

# **TUGAS AKHIR**

## **Pengaruh Panjang Jalur Perpipaan dan Jumlah Fitting terhadap Pressure Drop pada Sistem Rumah Gas Multi-Lini di Laboratorium PT. X**



**Oleh:**

**ERIXZEN SHENA PUTRA ESWONO**

**NIM. 2021040016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS GRESIK**

**2026**

**Pengaruh Panjang Jalur Perpipaan dan Jumlah Fitting  
terhadap Pressure Drop pada  
Sistem Rumah Gas Multi-Lini di Laboratorium PT. X**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**

**Pada Fakultas Teknik Universitas Gresik**



**Oleh :**

**ERIXZEN SHENA PUTRA ESWONO**

**NIM: 2021040016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS GRESIK**

**2026**

## PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Panjang Jalur Perpipaan dan Jumlah Fitting  
terhadap Pressure Drop pada Sistem Rumah Gas  
Multi-Lini di Laboratorium PT. X  
Nama : ERIXZEN SHENA PUTRA ESWONO  
NIM : 2021040016

Telah selesai dilakukan bimbingan dan dinyatakan layak memenuhi syarat dan  
menyetujui untuk diuji oleh Tim Penguji Tugas Akhir pada Program Studi  
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gresik.

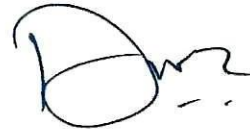
Pembimbing Utama



Lisa Puspita Ariyanto, S.Si., M.Si.  
NIPY. 10710202025258

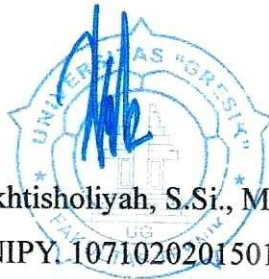
Gresik, 1 Juli 2026

Pembimbing Pendamping



Dedy Rachman Ardian, S.T., M.Sc.  
NIPY. 107102020170181

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik



Ikhtisholiyah, S.Si., M.Si.  
NIPY. 107102020150100

## PENGESAHAN TIM PENGUJI

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Panjang Jalur Perpipaan dan Jumlah Fitting  
terhadap Pressure Drop pada Sistem Rumah Gas  
Multi-Lini di Laboratorium PT. X

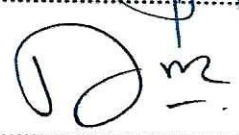
Nama : ERIXZEN SHENA PUTRA ESWONO

NIM : 2021040016

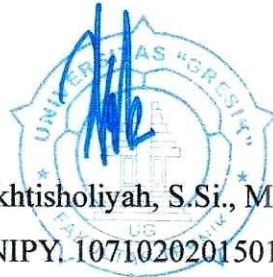
Telah dipertahankan/ diuji dihadapan Tim Penguji pada Rabu, 1 Juli 2026

### PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GRESIK (2026)

#### TIM PENGUJI:

- |                                                                                    |                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Putri Sundari, S.ST., MT.<br>NIPY 107102020200167<br>Ketua Penguji              | 1.   |
| 2. Lisa Puspita Ariyanto, S.Si., M.Si.<br>NIPY 10710202025258<br>Anggota Penguji I | 2.  |
| 3. Dedy Rachman Ardian, S.T., M.Sc.<br>NIPY 107102020170181<br>Anggota Penguji II  | 3.  |

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik



Ikhtisholiyah, S.Si., M.Si.  
NIPY 107102020150100



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ERIXZEN SHENA PUTRA ESWONO  
NIM : 2021040016  
Fakultas : FAKULTAS TEKNIK  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Jenjang : SARJANA (S1)  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Panjang Jalur Perpipaan dan Jumlah Fitting terhadap Pressure Drop pada Sistem Rumah Gas Multi-Lini di Laboratorium PT. X

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah tugas akhir ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah tugas akhir ini dapat dibuktikan unsur – unsur plagiasi saya bersedia tugas akhir ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh DIBATALKAN, serta diproses sesuai peraturan perundang undangan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihakmanapun.

Gresik, 1 Juli 2026

Yang Menyatakan,



Errixzen Shena Putra Eswono  
NIM. 2021040016

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ERIXZEN SHENA PUTRA ESWONO  
NIM : 2021040016  
Fakultas : FAKULTAS TEKNIK  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Jenjang : SARJANA (S1)  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Panjang Jalur Perpipaan dan Jumlah Fitting terhadap Pressure Drop pada Sistem Rumah Gas Multi-Lini di Laboratorium PT. X

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Teknik Universitas Gresik Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas tugas akhir saya.

Dengan hak tersebut, Fakultas Teknik berhak menyimpan, mengalih media atau formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data, merawat, mempublikasikan tugas akhir saya, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan pemilik hak cipta.

Demikian Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Gresik, 1 Juli 2020  
Saya Menyatakan,  
  
Erizzen Shena Putra Eswono  
NIM. 2021040016

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, kesehatan, kekuatan, dan kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Panjang Jalur Perpipaan dan Jumlah Fitting terhadap Pressure Drop pada Sistem Rumah Gas Multi-Lini di Laboratorium PT. X” dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Mesin.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari berbagai proses, tantangan, keterbatasan, serta usaha yang membutuhkan kesabaran dan ketekunan. Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa adanya doa, dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, petunjuk, kesehatan, kekuatan, dan kelancaran yang telah diberikan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Berkat pertolongan-Nya, penulis dapat melalui setiap tahapan penelitian mulai dari penyusunan proposal, pengumpulan data, pengolahan data, hingga penyusunan laporan akhir.
2. Keluarga tercinta, khususnya orang tua, istri, putri kecilku, dan seluruh anggota keluarga yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral, motivasi, serta semangat kepada penulis. Dukungan keluarga menjadi salah satu kekuatan terbesar bagi penulis dalam

menyelesaikan Tugas Akhir ini, terutama ketika menghadapi hambatan dan kesulitan selama proses penelitian.

3. Dosen pembimbing, yang telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, kritik, dan saran yang sangat berarti dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Bimbingan yang diberikan telah membantu penulis dalam memahami permasalahan penelitian, menyusun landasan teori, menentukan metode penelitian, serta menyelesaikan laporan ini secara lebih sistematis dan ilmiah.
4. Pihak Laboratorium PT. X, yang telah memberikan kesempatan, izin, serta dukungan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian. Bantuan dalam memperoleh data lapangan, memahami sistem rumah gas multi-lini, serta melakukan pengamatan terhadap instalasi perpipaan sangat membantu kelancaran penelitian ini.
5. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan pelayanan akademik selama penulis menempuh pendidikan. Ilmu yang diperoleh selama masa perkuliahan menjadi dasar penting dalam penyusunan Tugas Akhir ini, khususnya pada bidang mekanika fluida, sistem perpipaan, dan analisis teknik.
6. Teman-teman seperjuangan, yang telah memberikan dukungan, bantuan, semangat, serta menjadi tempat bertukar pikiran selama proses penyusunan Tugas Akhir. Kebersamaan dan dukungan dari teman-teman sangat berarti dalam menjaga semangat penulis hingga laporan ini dapat diselesaikan.



7. Diri sendiri, yang telah berusaha bertahan, belajar, dan terus melangkah meskipun menghadapi berbagai kesulitan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih karena tidak menyerah, tetap berusaha menyelesaikan tanggung jawab akademik, dan mampu melewati setiap proses dengan kesabaran serta keyakinan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan, baik dari segi penyusunan, pembahasan, maupun kedalaman analisis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ilmiah ini di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, khususnya dalam bidang Teknik Mesin, mekanika fluida, sistem perpipaan, dan evaluasi sistem rumah gas multi-lini. Semoga penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya serta memberikan kontribusi praktis bagi pihak yang berkaitan dengan pengelolaan sistem distribusi gas laboratorium.

Gresik, 1 Juli 2026

  
Erixzen Shena Putra Ewono  
NIM. 2021040016

# **Pengaruh Panjang Jalur Perpipaan dan Jumlah Fitting terhadap Pressure Drop pada Sistem Rumah Gas Multi-Lini di Laboratorium PT. X**

Erizen Shena Putra Eswono,

Lisa Puspita Ariyanto, S.Si., M.Si., Dedy Rachman Ardian, S.T., M.Sc.

## **ABSTRAK**

Sistem rumah gas (*gas manifold system*) merupakan infrastruktur penting dalam laboratorium industri yang berfungsi mendistribusikan gas dari tabung penyimpanan menuju berbagai titik pemakaian melalui jaringan perpipaan. Kinerja sistem dipengaruhi oleh panjang jalur perpipaan dan jumlah *fitting* yang menyebabkan kehilangan energi selama aliran sehingga menimbulkan *pressure drop*. Penurunan tekanan yang berlebihan dapat mengurangi stabilitas suplai gas, memengaruhi kinerja peralatan laboratorium, serta menurunkan efisiensi distribusi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh panjang jalur perpipaan dan jumlah *fitting* terhadap *pressure drop* pada sistem rumah gas multi-lini di Laboratorium PT. X, baik secara parsial maupun simultan, serta mengidentifikasi variabel yang paling dominan memengaruhi *pressure drop*. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode observasional eksplanatori. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan dan pengukuran langsung menggunakan *pressure gauge*, alat ukur panjang, lembar observasi, dan dokumentasi teknis. Variabel independen meliputi panjang jalur perpipaan ( $X_1$ ) dan jumlah *fitting* ( $X_2$ ), sedangkan variabel dependen adalah *pressure drop* ( $Y$ ). Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif, uji asumsi klasik, analisis regresi linier berganda, uji  $t$ , uji  $F$ , dan koefisien determinasi dengan bantuan perangkat lunak SPSS

Statistics. Penelitian ini didasarkan pada teori mekanika fluida, meliputi persamaan kontinuitas, persamaan Bernoulli, persamaan Darcy–Weisbach, serta konsep *major losses* dan *minor losses*. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar dalam mengevaluasi konfigurasi jaringan perpipaan, mengoptimalkan sistem distribusi gas, meminimalkan kehilangan tekanan, serta meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional sistem rumah gas multi-lini.

***Kata Kunci:*** *pressure drop, sistem rumah gas multi-lini, panjang jalur perpipaan, fitting, mekanika fluida.*

# **The Effect of Pipeline Length and Number of Fittings on Pressure Drop in a Multi-Line Gas Manifold System at PT. X Laboratory**

Erixzen Shena Putra Eswono,  
Lisa Puspita Ariyanto, S.Si., M.Si., Dedy Rachman Ardian, S.T., M.Sc.

## **ABSTRACT**

A gas manifold system is an essential infrastructure in industrial laboratories that distributes gas from storage cylinders to multiple points of use through a piping network. System performance is strongly influenced by pipeline length and the number of fittings, both of which contribute to energy losses during fluid flow and result in pressure drop. Excessive pressure loss may reduce gas supply stability, affect laboratory equipment performance, and decrease distribution efficiency. This study aims to analyze the effects of pipeline length and the number of fittings on pressure drop in a multi-line gas manifold system at PT. X Laboratory, both partially and simultaneously, and to identify the most influential variable. This research employed a quantitative approach using an explanatory observational method. Primary data were collected through field observations and direct measurements using pressure gauges, measuring instruments, observation sheets, and technical documentation. The independent variables were pipeline length ( $X_1$ ) and the number of fittings ( $X_2$ ), while the dependent variable was pressure drop ( $Y$ ). Data were analyzed using descriptive statistics, classical assumption tests, multiple linear regression,  $t$ -tests,  $F$ -tests, and the coefficient of determination with the assistance of SPSS Statistics software. The theoretical framework was based on fluid mechanics principles, including the continuity equation, Bernoulli equation,

Darcy–Weisbach equation, and the concepts of major and minor losses. The findings are expected to provide a scientific basis for evaluating piping network configurations, optimizing gas distribution systems, minimizing pressure losses, and improving the reliability and operational efficiency of multi-line gas manifold systems.

***Keywords:*** *Gas Manifold System; Pipeline Length; Fittings; Pressure Drop; Fluid Mechanics.*



## DAFTAR ISI

|                                                          |             |
|----------------------------------------------------------|-------------|
| <b>COVER.....</b>                                        |             |
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                               |             |
| <b>PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING.....</b>                 |             |
| <b>PENGESAHAN TIM PENGUJI .....</b>                      |             |
| <b>PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>                     |             |
| <b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....</b> |             |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                               | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRAK.....</b>                                      | <b>iv</b>   |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                  | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                               | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR GRAFIK.....</b>                                | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>                              | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                           | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang .....                                | 1           |
| 1.2. Identifikasi Masalah .....                          | 9           |
| 1.3. Rumusan Masalah .....                               | 12          |
| 1.4. Tujuan .....                                        | 13          |
| 1.5. Manfaat Penelitian.....                             | 13          |
| 1.6. Batasan Masalah.....                                | 16          |
| 1.7. Sistematika Penulisan.....                          | 19          |
| 1.8. Gambaran Umum Objek Penelitian .....                | 22          |
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....</b>        | <b>26</b>   |
| 2.1. Landasan Teori.....                                 | 26          |
| 2.1.1 Pengertian Mekanika Fluida.....                    | 26          |
| 2.1.2 Karakteristik Fluida dan Fluida Gas.....           | 30          |
| 2.1.3 Aliran Fluida dalam Sistem Perpipaan .....         | 34          |
| 2.1.4 Persamaan Kontinuitas .....                        | 37          |
| 2.1.5 Persamaan Bernoulli.....                           | 41          |
| 2.1.6 Persamaan Darcy–Weisbach .....                     | 46          |

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.7 Major Losses dan Minor Losses.....                               | 51        |
| 2.1.8 Sintesis Grand Theory terhadap Penelitian .....                  | 57        |
| 2.2. Kerangka Teori.....                                               | 61        |
| 2.3. Penelitian Terdahulu.....                                         | 62        |
| 2.3.1. Persamaan dengan Penelitian Ini.....                            | 64        |
| 2.3.2. Perbedaan dengan Penelitian Ini .....                           | 65        |
| 2.3.3. Kesenjangan Penelitian .....                                    | 65        |
| 2.3.4. Kontribusi Penelitian Ini .....                                 | 66        |
| 2.4. Hipotesis.....                                                    | 66        |
| 2.4.1. Hipotesis Simultan .....                                        | 67        |
| 2.4.2. Hipotesis Dominan .....                                         | 67        |
| 2.4.3. Bentuk Model Hipotesis.....                                     | 67        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>                                  | <b>69</b> |
| 3.1. Jenis Penelitian .....                                            | 69        |
| 3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian .....                                 | 72        |
| 3.3.1 Lokasi Penelitian .....                                          | 72        |
| 3.3.2 Waktu Penelitian.....                                            | 74        |
| 3.3. Bahan, Peralatan, Instrumen, dan Komponen Penelitian .....        | 75        |
| 3.4. Teknik Pengumpulan Data .....                                     | 82        |
| 3.4.1 Metode Pengumpulan Data .....                                    | 82        |
| 3.4.2 Jenis Data .....                                                 | 83        |
| 3.4.3 Teknik Pengumpulan Data .....                                    | 84        |
| 3.4.4 Prosedur Pengumpulan Data .....                                  | 85        |
| 3.4.5 Validitas dan Reliabilitas Data .....                            | 86        |
| 3.4.6 Kesesuaian Teknik Pengumpulan Data dengan Tujuan Penelitian..... | 87        |
| 3.5. Teknik Analisis .....                                             | 87        |
| 3.5.1 Alur Analisis Data .....                                         | 88        |
| 3.5.2 Uji Hipotesis.....                                               | 89        |
| 3.5.3 Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) .....                            | 90        |
| 3.5.4 Penentuan Variabel Dominan .....                                 | 90        |
| 3.5.5 Interpretasi Hasil Analisis .....                                | 91        |
| 3.5.6 Keakuratan dan Keterpercayaan Hasil Analisis .....               | 91        |
| 3.6. Flow Chart.....                                                   | 92        |
| 3.7. Jadwal Penelitian.....                                            | 93        |

|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>                             | <b>94</b>  |
| 4.1. Hasil Data Penelitian .....                                        | 94         |
| 4.2. Pengolahan Data Secara Teoritis.....                               | 104        |
| 4.2.1 Nilai Koefisien Loss Masing-masing Fitting .....                  | 104        |
| 4.2.2 Data Kecepatan dan Debit Aliran Setiap Jalur .....                | 105        |
| 4.2.3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Major Losses .....                 | 106        |
| 4.2.4 Pressure Drop Setiap Jenis Fitting pada Masing-masing Jalur ..... | 106        |
| 4.2.5 Presentase Pengaruh Major dan Minor Losses .....                  | 111        |
| 4.2.6 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu.....    | 112        |
| 4.2.7 Analisis Regresi Linier Berganda .....                            | 121        |
| 4.2.8 Uji T (Parsial).....                                              | 124        |
| 4.2.9 Uji F (Simultan) .....                                            | 126        |
| 4.2.10 Koefisien Determinasi.....                                       | 127        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                  | <b>131</b> |
| 5.1. Kesimpulan.....                                                    | 131        |
| 5.2. Saran.....                                                         | 134        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                              | <b>138</b> |
| <b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>                                          | <b>141</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 2. 1 Konsep Major Losses .....                                    | 52  |
| Gambar 2. 2 Konsep Minor Losses .....                                    | 55  |
| Gambar 3. 1 Flowchart .....                                              | 92  |
| Gambar 4. 1 Ilustrasi Instalasi Perpipaan .....                          | 97  |
| Gambar 4. 2 Aluminium Pipe 10mm.....                                     | 100 |
| Gambar 4. 3 ROKE Union Pipe 10mm.....                                    | 101 |
| Gambar 4. 4 ROKE Elbow 90° Pipe 10mm.....                                | 101 |
| Gambar 4. 5 ROKE Tee Pipe 10mm .....                                     | 101 |
| Gambar 4. 6 ROKE Reducer Pipe 10mm.....                                  | 102 |
| Gambar 4. 7 SWAGELOK Needle Valve 10mm.....                              | 102 |
| Gambar 4. 8 Ilustrasi bagian SWAGELOK Needle Valve (angle pattern) ..... | 102 |
| Gambar 4. 9 Chiyoda N2 Pneumatic Regulator 10mm.....                     | 103 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2. 1 Daftar Penelitian Terdahulu.....                                     | 64  |
| Tabel 3. 1 Rencana Pelaksanaan Penelitian.....                                  | 75  |
| Tabel 3. 2 Peralatan Yang Digunakan Dalam Penelitian .....                      | 76  |
| Tabel 3. 3 Komponen Instrumen Penelitian .....                                  | 77  |
| Tabel 3. 4 Format Lembar Observasi .....                                        | 77  |
| Tabel 3. 5 Variabel.....                                                        | 79  |
| Tabel 3. 6 Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....                                  | 93  |
| Tabel 4. 1 Tabel Objek Penelitian.....                                          | 97  |
| Tabel 4. 2 Data Hasil Pengukuran Tekanan Rata-rata .....                        | 98  |
| Tabel 4. 3 Data Pengukuran Berulang.....                                        | 99  |
| Tabel 4. 4 Tabel Koefisien Loss Masing-masing Fitting.....                      | 104 |
| Tabel 4. 5 Data Kecepatan dan Debit Aliran Setiap Jalur .....                   | 105 |
| Tabel 4. 6 Data Major Losses .....                                              | 106 |
| Tabel 4. 7 Pressure Drop Tiap Fitting.....                                      | 109 |
| Tabel 4. 8 Gabungan Perbandingan Major Losses dan Minor Losses .....            | 111 |
| Tabel 4. 9 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Penelitian Terdahulu .....        | 115 |
| Tabel 4. 10 Data Metode OLS.....                                                | 122 |
| Tabel 4. 11 Analisa Perhitungan Prediksi dan Aktual ( $\hat{Y}$ dan $e$ ) ..... | 124 |
| Tabel 4. 12 Data Uji t .....                                                    | 125 |
| Tabel 4. 13 Data Uji F .....                                                    | 126 |
| Tabel 4. 14 Data SST.....                                                       | 127 |
| Tabel 4. 15 Data SSE.....                                                       | 128 |

## DAFTAR GRAFIK

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Grafik 2. 1 Grafik Konstanta Minor Losses ..... | 56 |
|-------------------------------------------------|----|

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1. Foto Instalasi Rumah Gas Multi-Lini .....      | 141 |
| Lampiran 2. Berita Acara Perubahan Judul Tugas Akhir ..... | 145 |
| Lampiran 3. Kartu Bimbingan Tugas Akhir .....              | 146 |
| Lampiran 4. Surat Keterangan Cek Plagiasi.....             | 152 |
| Lampiran 5. Laporan Cek Plagiasi .....                     | 153 |
| Lampiran 6. Surat Keterangan Unggah Jurnal .....           | 168 |
| Lampiran 7. Letter of Acceptance (LOA) .....               | 169 |
| Lampiran 8. Jurnal-JAMERE.....                             | 170 |