drag Reduction with Polymer Additives*. Journal Mechanical Engineering Science Vol. 8 No. 4.
- White A. 1966. *Some Observations on the Flow Characteristics of Certain Dilutes Macromolecular Solutions*. Journal Mechanical Engineering Science Vol. 8 No. 4 P. 297-310.
- Yanuar, 2007. *Koefisien Gesek pada Pipa Kasar*. Proceeding Seminar Nasional ke-13. KPTU FT UGM P.4-49.
- Yanuar and Watanabe K. 2004. *Toms Effects of Guar Gum Additive for Crude Oil in Flow Through Square Ducts*. The 14th International Symposium on Transport Phenomena. Bali-Indonesia. Elsevier. P. 599-603.



EFEK LARUTAN TINTA TERHADAP KOEFISIEN GESEK PADA PIPA ACRYLIC Ø 12,7 MM

~ Fachriza Sofyan~

Jurusan Teknik Mesin Universitas Indonesia

ABSTRAK

Fluida adalah elemen yang sangat dekat atau bisa dibilang sangat diperlukan dalam kehidupan manusia sehari – hari. Udara dan air adalah beberapa contohnya, manusia tidak akan bisa hidup tanpa kedua elemen penting tersebut. Saat ini, fluida sudah lebih luas digunakan dalam kehidupan. Dari pemanfaatan aliran udara untuk pendinginan, pemanfaatan aliran air untuk pengairan dalam pertanian atau bahkan pemanfaatan sifat fluida sebagai suatu sarana penggerak seperti system pneumatic atau hydraulic.

Di dalam pemanfaatan suatu aliran fluida kebutuhannya sudah sangat luas, efisiensi sangat diperlukan. Pengetahuan tentang bagaimana suatu aliran dapat kita kendalikan baik itu dari segi kecepatan aliran, volume aliran, temperature atau yang lainnya sudah sangat luas tapi belum sepenuhnya tercapai dan akan terus berkembang.

Dalam percobaan yang akan dilakukan, didasari dari suatu ide tentang bagaimana mengurangi hambatan gesek aliran dalam pipa dengan suatu *agent* yang mengandung partikel – partikel dengan harapan sifat dari partikel tersebut akan melapisi dinding dan membuat aliran air mengalami pergesekan yang lebih sedikit. Salah satu *agent* yang potensial adalah cairan tinta.

Kata kunci : gesekan aliran, cairan tinta.

1. Pendahuluan

Penggunaan pipa sebagai transportasi fluida semakin banyak digunakan. Hal tersebut dikarenakan harganya murah dan dapat di instalasi dengan mudah. Seperti pipa pvc yang terpasang dalam instalasi rumah, pipa stainless untuk kondensor, pipa makanan dan lain sebagainya. Pipa memiliki berbagai macam bentuk penampang dan ukuran, antaran lain persegi panjang, segitiga, bulat dan lain sebagainya. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan pipa berpenampang persegi memiliki faktor gesek yang paling kecil

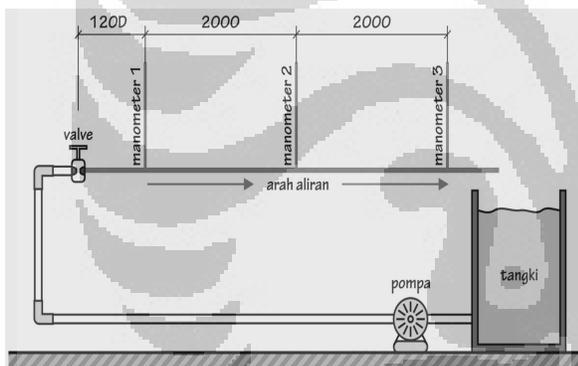
mungkin penyebabnya adalah fenomena secondary flow pada pipa tersebut.

Aliran fluida dalam pipa mengalami gesekan. Gesekan tersebut akan menimbulkan penurunan tekanan fluida di sepanjang pipa. Klasifikasi aliran ditentukan oleh bilangan Reynold dimana viskositas merupakan karakteristik yang penting. Untuk fluida Newtonian jenis alirannya dapat diklasifikasikan menjadi aliran laminar, aliran transisi dan aliran turbulen. Karena aliran turbulen lebih sering terjadi maka perlu diperhatikan bahwa fenomena turbulen dapat menyebabkan penurunan tekanan yang drastis. Untuk

koefisien gesek (f) dapat di pengaruhi oleh beberapa aspek seperti kekasaran permukaan dalam pipa, diameter pipa dan juga besarnya bilangan reynold.

2. Eksperimental Set up

Rancangan alat uji seperti terlihat pada gambar dimana alat uji adalah sebuah pipa akrilik dengan panjang pipa 6 m, diameter luar (\O out) 12,7 mm, dan diameter dalam (\O in) 11 mm. Pipa ini dihubungkan dengan pompa, dimana pompa digunakan untuk menyedot air yang ada didalam tangki untuk dialirkan dalam pipa akrilik. Pada alat uji dipasang tiga buah pressure gauge, dimana pressure gauge pertama terpasang pada jarak $120 \times D\text{-in}$, pressure gauge kedua $120 \times D\text{-in} + 2$ m dan pressure gauge ketiga terpasang $120 \times D\text{-in} + 4$ m dari ujung valve.



Gambar 1. Eksperimental Set up

Pengujian diawali dengan memastikan sirkulasi air tidak ada yang bocor

1. Pengujian dengan menggunakan pipa *Acrylic* profil bulat ($D=0,011\text{m}$)
2. Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan air murni dan yang kedua dengan variasi campuran cairan tinta dengan tiga macam variasi konsentrasi yaitu 3ppm, 6ppm dan 9ppm.
3. Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan air murni dan mendapatkan standar debit aliran yang

didapat serta nilai koefisien gesek yang terjadi.

Pada tahap pengujian kedua ketiga dan keempat yang menggunakan campuran ini, yang dilakukan adalah pencampuran 3ppm, 6ppm dan 9ppm tinta kedalam penampung air dengan settingan yang sudah didapat pada saat percobaan menggunakan air. Tahap pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan fluida (air+larutan tinta) ke dalam tangki penampungan,
2. Menghidupkan pompa, sehingga fluida dapat mengalir melalui pipa dan terjadi sirkulasi aliran,
3. Tahap pengambilan data :
 - Mengatur bukaan katup dan aliran fluida diatur pada kecepatan tertentu,
 - Aliran dibiarkan beberapa saat hingga stabil, keadaan ini terlihat pada selisih *head* (Δh) tetap,
 - Menampung fluida yang keluar dari pipa pengujian dengan gelas ukur dan mencatat waktunya, kemudian fluida yang telah ditampung diukur massanya dengan menggunakan timbangan digital,
 - Ukur temperatur awal dan akhir fluida
 - Mengulangi pengambilan data dengan mengatur bukaan katup dan minimal sampai maksimal, dan mengambil data massa fluida yang keluar dan mencatat waktunya.
 - Pengambilan data yang dilakukan dimulai dari aliran dengan bilangan Reynold kecil (laminar) sampai dengan bilangan Reynold besar (turbulen),

3. Landasan Teori

Aliran fluida dapat dibedakan menjadi aliran inviscid dan viscous. Fluida viscous diklasifikasikan sebagai fluida newtonian dan fluida non-Newtonian. Pada fluida non-Newtonian terdapat hubungan linear antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dengan laju perubahan bentuk yang diakibatkan dengan mengikuti hukum viscositas Newton. Secara garis besar fluida dapat diklasifikasikan dalam dua bagian yaitu fluida Newtonian dan fluida Non-Newtonian.

Fluida Newtonian adalah fluida yang koefisien viskositas dinamikanya bergantung pada temperatur dan tekanan namun tidak bergantung pada besar gradien kecepatan.

$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y} \quad (1)$$

Menurut Henry Darcy (1857) yang melakukan eksperimen aliran dalam pipa menyatakan kekasaran mempunyai efek sehingga didapatkan faktor gesekan darcy (λ) atau disebut dengan formulasi Darcy-Weisbach sebagai berikut :

$$hf = \frac{\lambda L}{D(V^2 / 2g)} \quad (2)$$

Juga, nilai koefisien gesek dalam pipa bulat untuk aliran laminar pada kondisi berkembang penuh dapat dihitung dari persamaan Hagen Poiseulle :

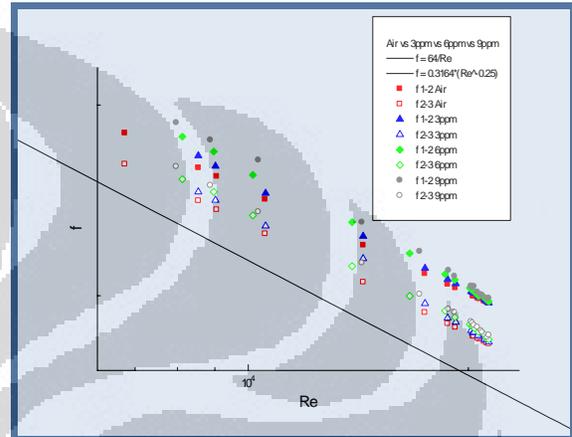
$$\lambda = 64/Re \quad (3)$$

Nilai koefisien gesek didalam pipa mulus bulat untuk aliran turbulen berkembang penuh dapat dihitung dari penelitian Blasius

$$\lambda = 0,3164 * Re^{-(0,25)} \quad (4)$$

4. Hasil dan Diskusi

Dari data yang didapat dalam penelitian dengan variasi air tape ketan, maka didapatkan diagram seperti di bawah ini :



Kesimpulan

Dalam suatu aliran pipa, penambahan agen dengan suatu larutan berpartikel seperti tinta tidak akan membuat penurunan koefisien gesek. Dan pada bilangan Reynold yang rendah penambahan agen berpartikel ini justru cenderung merugikan.

Referensi

- Munson, B.R., Fundamentals of fluids Mechanics 4th Ed, John Wiley & sons, Inc. 2000
- Smith, A.J., A, Physical Introduction to Fluid Mechanics, John Wiley & sons, Inc. 2000
- Watanabe, k., Yanuar., and H Udagawa, "Drag Reduction of Newtonian Fluid in Circular Pipe with Highly Water-Repellent Wall". Journal of Fluid Mech., P.225. 1999

INK SOLUTION EFFECT IN FRICTION COEFFICIENT ON ACRYLIC PIPE Ø 12,7 MM

~ Fachriza Sofyan~

Department of Engineering University of Indonesia

ABSTRACT

Fluids is one element which very important on practically indispensable for human life's. Air or water for examples, human would not live without any of water nor air. Lately fluids is widely used in many ways for human life's. Cooling, the utilization of water flow for irrigation in agriculture or even fluids using properties for propulsion such as pneumatic or hydraulic systems. Most of industry is without a doubt very depend on fluid.

In the utilization of a fluids which has very widely applied, efficiency is priority. Knowledge of how we could control the fluids flow, speed of current, volume of fluids being transferred, temperature control of fluid or else is continually developing.

In this experiment, based on some ideas about how we wil reduced the friction coefficient of a current flow in a linear pipe by adding an agent to some fluids which contain particles, we hope that the particles will make some layer on inner surface of pipe that will reduced the contact of fluid with pipe's wall and causing the friction reduced.

Keywords : friction coefficient, ink solution

1. Preliminary

The use of pipe as the fluid transport is increasingly being used. That is because it's cheap and can be easily installation. Such as pvc pipe installed in domestic installations, stainless pipe to the condenser, pipes and other foods. Pipe cross-section has a variety of shapes and sizes, other conduction rectangular, triangular, round, and so forth. Based on research that has been done Berpenampang pipe friction factor of the square has the smallest possible cause is

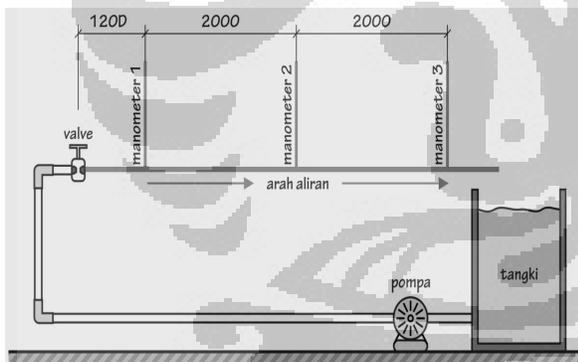
a phenomenon of secondary flow in a pipe.

Fluid flow in the pipe friction. Friction will cause the fluid pressure drop along the pipe. Classification is determined by the Reynolds number flows where the viscosity is an important characteristic. For Newtonian fluid flow types can be classified into laminar flow, transitional flow and turbulent flow. Because turbulent flow is more often the case it is necessary to note that the phenomenon

of turbulence can cause a drastic drop in pressure. For the coefficient of friction (f) can be influenced by several aspects such as surface roughness in the pipe, the pipe diameter and also the amount of numbers Reynold

2. Experimental Set Up

The design of test equipment as shown in the figure where the test equipment is an acrylic pipe with a pipe length 6 m, outer diameter (\O out) 12.7 mm, and the inside diameter (\O in) 11 mm. This pipe is connected to the pump, which pumps used to suck up water that is inside the tank to flow in the acrylic pipe. In the test equipment installed three pressure gauge, pressure gauge which is attached at a distance $120 \times D$ first-in, pressure gauge both $120 \times D$ -in + 2 m and a pressure gauge attached $120 \times D$ third-in + 4 m from the tip valve.



Picture 1. Experimental Set Up

Testing begins after ensuring the circulation of water is without any leak.

4. Experiment is using round Acrylic pipe with $\text{\O} 0.011$ mm diameter.
5. First experiment is done by pure water testing. And the second, third and fourth is experiment with additive agen (ink solution) at concentration 3ppm, 6ppm and 9 ppm.

6. From the first experiment which using pure water, we attain the standard value that the construction can have.

In the second phase of testing the third and fourth are using this mixture, mixing is carried out 3ppm, 6ppm and 9ppm ink into the water reservoir with this settings.

The experimental steps will be explained below :

4. Mix the ink solution with water in the tank. Make sure that the solution have been completely mixed
5. Turn on the pump so circulation can run. Check every detail and make sure there is no leaks appear. Check the head parameter at every pipe. If there is an air trapped, remove it first.
6. Data collecting :
 - Arranging valve to control the current speed of fluids from circulation.
 - Let the fluids flow for a moment and make sure its already stable before we collect data. One of its indicator is at head meters (Δh), it wont move anymore.
 - Accommodating the fluid that comes out of the test pipe with a measuring cup and record the time, then the fluid which has accommodated its mass measured using digital
 - Repeating data retrieval by regulating valve opening and minimal to maximal, and take the fluid out of the mass of data and noted the time.
 - Data retrieval is performed starting from a small Reynolds number flows (laminar) to large Reynolds number (turbulent),

3. Theory Foundation

Flow of fluids can be divided into two different types, one is inviscid and the other is viscous. Viscous fluids can be classified as Newtonian fluids and non Newtonian fluids. In non Newtonian fluids, we can recognize that there is some connection on how big is shear stress applied with acceleration of fluid deformation which caused by something that could be explained by Newton viscosity law. Broadly speaking, the fluid can be classified into two parts, namely Newtonian fluids and non-Newtonian fluids.

Newtonian fluid is the fluid dynamic viscosity coefficient depends on temperature and pressure but does not depend on the large velocity gradient.

$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y} \quad (1)$$

According to Henry Darcy (1857) who conducted experiments in pipe flow states that have the effect of roughness obtained Darcy friction factor (λ) or called the Darcy-Weisbach formulation as follows :

$$hf = \frac{\lambda L}{D(V^2 / 2g)} \quad (2)$$

Also, the value of the coefficient of friction in a circular pipe for laminar flow to fully developed conditions can be calculated from the equation of Hagen Poiseuille:

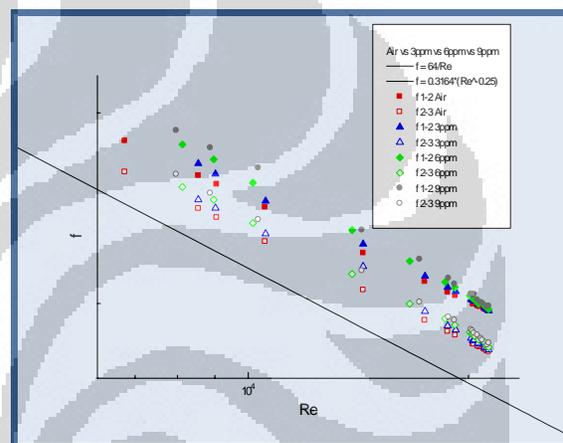
$$\lambda = 64/Re \quad (3)$$

Value of the coefficient of friction in smooth circular pipe for fully developed turbulent flow can be calculated from Blasius research

$$\lambda = 0,3164 * Re^{-0,25} \quad (4)$$

4. Result and Discussion

From the data obtained in this study the variation of water with sticky tape, then get a diagram as below;



Conclusion

In a pipe flow, the addition of agents with a solution berpartikel such as ink will not make koefisien decrease friction. And the addition of a low Reynolds number berpartikel agent is actually likely to harm.

Refference

- Munson, B.R., Fundamentals of fluids Mechanics 4th Ed, John Wiley&sons, Inc.2000
- Smith, A.J., A, Physical Introduction to Fluid Mechanics, John Wiley&sons, Inc.2000
- Watanabe, k., Yanuar., and H Udagawa, "Drag Reduction of Newtonian Fluid in Circular Pipe with Highly Water-Repellent Wall". Journal of Fluid Mech., P.225.1999