

RANCANG BANGUN ALAT UJI HEAD LOSSES PADA
PRAKTIKUM FISIKA TERAPAN DI KAMPUS PSDKU PNUP
KOLAKA



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan
Diploma Tiga (D3) Program Studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

DIMAS ABDIANSYAH 342 20 093

HENDRA 342 20 105

INDRI SASFITA SAKKE 342 20 107

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun Alat Uji *Head Losses* Pada Praktikum Fisika Terapan di Kampus PSDKU PNUP KOLAKA” oleh Dimas Abdiansyah NIM 342 20 093, Hendra NIM 342 20 105, Indri Sasfita Sakke Nim 342 20 107 dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023

Pembimbing I,



Yiyin Klistafani, S.T., M.T.
NIP.19900517 201504 2 001

Pembimbing II,



Nur Rahmah H. Anwar, S.T., M.T.
NIP.19911220 201903 2 026

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Dr. Ir. Syaharuddin Rasvid, M.T
NIP.19660105 199403 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, jumat 8 September 2023, tim penguji laporan tugas akhir telah menerima hasil laporan akhir oleh mahasiswa: Dimas Abdiansyah NIM 342 20 093, Hendra NIM 342 20 105, Indri Sasfita Sakke Nim 342 20 107 dengan judul “Rancang Bangun Alat Uji *Head Losses* Pada Praktikum Fisika Terapan di Kampus PSDKU PNUP KOLAKA”.

Makassar, 8 September 2023

Tim Penguji Ujian Laporan Tugas Akhir:

1. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.	Ketua	(.....)
2. Sri Suwasti, S.ST., M.T.	Sekretaris	(.....)
3. Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D.	Anggota I	(.....)
4. Prof. Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D.	Anggota II	(.....)
5. Yiyin Klistafani, S.T., M.T.	Pembimbing I	(.....)
6. Nur Rahmah H. Anwar, S.T., M.T.	Pembimbing II	(.....)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga Penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Alat Uji *Head Losses* Pada Praktikum Fisika Terapan di Kampus PSDKU PNUP KOLAKA” tepat pada waktunya, meski jauh dari kata sempurna.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang Penulis alami. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan ini Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak atas dukungan, bimbingan, perhatian dan motivasi yang telah di berikan kepada Penulis, antara lain:

1. Kedua Orang Tua tercinta, juga kepada Saudara-saudara Penulis yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materi, serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada Penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak H. Ahmad Safei, S.H., M.H. selaku Bupati Kabupaten Kolaka, yang telah memberikan banyak bantuan berupa motivasi dan bantuan materi.
3. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku Kordinator Program Studi Teknik konvesi energi.
6. Ibu Yiyin Klistafani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

7. Ibu Nur Rahmah H. Anwar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
8. Dosen-dosen yang terlibat membantu Penulis hingga laporan tugas akhir ini selesai.
9. Bapak Ir. Andareas Pangkung, M.T. selaku Ketua Pengelola PSDKU PNUP Kolaka
10. Ibu Rahmah, S.Pd., M.Pd. Selaku Wakil Ketua Pengelola PSDKU PNUP Kolaka.
11. Bapak Apollo Mattangang, S.T., M.Eng. selaku Ketua Pengelola PSDKU PNUP Kolaka terdahulu.
12. Ibu Hj. Mardiana Wahab, M.Kes. selaku Wakil Ketua Pengelola Terdahulu.
13. Teman-teman yang telah berkenan membantu hingga laporan laporan tugas akhir ini dapat selesai.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi Pembaca dan terkhusus bagi Penulis. Terima kasih.

Makassar, September 2023

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENERIMAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SIMBOL, SATUAN DAN/ATAU SINGKATAN	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
SURAT PERNYATAAN.....	xi
RINGKASAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan.....	3
1.4.1 Tujuan Kegiatan	3
1.4.2 Manfaat Kegiatan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sifat-sifat Fluida.....	4
2.1.1 Tekanan (P)	5
2.1.2 Kerapatan (ρ).....	7
2.1.3 Viskositas (μ).....	7
2.2 Pengertian dan Persamaan Dasar Aliran Fluida	9
2.3 Aliran Dalam Pipa Lurus.....	12
2.4 Faktor Gesek dan <i>Head Losses</i> pada pipa	14

2.4.1 Kehilangan Longitudinal.....	14
2.4.2 Kehilangan Lokal (Lokal Losses).....	17
BAB III METODE KEGIATAN.....	18
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Diagram Alir Kegiatan	20
3.4 Prosedur Pembuatan Benda Uji	21
3.4.1 Prosedur Pembuatan Instalasi Pipa Pengujian <i>Head Losses</i>	21
3.4.2 Prosedur Pembuatan Stand Pengujian <i>Head Losses</i>	22
3.4.3 Prosedur pembuatan alat uji head losses	23
3.5 Prosedur Pengambilan Data.....	24
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN	26
4.1 Hasil rancang bangun	26
4.2 Hasil Pengujian dan Analisis data Percobaan.....	28
4.3 Pembahasan	31
BAB V PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Definisi Tegangan Geser.....	5
Gambar 2.2 Profil Kecepatan Dan Gradien Kecepatan	8
Gambar 2.3 Aliran Fluida	9
Gambar 2.4 Aliran <i>Steady</i> Dan <i>Unsteady</i>	10
Gambar 2.5 Alat Osborne Reynolds.....	12
Gambar 2.6 a. Aliran Laminar, b. Aliran Transisi, c. Aliran Turbulen	13
Gambar 2.7 HL Pada Pipa Lurus.....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Kegiatan Tugas Akhir	20
Gambar 3.2 Instalasi Pipa Pengujian <i>Head Losses</i> tampak atas	21
Gambar 3.3 Tampak amping stand Pengujian <i>Head Losses</i>	22
Gambar 3.4 Tampak Depan Alat Uji <i>Head Losses</i>	24
Gambar 4.1 Tampak atas instalasi pipa alat uji <i>head losses</i>	27
Gambar 4.2 alat uji <i>head losses</i>	28
Gambar 4.3 grafik hubungan antara debit aliran (Q) dengan bilangan Reynold (Re) pada pipa uji.....	32
Gambar 4.4 grafik hubungan antara kecepatan fluida (v) dengan bilangan Reynold (Re) pada pipa uji.....	33
Gambar 4.5 grafik perbandingan antara hubungan debit aliran (Q) dan <i>head losses</i> pada pipa uji.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam pembuatan alat uji <i>head losses</i>	18
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam pembuatan alat uji <i>head losses</i>	18
Tabel 4.1 Hasil percobaan <i>head losses</i> pipa aluminium	28
Tabel 4.2 Faktor kekasaran berbagai jenis pipa	34



DAFTAR SIMBOL, SATUAN DAN/ATAU SINGKATAN

SIMBOL	SATUAN	KETERANAGN
τ	Pa	Tegangan Geser
dv/dy	rad/s	Kecepatan Sudut
F	N	Gaya Tegak Lurus
P	N/m ²	Tekanan
ρ	kg/m ³	Massa Jenis Cairan
H	m	Kedalam Suatu Titik Terhadap Permukaan
$\dot{\nu}$	N.s/m ²	Viskositas Puser Atau Yang Menyatakan Efek- Efek Dari Turbulen
μ	N.s/m ²	Viskositas Kinematik Atau Yang Menyatakan Efek-efek Dari Gerak Kekentalan
A	m ²	Luas Penampang
V	m/s ²	Kecepatan Rata-Rata
Q	m ³ /s	Debit
f		Koefisien Gesek
V	m ³ /s	Laju Aliran Volume
H _L	m	Kerugian Tinggi Tekan
L	m	Panjang Pipa
D	m	Diameter
v	m/s	Kecepatan
g	9,8 m/s ²	Percepatan Gravitasi
Re		Bilangan Reynolds
Δh	m	Perbedaan Tinggi Tekanan (Head Losses)
K	m	Koefisien Kehilangan Lokal

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	41
Lampiran B.....	43
Lampiran C.....	46
Lampiran D	47
Lampiran E.....	52



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dimas Abdiansyah

NIM : 34220093

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Alat Uji Head Losses Pada Praktikum Fisika Terapan Di Kampus PSDKU PNUP Kolaka” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir. Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang di tetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2023

Dimas Abdiansyah
NIM.34220093

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hendra

NIM : 34220105

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Alat Uji Head Losses Pada Praktikum Fisika Terapan Di Kampus PSDKU PNUP Kolaka” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir. Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang di tetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2023

Hendra
NIM.34220105

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indri Sasfita Sakke

NIM : 34220107

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Alat Uji Head Losses Pada Praktikum Fisika Terapan Di Kampus PSDKU PNUP Kolaka” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir. Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang di tetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2023

Indri Sasfita Sakke
NIM.34220107

RANCANG BANGUN ALAT UJI *HEAD LOSSES* PADA PRAKTIKUM FISIKA TERAPAN DI KAMPUS PSDKU PNUP KOLAKA

RINGKASAN

Modul praktikum untuk mengukur kehilangan tinggi tekanan (*Head losses*) fluida cair telah ada di laboratorium konversi energi. Namun, masih terdapat beberapa kekurangan pada alat praktikum yang ada di Laboratorium Konversi Energi pada kampus utama PNUP. Tujuan dari kegiatan ini yaitu melakukan rancang bangun alat uji *head losses* pada praktikum fisika terapan di Kampus PSDKU PNUP Kolaka dan menghitung unjuk kerja alat uji *head losses* pada praktikum fisika terapan.

Dalam kegiatan ini terdiri dari beberapa prosedur yaitu pertama prosedur pembuatan benda uji, meliputi prosedur pembuatan instalasi pipa pengujian *Head Losses*, prosedur pembuatan stand pengujian *Head Losses* dan prosedur pembuatan alat uji *head losses*. Kedua prosedur pengambilan data.

Berdasarkan hasil rancang bangun dan analisa data diketahui bahwa pipa dengan nilai *Head Losses* tertinggi adalah pertama pipa galvanis dengan rata-rata nilai *head losses* 0,0534 m, kedua pipa aluminium dengan rata-rata nilai *head losses* 0,0508 m, ketiga pipa tempaga dengan rata-rata nilai *head losses* 0,0508 m, keempat pipa kuningan dengan rata-rata nilai *head losses* 0,0441 m dan kelima pipa PVC dengan rata-rata nilai *head losses* 0,0434 m.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemindahan suatu fluida dari satu tempat ke tempat yang lain dengan menggunakan media saluran tertutup baik berupa pipa maupun saluran terbuka adalah hal penting yang biasa dilakukan oleh manusia. Seperti mengambil air dari mata air yang kemudian didistribusikan melalui jaringan pipa ke rumah penduduk untuk konsumsi sehari-hari.

Salah satu hal yang mempengaruhi proses pengaliran fluida adalah adanya hambatan yang terjadi di dalam pipa yang akan mengakibatkan perlunya tekanan awal yang tinggi atau besar. Bila tekanan awal yang bersumber dari tekanan alami maupun dari pemompaan tidak mencukupi untuk melawan hambatan dari dalam pipa, maka akan berakibat tidak mengalirnya fluida seperti yang diharapkan. Terkait hal ini maka beberapa faktor yang ikut mempengaruhi hambatan fluida didalam pipa antara lain jenis fluida yang dialirkan, variabel dari konstruksi pipa antara lain diameter, belokan dan cekikan pipa, dan desain distribusi fluida.

Fluida merupakan suatu zat/bahan yang dalam keadaan setimbang tidak dapat menahan gaya atau tegangan geser (*shear force*) (Raswari, 1986). Adapun sifat – sifat dasar fluida yaitu kerapatan (*density*), berat jenis (*specific gravity*), tekanan (*pressure*), dan kekentalan (*viscosity*) (Orianto, 1989).

Pada sistem perpipaan meliputi semua komponen dari lokasi awal sampai dengan lokasi tujuan, antara lain, saringan, katup, sambungan, *nozzle*, dan sebagainya. Sambungan dapat berupa penampang berubah, belokan (*elbow*),

sambungan bentuk L, dan sambungan bentuk T (*tee*). Sehingga dengan adanya berbagai macam sambungan serta perlengkapan lainnya akan menimbulkan permasalahan yang akan sering ditemukan pada sistem tersebut (Wibowo, 2013).

Head losses dapat dibagi menjadi 2 yaitu, *major losses* dan *minor losses*. *Major losses* adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya gesekan fluida dengan sepanjang dinding pipa yang mempunyai luas penampang tetap. *Minor losses* adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya sambungan pipa, belokan, luas penampang pipa, dan *valve* (Wahyudi dan Pratikto, 2010).

Kebutuhan mahasiswa akan pengetahuan tentang *Head Losses* yang diaplikasikan dalam praktikum fisika terapan di jurusan Teknik Mesin Program Studi D-3 Teknik Konversi Energi di Kampus PSDKU PNUP KOLAKA. *Job head losses* merupakan bagaian dari praktikum fisika terapan yang merupakan salah satu mata kuliah praktikum yang harus di selesaikan sesuai dengan kurikulum di semester 3. Oleh karena itu ketersediaan alat uji *head losses* pada Praktikum Fisika Terapan menjadi suatu yang sangat penting. Maka dari itu Penulis mengangkat judul tugas akhir Rancang Bangun Alat Uji *Head Losses* pada Praktikum Fisika Terapan di Kampus PSDKU PNUP KOLAKA.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan tersebut rumusan masalah disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun alat *head losses* pada Praktikum Fisika Terapan sehingga alat uji dapat berfungsi dengan efektif?
2. Bagaimana unjuk kerja alat uji *head losses* pada praktikum Fisika Terapan?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, maka tugas akhir ini di batasi sebagai penerapan alat praktikum fisika terapan di Kampus PSDKU PNUP KOLAKA

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan Kegiatan

Tujuan dari kegiatan tugas akhir ini yakni:

1. Melakukan rancang bangun alat uji *head losses* pada praktikum Fisika Terapan di Kampus PSDKU PNUP KOLAKA.
2. Menghitung unjuk kerja alat uji *head losses* pada praktikum fisika terapan.

1.4.2 Manfaat Kegiatan

Manfaat yang diharapkan dari alat uji praktikum *head losses* yaitu:

1. Dapat menambah wawasan mahasiswa tentang alat pengujian *head losses* pada praktikum fisika terapan.
2. Dapat digunakan sebagai alat pengujian dalam Labolatoriun fisika terapan Program Studi D3 Teknik Konversi Energi di Kampus PSDKU PNUP KOLAKA.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat-Sifat Fluida

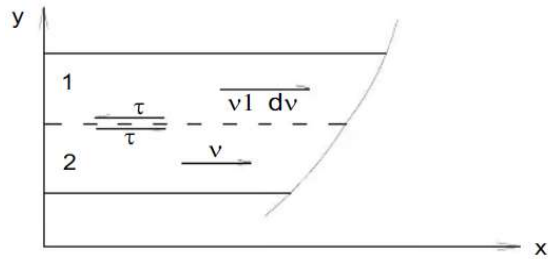
Fluida adalah zat-zat yang mampu mengalir dan dapat menyesuaikan diri sesuai dengan bentuk dan wadah tempatnya. Aliran fluida tersebut akan terjadi dengan adanya perbedaan tekanan yaitu akan mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan yang rendah. Fluida dapat dibagi kedalam dua golongan besar yaitu:

- Cairan dimana sifatnya praktis tidak kompresibel atau tidak dapat dimampatkan dan mengisi volume tertentu yang mempunyai batas permukaan-permukaan bebas.
- Gas dimana sifatnya kompresibel atau dapat dimampatkan dan pada masa tertentu akan melayang sampai mengisi seluruh bagian wadahnya.

Sebagaimana diuraikan di atas bahwa fluida terdiri dari cairan dan gas namun dalam pengujian pembahasan ini kami hanya akan mempergunakan cairan yang dipengaruhi berat jenis yang merupakan sifat penting fluida juga kerapatan dan kekentalan fluida (Ilham dan Zulkifli, 2009).

Kekentalan zat cair menyebabkan terbentuknya gaya-gaya geser antara dua elemen zat cair dan keberadaannya menyebabkan terjadinya kehilangan tenaga selama pengaliran. Berdasarkan hukum newton tentang kekentalan menyatakan bahwa tegangan geser antara dua partikel zat cair yang berdampingan adalah sebanding dengan perbedaan kecepatan dari kedua partikel (gradien kecepatan). Seperti yang terlihat pada gambar 2.1 dengan rumus: (Triatmojo, 2003).

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \dots\dots\dots(2.1)$$



Gambar 2.1 Definisi Tegangan Geser
 Sumber: Triatmojo, 2003

Keterangan :

τ = tegangan geser (Pa)

μ = kekentalan fluida (kg m/s)

$\frac{dv}{dy}$ = kecepatan sudut (rad/s)

Dari gambar (2.1) dan persamaan (2.1) dilihat bahwa aliran yang lebih cepat (1). Akan berkurang kecepatannya, sedangkan aliran yang lambat (2). Akan bertambah kecepatannya sehingga cenderung untuk sama sebagaimana terlihat bahwa tegangan geser lapisan pertama akan mengarah ke kiri sedangkan bagian kedua akan ke kanan. Begitupula halnya yang terjadi pada lapisan atas adalah ditempati mengalir.

Semua fluida baik gas maupun cairan memiliki sifat –sifat dasar fluida yang harus diketahui yaitu tekanan, kerapatan dan viskositas.

2.1.1 Tekanan(P)

Tekanan didefinisikan sebagai komponen gaya-gaya tegak lurus pada suatu bidang per satuan luas. Definisi tekanan dinyatakan dengan persamaan:

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$$P = \text{Tekanan (N/m}^2\text{)}$$

$$F = \text{Gaya tegak lurus pada A (N)}$$

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

Tekanan (P) pada suatu titik didalam fluida yang berada dalam kesetimbangan besarnya kesegala arah, akan tetapi unsur zat cair atau cairan yang pekat dalam keadaan bergerak, variasi tekanan terhadap kedudukan bidang merupakan suatu hal yang penting. Dalam hal pengukuran tekanan pada suatu titik tertentu, biasanya tekanan yang diukur adalah tekanan relatifnya. Untuk memperoleh tekanan absolut maka tekanan relatif yang terukur harus ditambah dengan tekanan atmosfer (Bruce M. Munson dkk, 1997).

$$P_{\text{absolut}} = P_{\text{pengukuran}} + P_{\text{atm}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk cairan dalam kondisi hidrostatik yaitu cairan dalam keadaan diam atau bergerak dalam keadaan tetap, tekanan yang terjadi pada suatu titik dalam cairan tersebut sebagai tekanan hidrostatik, atau seringkali juga disebut sebagai tekanan statik, ini berbanding lurus dengan kedalaman yang dirumuskan sebagai :

$$P = \rho \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

$$P = \text{tekanan statik yang terjadi pada kedalaman tertentu (Pa)}$$

$$\rho = \text{kerapatan cairan (kg/m}^3\text{)}$$

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

$$h = \text{kedalaman suatu titik terhadap permukaan (m)}$$

2.1.2 Kerapatan (ρ)

Kerapatan adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dinyatakan dalam massa per satuan volume.

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

ρ = Kerapatan (kg/m^3)

m = massa (kg)

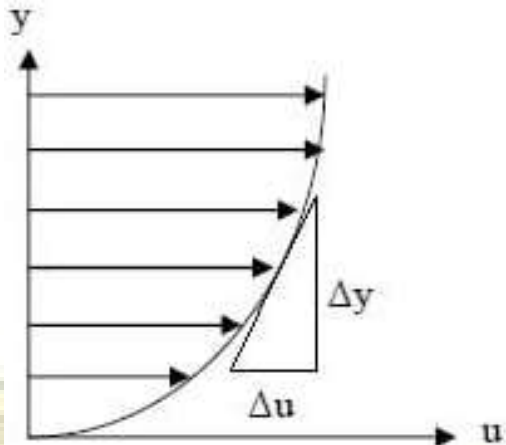
V = Volume (m^3)

Kerapatan air pada temperatur kamar adalah sekitar 1000 kg/m^3 , temperatur dan tekanan pengaruhnya kecil terhadap kerapatan zat cair, namun sangat berarti terhadap kerapatan gas (Rouben M. Olson dkk, 1993).

2.2.3 Viskositas (μ)

Sifat yang disebut viskositas fluida ini merupakan ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas suatu gas bertambah dengan naiknya temperatur karena makin besarnya aktivitas molekuler ketika temperatur meningkat. Pada zat cair, jarak antara molekul ketika temperatur meningkat. Pada zat cair, jarak antara molekul jauh lebih kecil dibanding pada gas, sehingga kohesi molekuler disitu kuat sekali. Peningkatan temperatur mengurangi kohesi molekuler, dan ini diwujudkan berupa berkurangnya viskositas fluida.

Dalam gambar 2.2 kecepatan u bervariasi dengan jarak y dari batas pada lokasi A, dan kurva yang menghubungkan ujung-ujung vektor kecepatan disebut profil kecepatan (*velocity profile*). Gradien kecepatan pada setiap harga y didefinisikan sebagai :



Gambar 2.2 Profil Kecepatan dan Gradien Kecepatan
 Sumber: Egie, 2010

$$\frac{du}{dy} = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta u}{\Delta y} \right) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dan menggambarkan kebalikan dari condong kurva profil kecepatan yang diperlihatkan dalam gambar 2.2

Untuk fluida yang sangat viskos pada kecepatan rendah, fluida mengalir dalam lapisan-lapisan yang sejajar, dan untuk fluida yang menjalani translasi dalam satu arah saja, sebagaimana tampak dalam Gambar 2.2

Dengan μ faktor kesebandingan yang dikenal sebagai koefisien viskositas dinamik. Pada aliran-aliran dengan gerak yang lebih kompleks terdapat tegangan-tegangan geser dengan arah lebih dari satu dan ekspresi yang menghubungkan tegangan dengan gradien kecepatan pun lebih kompleks (Ilham dan Zulkifli, 2009).

Viskositas kinematik ν didefinisikan sebagai nisbah viskositas dinamik terhadap kerapatan :

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

Dimana:

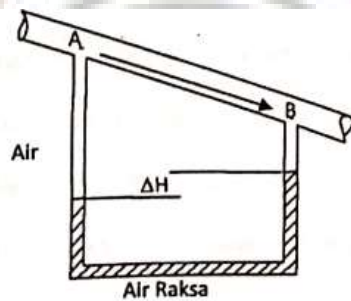
ν = viskositas dinamik (m^2/s)

μ = Koefisien Viskositas absolut ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)

ρ = Kerapatan (Kg/m^3)

2.2 Pengertian dan Persamaan Dasar Aliran Fluida

Aliran fluida adalah suatu gerak pindah dari titik A ketitik B yang disebabkan oleh adanya perbedaan tekanan, seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.3 Aliran Fluida
Sumber: Faozan, 2017

Aliran dapat diklasifikasikan (digolongkan) dalam banyak cara seperti turbulen, laminar, transisi, seragam, tidak seragam, *steady* dan tak *steady*.

Keadaan aliran turbulent sangat sering terjadi dalam praktek perancangan. Dalam aliran turbulent partikel partikel fluida bergerak dalam lintasan-lintasan yang sangat tidak teratur yang membangkitkan tegangan geser yang lebih besar diseluruh fluida dan mengakibatkan relatif lebih banyak kerugian dimana sebanding dengan kecepatan.

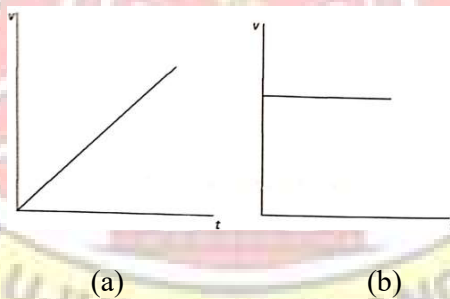
Untuk aliran laminar, partikel-partikel fluida bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus serta lancar dalam lapisan-lapisan, dengan satu lapisan meluncur secara mulus pada lapisan yang bersebelahan.

Aliran laminar mengikuti hukum Newton tentang kekentalan (persamaan 2.1). Dalam aliran laminar, kerja kekentalan meredam kecenderungan-kecenderungan turbulenta dan tidak stabil dalam situasi yang menyangkut gabungan viskositas yang rendah, kecepatan yang tinggi.

Suatu aliran dapat juga berupa aliran tetap (*steady*) atau aliran tidak tetap (*unsteady*). Pada setiap aliran tetap keadaan setiap titik didalam aliran tidak berubah menurut waktu, sedangkan aliran *unsteady* apabila setiap titik didalam aliran berubah menurut waktu. Pada aliran *steady* nilai rata-rata (pada suatu titik) dari kecepatan (v), berat jenis (ρ), tekanan (p), atau temperatur ($^{\circ}$) tidak berubah menurut waktu sehingga :

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = 0, \frac{\Delta \rho}{\Delta t} = 0, \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0 \dots\dots\dots (2.8)$$

Sedangkan aliran tak *steady* bila kondisi dimanapun berubah dengan waktu :
 $\delta v / \delta t \neq 0$



Gambar 2.4 (a). Aliran *Unsteady*, (b). Aliran *Steady*
 Sumber: Faozan, 2017

Aliran seragam terjadi bila di tiap titik, vektor kecepatan adalah sama secara identik (dalam besar serta arahnya) untuk setiap saat tertentu atau kecepatan rata-rata di tiap penampang adalah sama pada setiap saat tertentu. Sebaliknya aliran yang

vektor kecepatannya berubah dari tempat ke tempat pada setiap saat adalah aliran tak seragam.

Garis aliran adalah garis kontinu yang di tarik melalui fluida sedemikian rupa hingga garis ini mempunyai vektor kecepatan di setiap titiknya. Arah rata-rata dari kecepatan bisa juga dinyatakan oleh garis-garis yang menyinggung garis-garis arus. Karena vektor kecepatannya punya komponen nol yang tegak lurus kegaris arus, maka jelaslah bahwa tidak akan bisa ada aliran yang memotong suatu garis arus pada titik manapun (Mahandari, 2003).

Persamaan dasar aliran fluida adalah persamaan kontinuitas yang di hasilkan dari prinsip kekentalan massa. Untuk aliran *steady* fluida yang melalui semua bagian dalam arus fluida persatuan waktu adalah sama, ini dapat dievaluasi sebagai berikut :

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \dots\dots\dots (2.9)$$

Untuk fluida-fluida tak kompresibel dan bila ρ_1 dan ρ_2 untuk semua tujuan praktis, persamaan tersebut menjadi:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \text{ (m}^3\text{/s)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

A_1 dan A_2 = luas penampang (m^2)

v_1 dan v_2 = kecepatan rata-rata (m/s)

ρ_1 dan ρ_2 = Kerapatan massa ($\text{m}^3\text{/s}$)

Jika pembuluhnya berupa silindder, sehingga penampangnya berbentuk lingkaran, maka :

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dari definisi tersebut definisi debit aliran dapat dinyatakan (Indrayati, 2015):

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

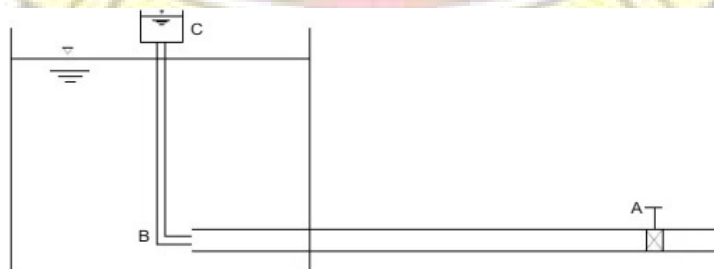
Q = Debit aliran (m³/s)

V = Volume (m³)

t = Waktu (s)

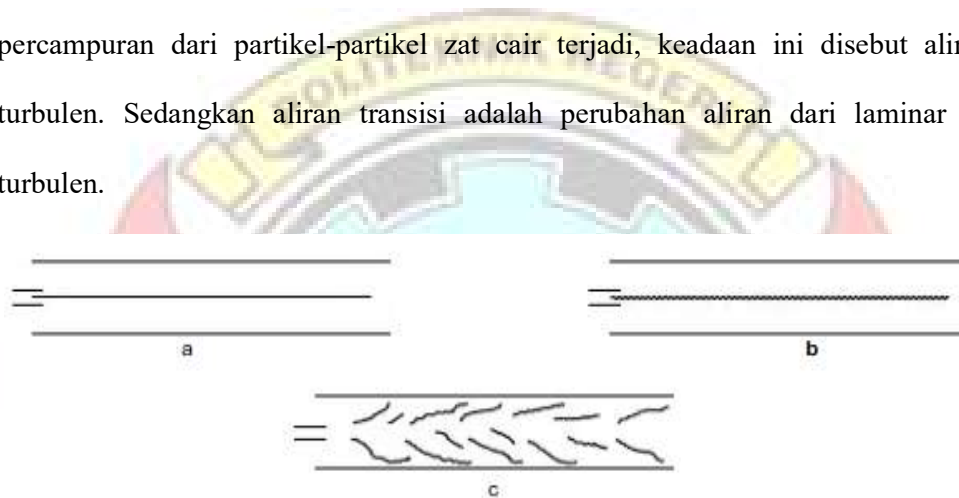
2.3 Aliran dalam Pipa Lurus

Pipa merupakan saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran dan digunakan untuk mengalirkan fluida dengan penampang aliran penuh. Fluida yang di alirkan melalui pipa tersebut dapat berupa zat cair atau gas. Sebagaimana yang diuraikan dalam sub bab 2.2 bahwa aliran fluida ada beberapa macam antara lain aliran laminar, aliran transisi dan aliran turbulenta. Untuk lebih memperjelas pengertian kita tentang aliran tersebut di atas maka kita melihat dulu sebagaimana percobaan yang telah dilakukan oleh Osborne Reynolds pada tahun 1884 dengan mempergunakan alat yang terdiri dari pipa kaca yang dapat melewatkan air dengan berbagai kecepatan seperti pada gambar di bawah ini (Triatmojo, 1993) :



Gambar 2.5 Alat Osborne Reynolds
Sumber: Triatmojo, 1993.

Aliran dalam fluida di atur oleh katup A, pipa kecil B yang berisi zat warna C yang berada pada lubang masuk pipa kaca Reynolds menunjukkan bahwa untuk kecepatan aliran yang kecil di dalam pipa kaca. Zat warna akan mengalir lurus yang menunjukkan aliran dalam keadaan laminar dan pada saat kecepatannya diperbesar maka zat warna akan menyebar pada seluruh penampang pipa, dan terlihat bahwa percampuran dari partikel-partikel zat cair terjadi, keadaan ini disebut aliran turbulen. Sedangkan aliran transisi adalah perubahan aliran dari laminar ke turbulen.



Gambar 2.6 (a). Aliran Laminar, (b). Aliran Transisi, (c). Aliran Turbulen
 Sumber: Triatmojo, 2003.

Menurut Reynolds ada tiga faktor yang mempengaruhi keadaan aliran yaitu kekentalan zat cair (μ), rapat massa zat cair (ρ), dan diameter pipa (D). Kekasaran hanya berpengaruh pada aliran turbulen.

Reynolds menunjukkan bahwa aliran dapat diklasifikasikan berdasarkan suatu angka tertentu angka tersebut diturunkan dengan membagi kecepatan aliran didalam pipa dengan nilai $\mu/\rho D$, yang disebut dengan angka Reynolds dengan bentuk:

$$Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} \text{ atau } Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

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

D = diameter dalam pipa (m)

ρ = kerapatan massa fluida/massa jenis (kg/m³)

μ = viskositas dinamik (m²/s)

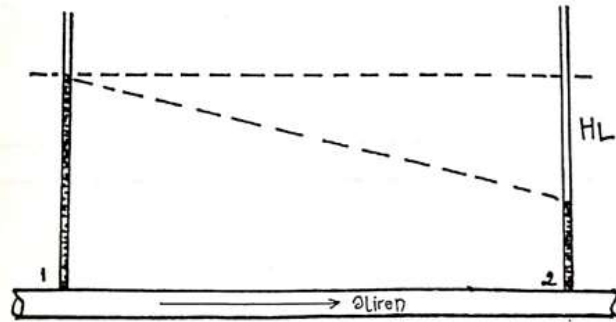
Dari bilangan Reynolds diatas maka dapat ditentukan jenis aliran yang terjadi dalam pipa. Aliran laminar merupakan aliran yang bilangan Reynolds-nya lebih kecil dari 2000 atau $Re < 2000$. Aliran turbulenta bila bilangan Reynolds-nya lebih besar dari 4000 atau $Re > 4000$. Sedangkan bilangan antara 2000 atau 4000 adalah aliran transisi (Triatmojo, 1993).

2.4 Faktor Gesek *Head Losses* pada pipa

Pada zat cair yang mengalir didalam pipa akan terjadi tegangan geser pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan (viskositas kinematik). Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan tenaga selama pengaliran. Untuk *Head Losses* (Kehilangan /penurunan tinggi tekanan) terbagi dalam dua macam bentuk yaitu (Muhadjir dan Zulyusri, 1995) :

2.4.1 Kehilangan Longitudinal

Ada beberapa rumus yang digunakan dalam menentukan kehilangan longitudinal HL. Sesuai gambar dibawah ini.



Gambar 2.7 *Head Losses* Pada Pipa Lurus
 Sumber: Ilham dan Zulkifli, 2009.

Adapun persamaan HL adalah :

$$H_L = f \frac{L \cdot v^2}{2 \cdot D \cdot g} \quad (\text{rumus Darcy-Wisbach}) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

H_L = kerugian tinggi tekan (m)

L = panjang pipa (m)

D = diameter (m)

v = kecepatan rata rata (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

f = koefisien gesek

Faktor gesek f harus dipilih sedemikian rupa sehingga persamaan 2.12 berupa konstanta tetapi bergantung pada kecepatan v , garis tengah D , kerapatan p , viskositas μ , dan ciri-ciri tertentu bagi dengan kekasaran (k), jarak antara elemen-elemen kekasaran, dan bentuk masing masing elemen kekasaran (m) dengan:

$$f = f(V, D, p, k, k, m) \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk pipa licin $K=K=m=0$, sehingga f hanya bergantung pada keempat besaran yang pertama, Besaran besaran ini hanya dapat disusun dalam satu cara

untuk membuatnya tanpa dimensi, yaitu Vdp/μ yang merupakan bilangan Reynolds. Untuk pipa kasar suku k dan k dapat dibuat tanpa dimensi dengan membaginya dengan D oleh karena itu secara umum:

$$f = f\left(\frac{VDp}{\mu}, \frac{k}{D}, \frac{K}{D}, D\right) \text{Blacius} \dots\dots\dots(2.16)$$

Blacius yang untuk pertama kali melaksanakan percobaan pipa licin dalam aliran turbulen menyajikan hasil-hasil dengan rumus empiris yang berlaku sampai kurang lebih $Re = 100.000$, rumus tersebut adalah :

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \dots\dots\dots(2.17)$$

Untuk pipa kasar karena sangat rumitnya permukaan kasar secara alamiah, maka sebagian besar kemajuan dalam pemahaman hubungan hubungan dasar telah berkembang seputar pipa-pipa yang dikasarkan secara buatan.

Yang sangat mendekati kecendrungan alamia pipa. Harga-harga ini tertera didalam tabel disudut kiri bawah. Untuk garis lurus yang ditandai “aliran laminer”. Sedangkan koefisien gesek untuk aliran laminer adalah :

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots(2.18)$$

Persamaan ini berlaku untuk semua kekasaran, karena kerugian tinggi tekan dalam aliran laminer tidak bergantung pada kekasaran dinding. Dimana bilangan $Re < 2000$ adalah aliran laminer. Bilangan Re antara 2000 sampai 4000 termasuk aliran transisi, sedangkan untuk bilangan $Re > 4000$ adalah aliran turbulen (Rouben M. Olson dkk, 1993).

Untuk mencari koefisien gesek pipa di pergunakan rumus Koefisien gesek Darcy (Kd) :

$$K_d = \frac{H \cdot 2 \cdot D \cdot g}{L \cdot v^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

K_d = Koefisien gesek pipa

H = perbedaan tinggi tekanan (*head losses*) (m)

D = diameter (m)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

L = panjang pipa (m)

v = kecepatan (m/s)

2.4.2 Kehilangan lokal (*local losses*)

Kehilangan lokal (H_k), biasanya terdapat pada katup-katup (*valve*), sambungan-sambungan dan kecepatan akibat besar ukuran atau arah kehilangan lokal dan diberikan pada persamaan berikut ini:

$$H_k = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

H_k = koefisien kehilangan lokal (m)

V = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi ((m/s²)

Sebagaimana yang diuraikan diatas bahwa ada dua bentuk kehilangan tinggi tekanan (*head losses*) yaitu :

- *Longitudinal losses*
- *Local losses*

BAB III

METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Lokasi pembuatan alat uji *head losses* dilaksanakan di kampus PSDKU PNUP KOLAKA. Waktu pembuatan dan pengerjaan alat uji *head losses* ini dilakukan selama 5 bulan mulai dari bulan Februari 2023 sampai dengan Juni 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan alat uji *head losses* dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam pembuatan alat uji *head losses*

NO.	ALAT	JUMLAH
1	Mesin las	1 buah
2	Gurinda	2 buah
3	Bor tangan	1 buah
4	Meteran	2 buah
5	Alat ulir pipa	1 buah
7	Mistar siku	2 buah
8	Penggores pipa kaca	1 buah

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam pembuatan alat uji *head losses*

NO.	BAHAN	JUMLAH	SATUAN
1	Pipa		
	Kuningan	1 buah	1,5 m
	Tembaga	1 buah	1,5 m
	Aluminium	1 buah	1,5 m
	PVC	4 buah	6 m
	Galvanis	1 buah	1,5 m
2	Manometer volume Air	1 buah	55 liter
3	Plat	2 buah	1,22 x 2,44 m

Lanjutan tabel 3.2

4	Elbow 90°	12 buah	½ inch
5	Tee stuck PVC	9 buah	½ inch
6	Tee stuck besi	10 buah	½ inch
7	Katup	3 buah	½ inch
8	Besi hollow	5 buah	6 m
9	Besi siku	3 buah	6 m
10	Lem pipa	2 buah	60 ml
11	Lem besi	2 buah	120 ml
12	Roda	10 buah	50 mm
13	MCB	1 buah	4 Ampere
14	Stop kontak	1 buah	3 phasa
15	Kabel	1 buah	3 m
16	Baut dan mur	50 buah	8 mm
17	Manometer	1 buah	1000 mm
18	Termometer	1 buah	100°C
19	Katup kompresor	10 buah	¾ inch
20	Pompa	1 buah	PS-130 BIT

Keterangan spesifikasi pompa:

Model : PS-130 BIT

Tegangan : 1 x 220 V

Arus : 1,3 A

Frekuensi : 50 Hz

Putaran : 2900

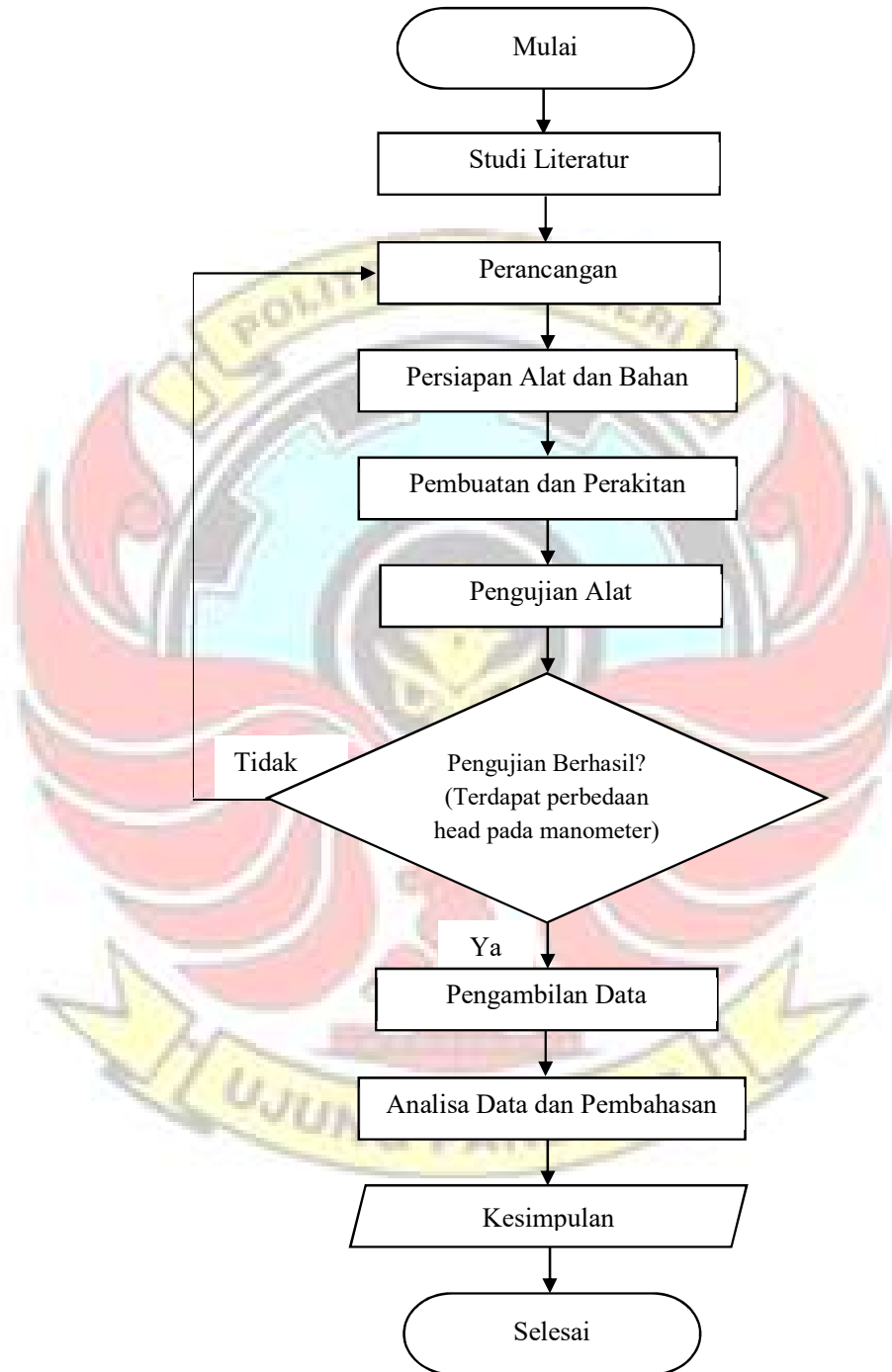
Debit : 10-18 l/min

H Suction : Maks. 9 m

H Discharge : 22-10 m

Temperatur Air : Maks. 40°C

3.3 Diagram Alir Kegiatan



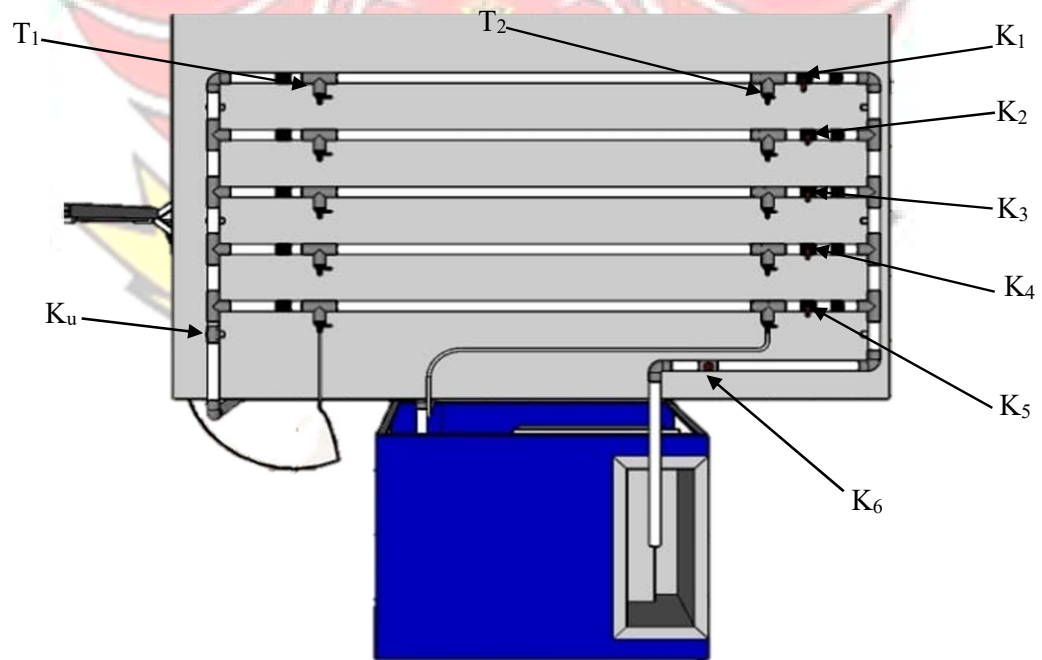
Gambar 3.1 Diagram Alir Kegiatan Tugas Akhir

3.4 Prosedur Pembuatan Benda Uji

3.4.1 Prosedur Pembuatan Instalasi Pipa Pengujian *Head Losses*

Adapun prosedur pembuatan Instalasi Pipa Pengujian *head losses* adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Memotong pipa sesuai ukuran yang telah di tentukan.
3. Menyambungkan kedua ujung pipa uji dengan katup, dilakukan pada semua pipa uji (PVC, Aluminuim, Kuningan, Galvanis dan tembaga).
4. Membuat 2 saluran (input dan output) dengan 5 percabangan pada tiap saluran.
5. Menyambungkan saluran input dengan pipa uji yang telah disambung dengan katup (Langkah ini dilakukan pada semua pipa uji).
6. Menyambungkan saluran output dengan pipa uji yang telah disambung dengan saluran input (Langkah ini di lakukan pada semua pipa uji).

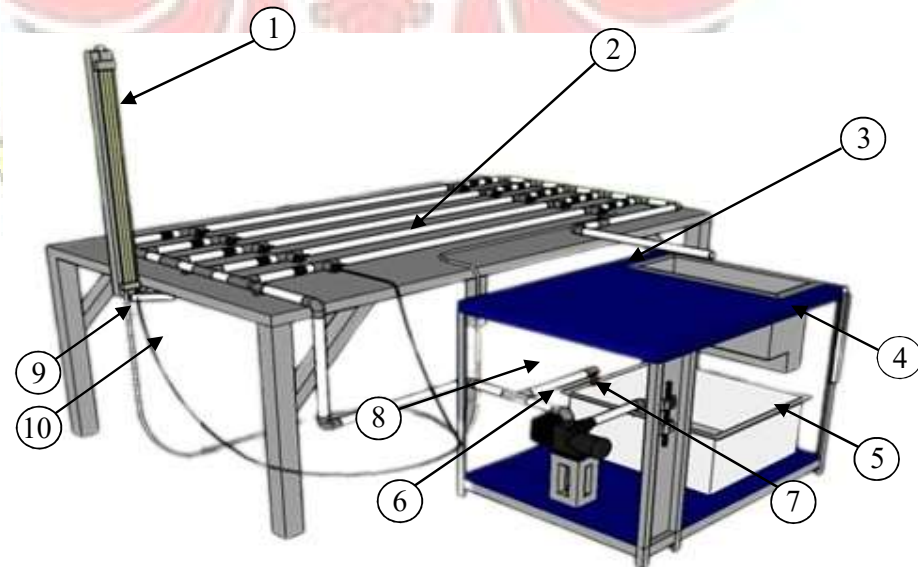


Gambar 3.2 Tampak atas instalasi pipa pengujian *Head Losses*

3.4.2 Prosedur Pembuatan Stand Pengujian *Head Losses*

Adapun prosedur pembuatan Stand Pengujian *head losses* adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Memotong plat dan besi (Besi siku dan besi hollow) sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
3. Menyambung besi hollow untuk membuat dudukan (stand untuk menempelkan plat).
4. Menempel plat pada stand yang telah di buat.
5. Memotong plat untuk membuat meja pada stand pengujian (plat meja bagian atas di beri lubang untuk menempel bak penampung atas).
6. Memotong besi L dan besi hollow untuk membuat meja stand pengujian.
7. Merakit meja stand pengujian dengan plat dan besi yang telah dipotong.
8. Memasang roda pada setiap kaki pada meja stand pengujian.



Gambar 3.3 Tampak samping stand pengujian *head losses*

Keterangan gambar: 1. Manometer

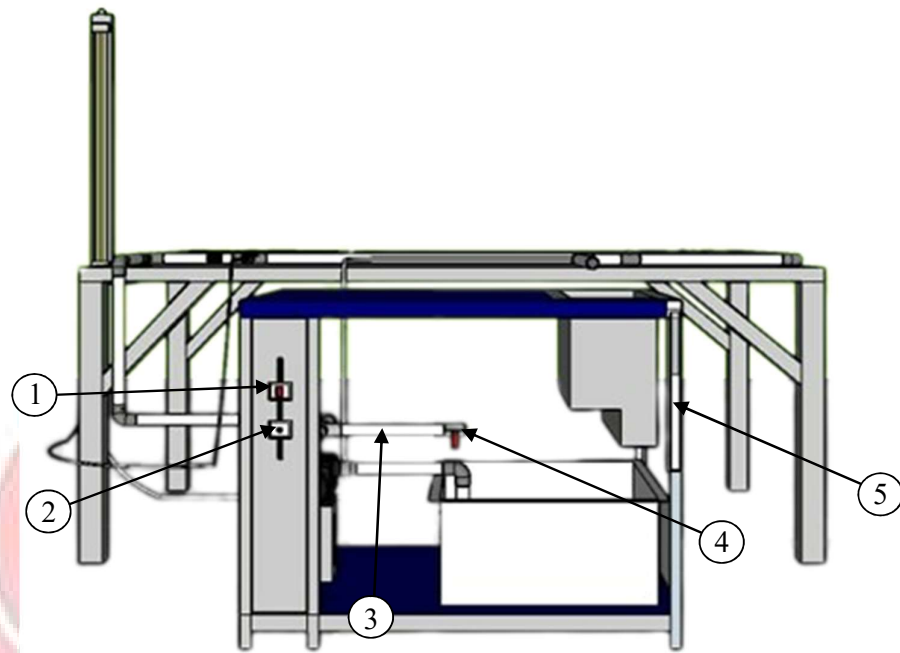
2. Meja instalasi pipa uji
3. Meja bak
4. Bak penampung atas
5. Bak penampung bawah
6. Pompa
7. Pipa hisap pompa
8. Pipa dorong pompa
9. Selang manometer H_1
10. Selang manometer H_2

3.4.3 Prosedur Pembuatan Alat Uji *Head Losses*

Adapun prosedur pembuatan alat uji *head losses* adalah sebagai berikut:

1. Memasang instalasi pipa pengujian *head losses* pada stand pengujian yang telah di buat.
2. Memasang pompa pada stand meja pengujian yang telah di buat, kemudian menghubungkan sisi output pompa dengan sisi input saluran pada instalasi pipa uji *head losses*, dan memasang katup utama (*valve*) pada pertemuan antara pompa dan saluran pipa uji.
3. Memasang MCB (dihubungkan ke sumber listrik) dan stop kontak pada sisi kanan meja kemudian menghubungkannya dengan pompa.
4. Memasang bak penampung atas pada bagian atas meja dan bak penampung bawah pada bagian bawah meja.
5. Memasang manometer pada sisi kanan stand pengujian *head losses*.

6. Memasang manometer pada sisi kiri meja stand pengujian head losses.



Gambar 3.4 Tampak depan lat uji *head losses*

Keterangan gambar: 1. *Push button*

2. MCB

3. *Pipa Bypass*

4. *Valve Bypass*

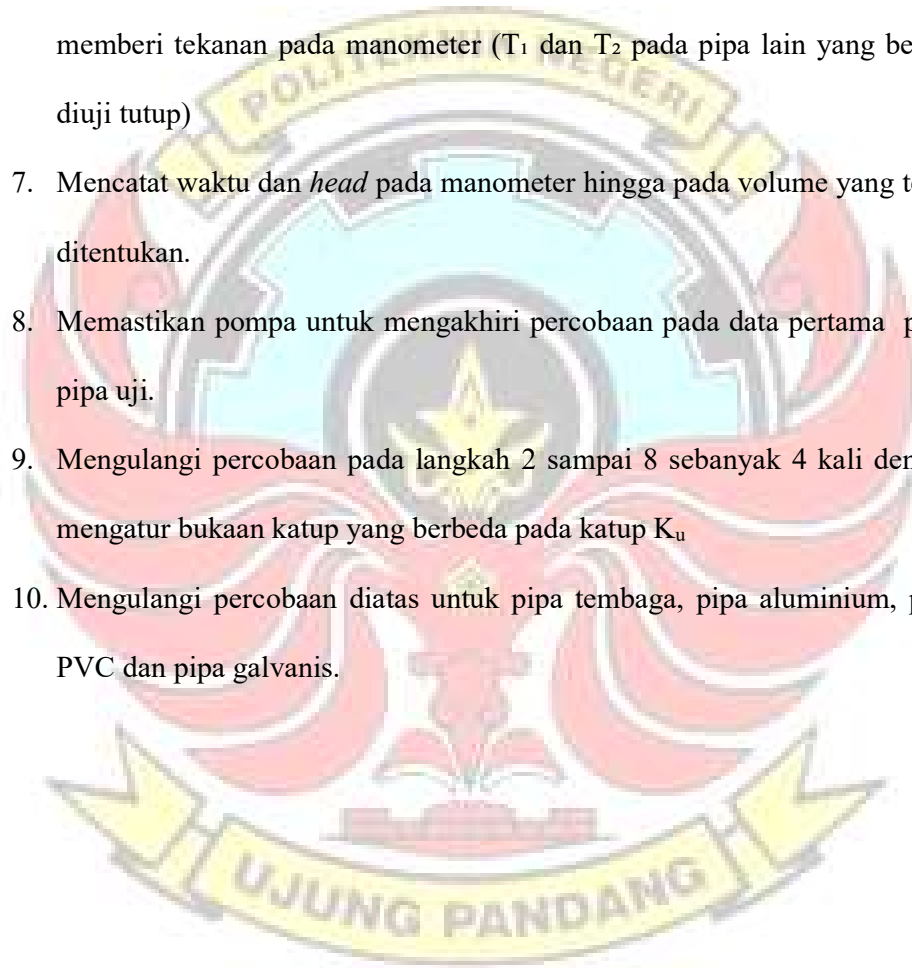
5. Manometer volume air

3.5 Prosedur Pengambilan Data

Adapun prosedur pengambilan data setelah perancangan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan semua peralatan yang diperlukan
2. Membuka katup utama, K_6 dan K_u secara penuh, menutup T_1 dan T_2 pada pipa uji.
3. Menjalankan pompa dan biarkan air mengalir agar sisa udara keluar.

4. Mematikan pompa sementara dan memasang selang pada T_1 dan T_2 untuk menghubungkan ke manometer.
5. Memastikan tidak ada sisa air pada pipa uji. Kemudian menutup kembali T_1 dan T_2 setelah dipastikan tidak ada sisa air.
6. Menjalankan pompa, kemudian membuka T_1 dan T_2 pada pipa uji untuk memberi tekanan pada manometer (T_1 dan T_2 pada pipa lain yang belum diuji tutup)
7. Mencatat waktu dan *head* pada manometer hingga pada volume yang telah ditentukan.
8. Memastikan pompa untuk mengakhiri percobaan pada data pertama pada pipa uji.
9. Mengulangi percobaan pada langkah 2 sampai 8 sebanyak 4 kali dengan mengatur bukaan katup yang berbeda pada katup K_u
10. Mengulangi percobaan diatas untuk pipa tembaga, pipa aluminium, pipa PVC dan pipa galvanis.



BAB IV

HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

Setelah membuat alat uji *head losses* pada praktikum fisika terapan di Kampus PSDKU PNUP Kolaka, maka dilakukan proses pengujian alat dan pengambilan data pada alat uji tersebut. Data yang diperoleh dapat dilihat secara keseluruhan pada lampiran A.

4.1. Hasil Rancang Bangun

Setelah melakukan perancangan, pengerjaan dan perakitan alat uji *head losses* maka didapatkan hasil antara lain instalasi pipa pengujian yang dimana instalasi ini diperoleh dari penggabungan beberapa union yaitu lima macam pipa uji, *elbow*, *tee stuck*, *water mur*, katup dan katup kompresor. Pada instalasi tersebut termasuk pula alat ukur manometer yang telah dirakit dari dua pipa kaca berukuran 100 cm dengan diameter 13 mm dan kaca akrilik sebagai penghubung dari kedua pipa kaca tersebut. Pada instalasi pipa uji *head losses* di gunakan lima jenis pipa yang berbeda yakni pipa kuningan dengan tipe C2700T (diameter 16,6 mm), pipa tembaga dengan jenis *crane copper* (diameter 16,6 mm), pipa Aluminium tipe TP304/304L (diameter 16,6 mm), pipa PVC tipe D (diameter 16,6 mm) dan pipa galvanis tipe A106 (diameter 15,9 mm).

Selain itu pada kegiatan ini di dapatkan pula stand pengujian yang diantara meliputi meja bak berukuran 244,4x122,2 cm, meja instalasi berukuran 80x80 cm dan bak penampung (bak atas dengan kapasitas 92 liter dan bak bawah dengan kapasitas 114 liter). Meja bak berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan bak, baik bak atas maupun bak bawah dan juga sebagai tempat diletakkannya pompa.

Sedangkan meja instalasi berfungsi sebagai tempat meletakkan pipa instalasi yang ditempel menggunakan klem besi.

Setelah kedua proses tersebut selesai, maka di dapatkanlah alat uji *head losses* yaitu gabungan dari instalasi pipa uji dengan stand pengujian yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar 4.1 Instalasi pipa alat uji *head losses*

Keterangan gambar: 1. Pipa Galvanis

2. Pipa PVC

3. Pipa Aluminium

4. Pipa Tembaga

5. Pipa Kuningan



Gambar 4.2 Alat uji *head losses*

4.2 Hasil Pengujian dan Analisis Hasil Percobaan.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan sejumlah data dari kelima jenis pipa dengan empat kali percobaan. Dari hasil percobaan tersebut maka dilakukanlah analisis data untuk mengetahui unjuk kerja dari alat uji *head losses* ini.

Sebagai contoh analisis data diambil data dari pipa uji aluminium pada pembukaan katup dalam kondisi terbuka penuh. (keseluruhan hasil dari analisa dapat dilihat pada tabel lampiran B).

Tabel 4.1 Hasil percobaan *head losses* pipa Aluminium.

No.	Pembukaan katup	H1 suction (mm)	H2 discharge (mm)	Volume (liter)	Waktu (sekon)	Temperatur (°C)
1	1 (25%)	512	419	0,025	203	28
2	2 (50%)	475	385	0,025	188	28
3	3 (75%)	416	328	0,025	184	28
4	4 (100%)	406	322	0,025	165	28

keterangan: Diameter pipa : 0,0166 m

Panjang pipa : 1,5 m

Temperatur : 28°C

Setelah melakukan pengambilan data untuk pipa tembaga pada posisi pembukaan katup pada percobaan pertama (dalam keadaan terbuka 25%), ada beberapa parameter yang perlu dihitung yakni:

1. Menentukan perbedaan tinggi tekanan pada pipa (Δh).

$$\Delta h = H_1 - H_2$$

$$\Delta h = 512 \text{ mm} - 419 \text{ mm}$$

$$\Delta h = 93 \text{ mm} = 0,093 \text{ m}$$

2. Menentukan debit aliran fluida yang mengalir pada pipa (Q).

$$Q = \frac{\text{Volume (V)}}{\text{waktu (t)}}$$

$$Q = \frac{0,025 \text{ m}^3}{203 \text{ s}}$$

$$Q = 0,000123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1,23 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Menentukan kecepatan aliran fluida yang mengalir pada pipa (v).

- Menentukan luas penampang pipa (A)

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Dimana D. pipa: 0,0166 m

$$A = \frac{3,14 \cdot (0,0166 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0,000216 \text{ m}^2$$

$$A = 2,16 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Menentukan kecepatan aliran fluida dalam pipa (v)

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

$$v = \frac{1,23 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2,16 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$v = 0,569 \text{ m/s}$$

4. Menentukan bilangan Reynold (Re).

- $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$ (diperoleh dari hasil interpolasi massa jenis air antara suhu 25°C dan 30°C pada tabel C-1 *physical properties of water*, SI), dapat di lihat pada lampiran C
- $\mu = 8,343 \times 10^{-4} \text{ N.s/m}^2$ (diperoleh dari hasil interpolasi viskositas dinamik antara suhu 25°C dan 30°C pada tabel C-1 *physical properties of water*, SI), dapat di lihat pada lampiran C
- Menghitung bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,0166 \text{ m} \cdot 0,569 \text{ m/s} \cdot 997 \text{ kg/m}^3}{8,3432 \times 10^{-4} \text{ N.s/m}^2}$$

$$Re = 11287,11$$

5. Menentukan jenis aliran

$Re = 11287,11 > 4000$, jadi jenis alirannya adalah aliran turbulen

6. Menentukan koefisien gesek untuk aliran turbulen (f turbulen)

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

$$f = \frac{0,316}{11287,11^{0,25}}$$

$$f = 0,0307$$

7. Menentukan kehilangan tinggi tekanan (H_L)

$$H_L = f \frac{l.v^2}{2.D.g}$$

$$H_L = 0,0307 \frac{1,5 \text{ m} \cdot (0,569 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0,0166 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

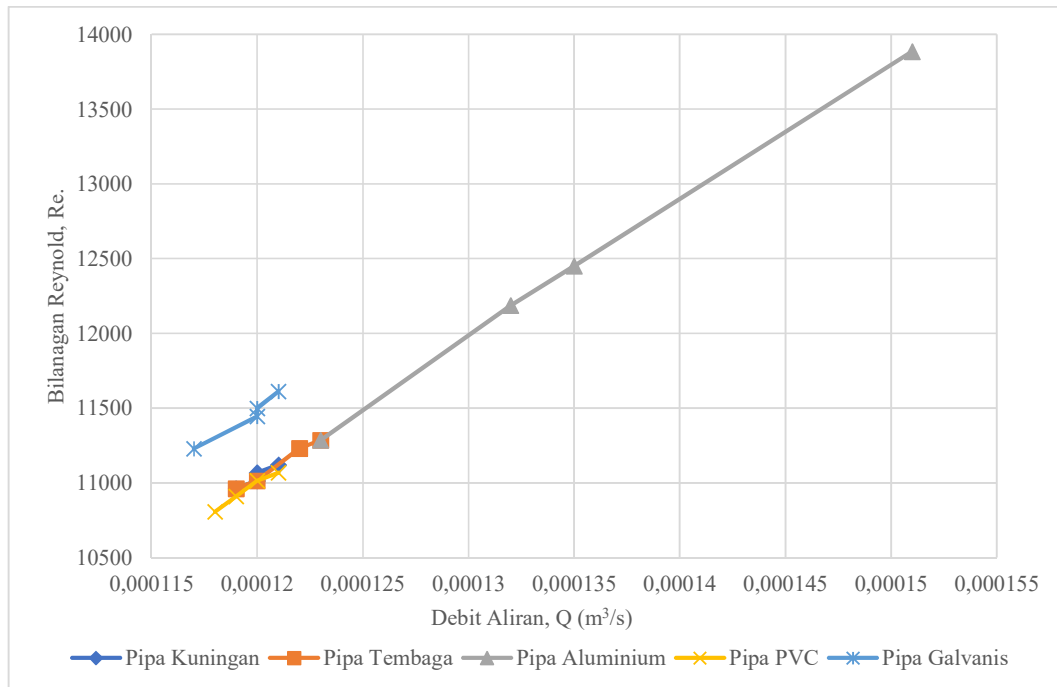
$$H_L = 0,0805 \text{ m}$$

4.3. Pembahasan

Berdasarkan analisa hasil percobaan, maka dilakukanlah pengamatan dan pembahasan terhadap fenomena yang terjadi pada fluida yang mengalir dalam berbagai jenis pipa yang berbeda. Beberapa variabel pada alat *head losses* menjadi aspek yang berpengaruh dalam keadaan aliran fluida dalam pipa, yaitu debit aliran, kecepatan aliran, viskositas fluida dalam pipa dan massa jenis fluida. Pengaruh variabel inilah yang akan menjadi pembahasan sebelum menyimpulkan hasil percobaan *head losses* setelah proses rancang bangun.

Jika dilihat dari persamaan dasar debit aliran fluida (Q) yakni perbandingan volume fluida terhadap waktu. Variabel yang paling berpengaruh pada persamaan ini adalah volume dan waktu. Variabel volume dan waktu didapatkan pada saat proses pengambilan data, apabila luasan yang dilalui fluida bervariasi maka secara otomatis waktu yang digunakan fluida untuk memenuhi suatu volume juga bervariasi. Akan tetapi, pada alat *head losses* yang telah di buat memiliki luasan pipa yang sama.

Debit aliran fluida adalah salah satu variabel yang sangat berpengaruh pada jenis aliran yang mengalir dalam sebuah pipa uji. Dari hasil analisa dapat di lihat dengan jelas pengaruh debit aliran terhadap jenis aliran dalam pipa uji pada gambar berikut:



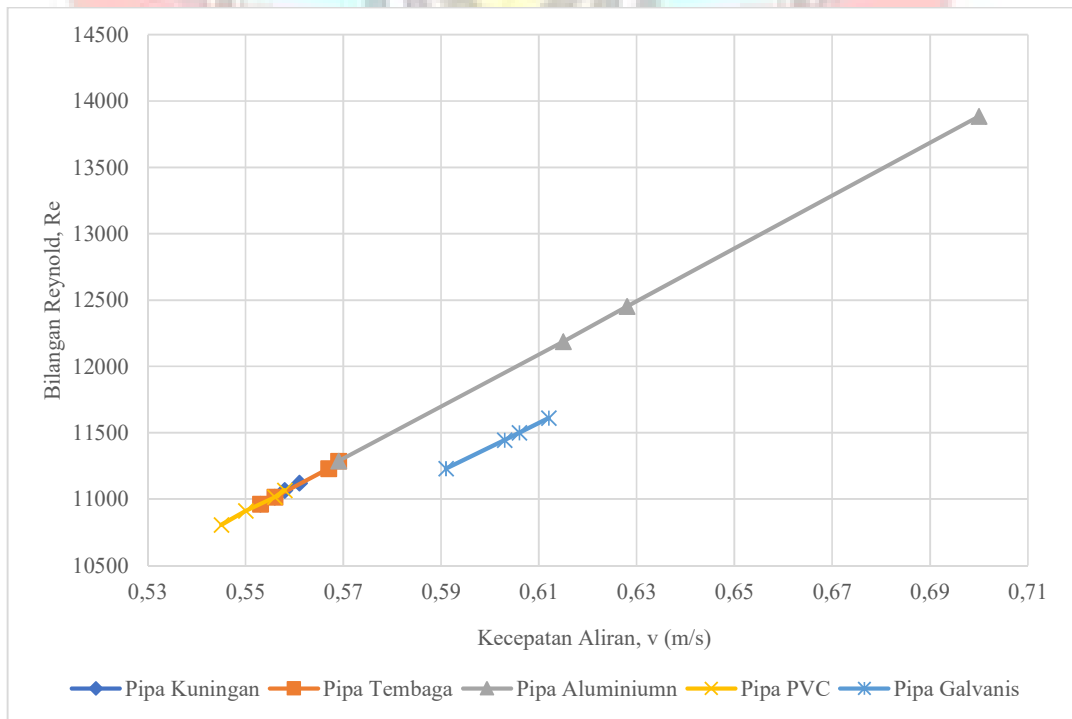
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara debit aliran (Q) dengan bilangan Reynold (Re) pada pipa uji.

Berdasarkan gambar 4.3 di atas dapat dilihat dengan jelas bahwa terdapat pengaruh yang cukup signifikan antara debit aliran terhadap jenis aliran dalam pipa uji yang dinyatakan melalui bilangan Reynold.

Berdasarkan tabel hasil analisa (dapat dilihat pada lampiran B), terlihat dengan jelas bahwa semakin besar debit aliran yang mengalir dalam pipa maka semakin besar pula bilangan Reynold-nya. Sehingga aliran fluida dalam pipa dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis alirannya dengan parameter bilangan Reynold-nya. Berdasarkan gambar 4.3 dapat di ketahui bahwa pipa aluminium memiliki nilai

bilangan Reynold yaitu 13884,68 dengan debit aliran 0,000151 m³/s, kemudian pipa galvanis dengan nilai bilangan Reynold pada titik tertinggi yaitu 11610,84 pada debit aliran 0,000121 m³/s, kemudian pipa tembaga dengan nilai bilangan Reynold pada titik tertinggi yaitu 11285,58 pada debit aliran 0,000123 m³/s, kemudian pipa kuningan dengan nilai bilangan Reynold pada titik tertinggi yaitu 11121,22 pada debit aliran 0,000121 m³/s dan kemudian pipa PVC dengan nilai bilangan Reynold pada titik tertinggi yaitu 11067,5 pada debit aliran 0,000121 m³/s.

Kecepatan aliran fluida di pengaruhi oleh keadaan permukaan pipa, kecepatan aliran fluida dalam pipa juga sangat mempengaruhi jenis aliran dalam pipa, jadi keduanya sangat berkaitan dan saling mempengaruhi. Berikut adalah grafik hubungan kecepatan fluida dengan bilangan Reynold.



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kecepatan fluida (m/s) dengan bilangan Reynold (Re) pada pipa uji.

Berdasarkan gambar 4.4 di atas dapat di ketahui bahwa kecepatan aliran dan bilangan Reynold dari hasil percobaan yang telah dilakukan adalah saling berbanding lurus, Dimana pada grafik tersebut menunjukkan bahwa pipa aluminium memiliki nilai kecepatan pada titik tertinggi yaitu 0,7 m/s, kemudian pipa galvanis dengan nilai kecepatan pada titik tertinggi yaitu 0,612 m/s, kemudian pipa tembaga dengan nilai kecepatan pada titik tertinggi yaitu 0,569 m/s, kemudian pipa kuningan dengan nilai kecepatan pada titik tertinggi yaitu 0,561 m/s dan kemudian pipa PVC dengan nilai kecepatan pada titik tertinggi yaitu 0,558 m/s.

Kecepatan aliran dalam pipa sering kali fluktuatif atau bervariasi. Fenomena ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

1. Kekasaran Permukaan Pipa

Kekasaran permukaan pipa mengakibatkan terjadinya gesekan antara fluida yang mengalir pada pipa dengan faktor kekasaran pipa.

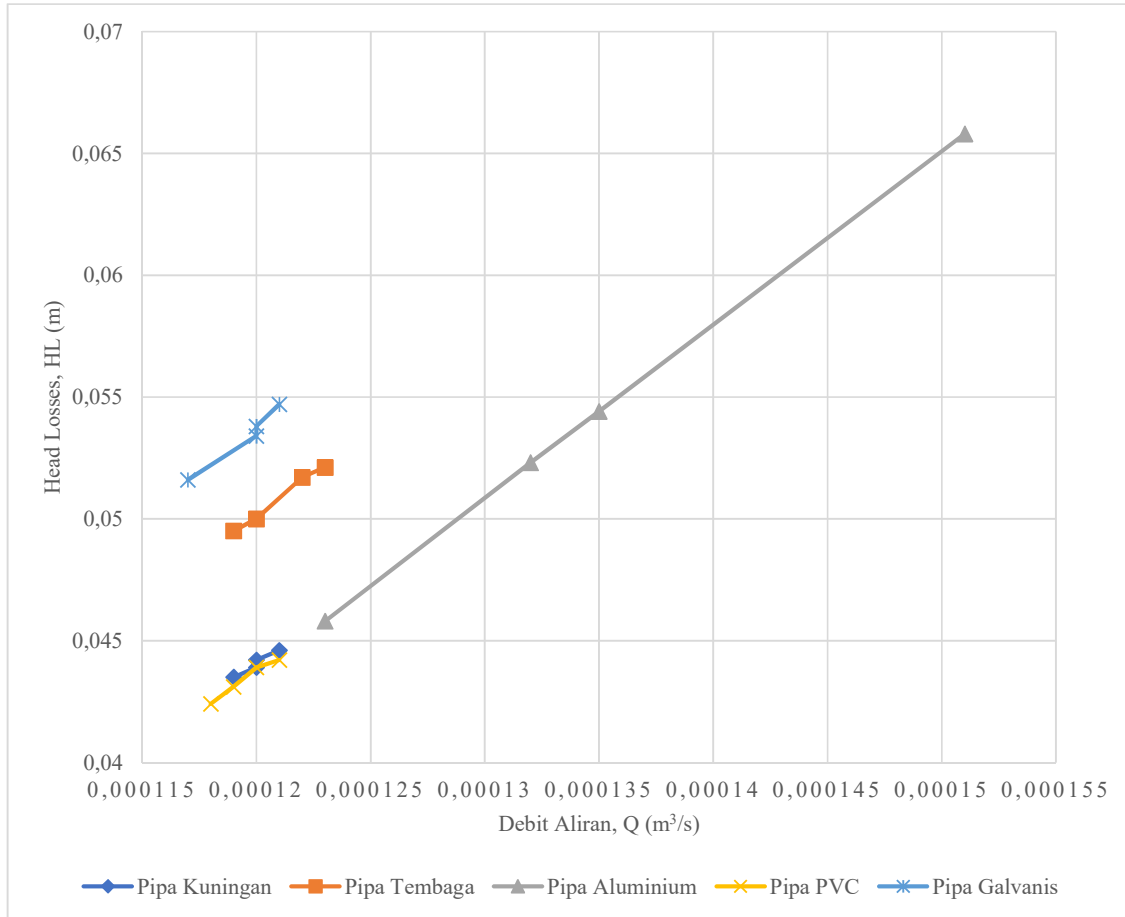
Tabel 4.2 faktor kekasaran berbagai jenis pipa

Material	$\epsilon=K$ (mm)
PVC	0,00152
Kuningan	0,00152
Tembaga	0,00153
Aluminium	0,00155
Galvanis	0,0152

2. Turbulensi

Turbulensi aliran yang disebabkan oleh sambungan-sambungan pada instalasi pemipaan. Banyaknya sambungan yang berada pada sebuah instalasi pemipaan seringkali menyebabkan terjadinya turbulensi pada aliran sehingga *head losses* yang terjadi dalam aliran juga relatif lebih besar.

Berdasarkan uraian tersebut dapat diketahui bahwa factor kekasaran dan sambungan pada pipa memiliki hubungan dengan kehilangan tinggi tekanan atau *head losses*. Hal ini dapat di buktikan dengan membandingkan grafik dari dua jenis pipa berikut:



Gambar 4.5 Grafik perbandingan antara hubungan debit aliran dan *head losses* pada semua jenis pipa uji.

Berdasarkan gambar 4.5 dapat dilihat bahwa semakin besar debit aliran yang mengalir dalam pipa maka semakin besar pula angka atau nilai *head losses*-nya. Pada gambar 4.5 menunjukkan tren grafik yang menaik dengan menunjukkan nilai *head losses* pada semua jenis pipa, pada tren grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kekasaran pada sebuah pipa maka semakin tinggi pula nilai

head losses yang dihasilkan. Dapat dibuktikan dengan melihat urutan grafik tersebut yaitu pada posisi terendah yaitu pipa PVC kemudian pipa kuningan grafik tersebut saling tumpang tindih karena kedua jenis pipa tersebut memiliki nilai kekasaran yang sama yaitu 0,00152 dimana rata-rata nilai *head losses* pada pipa PVC adalah 0,0434 m dan rata-rata nilai *head losses* pipa kuningan adalah 0,0441 m, pada posisi ketiga yaitu pipa tembaga dengan nilai kekasaran 0,00153 dengan rata-rata nilai *head losses*-nya adalah 0,0508 m, pada posisi keempat yaitu pipa aluminium dengan nilai kekasaran 0,00155 dengan rata-rata nilai *head losses*-nya adalah 0,0546 m dan pada posisi tertinggi yang memiliki nilai *head losses* tertinggi yaitu pipa galvanis dengan nilai kekasaran 0,0152 dengan rata-rata nilai *head losses*-nya adalah 0,0534 m. Dari uraian tersebut dapat diketahui bahwa faktor kekasaran pada sebuah jenis pipa sangat berpengaruh pada tingkat kehilangan tinggi tekanan pada sebuah pipa.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan rancang bangun alat uji *head losses* dan melakukan pengujian serta analisis data, maka dapat disimpulkan beberapa hal terkait alat tersebut:

1. Rancang bangun alat uji *head losses* di kampus PSDKU PNUP Kolaka menggunakan model horizontal, pada rancang bangun alat uji *head losses* dengan menggabungkan beberapa *union* yaitu lima jenis pipa berbeda (kuningan, tembaga, aluminium, PVC dan galvanis), *valve* (*gate valve* dan *ball valve*), bak penampung (bak penampung atas dan bak penampung bawah), pompa, alat kelistrikan (*push button* dan MCB) dan alat ukur (manometer tekanan pada pipa uji, manometer volume air, dan termometer).
2. Unjuk kerja alat uji *head losses* dapat diketahui dari persentase nilai *head losses* atau nilai kehilangan tinggi tekanan pada tiap jenis pipa, dimana dari hasil analisa data diketahui bahwa nilai *head losses* tertinggi berada pada pipa galvanis dengan rata-rata nilai *head losses*-nya yaitu 0,0534 m dan pipa dengan nilai rata-rata *head losses* terendah adalah pipa PVC yaitu 0,0434 m, sedangkan pipa aluminium, tembaga dan kuningan saling berurutan di tengah. Dari nilai-nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa alat uji *head losses* untuk mengetahui pengaruh kekasaran pipa terhadap debit aliran berfungsi dengan efektif.
3. Alat uji *head Losses* di Kampus PSDKU PNUP Kolaka layak untuk digunakan.

5.2 Saran

1. Sebaiknya dalam instalasi alat uji *head losses*, lebih baik menggunakan *tube* karena akan lebih meminimalisasi turbulensi sehingga menambah tingkat ketepatan alat dalam mengimput data-data yang dibutuhkan.
2. Setelah praktikum berlangsung, fluida kerja dalam pipa harus di kurus sehingga dapat mengoptimalkan umur alat uji *head losses* di Kampus PSDKU PNUP Kolaka.
3. Pada saat proses pengujian alat diharapkan memperhatikan sumber listrik, usahakan tidak ada mesin lain dengan daya tinggi yang beroperasi pada saat proses pengujian dan pengambilan data berlangsung.



DAFTAR PUSTAKA

- Bruce R Munson, Donald F. Young dan Theodore H. Okiishi. 1997. *Fundamental Of Fluid Mechanics*. Dialih bahasakan Oleh Harinaldi dan Budiarsi. 2004. Jakarta: Erlangga.
- Egie. 2010. *Definisi dan Sifat-sifat Fisik Fluida*. (Online). (<http://aku-egie.blogspot.com/2010/01/definisi-dan-sifat-sifat-fisik-fluida.html?m=1>), diakses pada tanggal 01/02/2023.
- Faozan, M.A. 2017. *Buku Ajar Hidraulika*. Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Ilham dan Zulkifli. 2009. Laporan Tugas Akhir: *Redesain Alat Praktikum Head Losses Pada Laboratorium Teknik Konversi Energi*. Jurusan Teknik Mesin. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Indrayati, Fitri. 2015. Mata Kuliah Hidrolika I: *Desain Pembelajaran Hidrolika Saluran Terbuka Pada Program Studi Teknik Sipil*. Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. (Online). (<http://ft.unnes.ac.id>), diakses pada tanggal 8/1/2023.
- Mahandari, Prapti. 2003. *Mekanika Fluida: Sistem Perpipaan dan Mesin-mesin Fluida*. Staffsite, Universitas Gunadarma. (Online). (<http://coki.staff.gunadarma.ac.id>), diakses pada tanggal 8/1/2023.
- Muhadjir dan Zulyusri. 1995. Laporan Tugas Akhir: *Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengujian Head Losses*. Jurusan Teknik Mesin. Politeknik Universitas Hasanuddin.
- Orianto, M. 1989. *Mekanika Fluida I*. Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh November. Jakarta.
- Pratikto dan S.Wahyudi. 2010. *Penurunan Kerugian Head Pada Belokan Pipa Dengan Peletakan Tube Bundle*. Jurusan Teknik Mesin.
- Raswari. 1986. *Tekologi Dan Perancangan System Perpipaan*. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Indonesia.
- Reuben, M.Olson, dan Wright, Steven. J. 1993. *Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik*. Oxford: Erlangga.
- Triatmojo, B. 1993. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmojo, B. 2003. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wibowo, P.A. 2013. *Analisis Penurunan Head Losses Pada Belokan Pipa 180° Dengan Variasi Non Tube Bundle*. Universitas Jember.

L

A

M

P

I

R

A

N



LAMPIRAN A

Tabel 1 hasil pengujian pada pipa kuningan

No.	Pembukaan katup	H1 suction (mm)	H2 discharge (mm)	Volume (liter)	Waktu (sekon)	Temperatur (°C)
1	1 (25%)	400	343	0,025	209	28
2	2 (50%)	424	368	0,025	208	28
3	3 (75%)	356	315	0,025	207	28
4	4 (100%)	377	343	0,025	206	28

Tabel 2 hasil pengujian pada pipa tembaga

No.	Pembukaan katup	H1 suction (mm)	H2 discharge (mm)	Volume (liter)	Waktu (sekon)	Temperatur (°C)
1	1 (25%)	371	286	0,025	209	28
2	2 (50%)	366	282	0,025	208	28
3	3 (75%)	366	288	0,025	204	28
4	4 (100%)	359	288	0,025	203	28

Tabel 3 hasil pengujian pada pipa aluminium

No.	Pembukaan katup	H1 suction (mm)	H2 discharge (mm)	Volume (liter)	Waktu (sekon)	Temperatur (°C)
1	1 (25%)	512	419	0,025	203	28
2	2 (50%)	475	385	0,025	188	28
3	3 (75%)	416	328	0,025	184	28
4	4 (100%)	406	322	0,025	165	28

Tabel 4 hasil pengujian pada pipa PVC

No.	Pembukaan katup	H1 suction (mm)	H2 discharge (mm)	Volume (liter)	Waktu (sekon)	Temperatur (°C)
1	1 (25%)	414	338	0,025	212	28
2	2 (50%)	407	333	0,025	210	28
3	3 (75%)	401	328	0,025	208	28
4	4 (100%)	387	318	0,025	207	28

Tabel 5 hasil pengujian pada pipa galvanis

No.	Pembukaan katup	H1 suction (mm)	H2 discharge (mm)	Volume (liter)	Waktu (sekon)	Temperatur (°C)
1	1 (25%)	500	387	0,025	213	28
2	2 (50%)	476	364	0,025	209	28
3	3 (75%)	468	358	0,025	208	28
4	4 (100%)	457	357	0,025	206	28



LAMPIRAN B

Tabel 1 hasil analisa data percobaan pada pipa kuningan

No.	Pembukaan katup	Δh (m)	Debit Q (m ³ /s)	kecepatan aliran v (m/s)	Bilagn Reynold Re	f Turbulen (Pers. Empiris Blasius)	Jenis Aliran	Head Losses HL (m)
1	1 (25%)	0,057	0,000119	0,553	10961,59	0,0309	Turbulen	0,0435
2	2 (50%)	0,056	0,000120	0,556	11014,29	0,0308	Turbulen	0,0439
3	3 (75%)	0,041	0,000120	0,558	11067,50	0,0308	Turbulen	0,0442
4	4 (100%)	0,034	0,000121	0,561	11121,22	0,0308	Turbulen	0,0446

Tabel 2 hasil analisa data percobaan pada pipa tembaga

No.	Pembukaan katup	Δh (m)	Debit Q (m ³ /s)	kecepatan aliran v (m/s)	Bilagn Reynold Re	f Turbulen (Pers. Empiris Blasius)	Jenis Aliran	Head Losses HL (m)
1	1 (25%)	0,085	0,000119	0,553	10961,59	0,0352	Turbulen	0,0495
2	2 (50%)	0,084	0,000120	0,556	11014,29	0,0351	Turbulen	0,0500
3	3 (75%)	0,078	0,000122	0,567	11230,25	0,0350	Turbulen	0,0517
4	4 (100%)	0,071	0,000123	0,569	11285,58	0,0349	Turbulen	0,0521

Tabel 3 hasil analisa data percobaan pada pipa aluminium

No.	Pembukaan katup	Δh (m)	Debit Q (m ³ /s)	kecepatan aliran v (m/s)	Bilanagn Reynold Re	f Turbulen (Pers. Empiris Blasius)	Jenis Aliran	Head Losses HL (m)
1	1 (25%)	0,093	0,000123	0,569	11285,58	0,0307	Turbulen	0,0458
2	2 (50%)	0,09	0,000132	0,615	12186,02	0,0301	Turbulen	0,0523
3	3 (75%)	0,088	0,000135	0,628	12450,93	0,0299	Turbulen	0,0544
4	4 (100%)	0,084	0,000151	0,700	13884,68	0,0291	Turbulen	0,0658

Tabel 4 hasil analisa data percobaan pada pipa PVC

No.	Pembukaan katup	Δh (m)	Debit Q (m ³ /s)	kecepatan aliran v (m/s)	Bilanagn Reynold Re	f Turbulen (Pers. Empiris Blasius)	Jenis Aliran	Head Losses HL (m)
1	1 (25%)	0,076	0,000118	0,545	10806,47	0,0310	Turbulen	0,0424
2	2 (50%)	0,074	0,000119	0,550	10909,39	0,0309	Turbulen	0,0431
3	3 (75%)	0,073	0,000120	0,556	11014,29	0,0308	Turbulen	0,0439
4	4 (100%)	0,069	0,000121	0,558	11067,50	0,0308	Turbulen	0,0442

Tabel 5 hasil analisa data percobaan pada pipa galvanis

No.	Pembukaan katup	Δh (m)	Debit Q (m ³ /s)	kecepatan aliran v (m/s)	Bilagn Reynold Re	f Turbulen (Pers. Empiris Blasius)	Jenis Aliran	Head Losses HL (m)
1	1 (25%)	0,113	0,000117	0,591	11229,26	0,0307	Turbulen	0,0516
2	2 (50%)	0,112	0,000120	0,603	11444,17	0,0306	Turbulen	0,0534
3	3 (75%)	0,11	0,000120	0,606	11499,19	0,0305	Turbulen	0,0538
4	4 (100%)	0,1	0,000121	0,612	11610,84	0,0304	Turbulen	0,0547



LAMPIRAN C

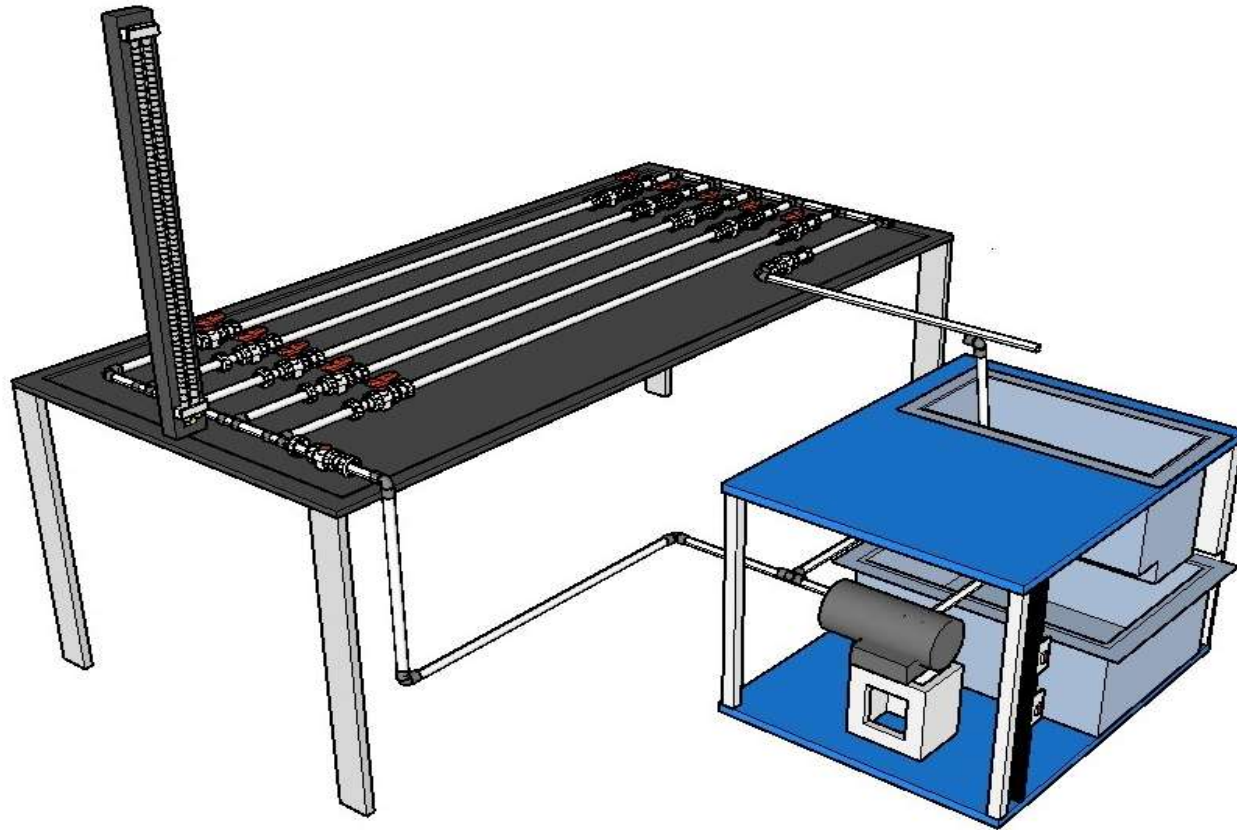
Table C-1

Physical properties of water (SI units)

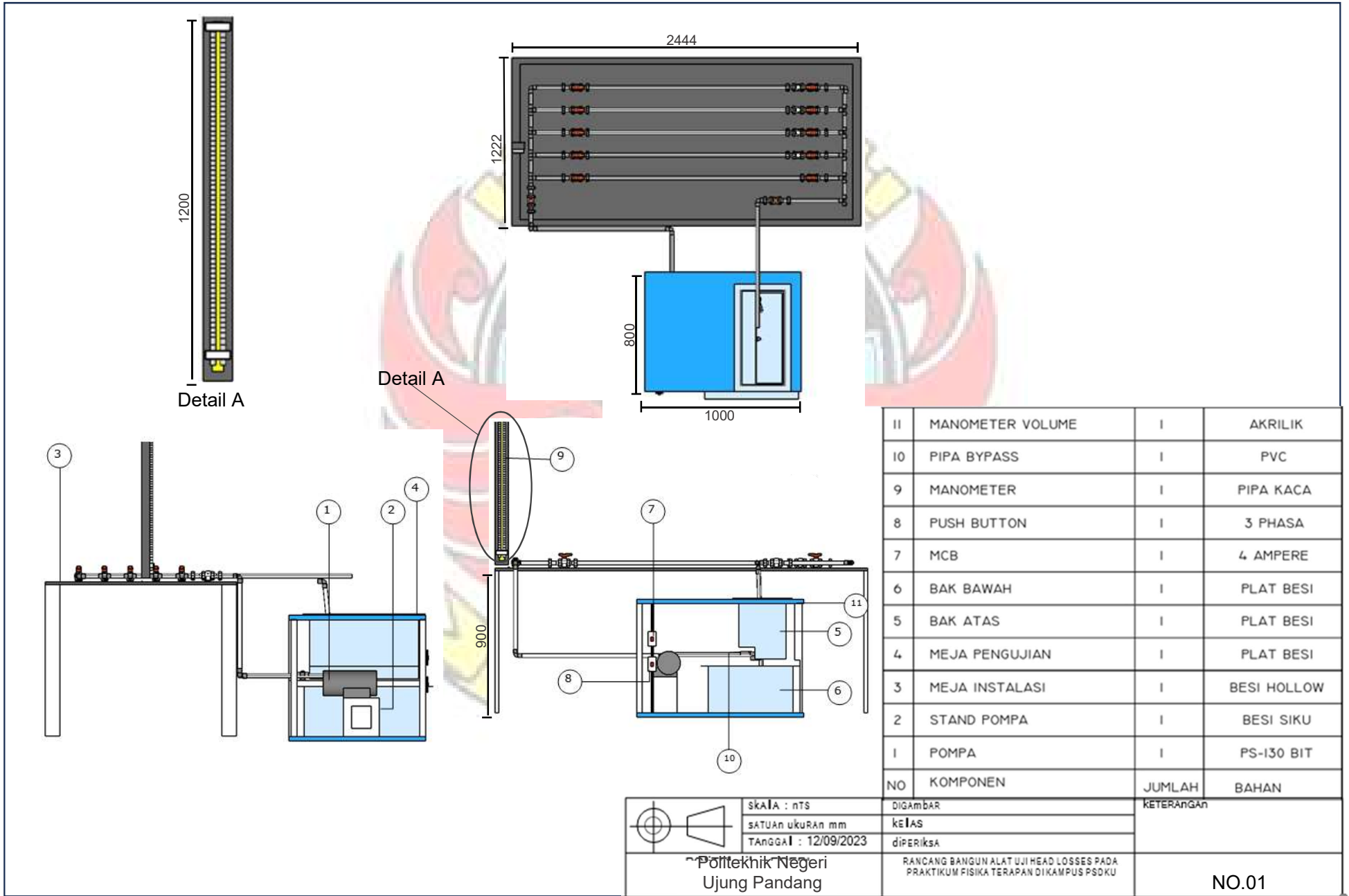
Temperature T (°C)	Specific Weight γ (kN/m ³)	Density ^a ρ (kg/m ³)	Dynamic Viscosity ^b μ ($\times 10^{-3}$ kg/m·s)	Kinematic Viscosity ν ($\times 10^{-6}$ m ² /s)	Surface Tension ^c σ (N/m)	Modulus of Elasticity ^a E ($\times 10^9$ N/m ²)	Vapor Pressure P_v (kN/m ²)
0	9.805	999.8	1.781	1.785	0.0765	1.98	0.61
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.0749	2.05	0.87
10	9.804	999.7	1.307	1.306	0.0742	2.10	1.23
15	9.798	999.1	1.139	1.139	0.0735	2.15	1.70
20	9.789	998.2	1.002	1.003	0.0728	2.17	2.34
25	9.777	997.0	0.890	0.893	0.0720	2.22	3.17
30	9.764	995.7	0.798	0.800	0.0712	2.25	4.24
40	9.730	992.2	0.653	0.658	0.0696	2.28	7.38
50	9.689	988.0	0.547	0.553	0.0679	2.29	12.33
60	9.642	983.2	0.466	0.474	0.0662	2.28	19.92
70	9.589	977.8	0.404	0.413	0.0644	2.25	31.16
80	9.530	971.8	0.354	0.364	0.0626	2.20	47.34
90	9.466	965.3	0.315	0.326	0.0608	2.14	70.10
100	9.399	958.4	0.282	0.294	0.0589	2.07	101.33



LAMPIRAN D



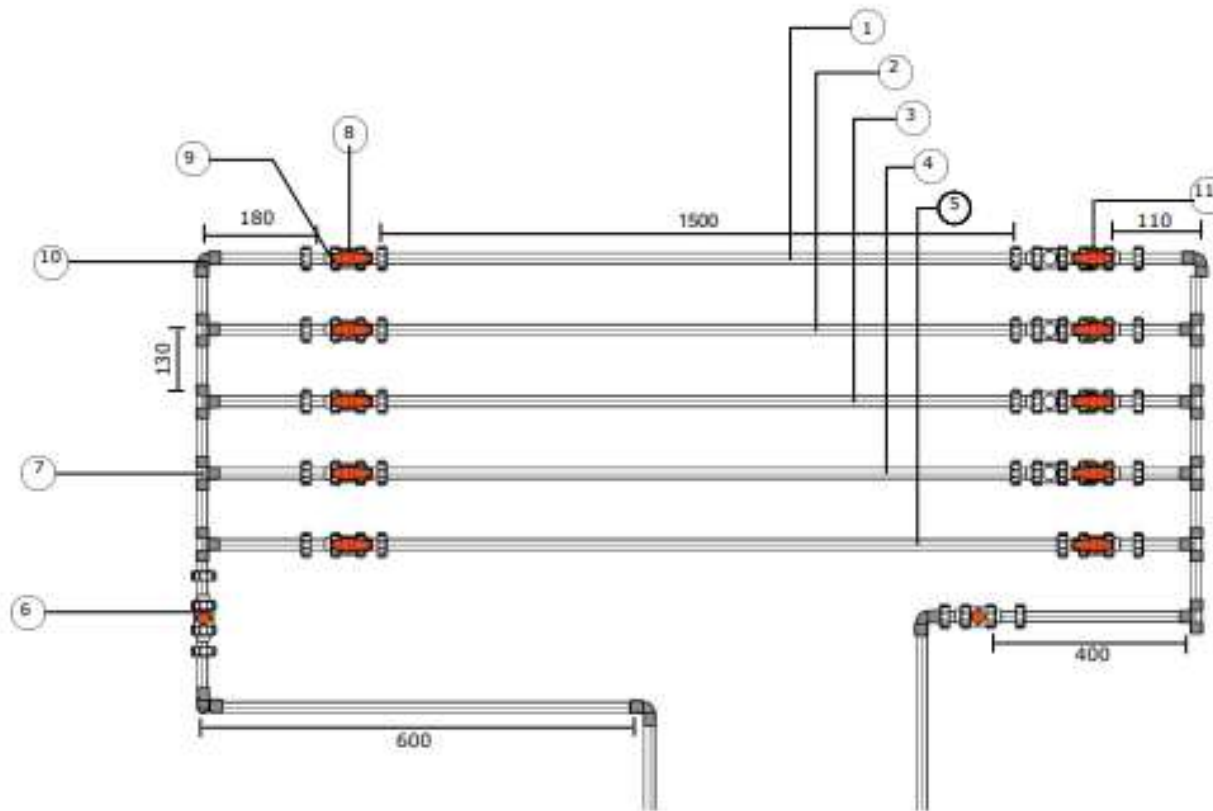
Gambar 1 Gambar 3D alat uji *head losses*




11	MANOMETER VOLUME	1	AKRILIK
10	PIPA BYPASS	1	PVC
9	MANOMETER	1	PIPA KACA
8	PUSH BUTTON	1	3 PHASA
7	MCB	1	4 AMPERE
6	BAK BAWAH	1	PLAT BESI
5	BAK ATAS	1	PLAT BESI
4	MEJA PENGUJIAN	1	PLAT BESI
3	MEJA INSTALASI	1	BESI HOLLOW
2	STAND POMPA	1	BESI SIKU
1	POMPA	1	PS-130 BIT
NO	KOMPONEN	JUMLAH	BAHAN

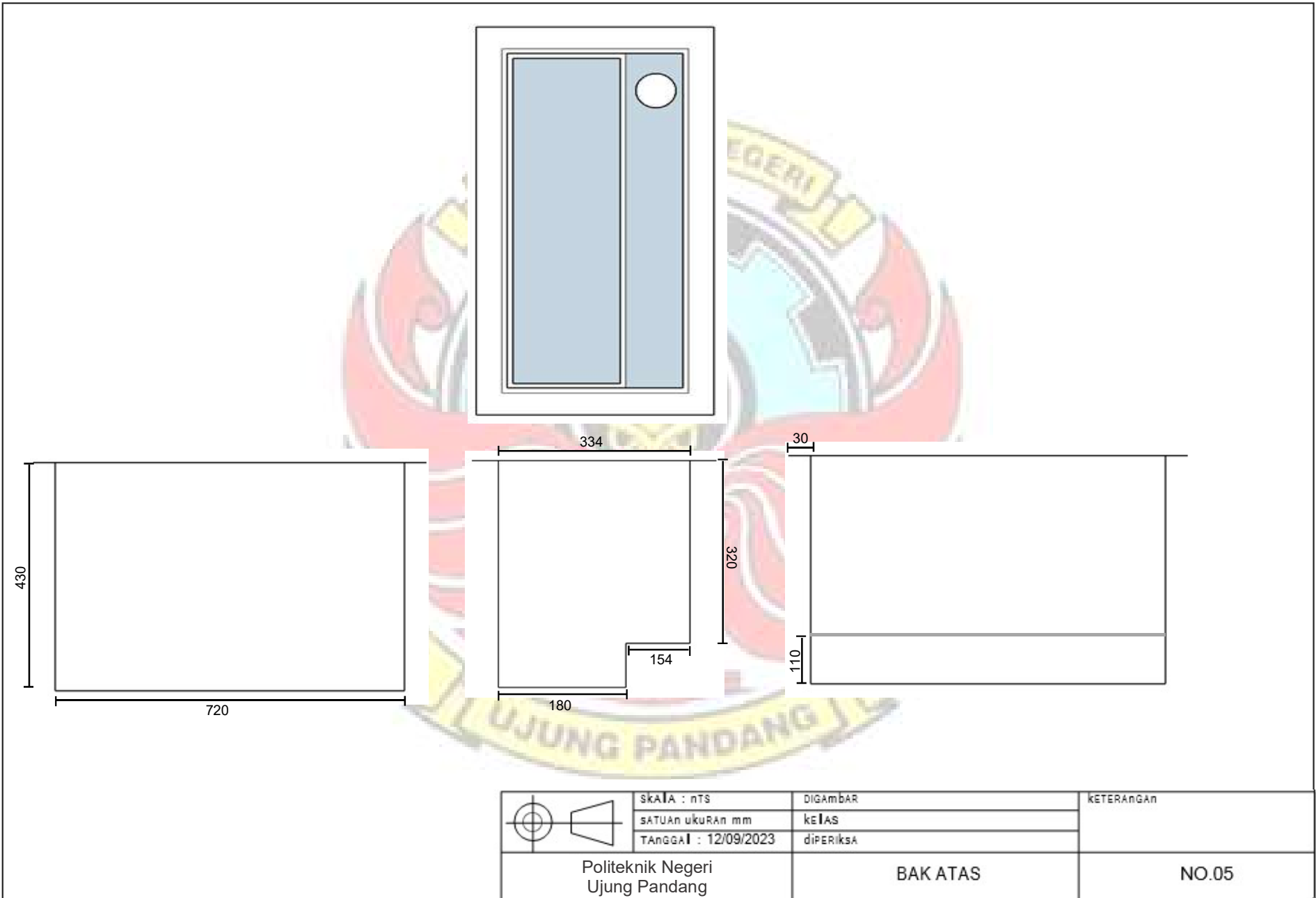
	skala : nts	DIGAMBAR	KETERANGAN
	SATUAN ukURAN mm	kelas	
	TANGGAL : 12/09/2023	diperiksa	
Politeknik Negeri Ujung Pandang		RANCANG BANGUN ALAT UJI HEAD LOSSES PADA PRAKTIKUM FISIKA TERAPAN DIKAMPUS PSDKU	

NO.01

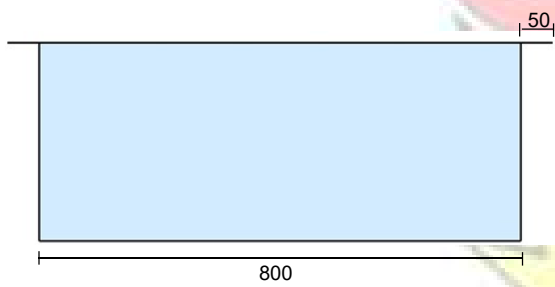
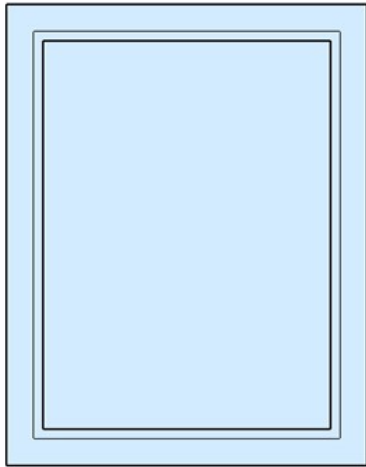
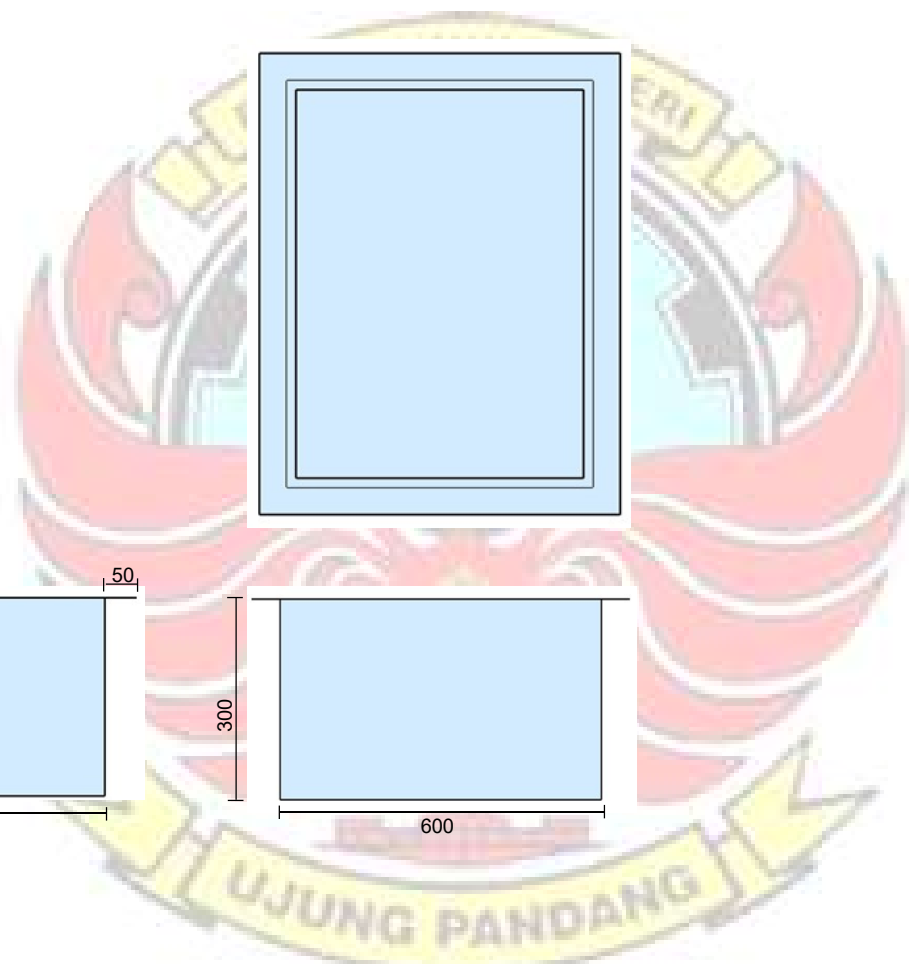


1	Pipa Galvanis
2	Pipa PVC
3	Pipa Aluminium
4	Pipa Tembaga
5	Pipa Kuningan
6	Gate Valve in (Kuningan)
7	Tee Stuck (PVC)
8	Tee Stuck (Besi)
9	Katup Kompresor
10	L-Bow
11	Ball Valve

	<small>DISKUSI : 010</small> <small>SATUAN UKURAN : mm</small> <small>TANGGAL : 12/09/2023</small>	<small>DISKUSI</small> <small>KELOMPOK :</small> <small>DISKUSI</small>	<small>Keterangan :</small> NO.03
	Politeknik Negeri Ujung Pandang	Instalasi Pipa Uji	



	SkALA : nTS	DIGAMBAR	KETERANGAN
	SATUAN ukURAN mm	KEIAS	
	TANGGAL : 12/09/2023	dIPERIKSA	
Politeknik Negeri Ujung Pandang	BAK ATAS	NO.05	



	SkALA : nTS	DIGambar	KETERANGAN
	SATUAN ukuran mm	KEIAS	
	TANGGAL : 12/09/2023	dIPERIKSA	
Politeknik Negeri Ujung Pandang	BAK BAWAH	N0.06	

LAMPIRAN E



Gambar 1. Pemotongan besi hollow



Gambar 2. Pengelasan pada besi siku



Gambar 3. Pengecatan pada rangka meja



Gambar 4. Pengujian pada alat uji *head losses*



Gambar 5. Pengambilan data pada alat uji *head losses*

