KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI DIAMETER LUBANG PERFORATED PLATE FLOW STRAIGHTENER TERHADAP PERBAIKAN KARAKTERISTIK ALIRAN DAN AKURASI FLOW METER PADA SISTEM PERPIPAAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Skripsi dalam Pendidikan Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridinanti

Oleh :

FERDIAN NUGROHO

2202220117

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TRIDINANTI

2026

UNIVERSITAS TRIDINANTI

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

SKRIPSI

KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI DIAMETER LUBANG PERFORATED PLATE FLOW STRAIGHTENER TERHADAP PERBAIKAN KARAKTERISTIK ALIRAN DAN AKURASI FLOW METER PADA SISTEM PERPIPAAN

Disusun Oleh:

FERDIAN NUGROHO

2202220117

Mengetahui, Diperiksa dan Disetujui, Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin	**Pembimbing I**
Herivanto Rusmaryadi, ST.PG.Dip MT.	Martin Luther king,ST. MT.
	Pembimbing II
	Ir. Togar PO. Sianipar, MT.

Disahkan Oleh:

Dekan FT Universitas **Tridinanti**

Dr. Ani Firda, ST. MT.

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah Ini:

Nama	: Ferdian Nugroho
NIM	2202220117
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **"Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Diameter Lubang Perforated Plate Flow Straightener Terhadap Perbaikan Karakteristik Aliran Dan Akurasi Flow Meter Pada Sistem Perpipaan "** adalah benar merupakan karya saya sendiri. Hal-hal yang bukan karya saya, dalam skripsi tersebut diberi tanda s itasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan ditemukan pelanggatan atas karya skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan skripsi dan gelar yang saya peroleh dari skripsi tersebut.

Palembang, 19 Oktober 2026

Yang membuat pernyataan,

Ferdian Nugroho

2202220117

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah Ini:

Nama	: Ferdian Nugroho
NIM	2202220117
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa Artikel dengan judul :

"Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Diameter Lubang Perforated Plate Flow Straightener Terhadap Perbaikan Karakteristik Aliran Dan Akurasi Flow Meter Pada Sistem Perpipaan " Merupakan hasil karya sendiri yang didampingi pembimbing bukan hasil penjiplakan/plagiat dan telah melewati proses *plagiarism checker* yang dilakukan pihak jurusan. apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang,19 Oktober 2026
Mahasiswa



, Ferdian Nugroho

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai Civitas Akademika Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Ferdian Nugroho
NIM	2202220117
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin
Jenis Karya	: Tugas Akhir/ Skripsi

Demi Pengembangan Ilmu pengetahuan untuk memberikan kepada pihak Universitas Tridinanti hak bebas Royalti Non eksklusif (*non ekslusif royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

"Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Diameter Lubang Perforated Plate Flow Straightener Terhadap Perbaikan Karakteristik Aliran Dan Akurasi Flow Meter Pada Sistem Perpipaan"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan hak royalty eksklusif ini Universitas Tridinanti berhak menyimpan, mengalih mediakan, mengelola mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Palembang, 19 Oktober 2026

Yang Menyatakan,



Ferdian Nugroho
2202220117

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Hidup bukan tentang siapa dan seberapa cepat kamu sampai di garis akhir, tetapi tentang seberapa dalam makna dan pelajaran yang kamu petik selama perjalanan itu”

(Penulis)

“Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah: 286)

PERSEMBAHAN

"Karya sederhana ini kupersembahkan kepada Allah SWT dan kedua orang tuaku tercinta (Hadi Muhsin dan Sumiati). Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah putus, pengorbanan tanpa lelah, serta kasih sayang yang menjadi kekuatan terbesar penulis hingga bisa menyelesaikan tahap ini. Semoga lembaran kecil ini bisa menjadi senyum kecil tanda bakti anakmu. ini"

"Terimakasih juga Kepada orang spesial di hidup penulis (Salma Safinatunnajah) Cinta dan motivasi yang telah kamu berikan mengajariku bagaimana mencintai diriku sendiri. Terima kasih sudah memberikan motivasi sehingga skripsi ini bisa terselesaikan"

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **"Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Diameter Lubang Perforated Plate Flow Straightener Terhadap Perbaikan Karakteristik Aliran Dan Akurasi Flow Meter Pada Sistem Perpipaan "** Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, arahan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Edizal AE, MS. Selaku Rektor Universitas Tridinanti.
2. Ibuk Dr. Ani Firda, ST. MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti
3. Bapak Heriyanto Rusmaryadi, ST. MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti, yang telah banyak membantu memberikan masukan dan arahan dalam masa perkuliahan.
4. Bapak Martin Luther King, ST. MT. Selaku Dosen Pembimbing I Sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridinanti, yang telah banyak membantu memberikan saran, arahan, serta masukan baik dan membimbing dalam penyusunan skripsi ini.

5. Bapak Ir. Togar P.O Sianipar, MT. Selaku Dosen Pembimbing II, yang telah banyak membantu serta membimbing dalam penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Staf Dosen pengajar di lingkungan Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridinanti, yang telah memberikan ilmu yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
7. Kedua Orang tua saya tercinta yang dengan sepenuh hati telah mengiriingi setiap langkahku dengan doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang tak pernah putus.
8. Serta Teman-teman seperjuangan saya yang telah memberikan dukungan dan semangat hingga menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik mesin dan konversi energi.

Palembang, 19 Oktober 2026

Penulis,

Ferdian Nugroho

NPM.2202220117

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI ..... **i**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI ..... **ii**

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT ..... **iii**

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... **iv**

TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... **iv**

KATA PENGANTAR ..... **vi**

DAFTAR ISI ..... **viii**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**

DAFTAR TABEL ..... **xiv**

ABSTRAK ..... **xv**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 4

1.4 Manfaat Penelitian 4

1.5 Batasan Masalah 5

1.6 Sistematika Penulisan 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **9**

2.1 Sifat-Sifat Fluida dan Mekanika Aliran Dasar 9

2.1.1 Karakteristik Fluida Newtonian (Air) 10

2.1.2 Persamaan Kontinuitas dan Debit Aliran 11

2.2 Klasifikasi dan Karakteristik Aliran dalam Pipa 12
2.2.1 Bilangan Reynolds (Re) dan Penentuan Rejim Aliran 12
2.2.2 Profil Kecepatan pada Aliran Turbulen 13
2.3 Fenomena Aliran Terganggu (Disturbed Flow) 14
2.3.1 Entrance Length (Le) dan Fully Developed Flow 14
2.3.2 Analisis *Swirling Flow* (Aliran Berpusar) 15
2.4 Dasar Teori Instrumen Ukur (Turbine Flow Meter) 16
2.4.1 Prinsip Kerja Rotor 16
2.4.2 Sensitivitas *Turbine Flow Meter* Terhadap Swirl 16
2.5 Kehilangan Energi (Pressure Drop) 17
2.5.1 Perbedaan Mayor Losses dan Minor Losses 17
2.5.2 *Pressure Drop* pada *Perforated Plate* 18
2.6 *Flow Straightener* dan Spesifikasi *Perforated Plate* 19
2.6.1 Klasifikasi Tipe *Flow Straightener* 20
2.6.2 Teori *Perforated Plate* sebagai *Flow Straightener* 20
2.6.3 Parameter Geometri Kritis Perforated Plate 21
2.7 Penelitian Terdahulu 22
2.8 Hipotesis 23
2.9 Kerangka Berpikir 24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 26
3.1 Diagram Alir Penelitian 26
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 27
3.2.1 Waktu Penelitian 27

3.2.2 Tempat Penelitian 27
3.3 Variabel Penelitian 28
3.3.1 Variabel Bebas 28
3.3.2 Variabel Terikat 28
3.3.3 Variabel Kontrol 28
3.4 Perancangan Instalasi dan Spesimen Uji 29
3.4.1 Desain Instalasi Perpipaan 29
3.4.2 Desain dan Spesifikasi Spesimen 30
3.5 Peralatan dan Bahan 31
3.6 Prosedur Kalibrasi dan Validasi Alat 33
3.6.1 Kalibrasi/Verifikasi *Turbine Flow Meter* 33
3.6.2 Penetapan Flow Meter 2 sebagai Acuan Internal 34
3.7 Prosedur Pengujian 34
3.7.1 Persiapan dan Running-in 34
3.7.2 Penentuan Kondisi Debit dan Baseline 34
3.7.3 Pengujian Variasi *Perforated plate* 35
3.7.4 Penggantian spesimen 35
3.7.5 Pengamatan Visual Tracer Dye 36
3.7.6 Pencatatan dan Pengulangan Data 36
3.8 Metode Analisis Data 36
3.8.1 Perhitungan Debit Acuan dan Kecepatan 37
3.8.2 Perhitungan Reynolds number 37
3.8.3 Perhitungan *Pressure Drop* dan *Pressure Coefficient* 37

3.8.4 Perhitungan *Error Turbine Flow Meter* dan Akurasi Relatif 38
3.8.5 Analisis Visual Kualitatif 38
3.8.6 Metode Penyajian Data 38
3.8.7 Penentuan Variasi Optimum 39
3.8.8 Format Pencatatan Data 39
3.9 Matriks Pengujian 40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Hasil Pengujian 41
4.1.1 Karakteristik Spesimen *Perforated Plate* 41
4.1.2 Data Hasil Pengukuran Flow Meter 43
4.2 Analisis Karakteristik Aliran Berdasarkan Tracer Dye 44
4.3 Analisis *Pressure Drop* dan *Pressure Drop Coefficient* 47
4.3.1 *Pressure Drop* 47
4.3.2 Hubungan Rasio Luas Bukaan dengan *Pressure Drop* 49
4.3.3 Perhitungan Pressure Drop Coefficient (ζ) 50
4.4 Analisis Error Pembacaan *Turbine Flow Meter* 54
4.4.1 Metode Perhitungan Error 54
4.4.2 Hasil Error pada Debit Tinggi dan Rendah 54
4.5 Penentuan Variasi Diameter Lubang 55
4.6 Pembahasan 56
4.6.1 Pengaruh Diameter Lubang terhadap Pressure Drop 56
4.6.2 Pengaruh Diameter Lubang terhadap Pembacaan Flow Meter 56
4.6.3 Keterkaitan Pressure Drop, Rasio luas bukaan, dan Error 56

4.7 Ringkasan Hasil Penelitian 57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 59

5.1 Kesimpulan 59

5.2 Keterbatasan Penelitian 60

5.3 Saran 60

DAFTAR PUSTAKA 63

LAMPIRAN 65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi aliran dan pengamatan tracer dye 13

Gambar 2.2 Turbin Flow Meter 16

Gambar 2.3 Kehilangan Energi (Head Loss) 19

Gambar 2.4 Perforated Plate 21

Gambar 2.5 Kerangka Berfikir..... 25

Gambar 3.1 Diagram Alir..... 26

Gambar 3.2 Skema Alat Uji 29

Gambar 3.3 Sketsa Spesimen Perforated Plate 30

Gambar 4.1 Perbandingan pressure drop rata-rata antara baseline dan variasi flow straightener..... 48

Gambar 4.2 Hubungan porositas dengan pressure drop..... 49

Gambar 4.3 Hubungan porositas dengan pressure drop coefficient 53

Gambar 4.4 Hubungan debit acuan FM2 dengan pressure drop pada setiap flow straightener..... 53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kegiatan 27

Tabel 3.2 Variabel Penelitian..... 28

Tabel 3.3 Spesifikasi Spesimen..... 31

Tabel 3.4 Alat Penelitian 31

Tabel 3.5 Pengamatan Visualisasi Karakteristik Aliran 36

Tabel 3.6 Pencatatan Data 39

Tabel 3.7 Matriks Data..... 40

Tabel 4.1Karakteristik Spesimen Perforated Plate..... 42

Tabel 4.2 Dataset 24 Pengujian..... 43

Tabel 4.3 Hasil Pengambilan Tracer Dye..... 44

Tabel 4.4 Rekapitulasi pressure drop rata-rata..... 48

Tabel 4.5 Hubungan rasio luas bukaan dengan pressure drop 49

Tabel 4.6 *Pressure drop coefficient (ζ)* setiap pengujian *flow straightener*..... 50

Tabel 4.7 Rekapitulasi rata-rata hasil pengolahan..... 52

Tabel 4.8 Error rata-rata pembacaan flow meter..... 54

Tabel 4.10 Perbandingan kinerja kuantitatif 55

Tabel 4.11 Ringkasan hasil penelitian..... 57

ABSTRAK

Gangguan aliran akibat elbow 90° dapat menyebabkan penyimpangan pembacaan turbine flow meter, sedangkan perforated plate sebagai flow straightener sederhana memiliki kompromi antara perbaikan kondisi aliran dan kehilangan tekanan yang ditentukan oleh diameter lubangnya. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh variasi diameter lubang perforated plate terhadap karakteristik aliran, pressure drop, dan error pembacaan flow meter pada sistem perpipaan. Metode yang digunakan adalah eksperimental pada pipa air berdiameter 48 mm dengan tiga spesimen (FS-1, FS-2, FS-3; diameter lubang 4, 5, dan 6 mm; 19 lubang, susunan segitiga, tebal 3 mm; rasio luas bukaan 13,19%, 20,62%, dan 29,69%) serta kondisi tanpa flow straightener sebagai baseline. Pengujian dilakukan pada dua tingkat debit (Re ≈ 64.500 dan 99.200) dengan tiga ulangan sehingga diperoleh 24 pengujian. Data dikumpulkan melalui pembacaan dua flow meter, pengukuran tekanan upstream dan downstream, serta visualisasi tracer dye, kemudian dianalisis secara deskriptif-kuantitatif melalui perhitungan pressure drop, koefisien pressure drop (ζ), dan error relatif Flow Meter 1 terhadap Flow Meter 2. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan diameter lubang menurunkan pressure drop dan ζ, sedangkan pola swirl tidak dapat diidentifikasi secara meyakinkan. Pada debit tinggi, error rata-rata FS-1, FS-2, dan FS-3 sebesar 11,48%, 8,15%, dan 4,66% (baseline 8,32%); pada debit rendah sebesar 8,93%, 7,16%, dan 21,74% (baseline 2,55%). Dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat diameter optimum untuk seluruh kondisi, dan FS-2 (5 mm) merupakan kompromi yang paling seimbang antara error dan pressure drop.

Kata kunci: perforated plate; flow straightener; diameter lubang; turbine flow meter; pressure drop

ABSTRACT

Flow disturbances downstream of a 90° elbow can cause deviations in turbine flow meter readings, while a perforated plate, as a simple flow straightener, involves a trade-off between flow conditioning and pressure loss governed by its hole diameter. This study aims to examine the effect of perforated plate hole diameter on flow characteristics, pressure drop, and flow meter reading error in a piping system. An experimental method was applied in a 48 mm water pipe using three specimens (FS-1, FS-2, and FS-3; hole diameters of 4, 5, and 6 mm; 19 holes, triangular pitch, 3 mm thickness; open area ratios of 13.19%, 20.62%, and 29.69%), together with a no-straightener baseline. Tests were conducted at two flow rates (Re ≈ 64,500 and 99,200) with three replicates, yielding 24 tests. Data were collected from two flow meters, upstream and downstream pressure measurements, and tracer dye visualization, and were analyzed descriptively and quantitatively through pressure drop, pressure drop coefficient (ζ), and the relative error of Flow Meter 1 against Flow Meter 2. The results show that larger hole diameters reduce pressure drop and ζ, whereas swirl patterns could not be identified conclusively. At high flow rate, the mean errors of FS-1, FS-2, and FS-3 were 11.48%, 8.15%, and 4.66% (baseline 8.32%); at low flow rate they were 8.93%, 7.16%, and 21.74% (baseline 2.55%). It is concluded that no single diameter is optimal for all conditions, and FS-2 (5 mm) offers the most balanced compromise between error and pressure drop.

***Keywords**: perforated plate; flow straightener; hole diameter; turbine flow meter; pressure drop.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pengukuran laju aliran fluida merupakan kebutuhan penting dalam berbagai sektor industri, mulai dari pengolahan air, minyak dan gas, industri kimia, pembangkit energi, hingga sistem distribusi fluida. Data laju aliran digunakan sebagai dasar pengendalian proses, evaluasi kinerja sistem, dan pengambilan keputusan operasional. Salah satu instrumen yang banyak digunakan untuk pengukuran debit adalah *turbine flow* meter karena mampu memberikan respons pengukuran yang baik pada rentang operasi tertentu. Namun, kinerja *turbine flow* meter sangat dipengaruhi oleh kondisi aliran yang memasuki sisi inlet alat ukur.

Dalam sistem perpipaan nyata, aliran jarang berada dalam kondisi ideal. Komponen seperti elbow 90°, valve, reducer, dan percabangan dapat mengubah distribusi momentum dan kecepatan sehingga menghasilkan profil aliran yang tidak seragam, turbulensi lokal, dan komponen kecepatan tangensial atau swirling flow. Gangguan tersebut dapat menyebabkan pembacaan flow meter menyimpang dari debit acuan (FM2). Synowiec dkk. (2021) menunjukkan bahwa gangguan setelah belokan 90° dapat memberikan pengaruh nyata terhadap pengukuran flow meter, terutama ketika panjang pipa lurus antara sumber gangguan dan alat ukur tidak memadai.

Flow straightener atau *flow conditioner* digunakan untuk mengendalikan kondisi aliran sebelum memasuki alat ukur. Perangkat ini bekerja dengan mengurangi komponen kecepatan tangensial, memperbaiki distribusi kecepatan, dan membantu menghasilkan aliran yang lebih terarah secara aksial. Salah satu konfigurasi yang relatif sederhana untuk dibuat adalah *perforated plate*, yaitu pelat dengan sejumlah lubang yang memaksa fluida melewati bukaan-bukaan terdistribusi pada penampang pipa.

Secara alami, aliran yang memasuki pipa lurus memerlukan jarak tertentu untuk berkembang menuju kondisi *fully developed flow*. Kebutuhan panjang tersebut dapat menjadi besar pada aliran turbulen dan semakin kompleks ketika aliran sebelumnya mengalami gangguan seperti elbow. Pada instalasi nyata, penyediaan straight run yang panjang tidak selalu memungkinkan. Selain itu, pemulihan profil kecepatan aksial tidak selalu identik dengan hilangnya seluruh komponen swirl. Oleh sebab itu, penggunaan *flow straightener* menjadi pendekatan praktis untuk mempercepat pengondisian aliran sebelum flow meter.

Kinerja *perforated plate* dipengaruhi oleh parameter geometrinya, terutama diameter lubang, pitch, pola susunan, ketebalan pelat, dan rasio luas bukaan. Diameter lubang yang lebih kecil cenderung memberikan hambatan aliran lebih besar karena luas bukaan berkurang, sedangkan diameter lubang yang lebih besar meningkatkan luas bukaan dan cenderung menurunkan tahanan. Konsekuensinya terdapat *trade-off* antara kemampuan pengondisian aliran dan *pressure drop* yang dihasilkan.

Penelitian ini menggunakan *perforated plate* dengan pola triangular pitch, jumlah lubang tetap 19 lubang, ketebalan pelat 3 mm, dan diameter lubang yang divariasikan menjadi 4 mm, 5 mm, dan 6 mm. Variasi tersebut menghasilkan perubahan rasio luas bukaan sehingga pengaruh perubahan geometri terhadap *pressure drop*, karakteristik aliran, dan akurasi turbine flow meter dapat dibandingkan secara eksperimental. Pengamatan *tracer dye* digunakan sebagai data kualitatif pendukung untuk melihat perubahan pola aliran sebelum dan sesudah *flow straightener.*

Berdasarkan tinjauan literatur, kajian eksperimental yang secara sistematis mengkorelasikan variasi diameter lubang terhadap pressure *drop coefficient* (ζ) dan *error turbine flow* meter pada sistem perpipaan 1,5 inch masih terbatas. Padahal, korelasi tersebut penting untuk menentukan desain *perforated plate* yang memberikan keseimbangan antara perbaikan karakteristik aliran dan kehilangan tekanan. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk memperoleh bukti eksperimental mengenai pengaruh diameter lubang 4 mm, 5 mm, dan 6 mm serta menentukan diameter yang memberikan kinerja terbaik berdasarkan *trade-off* antara akurasi dan *pressure drop*.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada uraian latar belakang di atas, permasalahan yang hendak dijawab dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi diameter lubang 4 mm, 5 mm, dan 6 mm pada perforated plate *flow straightener* terhadap karakteristik pola aliran

secaravisual berdasarkan trscer dye, *pressure drop*, dan error relatif pembacaan Flow Meter 1 (FM1) terhadap Flow Meter 2 (FM2), serta variasi mana yang memberikan kinerja paling seimbang pada kondisi debit tinggi dan rendah?

2. Berapa besar tingkat kesalahan (error %) *pembacaan Turbine Flow* Meter pada masing-masing variasi, dan bagaimana perbandingannya terhadap kondisi baseline (tanpa FS)?
3. Diameter lubang manakah yang menghasilkan rasio kinerja terbaik antara reduksi error dan pressure drop?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan untuk mencapai tujuan-tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis Perubahan karakteristik aliran secara visual sebelum dan sesudah melewati *perforated plate* untuk d = 4,5,dan 6 mm.
2. Menghitung dan membandingkan nilai *Pressure Drop* (ΔP) pada setiap variasi diameter serta menganalisis hubungannya dengan rasio luas bukaan perforated plate.
3. Mengukur dan membandingkan persentase error pembacaan Flow Meter 1 (FM1) terhadap Flow Meter 2 (FM2) sebagai acuan internal.
4. Menentukan diameter optimum berdasarkan metode trade-off (keseimbangan) antara akurasi tertinggi dan pressure drop terendah.

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini tentunya memiliki beberapa manfaat antara lain yaitu:

1. Manfaat Akademis

    - Menghasilkan data eksperimental yang terverifikasi mengenai pengaruh variasi diameter lubang *perforated plate flow straightener* terhadap karakteristik pola aliran secara visual*, pressure drop*, dan eror relatif prmbacaan *turbine flow meter* yang dapat dijadikan referensi ilmiah.

    - Memperkaya literatur di bidang mekanika fluida terapan dan rekayasa sistem perpipaan khususnya dalam topik *flow conditioning* dan pengukuran aliran fluida.

2. Manfaat Praktis

    - Menjadi fondasi pengembangan sistem *flow conditioning* yang lebih efisien dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kemampuan memperbaiki karakteristik pola aliran dan tingkat *pressure drop*.

    - Mendorong penelitian lanjutan baik eksperimental maupun komputasional dalam optimasi desain *perforated plate flow straightener.*

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terlaksana secara terfokus dan hasilnya dapat diinterpretasikan dengan tepat, ditetapkan batasan-batasan penelitian sebagai berikut:

1. Fluida yang digunakan adalah air bersih pada kondisi suhu ruang dengan aliran diasumsikan steady-state dan incompressible pada sistem perpipaan nominal 1,5 inch.
2. Gangguan aliran dibangkitkan oleh elbow 90° pada sisi upstream, sedangkan konfigurasi instalasi, posisi flow straightener, dan komponen perpipaan lainnya dibuat tetap selama pengujian.
3. Flow straightener yang digunakan berupa perforated plate dengan 19 lubang, pola triangular pitch, material stainless steel 304, dan ketebalan 3 mm. Variasi yang diteliti hanya diameter lubang, yaitu 4 mm, 5 mm, dan 6 mm.
4. Pengujian dilakukan pada dua tingkat debit dengan kondisi tanpa flow straightener sebagai baseline. Parameter yang dianalisis meliputi karakteristik aliran secara visual menggunakan tracer dye, pressure drop, pressure drop coefficient, serta error relatif pembacaan Flow Meter 1 (FM1) terhadap Flow Meter 2 (FM2) sebagai acuan internal.
5. Pengamatan tracer dye bersifat kualitatif dan tidak mencakup pengukuran kuantitatif swirl number, intensitas turbulensi, atau profil kecepatan. Analisis pressure drop juga difokuskan pada tekanan yang terukur pada section pengujian dan tidak memisahkan kehilangan tekanan dari komponen perpipaan lainnya.
6. Pengaruh kekasaran permukaan pipa, kondisi internal permukaan pipa, serta pengaruh individual sambungan dan fitting perpipaan seperti ball valve,

elbow, reducer, dan komponen sambungan lainnya tidak dianalisis secara terpisah atau diabaikan.

7. Penelitian tidak membahas perubahan sifat material perforated plate akibat temperatur, korosi, atau deformasi selama pengujian.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan skripsi ini disusun dalam sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat yang diharapkan, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memaparkan landasan teori yang meliputi karakteristik fluida, mekanika aliran dalam pipa, konsep aliran laminar dan turbulen, fenomena *swirling flow*, *pressure drop, turbine flow meter, flow straightener, perforated plate, rasio luas bukaan perforated plate*, serta tinjauan kritis terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan rancangan penelitian, waktu dan tempat pelaksanaan, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, spesifikasi instalasi pengujian, prosedur pelaksanaan eksperimen, persamaan analisis data, serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan hasil pengujian yang meliputi karakteristik spesimen *perforated plate* dan data pengukuran *flow meter*, analisis karakteristik aliran berdasarkan *tracer dye*, analisis *pressure drop* dan *pressure drop coefficient*, analisis error pembacaan *turbine flow meter*, penentuan variasi diameter lubang, pembahasan pengaruh diameter lubang terhadap *pressure drop* dan pembacaan *flow meter*, serta ringkasan hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan pembahasan, keterbatasan penelitian, serta saran untuk pengembanganpenelitianselanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Achdi, E., Supriyono, T., & Purwanto, E. (2024). Analisis Distribusi Kecepatan Angin Sebelum dan Sesudah Melalui Flow Straightener di dalam Terowongan Angin. *Jurnal Teknik Mesin, Universitas Pasundan*. Dipublikasikan 27 Mei 2024.

Azkina, A. P. J., Habibah, A. S., Latif, A. A., & Mas'ud, S. A. R. (2025). *Analisis kehilangan energi pada pipa PVC dan galvanis dengan menggunakan persamaan Darcy-Weisbach dan Hazen Williams*. Jurnal Teknik Sipil Macca, 10(1), 92–100.

Blevins, R. D. (2015). *Applied fluid dynamics handbook* (2nd ed.). Krieger Publishing Company.

Düz, H. (2019). *Numerical and Experimental Study to Predict the Entrance Length in Pipe Flows*. Journal of Applied Fluid Mechanics, 12(1), 155–164. DOI: 10.29252/jafm.75.253.29218.

Diharyo, D., Respati, R., Saputra, N. A., Lesmana, R. Y., Akbar, R. Z., Imam, A., Marlina, S., Afitah, I., Faradila, A., Handayani, N., Tawaqal, G. I., Ansyari, R. M., & Puspasari, N. (2025). *Mekanika fluida*. Lingkar Edukasi Indonesia. ISBN 978-634-7420-49-7.

El Drainy, Y. A., Saqr, K. M., Aly, H. S., & Mohd. Jaafar, M. N. (2009). CFD Analysis of Incompressible Turbulent Swirling Flow through Zanker Plate. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, 3*(4), 562-572. https://doi.org/10.1080/19942060.2009.11015291

Lyndsell, A., & Buick, J. M. (2023). An Improved Design for Flow Conditioning in Waste Water Pipes. *Waste, 1*, 414-425. https://doi.org/10.3390/waste1020025

Mustakim & Syakura, A. (t.t.). Pengaruh Reynolds Number (Re) Terhadap Head Losses pada Variasi Jenis Belokan Pipa. *TURBO: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 3*(2). ISSN: 2301-6663.

Pramadhony, Lazim, M., Fauzie, M. A., & Sianipar, T. P. O. (2018). Analisa CFD Pengaruh Lokasi Pemasangan Flow Straightener Bersudut 45 Derajat Terhadap Pembacaan Flow Meter. *Turbulen: Jurnal Teknik Mesin, Universitas Tridinanti Palembang, 1*(1), 23-29. p-ISSN: 2621-3354.

Puspitasari, D., Sihombing, R., Ellyanie, Marwani, & Agus, A. P. (2018). Pengaruh Variasi Posisi Flow Straightener di Dalam Cerobong Terhadap Derajat Kemiringan Aliran Gas Buang. *Prosiding Semnas SINTA FT UNILA, 1*. ISBN: 2655-2914.

Rahma, S. H. (2022). Studi Eksperimental Tekanan Jaringan Perpipaan. *Jurnal Penelitian Enjiniring Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*, *25*(1), 21–29.

Synowiec, P., Mróz, L., & Regucki, P. (2021). Influence of Flow Disturbances behind the 90 Degree Bend on Flow Meter Measurements. *Sensors, 21*(16), 5393. https://doi.org/10.3390/s21165393

Nuryoto, Rahmayetty, Rumbino, Y., Damayanti, A., & Wicakso, D. R. (2024). Observasi penurunan tekanan (*pressure drop*) pada sistem perpipaan: Pengaruh panjang dan diameter pipa, elbow, dan tee. *Rekayasa Mesin, 15*(2), 1023–1039.

White, F. M. (1986). *Fluid mechanics*. New York: McGraw-Hill.

Yusuf, & Tardi, K. (2021). Studi numerik pengaruh Reynolds number terhadap karakteristik aliran dan perpindahan panas pada susunan pipa tipe staggered. *Indonesian Journal of Mechanical Engineering Vocational, 1*(2), 95–101.