



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS RISIKO KEGAGALAN *PRESSURE RELIEF DEVICE*
PADA UNIT *DRIER SEPARATOR DECANTER* DENGAN
METODE *WEIBULL ANALYSIS* BERDASARKAN API RP 581**

SKRIPSI

Oleh

Muhammad Maulidan Azazi Manah Fitroh

NIM. 2102322016

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA KONVERSI ENERGI JURUSAN TEKNIK MESIN**

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

JULI, 2025

**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**ANALISIS RISIKO KEGAGALAN *PRESSURE RELIEF DEVICE*
PADA UNIT *DRIER SEPARATOR DECANTER* DENGAN
METODE *WEIBULL ANALYSIS* BERDASARKAN API RP 581**

Oleh,

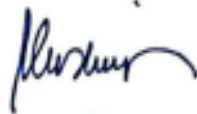
Muhammad Maulidan Azazi Manah Fitroh

NIM. 2102322016

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing Skripsi
Politeknik Negeri Jakarta



Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. IWE
NIP. 197707142008121005

Pembimbing Skripsi
Badak LNG

DocuSigned by:



9A3556B68A3C4A2...
Irwin Maulana

No Pekerja: 134554

Kepala Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konversi



Yuli Mafendro D.E.S., S.Pd., M.T.
NIP. 199403092019031013

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS RISIKO KEGAGALAN *PRESSURE RELIEF DEVICE* PADA UNIT *DRIER SEPARATOR DECANTER* DENGAN METODE *WEIBULL ANALYSIS* BERDASARKAN API RP 581

Oleh:




Muhammad Maulidan Azazi Manah Fitroh

NIM. 2102322016

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 15 Juli 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Radhi Maladzi, S.T., M.T. NIP. 199307282024061001	Ketua Penguji		15 Juli 2025
2.	Radhi Maladzi, S.T., M.T. NIP. 199307282024061001	Penguji 1		15 Juli 2025
3.	Ir. Arash Ilham Utama, S. T. No. Pekerja: 134579	Penguji 2		15 Juli 2025

Ketua Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Jakarta

Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. IWE
NIP. 197707142008121005

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Maulidan Azazi Manah Fitroh

NIM : 2102322016

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik Sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya.

Bontang, 15 Juli 2025



Muhammad Maulidan Azazi Manah Fitroh

NIM. 2102322016



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS RISIKO KEGAGALAN *PRESSURE RELIEF DEVICE* PADA UNIT *DRIER SEPARATOR DECANTER* DENGAN METODE *WEIBULL ANALYSIS* BERDASARKAN API RP 581

Muhammad Maulidan Azazi Manah Fitroh¹⁾, Muslimin²⁾, Irwin Maulana³⁾

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta, JL. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, JL. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³⁾PT. Badak NGL, Bontang, East Kalimantan, 75324, Indonesia

E-mail: muhammad.maulidan.azazi.manah.fitroh.tm21@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan gas alam sebagai salah satu sumber energi utama yang mendukung kebutuhan energi nasional dan domestik, maka dalam proses pengolahannya memunculkan aspek keselamatan dan keandalan operasi menjadi hal yang krusial mengingat sifat LNG yang cryogenic dan mudah terbakar. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran kepada perusahaan mengenai risiko peralatan yang digunakan, utamanya perangkat pelepas tekanan. Penilaian risiko kegagalan ini dihitung dengan metode Risiko Berbasis Inspeksi menggunakan Parameter Weibull. Berdasarkan hasil perhitungan nilai probabilitas kegagalan gagal membuka F2-PSV-1A sebesar 0,00277 dan F2-PSV-1B sebesar 0,000004, nilai probabilitas kegagalan kebocoran F2-PSV-1A sebesar 0,83 dan F2-PSV-1B sebesar 0,24, konsekuensi kegagalan area sebesar 148,55 m² dan konsekuensi kegagalan finansial sebesar \$ 10554,51. Nilai risiko *Area-Based* dari PRD F2-PSV-1A yang diplotkan dalam matriks risiko berada pada kategori 3C yang memiliki risiko menengah, sedangkan untuk PRD F2-PSV-1B berada pada kategori 1C yang memiliki risiko rendah. Berdasarkan *Financial-Based* PRD F2-PSV-1A/B berada pada kategori 5D yang memiliki risiko tinggi.

Kata kunci: Perangkat Pelepas Tekanan, Risiko Berbasis Inspeksi, Risiko



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

FAILURE RISK ANALYSIS OF PRESSURE RELIEF DEVICE IN DRIER SEPARATOR DECANTER UNIT USING WEIBULL ANALYSIS METHOD BASED ON API RP 581

Muhammad Maulidan Azazi Manah Fitroh¹⁾, Muslimin²⁾, Irwin Maulana³⁾

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta, JL.
Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, JL. Prof. G. A. Siwabessy,
Kampus UI, Depok, 16425

³⁾PT. Badak NGL, Bontang, East Kalimantan, 75324, Indonesia

E-mail: muhammad.maulidan.azazi.manah.fitroh.tm21@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

The use of natural gas as one of the main energy sources that supports national and domestic energy needs, then in the processing process raises the safety and reliability aspects of operations to be crucial considering the cryogenic and flammable nature of LNG. This study aims to provide an overview to the company regarding the risks of the equipment used, especially the pressure relief device. This failure risk assessment is calculated by the Inspection-Based Risk method using the Weibull Parameter. Based on the calculation results, the probability value of failure to open F2-PSV-1A is 0.00277 and F2-PSV-1B is 0.000004, the probability value of failure to leak F2-PSV-1A is 0.83 and F2-PSV-1B is 0.24, the consequence of failure area is 148.55 m² and the consequence of financial failure is \$ 10554.51. The Area-Based risk value of PRD F2-PSV-1A plotted in the risk matrix is in category 3C, which has a medium risk, while PRD F2-PSV-1B is in category 1C, which has a low risk. Based on the Financial-Based Risk, PRD F2-PSV-1A/B is in category 5D, which has a high risk.

Keywords: Pressure Relief Device, Inspection-Based Risk, Risk



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih dan sayang-Nya, sehingga penulis dapat menjalani proses perkuliahan dan dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Risiko Kegagalan *Pressure Relief Device* Pada Unit *Drier Separator Decanter* Dengan Metode *Weibull Analysis* Berdasarkan API RP 581**”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademis untuk menempuh Sarjana Terapan (D4) dan memperoleh gelar S.Tr.T Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pelaksanaan dan penulisan laporan skripsi ini diantaranya kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta dan juga dosen pembimbing akademik penulis selama pelaksanaan penulisan skripsi.
2. Bapak Anas Malik Abdillah, S.T., M.B.A., I.P.M selaku Direktur LNG Academy.
3. Bapak Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Hanung Andriyanto selaku Ketua Jurusan Konsentrasi *Mechanical Rotating* LNG Academy.
5. Bapak Irwin Maulana selaku dosen pembimbing industri penulis selama pelaksanaan penulisan skripsi.
6. Pengurus LNG Academy dan teman – teman LNG Academy yang telah memberikan dukungan dalam penulisan skripsi.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Seluruh pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu selama pelaksanaan penulisan skripsi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis dengan senang hati menerima segala saran dan kritik yang bersifat membangun demi penyempurnaan karya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Bontang, 15 Juli 2025

Muhammad Maulidan Azazi Manah Fitroh

NIM. 2102322016



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	13
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	13
1.2 Rumusan Masalah Penelitian.....	15
1.3 Tujuan Penelitian.....	15
1.4 Batasan Masalah.....	15
1.5 Sistematika Penulisan Skripsi.....	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	17
2.1 Landasan Teori.....	17
2.1.1 <i>Pressure Relief Device</i> (PRD).....	17
2.1.2 Regulasi Inspeksi PRD di Industri Minyak dan Gas.....	25
2.1.3 <i>Inspection</i>	27
2.1.4 <i>API Recommended Practice 581</i>	28
2.1.5 <i>Risk Based Inspection</i> (RBI).....	29
2.1.6 Perhitungan Probabilitas.....	30
2.1.7 Perhitungan Konsekuensi.....	35
2.1.8 <i>Weibull Analysis</i>	38
2.1.9 <i>Risk</i>	39
2.2 Kajian Literatur.....	42



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.3 Kerangka Pemikiran	44
BAB III METODE PENELITIAN.....	45
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	45
3.2 Jenis Penelitian	50
3.3 Objek Penelitian	51
3.4 Metode Pengambilan Sampel.....	51
3.5 Jenis dan Sumber Data Penelitian	51
3.6 Metode Pengumpulan Data Penelitian	52
3.7 Metode Analisis Data	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	55
4.1 Analisis Risiko.....	55
4.1.1 Data PRD	55
4.1.2 Data Komposisi Fluida	56
4.1.3 Perhitungan Probabilitas PRD Gagal Membuka (POF)	57
4.1.4 Perhitungan Probabilitas PRD Kebocoran (POL)	62
4.1.5 Perhitungan Konsekuensi Area Kegagalan PRD	67
4.1.6 Perhitungan Konsekuensi Finansial Kegagalan PRD.....	68
4.2 Penentuan Level Risiko.....	69
4.2.1 Area-Based Risk Matrix.....	69
4.2.2 Financial-Based Risk Matrix	71
BAB V PENUTUP.....	74
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN 1	76
LAMPIRAN 2.1	79
LAMPIRAN 2.2.....	91
LAMPIRAN 3.....	100
LAMPIRAN 4.....	142



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Initiating Event Frequencies Fire Demand Case.....	31
Tabel 2.2 Nilai GFF Pada Perlatan Bejana Tekan.....	33
Tabel 2.3 Daftar Subjek Evaluasi Sistem Manajemen.....	33
Tabel 2.4 Estimasi Nilai DF Berdasarkan API RP 581.....	35
Tabel 2.5 Kategori Nilai Area-Based Risk Matrix.....	42
Tabel 2.6 Kategori Nilai Financial-Based Risk Matrix.....	42
Tabel 3 1 Perbandingan Metode Penelitian Yang Digunakan Untuk Analisis Risiko.	53
Tabel 4 1 Lembar Data Pressure Relief Device F2-PSV-1A.....	55
Tabel 4.2 Lembar Data Pressure Relief Device F2-PSV-1B.....	56
Tabel 4.3 Tabel Komposisi Fluida.....	56
Tabel 4.4 Perhitungan POF Menggunakan Weibull Method.....	60
Tabel 4.5 Nilai Probabilitas Kegagalan Gagal Membuka PRD.....	62
Tabel 4.6 Perhitungan POL Menggunakan Weibull Method.....	66
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Probabilitas Kegagalan Kebocoran PRD.....	67
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Konsekuensi Area Kegagalan PRD.....	68
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Finansial Kegagalan PRD.....	69



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Conventional Spring Operated Pressure Safety Valve	18
Gambar 2.2 Pilot Operated Pressure Safety Valve	19
Gambar 2.3 Conventional Rupture Disk	20
Gambar 2.4 Bagian-Bagian Graphite Rupture Disk	21
Gambar 2.5 Graphite Rupture Disk	22
Gambar 2.6 Bagian-Bagian Knife Blade Rupture Disk	22
Gambar 2.7 Knife Blade Rupture Disk	23
Gambar 2.8 Bagian-Bagian Scored Rupture Disk	24
Gambar 2.9 Scored Rupture Disk	24
Gambar 2.10 Vacuum Relief Device	25
Gambar 2.11 Risk Matrix Berdasarkan API RP 581	41
Gambar 2.12 Kerangka Pemikiran Penelitian	44
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 3.2 Perhitungan Probabilitas Kegagalan Gagal Membuka	47
Gambar 3.3 Perhitungan Probabilitas Kegagalan Kebocoran	48
Gambar 3.4 Perhitungan Konsekuensi Kegagalan	49
Gambar 3.5 Matrix Risiko Berdasarkan API RP 581	50
Gambar 3.6 PRD Card Record PT Badak NGL	52
Gambar 4.1 Area-Based Risk Matrix F2-PSV-1A	70
Gambar 4.2 Area-Based Risk Matrix F2-PSV-1B	71
Gambar 4.3 Financial-Based Risk Matrix F2-PSV-1A	72
Gambar 4.4 Financial-Based Risk Matrix F2-PSV-1B	73



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Gas alam adalah salah satu sumber energi utama yang mendukung kebutuhan energi nasional hingga global. Selain digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik dan industri, gas alam juga menjadi bahan baku utama dalam produksi LNG (*Liquefied Natural Gas*), pupuk, serta produk petrokimia lainnya. Dalam pengelolaan dan prosesnya, aspek keselamatan dan keandalan operasi menjadi faktor yang krusial mengingat LNG merupakan cairan *cryogenic* dengan potensi bahaya yang dapat ditimbulkan akibat tekanan tinggi dan sifat mudah terbakar pada sistem pengolahan hingga distribusi gas (Animah & Shafiee, 2020).

PT Badak NGL menjadi salah satu perusahaan pengelola dan ekspor LNG terbesar di Indonesia yang terletak di Bontang, Kalimantan Timur. Perusahaan ini mengoperasikan fasilitas pengelolaan gas alam dengan skala besar dan teknologi serta standar keselamatan terbaik. Dalam operasinya, perusahaan bergantung pada integritas peralatan proses, utamanya peralatan bertekanan tinggi dengan potensi menimbulkan risiko besar apabila terjadi kegagalan. Salah satu perangkat pengaman pada sistem bertekanan adalah *Pressure Relief Device* (PRD) yang berfungsi untuk melindungi peralatan dan sistem dari tekanan berlebih dengan mengalirkan tekanan berlebih keluar sistem secara otomatis dan terkendali (Crowl & Louvar, 2019). Kasus kecelakaan proses karena kegagalan *Pressure Relief Device* sudah banyak terjadi di berbagai industri dan tentunya hal ini menjadi pemicu untuk memastikan kondisi PRD dalam kondisi yang baik agar dapat berfungsi dan menghindari kasus PRD gagal membuka atau kebocoran sehingga menyebabkan ledakan pada peralatan yang seharusnya dilindungi.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dalam riwayat hasil inspeksi PRD, ditemukan riwayat insiden kebocoran yang berulang pada beberapa PRD di fasilitas PT Badak NGL. Kebocoran pada PRD tidak hanya berpotensi menimbulkan kerugian material dan gangguan operasi, tetapi juga dapat membahayakan keselamatan personel dan lingkungan sekitar. Insiden-insiden tersebut menegaskan pentingnya evaluasi dan analisis risiko secara berkala terhadap PRD untuk memastikan fungsi pengaman pada PRD tetap optimal dan mencegah hal-hal yang dapat mengganggu proses pengolahan di perusahaan. Pentingnya pengelolaan risiko peralatan proses, seperti PRD juga ditegaskan dalam regulasi nasional Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 18 Tahun 2018 tentang inspeksi Teknik keselamatan instalasi dan peralatan pada kegiatan usaha minyak dan gas bumi. Dengan adanya regulasi ini, mewajibkan seluruh pelaku industri migas untuk melakukan inspeksi berkala, evaluasi risiko, dan pemeliharaan peralatan penunjang keselamatan sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian mengenai Analisis Risiko *Pressure Relief Device* Pada Unit *Drier Separator Decanter* dengan Metode *Weibull Analysis* Berdasarkan API RP 581 menjadi relevan. Penelitian ini mengangkat unit *Drier Separator Decanter* sebagai objek penelitian karena PRD pada unit ini memiliki riwayat kebocoran yang cukup banyak dan juga pelaksanaan *overhaul* PRD yang sudah cukup lama belum dilakukan kembali. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi risiko kegagalan PRD, tetapi juga mendukung implementasi regulasi pemerintah guna menjaga keselamatan di lingkungan industri migas. Seiring perkembangan teknologi dan kebutuhan efisiensi, metode *Risk-Based Inspection* (RBI) semakin banyak digunakan di industri migas. RBI merupakan pendekatan sistematis untuk merencanakan inspeksi berdasarkan tingkat risiko yang dimiliki oleh setiap peralatan. Metode ini menggabungkan analisis probabilitas kegagalan (*Probabilitu of Failure/POF*) dan konsekuensi kegagalan (*Consequence of Failure/COF*) untuk menentukan prioritas



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

inspeksi dan interval waktu optimal. Standar internasional API RP 581 menyediakan pedoman kuantitatif dalam penerapan RBI, khususnya untuk peralatan kritis seperti PRD (API RP 581, Risk Based Inspection Third Edition, 2016).

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung probabilitas kegagalan (POF) dari PRD unit *Drier Separator Decanter* F2-PSV-1A/B menggunakan metode *Weibull Analysis Risk Based Inspection*?
2. Bagaimana menghitung konsekuensi kegagalan (COF) dari unit *Drier Separator Decanter* F2-C-1 berdasarkan API RP 581?
3. Bagaimana menghitung level risiko pada PRD unit *Drier Separator Decanter* F2-PSV-1A/B berdasarkan API RP 581?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan probabilitas kegagalan (POF) dari F2-PSV-1A/B menggunakan metode *Weibull Analysis Risk Based Inspection*.
2. Menentukan konsekuensi kegagalan (COF) berdasarkan API RP 581.
3. Menentukan level risiko pada F2-PSV-1A/B berdasarkan API RP 581.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data hasil inspeksi yang digunakan dalam penelitian ini mulai dari PRD dipasang hingga tahun 2018.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Perhitungan analisis risiko yang dilakukan menggunakan metode *Weibull Analysis* RBI berdasarkan API RP 581 Third Edition Addendum 2, October 2020.
3. Perhitungan dilakukan pada PRD yang digunakan untuk melindungi unit *Drier Separator Decanter*.

1.5 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan proposal ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang pemilihan topik, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan masalah, manfaat pemnelitian dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang landasan teori yang berhubungan dengan penelitian, kajian literatur yang dijadikan acuan dalam penyusunan skripsi, dan kerangka pemikiran yang digunakan dalam penelitian.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang jenis penelitian yang digunakan, objek penelitian, jenis dan sumber data penelitian, metode yang digunakan dalam pengumpulan data, dan metode analisis data yang digunakan dalam penelitian.

4. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang analisis berupa tahap pengolahan data untuk mendapatkan hasil penelitian seperti yang ditetapkan pada bagian tujuan penelitian.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan tentang jawaban ringkas hasil penelitian yang dilakukan. Bab ini juga berisikan saran berupa pendapat atau temuan yang ditemukan agar dapat menjadi rekomendasi bagi penelitian berikutnya.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dengan seluruh perhitungan teknis didapatkan nilai probabilitas kegagalan gagal membuka untuk PRD F2-PSV-1A sebesar 0,00277 dan untuk PRD F2-PSV-1B sebesar 0,000004. Sedangkan untuk probabilitas kegagalan kebocoran dari PRD F2-PSV-1A sebesar 0,83 dan untuk PRD F2-PSV-1B sebesar 0,24.
2. Didapatkan nilai konsekuensi kegagalan apabila terjadi kerusakan cedera personil yang ditimbulkan sebesar 148,55 m² dan konsekuensi kegagalan apabila terjadi kebocoran sebesar \$ 10554,51.
3. Lewat matriks risiko, didapatkan hasil analisis risiko untuk PRD F2-PSV-1A *Area-Based* berada pada kategori 3C yang memiliki *medium risk* sedangkan untuk PRD F2-PSV-1B berada pada kategori 1C yang memiliki *low risk*. Untuk *Financial-Based* PRD F2-PSV-1A/B sama-sama berada pada kategori 5D yang memiliki *high risk*

5.2 Saran

1. Memastikan kondisi PRD tidak bocor pada inspeksi selanjutnya, karena PRD memiliki riwayat kebocoran yang cukup sering pada inspeksi sebelumnya.
2. Memberikan perhatian lebih untuk PRD F2-PSV-1A karena belum dilakukan *overhaul* selama kurang lebih 19 tahun dari pelaksanaan *overhaul* terakhir.
3. Mempertahankan efektivitas pemeliharaan untuk memastikan PRD selalu dalam kondisi aman dan andal.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Alimah, I., & Shafiee, M. (2020). Application of Risk Analysis in the Liquefied Natural Gas LNG Sector: An Overview. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 3.
- API RP 576, *Inspection of Pressure-relieving Devices Fourth Edition*. (2017). Washington DC.
- API RP 581, *Risk Based Inspection Third Edition*. (2016). Washington DC.
- Ampratama, R. M. (2020). *INSPECTION PLANNING PROGRAM USING RISK BASED INSPECTION API 581 FOR ABOVEGROUND STORAGE TANKS IN PT. X. GRESIK*. Surabaya: Double Degree Program Department Of Marine Technology Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Crowl, D. A., & Louvar, J. F. (2019). *Chemical Process Safety Fundamentals with Applications Fourth Edition*. New Jersey: Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical Engineering Sciences.
- Irawan, M. T. (2020). *ANALISIS RISK BASED INSPECTION (RBI) PADA PRESSURE RELIEF DEVICE (PRD) SISTEM PRODUCTION GAS SEPARATOR*. Surabaya: Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kusuma, A. P. (2020). *Implementasi Risk-Based Inspection (RBI) Dengan Metode API 581 Pada Waste Boiler Amonia Plant Pabrik-4 PT. Pupuk Kalimantan Timur*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem Institut Teknologi Seppuluh Nopember Surabaya.
- Majid, R., & Muslimin. (2021). Analisis Pemilihan Material Shell pada Perancangan Bejana Tekan Kapasitas 15.000 Liter dengan Standar ASME Section VIII Division I. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin (Vol. 11, No. 1)* (pp. 724-729). Depok: Politeknik Negeri Jakarta.
- Natawijaya, M. F., & Widiyati, K. (2022). FAILURE RISK ASSESSMENT ON PRESSURE RELIEF DEVICE USING QUANTITATIVE RISK BASED INSPECTION METHOD. *Journal of Emerging Supply Chain, Clean Energy, And Process Engineering Vol. 1, No. 2*, 127-134.
- Novelita, S. M. (2019). *INSPECTION PROGRAM PLANNING OF PRODUCTION SEPARATOR USING RISK-BASED INSPECTION API 581 IN A GAS*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Priyanta, D., Siswanto, N., & Saifulloh, M. (2018). Scheduling Program Analysis of Pressure Relief Device (PRD) According to RBI API 581. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, Vol. 3(1)*, 1-7.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 1



ANALISIS RISIKO KEGAGALAN *PRESSURE RELIEF DEVICE* PADA UNIT *AMINE REGENERATOR* DENGAN METODE *WEIBULL ANALYSIS* BERDASARKAN API RP 581

LAMPIRAN 1: DATA PRESSURE RELIEF DEVICE PSV-1A/B



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ANALISIS RISIKO KEGAGALAN *PRESSURE RELIEF DEVICE* PADA UNIT *AMINE REGENERATOR* DENGAN METODE *WEIBULL ANALYSIS* BERDASARKAN API RP 581

Lampiran 1 : Data Pressure Relief Device

1 GENERAL

Tag Number	: F2-PSV-1A
Service	: 2C-1 DRIER SEPARATOR DECANTER
P&ID	: F2D-A-24
Design	: Safety
Type	: Conventional
Bonnet Type	: Closed

2 PROCESS CONDITIONS

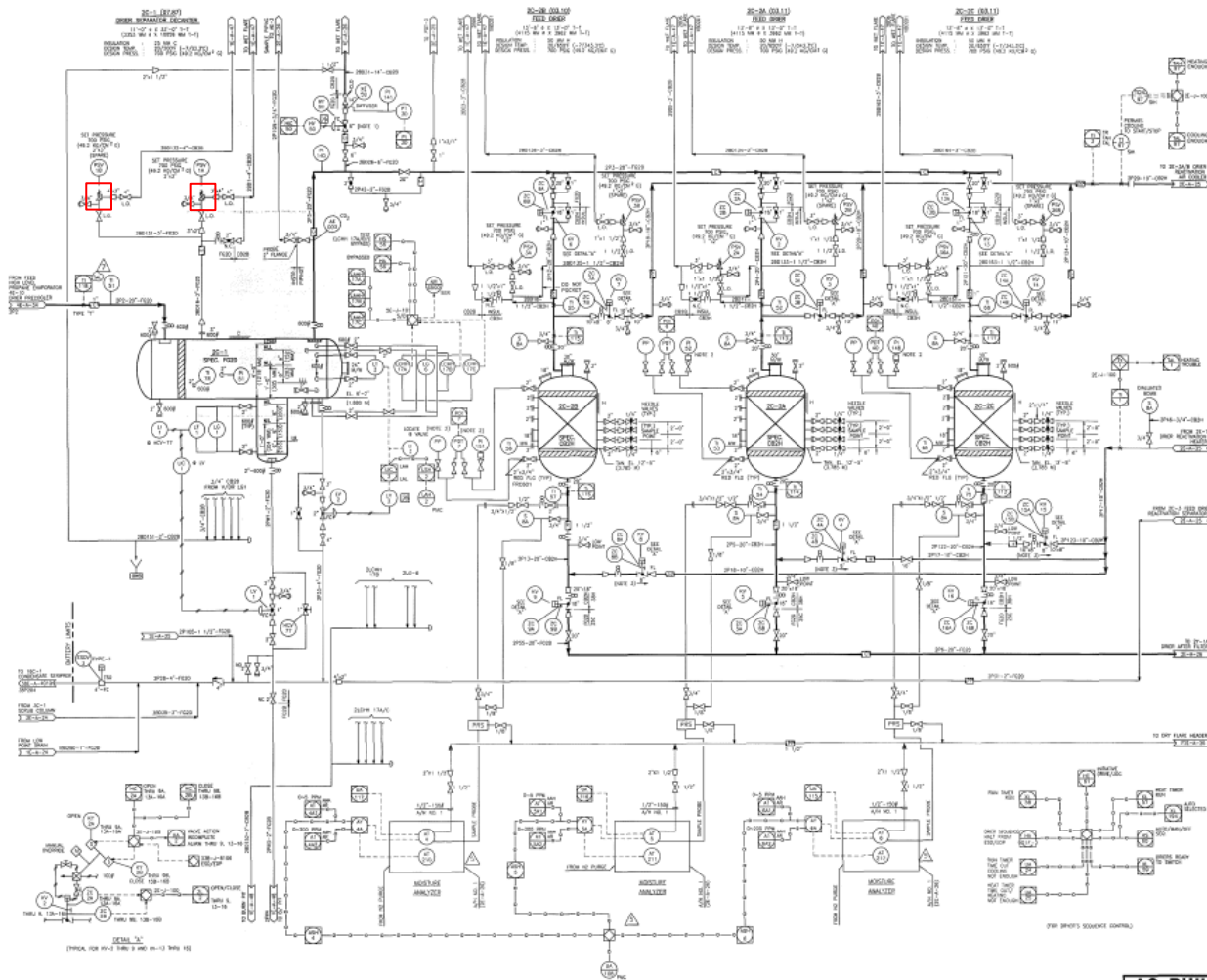
Fluid Service	: Hydrocarbon
Fluid State	: Gas
Required Capacity	: 117118,37 lb/h
Operating Pressure	: 615,87 psig
Set Pressure	: 699,62 psig
Operating Temperature	: 71,78 F
Relieving Temperature	: 185 F
%Allowable Overpressure	: 20%
Overpressure Factor	: 1,2
Compressible Factor	: 1
Laten Heat of Vaporation	:
Ratio of Specific Heats	: 0,5
Relief Density	:
Relief Viscosity	:
Barometric Pressure	:

3 DESIGN CONDITION

Design Pressure	: 699,62 psig
Design Temperature	: 199,94 F

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip a. Pengutipan hanya b. Pengutipan tidak
2. Dilarang mengumuk tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



AS BUILT

NOTES

1. LIMIT FLOW OF HV-50 TO 83.000 KG/HR MAXIMUM
2. F2-PIT-A/7 F2-PH-52/151 & 2PP SHALL BE PROVIDED AT TOP STAGE
3. THIS VALVE SHALL BE INSTALLED WITH OPPOSITE FLOW DIRECTION TO MINIMIZE FLOW LEAKAGE TO REGENERATION GAS

REFERENCE DRAWINGS

DWG.NO.	TITLE
F02-A-5	GENERAL SYMBOLS (SHEET 1 OF 2)
F02-A-6	GENERAL SYMBOLS (SHEET 2 OF 2)
F02-A-7	GENERAL LEGEND FOR INSTRUMENT
F2E-1-100	CONTROL LOGIC DIAGRAM (OTHER SEQUENCES)
F3E-A-47	CONTROL LOGIC DIAGRAM (MAIN CRYSTALLINE EXCHANGER TRAIN SHUTDOWN)
33B-1-0108	FUNCTIONAL LOGIC DIAGRAM TRAIN-7 ESD/SD SYSTEM

NO.	DATE	BY	CHKD.	DESCRIPTION
1	20/08/2014	...	...	ISSUED FOR CONSTRUCTION
2	23/08/2014	...	...	REVISED TO REFLECT CURRENT DESIGN
3	11/09/2014	...	...	APPROVED AS PER RE-BUILT-0248
4	02/10/2014	...	...	REWORK

PT BADAK NGL
BONTANG LNG PLANT

PLANT 2 - DEHYDRATION
PROCESS P&ID
DRIERS

PROJECT NO.	DRAWING NO.	REV.
8908/91049	F2D-A-24	7



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 2.1



ANALISIS RISIKO KEGAGALAN *PRESSURE RELIEF DEVICE* PADA UNIT *AMINE REGENERATOR* DENGAN METODE *WEIBULL ANALYSIS* BERDASARKAN API RP 581

**LAMPIRAN 2.1:
PROBABILITY OF FAILURE TO OPEN
CALCULATION
PSV-1A/B**


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PART 1 : CALCULATION OF PROBABILITY OF FAILURE TO OPEN

The fundamental calculation applied to PRD for fail to open case is the product of an estimated overpressure demand case frequency (or demand rate), the probability of the PRD failing to open on demand, and the probability that the protected equipment at higher overpressures will lose containment.

$$P_{f,j}^{prd} = P_{fod,j} \cdot DR_j \cdot P_{f,j}$$

Dengan :

$P_{f,j}^{prd}$ = POF of PRD overpressures demand case, (failures/year)

$P_{fod,j}$ = POFOD of PRD (failures/demand)

DR_j = demand rate (demands/year)

$P_{f,j}$ = POF (loss of containment) (failures/year)

The subscript j at equation above indicates that the POF for the $P_{f,j}^{prd}$. Needs to be calculated for each of the applicable overpressure demand cases associated with the PRD.

STEP 1 Select an inspection interval, t_{insp}

$$t_{insp} = \text{Assesment date (year)} - \text{Last overhaul date (year)}$$

CF pass	Date install	Fc	Fenv	η_{def}	β	η_{mod}
0,9	1992	0,75	1	50,5	1,8	37,875



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No	Inspection Date (ddmmyyy)	Fail to Open Status	Leak Test Status	Effectiveness	Overhaul Status	t _{insp} (year)
1	07/01/1994	Pass	Leak	A	Yes	2,02
2	04/05/1996	Pass	Leak	A	Yes	2,32
3	06/03/1999	Pass	Noleak	A	No	2,83
4	07/07/2002	Pass	Noleak	A	No	6,17
5	25/11/2004	Pass	Leak	A	Yes	2,38
6	19/04/2005	Pass	Noleak	A	Yes	0,4
7	14/08/2006	Pass	Noleak	A	No	1,32
8	08/07/2010	Pass	Noleak	A	No	5,22
9	18/07/2014	Pass	Leak	A	No	9,25
10	01/10/2018	Pass	Noleak	A	No	13,45
11	19/02/2025					19,83
12	19/02/2035					29,83

STEP 2 Determine the default value for the weibull parameters, β and η_{def} using table below

Fluid Service : Hydrocarbon

Temperature : 71,78 F

Fluid Severity : Mild

Design Type PRD : Conventional

Discharge location : Discharge to flare with flare recovery system

Fluid Severity	Conventional and Balanced Bellows PRVs ¹		Pilot-operated PRVs ²		Rupture Disks ³	
	β	η_{def}	β	η_{def}	β	η_{def}
Mild	1.8	50.5	1.8	33.7	1.8	50.5
Moderate	1.8	23.9	1.8	8.0	1.8	50.5
Severe	1.8	17.6	1.8	3.5	1.8	50.5

NOTE 1 The η_{def} parameter values for conventional PRVs are reduced by 25 % if the discharge is to a closed system or to flare; see Section 7.2.4 g).

NOTE 2 The η_{def} parameter values for pilot-operated valves are currently based on the conventional PRV data; however, reduced by a factor of 1.5, 3, and 5 for Mild, Moderate, and Severe services, respectively; see Section 7.2.4 e).

NOTE 3 Without any failure rate data for rupture disks, the conventional PRV values for Mild services were used. This assumes that the RD material has been selected appropriately for the fluid service; see Section 7.2.4 f).

Based table above, with conventional PRD. The value :

β : 1,8

η_{def} : 50,5



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 3 Determine the adjustment factor, F_c . For conventional valve discharge to closed system or to flare

$$F_c = 0.75 \quad \text{for conventional valves discharging to closed system or flare}$$

$$F_c = 1.0 \quad \text{for all other cases}$$

$$F_c = 0,75$$

STEP 4 Determine the environment adjusted factor, F_{env} . Using table below

Environment Modifier	Adjustment to POFOD η parameter	Adjustment to POL η parameter
Operating Temperature $200 < T < 500$ F	1,0	0,8
Operating Temperature > 500 F	1,0	0,8
Operating Ratio $>90\%$ for spring loaded PRD or $>95\%$ for pilot-operated PRD	1,0	0,5

$$F_{env} = 1,0$$

STEP 5 Determine modified characteristic life, η_{mod}

$$\eta_{mod} = F_c \cdot F_{env} \cdot \eta_{def}$$

$$\begin{aligned} \eta_{mod} &= 0,75 \times 1,0 \times 50,5 \\ &= 37,875 \end{aligned}$$

STEP 6 Collect inspection PRD record and it must be graded using the PRD inspection effectiveness table, part 2, annex 2.C, table 2.C.3.1. Record the result of each inspection record; PASS/FAIL and NO LEAK/LEAK and determine confidence factors, CF . As applicable, for each inspection history based on the results of the test. Determine the time duration $t_{dur,i}$ of each inspection cycle.

STEP 6.1 Each inspection record must be graded using the PRD inspection effectiveness table, part 2, annex 2.C, table 2.C.3.1

Inspection Effectiveness	Component Type	Description of Inspection
Highly Effective A	Pressure-relief device	A bench test has been performed on PRD in the as-received condition from the unit, and the initial leak pressure, opening pressure, and reseal pressure have



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

		been documented on the test form. The inlet and outlet piping has been examined (e.g visual or radiographic techniques) for signs of excessive plugging or fouling.
Usually Effective B	Pressure-relief device	A bench test has been performed; however, The PRD was cleaned or steamed out prior to bench test. Additionally, a visual inspection has been performed where detailed documentation of the condition of the PRD internal components was made. The inlet and outlet piping has been examined (e.g visual or radiographic techniques) for signs of excessive plugging or fouling. An in situ test has been performed using the actual process fluid to pressurize the system. The inlet and outlet piping has been examined (e.g visual or radiographic techniques) for signs of excessive plugging or fouling.
Fairly Effective C	Pressure-relief device	A visual inspection has performed without pop test, where detailed documentation of the condition of the PRD internal components was made. The inlet and outlet piping has been examined (e.g visual or radiographic techniques) for signs of excessive plugging or fouling. An assist-lift test or in situ test has been performed where the actual process fluid was not used to pressurize the system.
Ineffective D	Pressure-relief device	Valve overhaul performed no documentation of internal component conditions; No pop test conducted/documented. Any test (bench, assist-lift, in situ, or visual test) performed without examining the inlet and outlet piping for excessive plugging or fouling.

STEP 6.2 Record the PASS/FAIL and NO LEAK/LEAK In order to determine the confidence factor, CF as applicable, for each inspection history where a test was conducted.

Inspection Result	Confidence Factor That Inspection Result Determines the True Damage State, CF			
	Ineffective	Fairly Effective	Usually Effective	Highly Effective
Pass, CF_{pass}	No credit	0.5	0.70	0.9
Fail, CF_{fail}	No credit	0.70	0.95	0.95
No leak, CF_{noleak}	No credit	0.5	0.70	0.9
Leak, CF_{leak}	No credit	0.70	0.95	0.95

$$CF = 0,9$$

STEP 6.3 Determine the time duration, $t_{dur,i}$ between inspection cycle

$$t_{dur,i} = \text{RBI Date} - \text{Last Overhaul}$$

$$t_{dur,i} = 19,83 \text{ year}$$


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 7 Starting at the earliest inspection record, update the modified characteristic life, η_{mod} , determine in STEP 5 as below

STEP 7.1 Calculate the prior POF using equation below. The time duration of the inspection cycle, $t_{dur,i}$ as determine in step 6. Note that for the first inspection record, the modified characteristic life, η_{mod} is used. Sub sequent inspection record will use the updated characteristic life, η_{upd} , from step 7.5.

$$P_{f,prior}^{prd} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta_{mod}} \right)^\beta \right]$$

$$t = 2,02$$

$$\eta_{mod} = 37,875$$

$$\beta = 1,8$$

$$P_{f,prior}^{prd} = 0,005$$

STEP 7.2 Calculate the prior probability of passing using equation below

$$P_{p,prior}^{prd} = 1 - P_{f,prior}^{prd}$$

$$P_{p,prior}^{prd} = 1 - 0,005$$

$$P_{p,prior}^{prd} = 0,995$$

STEP 7.3 Determine the condition POF and the conditional probability of pass using equation below

$$P_{f,cond}^{prd} = (1 - CF_{pass}) \cdot P_{p,prior}^{prd}$$

$$P_{f,cond}^{prd} = (1 - 0,9) \times 0,995$$

$$P_{f,cond}^{prd} = 0,0995$$

STEP 7.4 Calculate weighted POF, $P_{f,wgr}^{prd}$ using the appropriate equation from table below


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Inspection Effectiveness and Result	Equation for Weighted POFOD
Highly effective pass	$P_{f,wgt}^{prd} = P_{f,prior}^{prd} - 0.2 \cdot P_{f,prior}^{prd} \left(\frac{t}{\eta} \right) + 0.2 \cdot P_{f,cond}^{prd} \left(\frac{t}{\eta} \right)$
Usually effective pass	
Fairly effective pass	
Highly effective fail	$P_{f,wgt}^{prd} = P_{f,cond}^{prd}$
Usually effective fail	
Fairly effective fail	$P_{f,wgt}^{prd} = 0.5 \cdot P_{f,prior}^{prd} + 0.5 \cdot P_{f,cond}^{prd}$

$$P_{f,wgt}^{prd} = P_{f,prior}^{prd} - 0.2 \cdot P_{f,prior}^{prd} \cdot \left(\frac{t}{\eta_{mod}} \right) + 0.2 \cdot P_{f,cond}^{prd} \left(\frac{t}{\eta_{mod}} \right)$$

$$P_{f,wgt}^{prd} = 0,005 - 0,2 \times 0,005 \times \frac{1,2}{37,875} + 0,2 \times 0,0995 \times \frac{1,2}{37,875}$$

$$P_{f,wgt}^{prd} = 0,0061$$

STEP 7.5 Determine the updated characteristic life, η_{upd} using equation below and the weighted POF

$$\eta_{upd} = \frac{t}{\left(-\ln \left[1 - P_{f,wgt}^{prd} \right] \right)^{\frac{1}{\beta}}}$$

The weighting factors assure a gradual shift from default POFOD data to field POFOD data and do not allow the characteristic life to adjust upward too rapidly. They will, however, shorten characteristic life if the device has repeated failures early in its service.

Other points that are not accounted for in the calculation procedure regarding inspection are as follows.

- i) Test conducted at less than 1 year do not credit.
- ii) After a pass, the characteristic life cannot decrease. If the procedure yields a decrease in characteristic life, this value should not be used. The characteristic life should be kept equal to the previous value.
- iii) After a fail, the characteristic life cannot increase. If the procedure yields an increase in characteristic life, this value should not be


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

used. The characteristic life should be kept equal to the previous value.

$$\eta_{upd} = \frac{2,32}{(\ln[1-0,0061])^{\frac{1}{1,8}}}$$

$$= 35,373$$

Based point ii), after pass the test and if the procedure yields decrease in characteristic life, this value should not to be used. And the characteristic life should be kept equal the previous value. So, the characteristic life value is 37,875

STEP 7.6 Repeat step 7 for each of the inspection record available for the PRD until a final updated value for the characteristic life, η_{upd} is determined

No	Inspection Date (ddmmYYYY)	Fail to Open Status	Leak Test Status	Overhaul Status	Pf.prior	Pp.prior	Pf.cond	Pf.wgt	tupdate	
1	07/01/1994	Pass	Leak	Yes	0,005	0,995	0,0995	0,0061	37,875	
2	04/05/1996	Pass	Leak	Yes	0,007	0,993	0,0993	0,0074	37,875	35,373
3	06/03/1999	Pass	Noleak	No	0,009	0,991	0,0991	0,0103	37,875	35,772
4	07/07/2002	Pass	Noleak	No	0,037	0,963	0,0963	0,0389	37,875	37,075
5	25/11/2004	Pass	Leak	Yes	0,007	0,993	0,0993	0,0077	37,875	35,426
6	19/04/2005	Pass	Noleak	Yes	0,000	1,000	0,1000	0,0004	37,9	29,478
7	14/08/2006	Pass	Noleak	No	0,002	0,998	0,0998	0,0029	37,9	33,995
8	08/07/2010	Pass	Noleak	No	0,028	0,972	0,0972	0,0293	37,9	36,818
9	18/07/2014	Pass	Leak	No	0,076	0,924	0,0924	0,0766	37,9	37,703
10	01/10/2018	Pass	Noleak	No	0,144	0,856	0,0856	0,1406	38,373	38,373
11	19/02/2025				0,268	0,732	0,0732	0,2527	39,346	39,346

The characteristic life can also change after pass the test and if the procedure yields increase the characteristic life.

$$P_{fod} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta_{upd}} \right)^{\beta} \right]$$

$$P_{fod} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{19,83}{39,346} \right)^{1,8} \right]$$

$$P_{fod} = 0,268$$

STEP 8 The POFOD should be adjusted based on the overpressure scenario, the overpressure factor $F_{op,j}$ is an adjustment for the overpressure scenarios higher than 1,3 times the set pressure.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$F_{op,j} = 1.0 \quad \text{for } \frac{P_{o,j}}{P_{set}} < 1.3$$

$$F_{op,j} = 0.2 \quad \text{for } \frac{P_{o,j}}{P_{set}} > 4.0$$

$$F_{op,j} = 1 - \frac{1}{3.375} \cdot \left(\frac{P_{o,j}}{P_{set}} - 1.3 \right) \quad \text{for all other cases}$$

$P_{o,j}$ = overpressure likely to occur as result of a PRD failing to open demand case, psig

$$= 1.2 \times \text{MAWP}$$

$$= 1.2 \times 699.62$$

$$P_{o,j} = 769.59$$

P_{set} = The set pressure of the PRD, psig

$$P_{set} = 699.624$$

$$F_{op,j} = \frac{P_{o,j}}{P_{set}}$$

$$= \frac{769.59}{699.62}$$

$$F_{op,j} = 1.1$$

For $F_{op,j} < 1.3$, $F_{op,j}$ value is 1.0

STEP 9 Determine PRD POFOD associated with j overpressure demand case,

$$P_{fod,j}$$

$$P_{fod,j} = P_{fod} \cdot F_{OP,j}$$

$$= 0.268 \times 1$$

$$= 0.268 = 2.7 \times 10^{-1}$$

STEP 10 Estimates for the PRD initiating event frequencies, EF_j based on the various relief overpressure demand cases that the device is providing protection. Examples of the initiating event frequencies are provided in table below. Additional background on the default initiating event frequency is provided in table below.


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Overpressure Demand Case	Event Frequency	EF_j (events/year)
Fire	1 per 250 years	0,004

STEP 11 Determine credit for other layers of protection. The concept of a demand rate reduction factor, $DRRF_j$ is introduced here to account for the difference in the overpressure demand case event frequency and the demand rate on the PRD. Demand rate reduction factor are provide in table below

Overpressure Demand Case	Event Frequency	$DRRF_j$ (events/year)
Fire	1 per 250 years	0,10

STEP 12 For each overpressure demand case, determine the demand rate placed on the PRD, DR_j . The demand rate on the PRD is calculated as the product of the initiating event frequency and the demand rate reduction factor in accordance with equation below.

$$DR_j = EF_j \cdot DRRF_j$$

$$= 0,004 \times 0,10$$

$$DR_j = 0,0004 = 4 \times 10^{-4}$$

STEP 13 Determine the MAWP of the protected equipment.

$$\text{Set pressure} = 699,62 \text{ psig}$$

$$\% \text{ Allowable Pressure} = 20\%$$

$$\text{MAWP} = 139,924 \text{ psig}$$

STEP 14 If an RBI Study has been completed for protected equipment, calculate its damage adjustment POF, since the D_f for the protected equipment is a function time, the D_f must be determined at the PRD inspection interval, t_{insp} specified in step 1. If risk analysis for fix equipment has not been completed, a D_f can be estimated using the values in table below.


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DF Class	DF	Description
None	1	New vessel or inspection shows little if any damage.
Minimal	20	Equipment has been in service for a reasonable amount of time and inspection shows evidence of minor damage. Damage mechanisms have been identified and inspection data are available.
Minor	200	One or more damage mechanisms have been identified, limited inspection data available, and fairly minor evidence of damage. Single damage mechanism identified, recent inspection indicates minor evidence of damage.
Moderate	750	Moderate damage found during recent inspection. Low susceptibility to one or more damage mechanisms, and limited inspection exists.
Severe	2000	One or more active damage mechanisms present without any recent inspection history. Limited inspection indicating high damage susceptibility.

$$D_f = 20$$

STEP 15 Calculate the POF of the protected equipment at the elevated overpressure, $P_{f,j}$ using equation below

$$P_{f,j} = (0,0312881 \cdot gff_{total} \cdot D_f \cdot F_{MS}) \cdot e^{\left(3,464837 \cdot \frac{P_{o,j}}{MAWP}\right)}$$

$$gff_{total} = 3,06 \times 10^{-5}$$

$$D_f = 20$$

$$F_{MS} = 1$$

$$P_{o,j} = 769,59$$

$$MAWP = 139,924$$

$$P_{f,j} = (0,0312881 \times 3,06 \times 10^{-5} \times 20 \times 1) \times e^{\left(3,464837 \times \frac{769,59}{139,924}\right)}$$

$$= 25,6$$

$$= 2,56 \times 10^1$$

STEP 16 Calculate the POF, using equation below.

$$P_{f,j}^{prd} = P_{fod,j} \cdot DR_j \cdot P_{f,j}$$

$$P_{fod,j} = 2,7 \times 10^{-1}$$

$$DR_j = 4 \times 10^{-4}$$



$$P_{f,j} = 2,56 \times 10^1$$

$$P_{f,j}^{prd} = 2,7 \times 10^{-1} \times 4 \times 10^{-4} \times 2,56 \times 10^1$$

$$P_{f,j}^{prd} = 2,77 \times 10^{-3}$$

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



LAMPIRAN 2.2



ANALISIS RISIKO KEGAGALAN *PRESSURE RELIEF DEVICE* PADA UNIT *AMINE REGENERATOR* DENGAN METODE *WEIBULL ANALYSIS* BERDASARKAN API RP 581

**LAMPIRAN 2.2:
PROBABILITY OF FAILURE TO LEAKAGE
CALCULATION
PSV-1A/B**

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta




Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PART 2 : CALCULATION OF PROBABILITY OF LEAKAGE

The leakage case is different than the fail to open vase since the POF is not a function of demand rate but rather is based on failure during continuous operation. The industry data associated with the probability of leakage, P_l^{prd} . Data is in per year units (failure/year). No multiplication by any demand rate is necessary.

STEP 1 Select an inspection interval, t_{insp}

$$t_{insp} = \text{Assesment date (year)} - \text{Last overhaul date (year)}$$

CF pass	Date install	Fs	Fenv	η_{def}	β	η_{mod}
0,9	1992	1	0,8	17,5	1,6	14

No	Inspection Date (ddmmyyy)	Fail to Open Status	Leak Test Status	Effective ness	Overhaul Status	t_{insp} (year)
1	07/01/1994	Pass	Leak	A	Yes	2,02
2	04/05/1996	Pass	Leak	A	Yes	2,32
3	06/03/1999	Pass	Noleak	A	No	2,83
4	07/07/2002	Pass	Noleak	A	No	6,17
5	25/11/2004	Pass	Leak	A	Yes	2,38
6	19/04/2005	Pass	Noleak	A	Yes	0,4
7	14/08/2006	Pass	Noleak	A	No	1,32
8	08/07/2010	Pass	Noleak	A	No	5,22
9	18/07/2014	Pass	Leak	A	No	9,25
10	01/10/2018	Pass	Noleak	A	No	13,45
11	19/02/2025					19,83
12	19/02/2035					29,83

STEP 2 Determine the default value for the weibull parameters, β and η_{def} using table below.

Fluid Service : Hydrocarbon

Temperature : 71,78 F

Fluid Severity : Mild

Design Type PRD : Conventional

Discharge location : Discharge to flare with flare recovery system


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Fluid Severity	Conventional PRVs ¹		Balanced Bellows PRVs ¹		Pilot-operated PRVs ²		Rupture Disks ³	
	β	η_{def}	β	η_{def}	β	η_{def}	β	η_{def}
Mild	1.6	17.5	1.6	16.0	1.6	17.5	1.6	17.5
Moderate	1.6	15.5	1.6	14.0	1.6	15.5	1.6	17.5
Severe	1.6	13.1	1.6	11.5	1.6	13.1	1.6	17.5

NOTE 1 The η_{def} parameter values are increased by 25 % for conventional and balanced PRVs that have soft seats.

NOTE 2 The η_{def} parameter values for pilot-operated valves are currently based on the conventional PRV data, since there are currently no failure rate data to support otherwise.

NOTE 3 Without any failure rate data for rupture disks, the conventional PRV values for Mild service were used.

Based table above, with conventional PRD. The value :

$$\beta : 1,6$$

$$\eta_{def} : 17,5$$

STEP 3 Determine the adjustment factor, F_s . For conventional or balanced bellows PRD contains a soft seat design.

$$F_s = 1.25 \quad \text{for soft seated designs}$$

$$F_s = 1.0 \quad \text{for all other cases}$$

$$F_s = 1,0$$

STEP 4 Determine the environment adjusted factor, F_{env} . Using table below.

Environment Modifier	Adjustment to POFOD η parameter	Adjustment to POL η parameter
Operating Temperature $200 < T < 500$ F	1,0	0,8
Operating Temperature > 500 F	1,0	0,8
Operating Ratio $>90\%$ for spring loaded PRD or $>95\%$ for pilot-operated PRD	1,0	0,5

$$F_{env} = 0,8$$

STEP 5 Determine modified characteristic life, η_{mod}

$$\eta_{mod} = F_s \cdot F_{env} \cdot \eta_{def}$$

$$\eta_{mod} = 1 \times 0,8 \times 17,5$$

$$= 14$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 6 Collect inspection PRD record and it must be graded using the PRD inspection effectiveness table, part 2, annex 2.C, table 2.C.3.1. Record the result of each inspection record; PASS/FAIL and NO LEAK/LEAK and determine confidence factors, *CF*. As applicable, for each inspection history based on the results of the test. Determine the time duration $t_{dur,i}$ of each inspection cycle.

STEP 6.1 Each inspection record must be graded using the PRD inspection effectiveness table, part 2, annex 2.C, table 2.C.3.1

Inspection Effectiveness	Component Type	Description of Inspection
Highly Effective A	Pressure-relief device	A bench test has been performed on PRD in the as-received condition from the unit, and the initial leak pressure, opening pressure, and reseal pressure have been documented on the test form. The inlet and outlet piping has been examined (e.g visual or radiographic techniques) for signs of excessive plugging or fouling.
Usually Effective B	Pressure-relief device	A bench test has been performed; however, The PRD was cleaned or steamed out prior to bench test. Additionally, a visual inspection has been performed where detailed documentation of the condition of the PRD internal components was made. The inlet and outlet piping has been examined (e.g visual or radiographic techniques) for signs of excessive plugging or fouling. An in situ test has been performed using the actual process fluid to pressurize the system. The inlet and outlet piping has been examined (e.g visual or radiographic techniques) for signs of excessive plugging or fouling.
Fairly Effective C	Pressure-relief device	A visual inspection has performed without pop test, where detailed documentation of the condition of the PRD internal components was made. The inlet and outlet piping has been examined (e.g visual or radiographic techniques) for signs of excessive plugging or fouling. An assist-lift test or in situ test has been performed where the actual process fluid was not used to pressurize the system.
Ineffective D	Pressure-relief device	Valve overhaul performed no documentation of internal component conditions; No pop test conducted/documented. Any test (bench, assist-lift, in situ, or visual test) performed without examining the inlet and outlet piping for excessive plugging or fouling.


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 6.2 Record the PASS/FAIL and NO LEAK/LEAK In order to determine the confidence factor, CF as applicable, for each inspection history where a test was conducted.

Inspection Result	Confidence Factor That Inspection Result Determines the True Damage State, CF			
	Ineffective	Fairly Effective	Usually Effective	Highly Effective
Pass, CF_{pass}	No credit	0.5	0.70	0.9
Fail, CF_{fail}	No credit	0.70	0.95	0.95
No leak, CF_{noleak}	No credit	0.5	0.70	0.9
Leak, CF_{leak}	No credit	0.70	0.95	0.95

$$CF = 0,9$$

STEP 6.3 Determine the time duration, $t_{dur,i}$ between inspection cycle

$$t_{dur,i} = \text{RBI Date} - \text{Last Overhaul}$$

$$t_{dur,i} = 19,83 \text{ year}$$

STEP 7 Starting at the earliest inspection record, update the modified characteristic life, η_{mod} , determine in STEP 5. as below

STEP 7.1 Calculate the prior POF using equation ... The time prior for use in equation ... Is the time duration of the inspection cycle, $t_{dur,i}$ as determine in step 6. Note that for the first inspection record, the modified characteristic life, η_{mod} is used. Sub sequent inspection record will use the updated characteristic life, η_{upd} , from step 7.5.

$$P_f^{prd} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta_{upd}} \right)^\beta \right]$$

$$t = 2,02$$

$$\eta_{mod} = 14,00$$

$$\beta = 1,6$$

$$P_{f,prior}^{prd} = 0,044$$

STEP 7.2 Calculate the prior probability of passing using equation below.

$$P_{p,prior}^{prd} = 1 - P_{f,prior}^{prd}$$


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$P_{p,prior}^{prd} = 1 - 0,019$$

$$= 0,956$$

STEP 7.3 Determine the condition POF and the conditional probability of pass using equations below.

$$P_{f,cond}^{prd} = (1 - CF_{pass}) \cdot P_{p,prior}^{prd}$$

$$P_{f,cond}^{prd} = (1 - 0,9) \times 0,956$$

$$= 0,0956$$

STEP 7.4 Calculate weighted POF, $P_{l,wgt}^{prd}$ using the appropriate equation from table ...

Inspection Effectiveness and Result	Equation for Weighted POFOD
Highly effective pass	$P_{f,wgt}^{prd} = P_{f,prior}^{prd} - 0,2 \cdot P_{f,prior}^{prd} \left(\frac{t}{\eta} \right) + 0,2 \cdot P_{f,cond}^{prd} \left(\frac{t}{\eta} \right)$
Usually effective pass	
Fairly effective pass	
Highly effective fail	$P_{f,wgt}^{prd} = P_{f,cond}^{prd}$
Usually effective fail	
Fairly effective fail	$P_{f,wgt}^{prd} = 0,5 \cdot P_{f,prior}^{prd} + 0,5 \cdot P_{f,cond}^{prd}$

$$P_{f,wgt}^{prd} = P_{f,prior}^{prd} - 0,2 \cdot P_{f,prior}^{prd} \cdot \left(\frac{t}{\eta_{mod}} \right) + 0,2 \cdot P_{f,cond}^{prd} \cdot \left(\frac{t}{\eta_{mod}} \right)$$

$$P_{l,wgt}^{prd} = 0,044 - 0,2 \times 0,044 \times \frac{2,02}{14} + 0,2 \times 0,0956 \times \frac{2,02}{14}$$

$$= 0,0442$$

STEP 7.5 Determine the updated characteristic life, η_{upd} using equation below and the weighted POF

$$\eta_{upd} = \frac{t}{\left(-\ln [1 - P_{f,wgt}^{prd}] \right)^{\frac{1}{\beta}}}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

The weighting factors assure a gradual shift from default POFOD data to field POFOD data and do not allow the characteristic life to adjust upward too rapidly. They will, however, shorten characteristic life if the device has repeated failures early in its service.

Other points that are not accounted for in the calculation procedure regarding inspection are as follows.

- i) Test conducted at less than 1 year do not credit.
- ii) After a pass, the characteristic life cannot decrease. If the procedure yields a decrease in characteristic life, this value should not be used. The characteristic life should be kept equal to the previous value.
- iii) After a fail, the characteristic life cannot increase. If the procedure yields an increase in characteristic life, this value should not be used. The characteristic life should be kept equal to the previous value.

$$\eta_{upd} = \frac{6,17}{(\ln[1-0,2274])^{\frac{1}{1,6}}}$$

$$= 14,39$$

The characteristic life can change after pass the test and the procedure yields increase. So, the value of characteristic life change to new value.

STEP 7.6 Repeat step 7 for each of the inspection record available for the PRD until a final updated value for the characteristic life, η_{upd} is determined.

No	Inspection Date (ddmmyy)	Fail to Open Status	Leak Test Status	Overhaul Status	Pf.prior	Pp.prior	Pf.cond	Pf.wgt	η_{update}	
1	07/01/1994	Pass	Leak	Yes	0,044	0,956	0,0956	0,0442	14,00	
2	04/05/1996	Pass	Leak	Yes	0,055	0,945	0,0945	0,0570	14,00	13,65
3	06/03/1999	Pass	Noleak	No	0,075	0,925	0,0925	0,0755	14,00	13,88
4	07/07/2002	Pass	Noleak	No	0,236	0,764	0,0764	0,2274	14,39	14,39
5	25/11/2004	Pass	Leak	Yes	0,057	0,943	0,0943	0,0591	14,39	13,67
6	19/04/2005	Pass	Noleak	Yes	0,003	0,997	0,0997	0,0089	14,39	7,65
7	14/08/2006	Pass	Noleak	No	0,023	0,977	0,0977	0,0269	14,39	12,54
8	08/07/2010	Pass	Noleak	No	0,186	0,814	0,0814	0,1804	14,39	14,32
9	18/07/2014	Pass	Leak	No	0,403	0,597	0,0597	0,3831	14,58	14,58
10	01/10/2018	Pass	Noleak	No	0,609	0,391	0,0391	0,5757	14,81	14,81
11	19/02/2025				0,825	0,175	0,0175	0,7780	15,36	15,36
12	19/02/2035				0,965	0,035	0,0035	0,9066	17,39	17,39

$$P_f^{prd} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta_{upd}} \right)^\beta \right]$$


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- a. RBI Date

$$P_i^{prd} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{19,83}{15,36} \right)^{1,6} \right]$$

$$P_i^{prd} = 0,825$$

- b. RBI Plan Date

$$P_i^{prd} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{29,83}{17,39} \right)^{1,6} \right]$$

$$P_i^{prd} = 0,965$$

STEP 8 Determine set pressure factor, F_{set}

PRV Type	Set Pressure Factor
Pilot-operated PRVs	$F_{set} = 1 - \frac{0,95 - \min \left[0,95, \frac{P_s}{P_{set}} \right]}{0,95}$
Rupture disks	$F_{set} = 1$
Conventional PRVs and balanced bellows PRVs	$F_{set} = 1 - \frac{0,90 - \min \left[0,90, \frac{P_s}{P_{set}} \right]}{0,90}$

NOTE 1 P_s denotes the operating pressure and P_{set} denotes the set pressure.

$$F_{set} = 1 - \frac{0,90 - \min \left[0,90, \frac{P_s}{P_{set}} \right]}{0,90}$$

$$F_{set} = 1 - \frac{0,90 - \min \left[0,90 ; \frac{615,87}{699,62} \right]}{0,90}$$

$$= 1 - \frac{0,90 - \min [0,90 ; 0,88]}{0,90}$$

$$= 1 - \frac{0,90 - 0,88}{0,90}$$

$$F_{set} = 0,97$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 8 The probability of leakage needs to be adjusted based on the closedness the system is operating near the set pressure with equation below. The set pressure factor, F_{set} is dependent on the PRD type.

$$P_l^{prd} = P_l^{prd} \cdot F_{set}$$

RBI Date

$$P_l^{prd} = 0,825 \times 0,97$$

$$P_l^{prd} = 0,8$$

$$= 8 \times 10^{-1}$$





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 3



ANALISIS RISIKO KEGAGALAN *PRESSURE RELIEF DEVICE* PADA UNIT *AMINE REGENERATOR* DENGAN METODE *WEIBULL ANALYSIS* BERDASARKAN API RP 581

LAMPIRAN 3: CONSEQUENCE OF FAILURE CALCULATION PSV-1A/B


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PART 3 : CONSEQUENCE CALCULATION OF FAILURE TO OPEN

STEP 1 Determine the list of overpressure scenarios applicable to the piece of equipment being protected by the PRD under evaluation. Table below provides a list of overpressure demand classes specific covered.

STEP 2 For each overpressure demand case, estimate the amount of overpressure, P_{oj} likely to occur during the overpressure event if the PRD were to fail to open.

Initiating Event Frequency	Equipment Type	PRD DRRF	Qualifier	Overpressure Potential	Background and Comments
Overpressure Scenario—Fire					
1 per 250 years See Lees ¹²⁴ page A7-7, states major fire at plant 1 every 10 years	All equipment types	0.1 Industry experience justifies this value	N/A	Calculated burst pressure or estimated as design margin x MAWP	<ul style="list-style-type: none"> — Modified by Industry data that indicate demand rates on the order of 1 per 400 years — The DRRF factor of 0.1 recognizes the Industry experience that relatively few vessels exposed to a fire will experience a PRD opening — Assumption is made that in those rare cases where a PRD would open during a fire, rupture will occur if the PRD failed to open upon demand

$$\begin{aligned}
 P_{o, fire} &= 4 \times \text{MAWP} \\
 &= 4 \times 699,62 \\
 &= 2798,5 \text{ Psig}
 \end{aligned}$$

STEP 3 For installation that have multiple PRDs, determine the total amount of installed PRD orifice area, A_{total}^{prd} including the area of the PRD being evaluated. Calculate the overpressure adjustment factor, F_a in accordance with equation below.

$$F_a = \sqrt{\frac{A^{prd}}{A_{total}^{prd}}}$$

$$\begin{aligned}
 A^{prd} &= \text{the orifice area of the PRD, mm}^2 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

A_{total}^{prd} = the total installed orifice area of a multiple device installation, mm²

$$= 2$$

$$F_a = \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$F_a = 0,7$$

STEP 4 Reduce the overpressures determined in step 3 by the overpressure adjustment factor accordance with equation below.

$$P_{o,j} = F_a \cdot P_{o,j}$$

$$P_{o, fire} = 2798,5$$

$$F_a = 0,7$$

$$P_{o,j} = 1959$$

STEP 5 For each overpressure demand case, calculate the financial consequence, $C_{f,j}^{prd}$ of loss containment from protected equipment using procedures developed in PART 3, use the overpressure for demand cases as determine in STEP 4 in line of the operating pressure, P_s

STEP 1 Determine the Representative Fluid an Associated Properties Fluid Properties

Sifat-sifat fluida yang dibutuhkan yang diperkirakan untuk masing-masing fluida representative disediakan dalam API 581 Bagian 3 COF dan bergantung pada fase simpanan fluida seperti ditampilkan di bawah.

A) Stored Liquid

1. Normal Boiling Point (NBP)
2. Density (pt)
3. Auto-Ignition Temperature (AIT)

B) Stored Vapor or Gas

1. Normal Boiling Point (NBP)


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Molecular Weight (MW)
3. Ideal Gas Specific Heat Capacity Ratio (k)
4. Constant Pressure Specific Heat (C_p)
5. Auto-Ignition Temperature (AIT)

STEP 1.1 Select Representative fluid group

Representative Fluid	Fluid Type (See 4.1.5)	Example of Applicable Materials
C1 – C2	TYPE 0	Methane, Ethane, Ethylane, LNG
C3 – C4	TYPE 0	Propane, Butane, Isobutane, LPG
C25+	TYPE 0	Residum, Heavy Crude, Lube Oil

Fluid Composition Table				
Well	Composition	Symbol	Amount	Unit
	Nitrogen	N ₂	0,05	% mole
	Methane	CH ₄	88,82	% mole
	Ethane	C ₂ H ₆	5,67	% mole
	Propane	C ₃ H ₈	3,19	% mole
	i-Butane	i-C ₄ H ₁₀	0,59	% mole
	n-Butane	n-C ₄ H ₁₀	0,69	% mole
	i-Pentane	i-C ₅ H ₁₂	0,25	% mole
	n-Pentane	n-C ₅ H ₁₂	0,17	% mole
	Hexane Plus	C ₆ ⁺	0,39	% mole
	Water	H ₂ O	0,18	% mole
	TOTAL		100,0	% mole

Chosen Representative fluid : C1 – C2

STEP 1.2 Determine the store fluid phase, liquid or vapor, if two phase, a level 2 consequence analysis should be performed

Stored fluid phase : Gas

STEP 1.3 Determine the stored fluid properties

* For stored liquid

MW – Molecular Weight, kg/kg-mol (lb/lb-mol), can be estimated from table below.

k – ideal gas specific heat ratio, can be estimated using equation ...

C_p values as determined using table ...


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Fluid	MW	Liquid Density (lb/ft ³)	NBP (°F)	Ambient State	Ideal Gas Specific Heat Eq.	Cp				Auto Ignition Temperature (°F)
						Ideal Gas Constant A	Ideal Gas Constant B	Ideal Gas Constant C	Ideal Gas Constant D	
C1 - C2	23	15,64	-193	Gas	Note 1	12,3	1,150E-01	-2,87E-05	-1,30E-09	1036

4. Molecular Weight (MW), kg/kg-mol (lb/lb-mol)

The stored vapor Molecular Weight (MW) can be estimated from table above.

$$MW = 23 \text{ (kg/kg-mol)}$$

5. Auto Ignition Temperature, K (°R)

The stored liquid Auto-Ignition Temperature (AIT) can be estimated from API 581 Part 3 COF

$$AIT = 1036 \text{ °F}$$

$$AIT = 830,928 \text{ K}$$

$$AIT = 446,2 \text{ °R}$$

6. Ideal Gas Specific Ratio, k

$$CpA = 12,3 \text{ J/kmol-K}$$

$$CpB = 1,15E-01 \text{ J/kmol-K}$$

$$CpC = -2,87E-03 \text{ J/kmol-K}$$

$$CpD = -1,30E-09 \text{ J/kmol-K}$$

7. Operating Temperature Equipment (T) (F1-C-5)

$$T = 20,1 \text{ °C}$$

$$T = 68,18 \text{ °F}$$

$$T = 293,25 \text{ K}$$

8. Universal Gas Constant (R)

$$R = 8,314 \text{ J/kg-mol-K}$$

- $$Cp = A + BT + CT^2 + DT^3$$

$$= 12,3 + (0,115 \times 396,15) + (-2,87 \times 10^{-3} \times 396,15)^2 + (1,3 \times 10^{-9} \times 396,15)^3$$

$$= 46,7 \text{ J/kmol-K}$$
- $$k = \frac{Cp}{Cp - R}$$

$$= \frac{46,7}{46,7 - 8,314}$$

$$= 1,22$$

STEP 1.4 Determine the steady state phase of the fluid after release to the atmosphere, using Table below and the phase of the fluid stored in the equipment as determine is STEP 1.2


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Phase of Fluid at Normal Operating (Storage) Conditions	Phase of Fluid at Ambient (After Release) Conditions	Determination of Final Phase for Consequence Calculation
Gas	Gas	Model as gas
Gas	Liquid	Model as gas
Liquid	Gas	Model as gas unless the fluid boiling point at ambient conditions is greater than 80 °F, then model as a liquid
Liquid	Liquid	Model as liquid

The fluid is Gas in the vessel, it's post release is Gas

STEP 2 Release Hole Size Section

STEP 2.1 Based on component type and table below, determine the release hole size diameters, d_n

Release Hole Number	Release Hole Size	Range of Hole Diameters (in.)	Release Hole Diameter, d_n (in.)
1	Small	0 to ¼	$d_1 = 0,25$
2	Medium	>¼ to 2	$d_2 = 1$
3	Large	>2 to 6	$d_3 = 4$
4	Rupture	>6	$d_4 = \min [D, 16]$

STEP 2.2 Determine the failure frequency, gff_n for the release hole size from part 2, table 3.1, and the total generic failure frequency from this table or from equation below.

$$gff_{tot} = \sum_{n=1}^4 gff_n$$

Equipment Type	Component Type	GFF As a Function of Hole Size (failures/yr)				gff_{total} (failures/yr)
		Small	Medium	Large	Rupture	
Vessel	COLTOP COLMID COLBTM	8.006E-06	2.00E-05	2.00E-05	6.00E-07	3.06E-05

$$gff_{total} = 3,06 \times 10^{-5} \text{ failures/year}$$

$$gff_{small} = 8,006 \times 10^{-6} \text{ failures/year}$$

$$gff_{medium} = 2 \times 10^{-5} \text{ failures/year}$$

$$gff_{large} = 2 \times 10^{-5} \text{ failures/year}$$

$$gff_{rupture} = 6 \times 10^{-7} \text{ failures/year}$$

STEP 3 Release Rate Calculation

There are two regimes for flow gases through an orifice: sonic (choked) for higher internal pressure, and subsonic flow for lower pressure (nominally 15 psig (193,4 kPa) or less). The transition pressure at which the flow regime changes from sonic to subsonic is determined using equation below.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$P_{\text{atm}} = 14,69 \text{ psi}$$

$$k = 1,22$$

$$P_{\text{trans}} = P_{\text{atm}} \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

$$P_{\text{trans}} = 14,69 \left(\frac{2,58+1}{2} \right)^{\frac{2,58}{2,58-1}}$$

$$= 26,2 \text{ psi}$$

STEP 3.1 Select the appropriate release rate equation

$$W_n = \frac{C_d}{C_2} \times A_n \times P_s \sqrt{\left(\frac{k \times MW \times g_c}{R \times T_s} \right) \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

Abbreviation List :

C_d = Discharge coefficient, for fully turbulent gas or vapor flow from sharp-edged orifices is typically in the range of $0,85 \leq C_d \leq 1,0$. A conservative value of $C_d = 0,90$ is recommended.

A_n = Release hole size area

P_s = Storage operating pressure = 1959 psi

P_{atm} = Atmosphere pressure = 14,69 psi (1 atm)

k = Ideal gas specific heat capacity ratio = 1,22

MW = Molecular Weight = 23 (kg/kg-mol)

g_c = Gravitational constant = 9,8 m/s²

R = Universal gas constant = 8,314 J/(kg-mol-K)

T_s = Storage or normal operating temperature = 20,1 °C

$$= 68,18 \text{ °F}$$

$$= 293,25 \text{ K}$$

STEP 3.2 For every release hole size, calculate the release hole size area based on d_n


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Release Hole Number	Release Hole Size	Range of Hole Diameters (in.)	Release Hole Diameter, d_n (in.)
1	Small	0 to ¼	$d_1 = 0,25$
2	Medium	>¼ to 2	$d_2 = 1$
3	Large	>2 to 6	$d_3 = 4$
4	Rupture	>6	$d_4 = \min [D,16]$

The release hole size area can be determined by formulating equation below.

$$A_n = \frac{\pi d_n^2}{4}$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,25 \text{ inch} \\ &= 0,0064 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\pi = 3,14$$

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{\pi d_1^2}{4} \\ &= \frac{3,14 \times (0,25)^2}{4} \\ &= 0,049 \text{ inch}^2 \\ &= 0,0000316 \text{ m}^2 = 3,16 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE

$$\begin{aligned} d_2 &= 1 \text{ inch} \\ &= 0,0254 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\pi = 3,14$$

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{\pi d_2^2}{4} \\ &= \frac{3,14 \times (1)^2}{4} \\ &= 0,785 \text{ inch}^2 \\ &= 0,000506 \text{ m}^2 = 5,06 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE

$$\begin{aligned} d_3 &= 4 \text{ inch} \\ &= 0,1064 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\pi = 3,14$$

$$\begin{aligned} A_3 &= \frac{\pi d_3^2}{4} \\ &= \frac{3,14 \times (4)^2}{4} \\ &= 12,56 \text{ inch}^2 \\ &= 0,00810 \text{ m}^2 = 8,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \end{aligned}$$


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE

$$\begin{aligned}
 d_4 &= 16 \text{ inch} \\
 &= 0,4064 \text{ m} \\
 \pi &= 3,14 \\
 A_4 &= \frac{\pi d^2}{4} \\
 &= \frac{3,14 \times (16)^2}{4} \\
 &= 200,96 \text{ inch}^2 \\
 &= 0,12965 \text{ m}^2 = 1,29 \times 10^{-1} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

STEP 3.3 For liquid releases, for each release hole size, calculate the viscosity correction factor ($K_{v,n}$)

$$K_{v,n} = \left(0,9935 + \frac{2,878}{Re_n^{0,5}} + \frac{342,75}{Re_n^{1,5}} \right)^{-1,0}$$

Because the store fluid phase determined in STEP 1.2 is gaseous or vapor phase. Then, this step is no need to be considered.

STEP 3.4 For each hole size, calculate the release rate, W_n , for each release area A_n .

$$W_n = \frac{C_d}{C_2} \times A_n \times P_s \sqrt{\left(\frac{k \times MW \times g_c}{R \times T_s} \right) \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

Abbreviation list :

$$C_d = 0,9$$

$$k = 1,22$$

$$A_{n1} = 3,16 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_{n2} = 5,06 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{n3} = 8,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{n4} = 1,29 \times 10^{-1} \text{ m}^2$$

$$P_s = 1759 \text{ psi} = 10886,82 \text{ kPa}$$

$$P_{atm} = 14,69 \text{ psi} = 101,283 \text{ kPa}$$

$$C_2 = 1$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$R = 8,314 \text{ J/(kg-mol-K)}$$

$$g_c = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$T_s = 396,15 \text{ K}$$

$$MW = 23 \text{ (kg/kg-mol)}$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$W_1 = \frac{C_d}{C_2} \times A_1 \times P_s \sqrt{\left(\frac{k \times MW \times g_c}{R \times T_s}\right) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

$$W_1 = \frac{0,9}{1} \times 3,16 \times 10^{-5} \times 10886,8 \sqrt{\left(\frac{1,22 \times 23 \times 9,8}{8,314 \times 396,15}\right) \left(\frac{2}{1,22+1}\right)^{\frac{1,22+1}{1,22-1}}}$$

$$= 0,05284 \text{ kg/s}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$W_2 = \frac{C_d}{C_2} \times A_2 \times P_s \sqrt{\left(\frac{k \times MW \times g_c}{R \times T_s}\right) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

$$W_2 = \frac{0,9}{1} \times 5,06 \times 10^{-4} \times 10886,8 \sqrt{\left(\frac{1,22 \times 23 \times 9,8}{8,314 \times 396,15}\right) \left(\frac{2}{1,22+1}\right)^{\frac{1,22+1}{1,22-1}}}$$

$$= 0,84614 \text{ kg/s}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$W_3 = \frac{C_d}{C_2} \times A_3 \times P_s \sqrt{\left(\frac{k \times MW \times g_c}{R \times T_s}\right) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

$$W_3 = \frac{0,9}{1} \times 8,1 \times 10^{-3} \times 10886,8 \sqrt{\left(\frac{1,22 \times 23 \times 9,8}{8,314 \times 396,15}\right) \left(\frac{2}{1,22+1}\right)^{\frac{1,22+1}{1,22-1}}}$$

$$= 13,5449 \text{ kg/s}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE

$$W_4 = \frac{C_d}{C_2} \times A_4 \times P_s \sqrt{\left(\frac{k \times MW \times g_c}{R \times T_s}\right) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

$$W_4 = \frac{0,9}{1} \times 1,29 \times 10^{-1} \times 10886,8 \sqrt{\left(\frac{1,22 \times 23 \times 9,8}{8,314 \times 396,15}\right) \left(\frac{2}{1,22+1}\right)^{\frac{1,22+1}{1,22-1}}}$$

$$= 215,715 \text{ kg/s}$$


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 4 Estimate the Fluid Inventory Available for Release

STEP 4.1 Group component and equipment items into inventory groups (see annex 3.A)

Only one component is given, and total inventory for the group

STEP 4.2 Calculate the fluid mass, $mass_{comp}$ in the component being evaluated

$$\begin{aligned}
 ID &= 3353 \text{ mm} & V_{gas} &= 80\% \\
 &= 3,353 \text{ m} & &= 71,06 \text{ m}^3 \\
 L &= 10059 \text{ mm} & \rho_{liq} &= 37,84 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 10,059 \text{ m} \\
 V_{tot} &= 88,82 \text{ m}^3 \\
 Mass_{comp} &= V_{gas} \times \rho_{gas} \\
 &= 71,06 \times 37,84 \\
 &= 2404,67 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

STEP 4.3 Calculate the fluid mass in each of other components that are included in the inventory group, $mass_{comp,i}$

There are no other component, only an inventory group mass

STEP 4.4 Calculate the fluid mass in the inventory group, $mass_{inv}$ using equation

$$mass_{inv} = \sum_{i=1}^N mass_{comp,i}$$

Where

$mass_{comp,i}$ = is the inventory fluid mass for the component or piece of equipment being evaluated, kgs [lbs]

$mass_{inv}$ = is the inventory group fluid mass, kgs [lbs]
 = 2404,67 kg

STEP 4.5 Calculate the flow rate from a 203 mm (8 inch) diameter hole, W_{max8} using equation (STEP 3.4), as applicable, with $A_n, A_8 = 50,3 \text{ inch}^2$.


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

This is the maximum flow rate that can be added to the equipment fluid mass from the surrounding equipment in the inventory group.

$$W_{\max} = \frac{C_d}{C_2} \times A_n \times P_s \sqrt{\left(\frac{k \times MW \times g_c}{R \times T_s}\right) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

Where

C_d = Discharge coefficient, for turbulent gas flow from the sharp edge orifices in the range of $0,85 \leq C_d \leq 1,00$ = 0,9

A_n = Release hole sized area = 50,3 inch²
 = 32444 mm²
 = $3,24 \times 10^{-2}$ m²

P_s = Storage operating pressure = 1759 psi
 = 10886,82 kPa

P_{atm} = Atmosphere pressure = 14,69 psi
 = 101,283 kPa

MW = Molecular weight = 23 (kg/kg-mol)

g_c = Gravitational constant = 9,8 m/s²

R = Universal gas constant = 8,314 J/(kg-mol-K)

T_s = Storage or normal operating temperature = 21,1 °C
 = 68,18 °F
 = 293,25 K

C_2 = SI and US customary conversion factors = 1

k = Ideal gas specific ratio = 1,22

So,

$$W_{\max} = \frac{C_d}{C_2} \times A_n \times P_s \sqrt{\left(\frac{k \times MW \times g_c}{R \times T_s}\right) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$W_{\max 8} = \frac{0,9}{1} \times 3,24 \times 10^{-2} \times 10886,8 \sqrt{\left(\frac{1,22 \times 23 \times 9,8}{8,314 \times 396,15}\right) \left(\frac{2}{1,22+1}\right)^{\frac{1,22+1}{1,22-1}}}$$

$$= 54,1796 \text{ kg/s}$$

STEP 4.6 For each hole size, calculate the added fluid mass, $mass_{add,n}$ resulting from 3 (three) minutes of flow from inventory group using equation below where W_n is the leakage rate for the release hole size being evaluated and $W_{\max 8}$, is from STEP 4.5

$$mass_{add,n} = 180 \cdot \min [W_n, W_{\max 8}]$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} Mass_{add 1} &= 180 \cdot \min [W_1, W_{\max 8}] \\ &= 180 \cdot \min [0,05284, 54,1796] \\ &= 9,51152 \text{ kgs} \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} Mass_{add 2} &= 180 \cdot \min [W_2, W_{\max 8}] \\ &= 180 \cdot \min [0,84614, 54,1796] \\ &= 152,305 \text{ kgs} \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} Mass_{add 3} &= 180 \cdot \min [W_3, W_{\max 8}] \\ &= 180 \cdot \min [13,5449, 54,1796] \\ &= 2438,08 \text{ kgs} \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} Mass_{add 4} &= 180 \cdot \min [W_4, W_{\max 8}] \\ &= 180 \cdot \min [215,715, 54,1796] \\ &= 9752,32 \text{ kgs} \end{aligned}$$

STEP 4.7 For each release hole size, calculate the available mass for release using equation below.

$$mass_{avail,n} = \min [\{mass_{comp} + mass_{add,n}\}, mass_{inv}]$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} Mass_{avail 1} &= \min . [\{2404,67 + 9,51152\}, 2404,67] \\ &= 2404,67 \text{ kgs} \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} Mass_{avail 1} &= \min . [\{2404,67 + 152,305\}, 2404,67] \\ &= 2404,67 \text{ kgs} \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} Mass_{avail 1} &= \min . [\{2404,67 + 2438,08\}, 2404,67] \\ &= 2404,67 \text{ kgs} \end{aligned}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{Mass}_{\text{avail 1}} &= \min . [\{ 2404,67 + 9572,32 \}, 2404,67] \\ &= 2404,67 \text{ kgs} \end{aligned}$$

STEP 5 Determine the release type (continues or instantaneous)

STEP 5.1 For each release hole size, calculate the time required to release 4536 kgs (10000 lbs) of fluid

$$t_n = \frac{C_3}{W_n}$$

Where

t_n = time required to release 4536 kgs (10000 lbs) of fluid

C_3 = SI and US customary conversion factors

$$= 4536 \text{ kgs}$$

$$= 10000 \text{ lbs}$$

W_n = Theoretical release rate associated with the n^{th} release hole size, kg/s [lb/s]

$$W_1 = 0,05284$$

$$W_2 = 0,84614$$

$$W_3 = 13,5449$$

$$W_4 = 215,715$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$t_n = \frac{C_3}{W_n}$$

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{4536}{0,05284} \\ &= 85841,1 \text{ s} \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$t_n = \frac{C_3}{W_n}$$

$$t_2 = \frac{4536}{0,84614}$$

$$= 5360,83 \text{ s}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$t_n = \frac{C3}{W_n}$$

$$t_3 = \frac{4536}{13,5449}$$

$$= 334,886 \text{ s}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$t_n = \frac{C3}{W_n}$$

$$t_4 = \frac{4536}{215,715}$$

$$= 21,03 \text{ s}$$

STEP 5.2 Determine the release type for each release hole size

For each release hole size, determine if the release type is instantaneous or continuous using the following criteria. The release is continuous if any of the following condition exist, otherwise the release is instantaneous:

- a. The release hole size is $\leq 6.35 \text{ mm}$ (0,25 inch)
- b. The release mass is $\leq 4,536 \text{ kg}$ (10,000 lb)
- c. The release rate, W_n is $\leq 25,22 \text{ kg/s}$ (55,6 lb/s)
- d. The time required to release 4536 kgs $> 180 \text{ s}$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_1 = 0,25 \text{ inch}$$

$$t_1 = 85841,1 \text{ s} \rightarrow (\text{Continuous})$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_2 = 1 \text{ inch}$$

$$t_2 = 5360,83 \text{ s} \rightarrow (\text{Continuous})$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_3 = 4 \text{ inch}$$

$$t_3 = 334,886 \text{ s} \rightarrow (\text{Continuous})$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_4 = 16 \text{ inch}$$

$$t_4 = 21,03 \text{ s} \rightarrow (\text{Instantaneous})$$

STEP 6 Estimate the Impact of Detection an Isolation Systems on Release Magnitude

STEP 6.1 Determine the detection and isolation systems presents in the unit



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 6.2 Using Table below, select the appropriate classification (A,B,C) for the detection system.

Type of Detection System	Detection Classification
Instrumentation designed specifically to detect material losses by changes in operating conditions (i.e. loss of pressure or flow) in the system.	A
Suitably located detectors to determine when the material is present outside the pressure-containing envelope.	B
Visual detection, cameras, or detectors with marginal coverage.	C
Type of Isolation System	Isolation Classification
Isolation or shutdown systems activated directly from process instrumentation or detectors, with no operator intervention.	A
Isolation or shutdown systems activated by operators in the control room or other suitable locations remote from the leak.	B
Isolation dependent on manually operated valves.	C

Detection is A

STEP 6.3 Using Table below, select the appropriate classification (A,B,C) for the isolation system

Isolation is A

STEP 6.4 Determine the release reduction factor, $fact_{di}$ using Table ... below.

System Classifications		Release Magnitude Adjustment	Reduction Factor, $fact_{di}$
Detection	Isolation		
A	A	Reduce release rate or mass by 25 %	0.25
A	B	Reduce release rate or mass by 20 %	0.20
A or B	C	Reduce release rate or mass by 10 %	0.10
B	B	Reduce release rate or mass by 15 %	0.15
C	C	No adjustment to release rate or mass	0.00

Release Magnitude Adjustment = 25%

Reduction Factor, $fact_{di}$ = 0,25

STEP 6.5 Determine the total leak durations for each release hole size using Table below.


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Detection System Rating	Isolation System Rating	Maximum Leak Duration, ld_{max}
A	A	20 minutes for $\frac{1}{4}$ in. leaks 10 minutes for $d_2 = \min[D, 1]$ leaks 5 minutes for $d_3 = \min[D, 41]$ leaks
A	B	30 minutes for $\frac{1}{4}$ in. leaks 20 minutes for $d_2 = \min[D, 1]$ leaks 10 minutes for $d_3 = \min[D, 41]$ leaks
A	C	40 minutes for $\frac{1}{4}$ in. leaks 30 minutes for $d_2 = \min[D, 1]$ leaks 20 minutes for $d_3 = \min[D, 41]$ leaks
B	A or B	40 minutes for $\frac{1}{4}$ in. leaks 30 minutes for $d_2 = \min[D, 1]$ leaks 20 minutes for $d_3 = \min[D, 41]$ leaks
B	C	1 hour for $\frac{1}{4}$ in. leaks 30 minutes for $d_2 = \min[D, 1]$ leaks 20 minutes for $d_3 = \min[D, 41]$ leaks
C	A, B, or C	1 hour for $\frac{1}{4}$ in. leaks 40 minutes for $d_2 = \min[D, 1]$ leaks 20 minutes for $d_3 = \min[D, 41]$ leaks

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_1 = 0,25 \text{ inch}$$

$$t_1 = 85841,1 \text{ s} \rightarrow (\text{Continuous})$$

$$ld_{max,1} = 20 \text{ minutes for } \frac{1}{4} \text{ inch leaks}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_2 = 1 \text{ inch}$$

$$t_2 = 5360,83 \text{ s} \rightarrow (\text{Continuous})$$

$$ld_{max,2} = 10 \text{ minutes for } 1 \text{ inch leaks}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_3 = 4 \text{ inch}$$

$$t_3 = 334,886 \rightarrow (\text{Continuous})$$

$$ld_{max,3} = 5 \text{ minutes for } 4 \text{ inch leaks}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_4 = 16 \text{ inch}$$

$$t_4 = 21,03 \text{ s} \rightarrow (\text{Instantaneous})$$

$$ld_{max,4} = 5 \text{ minutes for } 4 \text{ inch leaks}$$

STEP 7 Determine the Release Rate and Mass for Consequence of Failure



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 7.1 Calculated the adjusted release rate, $rate_n$ for each release hole size
Reduction Factor, $fact_{di} = 0,25$

$$W_1 = 0,05284 \text{ kg/s}$$

$$W_2 = 0,84614 \text{ kg/s}$$

$$W_3 = 13,5449 \text{ kg/s}$$

$$W_4 = 215,715 \text{ kg/s}$$

$$rate_n = W_n (1 - fact_{di})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} rate_1 &= W_1 (1 - fact_{di}) \\ &= 0,05284 (1 - 0,25) \\ &= 0,03963 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} rate_2 &= W_2 (1 - fact_{di}) \\ &= 0,84614 (1 - 0,25) \\ &= 0,6346 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} rate_3 &= W_3 (1 - fact_{di}) \\ &= 13,5449 (1 - 0,25) \\ &= 10,1587 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} rate_4 &= W_4 (1 - fact_{di}) \\ &= 215,715 (1 - 0,25) \\ &= 161,786 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

STEP 7.2 Calculate the leak duration, ld_n for each release hole size

$$ld_n = \min \left[\left\{ \frac{mass_{avail,n}}{rate_n} \right\}, \{60 \cdot ld_{max,n}\} \right]$$

$$ld_{max,1} = 20 \text{ minutes for } \frac{1}{4} \text{ inch leaks} \quad 20 \text{ Mass}_{avail,1} = 2404,67 \text{ kgs}$$

$$ld_{max,2} = 10 \text{ minutes for } 1 \text{ inch leaks} \quad 10 \text{ Mass}_{avail,2} = 2404,67 \text{ kgs}$$

$$ld_{max,3} = 5 \text{ minutes for } 4 \text{ inch leaks} \quad 5 \text{ Mass}_{avail,3} = 2404,67 \text{ kgs}$$

$$ld_{max,4} = 5 \text{ minutes for } 4 \text{ inch leaks} \quad 5 \text{ Mass}_{avail,4} = 2404,67 \text{ kgs}$$

$$rate_1 = 0,03963 \text{ kg/s}$$

$$rate_2 = 0,6346 \text{ kg/s}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{rate}_3 = 10,1587 \text{ kg/s}$$

$$\text{rate}_4 = 161,786 \text{ kg/s}$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{ld}_1 &= \min . \left[\left\{ \frac{\text{mass avail},1}{\text{rate } 1} \right\}, \{60 \cdot \text{ldmax}, 1\} \right] \\ &= \min . \left[\left\{ \frac{2404,67}{0,03963} \right\}, \{60 \cdot 20\} \right] \\ &= \min [\{60678,02\}, \{1200\}] \\ &= 1200 \text{ s} \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{ld}_2 &= \min . \left[\left\{ \frac{\text{mass avail},2}{\text{rate } 2} \right\}, \{60 \cdot \text{ldmax}, 2\} \right] \\ &= \min . \left[\left\{ \frac{2404,67}{0,6346} \right\}, \{60 \cdot 10\} \right] \\ &= \min [\{3789,27\}, \{600\}] \\ &= 600 \text{ s} \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{ld}_3 &= \min . \left[\left\{ \frac{\text{mass avail},3}{\text{rate } 3} \right\}, \{60 \cdot \text{ldmax}, 3\} \right] \\ &= \min . \left[\left\{ \frac{2404,67}{10,1587} \right\}, \{60 \cdot 5\} \right] \\ &= \min [\{236,71\}, \{300\}] \\ &= 236,71 \text{ s} \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{ld}_4 &= \min . \left[\left\{ \frac{\text{mass avail},4}{\text{rate } 4} \right\}, \{60 \cdot \text{ldmax}, 4\} \right] \\ &= \min . \left[\left\{ \frac{2404,67}{161,786} \right\}, \{60 \cdot 5\} \right] \\ &= \min [\{14,86\}, \{300\}] \\ &= 14,86 \text{ s} \end{aligned}$$

STEP 7 Calculate the release mass, mass_n for each release hole size

$$\text{mass}_n = \min [\{ \text{rate}_n \cdot \text{ld}_n \}, \text{mass}_{\text{avail},n}]$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{mass}_1 &= \min . [\{ \text{rate}_n \cdot \text{ld}_n \}, \text{mass}_{\text{avail},n}] \\ &= \min . [\{ 0,03963 \cdot 1200 \}, 2404,67] \\ &= 47,56 \text{ kgs} \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\text{mass}_2 = \min . [\{ \text{rate}_2 \cdot \text{ld}_2 \}, \text{mass}_{\text{avail},2}]$$


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$= \min . [\{ 0,6346 \cdot 600 \}, 2404,67]$$

$$= 380,76 \text{ kgs}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\text{mass}_3 = \min . [\{ \text{rate}_3 \cdot \text{ld}_3 \}, \text{mass}_{\text{avail},3}]$$

$$= \min . [\{ 10,1587 \cdot 236,71 \}, 2404,67]$$

$$= 2404,66 \text{ kgs}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\text{mass}_4 = \min . [\{ \text{rate}_4 \cdot \text{ld}_4 \}, \text{mass}_{\text{avail},4}]$$

$$= \min . [\{ 161,786 \cdot 14,86 \}, 2404,67]$$

$$= 2404,14 \text{ kgs}$$

STEP 8 Determine Flammable and Explosive Consequence
1) Continuous Release

$$CA_{f,n}^{CONT} = a(\text{rate}_n)^b$$

2) Instantaneous Release

$$CA_{f,n}^{INST} = a(\text{mass}_n)^b$$

STEP 8.1 Select the consequence area mitigation reduction factor, $fact_{mit}$ from Table below.

Mitigation System	Consequence Area Adjustment	Consequence Area Reduction Factor, $fact_{mit}$
Inventory blowdown, coupled with isolation system classification B or higher	Reduce consequence area by 25 %	0.25
Fire water deluge system and monitors	Reduce consequence area by 20 %	0.20
Fire water monitors only	Reduce consequence area by 5 %	0.05
Foam spray system	Reduce consequence area by 15 %	0.15

Mitigation system = Inventory blowdown, coupled with isolation system classification or higher

Consequence area = Reducer consequence area by 25%

$$fact_{mit} = 0,25$$

STEP 8.2 Calculate the energy efficiency, $eneff_n$ for each hole size using equation mentioned below.

$$C_{4A} = 2205 \frac{1}{kg}$$

$$eneff_n = 4 \cdot \log_{10} [C_{4A} \cdot \text{mass}_n] - 15$$

$$\text{mass}_1 = 47,56 \text{ kg}$$

$$\text{mass}_2 = 380,76 \text{ kg}$$

$$\text{mass}_3 = 2404,66 \text{ kg}$$


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{mass}_4 = 2404,14 \text{ kg}$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{eneff}_1 &= 4 \cdot \log_{10} [C_{4A} \cdot \text{mass}_1] - 15 \\ &= 4 \cdot \log_{10} [2205 \cdot 47,56] - 15 \\ &= 5,08 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{eneff}_2 &= 4 \cdot \log_{10} [C_{4A} \cdot \text{mass}_2] - 15 \\ &= 4 \cdot \log_{10} [2205 \cdot 380,76] - 15 \\ &= 8,696 \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{eneff}_3 &= 4 \cdot \log_{10} [C_{4A} \cdot \text{mass}_3] - 15 \\ &= 4 \cdot \log_{10} [2205 \cdot 2404,66] - 15 \\ &= 11,898 \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{eneff}_4 &= 4 \cdot \log_{10} [C_{4A} \cdot \text{mass}_4] - 15 \\ &= 4 \cdot \log_{10} [2205 \cdot 2404,14] - 15 \\ &= 11,898 \end{aligned}$$

STEP 8.3 Determine the fluid type

Determine the fluid type, either TYPE 0 or TYPE 1 based on Table ... of API RP 581 Part 3 COF

Representative Fluid	Fluid Type (See 4.1.5)	Example of Applicable Materials
C1 – C2	TYPE 0	Methane, Ethane, Ethylene, LNG
C3 – C4	TYPE 0	Propane, Butane, Isobutane, LPG
C25+	TYPE 0	Residuum, Heavy Crude, Lube Oil

$$C1 - C2 = \text{TYPE 0}$$

$$MW = 23 \text{ (kg/kg-mol)}$$

$$AIT = 1036 \text{ }^\circ\text{F} \quad T = 21,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$AIT = 830,928 \text{ K} \quad T = 68,18 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$AIT = 446,22 \text{ }^\circ\text{R} \quad T = 293,25 \text{ K}$$

Determine the appropriate constant a and b from the Table below.

Fluid	Continuous Release Constant						Instantaneous Release Constant									
	Auto Ignition Not Likely (AINL-CONT)				Auto Ignition Likely (AIL-CONT)		Auto Ignition Not Likely (AINL-INST)				Auto Ignition Likely (AIL-INST)					
	Gas		Liquid		Gas	Liquid	Gas		Liquid		Gas		Liquid			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
C1 – C2	8,69	0,98			55,13	0,95			6,49	0,67			163,7	0,62		
C3 – C4	10,1	1,00			64,23	1,00			4,59	0,72			79,94	0,63		



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 8.4 For each release hole size, calculate the component damage consequence areas for Auto-Ignition Not Likely, Continuous Release

(AINL-CONT), $CA_{cmd,n}^{AINL-CONT}$

$$rate_1 = 0,03963 \text{ kg/s}$$

$$rate_2 = 0,6346 \text{ kg/s}$$

$$rate_3 = 10,1587 \text{ kg/s}$$

$$rate_4 = 161,786 \text{ kg/s}$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} = a(rate_n)^b \cdot (1 - fact_{mit})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} &= \alpha (rate_1)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= 8,69 (0,03963)^{0,98} \cdot (1 - 0,25) \\ &= 0,27552 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} &= \alpha (rate_2)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= 8,69 (0,6346)^{0,98} \cdot (1 - 0,25) \\ &= 4,17382 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} &= \alpha (rate_3)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= 8,69 (10,1587)^{0,98} \cdot (1 - 0,25) \\ &= 63,2093 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} &= \alpha (rate_4)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= 8,69 (161,786)^{0,98} \cdot (1 - 0,25) \\ &= 952,453 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

STEP 8.5 For each release hole size, calculate the component damage consequence areas for Auto-Ignition Likely, Continuous Release

(AIL-CONT), $CA_{cmd,n}^{AIL-CONT}$

$$CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} = a(rate_n)^b \cdot (1 - fact_{mit})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} &= \alpha (rate_1)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= 55,13 (0,03963)^{0,95} \cdot (1 - 0,25) \\ &= 1,92569 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} &= \alpha (rate_2)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= 55,13 (0,6346)^{0,95} \cdot (1 - 0,25) \\ &= 26,8427 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\begin{aligned}
 CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} &= \alpha (\text{rate}_3)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \\
 &= 55,13 (10,1587)^{0,95} \cdot (1 - 0,25) \\
 &= 374,063 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} &= \alpha (\text{rate}_4)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \\
 &= 55,13 (161,786)^{0,95} \cdot (1 - 0,25) \\
 &= 5187,33 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

STEP 8.6 For each release hole size, calculate the component damage consequence areas for Auto-Ignition Not Likely, Instantaneous Release (AINL-INST), $CA_{cmd,n}^{AINL-INST}$

$$mass_1 = 47,5576 \text{ kgs} \quad eneff_1 = 5,08251$$

$$mass_2 = 380,762 \text{ kgs} \quad eneff_2 = 8,69625$$

$$mass_3 = 2404,66 \text{ kgs} \quad eneff_3 = 11,8978$$

$$mass_4 = 2404,14 \text{ kgs} \quad eneff_4 = 11,8975$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL-INST} = a (mass_n)^b \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right)$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{cmd,n}^{AINL-INST} &= \alpha (mass_n)^b \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right) \\
 &= 6,49 (47,5576)^{0,67} \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{5,08251} \right) \\
 &= 12,734 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{cmd,n}^{AINL-INST} &= \alpha (mass_n)^b \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right) \\
 &= 6,49 (380,762)^{0,67} \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{8,69625} \right) \\
 &= 29,9924 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{cmd,n}^{AINL-INST} &= \alpha (mass_n)^b \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right) \\
 &= 6,49 (2404,66)^{0,67} \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{11,8978} \right) \\
 &= 75,3604 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{cmd,n}^{AINL-INST} &= \alpha (mass_n)^b \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right) \\
 &= 6,49 (2404,14)^{0,67} \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{11,8975} \right) \\
 &= 75,352 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 8.7 For each release hole size, calculate the component damage consequence areas for Auto-Ignition Likely, Instantaneous Release (AIL-ISNT), $CA_{cmd,n}^{AIL-INST}$

$$CA_{cmd,n}^{AIL-INST} = a (mass_n)^b \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right)$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AIL-INST} &= \alpha (mass_n)^b \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right) \\ &= 163,7 (47,5576)^{0,62} \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{5,08251} \right) \\ &= 264,794 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AIL-INST} &= \alpha (mass_n)^b \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right) \\ &= 163,7 (380,762)^{0,62} \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{8,69625} \right) \\ &= 562,061 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AIL-INST} &= \alpha (mass_n)^b \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right) \\ &= 163,7 (2404,66)^{0,62} \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{11,8978} \right) \\ &= 1287,94 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AIL-INST} &= \alpha (mass_n)^b \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right) \\ &= 163,7 (2404,14)^{0,62} \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{11,8975} \right) \\ &= 1287,81 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Determine the appropriate constant a and b from the Table below.

Fluid	Continuous Release Constant						Instantaneous Release Constant									
	Auto Ignition Not Likely (AINL-CONT)				Auto Ignition Likely (AIL-CONT)		Auto Ignition Not Likely (AINL-INST)				Auto Ignition Likely (AIL-INST)					
	Gas		Liquid		Gas	Liquid	Gas		Liquid		Gas	Liquid				
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b				
C1 – C2	21,83	0,96			143,2	0,92			12,46	0,67			473,9	0,6		
C3 – C4	25,64	1,00			171,4	1,00			9,702	0,75			270,4	0,63		

STEP 8.8 For each release hole size, calculate the personel injury consequence areas for Auto-Ignition Not Likely, Continuous Release (AINL-CONT), $CA_{inj,n}^{AINL-CONT}$

$$CA_{inj,n}^{AINL-CONT} = \left[a \cdot (rate_n^{AINL-CONT})^b \right] \cdot (1 - fact_{mit})$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AINL-CONT} &= [\alpha \cdot (rate_n^{AINL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= [21,83 \cdot (0,03963)^{0,96}] \cdot (1 - 0,25) \\ &= 0,7383 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AINL-CONT} &= [\alpha \cdot (rate_n^{AINL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= [21,83 \cdot (0,6346)^{0,96}] \cdot (1 - 0,25) \\ &= 10,5808 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AINL-CONT} &= [\alpha \cdot (rate_n^{AINL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= [21,83 \cdot (10,1587)^{0,96}] \cdot (1 - 0,25) \\ &= 151,593 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AINL-CONT} &= [\alpha \cdot (rate_n^{AINL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= [21,83 \cdot (161,786)^{0,96}] \cdot (1 - 0,25) \\ &= 2161,22 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

STEP 8.9 For each release hole size, calculate the personel injury consequence areas for Auto-Ignition Likely, Continuous Release (AIL-CONT),

$$CA_{inj,n}^{AIL-CONT}$$

$$CA_{inj,n}^{AIL-CONT} = [a \cdot (rate_n^{AIL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AIL-CONT} &= [\alpha \cdot (rate_n^{AIL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= [143,2 \cdot (0,03963)^{0,92}] \cdot (1 - 0,25) \\ &= 5,51061 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AIL-CONT} &= [\alpha \cdot (rate_n^{AIL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= [143,2 \cdot (0,6346)^{0,92}] \cdot (1 - 0,25) \\ &= 70,6816 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AIL-CONT} &= [\alpha \cdot (rate_n^{AIL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= [143,2 \cdot (10,1587)^{0,92}] \cdot (1 - 0,25) \\ &= 906,346 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AIL-CONT} &= [\alpha \cdot (rate_n^{AIL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) \\ &= [143,2 \cdot (161,786)^{0,92}] \cdot (1 - 0,25) \\ &= 11567,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 8.10 For each release hole size, calculate the personal injury consequence areas for Auto-Ignition Not Likely, Instantaneous Release (AINL-INST),

$$CA_{inj,n}^{AINL-INST}$$

$$CA_{inj,n}^{AINL-INST} = \left[a \cdot (mass_n^{AINL-INST})^b \right] \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right)$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AINL-INST} &= [\alpha \cdot (mass_1^{AINL-INST})^b] \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_1} \right) \\ &= [12,46 \cdot (47,5576)^{0,67}] \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{5,08251} \right) \\ &= 24,4477 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AINL-INST} &= [\alpha \cdot (mass_2^{AINL-INST})^b] \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_2} \right) \\ &= [12,46 \cdot (380,762)^{0,67}] \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{8,69625} \right) \\ &= 57,5818 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AINL-INST} &= [\alpha \cdot (mass_3^{AINL-INST})^b] \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_3} \right) \\ &= [12,46 \cdot (2404,66)^{0,67}] \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{11,8978} \right) \\ &= 144,683 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AINL-INST} &= [\alpha \cdot (mass_4^{AINL-INST})^b] \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_4} \right) \\ &= [12,46 \cdot (2404,14)^{0,67}] \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{11,8975} \right) \\ &= 144,666 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

STEP 8.11 For each release hole size, calculate the personal injury consequence areas for Auto-Ignition Likely, Instantaneous Release (AIL-INST),

$$CA_{inj,n}^{AIL-INST}$$

$$CA_{inj,n}^{AIL-INST} = \left[a \cdot (mass_n^{AIL-INST})^b \right] \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_n} \right)$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{inj,n}^{AIL-INST} &= [\alpha \cdot (mass_1^{AIL-INST})^b] \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_1} \right) \\ &= [473,9 \cdot (47,5576)^{0,6}] \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{5,08251} \right) \\ &= 709,58 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{AIL-INST} = [\alpha \cdot (mass_2^{AIL-INST})^b] \cdot \left(\frac{1 - fact_{mit}}{eneff_2} \right)$$


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$= [473,9 \cdot (380,762)^{0,6}] \cdot \left(\frac{1-0,25}{8,68625}\right)$$

$$= 1444,8 \text{ m}^2$$

3. LARGE RELEASE HOLE AREA

$$CA_{inj,n}^{ALL-INST} = [\alpha \cdot (mass_3^{ALL-INST})^b] \cdot \left(\frac{1-factmit}{eneff3}\right)$$

$$= [473,9 \cdot (2404,66)^{0,6}] \cdot \left(\frac{1-0,25}{11,8978}\right)$$

$$= 3190,89 \text{ m}^2$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE AREA

$$CA_{inj,n}^{ALL-INST} = [\alpha \cdot (mass_4^{ALL-INST})^b] \cdot \left(\frac{1-factmit}{eneff4}\right)$$

$$= [473,9 \cdot (2404,14)^{0,6}] \cdot \left(\frac{1-0,25}{11,8975}\right)$$

$$= 3190,58 \text{ m}^2$$

STEP 8.12 For each release hole size, calculate the instantaneous / continuous

blending factor, $fact_n^{IC}$

a. FOR CONTINUOUS RELEASE

$$C_5 = 25.2 \text{ kg/s}$$

$$fact_n^{IC} = \min \left[\left\{ \frac{rate_n}{C_5} \right\}, 1,0 \right]$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$fact_n^{IC} = \min \left[\left\{ \frac{rate1}{C_5} \right\}, 1,0 \right]$$

$$= \min \left[\left\{ \frac{0,03963}{25.2} \right\}, 1,0 \right]$$

$$= \min [\{0,000088\} ; 1,0]$$

$$= 0,00157$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$fact_n^{IC} = \min \left[\left\{ \frac{rate2}{C_5} \right\}, 1,0 \right]$$

$$= \min \left[\left\{ \frac{0,6346}{25.2} \right\}, 1,0 \right]$$

$$= \min [\{0,001415\} ; 1,0]$$

$$= 0,02518$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$fact_n^{IC} = \min \left[\left\{ \frac{rate3}{C_5} \right\}, 1,0 \right]$$

$$= \min \left[\left\{ \frac{10,1587}{25.2} \right\}, 1,0 \right]$$

$$= \min [\{0,022650\} ; 1,0]$$

$$= 0,40312$$


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 fact_n^{IC} &= \min \left[\left\{ \frac{rate4}{C5} \right\}, 1,0 \right] \\
 &= \min \left[\left\{ \frac{161,786}{25.2} \right\}, 1,0 \right] \\
 &= \min [\{0,36072\} ; 1,0] \\
 &= 0,36072
 \end{aligned}$$

b. FOR INSTANTANEOUS RELEASE

$$fact_n^{IC} = 1.0$$

STEP 8.13 Calculate the AIT blending factor, $fact^{AIT}$ using these optional equation below.

$$\begin{aligned}
 fact^{AIT} &= 0 && \text{for } T_s + C_6 \leq AIT \\
 fact^{AIT} &= \frac{(T_s - AIT + C_6)}{2 \cdot C_6} && \text{for } T_s + C_6 > AIT > T_s - C_6 \\
 fact^{AIT} &= 1 && \text{for } T_s - C_6 \geq AIT
 \end{aligned}$$

T _s = 21,1 °C	AIT = 1036 °F
T _s = 68,18 °F	AIT = 830,928 K
T _s = 293,25 K	AIT = 446,2 °R
C ₆ = 55,6 K	

- T_s + C₆ = 293,25 K + 55,6 K
= 348,85 K
 - 348,85 K ≤ 830,928
- $$fact^{AIT} = 0$$

STEP 8.14 Calculate the continuous/instantaneous blended consequence area for the component using equation below based on the consequence areas calculated in previous steps, $fact_n^{IC}$

A. Component damage for Auto-Ignition Likely, Continuous – Instantaneous release.

$$CA_{cmd,n}^{ALL} = CA_{cmd,n}^{ALL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{cmd,n}^{ALL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{cmd,n}^{ALL-INST} &= 264,794 \text{ m}^2 \\
 CA_{cmd,n}^{ALL-CONT} &= 1,92569 \text{ m}^2 \\
 fact_n^{IC} &= 0,00157 \\
 CA_{cmd,n}^{ALL} &= 2,33909 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{cmd,n}^{ALL-INST} &= 562,061 \text{ m}^2 \\
 CA_{cmd,n}^{ALL-CONT} &= 26,8427 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$fact_n^{IC} = 0,02518$$

$$CA_{cmd,n}^{ALL} = 27,6844 \text{ m}^2$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{ALL-INST} = 1287,94 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{ALL-CONT} = 374,063 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 0,40312$$

$$CA_{cmd,n}^{ALL} = 375,5 \text{ m}^2$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{ALL-INST} = 1287,81 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{ALL-CONT} = 5187,33 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 6,42009$$

$$CA_{cmd,n}^{ALL} = 5181,2 \text{ m}^2$$

B. Personal injury for Auto-Ignition Likely, Continuous – Instantaneous release.

$$CA_{inj,n}^{ALL} = CA_{inj,n}^{ALL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{inj,n}^{ALL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{ALL-INST} = 709,58 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{ALL-CONT} = 5,51061 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 0,00157$$

$$CA_{inj,n}^{ALL} = 6,61789 \text{ m}^2$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{ALL-INST} = 1444,8 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{ALL-CONT} = 70,6816 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 0,02518$$

$$CA_{inj,n}^{ALL} = 72,8247 \text{ m}^2$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{ALL-INST} = 3190,89 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{ALL-CONT} = 906,346 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 0,40312$$

$$CA_{inj,n}^{ALL} = 909,939 \text{ m}^2$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{ALL-INST} = 3190,58 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{ALL-CONT} = 11567,3 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 6,42009$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$CA_{inj,n}^{AII} = 11554,1 \text{ m}^2$$

C. Component damage for Auto-Ignition Not Likely, Continuous – Instantaneous release.

$$CA_{cmd,n}^{AINL} = CA_{cmd,n}^{AINL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{AINL-INST} = 12,734 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} = 0,27552 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 0,00157$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL} = 0,29512 \text{ m}^2$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{AINL-INST} = 29,9924 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} = 4,17382 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 0,02518$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL} = 4,21442 \text{ m}^2$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{AINL-INST} = 75,3604 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} = 63,2093 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 0,40312$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL} = 63,2284 \text{ m}^2$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{AINL-INST} = 75,352 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} = 952,453 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 6,42009$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL} = 951,074 \text{ m}^2$$

D. Personal injury for Auto-Ignition Not Likely, Continuous – Instantaneous release.

$$CA_{inj,n}^{AINL} = CA_{inj,n}^{AINL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{inj,n}^{AINL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{AINL-INST} = 24,4477 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{AINL-CONT} = 0,7383 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 0,00157$$

$$CA_{inj,n}^{AINL} = 0,77559 \text{ m}^2$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{AINL-INST} = 57,5818 \text{ m}^2$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$CA_{inj,n}^{AINL-CONT} = 10,5808 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 0,02518$$

$$CA_{inj,n}^{AINL} = 10,6547 \text{ m}^2$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{AINL-INST} = 144,683 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{AINL-CONT} = 151,593 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 0,40312$$

$$CA_{inj,n}^{AINL} = 151,582 \text{ m}^2$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{AINL-INST} = 144,666 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{AINL-CONT} = 2161,22 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 6,42009$$

$$CA_{inj,n}^{AINL} = 2158,05 \text{ m}^2$$

STEP 8.15 Calculate the AIT blended consequence areas for the component using equations below based on the consequence areas determined in STEP 8.14 and AIT blending factors, $fact^{AIT}$ calculate in STEP 8.13. The resulting consequence areas are the component damage and personnel injury flammable consequence areas, $CA_{cmd,n}^{flam}$ and $CA_{inj,n}^{flam}$ for each hole size selected in STEP 2.2

A. Component damage

$$CA_{cmd,n}^{flam} = CA_{cmd,n}^{AIL} \cdot fact^{AIT} + CA_{cmd,n}^{AINL} \cdot (1 - fact^{AIT})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{AIL} = 2,33909 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL} = 0,29512 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{cmd,n}^{flam} = 0,29512 \text{ m}^2$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{AIL} = 27,6844 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL} = 4,21442 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{cmd,n}^{flam} = 4,21442 \text{ m}^2$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{AIL} = 375,5 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL} = 63,2284 \text{ m}^2$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{cmd,n}^{flam} = 63,2284 \text{ m}^2$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{ALL} = 5181,2 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL} = 951,074 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{cmd,n}^{flam} = 951,074 \text{ m}^2$$

B. Personnel Injury

$$CA_{inj,n}^{flam} = CA_{inj,n}^{ALL} \cdot fact^{AIT} + CA_{inj,n}^{AINL} \cdot (1 - fact^{AIT})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{ALL} = 6,61789 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{AINL} = 0,77559 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{inj,n}^{flam} = 0,77559 \text{ m}^2$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{ALL} = 72,8427 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{AINL} = 10,6547 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{inj,n}^{flam} = 10,6547 \text{ m}^2$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{ALL} = 909,939 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{AINL} = 151,582 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{inj,n}^{flam} = 151,582 \text{ m}^2$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{ALL} = 11554,1 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{AINL} = 2158,05 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{inj,n}^{flam} = 2158,04 \text{ m}^2$$

STEP 8.16 Determine the consequence areas (probability weighted on release hole size) for component damage and personnel injury using equations below based on the consequence area form STEP 8.15


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Equipment Type	Component Type	GFF As a Function of Hole Size (failures/yr)				gff total (failures/yr)
		Small	Medium	Large	Rupture	
Vessel	COLTOP COLMID COLBTM	8.006E-06	2.00E-05	2.00E-05	6.00E-07	3.06E-05

A. Consequence Area for Component Damage

$$CA_{f,cmd}^{flam} = \frac{\sum_{n=1}^4 gff_n \cdot CA_{cmd,n}^{flam}}{gff_{total}}$$

$$CA_{f,inj}^{tox} = \frac{\sum_{n=1}^4 gff_n \cdot CA_{inj,n}^{tox}}{gff_{total}}$$

$$CA_{f,cmd}^{flam} = \frac{((0,2951 \times 8 \times 10^{-6}) + (4,2144 \times 2 \times 10^{-5}) + (63,228 \times 2 \times 10^{-5}) + (951,07 \times 6 \times 10^{-7}))}{3,06 \times 10^{-5}}$$

$$CA_{f,cmd}^{flam} = 62,81 \text{ m}^2$$

B. Consequence Area for Personnel Injury

$$CA_{f,inj}^{flam} = \frac{\sum_{n=1}^4 gff_n \cdot CA_{inj,n}^{flam}}{gff_{total}}$$

$$CA_{f,inj}^{flam} = \frac{((0,7756 \times 8 \times 10^{-6}) + (10,655 \times 2 \times 10^{-5}) + (151,58 \times 2 \times 10^{-5}) + (2158,05 \times 6 \times 10^{-7}))}{3,06 \times 10^{-5}}$$

$$CA_{f,inj}^{flam} = 148,55 \text{ m}^2$$

STEP 9 Calculate the Toxic Consequences Area

The final toxic consequence is determined as a probability weighted average of the individual toxic calculated for each release hole size. A consequence area calculation is performed for the personnel injury areas only since toxic releases do not result in component damage.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Chemical	Release Duration (Minutes)	Gas Release Constants		Liquid Release Constants	
		<i>e</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
Aluminum chloride (AlCl ₃)	All	17.663	0.9411	N/A	N/A
Carbon monoxide (CO)	3	41.412	1.15	N/A	N/A
	5	279.79	1.06	N/A	N/A
	10	834.48	1.13	N/A	N/A
	20	2,915.9	1.11	N/A	N/A
	40	5,346.8	1.17	N/A	N/A
	60	6,293.7	1.21	N/A	N/A
Hydrogen chloride (HCl)	3	215.48	1.09	N/A	N/A
	5	536.28	1.15	N/A	N/A
	10	2,397.5	1.10	N/A	N/A
	20	4,027.0	1.18	N/A	N/A
	40	7,534.5	1.20	N/A	N/A
	60	8,625.1	1.23	N/A	N/A
Nitric acid	3	53,013	1.25	5,110.0	1.08
	5	68,700	1.25	9,640.8	1.02
	10	96,325	1.24	12,453	1.06
	20	126,942	1.23	19,149	1.06
	40	146,941	1.22	31,145	1.06
	60	156,345	1.22	41,999	1.12
Nitrogen dioxide (NO ₂)	3	6,633.1	0.70	21,32.9	0.98
	5	9,221.4	0.68	2,887.0	1.04
	10	11,965	0.68	6,194.4	1.07
	20	14,248	0.72	13,843	1.08
	40	22,411	0.70	27,134	1.12
	60	24,994	0.71	41,657	1.13
Phosgene	3	12,902	1.20	3,414.8	1.06
	5	22,976	1.29	6,857.1	1.10
	10	48,985	1.24	21,215	1.12
	20	108,298	1.27	63,361	1.16
	40	244,670	1.30	178,841	1.20
	60	367,877	1.31	314,608	1.23



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Chemical	Release Duration (Minutes)	Gas Release Constants		Liquid Release Constants	
		<i>e</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
Toluene diisocyanate (TDI)	3	N/A	N/A	3,692.5	1.06
	5	N/A	N/A	3,849.2	1.09
	10	N/A	N/A	4,564.9	1.10
	20	N/A	N/A	4,777.5	1.06
	40	N/A	N/A	4,953.2	1.06
	60	N/A	N/A	5,972.1	1.03
Ethylene glycol monoethyl ether (EE)	1.5	3.819	1.171	N/A	N/A
	3	7.438	1.181	N/A	N/A
	5	17.735	1.122	N/A	N/A
	10	33.721	1.111	3.081	1.105
	20	122.68	0.971	16.877	1.065
	40	153.03	0.995	43.292	1.132
	60	315.57	0.899	105.74	1.104
Ethylene oxide (EO)	1.5	2.083	1.222	N/A	N/A
	3	12.32	1.207	N/A	N/A
	5	31.5	1.271	N/A	N/A
	10	185	1.2909	N/A	N/A
	20	926	1.2849	N/A	N/A
	40	4,563	1.1927	N/A	N/A
	60	7,350	1.203	N/A	N/A
Propylene oxide	3	0.0019	1.913	N/A	N/A
	5	0.3553	1.217	10.055	1.198
	10	0.7254	1.2203	40.428	1.111
	20	1.7166	1.2164	77.743	1.114
	40	3.9449	1.2097	152.35	1.118
	60	4.9155	1.2522	1812.8	0.9855

$$CA_{f.inj}^{tox} = \frac{\sum_{n=1}^4 gff_n \cdot CA_{inj,n}^{tox}}{gff_{total}}$$

$$CA_{f.inj}^{tox} = 0$$

Because if no chemical toxic in this equipment, so this step will not calculate.

STEP 10 Calculate The Non-Flammable, Non-Toxic Consequences Area

STEP 10.1 For each release hole size, calculate the non-flammable, non-toxic for steam calculate, $CA_{inj,n}^{CONT}$, $CA_{inj,n}^{INST}$ using equation below.

A. FOR STEAM

Steam represents a hazard to personnel who are exposed to it high temperatures. In general, steam is at 100°C (212 °F) immediately after exiting a hole in an equipment item. Within a few feet, the steam will begin to mix with air cool, and condensed. The approach used here is that injury occurs above 60°C (140 °F). in this case of


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

pressure vessel, the temperature inside working at 123°C (253,4 °F). So, steam leak potentially occur at this situation.

$$\begin{aligned}
 \text{rate}_1 &= 0,00223 & \text{fact}_1^{IC} &= 0,000088 \\
 \text{rate}_2 &= 0,03566 & \text{fact}_2^{IC} &= 0,001415 \\
 \text{rate}_3 &= 0,57078 & \text{fact}_3^{IC} &= 0,022650 \\
 \text{rate}_4 &= 9,09012 & \text{fact}_4^{IC} &= 0,360720 \\
 C_9 &= 0,123 \text{ m}^2 \cdot \text{sec}/\text{kg} \\
 C_{10} &= 9,744 \text{ m}^2/\text{kg}^{0,6384}
 \end{aligned}$$

$$CA_{inj,n}^{CONT} = C_9 \cdot \text{rate}_n$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{inj,n}^{CONT} &= C_9 \cdot \text{rate}_1 \\
 &= 0,004875 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{inj,n}^{CONT} &= C_9 \cdot \text{rate}_2 \\
 &= 0,078056 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{inj,n}^{CONT} &= C_9 \cdot \text{rate}_3 \\
 &= 1,249516 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$CA_{inj,n}^{INST} = C_{10} (\text{mass}_n)^{0,6384}$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 CA_{inj,n}^{CONT} &= C_{10} (\text{mass}_4)^{0,6384} \\
 &= 250,568 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

B. FOR ACID AND CAUSTIC

For acids or caustics-compute, $CA_{inj,n}^{CONT}$ using equation below. Note that the data is not provided for an instantaneous release; Therefore, no acid or caustic, thus value are 0

$$CA_{inj,n}^{CONT} = 0$$

STEP 10.2 For each release hole size, calculate instantaneous/continuous blending factor, fact_n^{IC} for steam, use equation below.

$$\text{For acid or caustics, } \text{fact}_n^{IC} = 0$$

STEP 10.3 For each release hole size, compute the blended non-flammable, non-toxic personnel injury consequence area for steam or acid leaks, $CA_{cmd,n}^{leak}$, $CA_{inj,n}^{leak}$ using equation below based on the consequence are from STEP 10.1 and the blending factor, fact_n^{IC} from STEP 10.2. Note there is no need to calculate component damage area for the level 1 non-flammable release (steam or acid/caustic) :



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$CA_{cmd,n}^{leak} = 0.0$$

$$CA_{inj,n}^{leak} = CA_{inj,n}^{INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{inj,n}^{CONT} (1 - fact_n^{IC})$$

1. SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,1}^{leak} = CA_{inj,1}^{INST} \cdot fact_1^{IC} + CA_{inj,1}^{CONT} (1 - fact_1^{IC})$$

$$CA_{inj,n}^{CONT} = 0,004875 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{INST} = 0$$

$$fact_n^{IC} = 0,00157$$

$$CA_{inj,n}^{leak} = 0,004867 \text{ m}^2$$

2. MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,2}^{leak} = CA_{inj,2}^{INST} \cdot fact_2^{IC} + CA_{inj,2}^{CONT} (1 - fact_2^{IC})$$

$$CA_{inj,n}^{CONT} = 0,004386 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{INST} = 0$$

$$fact_n^{IC} = 0,02518$$

$$CA_{inj,n}^{leak} = 0,078056 \text{ m}^2$$

3. LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,3}^{leak} = CA_{inj,3}^{INST} \cdot fact_3^{IC} + CA_{inj,3}^{CONT} (1 - fact_3^{IC})$$

$$CA_{inj,n}^{CONT} = 0,070205 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{INST} = 0$$

$$fact_n^{IC} = 0,40312$$

$$CA_{inj,n}^{leak} = 1,249516 \text{ m}^2$$

4. RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,4}^{leak} = CA_{inj,4}^{INST} \cdot fact_4^{IC} + CA_{inj,4}^{CONT} (1 - fact_4^{IC})$$

$$CA_{inj,n}^{CONT} = 0$$

$$CA_{inj,n}^{INST} = 250,568 \text{ m}^2$$

$$fact_n^{IC} = 6,42009$$

$$CA_{inj,n}^{leak} = 1608,668 \text{ m}^2$$

STEP 10.4 Determine the final non-flammable, non-toxic consequence areas for personnel injury, $CA_{f,inj}^{nft}$ using equation below based on consequence areas calculated for each release hole size in STEP 10.3. Note that there is no need to calculate a final-flammable, non-toxic consequence area for component damage area for the level 1 non-flammable release (steam or acid/caustic), or :

$$CA_{f,cmd}^{nft} = 0.0$$


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Equipment Type	Component Type	GFF As a Function of Hole Size (failures/yr)				gff total (failures/yr)
		Small	Medium	Large	Rupture	
Vessel	COLTOP COLMID COLBTM	8.006E-06	2.00E-05	2.00E-05	6.00E-07	3.06E-05

$$CA_{f,inj}^{nft} = \left(\frac{\sum_{n=1}^4 gff_n \cdot CA_{inj,n}^{leak}}{gff_{total}} \right)$$

$$= \left(\frac{(0,004867 \times 8 \times 10^{-6}) + (0,076091 \times 2 \times 10^{-5}) + (0,745809 \times 2 \times 10^{-5}) + (1608,668 \times 6 \times 10^{-7})}{3,06 \times 10^{-5}} \right)$$

$$= 32,1 \text{ m}^2$$

STEP 11 Calculation of Final Consequence Area

STEP 11.1 Calculate the final component damage consequence area, $CA_{f,cmd}$.

Note that since the component damage consequence areas for toxic releases, $CA_{f,cmd}^{tox}$ and non-flammable, non-toxic releases, $CA_{f,cmd}^{nft}$ are both equal to zero. Then, the final component damage consequence area is equal to the consequence area calculated for flammable releases, CA_{cmd}^{flam}

$$CA_{f,cmd} = CA_{f,cmd}^{flam}$$

$$CA_{cmd}^{flam} = 62,81 \text{ m}^2$$

STEP 11.2 Calculate the final personnel injury consequence area, CA_{inj} .

$$CA_{inj} = \max [CA_{f,inj}^{flam}, CA_{f,inj}^{tox}, CA_{f,inj}^{nft}]$$

$$CA_{f,inj}^{flam} = 148,55 \text{ m}^2$$

$$CA_{f,inj}^{tox} = 0,0 \text{ m}^2$$

$$CA_{f,inj}^{nft} = 32,1 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj} = 148,55 \text{ m}^2$$

STEP 11.3 Calculate the final consequence area, CA_f .

$$CA_f = \max [CA_{f,cmd}, CA_{f,inj}]$$

$$CA_{cmd}^{flam} = 62,81 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj} = 148,55 \text{ m}^2$$

$$CA_f = \max [62,81 \text{ m}^2 ; 148,55 \text{ m}^2]$$

$$CA_f = 148,55 \text{ m}^2$$

$$= 1598,98 \text{ ft}^2$$



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta




Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PART 4 : CONSEQUENCE CALCULATION OF LEAKAGE

STEP 1 Estimation of PRD leakage rate for the minor or moderate leak $lrate_{mild}$, and the leakage rate for the stuck open case $lrate_{so}$.

$$lrate_{mild} = 0.01 \cdot W_c^{prd}$$

$$W_c^{prd} = 12500 \text{ (Required Capacity from datasheet PRD)}$$

$$\begin{aligned} lrate_{mild} &= 0,01 \times 12500 \\ &= 125 \end{aligned}$$

$$lrate_{so} = 0.25 \cdot W_c^{prd}$$

$$W_c^{prd} = 12500 \text{ (Required Capacity from datasheet PRD)}$$

$$\begin{aligned} lrate_{so} &= 0,25 \times 12500 \\ &= 3125 \end{aligned}$$

STEP 2 Estimate the leakage duration, D_{mild} and D_{so}

PRD Inlet Size (in.)	Leak Duration Discharge to Flare or Closed System, D_{mild} (days)	Leak Duration Discharge to Atmosphere, D_{mild} (days)
$\leq 3/4$ in.	60	8
$3/4 < \text{inlet size} \leq 1 1/2$	30	4
$1 1/2 < \text{inlet size} \leq 3$	15	2
$3 < \text{inlet size} \leq 6$	7	1
Greater than 6	2	0.33

$$D_{mild} = 15$$

$$D_{so} = \frac{30 \text{ min}}{60 \text{ min/hr} \cdot 24 \text{ hr/day}} = 0.021 \text{ days}$$

STEP 3 Calculate the cost of lost inventory, $Cost_{inv}^{mild}$ and $Cost_{inv}^{so}$

$$Cost_{inv}^{mild} = 24 \cdot F_r \cdot Cost_{flu} \cdot D_{mild} \cdot lrate_{mild}$$

$$Cost_{inv}^{so} = 24 \cdot F_r \cdot Cost_{flu} \cdot D_{so} \cdot lrate_{so}$$

Credit for recovery of Leaking fluid, F_r



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$F_r = 0,5$ If the PRD discharges to flare and flare recovery system is installed

$F_r = 0$ If the PRD discharges to a closed systems

$F_r = 1$ For all other cases

$$\begin{aligned} Cost_{inv}^{mild} &= 24 \times 0,5 \times 0,47 \times 15 \times 125 \\ &= \$ 10575 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cost_{inv}^{so} &= 24 \times 0,5 \times 0,47 \times 0,021 \times 3125 \\ &= \$ 370,125 \end{aligned}$$

STEP 4 Determine of the environmental consequence associated with PRD leakage, $Cost_{env}$

$$Cost_{env} = 0$$

STEP 5 Determine the consequence associated with repair and maintenance of the PRD, $Cost_{sd}$ Default values based on PRD size inlet are given in following formulas or actual owner-user cost should be used.

$$Cost_{sd} = \$ 1000 \quad \text{for PRDs} < \text{NPS 6 inlet size}$$

$$Cost_{sd} = \$ 2000 \quad \text{for PRDs} \geq \text{NPS 6 inlet size}$$

$$Cost_{sd} = \$ 1000$$

STEP 6 Calculate the cost of lost production for mild leaks and stuck open case, $Cost_{prod}^{mild}$

$Cost_{prod}^{mild} = 0$ If the PRD can be tolerated or if the PRD can be isolated and repaired without requiring a shutdown

$$Cost_{prod}^{mild} = Unit_{prod} \cdot D_{sd} \quad \text{If a leaking PRD cannot be tolerated}$$

$$Cost_{prod}^{so} = Unit_{prod} \cdot D_{sd} \quad \text{For a stuck open PRD}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Unit_{prod} = 0$$

$$D_{sd} = 0$$

$$Cost_{prod}^{mild} = 0$$

$$Cost_{prod}^{so} = 0$$

STEP 7 Calculate the consequences associated with mild leakage and the consequence of stuck open PRDs

a. Minor or Moderate Leakage, C_l^{mild}

$$C_l^{mild} = C_{inv}^{mild} + C_{env} + C_{sd} + C_{prod}^{mild}$$

$$Cost_{inv}^{mild} = \$ 10575$$

$$Cost_{env} = 0$$

$$Cost_{sd} = \$ 1000$$

$$Cost_{prod}^{mild} = 0$$

$$C_l^{mild} = \$ 11575$$

b. Stuck Open Leakage, C_l^{so}

$$C_l^{so} = C_{inv}^{so} + C_{env} + C_{sd} + C_{prod}^{so}$$

$$Cost_{inv}^{so} = \$ 370,125$$

$$Cost_{env} = 0$$

$$Cost_{sd} = \$ 1000$$

$$Cost_{prod}^{mild} = 0$$

$$C_l^{so} = \$ 1370,125$$

STEP 8 Calculate the Final Leakage consequence, C_l^{prd}

$$C_l^{prd} = 0.9 \cdot C_l^{mild} + 0.1 \cdot C_l^{so}$$

$$C_l^{mild} = \$ 11575$$

$$C_l^{so} = \$ 1370,125$$

$$C_l^{prd} = \$ 10554,51$$



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 4



ANALISIS RISIKO KEGAGALAN *PRESSURE RELIEF DEVICE* PADA UNIT *AMINE REGENERATOR* DENGAN METODE *WEIBULL ANALYSIS* BERDASARKAN API RP 581

LAMPIRAN 4: RISK LEVEL PSV-1A/B



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STEP 1 Calculation of Risk Analysis

STEP 1.1 Calculate of Risk for a PRD Failing to Open for each applicable overpressure demand case using POF of the PRD, $P_{f,j}^{prd}$. And calculated overall COF for demand case, $C_{f,j}^{prd}$ using equation below.

a. F2-PSV-1A

$$Risk_{f,j}^{prd} = P_{f,j}^{prd} \cdot C_{f,j}^{prd}$$

$$P_{f,j}^{prd} = 2,5 \times 10^{-9}$$

$$C_{f,j}^{prd} = 148,55 \text{ m}^2$$

$$Risk_{f,j}^{prd} = 3,71 \times 10^{-7}$$

b. F2-PSV-1B

$$Risk_{f,j}^{prd} = P_{f,j}^{prd} \cdot C_{f,j}^{prd}$$

$$P_{f,j}^{prd} = 4 \times 10^{-10}$$

$$C_{f,j}^{prd} = 148,55 \text{ m}^2$$

$$Risk_{f,j}^{prd} = 5,94 \times 10^{-8}$$

STEP 1.2 Calculate of Risk associated with PRD leakage is obtained by multiplying the probability of leakage, P_l^{prd} , and the consequence of leakage, C_l^{prd} in accordance with equation below.

a. F2-PSV-1A

$$Risk_l^{prd} = P_l^{prd} \cdot C_l^{prd}$$

$$P_l^{prd} = 8 \times 10^{-1}$$

$$C_{f,j}^{prd} = \$ 10554,51$$

$$Risk_l^{prd} = \$ 8443,61$$

b. F2-PSV-1B

$$Risk_l^{prd} = P_l^{prd} \cdot C_l^{prd}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$P_i^{prd} = 2,4 \times 10^{-1}$$

$$C_{f,j}^{prd} = \$ 10554,51$$

$$Risk_f^{prd} = \$ 2533,1$$

STEP 2 Risk Matrix

1. F2-PSV-1A

a. Area-Based Risk Matrix

Probability Score at RBI Date = $2,5 \times 10^{-9}$

Consequence Score = $148,55 \text{ m}^2$

Category	Probability Category ^{1,2,3}		Consequence Category ⁴	
	Probability Range	DF Range	Category	Range (m ²)
1	$P_f(t,I_E) \leq 3.06E-05$	$D_{f-total} \leq 1$	A	$CA_f^{lim} \leq 9.29$
2	$3.06E-05 < P_f(t,I_E) \leq 3.06E-04$	$1 < D_{f-total} \leq 10$	B	$9.29 < CA_f^{lim} \leq 92.9$
3	$3.06E-04 < P_f(t,I_E) \leq 3.06E-03$	$10 < D_{f-total} \leq 100$	C	$92.9 < CA_f^{lim} \leq 929$
4	$3.06E-03 < P_f(t,I_E) \leq 3.06E-02$	$100 < D_{f-total} \leq 1000$	D	$929 < CA_f^{lim} \leq 9290$
5	$P_f(t,I_E) > 3.06E-02$	$D_{f-total} > 1000$	E	$CA_f^{lim} > 9290$

NOTE 1 POF values are based on a *gff* of 3.06E-05 and an *F_{MS}* of 1.0. If the suggested *gff* values of Part 2, Table 3.1 are used, the probability range does not apply to AST shell course, AST bottoms, and centrifugal compressors.

NOTE 2 In terms of POF, see Part 1, Section 4.1.

NOTE 3 In terms of the total DF, see Part 2, Section 3.4.2.

NOTE 4 In terms of consequence area, see Part 3, Section 4.11.4.

POF		RISK MATRIX				
$P_f > 3,06E-02$	5					
$3,06E-03 < P_f \leq 3,06E-02$	4					
$3,06E-04 < P_f \leq 3,06E-03$	3			●		
$3,06E-05 < P_f \leq 3,06E-04$	2					
$P_f \leq 3,06E-05$	1					
● Assessment Date	COF	A	B	C	D	E
	in m ²	CA ≤ 9.29	9.29 < CA ≤ 92.9	92.9 < CA ≤ 929	929 < CA ≤ 9290	CA ≤ 9290



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

b. Financial-Base Risk Matrix

Probability Score at RBI Date = 8×10^{-1}

Consequence Score = \$ 10554,51

Category	Probability Category ^{a, b, c}		Consequence Category ^d	
	Probability Range	DF Range	Category	Range (ft ²)
1	$P_f(t, I_E) \leq 3.06E-05$	$D_{f-total} \leq 1$	A	$CA_f^{lim} \leq 100$
2	$3.06E-05 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-04$	$1 < D_{f-total} \leq 10$	B	$100 < CA_f^{lim} \leq 1,000$
3	$3.06E-04 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-03$	$10 < D_{f-total} \leq 100$	C	$1,000 < CA_f^{lim} \leq 10,000$
4	$3.06E-03 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-02$	$100 < D_{f-total} \leq 1,000$	D	$10,000 < CA_f^{lim} \leq 100,000$
5	$P_f(t, I_E) > 3.06E-02$	$D_{f-total} > 1,000$	E	$CA_f^{lim} > 100,000$

^a POF values are based on a *gff* of 3.06E-05 and an *FMS* of 1.0. If the suggested *gff* values in Part 2, Table 3.1 are used, the probability range does not apply to AST shell course, AST bottoms, and centrifugal compressors.
^b In terms of POF, see Part 1, Section 4.1.
^c In terms of the total DF, see Part 2, Section 3.4.2.
^d In terms of consequence area, see Part 3, Section 4.11.4.

		POF	RISK MATRIX				
	$Pf > 3,06E-02$	5					
	$3,06E-03 < Pf \leq 3,06E-02$	4					
	$3,06E-04 < Pf \leq 3,06E-03$	3					
	$3,06E-05 < Pf \leq 3,06E-04$	2					
	$Pf \leq 3,06E-05$	1					
● Assessment Date	COF		A	B	C	D	E
	ln USD \$		CA ≤ 100	100 < CA ≤ 1000	1000 < CA ≤ 10000	10000 < CA ≤ 100000	CA ≤ 100000



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. F2-PSV-1B

a. Area-Based Risk Matrix

Probability Score at RBI Date = 4×10^{-10}

Consequence Score = $148,55 \text{ m}^2$

Category	Probability Category ^{1,2,3}		Consequence Category ⁴	
	Probability Range	DF Range	Category	Range (m ²)
1	$P_f(t,IE) \leq 3.06E-05$	$D_{f-total} \leq 1$	A	$CA_f^{RSM} \leq 9.29$
2	$3.06E-05 < P_f(t,IE) \leq 3.06E-04$	$1 < D_{f-total} \leq 10$	B	$9.29 < CA_f^{RSM} \leq 92.9$
3	$3.06E-04 < P_f(t,IE) \leq 3.06E-03$	$10 < D_{f-total} \leq 100$	C	$92.9 < CA_f^{RSM} \leq 929$
4	$3.06E-03 < P_f(t,IE) \leq 3.06E-02$	$100 < D_{f-total} \leq 1000$	D	$929 < CA_f^{RSM} \leq 9290$
5	$P_f(t,IE) > 3.06E-02$	$D_{f-total} > 1000$	E	$CA_f^{RSM} > 9290$

NOTE 1 POF values are based on a *gff* of 3.06E-05 and an *F_{MS}* of 1.0. If the suggested *gff* values of Part 2, Table 3.1 are used, the probability range does not apply to AST shell course, AST bottoms, and centrifugal compressors.

NOTE 2 In terms of POF, see Part 1, Section 4.1.

NOTE 3 In terms of the total DF, see Part 2, Section 3.4.2.

NOTE 4 In terms of consequence area, see Part 3, Section 4.11.4.

POF		RISK MATRIX				
$P_f > 3,06E-02$	5					
$3,06E-03 < P_f \leq 3,06E-02$	4					
$3,06E-04 < P_f \leq 3,06E-03$	3					
$3,06E-05 < P_f \leq 3,06E-04$	2					
$P_f \leq 3,06E-05$	1			●		
● Assessment Date	COF	A	B	C	D	E
	in m ²	$CA \leq 9,29$	$9,29 < CA \leq 92,9$	$92,9 < CA \leq 929$	$929 < CA \leq 9290$	$CA \leq 9290$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

b. Financial-Base Risk Matrix

Probability Score at RBI Date = $2,4 \times 10^{-1}$

Consequence Score = \$ 10554,51

Category	Probability Category ^{a, b, c}		Consequence Category ^d	
	Probability Range	DF Range	Category	Range (ft ²)
1	$P_f(t, I_E) \leq 3.06E-05$	$D_{f-total} \leq 1$	A	$CA_f^{lim} \leq 100$
2	$3.06E-05 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-04$	$1 < D_{f-total} \leq 10$	B	$100 < CA_f^{lim} \leq 1,000$
3	$3.06E-04 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-03$	$10 < D_{f-total} \leq 100$	C	$1,000 < CA_f^{lim} \leq 10,000$
4	$3.06E-03 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-02$	$100 < D_{f-total} \leq 1,000$	D	$10,000 < CA_f^{lim} \leq 100,000$
5	$P_f(t, I_E) > 3.06E-02$	$D_{f-total} > 1,000$	E	$CA_f^{lim} > 100,000$

^a POF values are based on a *gff* of 3.06E-05 and an *FMS* of 1.0. If the suggested *gff* values in Part 2, Table 3.1 are used, the probability range does not apply to AST shell course, AST bottoms, and centrifugal compressors.
^b In terms of POF, see Part 1, Section 4.1.
^c In terms of the total DF, see Part 2, Section 3.4.2.
^d In terms of consequence area, see Part 3, Section 4.11.4.

		POF	RISK MATRIX				
	$Pf > 3,06E-02$	5					
	$3,06E-03 < Pf \leq 3,06E-02$	4					
	$3,06E-04 < Pf \leq 3,06E-03$	3					
	$3,06E-05 < Pf \leq 3,06E-04$	2					
	$Pf \leq 3,06E-05$	1					
● Assessment Date	COF		A	B	C	D	E
	ln USD \$		CA ≤ 100	100 < CA ≤ 1000	1000 < CA ≤ 10000	10000 < CA ≤ 100000	CA ≤ 100000