

SKRIPSI

PERENCANAAN PENGENDALIAN *ELECTROSTATIC DISCHARGE* (ESD) PADA *LOCAL EXHAUST VENTILATION* (LEV) DI LABORATORIUM *OIL AND GAS*



Intelligentia - Dignitas

**NAILA SYIFA AULIA
NIM: 1518622037**

**PROGRAM STUDI REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
TAHUN 2026**

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul : Perencanaan Pengendalian *Electrostatic Discharge* (ESD)
pada *Local Exhaust Ventilation* (LEV) di Laboratorium *Oil
And Gas*

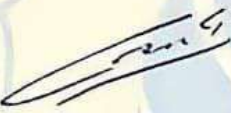
Penyusun : Naila Syifa Aulia

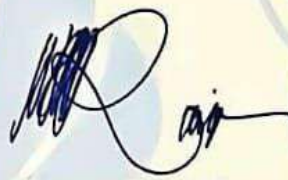
NIM : 1518622037

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Catur Setyawan Kusumohadi, MT, PhD
NIP. 197102232006041001


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

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran


Catur Setyawan Kusumohadi, MT, PhD
NIP. 197102232006041001

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Naila Syifa Aulia
NIM : 1518622037
Program Studi/Fakultas : Rekayasa Keselamatan Kebakaran / Teknik
Judul Penelitian : Perencanaan Pengendalian *Electrostatic Discharge* (ESD) pada
Local Exhaust Ventilation (LEV) di Laboratorium Oil and Gas

Ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan **Lulus / Tidak Lulus***
Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 08 Juli 2026.

Tim Penguji,

Ketua Penguji	Fransisca Maria Farida, M. T.	
Anggota Penguji (Sekretaris)	Ir. Waradzi Mustakim, S. T, M.Pd.T.	
Anggota Penguji (Dosen Ahli)	Ilman Arpi, S. T, M. T.	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Catur Setyawan Kusumohadi, MT, PhD	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Dr. Ir. Adrianus Pangaribuan, M. T, PFE, CFEI	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si., Apt., M.Si.
NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
Rekayasa Keselamatan Kebakaran



Catur Setyawan Kusumohadi, MT, PhD
NIDN. 0023027104



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 : Naila Syifa Aulia
NIM : 1518622037
Fakultas/Prodi : Teknik/Rekayasa Keselamatan Kebakaran
Alamat email : nailasyiifaaa@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 :

Perencanaan Pengendalian Electrostatic Discharge (ESD) pada Local Exhaust Ventilation (LEV)
di Laboratorium Oil and Gas

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, 07 Agustus 2026

Penulis

(Naila Syifa Aulia)
nama dan tanda tangan

LEMBAR PERNYATAAN

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, 23 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



Naila Syifa Aulia
NIM. 1518622037

Intelligentia - Dignitas

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Pengendalian *Electrostatic Discharge* (ESD) pada *Local Exhaust Ventilation* (LEV) di Laboratorium *Oil and gas*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana serta memenuhi kewajiban akademik pada Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran.

Dalam penyelesaian skripsi ini, banyak pihak yang terlibat dalam memberikan arahan dan dukungan kepada penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Catur Setyawan Kusumohadi, MT, PhD, selaku Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberi arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Dr. Ir. Adrianus Pangaribuan, M. T, PFE, CFEI, selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah membimbing dan memberi arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Seluruh dosen dan staff yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
4. Orang tua penulis yang terus memberikan doa, dukungan, dan semangat dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Saudara dan keluarga besar penulis yang menjadi motivasi penulis untuk segera menyelesaikan studi.
6. Teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bantuan, doa, serta menjadi sumber semangat bagi penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
8. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri atas segala usaha, doa, kesabaran, dan ketekunan dalam menjalani setiap proses penyusunan skripsi ini hingga akhirnya dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi pembaca.

Jakarta,

Penyusun,

Naila Syifa Aulia

Perencanaan Pengendalian *Electrostatic Discharge* (ESD) pada *Local Exhaust Ventilation* (LEV) di Laboratorium *Oil and gas*

Naila Syifa Aulia

Dosen Pembimbing: Catur Setyawan Kusumohadi, MT, PhD, Dr. Ir. Adrianus

Pangaribuan, M. T, PFE, CFEI

ABSTRAK

Potensi fenomena *electrostatic discharge* (ESD) yang mungkin muncul pada sistem *Local Exhaust Ventilation* (LEV) di laboratorium *oil and gas* dapat memicu terjadinya kebakaran akibat adanya bahan berbahaya yang mudah menyala, seperti hidrogen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi perpindahan dan penumpukan muatan, menganalisis besarnya energi ESD yang dihasilkan, serta memberi rekomendasi perencanaan untuk mengendalikan risiko penyalan akibat fenomena ESD. Metode yang digunakan adalah penelitian dengan pendekatan *Research and Development* (RnD) yang dibatasi pada tahap perencanaan dan dilakukan melalui analisis kuantitatif. Data yang digunakan berupa data primer yang diperoleh melalui observasi langsung dan data sekunder yang diperoleh melalui studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa energi ESD yang dihasilkan pada waktu operasional selama 4 jam belum melebihi energi minimum (MIE) untuk menyebabkan penyalan hidrogen. Namun, hasil variasi waktu dan kecepatan menunjukkan bahwa kecepatan dan waktu berbanding lurus dengan besarnya energi ESD. Pada waktu operasional 4,5 jam, energi ESD mencapai 0,017 mJ dan telah melebihi nilai MIE hidrogen sebesar 0,016 mJ, sehingga berpotensi menyebabkan penyalan. Berdasarkan hasil tersebut, diperlukan langkah pengendalian untuk mencegah bahaya ESD dengan penerapan *bonding* dan *earthing*, pemasangan gas detektor, serta penyusunan standar operasional prosedur (SOP) yang mengatur waktu operasional dan kecepatan aliran. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam meningkatkan keselamatan pada sistem LEV laboratorium *oil and gas*.

Kata Kunci: *Electrostatic Discharge* (ESD), *Local Exhaust Ventilation* (LEV), Gas Hidrogen

Planning for Electrostatic Discharge (ESD) Control in Local Exhaust Ventilation (LEV) Systems in Oil and gas Laboratories

Naila Syifa Aulia

Advisor: Catur Setyawan Kusumohadi, MT, PhD, Dr. Ir. Adrianus

Pangaribuan, M. T, PFE, CFEI

ABSTRACT

The potential for electrostatic discharge (ESD) phenomena to occur in Local Exhaust Ventilation (LEV) systems in oil and gas laboratories could trigger fires due to the presence of flammable hazardous materials, such as hydrogen. This study aims to analyze the potential for charge transfer and accumulation, assess the magnitude of the ESD energy generated, and provide design recommendations to control the risk of ignition caused by ESD phenomena. The methodology employed is a Research and Development (R&D) approach limited to the design phase and conducted through quantitative analysis. The data used consisted of primary data obtained through direct observation and secondary data obtained through a literature review. The results showed that the ESD energy generated during a 4-hour operational period did not exceed the minimum ignition energy (MIE) required to ignite hydrogen. However, the results of the time and speed variations show that speed and time are directly proportional to the magnitude of ESD energy. At an operational time of 4.5 hours, the ESD energy reached 0.017 mJ and exceeded the hydrogen MIE value of 0.016 mJ, thus potentially causing ignition. Based on these results, control measures are needed to prevent ESD hazards through the implementation of bonding and grounding, the installation of gas detectors, and the development of standard operating procedures (SOPs) that regulate operating time and flow rate. This study is expected to contribute to improving safety in oil and gas laboratory LEV systems.

Keywords: Electrostatic Discharge (ESD), Local Exhaust Ventilation (LEV), Hydrogen Gas

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Perumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Teori Kebakaran.....	6
2.1.1 Segitiga Api.....	6
2.1.2 Tetrahedron Api	7
2.2 Hidrogen.....	8
2.3 Listrik Statis	10
2.4 <i>Electrostatic Discharge</i> (ESD)	11
2.4.1 Energi <i>Electrostatic Discharge</i> (ESD) sebagai Sumber Penyalaan	11
2.4.2 Pembentukan Panas akibat Pelepasan Muatan Statis.....	13
2.4.3 <i>Minimum Ignition Energy</i> (MIE)	13
2.5 Aliran Fluida	14
2.5.1 Teori Aliran Navier-Stokes	14

2.5.2	Aliran Laminar dan Turbulen.....	15
2.5.3	Aliran pada Sistem <i>Ducting</i>	16
2.6	<i>Local Exhaust Ventilation</i> (LEV).....	16
2.7	Material <i>Polyvinyl Chloride</i> (PVC)	17
2.8	Pengendalian Listrik Statis.....	19
2.7.1	<i>Bonding</i>	20
2.7.2	<i>Earthing</i>	21
2.7.3	<i>Grounding</i>	21
2.9	Penelitian yang Relevan	21
2.10	Kerangka Berpikir	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		26
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2	Diagram Alir Penelitian	26
3.3	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	27
3.4	Teknik Analisis Data	27
3.4.1	Asumsi Penelitian	27
3.4.2	Analisis Perpindahan dan Penumpukan Muatan Elektrostatik	28
3.4.3	Perhitungan Energi Pelepasan/ESD	28
3.4.4	Analisis Potensi Penyalaan	30
3.4.5	Analisis Pengendalian Bahaya <i>Electrostatic Discharge</i> (ESD).....	31
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Deskripsi Lokasi dan Objek Penelitian	32
4.2	Data Penelitian	32
4.3	Analisis Perpindahan dan Penumpukan Muatan Elektrostatik	34
4.4	Perhitungan Energi Pelepasan ESD	37
4.5	Analisis Potensi Penyalaan	40
4.6	Analisis Pengendalian Bahaya <i>Electrostatic Discharge</i> (ESD).....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA		54

LAMPIRAN	58
RIWAYAT HIDUP	71



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian yang Relevan.....	21
Tabel 4. 1 Data Penelitian	33
Tabel 4. 2 Variasi Waktu Operasional terhadap Besar Energi Pelepasan.....	42



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Segitiga Api.....	6
Gambar 2. 2 Tetrahedron Api	8
Gambar 2. 3 Tabel Flammable Limit beberapa Bahan di Udara	9
Gambar 2. 4 Tabel Minimum Ignition Energy (MIE).....	9
Gambar 2. 5 Grafik Perbandingan Energi Pelepasan Elektrostatik dengan Rentang Minimum Ignition Energy	12
Gambar 2. 6 Grafik Hubungan Arc Current dengan Temperatur	13
Gambar 2. 7 Aliran Laminar	15
Gambar 2. 8 Aliran Turbulen.....	15
Gambar 2. 9 Rentang Resistivitas Material.....	18
Gambar 2. 10 Contoh Bonding	20
Gambar 2. 11 Contoh Bonding	20
Gambar 2. 12 Kerangka Berpikir.....	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir	26
Gambar 4. 1 Perpindahan Muatan pada Pipa	34
Gambar 4. 2 Gambar Distribusi Kecepatan pada Elbow	35
Gambar 4. 3 Ilustrasi Perkembangan Aliran Setelah Percabangan Pipa: (a) 0D; (b) 1D; (c) 2D; (d) 3D.....	35
Gambar 4. 4 Geometri Pipa pada Kondisi Eksisting.....	37
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Arc Current dengan Temperatur	38
Gambar 4. 6 Tabel Kecepatan Umum LEV	41
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Besar Energi ESD dengan Waktu Operasional.....	43
Gambar 4. 8 Tabel Kapasitas Arus Kabel Listrik	46
Gambar 4. 9 Tabel Rentang Nilai Resistivitas Tanah	47
Gambar 4. 10 Fixed Gas Detektor.....	49
Gambar 4. 11 Penempatan Gas detektor	49

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah Laboratorium Hilir	58
Lampiran 2 Denah Jalur Ducting Laboratorium Hilir.....	59
Lampiran 3 Pengukuran Kecepatan	60
Lampiran 4 Outlet Ducting pada Rooftop Laboratorium.....	61
Lampiran 5 MSDS Hidrogen	62
Lampiran 6 Contoh Bonding, Grounding, dan Earthing.....	64
Lampiran 7 Perhitungan Streaming Current pada Kecepatan 3,78 m/s	65
Lampiran 8 Perhitungan Akumulasi Muatan pada Kecepatan 3,78 m/s.....	66
Lampiran 9 Perhitungan Energi ESD pada Kecepatan 3,78 m/s	67
Lampiran 10 Perhitungan Streaming Current pada Kecepatan 0,5 m/s	68
Lampiran 11 Perhitungan Akumulasi Muatan pada Kecepatan 0,5 m/s.....	69
Lampiran 12 Perhitungan ESD pada Kecepatan 0,5 m/s	70



Intelligentia - Dignitas