

Tugas Akhir

**PENGARUH KEHILANGAN ENERGI TERHADAP  
KEKASARAN DINDING PIPA**

Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan  
Mencapai Gelar Sarjana S-1



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS '45'  
MAKASSAR  
2015**



# UNIVERSITAS " 45 "

Jl. Urip Sumoharjo Km. 4 TLP. (0411) 452901 - 452789

Fax (0411) 424568 Website : www.univ45.ac.id

MAKASSAR-INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK

## LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas '45' Makassar No. A.151/SK/FT.U-45/IX/2015 Tanggal Dua Belas Bulan September Tahun Dua Ribu Lima Belas perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka :

Pada Hari/Tanggal : Sabtu/ 12 September 2015  
Nama : Sri Rezeki Yemima  
No. Stambuk : 45 12 041 239  
Judul : Pengaruh Kehilangan Energi Akibat Kekasaran Dinding Pipa

Telah diterima dan disahkanoleh Panitia Ujian Akhir Fakultas Teknik Universitas '45' Makassar setelah dipertahankan didepan tim penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas '45' Makassar.

### Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua : Ir. Amiruddin Rana, MT (.....)  
Sekertaris : Ir. Burhanuddin Badrun, MSp (.....)  
Anggota : Ir.A.Rumpang Yusuf ,MT (.....)  
Ir.H. Maruddin Laining, MS (.....)  
Pembimbing : Ir. Amiruddin Rana, MT (.....)  
Ir. Burhanuddin Badrun, MSp (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



( DR. Ir. H. Agus Salim, Msi )

NIDN : 09-1708-7102

Ketua Jurusan Sipil



( Ir. Tamrin M, MT )

NIDN : 09-0711-6602

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas segala berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas '45' Makassar.

Tugas akhir ini di susun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penulisan tugas akhir ini berjudul :

### **“Pengaruh Kehilangan Energi Terhadap Kekasaran Dinding Pipa”**

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. HM. Saleh Pallu, M. Eng selaku Rektor Universitas '45' Makassar
2. Bapak DR. Ir. H. Agus Salim, Msi selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas '45' Makassar
3. Bapak Ir. Tamrin Mallawangeng, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas '45' Makassar
4. Bapak Ir. Amiruddin Rana, MT selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini
5. Bapak Ir. Burhanuddin Badrun, M.SP selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini

6. Seluruh Dosen dan Asisten serta staf pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas '45' Makassar
7. Dosen serta teknisi laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang
8. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan dorongan baik secara moril maupun materil selama penyelesaian tugas akhir ini
9. Seluruh teman - teman Mahasiswa Universitas '45' Makassar yang turut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan mengingat keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan krikitik dan saran yang sifatnya membangun sebagai masukan demi penyempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat.

Makassar, September 2015

Penulis

## ABSTRAK

### “Pengaruh Kehilangan Energi Terhadap Kekasaran Dinding Pipa”

Sri Rezeki Yemima <sup>1)</sup>

Ir. Amiruddin Rana, MT <sup>2)</sup> , Ir. Burhanuddin Badrun, M.SP <sup>3)</sup>

---

Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui kecepatan aliran pipa akibat kekasaran dinding pipa dan Untuk mengetahui kehilangan energi akibat kekasaran dinding pipa terhadap kecepatan aliran

Penulisan tugas akhir ini merupakan hasil penelitian/Percobaan dengan menggunakan alat fluid friction measurement. Dalam Percobaan ini menggunakan pipa halus dengan  $\varnothing$  4,5 mm,  $\varnothing$  7,7 mm,  $\varnothing$  10,9 mm,  $\varnothing$  17,2 mm dan pipa kasar dengan  $\varnothing$  15,2 mm yang di lakukan di laboratirium.. Adapun Pengukuran/Pengambilan Data di laboratorium yaitu Pengukuran Waktu Pengaliran, Pengukuran Beda Tinggi Tekanan, dan Pengukuran dengan Manometer Manual kemudian data tersebut di olah untuk mendapatkan Kecepatan (V), Debit ( Q), Bilangan Reynold ( Re), Koefesien Gesek ( f ), & Kehilagn Energi ( hf ). Semua percobaan tersebut di lakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang selama 3 ( Tiga ) bulan.

Dalam penelitian pada pipa Halus, semakin besar kecepatan aliran (0,578 m / s - 3740 m / s) di dalam pipa, maka nilai kehilangan energi (0,030-3,954) juga akan lebih besar dan lebih besar nilai kasar kecepatan aliran pipa (0,875 m / s - 2,548 m / s) di dalam pipa, nilai kehilangan energi (0.077-0.523) juga akan lebih besar. Bedanya dengan percobaan pada pipa halus adalah kecepatannya lebih besar, disebabkan oleh bagian lintas di dalam pipa memiliki permukaan halus dan memiliki luas penampang lebih kecil dari pipa kasar, dan kecepatan aliran dalam pipa minyak mentah rendah disebabkan gesekan dengan kasar permukaan pipa.

Kata Kunci : Koefisien Gesekan , Kehilangan Energi , Kecepatan , Bilangan Reynold , pipa kasar, Pipa Halus.

---

1) Mahasiswa Universitas “45” Makassar

2) Pembimbing I

3) Pembimbing I

## DAFTAR ISI

	Halaman
Lembar Judul .....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Abstrak .....	v
Daftar Isi .....	vi
Daftar Tabel .....	viii
Daftar Gambar .....	x
Daftar Notasi .....	xii
Daftar Lampiran .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-3
1.4 Batasan Masalah .....	I-3
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-3
1.6 Sistematika Penulisan .....	I-3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Karakteristik Fluida .....	II-1
2.2 Sistem Jaringan Pipa	
2.2.1 Pipa Hubungan Seri .....	II-4
2.2.2 Pipa Hubungan Paralel .....	II-4

2.2.3 Pipa Bercabang .....	II-5
2.3 Kehilangan Energi Aliran Melalui Pipa	
2.3.1 Kehilangan Energi Mayor .....	II-7
2.3.2 Kehilangan Energi Minor .....	II-12
2.4 Uji Statistika .....	II-13
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tahapan Penelitian	
3.1.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	III-1
3.1.2 Alat dan Bahan Yang Di Gunakan .....	III-1
3.1.3 Langkah Kerja/Prosedur Penelitian .....	III-8
3.1.4 Pengumpulan Data .....	III-11
3.2 Flowchart Penelitian .....	III-12
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Penelitian	
4.1.1 Hasil Pembacaan Percobaan A, Pada Pipa Halus..	IV-1
4.1.2 Hasil Pembacaan Percobaan B, Pada Pipa Kasar..	IV-16
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-2
Daftar Pustaka	
Lampiran - Lampiran	

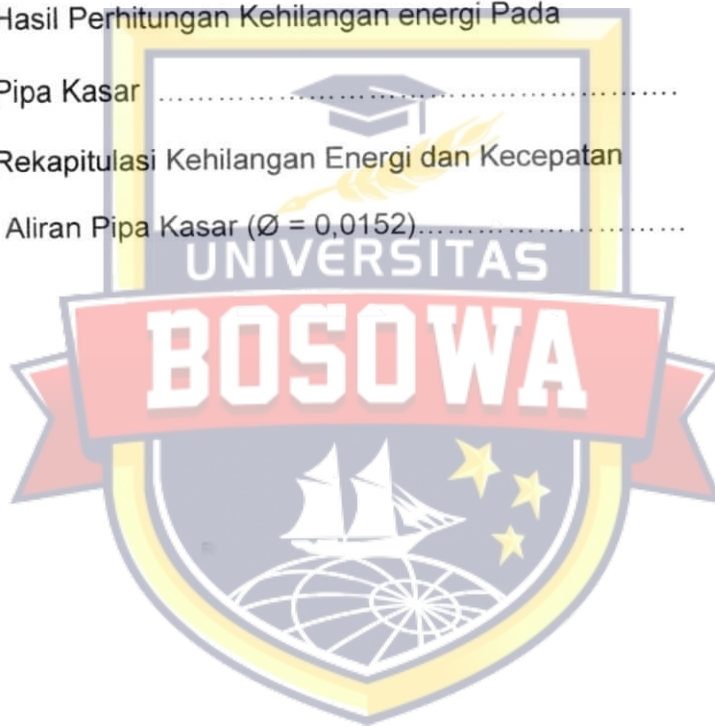


## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II - 1 Nilai kekentalan kinematik (viscosity).....	II-8
Tabel IV - 1 Pembacaan percobaan pipa halus dengan manometer Manual .....	IV-1
Tabel IV - 2 Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Pipa Halus .....	IV-2
Tabel IV - 3 Hasil Perhitungan Debit Pipa Halus .....	IV-4
Tabel IV - 4 Hasil Perhitungan Bilangan Reynold Pipa Halus .....	IV-8
Tabel IV - 5 Hasil Perhitungan Koefisien Gesekan Menggunakan Rumus Empiris dan Menggunakan Diagram Moody.....	IV-9
Tabel IV - 6 Hasil Perhitungan Kehilangan energi Pada Pipa Halus .....	IV-11
Tabel IV - 7 Rekapitulasi Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran pada Pipa Halus 1 ( $\varnothing= 4,5$ mm) .....	IV-13
Tabel IV - 8 Rekapitulasi Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran pada Pipa halus 2 ( $\varnothing= 7,7$ mm) .....	IV-13
Tabel IV - 9 Rekapitulasi Kehilangan Energi dan Kecepatan aliran pipa halus 3 ( $\varnothing=10,9$ mm) .....	IV-13
Tabel IV-10 Rekapitulasi Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa Halus 4 ( $\varnothing=17,2$ mm).....	IV-14
Tabel IV-11 Pembacaan Percobaan Pipa Kasar dengan Manometer Manual .....	IV-16



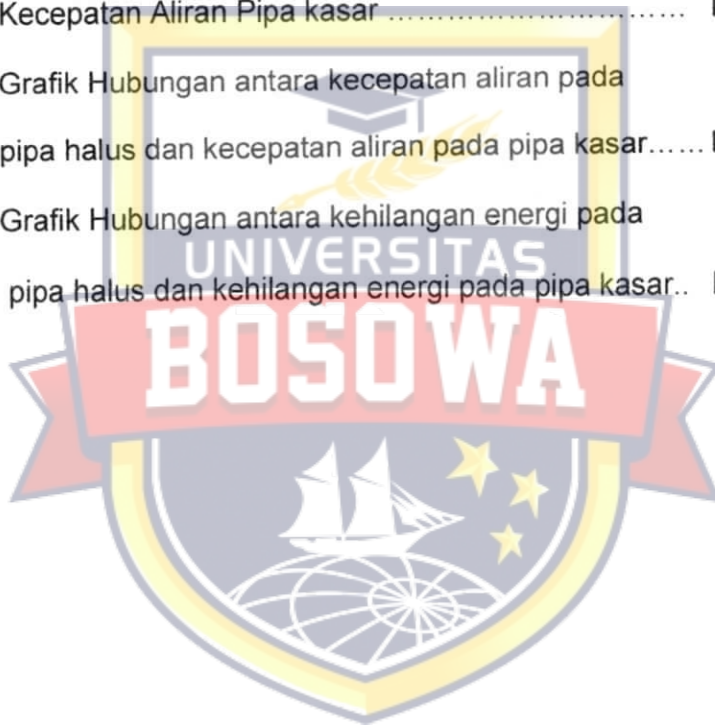
Tabel IV-12	Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran pada Pipa Kasar .....	IV-17
Tabel IV-13	Hasil Perhitungan Debit pada Pipa Kasar .....	IV-18
Tabel IV-14	Hasil Perhitungan Bilangan Reynold pada Pipa Kasar .....	IV-19
Tabel IV-15	Hasil Perhitungan Koefisien Gesekan Menggunakan Diagram Moody .....	IV-20
Tabel IV-16	Hasil Perhitungan Kehilangan energi Pada Pipa Kasar .....	IV-21
Tabel IV-17	Rekapitulasi Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa Kasar ( $\varnothing = 0,0152$ ).....	IV-21



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sistem pipa hubungan seri .....	II-4
Gambar 2.2 Sistem pipa hubungan paralel .....	II-4
Gambar 2.3 Sistem pipa bercabang .....	II-5
Gambar 2.4 Diagram moody .....	II-9
Gambar 3.1 Alat Fluid Friction Measurement .....	III-2
Gambar 3.2 Gambar umum alat Fluid Friction Measurement.....	III-2
Gambar 3.3 Kontrol Hydraulich Bench .....	III-4
Gambar 3.4 Flowchart Penelitian.....	III-12
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 1 .....	IV-6
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 2 .....	IV-6
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 3 .....	IV-7
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 4 .....	IV-7
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa 1 .....	IV-14
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa 2.....	IV-15

Gambar 4.7	Grafik Hubungan Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa 3 .....	IV-15
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa 4 .....	IV-16
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 5 .....	IV-19
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Antara kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa kasar .....	IV-22
Gambar 4.11	Grafik Hubungan antara kecepatan aliran pada pipa halus dan kecepatan aliran pada pipa kasar.....	IV-22
Gambar 4.12	Grafik Hubungan antara kehilangan energi pada pipa halus dan kehilangan energi pada pipa kasar..	IV-22



## DAFTAR NOTASI

A	Luas penampang
D	Diameter Pipa
$f$	Koefisien gesek ( <i>friction factor</i> )
g	Percepatan gravitasi
hf	Tinggi hilang akibat gesekan
k	Nilai kekasaran pipa
L	Panjang pipa
Q	Debit
Re	Bilangan Reynolds
$t_{rata-rata}$	Waktu
V	Volume
V	Kecepatan aliran
$\nu$	Kekentalan kinematika
$\Delta h$	Beda tinggi tekanan
$\emptyset$	Diameter Pipa



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Pembacaan Manometer Pada Pipa Halus & Pipa Kasar
- Lampiran 2 Gambar Pembacaan pada percobaan A nilai kehilangan energi pada pipa halus & Percobaan B nilai kehilangan energi pada Pipa Kasar menggunakan manometer manual
- Lampiran 3 Lembar Asistensi



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran, dan digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh. Fluida yang dialirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas, dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Apabila zat cair di dalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam aliran saluran terbuka. Karena mempunyai permukaan bebas, maka fluida yang dialirkan adalah zat cair. Tekanan di permukaan zat cair di sepanjang saluran terbuka adalah tekanan atmosfer. Pipa dapat dibedakan berdasarkan ukuran, material, penggunaan, ketahanan dan kekerasan permukaan bagian dalam pipa (Triatmodjo, 1996).

Aliran fluida didalam pipa pada kenyataannya mengalami penurunan tekanan seiring dengan panjang pipa yang dilalui fluida tersebut. Penurunan tekanan aliran didalam pipa sangat penting untuk dipahami dalam perencanaan sistem perpipaan. Kehilangan energi dalam pipa diakibatkan oleh gesekan yang terjadi antara air dengan dinding pipa. Kekasaran pipa, panjang pipa, dan diameter pipa, dan jenis fluida sangat mempengaruhi kecepatan aliran.

Pada umumnya pipa halus jarang dijumpai, dan lebih banyak pipa kasar (mempunyai kekasaran dinding), seperti besi tuang, pipa beton,

pipa yang telah lama digunakan, terkorosi dan berkarat. Pipa-pipa yang sudah tua terkadang berkarat, kotor sehingga mempunyai nilai kekasaran yang jauh lebih besar dan diameter efektifnya sudah banyak berubah.

Pada zat cair yang mengalir didalam bidang batas (pipa, saluran terbuka atau bidang datar) akan terjadi tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran. Kehilangan energi disebabkan oleh gesekan terhadap dinding pipa dan akibat adanya sambungan, belokan, katup (*valve*), dan aksesoris lainnya (Kodoatie, 2009).

Pada penulisan tugas akhir ini akan dibahas mengenai "**Pengaruh Kehilangan Energi Terhadap Kekasaran Dinding Pipa**" untuk mengetahui sejauh mana pengaruh kehilangan energi terhadap kecepatan aliran yang akan diperoleh.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh kecepatan aliran pipa akibat kekasaran dinding pipa?
2. Bagaimana kehilangan energi akibat kekasaran dinding pipa terhadap kecepatan aliran ?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui kecepatan aliran pipa akibat kekasaran dinding pipa.
2. Untuk mengetahui kehilangan energi akibat kekasaran dinding pipa terhadap kecepatan aliran

### 1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan fluida real atau air
2. Menggunakan alat Fluid Friction Measurement

### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah :

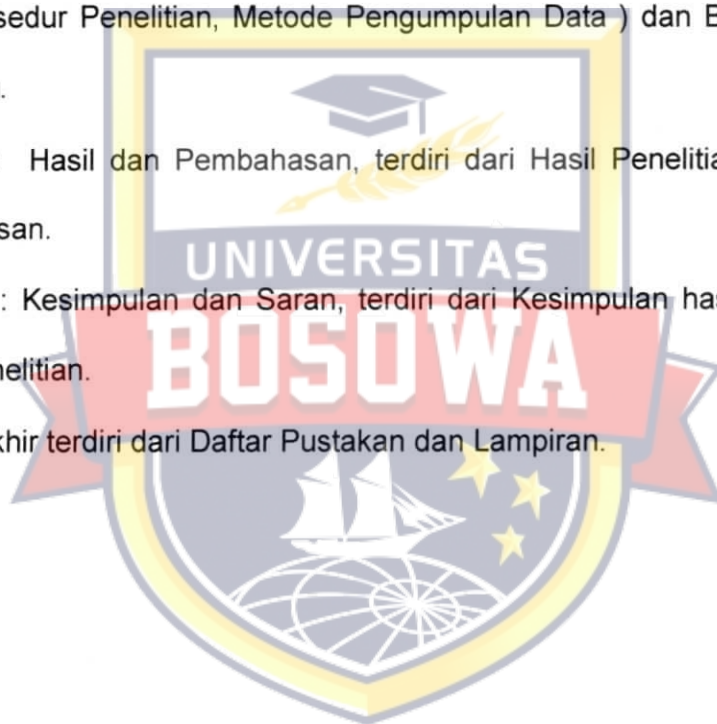
1. Sebagai pertimbangan untuk merencanakan saluran tertutup dalam mendistribusikan air.
2. Sebagai pedoman dalam menyusun laporan tugas akhir mengenai pipa kedepannya bisa lebih berkembang.

### 1.6. Sistematika Penulisan

1. Bagian Awal Terdiri dari Lembar Judul, Lembar Pengesahan, Lembar Persetujuan, Kata Pengantar, Daftar Isi, Daftar Tabel, Daftar Gambar, Daftar Lampiran, dan Abstrak.
2. Bagian Isi Terdiri dari 5 bab yaitu :



- BAB I : Pendahuluan, terdiri dari Latar Belakang, Tujuan Penelitian, Rumusan Masalah, Batasan Masalah dan Manfaat Penelitian
  - BAB II : Tinjauan Pustaka, terdiri dari Karakteristik Fluida, Sistem Jaringan Pipa, Kehilangan Energi Aliran Melalui Pipa, dan Uji Statistika.
  - BAB III : Metode Penelitian, terdiri dari Tahapan Penelitian ( Tempat dan Waktu Penelitian, Peralatan Yang Digunakan, Langkah Kerja/Prosedur Penelitian, Metode Pengumpulan Data ) dan Barchat Penelitian.
  - BAB IV : Hasil dan Pembahasan, terdiri dari Hasil Penelitian dan Pembahasan.
  - BAB V : Kesimpulan dan Saran, terdiri dari Kesimpulan hasil dan saran Penelitian.
3. Bagian Akhir terdiri dari Daftar Pustakan dan Lampiran.



## BAB II

### TINJUAN PUSTAKA

#### 2.1. Karakteristik Fluida

Fluida adalah suatu zat yang berubah bentuk secara kontinu (terus-menerus) bila terkena tegangan geser. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Tahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil, sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruang / tempat yang membatasinya. Fluida dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu zat cair dan gas. (Streeter dkk., 1985).

Untuk mengerti aliran fluida maka harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Adapun sifat – sifat dasar fluida yaitu : kerapatan (*density*), berat jenis (*specific gravity*), tekanan (*pressure*), dan kekentalan (*viscosity*).

Suatu aliran kental (viskos) terdiri atas 2 aliran yaitu aliran turbulen dan laminar. Aliran turbulen adalah suatu aliran yang terjadi penyampuran. Partikel-partikel fluida sehingga pergerakan suatu partikel tertentu terjadi secara acak dan sangat tidak teratur sedangkan aliran laminar adalah aliran tidak terjadi pencampuran partikel-partikel yang signifikan seperti :

pergerakannya halus dan tenang, seperti aliran air yang mengalir pelan dari sebuah keran.

Zat cair adalah zat yang secara terus – menerus mengalami arus (*deformasi*) dibawah tegangan geser. Cairan ini disebut jenis media yang bersifat kontinu yang terdiri dari zat yang terdiri dari molekul yang memiliki gaya tarik lemah. Zat cair berbentuk wadah yang ditempati, menjaga volume sendiri , sedangkan zat gas tidak memiliki volume maupun bentuk sendiri yang bisa ditempati.

Partikel – partikel zat cair memiliki sifat sebagai berikut :

1. Jarak antar partikel tetap dan agak berjauhan
2. Gaya tarik menarik antar partikel lemah dibandingkan zat padat
3. Gerakan partikel lebih lincah dari pada zat padat dan partikel dapat berpindah tempat.

Jarak antar partikel yang tetap menyebabkan zat cair mempunyai volume yang tetap. Gerakan partikel yang lincah dan dapat berpindah posisi menyebabkan zat cair dapat mengalir yang menyebabkan bentuk zat cair selalu mengikuti bentuk wadahnya. Contoh zat cair antara lain adalah air dan air raksa.

Zat cair dan gas mempunyai sifat-sifat serupa, yang terpenting adalah sebagai berikut ini :

1. Kedua zat ini tidak melawan perubahan bentuk.
2. Kedua zat tidak mengadakan reaksi terhadap gaya geser, yaitu gaya yang bekerja sejajar dengan permukaan lapisan-lapisan zat cair atau

gas yang mencoba untuk menggeser lapisan tersebut antara satu terhadap yang lain.

Oleh karena itu apabila ada sentuhan sedikit saja terhadap zat cair dan zat gas ini, dua lapisan yang paling berdampingan akan bergerak antara satu zat terhadap zat yang lainnya.

Perbedaan utama antara zat cair dan zat gas adalah sebagai berikut ini :

1. Zat cair mempunyai muka air bebas, dan massa zat cair hanya akan mengisi volume yang diperlukan dalam suatu ruangan; sedangkan gas tidak mempunyai permukaan bebas dan massanya akan mengisi seluruh ruangan.
2. Zat cair praktis merupakan zat yang tidak termampatkan, sedangkan gas adalah zat yang bisa dimampatkan.

## 2.2. Sistem Jaringan Pipa

Sistem jaringan pipa adalah pipa – pipa yang saling berhubungan yang menjadi laluan aliran ke suatu lubang keluar tertentu yang dapat datang dari beberapa rangkaian pipa. Sistem jaringan pipa ini berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Aliran terjadi karena perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat, yang bisa terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air atau karena digunakannya pompa (Streeter dkk., 1985).

Contoh sistem jaringan pipa adalah pengaliran minyak antar kota, pipa pembawa distribusi air dan pipa pesat (penstock) dari waduk ke

turbin pembangkit listrik tenaga air, sistem jaringan air minum di perkotaan maupun di pedesaan, dan sebagainya.

### 2.2.1. Pipa hubungan seri

Bila dua pipa yang ukuran atau kekasarannya berbeda dihubungkan sedemikian rupa dan dimana fluida mengalir melalui jaringan pipa tersebut, maka dikatakan bahwa pipa-pipa itu dihubungkan seri (Streeter dkk., 1985).



Gambar 2.1 Sistem pipa hubungan seri

### 2.2.2. Pipa hubungan paralel

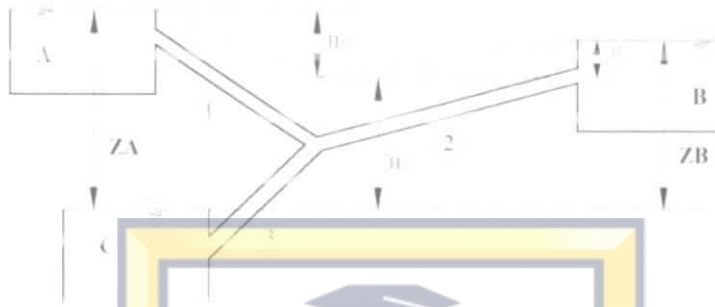
Merupakan kombinasi dua atau lebih pipa yang dihubungkan sedemikian rupa sehingga alirannya terbagi antara pipa – pipa itu dan kemudian bersatu kembali (Streeter dkk., 1985).



Gambar 2.2 Sistem pipa hubungan paralel

### 2.2.3. Pipa bercabang

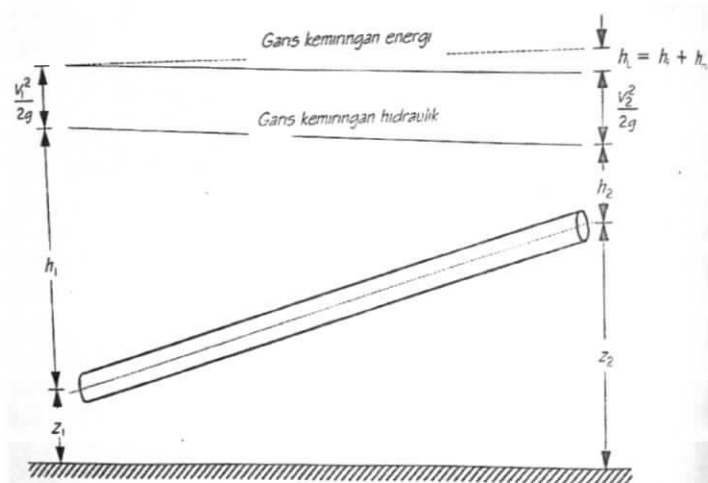
Sering suatu sistem jaringan pipa menghubungkan beberapa kolam.



Gambar 2.3 Sistem pipa bercabang

### 2.3. Kehilangan Energi Aliran Melalui Pipa

Pada zat cair yang mengalir didalam pipa akan terjadi tegangan geser dan gradient kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan. Tegangan tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran. Dalam hal ini ada beberapa jenis kehilangan energi didalam pipa yaitu kehilangan energi utama (*major*), kehilangan energi sekunder (*minor*) dan Kehilangan Energi Akibat Gesekan (Triatmodjo, 1996). Kehilangan energi dapat berakibat pada semakin kecilnya nilai tinggi tekan atau kecepatan yang berkurang yang berakibat pada semakin kecilnya debit.



**Gambar 2.4** Garis Kehilangan Energi

Kehilangan energi sendiri dapat disebabkan oleh karena beberapa faktor yang secara umum dibagi atas kehilangan tinggi karena tahanan oleh permukaan pipa ( $h_f$ ) dan karena tahanan oleh karena bentuk pipa ( $h_m$ ) seperti tampak pada gambar 2.4 Sehingga tahanan total  $h_L$  adalah :

$$h_L = h_f + h_m \quad (2.1)$$

Keterangan :

$h_L$  = kehilangan tinggi total (m)

$h_f$  = kehilangan tinggi karena tahanan oleh permukaan pipa (m)

$h_m$  = kehilangan tinggi karena tahanan oleh bentuk pipa (m)

Pada gambar 2.4 terlihat bahwa garis kemiringan hidraulik merupakan garis yang dibentuk oleh komponen  $z + h$  yang mewakili garis elevasi air sebenarnya pada pipa seandainya air mengalir pada

penumpang saluran terbuka. Garis berikutnya adalah garis kemiringan energi yang merupakan komulatif dan komponen  $z$ ,  $h$  dan  $V^2/2g$ . Garis ini menentukan mengalir tidaknya air dalam pipa di mana air mengalir dari titik dengan tinggi energi yang lebih besar dari titik lainnya.

Douglas (1986) pada zat cair yang mengalir didalam pipa akan terjadi tegangan geser dan gradient kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan. Tegangan tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran. Dalam hal ini ada beberapa jenis kehilangan energi didalam pipa yaitu kehilangan energi utama (mayor) dan kehilangan energi sekunder (minor).

### 2.3.1 Kehilangan energi mayor

Kehilangan energi mayor terjadi akibat adanya kekentalan zat cair dan turbulensi karena adanya kekasaran dinding batas pipa dan akan menimbulkan gaya gesek yang akan menyebabkan kehilangan energi di sepanjang pipa dengan diameter konstan pada aliran seragam. Ada beberapa jenis rumus empiris yang telah dijabarkan untuk kehilangan energi didalam pipa (Kodoatie, 2009). Kerugian mayor disebut juga kehilangan energi primer atau kehilangan energi akibat gesekan. Kerugian mayor biasa terjadi pada pipa lurus berdiameter konstan. Jadi Head loss mayor dapat dinyatakan sebagai kerugian tekanan aliran fluida berkembang penuh melalui pipa penampang konstan



Di dalam pipa, aliran dikatakan turbulen jika  $Re > 4000$ , sedangkan jika  $Re < 2000$  aliran disebut sebagai laminar. Diantara keduanya terjadi aliran kritis. Pada aliran laminar, partikel air bergerak mengikuti suatu pola tertentu, yang lintasannya sejajar dengan lintasan partikel yang lain. Pada aliran turbulen, pola aliran partikel tidak teratur dan tidak membuat alur sama. Kehilangan Energi akibat gesekan dengan dinding pipa di aliran seragam dapat dihitung dengan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut (Kodoatie, 2009).

$$hf = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$hf$  = tinggi hilang akibat gesekan (m)

$f$  = faktor gesek (*friction factor*)

$L$  = panjang pipa (m)

$D$  = diameter pipa (m)

$V$  = kecepatan aliran (m/s)

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

Di antara faktor-faktor diatas di atas, faktor gesek merupakan salah satu faktor yang sulit penentuannya. Kesulitan ini karena faktor gesek  $f$  juga sangat tergantung pada kondisi aliran di dalam pipa serta jenis pipa (pipa halus atau pipa kasar) tersebut.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Blasius, dia mengemukakan rumus gesekan untuk pipa halus dalam bentuk :

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Persamaan berlaku untuk  $4000 < Re < 10^5$

Dimana :

$$Re = \frac{v \times D}{\nu} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

Re = Bilangan Reynolds

$v$  = kecepatan aliran (m/s)

D = Diameter pipa (m)

$\nu$  = kekentalan kinematika ( $m^2/s$ )

Penurunan tekanan untuk aliran turbulen, tidak dapat dihitung secara analitis karena pengaruh turbulensi yang menimbulkan perubahan keacakan sifat fluida. Perubahan sifat fluida yang acak tersebut belum dapat didekati dengan fungsi matematis yang ada saat ini. Perhitungan head loss didasarkan pada hasil percobaan dan analisa dimensi.

Penurunan tekanan untuk aliran turbulen adalah fungsi dari angka Reynold, Re, perbandingan panjang dan diameter pipa, L/D serta kekasaran relatif pipa, e/D.

Nilai kekentalan kinematik ditentukan berdasarkan temperatur atau suhu ruangan dimana tempat penelitian dilakukan. Untuk menentukan nilai kekentalan kinematika (*viscosity*) berdasarkan temperatur atau suhu ruangan dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini

**Tabel II -1.** Nilai kekentalan kinematik (*viscosity*)

No.	Temperatur ( t ) ( °c )	Viscosity ( v ) ( m <sup>2</sup> /s ) x 10 <sup>-6</sup>
1	0	1,787
2	5	1,519
3	10	1,307
4	20	1,004
5	30	0,801
6	40	0,658
7	50	0,553

Menurut Bambang Triatmodjo (1996), Tahanan pada pipa kasar lebih besar dari pada pipa halus. Seperti yang telah dijelaskan di atas, untuk pipa halus nilai  $f$  hanya tergantung pada angka Reynolds. Untuk nilai  $f$  pada pipa kasar tidak hanya tergantung pada angka Reynolds, tetapi juga pada sifat-sifat dinding pipa yaitu kekasaran relatif  $k/D$ , atau :

$$f = \phi(\text{Re}, k/D) \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

$f$  = Koefisien gesek ( *friction factor* )

$\phi$  = Fungsi

Re = Bilangan Reynolds

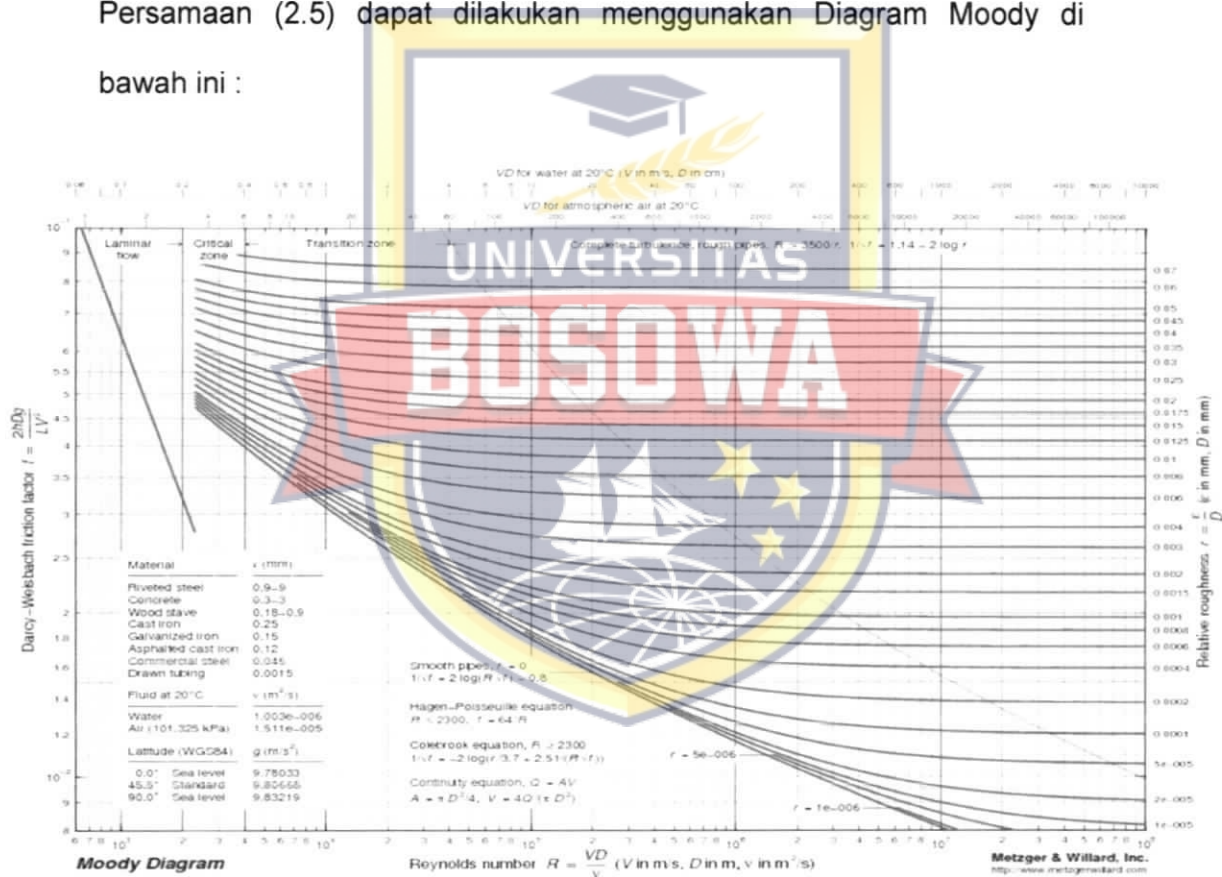
k = Nilai kekasaran pipa

D = Diameter pipa

Nilai kekasaran relatif pipa merupakan fungsi diameter pipa dan bahan pipa dapat ditentukan secara empiris. Nilai  $f$  dipengaruhi bilangan Reynold ( $Re$ ) dan kekasaran relatif dinding pipa ( $e/d$ ). Untuk menetapkan nilai  $f$ , harus diperhatikan kondisi berikut (Triatmodjo, 1993):

1.  $Re < 2100$ , disebut hidraulically smooth atau turbulent smooth.
2.  $Re 2100 - 4000$  disebut aliran transisi.
3.  $Re > 4000$  atau  $e/d$  besar, disebut aliran turbulen rough

Persamaan (2.5) dapat dilakukan menggunakan Diagram Moody di bawah ini :



Gambar 2.5 Diagram moody

Untuk perhitungan kecepatan aliran ( $v$ ) dapat menggunakan persamaan berikut :

$$v = (2 \cdot g \cdot \Delta h)^{1/2} \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk perhitungan debit ( $Q$ ) empiris dan debit ( $Q$ ) percobaan, dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Q_{\text{empiris}} = v \cdot A \dots \dots \dots (2.7)$$

$$Q_{\text{percobaan}} = V : t_{\text{rata-rata}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

$v$  = Kecepatan Aliran (m/s)

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

$g$  = Percepatan gravitasi (m<sup>2</sup>/s)

$\Delta h$  = Beda tinggi tekanan

$A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

$t_{\text{rata-rata}}$  = Waktu (s)

$V$  = Volume (m<sup>3</sup>)

### 2.3.2. Kehilangan energi minor

Kerugian minor disebut kehilangan energi sekunder atau kehilangan energi akibat perubahan penampang dan aksesoris lainnya. Misalnya terjadi pada pembesaran penampang (expansion), pengecilan penampang (contraction), dan belokan atau tikungan. (Triatmodjo, 1993).

Disamping adanya kehilangan energi akibat gesekan pipa, terjadi pula kehilangan energi dalam pipa akibat perubahan penampang pipa, belokan, dan akibat katub (Kodoatie, 2009).

Untuk meminimalisir terjadinya kehilangan energi minor, dapat dilakukan dengan tidak merubah penampang atau belokan secara mendadak tetapi secara berangsur-angsur

#### 2.4. Uji Statistika

Menurut Soewarno (1995), suatu analisis yang membahas hubungan dua variabel atau lebih disebut dengan analisis regresi. Apabila dalam analisis regresi telah dapat ditentukan model persamaan matematik yang cocok, persoalan berikutnya adalah menentukan berapa kuat hubungan antara variabel-variabel tersebut. Atau dengan kata lain harus ditentukan derajat hubungan dan derajat asosiasi antara variabel yang digunakan dalam analisis regresi.

Prosedur analitis memberikan suatu metode yang lebih pasti untuk mendapatkan kurva yang diinginkan. Salah satu caranya adalah dengan melaksanakan prosedur yang disebut dengan metode kuadrat terkecil (*least-square method*).

Nilai koefisien korelasi dapat dinyatakan sebagai berikut :

- $R = 1$                     hubungan positif sempurna.
- $0,6 < R < 1$             hubungan langsung positif baik.
- $0 < R < 0,6$             hubungan langsung positif lemah.
- $R = 0$                     tidak terdapat hubungan linier.
- $-0,6 < R < 0$             hubungan langsung negatif lemah.
- $-1,0 < R < -0,6$         hubungan langsung negatif baik.
- $R = -1,0$                 hubungan negatif sempurna.

Analisis regresi mempelajari hubungan yang diperoleh dinyatakan dalam persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel. Analisis regresi lebih akurat dalam melakukan analisis korelasi karena pada analisis itu kesulitan dalam menunjukkan *slop* (tingkat perubahan suatu variabel terhadap variabel lainnya dapat ditentukan).

Dengan demikian maka melalui analisis regresi, peramalan nilai variabel terikat pada nilai variabel bebas lebih akurat.

Jalur aliran melalui jaringan pipa dikendalikan dengan menggunakan katup buka tutup. Cara mengendalikannya yaitu dengan cara membuka dan menutup katup-katup yang sesuai, maka akan mengalirkan air dengan berbagai kombinasi pipa.

b) Pengukuran Waktu Pengaliran

Dengan menggabungkan pengukuran volume di dalam tangki sehingga dapat di atur tingkatan aliran yang tinggi atau yang rendah.

Terdapat pembacaan berupa tabung ukur dan skala. Skalanya dibagi menjadi dua zona yang disesuaikan apakah volume rendah atau volume tinggi dalam tangki.

Waktu dihitung bersamaan ketika air naik di tangki pembacaan. Volume air yang rendah di baca pada skala bagian bawah, sedangkan volume yang lebih besar di baca pada skala yang terletak di atas skala kecil (skala bawah).

c) Pengukuran Beda Tinggi Tekanan ( $\Delta h$ )

Kehilangan energi akibat gesekan pipa diukur dengan mengambil pembacaan tekanan pada titik-titik penyadapan yang berbeda pada jaringan pipa. Untuk mengukur kehilangan energi sepanjang pipa, perangkat ini terhubung



dengan sepasang alat penyadap, tabung, dan konektor yang disediakan.

Setiap titik tekanan dilengkapi dengan titik pengunci. Untuk menghubungkannya ke titik tekanan setelah pipa siap hanya dengan mendorongnya ke titik tekanan hingga terkait. Untuk melepaskannya dengan cara menekan klip logam yang ada di atasnya. Hal ini bertujuan untuk mencegah kehilangan air.

#### d) Pengukuran Dengan Manometer Manual

Hubungkan dengan tabung yang disuplai ke lubang bagian bawah manometer dan akan terhubung dengan cepat ke ujung tabung yang berbentuk kepala selang. Hubungkan ujung selang tabung manometer ke jaringan pipa di dua katup dengan penurunan tinggi tekanan dan mulai menyalakan pompa. Air akan keluar melalui manometer dan mengusir udara di pipa. Ketika semua gelombang udara telah keluar, lepaskan manometer dari jaringan pipa, maka segel tabung akan terisi penuh dengan air. Ukuran peralatan

1) Menurut Simbol Gambar :

(1) Pipa halus  $\emptyset$  4,5 mm

(2) Pipa halus  $\emptyset$  7,7 mm

(3) Pipa halus  $\emptyset$  10,9 mm

(4) Pipa halus  $\emptyset$  17,2 mm

(5) Pipa kasar  $\emptyset$  15,2 mm

2) Dimensi Keseluruhan

Tinggi = 1.10 m

Panjang = 2.65 m

#### **b. pompa sentrifugal**

Pompa sentrifugal berfungsi menyalurkan fluida zat cair berupa air real dari bak penampungan ke alat fluid friction measurement.

#### **c. manometer manual**

Manometer adalah alat yang menggunakan kolom zat cair untuk mengukur perbedaan tekanan. Prinsip manometer adalah apabila zat cair dalam kondisi kesimbangan maka tekanan di setiap tempat pada bidang horizontal untuk zat cair homogen adalah sama

#### d. stopwatch

Stopwatch adalah alat pengukur waktu. Pada penelitian ini, stopwatch digunakan untuk mengukur lama waktu yang diperlukan untuk mencapai volume yang telah ditentukan.

#### Bahan yang digunakan:

- a. perangkat keras berupa laptop dan printer
- b. perangkat lunak berupa microsoft office dan microsoft excel)

#### 3.1.3. Langkah Kerja / Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, penulis mengambil data melalui beberapa percobaan :

##### a. Percobaan nilai kekasaran pada pipa halus dan pipa kasar :

Prosedur Pelaksanaan :

##### percobaan A, nilai kekasaran pada pipa halus

- 1) Menyalakan mesin pompa air dan membuka katup pengontrol secara perlahan-lahan hingga air kembali ke bak penampungan.
- 2) Setelah aliran penuh, air akan mengalir ke sistem jaringan melalui pipa inlet, hingga dialirkan kembali ke bak penampungan (*reservoir*).
- 3) Semua katup pengatur yang ada pada jaringan dalam keadaan terbuka, termasuk katup untuk *piezometer*.

- 4) Pastikan tidak ada gelembung udara dalam pipa atau pada tabung *piezometer*.
- 5) Menentukan katup mana yang akan digunakan dalam pengujian, dan katup yang tidak digunakan ditutup.
- 6) Katup yang akan digunakan dihubungkan dengan *piezometer*, dengan menggunakan selang, dan hasil dari pembacaannya ( $H_1$  dan  $H_2$ ) dicatat.
- 7) Kemudian debit ( $Q$ ) dihitung dengan menentukan volume sebanyak 3 liter, dan mengamati waktu ( $T$ ) yang dibutuhkan untuk mencapai volume tersebut dengan menggunakan stopwatch, dan hasilnya dicatat ( $T_1$ ,  $T_2$ , dan  $T_3$ ).
- 8) Setelah itu ulangi kembali langkah nomor 4 sampai nomor 8 sebanyak 5 kali.
- 9) Pembacaan dilakukan pada masing - masing jenis pipa halus yang lainnya (pipa nomor 2, pipa nomor 3, dan pipa nomor 4).

#### **percobaan B, nilai kekasaran pada pipa kasar**

Prosedur Pelaksanaan :

- 1) Menyalakan mesin pompa air dan membuka katup pengontrol secara perlahan-lahan hingga air kembali ke bak penampungan.

- 2) Setelah aliran penuh, air akan mengalir ke sistem jaringan melalui pipa inlet, hingga dialirkan kembali ke bak penampungan (*reservoir*)
- 3) Semua katup pengatur ( kran ) yang ada pada jaringan dalam keadaan terbuka, termasuk katup untuk *piezometer*.
- 4) Pastikan tidak ada gelembung udara dalam pipa atau pada tabung *piezometer*.
- 5) Menentukan katup mana yang akan digunakan dalam pengujian, dan katup yang tidak digunakan ditutup.
- 6) Tinggi tekanan dapat diketahui dengan cara katup yang digunakan dihubungkan dengan *piezometer* dengan menggunakan selang yang tidak lagi memiliki udara di dalamnya dan hasil dari pembacaan tersebut (  $H_1$  dan  $H_2$  ) dicatat.
- 7) Kemudian debit (Q) dihitung dengan menentukan volume sebanyak 3 liter, dan mengamati waktu (T) yang dibutuhkan untuk mencapai volume tersebut dengan menggunakan stopwatch, dan hasilnya dicatat (  $T_1$ ,  $T_2$ , dan  $T_3$  ).
- 8) Setelah itu ulangi kembali langkah nomor 4 sampai nomor 8 sebanyak 5 kali pembacaan pada pipa kasar

### 3.1.4. Pengumpulan Data

Metode penelitian adalah metode atau cara yang digunakan dalam meneliti suatu objek dalam rangka pengumpulan data penelitian dengan menggunakan teknik-teknik tertentu.

#### a. Studi pustaka

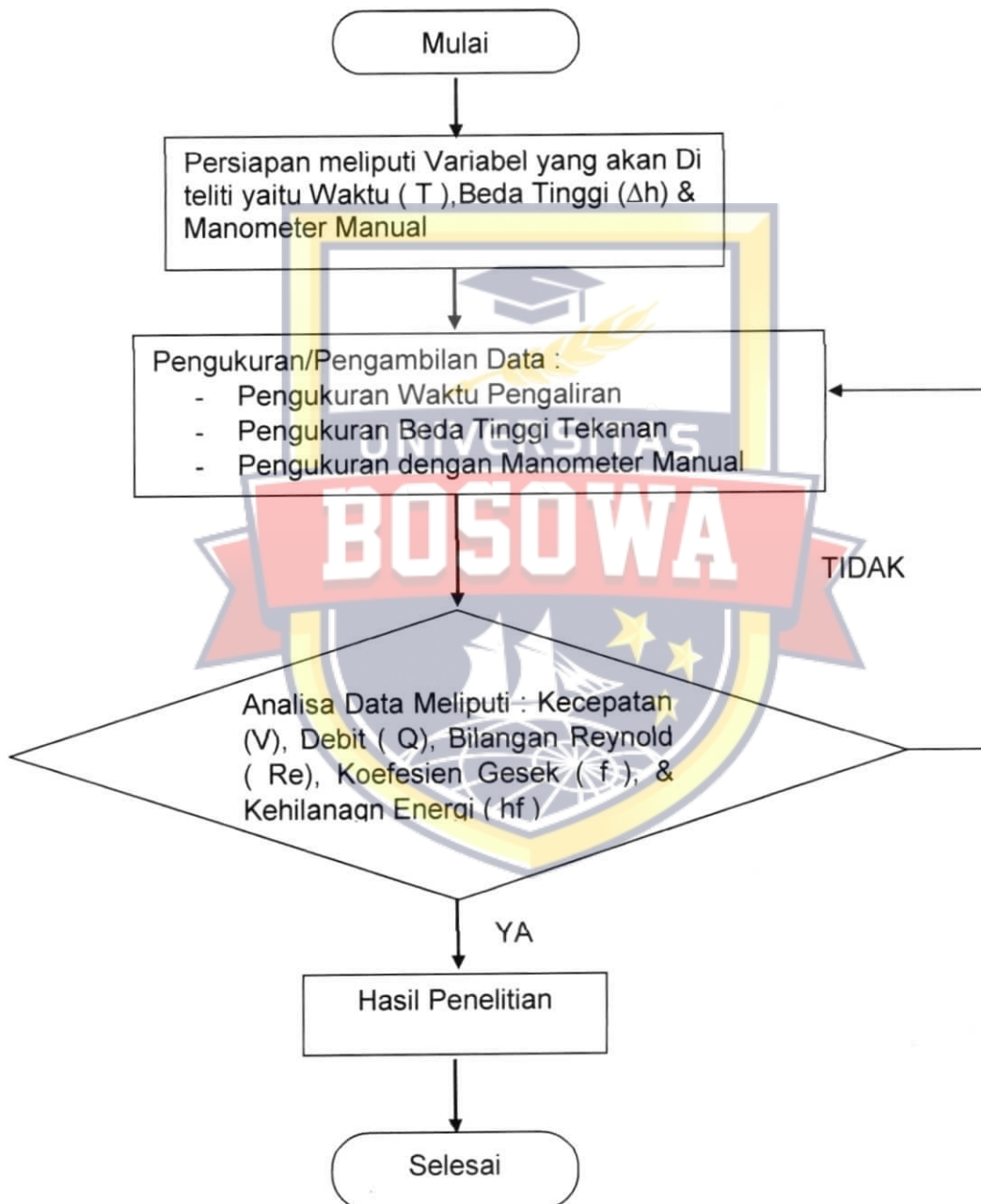
Studi pustaka adalah memperoleh data khususnya data tertulis yang berhubungan dengan penelitian, dapat diperoleh dengan cara membaca sejumlah buku, literatur-literatur, serta hasil-hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan masalah-masalah penelitian yang sedang dibahas.

#### b. Penelitian desain

Penelitian desain dengan metode ini dilakukan dengan melakukan pengamatan di laboratorium hidraulika. Melalui pengamatan tersebut maka penulis akan memperoleh data yang berhubungan dengan rumusan masalah dan tujuan.

### 3.2. Flowchart Penelitian

Prosedur penelitian adalah urutan atau tahapan-tahapan yang dilakukan dari awal penelitian hingga akhir penelitian ini. Adapun prosedur penelitian ini dapat dilihat pada model flow chart di bawah ini :



**Gambar 3.4** Flowchart Penelitian  
III - 12

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Hasil pembacaan pada percobaan A, nilai kehilangan energi pada pipa halus menggunakan manometer manual

Tabel IV – 1. Pembacaan percobaan pipa halus dengan manometer manual

No.	Nama Pipa	Volume ( liter )	H1	H2	$\Delta H$	Waktu ( T )			T
						T1	T2	T3	rata – rata
1	Pipa 1 $\varnothing=4,5$ mm	3	506	474	32	1349,22	1220,58	1454,1	1341,30
		3	522	427	95	491,13	430,5	491,13	470,92
		3	615	352	263	252,57	250,5	247,2	250,09
		3	742	248	494	181,11	181,17	178,02	180,10
		3	841	168	673	135,84	139,11	142,17	139,04
2	Pipa 2 $\varnothing=7,7$ mm	3	439	312	127	93,55	91,26	93,18	92,66
		3	458	297	161	81,38	83,28	88,91	84,52
		3	531	234	297	55,1	56,82	55,07	55,66
		3	628	152	476	44,42	43,09	44,73	44,08
		3	754	41	713	32,84	34,29	34,03	33,72



**Lanjutan Tabel IV – 1.** Pembacaan percobaan pipa halus dengan manometer manual

No.	Nama Pipa	Volume ( liter )	H1	H2	ΔH	Waktu ( T )			T rata – rata
						T1	T2	T3	
3	Pipa 3 Ø=12,5 mm	3	390	354	36	62,92	70,75	73,13	68,93
		3	408	346	62	50,72	53,08	51,85	51,88
		3	422	338	84	43,66	43,14	43,68	43,49
		3	457	317	140	34,07	33,04	33,25	33,45
		3	492	298	194	25,03	26,72	26,7	26,15
4	Pipa 4 Ø=18,5 mm	3	417	400	17	28,66	28,65	28,53	28,61
		3	448	405	43	18,06	18,18	18,22	18,15
		3	475	417	58	14,05	14,54	14,28	14,29
		3	518	428	90	10,86	10,16	10,88	10,63
		3	585	443	142	7,39	8,5	8,99	8,29

Analisa Perhitungan

**a. perhitungan kecepatan aliran**

$$V = \sqrt{2 \times g \times \Delta h}$$

$$V = \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,032}$$

$$V = 0,792 \text{ m/s}$$

**Tabel IV – 2.** Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Pipa Halus

No.	Nama Pipa	Percepatan Gravitasi (m <sup>2</sup> /s)	ΔH	Kecepatan ( V ) ( m/s )
1	Pipa 1	9,81	0,032	0,792
		9,81	0,095	1,365

Lanjutan Tabel IV – 2. Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Pipa Halus

No.	Nama Pipa	Percepatan Gravitasi (m <sup>2</sup> /s)	ΔH	Kecepatan ( V ) ( m/s )
1	Pipa 1	9,81	0,263	2,272
		9,81	0,494	3,113
		9,81	0,673	3,634
2	Pipa 2	9,81	0,127	1,579
		9,81	0,161	1,777
		9,81	0,297	2,414
		9,81	0,476	3,056
		9,81	0,713	3,740
3	Pipa 3	9,81	0,036	0,840
		9,81	0,062	1,103
		9,81	0,084	1,284
		9,81	0,140	1,657
		9,81	0,194	1,951
		9,81	0,017	0,578
4	Pipa 4	9,81	0,043	0,919
		9,81	0,058	1,067
		9,81	0,090	1,329
		9,81	0,142	1,669
		9,81	0,142	1,669

**b. perhitungan debit**

Untuk perhitungan debit, digunakan dua metode perhitungan yaitu perhitungan menggunakan rumus empiris dan metode percobaan.

1) Debit menggunakan rumus empiris

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{\tau D^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \times 0,0045^2}{4}$$

$$A = 0,000016 \text{ m}^2$$

$$Q = V \times A$$

$$= 0,792 \times 0,000016$$

$$= 0,000013$$

2) Debit menggunakan metode percobaan

$$Q = v / t$$

$$Q = 0,003 / 1341,3$$

$$Q = 0,000002$$



**Tabel IV – 3. Hasil Perhitungan Debit Pipa Halus**

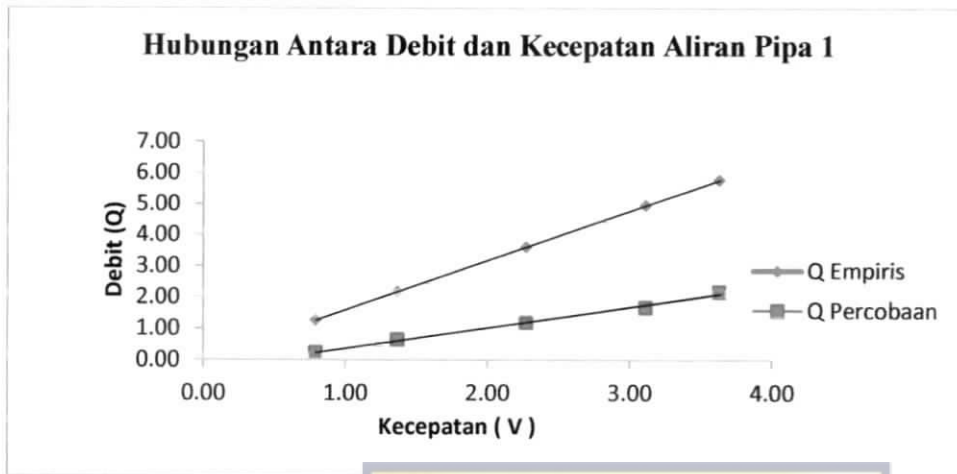
No.	D (m)	$\Pi$	A $\text{m}^2$	V m/s	$Q_{\text{empiris}}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_{\text{percobaan}}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_{\text{empiris}}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_{\text{percobaan}}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
1	0,0045	3,14	0,000016	0,792	0,000013	0,000002	1,259561	0,223664
	0,0045	3,14	0,000016	1,365	0,000022	0,000006	2,170231	0,637051
	0,0045	3,14	0,000016	2,272	0,000036	0,000012	3,610955	1,199568
	0,0045	3,14	0,000016	3,113	0,000049	0,000017	4,948888	1,665741
	0,0045	3,14	0,000016	3,634	0,000058	0,000022	5,776326	2,157652
2	0,0077	3,14	0,000047	1,579	0,000073	0,000032	7,346872	3,237527
	0,0077	3,14	0,000047	1,777	0,000083	0,000035	8,272058	3,549316

Lanjutan Tabel IV – 3. Hasil Perhitungan Debit Pipa Halus

No.	D (m)	T	A (m <sup>2</sup> )	V (m/s)	Q <sub>empiris</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>percobaan</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>empiris</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>percobaan</sub> (m <sup>3</sup> /s)
2	0,0077	3,14	0,000047	2,414	0,000112	0,000054	11,235149	5,389544
	0,0077	3,14	0,000047	3,056	0,000142	0,000068	14,223422	6,805808
	0,0077	3,14	0,000047	3,740	0,000174	0,000089	17,407860	8,896797
3	0,0109	3,14	0,000093	0,840	0,000078	0,000044	7,838327	4,352031
	0,0109	3,14	0,000093	1,103	0,000103	0,000058	10,286509	5,782204
	0,0109	3,14	0,000093	1,284	0,000120	0,000069	11,973243	6,897609
	0,0109	3,14	0,000093	1,657	0,000155	0,000090	15,457390	8,967716
	0,0109	3,14	0,000093	1,951	0,000182	0,000115	18,195878	11,472275
4	0,0172	3,14	0,000232	0,578	0,000134	0,000105	13,412215	10,484623
	0,0172	3,14	0,000232	0,919	0,000213	0,000165	21,330954	16,525891
	0,0172	3,14	0,000232	1,067	0,000248	0,000210	24,773653	20,993702
	0,0172	3,14	0,000232	1,329	0,000309	0,000282	30,860098	28,213166
	0,0172	3,14	0,000232	1,669	0,000388	0,000362	38,763254	36,173633

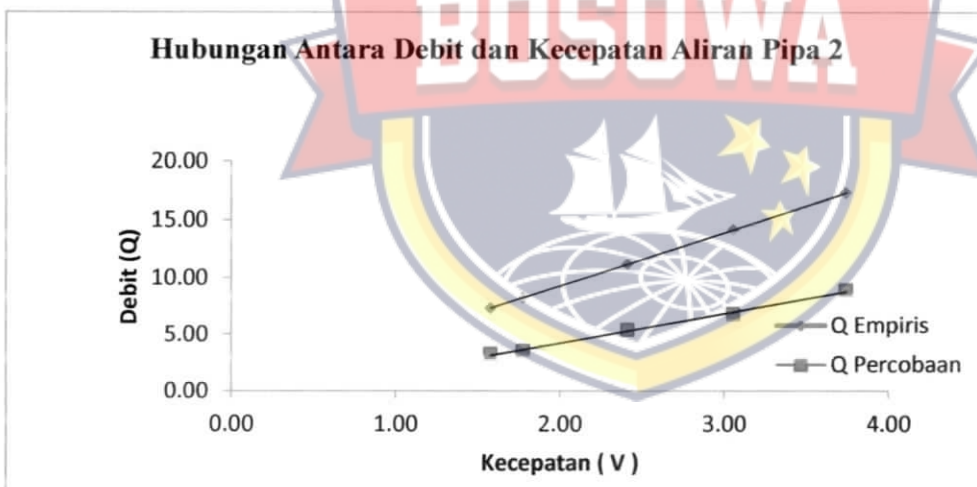
Berdasarkan tabel IV - 3, dapat dibuatkan grafik perbandingan antara nilai perhitungan debit menggunakan rumus empiris dengan nilai perhitungan debit menggunakan metode percobaan pada pipa halus. Grafik hubungan perbandingan antara debit empiris dengan debit percobaan dan kecepatan pada pipa halus dapat dilihat pada gambar 4.1 sampai gambar 4.4

Hubungan antara debit dan kecepatan aliran pada pipa halus 1 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



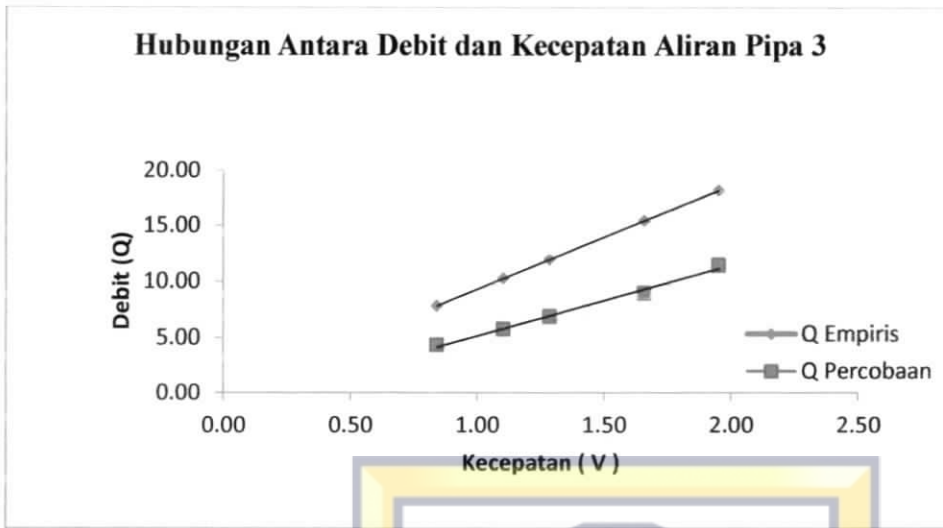
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 1

Hubungan antara debit dan kecepatan aliran pada pipa halus 2 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



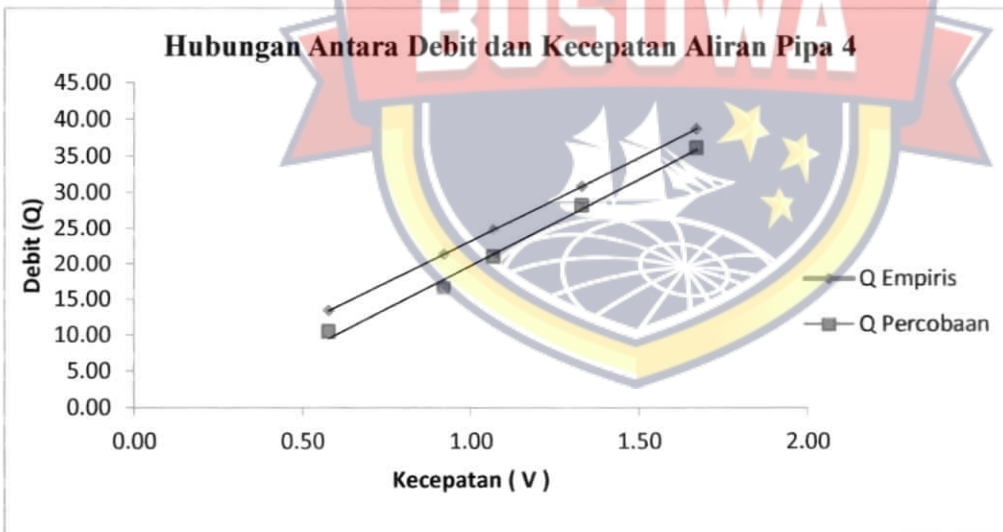
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 2

Hubungan antara debit dan kecepatan aliran pada pipa halus 3 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.3** Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 3

Hubungan antara debit dan kecepatan aliran pada pipa halus 4 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.4** Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 4

**c. Perhitungan bilangan reynold**

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,792 \times 0.0045}{8,010 \times 10^{-7}}$$

$$Re = 4451,481$$

**Tabel IV – 4 Hasil Perhitungan Bilangan Reynold Pipa Halus**

No.	Diameter ( m )	Kekentalan Keinematika	Kecepatan ( V ) m/s	Angka Reynold	Jenis Aliran
1	0.0045	0.0000008010	0.792	4451.481	Transisi
	0.0045	0.0000008010	1.365	7669.928	Turbulen
	0.0045	0.0000008010	2.272	12761.666	Turbulen
	0.0045	0.0000008010	3.113	17490.127	Turbulen
	0.0045	0.0000008010	3.634	20414.419	Turbulen
2	0.0077	0.0000008010	1.579	15174.332	Turbulen
	0.0077	0.0000008010	1.777	17085.223	Turbulen
	0.0077	0.0000008010	2.414	23205.233	Turbulen
	0.0077	0.0000008010	3.056	29377.253	Turbulen
	0.0077	0.0000008010	3.740	35954.436	Turbulen
3	0.0109	0.0000008010	0.840	11436.542	Turbulen
	0.0109	0.0000008010	1.103	15008.570	Turbulen
	0.0109	0.0000008010	1.284	17469.607	Turbulen
	0.0109	0.0000008010	1.657	22553.165	Turbulen
	0.0109	0.0000008010	1.951	26548.767	Turbulen

**Lanjutan Tabel IV – 4 Hasil Perhitungan Bilangan Reynold Pipa Halus**

NO	Diameter ( m )	Kekentalan Keinematika	Kecepatan ( V ) ( m/s )	Angka Reynold	Jenis Aliran
4	0.0172	0.0000008010	0.578	12401.377	Turbulen
	0.0172	0.0000008010	0.919	19723.304	Turbulen
	0.0172	0.0000008010	1.067	22906.537	Turbulen
	0.0172	0.0000008010	1.329	28534.265	Turbulen
	0.0172	0.0000008010	1.669	35841.783	Turbulen

**d. Perhitungan Koefisien Gesekan**

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,316}{4451,481^{0,25}}$$

$$f = 0,03869$$

**Tabel IV – 5 Hasil Perhitungan Koefisien Gesekan Menggunakan Rumus Empiris dan Menggunakan Diagram Moody**

No.	Angka Reynold	Koefisien gesekan ( f ) (Empiris)	Koefisien gesekan ( f ) (Diagram Moody)
1	4451.481	0.03869	0.03800
	7669.928	0.03377	0.03310
	12761.666	0.02973	0.02915
	17490.127	0.02748	0.02700
	20414.419	0.02644	0.02590



**Lanjutan Tabel IV – 5 Hasil Perhitungan Koefisien Gesekan Menggunakan Rumus Empiris dan Menggunakan Diagram Moody**

No	Angka Reynold	Koefisien Gesekan ( f ) ( Empiris )	Koefisien gesekan ( f ) ( Diagram Moody )
2	15174.332	0.02847	0.02805
	17085.223	0.02764	0.02705
	23205.233	0.02560	0.02510
	29377.253	0.02414	0.02395
	35954.436	0.02295	0.02254
3	11436.542	0.03056	0.03050
	15008.570	0.02855	0.02790
	17469.607	0.02749	0.02700
	22553.165	0.02579	0.02545
	26548.767	0.02476	0.02415
4	12401.377	0.02994	0.02960
	19723.304	0.02667	0.02620
	22906.537	0.02569	0.02525
	28534.265	0.02431	0.02420
	35841.783	0.02297	0.02254

**e. Perhitungan Kehilangan Energi**

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 0,03869 \frac{1,00}{0,0045} \frac{0,792^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,275$$

Berdasarkan hasil perhitungan dari tabel 4.1 sampai tabel 4.5 dapat dihitung nilai kehilangan energi yang terjadi pada pipa halus selama melakukan penelitian. Rekapitulasi hasil perhitungan nilai kehilangan energi pada pipa halus dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini :

**Tabel IV – 6.** Hasil perhitungan kehilangan energi Pada Pipa Halus

No.	Panjang Pipa (L) (m)	Diameter Pipa (D) (m)	Percepatan gravitasi (g)	Kecepatan (V) (m/s)	Koefisien Gesekan (f)	Kehilangan energi (hf)
1	1.00	0.0045	9.81	0.792	0.03869	0.275
	1.00	0.0045	9.81	1.365	0.03377	0.713
	1.00	0.0045	9.81	2.272	0.02973	1.738
	1.00	0.0045	9.81	3.113	0.02748	3.016
	1.00	0.0045	9.81	3.634	0.02644	3.954
2	1.00	0.0077	9.81	1.579	0.02847	0.470
	1.00	0.0077	9.81	1.777	0.02764	0.578
	1.00	0.0077	9.81	2.414	0.02560	0.988
	1.00	0.0077	9.81	3.056	0.02414	1.492
	1.00	0.0077	9.81	3.740	0.02295	2.125

**Lanjutan Tabel IV – 6. Hasil perhitungan kehilangan energi Pada Pipa Halus**

NO	Panjang Pipa (L) (m)	Diameter Pipa (D) (m)	Percepatan Gravitasi (g)	Kecepatan (V) (m/s)	Koefisien Gesek (f)	Kehilangan Energi (hf)
3	1.00	0.0109	9.81	0.840	0.03056	0.101
	1.00	0.0109	9.81	1.103	0.02855	0.162
	1.00	0.0109	9.81	1.284	0.02749	0.212
	1.00	0.0109	9.81	1.657	0.02579	0.331
	1.00	0.0109	9.81	1.951	0.02476	0.441
4	1.00	0.0172	9.81	0.578	0.02994	0.030
	1.00	0.0172	9.81	0.919	0.02667	0.067
	1.00	0.0172	9.81	1.067	0.02569	0.087
	1.00	0.0172	9.81	1.329	0.02431	0.127
	1.00	0.0172	9.81	1.669	0.02297	0.190

Setelah dihitung, maka ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara kehilangan energi dan kecepatan aliran masing – masing pipa halus beserta tabel rekapitulasi masing – masing pipa halus berikut :

**Tabel IV – 7.** Rekapitulasi Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran pada Pipa Halus 1 ( $\varnothing= 4,5$  mm)

No.	Kecepatan ( V ) ( m/s )	Kehilangan energi ( hf )
1	0,792	0,275
	1,365	0,713
	2,272	1,738
	3,113	3,016
	3,634	3,954

**Tabel IV – 8.** Rekapitulasi Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran pada Pipa halus 2 ( $\varnothing= 7,7$  mm)

No.	Kecepatan ( V ) ( m/s )	Kehilangan energi ( hf )
2	1,579	0,470
	1,777	0,578
	2,414	0,988
	3,056	1,492
	3,740	2,125

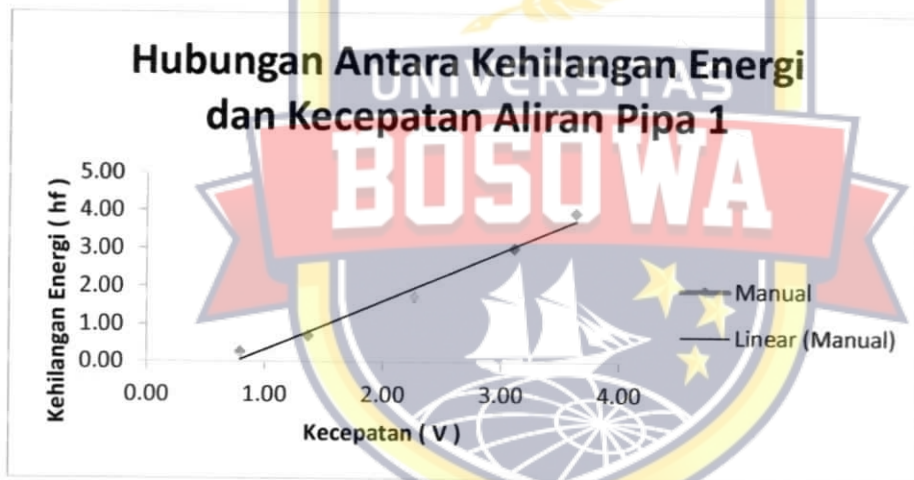
**Tabel IV – 9.** Rekapitulasi Kehilangan Energi dan Kecepatan aliran pipa halus 3 ( $\varnothing=10,9$  mm)

No.	Kecepatan ( V ) ( m/s )	Kehilangan energi ( hf )
3	0,840	0,101
	1,103	0,162
	1,284	0,212
	1,657	0,331
	1,951	0,441

**Tabel IV – 10.** Rekapitulasi Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa Halus 4  
( $\varnothing=17,2$  mm)

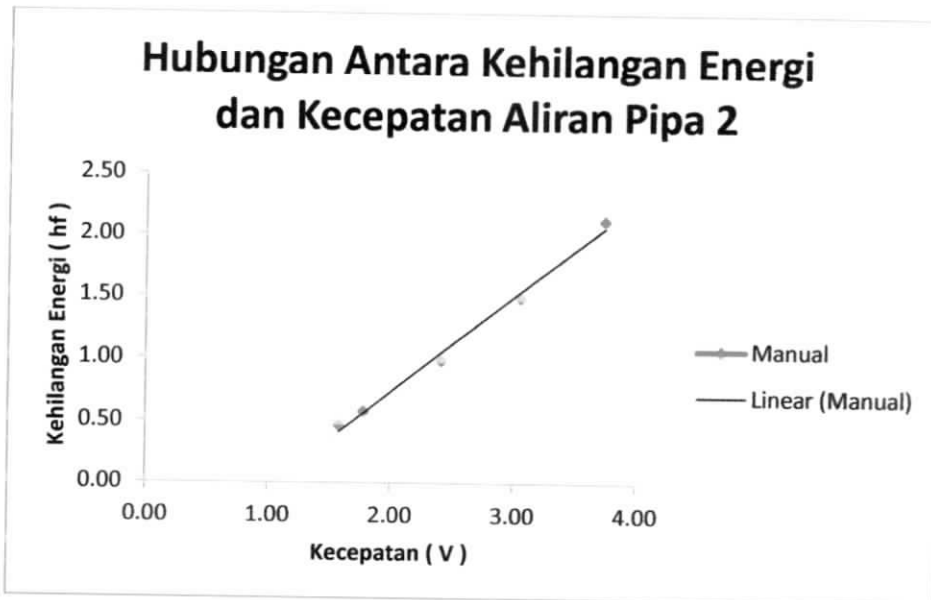
No.	Kecepatan ( V ) ( m/s )	Kehilangan energi ( hf )
4	0,578	0,030
	0,919	0,067
	1,067	0,087
	1,329	0,127
	1,669	0,190

Hubungan antara kehilangan energi dan kecepatan aliran pada pipa halus 1 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



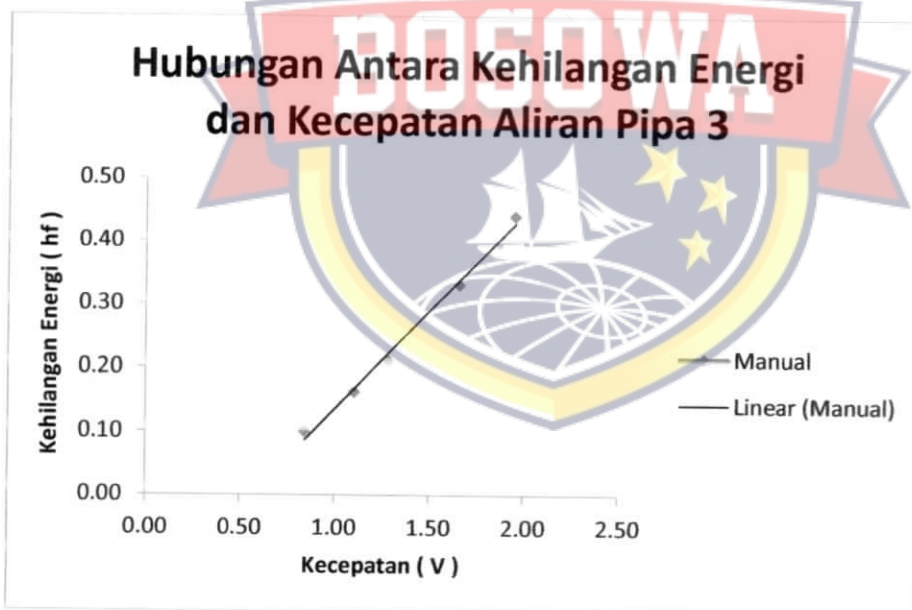
**Gambar 4.5** Grafik Hubungan Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa 1

Hubungan antara kehilangan energi dan kecepatan aliran pada pipa halus 2 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



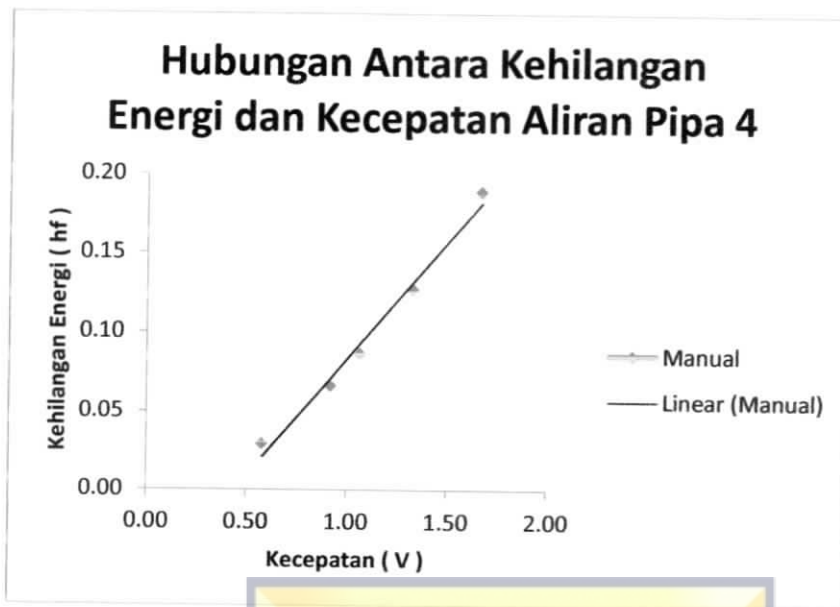
**Gambar 4.6** Grafik Hubungan Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa 2

Hubungan antara kehilangan energi dan kecepatan aliran pada pipa halus 3 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.7.** Grafik Hubungan Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa 3

Hubungan antara kehilangan energi dan kecepatan aliran pada pipa halus 4 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.8.** Grafik Hubungan Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa 4

#### 4.1.2 Pembacaan pada percobaan B, nilai kehilangan energi pada pipa kasar menggunakan manometer manual

**Tabel IV – 11.** Pembacaan Percobaan Pipa Kasar dengan Manometer Manual

No	Nama Pipa	Volume ( liter )	H1	H2	$\Delta H$	Waktu ( T )			T rata – rata
						T1	T2	T3	
1	Pipa 5 (Pipa Kasar)	3	423	384	39	38,22	35,33	39,83	37,79
		3	442	377	65	31,29	30,55	30,09	30,64
		3	472	364	108	20,12	22,78	22,84	21,91
		3	529	344	185	17,43	17,06	15,82	16,77
		3	631	300	331	12,8	13,04	13,13	13,00

## Analisa Perhitungan

### a. perhitungan kecepatan aliran

Kecepatan diperoleh dari data beda tinggi tekanan dan percepatan gravitasi yang terjadi pada pipa yang ditinjau :

$$V = \sqrt{2 \times g \times \Delta h}$$

Contoh :

$$V = \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,039}$$

$$V = 0,875 \text{ m/s}$$

**Tabel IV – 12.** Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran pada Pipa Kasar

No.	Nama Pipa	Percepatan Gravitasi (m <sup>2</sup> /s)	$\Delta h$	Kecepatan ( V ) ( m/s )
1	Pipa 5	9,81	0,039	0,875
		9,81	0,065	1,129
		9,81	0,108	1,456
		9,81	0,185	1,905
		9,81	0,331	2,548

### b. perhitungan debit

Untuk perhitungan debit, digunakan dua metode perhitungan yaitu perhitungan menggunakan rumus empiris dan metode percobaan.

1) Perhitungan debit menggunakan rumus empiris :

$$Q = V \times A$$

dimana :

$$A = \frac{\tau D^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \times 0,0152^2}{4}$$

$$A = 0,000181 \text{ m}^2$$



Maka :

$$Q = V \times A$$

$$= 0,875 \times 0,000181$$

$$= 0,0001586 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) Perhitungan debit menggunakan metode percobaan

$$Q = v / t$$

$$Q = 0,003 / 37,79$$

$$Q = 0,0000794 \text{ m}^3/\text{s}$$

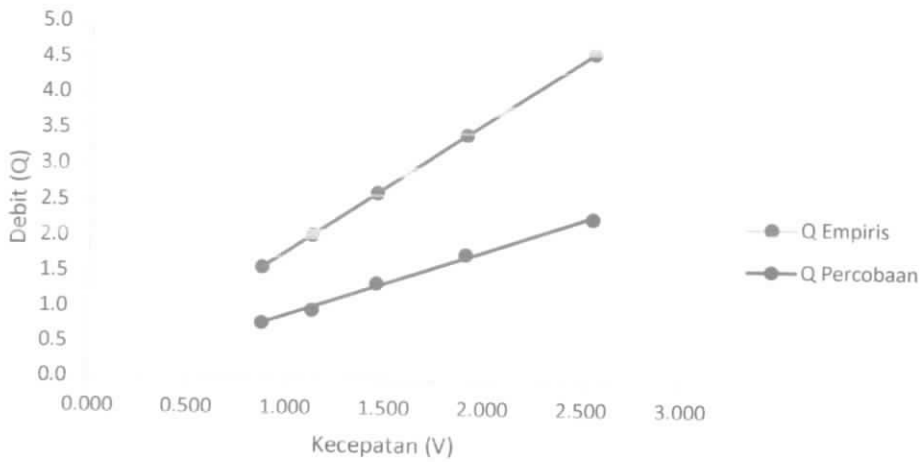
**Tabel IV – 13.** Hasil Perhitungan Debit pada Pipa Kasar

No.	Diameter (m)	$\tau$	Luas Penampang (A) m <sup>2</sup>	Kecepatan (V) m/s	Debit (Q) <sub>Empiris</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Debit (Q) <sub>Percobaan</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Debit (Q) <sub>Empiris</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Debit (Q) <sub>Percobaan</sub> (m <sup>3</sup> /s)
	0.0152	3.14	0.000181	0.875	0.0001586	0.0000794	1.5864947	0.7937908
	0.0152	3.14	0.000181	1.129	0.0002048	0.0000979	2.0481559	0.9790058
1	0.0152	3.14	0.000181	1.456	0.0002640	0.0001369	2.6400868	1.3690295
	0.0152	3.14	0.000181	1.905	0.0003455	0.0001789	3.4553512	1.7889088
	0.0152	3.14	0.000181	2.548	0.0004622	0.0002308	4.6218977	2.3076923

Berdasarkan Tabel IV – 13 dapat dibuatkan grafik perbandingan antara nilai perhitungan debit menggunakan rumus empiris dengan nilai perhitungan debit menggunakan metode percobaan pada pipa kasar.

Untuk grafik hubungan perbandingan antara debit empiris dengan debit percobaan dan kecepatan aliran pada pipa kasar dapat dilihat pada gambar berikut :

### HUbugan Antara Debit dengan Kecepatan Aliran Pipa Kasar



**Gambar 4.9.** Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 5

#### c. perhitungan bilangan reynold

$$Re = \frac{v \times D}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,8747 \times 0.0152}{8,010 \times 10^{-7}}$$

$$Re = 16599,419$$

**Tabel IV – 14.** Hasil Perhitungan Bilangan Reynold pada Pipa Kasar

No.	Diameter ( m )	Kekentalan Kinematika	Kecepatan ( V ) m/s	Angka Reynold	Jenis Aliran
1	0,0152	0,0000008010	0,874746	16599,419	Turbulen
	0,0152	0,0000008010	1,129292	21429,757	Turbulen
	0,0152	0,0000008010	1,455665	27623,102	Turbulen
	0,0152	0,0000008010	1,905177	36153,175	Turbulen
	0,0152	0,0000008010	2,548376	48358,695	Turbulen

**d. perhitungan koefisien gesekan**

$$f = \phi (Re, k/D)$$

Jika  $Re = 16599,419$

$$k/D = 0,00980$$

Maka,  $f = 0,03000$

**Tabel IV – 15.** Hasil Perhitungan Koefisien Gesekan Menggunakan Diagram Moody

No.	Angka Reynold	k/D	Koefisien gesekan ( f ) (Diagram Moody)
1	16599,419	0,00980	0,03000
	21429,757	0,00980	0,02800
	27623,102	0,00980	0,02700
	36153,175	0,00980	0,02500
	48358,695	0,00980	0,02400

**e. perhitungan kehilangan energi**

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 0,0300 \frac{1,00}{0,0152} \frac{0,875^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,0077$$

**Tabel IV – 16.** Hasil Perhitungan Kehilangan Energi Pada Pipa Kasar

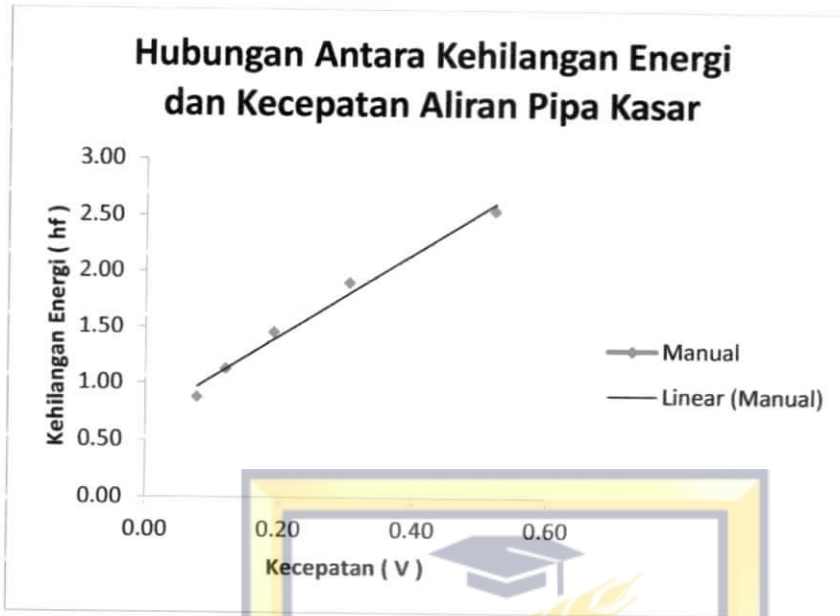
No.	Panjang Pipa ( L ) ( m )	Diameter Pipa( D ) ( m )	Percepatan gravitasi ( g )	Kecepatan ( V )( m/s )	Koefisien Gesekan ( f )	Kehilangan energi ( hf )
1	1,00	0,0152	9,81	0,875	0,03000	0,077
	1,00	0,0152	9,81	1,129	0,02800	0,120
	1,00	0,0152	9,81	1,456	0,02700	0,192
	1,00	0,0152	9,81	1,905	0,02500	0,304
	1,00	0,0152	9,81	2,548	0,02400	0,523

Setelah dihitung, maka ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara kehilangan energi dan kecepatan aliran pada pipa kasar berikut :

**Tabel IV – 17.** Rekapitulasi Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa Kasar ( $\varnothing = 0,0152$ )

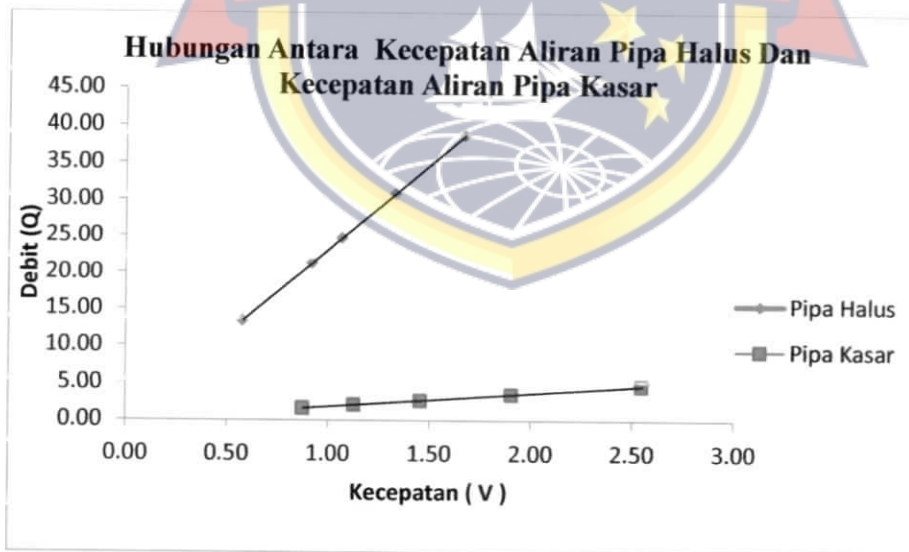
No.	Kecepatan ( V ) ( m/s )	Kehilangan energi ( hf )
1	0,875	0,077
	1,129	0,120
	1,456	0,192
	1,905	0,304
	2,548	0,523

Hubungan antara kehilangan energi dan kecepatan aliran pada pipa kasar beserta regresi liniernya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



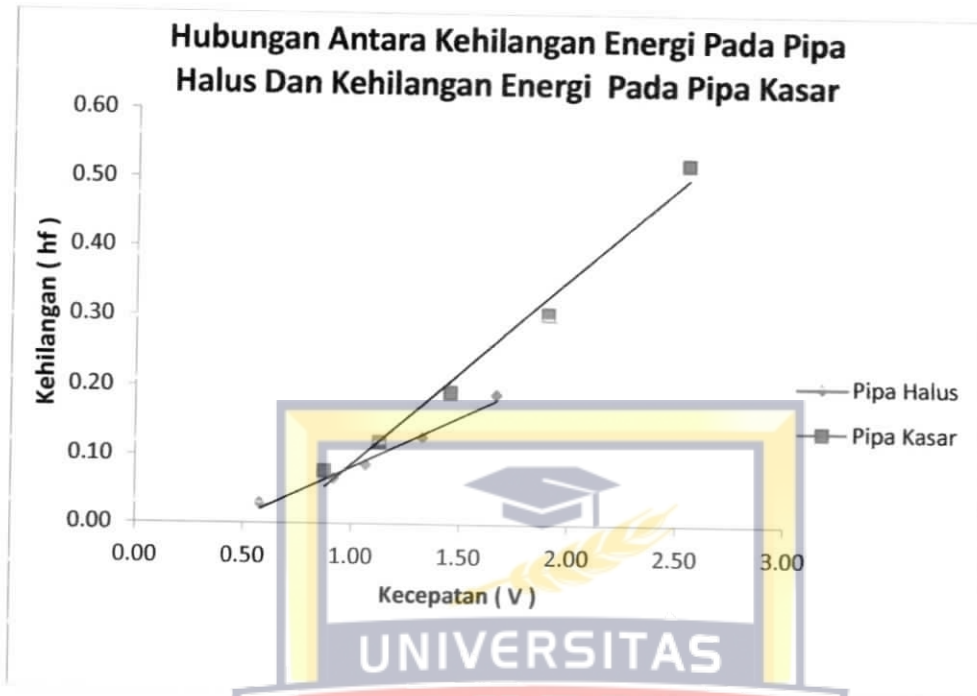
**Gambar 4.10.** Grafik Hubungan Antara kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa kasar

Hubungan antara kecepatan aliran pada pipa halus dan kecepatan aliran pada pipa kasar beserta regresi liniernya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.11.** Hubungan antara kecepatan aliran pada pipa halus dan kecepatan aliran pada pipa kasar

Hubungan antara kehilangan energi pada pipa halus dan kehilangan energi pada pipa kasar dan beserta regresi liniernya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.12.** Hubungan antara kehilangan energi pada pipa halus dan kehilangan energi pada pipa kasar

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

Pada hasil perhitungan kecepatan aliran dan nilai kehilangan energi dengan menggunakan metode manual :

a. Pada percobaan pipa halus

Semakin besar nilai kecepatan aliran (0,578 m/s – 3,740 m/s) dalam pipa, maka nilai kehilangan energi (0,030 – 3,954) juga akan semakin besar. Ini membuktikan bahwa kecepatan aliran berbanding lurus dengan nilai kehilangan energi.

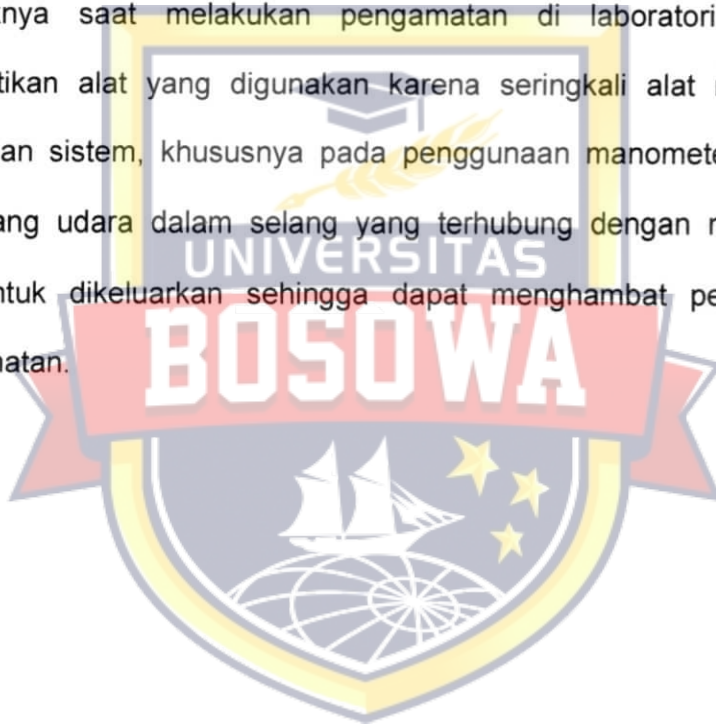
b. Pada percobaan pipa kasar

Semakin besar nilai kecepatan aliran (0,875 m/s – 2,548 m/s) dalam pipa, maka nilai kehilangan energi (0,077 – 0,523) juga akan semakin besar. Ini membuktikan bahwa kecepatan aliran berbanding lurus dengan nilai kehilangan energi. Bedanya dengan percobaan pada pipa halus adalah kecepatannya lebih besar, ini diakibatkan karena penampang bagian dalam pipa memiliki permukaan yang lebih halus dan memiliki luas penampang yang lebih kecil dibandingkan dengan pipa kasar, dan kecepatan aliran pada pipa kasar rendah diakibatkan adanya gesekan dengan permukaan pipa yang kasar.

## 5.2 SARAN

Dari beberapa kesimpulan di atas, maka saran yang dapat kami berikan:

1. Penelitian dapat dilakukan dengan lebih banyak percobaan, khususnya pada pipa kasar karena dalam percobaan pipa kasar dalam laboratorium hanya ada satu saja, sehingga diharapkan dapat dilakukan beberapa percobaan dan perlakuan sehingga hasil yang didapatkan bisa lebih akurat.
2. Hendaknya saat melakukan pengamatan di laboratorium harus memastikan alat yang digunakan karena seringkali alat mengalami kesalahan sistem, khususnya pada penggunaan manometer manual. Terkadang udara dalam selang yang terhubung dengan manometer sulit untuk dikeluarkan sehingga dapat menghambat pelaksanaan pengamatan.





## DAFTAR PUSTAKA

- Aritama, Ananta. 2007. *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi berdasarkan Optimasai Diameter Serat*, (Online), ([https://eprints.undip.ac.id/16414/1/Ananta\\_Ariatama.pdf](https://eprints.undip.ac.id/16414/1/Ananta_Ariatama.pdf) diakses 15 Oktober 2014).
- Autoshare. 2012. *Pengaruh Penambahan Serat Kawat pada Beton terhadap Kuat Lentur Beton*, (Online), (<http://autoshare88.blogspot.com/2012/02/pengaruh-penambahan-serat-kawat-pada.html> diakses 10 Maret 2015).
- B Wardah. Ansar Fauzin. 2005. *Perbandingan Kuat Tarik dan Tekan Beton Serat Bendrat Spiral dengan Beton Normal*, Tugas Akhir tidak diterbitkan, Makassar : Jurusan Teknik Sipil, Politeknk Negeri Ujung Pandang.
- Dwikusuma. 2012. *Aplikasi Beton Non Pasir Sebagai Pengganti Pipa pada Penampungan Mata*, (online), (<https://dwikusumadpu.wordpress.com/2012/11/21/beton-non-pasir-no-fines-concrete/> diakses 28 okt 2014).
- Dwikusuma. 2012. *Beton Non Pasir (No Fines Concrete)*, (Online), (<https://dwikusumadpu.wordpress.com/2012/11/21/beton-non-pasir-no-fines-concrete/> diakses 10 Maret 2015).
- Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi beton*. Yogyakarta

Tjaronge, M.W. 2012. *Teknologi Bahan Lanjut Semen dan Beton Berongga*,  
CV Telaga Zam Zam, Makassar.

Trisnoyuwono, Diarto. ST.MT. 2014. *Beton Non Pasir*, Graha Ilmu,  
Yogyakarta.

Widodo, Aris. 2012. Pengaruh Penggunaan Potongan Kawat Bendrat  
pada Campuran Beton, (Online), ([http://www.jtsp-  
unnes.org/2013/06/pengaruh-penggunaan-potongan-kawat.html](http://www.jtsp-unnes.org/2013/06/pengaruh-penggunaan-potongan-kawat.html)  
diakses 10 Maret 2015).



## Data Pembacaan Manometer Pada Pipa Halus

No.	Nama Pipa	Volume ( liter )	H1	H2	$\Delta H$	Waktu ( T )			T rata - rata
						T1	T2	T3	
1	Pipa 1 $\text{Ø}=4,5 \text{ mm}$	3	506	474	32	1349,22	1220,58	1454,1	1341,30
		3	522	427	95	491,13	430,5	491,13	470,92
		3	615	352	263	252,57	250,5	247,2	250,09
		3	742	248	494	181,11	181,17	178,02	180,10
		3	841	168	673	135,84	139,11	142,17	139,04
2	Pipa 2 $\text{Ø}=7,7 \text{ mm}$	3	439	312	127	93,55	91,26	93,18	92,66
		3	458	297	161	81,38	83,28	88,91	84,52
		3	531	234	297	55,1	56,82	55,07	55,66
		3	628	152	476	44,42	43,09	44,73	44,08
		3	754	41	713	32,84	34,29	34,03	33,72

No.	Nama Pipa	Volume ( liter )	H1	H2	$\Delta H$	Waktu ( T )			T rata – rata
						T1	T2	T3	
3	Pipa 3 $\text{Ø}=12,5 \text{ mm}$	3	390	354	36	62,92	70,75	73,13	68,93
		3	408	346	62	50,72	53,08	51,85	51,88
		3	422	338	84	43,66	43,14	43,68	43,49
		3	457	317	140	34,07	33,04	33,25	33,45
		3	492	298	194	25,03	26,72	26,7	26,15
4	Pipa 4 $\text{Ø}=18,5 \text{ mm}$	3	417	400	17	28,66	28,65	28,53	28,61
		3	448	405	43	18,06	18,18	18,22	18,15
		3	475	417	58	14,05	14,54	14,28	14,29
		3	518	428	90	10,86	10,16	10,88	10,63
		3	585	443	142	7,39	8,5	8,99	8,29



## Data Pembacaan Manometer Manual Pada Pipa Kasar

No	Nama Pipa	Volume ( liter )	H1	H2	$\Delta H$	Waktu ( T )			T rata – rata
						T1	T2	T3	
1	Pipa 5 (Pipa Kasar)	3	423	384	39	38,22	35,33	39,83	37,79
		3	442	377	65	31,29	30,55	30,09	30,64
		3	472	364	108	20,12	22,78	22,84	21,91
		3	529	344	185	17,43	17,06	15,82	16,77
		3	631	300	331	12,8	13,04	13,13	13,00

Nama Alat

: Fluid Friction Measurement

Tempat Pengambilan Data

: Lab. Hidraulika Politeknik Negeri Ujung Pandang


Waktu Pengambilan Data

: Februari - Maret 2015

Makassar, Juni 2015

Ketua Jurusan Teknik Sipil

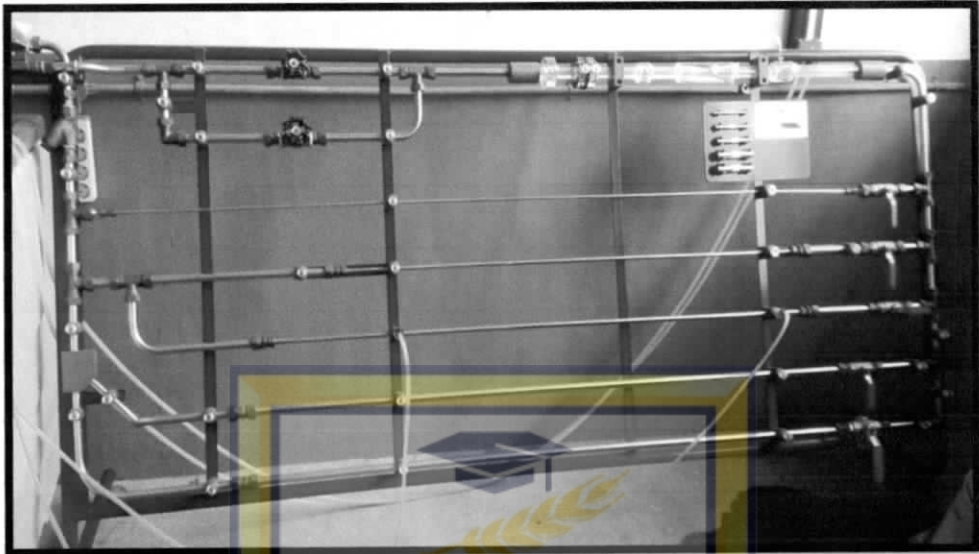
Politeknik Negeri Ujung Pandang



**Ir. Andi Erdiansa, MT**

**Nip. 19620926 199003 1 001**

## Dokumentasi dan Hasil Foto Pengamatan



Alat fluid friction measurement



Contoh Diameter Pipa Halus & Pipa Kasar



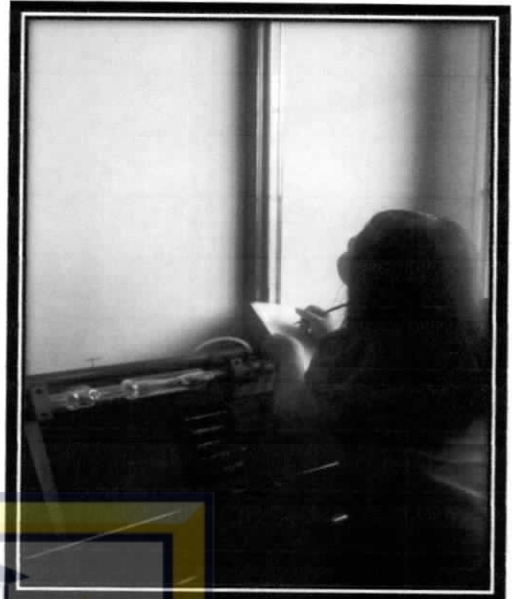
UNIVERSITAS  
Hidraulic Banch ( bak penampungan )

**BOSOWA**

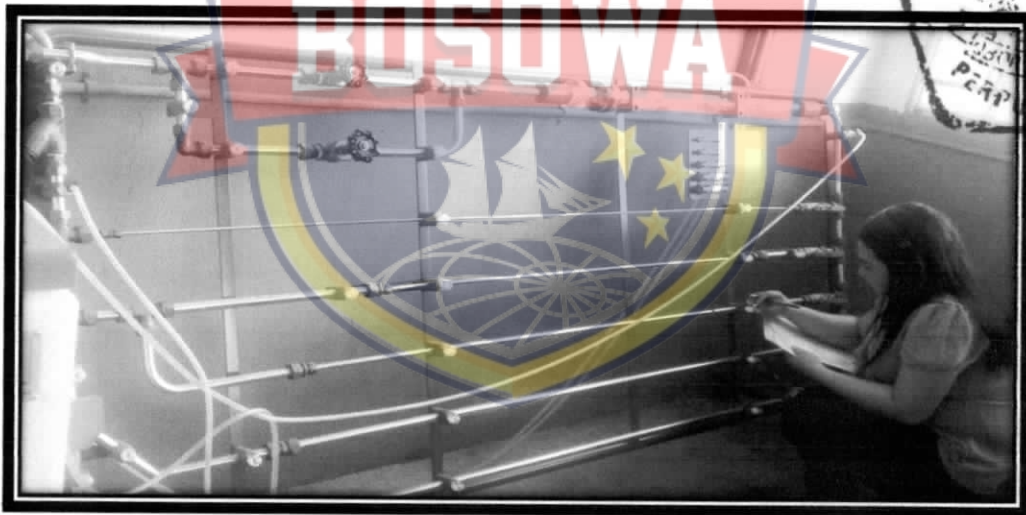


Pembacaan & Pengambilan Data waktu aliran

LAMPIRAN 2-B

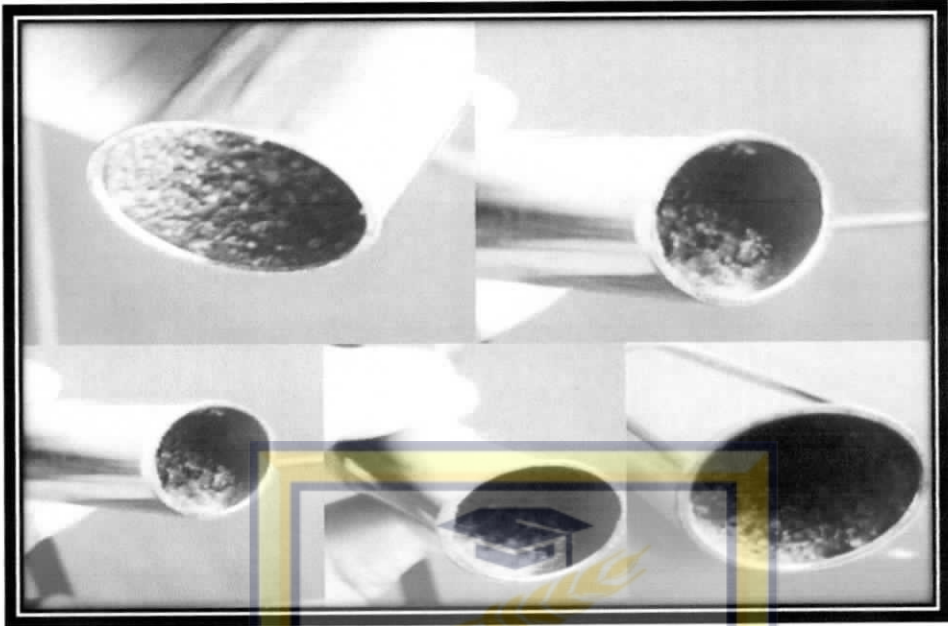


Pengambilan data melalui manometer manual ( tabung piezometer )



Mengecek sistem jaringan pipa hingga dialirkan kembali ke bak penampungan





Gambar Pipa Kasar





# UNIVERSITAS "45"

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. (0411) 452901 – 452789

Fax. (0411) 424568 Website : [www.univ45.ac.id](http://www.univ45.ac.id)

MAKASSAR

NAMA : SRI REZEKI YEMIMA  
NIM : 45 12 041 239  
JURUSAN : TEKNIK SIPIL  
DOSEN PEMBIMBING : ① Ir. Amiruddin Rana, MT  
2. Ir. Burhanuddin Badrun, M.SP  
TUGAS AKHIR : **PENGARUH KEHILANGAN ENERGI AKIBAT  
KEKERASAN DINDING PIPA TERHADAP  
KECEPATAN ALIRAN, PADA LABORATORIUM  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

NO	TANGGAL	URAIAN	TTD
01	23/1/2015	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bab. I. Susun Subbab menurut urutannya</li><li>- Tambahkan Subtitik pada Sm</li></ul>	
02	4/02/2015	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bab. II. Untuk sub-bab di beri penomoran, mengacu ke Bab</li><li>- Bab. III. Metode Penelitian Susun sub-bab menurut urutannya penomoran</li><li>- tambahkan Kalimat 3.1. Tahapan Penelitian</li></ul>	
02	4/02/2015	<ul style="list-style-type: none"><li>- Berikan keterangan simbol nomor alat fluid friction</li><li>- Perbaiki flowchart penelitian dan beri penomoran Gbr.</li><li>- Urutkan penomoran halaman per Bab.</li></ul>	



# UNIVERSITAS " 45 "

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. ( 0411 ) 452901 – 452789

Fax. ( 0411 ) 424568 Website : [www.univ45.ac.id](http://www.univ45.ac.id)

MAKASSAR

NAMA : SRI REZEKI YEMIMA  
NIM : 45 12 041 239  
JURUSAN : TEKNIK SIPIL  
DOSEN PEMBIMBING : 1. Ir. Amiruddin Rana, MT  
2. Ir. Burhanuddin Badrun, M.SP  
TUGAS AKHIR : PENGARUH KEHILANGAN ENERGI AKIBAT KEKASARAN  
DINDING PIPA TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA  
LABORATORIUM POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

NO	TANGGAL	URAIAN	TTD
03	15/02/2015	<ul style="list-style-type: none"><li>- Perbaiki keterangan Gambar.</li><li>- Sinkronkan Tahapan Kegiatan dg Flowchart Penelitian.</li><li>- Segera untuk Penelitian Lab.</li></ul>	
04	5/3/2015	→ Siap u/ di Seminar	



# UNIVERSITAS " 45 "

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. ( 0411 ) 452901 – 452789

Fax. ( 0411 ) 424568 Website : [www.univ45.ac.id](http://www.univ45.ac.id)

MAKASSAR

NAMA : SRI REZEKI YEMIMA  
NIM : 45.12.041.239  
MUDICANT : TEKNIK SIDIH  
DOSEN PEMBIMBING : ① Ir. Amiruddin Rana, MT  
2. Ir. Burhanuddin Badrun, M. Sc  
TUGAS AKHIR : PENGARUH KEHILANGAN ENERGI AKIBAT KEKASARAN

DINDING PIPA TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA  
LABORATORIUM POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

NO	TANGGAL	URAIAN	TTD
01	27/6/2015	<ul style="list-style-type: none"><li>- Perbaiki Penulisan</li><li>- kalsman organisasi cetrethe</li><li>- Daftar Isi</li><li>- Judul di sederhanakan</li><li>- Daftar ce/lyan akhir</li></ul>	





# UNIVERSITAS "45"

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. (0411) 452901 – 452789

Fax. (0411) 424568 Website : [www.univ45.ac.id](http://www.univ45.ac.id)

MAKASSAR

NAMA : SRI REZEKI YEMIMA  
NIM : 45 12 041 239  
JURUSAN : TEKNIK SIPIL  
DOSEN PEMBIMBING : 1. Ir. Amiruddin Rana, MT  
(2) Ir. Burhanuddin Badrun, M.SP  
TUGAS AKHIR : **PENGARUH KEHILANGAN ENERGI AKIBAT  
KEKERASAN DINDING PIPA TERHADAP  
KECEPATAN ALIRAN PADA LABORATORIUM  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

NO	TANGGAL	URAIAN	TTD
	20.01.015	<ul style="list-style-type: none"><li>* - Pendahuluan</li><li>- Daftar pustaka</li><li>- Metodologi</li><li>- Hasil Pembahasan</li><li>- Kesimpulan &amp; Saran</li></ul> <p>* Uji : + Kehl. daya Energi + Kecepatan Aliran</p> <p>* Aca. Canggih dan CAS (Penelitian)</p>	
	21.04.015	Siap dg. Seminar	




# UNIVERSITAS “ 45 “

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. ( 0411 ) 452901 – 452789

Fax. ( 0411 ) 424568 Website : [www.univ45.ac.id](http://www.univ45.ac.id)

MAKASSAR

NAMA : SRI REZEKI YEMIMA  
NIM : 45 12 041 239  
JURUSAN : TEKNIK SIPIL  
DOSEN PEMBIMBING : 1. Ir. Amiruddin Rana, MT  
2. Ir. Burhanuddin Badrun, M.SP  
TUGAS AKHIR : PENGARUH KEHILANGAN ENERGI AKIBAT KEKASARAN  
DINDING PIPA TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA  
LABORATORIUM POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

NO	TANGGAL	URAIAN	TTD
		 <p data-bbox="393 829 902 939"><i>Siap ujian Ahlin</i></p>	