

SKRIPSI

**PERANCANGAN LADDER DIAGRAM PLC BERBASIS
PENURUNAN TEKANAN AKIBAT KEBOCORAN PADA
SISTEM FASILITAS HIDROGEN**



ELISABET PASARIBU

1518621016

Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Intelligentia - Dignitas
PROGRAM STUDI

REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

TAHUN 2026

HALAMAN PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul : Perancangan *Ladder Diagram* PLC Berbasis
Penurunan Tekanan Akibat Kebocoran Pada Sistem
Fasilitas Hidrogen
Penyusun : Elisabet Pasaribu
NIM : 1518621016

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Pratomo Setyadi, S.T., M.T.

NIP. 198102222006041001

Pembimbing II,



Dr. Ir. Adrianus Pangaribuan, M.T., PFE., CFEI

NIP. –

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran



Catur Setyawan Kusumohadi, M.T. Ph.D

NIP. 197102232006041001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Perancangan Ladder Diagram PLC Berbasis
Penurunan Tekanan Akibat Kebocoran Pada Sistem
Fasilitas Hidrogen
Penyusun : Elisabet Pasaribu
NIM : 1518621016
Tanggal Ujian : 09 Januari 2026

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I,

Pratomo Setyadi, S.T., M.T.

NIP. 198102222006041001

Dosen Pembimbing II,

Dr. Ir. Adrianus Pangaribuan,
M.T., PFE., CFEI

NIP. -

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua Penguji,

Dr. Eko Arif Syaefudin,
S.T., M.T.

NIP.
198310132008121002

Anggota Penguji I
(Sekretaris),

Ilman Arpi, M.T

NIP.
199608242025061005

Anggota Penguji II
(Dosen Ahli).

Ir. Waradzi Mustakim,
S.T., M.Pd.T.

NIP.
199606292025061006

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran

Catur Setyawan Kusumohadi, M.T. Ph.D

NIP. 197102232006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : ELISABET PASARIBU
NIM : 1518621016
Fakultas/Prodi : TEKNIK/REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN
Alamat email : elisabetpasaribu36@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Perancangan Ladder Diagram PLC Berbasis Penurunan Tekanan Akibat Kebocoran Pada
Sistem Fasilitas Hidrogen

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 21 Januari 2026

Penulis

(Elisabet Pasaribu)
nama dan tanda tangan

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Elisabet Pasaribu
NIM : 1518621016
Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 03 Juni 2003
Alamat : Jl. Cakung Drainase No. 69D
RT009/RW008, Cakung Barat, Cakung,
Jakarta Timur.

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya Asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 24 Desember 2025

Yang membuat pernyataan



Elisabet Pasaribu
1518621016

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan Anugerah-Nya sampai detik ini penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul **“Perancangan Ladder Diagram PLC Berbasis Penurunan Tekanan Akibat Kebocoran Pada Sistem Fasilitas Hidrogen”** sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Selama penyusunan skripsi ini, terdapat banyak sekali kesulitan dan kendala yang dialami penulis baik dari psikologis maupun gangguan luar lainnya. Dengan demikian, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah Bapa Yang Maha Kuasa, yang telah menciptakan langit dan bumi dengan segala isinya, begitu pula dengan penulis yang sampai saat ini masih bernapas dengan baik.
2. Keluarga penulis, yaitu Ibu Rugun, Bapak Ganda, Berlong, dan Iel yang telah memberikan dukungan doa, motivasi, dan sedikit memaksa penulis (dalam artian positif) untuk menyelesaikan perkuliahan secepatnya.
3. Bapak Pratomo Setyadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberi semangat, dukungan, serta bantuan yang sangat berarti dalam penyelesaian skripsi ini, bahkan turut mengembalikan semangat penulis untuk kembali mengerjakan skripsi hingga dapat terselesaikan.
4. Bapak Dr. Ir. Adrianus Pangaribuan, M.T., PFE., CFEI selaku dosen pembimbing II yang selalu memberi energi positif kepada penulis, meluangkan waktu dalam membimbing, selalu memberi semangat kepada penulis selama proses penulisan skripsi ini.
5. Bapak Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D selaku Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan.
6. Bapak dan Ibu Dosen di Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, yang telah memberikan banyak ilmu dari awal perkuliahan hingga akhir penyelesaian skripsi ini.

7. Vankadilo Crocodilo selaku teman diskusi dan seperjuangan yang selalu mengajak penulis untuk mengerjakan skripsi serta menemani penulis ke mana pun diperlukan, hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman seperjuangan selama menghadapi perkuliahan, yaitu Pani, Pitri, dan Panka, yang selalu hadir untuk berbagi keceriaan serta kekonyolan yang kerap tercipta di antara kami.

Demikian skripsi ini dibentuk dengan penuh perhatian dan ketelitian. Namun, dalam penulisan skripsi ini masih banyak yang perlu disempurnakan kembali. Oleh sebab itu, penulis menerima setiap kritik dan saran yang sifatnya membangun. Dengan harapan karya tulis ini dapat berguna untuk pengembangan ilmu pengetahuan serta kemajuan pendidikan dimasa depan.

Jakarta, 24 Desember 2025

Elisabet Pasaribu
1518621016

Intelligentia - Dignitas

ABSTRAK

Elisabet Pasaribu, Pratomo Setyadi S.T, M.T, Dr. Ir. Adrianus Pangaribuan M.T. PFE., CFEI, **PERANCANGAN LADDER DIAGRAM PLC BERBASIS PENURUNAN TEKANAN AKIBAT KEBOCORAN PADA SISTEM FASILITAS HIDROGEN**. Rekayasa Keselamatan Kebakaran. Universitas Negeri Jakarta. 2026

Hidrogen merupakan sumber energi bersih yang menjanjikan, namun memiliki risiko keselamatan tinggi karena sifatnya yang mudah terbakar dan rentan bocor, sehingga penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem proteksi kebocoran otomatis pada fasilitas hidrogen menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Automatic Shut-Off Valve* (ASV) dengan fokus pada *setpoint* penurunan tekanan yang optimal. Metodologi penelitian menerapkan pendekatan *Engineering Design* berbasis simulasi komputasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap zona memerlukan karakteristik *setpoint* yang berbeda sesuai volume dan tekanan operasionalnya yang dilakukan secara *real-time*, di mana area *Storage* ditetapkan *setpoint* 15 kPa dengan, area *Compressor* (350 bar) memerlukan *setpoint* tertinggi sebesar 105 kPa, sedangkan area *Buffer Tank* 70 kPa dan *Refrigeration* atau Dispenser ditetapkan sebesar 35 kPa. Kesimpulan penelitian membuktikan bahwa implementasi logika *Ladder Diagram* pada PLC yang dirancang dengan prinsip *Fail-Safe* mampu mengintegrasikan sensor tekanan untuk mengisolasi kebocoran secara otomatis, membatasi penyebaran gas melalui mekanisme *interlock* bertingkat, dan menjamin keamanan fasilitas melalui fitur penguncian (*latching*) alarm.

Kata Kunci: Hidrogen, Automatic Shut-Off Valve, Ladder Diagram, Setpoint Tekanan.

ABSTRACT

Elisabet Pasaribu, Pratomo Setyadi, S.T., M.T., Dr. Ir. Adrianus Pangaribuan, M.T., PFE., CFEI. ***Design of PLC Ladder Diagram Based on Pressure Drop Due to Leakage in Hydrogen Facility Systems.*** Fire Safety Engineering, Universitas Negeri Jakarta, 2026.

Hydrogen is a promising clean energy source; however, it carries significant safety risks due to its flammability and susceptibility to leakage. This research aims to design an automatic leakage protection system for hydrogen facilities using a Programmable Logic Controller (PLC) and Automatic Shut-Off Valve (ASV), with a focus on determining the optimal pressure drop setpoints. The methodology applies an Engineering Design approach based on computational simulation. The results indicate that each zone requires distinct setpoint characteristics according to its volume and operational pressure in real time: the Storage area is set at 15 kPa, the Compressor (350 bar) requires the highest setpoint of 105 kPa, while the Buffer Tank is set at 70 kPa, and the Refrigeration or Dispenser area at 35 kPa. The conclusion demonstrates that the implementation of Ladder Diagram logic in PLC, designed under the Fail-Safe principle, successfully integrates pressure sensors to automatically isolate leaks, limit gas dispersion through multi-level interlock mechanisms, and ensure facility safety via alarm latching features.

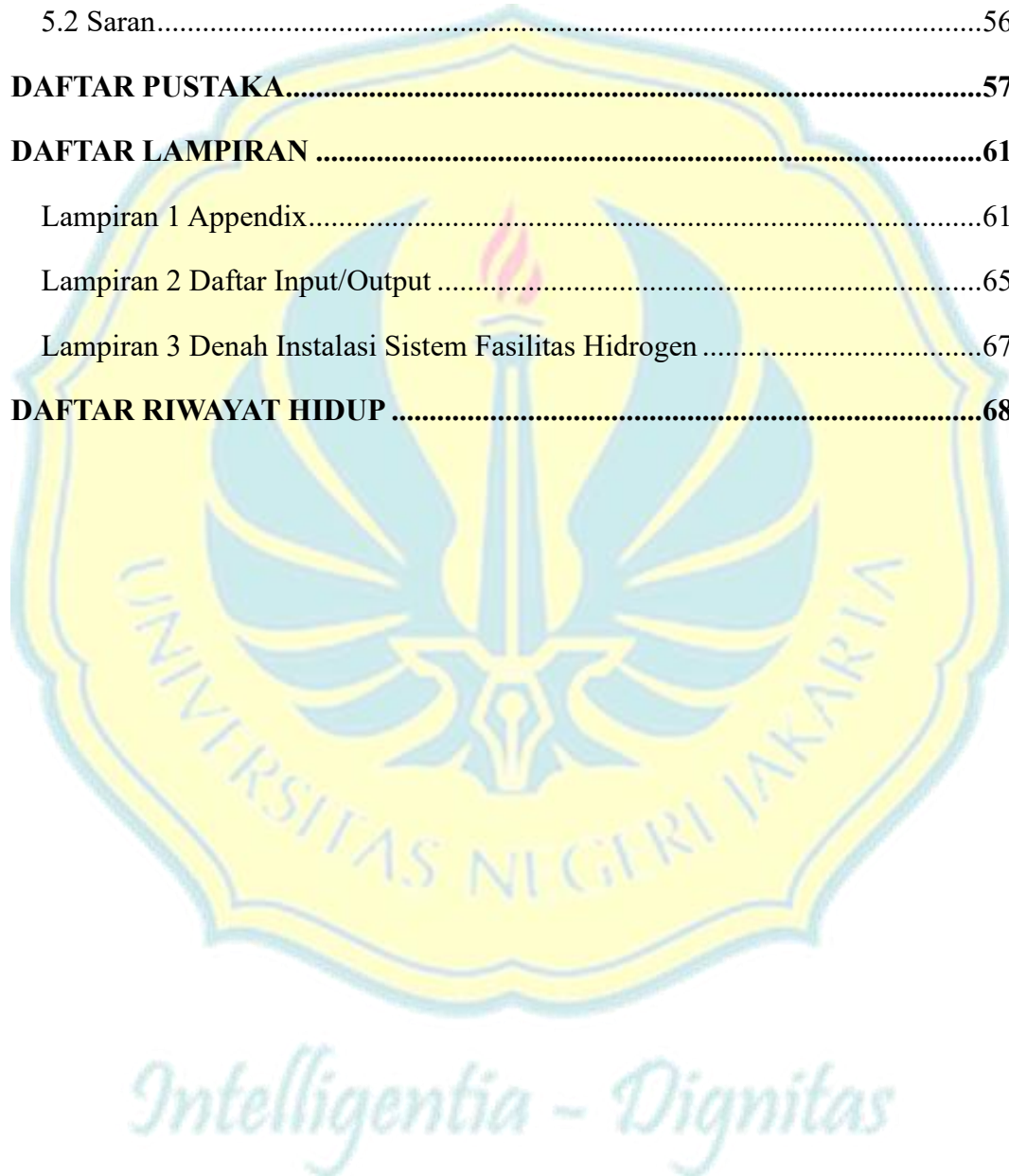
Keywords: *Hydrogen, Automatic Shut-Off Valve, Ladder Diagram, Pressure Setpoint*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Perumusan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Hidrogen.....	5
2.2 Dasar Penentuan <i>Setpoint</i>	6
2.2.1 Karakteristik Sumber Kebocoran	6
2.2.2 Penentuan <i>Setpoint</i>	8
2.3 <i>Automatic Shut-Off Valve</i> (ASV)	9
2.3.1 Komponen ASV	10

2.3.2 Prinsip Kerja	12
2.3.3 Kriteria Kinerja	13
2.3.4 Prinsip Penempatan.....	13
2.4 Sistem dan Logika Kontrol	14
2.4.1 <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC).....	15
2.4.2 Prinsip Pengolahan Sinyal Analog pada PLC	16
2.4.3 Pemrograman Logika Kontrol	16
2.5 Penelitian Yang Relevan.....	17
2.6 Kerangka Pemikiran.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Tempat, Waktu dan Subjek Penelitian.....	22
3.2 Objek dan Lingkup Penelitian.....	22
3.3 Definisi Operasional.....	23
3.4 Metode, Rancangan dan Prosedur Penelitian.....	24
3.4.1 Alur Penelitian.....	26
3.5 Teknik Pengumpulan Data	27
3.6 Teknik Analisis Data	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Deskripsi Data.....	29
4.1.1 Pembagian Area Proteksi	31
4.1.2 Logika Penskalaan Sensor.....	31
4.2 Penentuan Setpoint.....	32
4.3 Penentuan <i>Noise Threshold</i>	38
4.4 Diagram Alir Sistem Proteksi Kebocoran	39
4.5 Perancangan Ladder Diagram	43
4.5.1 Dasar Pertimbangan Penggunaan <i>Ladder Diagram</i>	43

4.5.2 Variabel Logika	44
4.5.3 Baris Logika (Rung).....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
DAFTAR LAMPIRAN	61
Lampiran 1 Appendix.....	61
Lampiran 2 Daftar Input/Output	65
Lampiran 3 Denah Instalasi Sistem Fasilitas Hidrogen	67
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	68



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Luas Penampang Bukaan Menurut Standar IEC 60079: 10 – 1	7
Tabel 2. 2 Penelitian Relevan	17
Tabel 4. 1 Daftar Variabel dan Tipe Data pada Perancangan Ladder Diagram	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Penelitian	26
Gambar 4. 1 Simplified Piping and Instrumentation Diagram Pada Sistem Fasilitas Hidrogen	29
Gambar 4. 2 Skema Pembagian Area Proteksi	31
Gambar 4. 3 Diagram Alir Kerja Sistem di Area 1	40
Gambar 4. 4 Diagram Alir Kerja Sistem di Area 2	41
Gambar 4. 5 Diagram Alir Kerja Sistem di Area 3	42
Gambar 4. 6 Diagram Alir Kerja Sistem di Area 4	43
Gambar 4. 7 Rung Timer Interval Sampling Data	47
Gambar 4. 8 Rung Logika Deteksi Area 1	48
Gambar 4. 9 Rung Logika Deteksi Area 2	48
Gambar 4. 10 Rung Logika Deteksi Area 3	49
Gambar 4. 11 Rung Logika Deteksi Area 4	49
Gambar 4. 12 Rung Pembaruan Data	50
Gambar 4. 13 Rung Eksekusi Valve PGV 1	50
Gambar 4. 14 Rung Eksekusi Valve PGV 2	50
Gambar 4. 15 Rung Eksekusi Valve PGV 3	50
Gambar 4. 16 Rung Eksekusi Valve PGV 4	51
Gambar 4. 17 Rung Kontrol Keselamatan Kompresor	51
Gambar 4. 18 Rung Indikator Visual Bahaya	52
Gambar 4. 19 Rung Indikator Visual Peringatan	52
Gambar 4. 20 Rung Indikator Audio Bahaya	53
Gambar 4. 21 Rung Indikator Audio Peringatan	53
Gambar 4. 22 Rung Pemulihan Sistem	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Appendix.....	61
Lampiran 2 Daftar Input/Output	65
Lampiran 3 Denah Instalasi Sistem Fasilitas Hidrogen	67

