

**ANALISIS RISIKO DAN OPERABILITAS PADA PROYEK
PENGEBORAN SUMUR PENGEMBANGAN X4 DENGAN
METODE *HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP)*
AREA *FLOWLINE* SISTEM.**

(Studi Kasus: *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.*)

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Khairullah Raesya Nugroho

No. Mahasiswa 21522265

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul “Analisis Risiko dan Operabilitas pada Proyek Pengeboran Sumur X4 menggunakan Metode *Hazard and Operability Study* (HAZOP) Area *Flowline System*. Studi Kasus : Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Semua sumber data, kutipan, dan ringkasan yang digunakan dalam penelitian ini telah saya sebutkan dan rujuk sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Kemudian apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar dan terdapat pelanggaran terhadap ketentuan akademik serta peraturan yang berlaku, saya bersedia menerima konsekuensi, termasuk kemungkinan pencabutan gelar akademik yang telah saya terima oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 03 – 07 - 2025



Raessa

Khairullah Raesya Nugroho
21522265

SURAT BUKTI PENELITIAN



Energy Equity Epic (Sengkang) Pty. Ltd.
Menara 165, 20th floor
Jl. TB. Simatungkar Kav. 1
Cilandak Timur, 12560 Jakarta, Indonesia
Ph. +62 21 3940 7040
Fax. +62 21 2940 7041

No. 180/EEES/IX/2024
Jakarta, 30 September 2024

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M. T., IPU, ASEAN. Eng
Di Tempat

Hal : **Permohonan Izin Melaksanakan PKL untuk Mahasiswa**

Menjawab surat Permohonan Pelaksanaan Kerja Praktik/Magang tanggal 11 September 2024 untuk Mahasiswa S1 Program Studi Teknik Industri dengan ini kami sampaikan bahwa mahasiswa,

Nama Mahasiswa	: Khairullah Raesya Nugroho
NIM	: 21522265
Jurusan/Fakultas	: Teknologi Industri

dapat melaksanakan PKL di Dept. Facilities Engineering – Energy Equity Epic (Sengkang), Pty. Ltd. mulai 02 Oktober 2024 – 02 November 2024. Selama menjalankan kegiatan di perusahaan peserta diharapkan dapat mengikuti tata tertib dan ketentuan yang berlaku di lingkungan perusahaan, serta melaksanakan PKL sesuai dengan periode yang telah ditentukan.

Demikian pemberitahuan dari kami dan terima kasih atas perhatiannya.

Energy Equity Epic (Sengkang), Pty. Ltd.



Yoga Cahyadi
 HR Lead

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
ANALISIS RISIKO DAN OPERABILITAS PADA PROYEK
PENGEBORAN SUMUR PENGEMBANGAN X DENGAN *HAZARD AND*
OPERABILITY STUDY (HAZOP) AREA FLOWLINE SISTEM.
(Studi Kasus: *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.*)



Yogyakarta, 27-10-2025

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS RISIKO DAN OPERABILITAS PADA PROYEK

PENGEBORAN SUMUR PENGEMBANGAN X DENGAN *HAZARD AND*

OPERABILITY STUDY (HAZOP) AREA FLOWLINE SISTEM

(STUDI KASUS: ENERGY EQUITY EPIC SENGKANG PTY. LTD)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Khairullah Raesya Nugroho

No. Mahasiswa 21522265

**Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, - - 2025

Tim Penguji

Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng.

Ketua

Ir. Ali Parkhan, M.T.

Anggota I

Dr. Harwati, S.T., M.T.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Andri Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya tulis ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya tercinta Bapak Sanuri dan Ibu Iva Sulastika karena berkat ridho allah SWT dan ridho kedua orang tua saya, dukungan, motivasi, dan do'a yang tidak henti-hentinya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir. tidak lupa pula saya persembahkan kepada kakak dan adik saya Kak Khairunnisa dan Khairul Sahlan Firdaus. Serta teman-teman saya yang selalu memberikan semangat kepada saya dan menemani saya selama proses pengerjaan karya tulis ini. tidak lama ini saya mendapatkan bantuan dari Mas Tirta selaku service laptop yang memberikan pinjam LCD 1 minggu untuk *trial*.

MOTTO

“Sesungguhnya Bersama kesulitan ada kemudahan.”

(QS. Al-Insyirah: 6)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat pahala dari kebajikan yang dikerjakannya dan dia mendapat siksa dari kejahatan yang dilakukannya.”

(QS Al-Baqarah: 286)

“Tidak ada sesuatu yang menimpa seorang mukmin, baik berupa kelelahan, penyakit, kesedihan, kesusahan, ataupun hal yang menyakitkan, kecuali Allah akan menghapuskan dosanya karenanya.”

(HR. Bukhari dan Muslim)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala yang melimpahkan rahmat dan nikmat-nya sehingga penulisan dapat menyelesaikan tugas akhir di *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.* Dapat terselesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang diharapkan. Tak lupa sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad shallallahu 'alaihi wa sallam beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga akhir zaman yang telah berjuang dan membimbing kita dari zaman yang berjuang dan membimbing kita dari zaman kegelapan menuju jalan yang terang benderang untuk menggapai ridho Allah subhanahu wa ta'ala.

Pelaksanaan tugas akhir merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) pada program studi Teknik Industri program sarjana universitas Islam Indonesia. Dengan dilakukannya pelaksanaan tugas akhir ini diharapkan mahasiswa dapat mengetahui penerapan teori yang telah ditetapkan dalam perkuliahan dan pengetahuan lapangan dalam dunia industri.

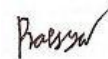
Penyusunan laporan tidak akan ada berhasil tanpa peran dan berbagai pihak, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak, ibu, kakak, adik yang senantiasa selalu memberikan do'a, motivasi, dan semangat selama proses penyelesaian tugas akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Industri dan Dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo S.T., M.Sc., Ph.D., IPM, selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ridwan Jalal selaku Deputy General Manager yang telah menerima lamaran penulis untuk menjalankan Kerja Praktik.
5. Kak Elisye selaku HR department HCGA.
6. Bapak Adnan Hamid selaku Facilities Engineering Department Head dan selaku Pembimbing Lapangan.
7. Bapak Iswara selaku Departement Facilities Engineering.
8. Bapak Muhammad Nur Cahyana selaku Departement Facilities Engineering.
9. Teman seperjuangan dari awal perkuliahan yang senantiasa memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini, untuk alat penulis memohon maaf sebesar-besarnya. Harapan terakhir, semoga tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Amiin Ya Robbal 'Alamin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 03 – 07 - 2025



Khairullah Raesya Nugroho

21522265

ABSTRAK

Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. merupakan perusahaan Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) area industri minyak dan gas yang memiliki tingkat risiko tinggi dan menuntut penerapan analisis keselamatan kerja secara sistematis dan terukur. Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. saat ini tengah melaksanakan pengembangan sumur gas X4, sebelumnya mengoperasikan tiga sumur produksi (X1, X2, dan X3). Kegiatan pengeboran dan pengoperasian fasilitas hulu minyak dan gas, khususnya pada jaringan pipa penyalur, memiliki potensi bahaya yang signifikan mulai dari korosi, kebocoran LOPC (*loss of primary of containment*), hingga kebakaran atau ledakan. Regulasi mulai undang-undang No. 1 Tahun 1970 serta Kepmen No. 300.K/38/M.PE/1997 telah menegaskan kewajiban penyelenggaraan keselamatan kerja dalam perusahaan minyak dan gas, diperkuat oleh Data Ditjen Minyak dan gas yang tercatat 117 kasus kecelakaan kerja pada 2016 dan masih tersisa 56 kasus pada 2022. Kondisi ini menegaskan bahwa aspek keselamatan perlu mendapat perhatian serius pada proyek pengembangan Sumur X4.

Penelitian ini menggunakan *Hazard and Operbility Study* (HAZOP) untuk mengidentifikasi potensi deviasi proses dan risiko yang timbul, serta *Root Causes Analysis* (RCA) untuk menelusuri akar penyebab bahaya. Hasil analisis menunjukkan deviasi *LESS PRESSURE* (LP) pada kondisi operasi 50 psig berpotensi meningkatkan kecepatan alir fluida, yang berdampak pada percepatan korosi atau erosi, penurunan ketebalan material, hingga LOPC yang dapat memicu kebakaran atau ledakan. Selain itu, potensi korosi eksternal akibat kelembaban lingkungan juga teridentifikasi sebagai sumber bahaya utama dengan konsekuensi serupa. RCA menegaskan bahwa penyebab mendasar meliputi kegagalan kebocoran pada *flowline*, kekurangannya *sistem* proteksi (*coating/Insulation*) serta lemahnya pengawasan penggunaan peralatan mitigasi.

Berdasarkan hasil penelitian rekomendasi pengendalian risiko mencakup peningkatan *sistem* monitoring tekanan penambahan lapisan proteksi terhadap pipa, inspeksi berkala berbasis risiko *riks based inspection* (RBI), serta penguatan prosedur tanggap darurat untuk meminimalkan dampak kecelakaan. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada upaya peningkatan keselamatan kerja serta mendukung keberlanjutan operasi minyak dan gas sesuai standar regulasi nasional.

Kata kunci: HAZOP, RCA, Keselamatan Kerja, *flowline*, korosi, LOPC.

DAFTAR ISI

JUDUL PENELITIAN	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	5
2.1 Kajian induktif	5
2.2 Kajian Deduktif.....	13
2.2.1 Keselamatan dan Kesehatan kerja (K3)	13
2.2.2 Kecelakaan kerja	13
2.2.3 Hazard and Operability Study (HAZOP).....	14
2.2.4 Risk matrix	17
2.2.5 Diagram Pareto	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Lokasi penelitian	20
3.2 Sumber data	20
3.2.1 Data primer	21
3.2.2 Data sekunder.....	21
3.3 Objek penelitian	21
3.4 Metode pengumpulan data.....	22
3.5 Alur penelitian	23
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHATAN DATA	26
4.1 Pengumpulan Data.....	26
4.1.1 Deskripsi Perusahaan	26
4.1.1.1 Visi dan Misi Perusahaan.....	26
4.1.1.2 Lokasi Perusahaan.....	27
4.1.2 Kegiatan Kerja	28
4.1.2.1 Deskripsi Fasilitas	32
4.2 Pengolahan Data	34
4.2.1 HAZOP	35
4.2.2 Risk matrix.....	45
4.2.3 Diagram Pareto	58
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	69
5.1 Analisis dengan Risk Matrix.....	69

5.1.1 Analisa Bahaya <i>LESS PRESSURE</i>	70
5.1.2 Analisa Bahaya <i>Corrosion</i>	73
5.1.3 Analisa Bahaya <i>Corrosion</i>	76
5.1.4 Analisis dan pembahasan dari risk matrix.....	79
5.2 Analisis dengan Root Cause Analysis	81
5.2.1 RCA <i>LESS PRESSURE</i>	81
5.2.2 RCA Korosi Eksternal.....	82
5.2.3 RCA Korosi Karna Kandungan H ₂ S Tinggi.....	82
5.3 Rekomendasi Perbaikan.....	83
5.3.1 Rekomendasi Perbaikan Deviasi <i>LESS PRESSURE</i>	83
5.3.2 Rekomendasi Perbaikan Deviasi <i>Corrosion</i>	85
BAB VI PENUTUP	88
6.1 Kesimpulan	89
6.2 Saran	89
DAFTAR PUSTAKA.....	90
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 kajian induktif.....	8
Tabel 2. 2 <i>guide words</i> atau kata panduan.....	14
Tabel 2. 3 Parameter HAZOP.....	15
Tabel 2. 4 Parameter HAZOP.....	17
Tabel 2. 5 Kriteria <i>Consequence</i>	17
Tabel 2. 6 Kriteria <i>Consequence</i>	18
Tabel 2. 7 <i>Risk Score</i>	18
Tabel 4. 1 <i>Hazard Identification</i>	35
Tabel 4. 2 <i>Risk Assesment</i>	45
Tabel 4. 3 Tabel HAZOP dan Penilaian <i>Risk matrix</i>	58
Tabel 4. 4 Diagram Pareto.....	67
Tabel 4. 5 Pareto.....	67
Tabel 5. 1 Analisis HAZOP.....	69
Tabel 5. 2 <i>guide word</i> dan parameter	71
Tabel 5. 3 <i>Likelihood</i> dan <i>consequence</i>	71
Tabel 5. 4 <i>Risk Score</i>	72
Tabel 5. 5 <i>Risk matrix</i>	73
Tabel 5. 6 Deviasi.....	73
Tabel 5. 7 <i>Likelihood</i> dan <i>consequence</i>	74
Tabel 5. 8 <i>Risk score</i>	75
Tabel 5. 9 <i>Risk matrix</i>	76
Tabel 5. 10 Deviasi.....	77
Tabel 5. 11 <i>Likelihood</i> dan <i>Consequence</i>	77
Tabel 5. 12 <i>Risk Score</i>	78
Tabel 5. 13 <i>Risk matrix</i>	79
Tabel 5. 14 Hierarki Pengendalian <i>LESS PRESSURE</i>	84
Tabel 5. 15 <i>Corrosion</i>	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 <i>Process Flow Diagram</i>	29
Gambar 4. 2 <i>Process & Instrumentation Diagram Pig launcher</i>	30
Gambar 4. 3 <i>Process & Instrumentation Diagram Pig receiver</i>	31
Gambar 5. 2 RCA Peningkatan Kecepatan Fluida	82
Gambar 5. 3 RCA Korosi Eksternal	82
Gambar 5. 4 RCA Bahaya Paparan H ₂ S	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktivitas pengeboran minyak dan gas bumi (Migas) merupakan salah satu proses yang memiliki tingkat risiko tertinggi dalam industri energi. Setiap tahap operasi, mulai dari eksplorasi yang berpotensi menimbulkan dampak negative terhadap keselamatan dan Kesehatan kerja (K3), lingkungan, serta keandalan peralatan. Hal ini sejalan dengan undang- undang Nomor 1 tahun 1970 pasal 1 ayat (3) tentang keselamatan kerja yang menegaskan bahwa migas tergolong pekerjaan berisiko tinggi dan harus dilakukan dengan pengawasan ketat terhadap aspek keselamatan kerja.

Berdasarkan data direktorat jendral migas, tercatat sebanyak 117 insiden kecelakaan hulu migas pada tahun 2016 dan menurun menjadi 56 insiden pada tahun 2022, namun tingkat kejadian ringan hingga fatal masih konsisten terjadi (Raden Rizky Hartanto, et al., 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa pengendalian risiko dalam operasi migas memerlukan pendekatan analisis yang lebih sistematis dan preventif.

Salah satu studi yang menyoroti pentingnya identifikasi bahaya secara menyeluruh adalah penelitian penerapan HAZOP pada fasilitas permukaan pengeboran *under balanced* di lapangan HMD, yang menunjukkan bahwa metode HAZOP mampu secara efektif mengidentifikasi bahaya dan potensi penyimpangan dalam *sistem* pengeboran kompleks. HAZOP dinilai unggul dalam menemukan risiko yang berkaitan dengan interaksi antar subsistem proses dan telah banyak diterapkan di berbagai industri seperti petrokimia dan migas. Studi tersebut juga menunjukkan bahwa keberhasilan HAZOP sangat bergantung pada komitmen manajemen proyek, validitas data lapangan, serta tindak lanjut dari setiap rekomendasi mitigasi yang dihasilkan (Younes Moussous, 2008).

Namun, dalam konteks lapangan di Sumur X4 pada perusahaan Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd., penerapan HAZOP belum dilakukan secara optimal pada tahap awal proyek Sumur X4 ini. Berdasarkan hasil observasi di lapangan, perusahaan belum memiliki daftar risiko yang terperinci yang spesifik mencakup potensi deviasi pada setiap area operasi. Hal ini disebabkan oleh sifat deviasi yang dinamis dan berbeda-beda pada setiap sumur, tergantung pada kondisi geologi, tekanan reservoir, serta lingkungan sekitar. Oleh karena itu,

daftar risiko di perusahaan cenderung bersifat umum dan belum mengakomodasi kemungkinan bahaya spesifik di lokasi pengeboran baru.

Selain itu, kejadian ledakan pada sumur gas X4 di kabupaten Wajo pada 24 oktober 2024 menjadi bukti nyata perlunya peningkatan *sistem* mitigasi risiko yang komprehensif. Insiden tersebut terjadi saat kegiatan pengeboran masih berlangsung dan menyebabkan semburan api dari sumur yang tidak dapat diantisipasi oleh pekerja di lapangan. Berdasarkan hasil investigasi, perusahaan menggunakan metode HAZOP sebagai bagian dari mitigasi pasca kejadian untuk menganalisis potensi penyebab dan penyimpangan operasional yang terjadi (Dr. Antonius Alijoyo, ERMCP, CERG, CCSA, CFSA, Bobby Wijaya, M.M., ERMCP, QRMP, CEH, CGP, CSA, & Intan Jacob, M.M., QRMP, 2014). Namun, evaluasi HAZOP baru dilakukan setelah aktivitas pengeboran berjalan, sehingga hasilnya tidak efektif untuk mencegah risiko sejak awal.

Dalam penelitian ini, peneliti bekerja sama dengan pihak perusahaan untuk menerapkan Kembali metode HAZOP secara komprehensif dengan focus *sistem flowline*, yaitu jalur pengaliran fluida dari *well sire* menuju *central processing plant* (CPP). Focus ini dipilih karena area *flowline* memiliki potensi bahaya signifikan seperti *loss of containment*, *PRESSURE deviation*, dan *corrosion failure*, yang sering kali tidak terpantau pada tahap awal operasi. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat memberikan rekomendasi mitigasi yang lebih efektif dan menjadi dasar evaluasi tambahan bagi perusahaan sebelum kontraktor melanjutkan tahap operasi berikutnya.

Dari sisi historis, perusahaan Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. (EEES) telah menjadi operator utama lapangan gas di Kabupaten Wajo sejak tahun 1994, setelah mengambil alih saham dari *British Petroleum* dan *Chevron*. Perusahaan ini mengelola kontrak bagi hasil dengan Pertamina untuk menyuplai gas ke Energi Sengkang Power di Desa Patila, Kabupaten Wajo. Pada tahap awal EEES mengoperasikan tiga sumur produksi utam X1, X2, dan X3, dan kini mengembangkan sumur baru X4 sebagai bagian dari proyek pengembangan kapasitas pasokan gas domestik. Setiap sumur memiliki kondisi geteknik dan lingkungan berbeda, sehingga potensi deviasi dan risiko operasional pun bervariasi antar lokasi.

Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi perusahaan dalam meningkatkan efektivitas *sistem* manajemen risiko K3LL (*health, safety, environment, and loss prevention*), serta menjadi referensi penerapan metode HAZOP pada proyek pengeboran dan operasi fasilitas hulu migas di masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah contoh rumusan masalah:

1. Apa potensi bahaya yang dapat menimbulkan risiko kecelakaan kerja di *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.* pada proyek pengeboran sumur pengembangan X4 area *Flowline sistem* ?
2. Bagaimana akar penyebab potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja di *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.* proyek pengeboran sumur pengembangan X4 area *Flowline sistem* ?
3. Bagaimana rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan terhadap kemungkinan bahaya kecelakaan kerja pada area proyek pengeboran sumur pengembangan X4 area *Flowline sistem* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan penelitian pada penelitian ini:

1. Mengidentifikasi potensi bahaya yang dapat menimbulkan risiko kecelakaan kerja di *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.* pada proyek pengeboran sumur pengembangan X4 area *Flowline sistem* .
2. Menganalisis akar penyebab potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja di *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.* pada proyek pengeboran sumur pengembangan X4 area *Flowline sistem* .
3. Memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan untuk mencegah kemungkinan kecelakaan kerja pada proyek pengeboran sumur pengembangan X4 area *Flowline sistem* .

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan agar diharapkan bisa bermanfaat bagi penulis, perusahaan, dan pembaca. Berikut ini merupakan manfaat dari penelitian ini.

1. Bagi peneliti

Dapat dijadikan sebagai pembelajaran dan menerapkan teori yang telah diraih selama masa perkuliahan agar dapat menambah wawasan, ilmu, pengetahuan dalam memecahkan suatu permasalahan nyata yang berada di lingkungan kerja mengenai analisis potensi bahaya di perusahaan dengan menggunakan HAZOP (*Hazard and operability study*).

2. Bagi perusahaan

Perusahaan diharapkan hasil dari penelitian yang dilaksanakan dapat memberikan informasi kepada perusahaan mengenai kondisi tempat kerja pada proyek sumur pengembangan yang berpotensi adanya risiko yang dapat membahayakan pekerja dan dapat dipakai acuan untuk perbaikan.

3. Bagi pembaca

Pada penelitian ini pembaca dapat dijadikan sumber referensi dalam menambah informasi pengetahuan serta dapat dijadikan sebagai acuan untuk dilakukannya penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.*
2. Penelitian ini menggunakan Metode *Hazard & Operability Study* (HAZOP) untuk menganalisis risiko dan operabilitas terkait area *flowline sistem* dalam proyek pengeboran Sumur X4 di *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.* yang memiliki hasil penilaian menggunakan *Risk matrix* tinggi dan penerapan prinsip pareto.
3. Pengumpulan data dilakukan selama 2 oktober 2024 hingga 2 januari 2025.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian induktif

Pada kajian induktif menjabarkan beberapa penelitian terdahulu yang telah diselesaikan. Kajian induktif perlu di perhatikan untuk dilakukan dalam penelitian karna memberikan suatu landasan sebagai upaya pengembangan metode terkait penelitian yang akan dilakukan. diharapkan melalui kajian induktif dapat memberikan penguatan metode agar bisa memberikan kontribusi terhadap penelitian ini.

Dalam jurnal "Analisis risiko keselamatan dan Kesehatan kerja (K3) menggunakan metode Hazard and Operability Study (HAZOP) untuk proyek drainase Semani (Sentosa-Remaja-A. Yani)" oleh Rusli, Isnaini Zulkarnain, dan Yeyen Ekandari (2024), permasalahan yang diangkat adalah tingginya risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi drainase yang meskipun telah menerapkan sistem K3, kecelakaan masih sering terjadi akibat kelalaian pekerja. Metode yang digunakan adalah HAZOP untuk mengidentifikasi dan menganalisis risiko kecelakaan kerja secara sistematis dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif, termasuk pengisian worksheet HAZOP dan pengolahan data menggunakan Microsoft Excel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi risiko tinggi mencapai 32%, risiko sedang 54%, dan risiko rendah 14%, sehingga rekomendasi perbaikan difokuskan pada kondisi risiko tinggi dan sedang. Penelitian ini menyarankan penerapan HAZOP sebagai alat efektif dalam mengidentifikasi bahaya dan membantu manajemen proyek dalam memprioritaskan tindakan mitigasi risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

Suryadi, Islami, dan Ramadhan (2023) dalam jurnal berjudul "Pendekatan penilaian keselamatan bahaya dan pengoperasian (HAZOP) di sektor pembangkit listrik" membahas potensi bahaya kerja di area boiler pada pembangkit listrik tenaga uap. Permasalahan utama yang diangkat adalah tingginya risiko kecelakaan kerja akibat berbagai bahaya seperti panas berlebih, kebisingan, uap bocor, dan risiko jatuh dari ketinggian. Penelitian ini menggunakan metode HAZOP untuk mengidentifikasi dan menilai risiko secara sistematis melalui observasi, wawancara, dan analisis data kecelakaan. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 12 potensi bahaya utama dengan risiko tertinggi pada kebisingan (deafness). Penulis memberikan saran berupa penerapan pengendalian risiko yang meliputi penggunaan alat pelindung diri (PPE),

pelatihan keselamatan, prosedur kerja standar, serta pengawasan ketat untuk meminimalkan kecelakaan kerja di area tersebut. Metode HAZOP terbukti efektif dalam memberikan analisis yang lebih rinci dan terstruktur dibandingkan metode lain, sehingga dapat menjadi acuan dalam pengelolaan keselamatan di sektor pembangkit listrik.

Noriyati et al. (2017) dalam jurnal berjudul “Studi HAZOP dan penentuan tingkat integritas keselamatan menggunakan analisis pohon kesalahan pada pembakar superheat bahan bakar gas unit ammonia di pabrik petrokimia, Jawa Timur” membahas risiko tinggi pada komponen pembakar superheat di pabrik ammonia yang dapat mengancam keselamatan operasi. Permasalahan utama adalah tingginya peluang kegagalan sistem keselamatan (SIS) pada sensor temperatur TT-1005 dan sensor tekanan PT-1018 yang masih berada pada tingkat SIL 1 dengan PFD 4,38%. Metode yang digunakan adalah kombinasi HAZOP untuk identifikasi bahaya dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk menghitung tingkat integritas keselamatan secara kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan dua katup darurat (ESDV) dan beberapa *PRESSURE* switch, PFD dapat diturunkan menjadi sekitar 0,99%, sehingga sistem keselamatan meningkat ke SIL 2. Saran dari kajian ini adalah perlunya redesign sistem keselamatan dengan penambahan komponen pengaman untuk mengurangi risiko kegagalan dan meningkatkan keandalan sistem operasi.

Dalam jurnal berjudul Penerapan HAZOP pada fasilitas permukaan pengeboran yang kurang seimbang di lapangan HMD oleh Younes MOUSSOUS (2008), dibahas permasalahan keselamatan dan kesehatan kerja serta risiko operasional yang muncul selama proses pengeboran tidak seimbang (Under-balanced Drilling/UBD) di lapangan HMD. Penelitian ini menggunakan metode HAZOP (Hazard and Operability Study) sebagai pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi bahaya yang mungkin terjadi pada fasilitas permukaan pengeboran yang kurang seimbang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan HAZOP efektif dalam mengidentifikasi potensi bahaya dan masalah operasional, sehingga dapat meningkatkan desain peralatan dan prosedur operasi demi keselamatan dan efisiensi kerja. Penulis menyarankan agar dalam pelaksanaan operasi UBD, pemahaman mendalam terhadap proses, peralatan, dan prosedur K3LL sangat penting, serta pengujian sistem keselamatan harus dilakukan secara menyeluruh untuk mengurangi risiko yang ada. Studi ini menegaskan bahwa HAZOP merupakan alat yang sangat berguna dalam manajemen risiko di industri pengeboran tidak seimbang.

Nur Liyana Shafie dan Roslina Mohammad (2023) dalam jurnal berjudul "Perlindungan dan mitigasi bahaya dan operabilitas selama produksi dan pengeboran simultan di anjungan minyak dan gas" membahas permasalahan risiko tinggi yang muncul akibat kegiatan produksi dan pengeboran simultan (SIPROD) di platform lepas pantai minyak dan gas. Penelitian ini menggunakan metode studi HAZOP (Hazard and Operability) yang melibatkan tim multidisiplin untuk mengidentifikasi potensi bahaya, penyebab, dan konsekuensi dari setiap peralatan serta memberikan rekomendasi mitigasi. Hasil penelitian menunjukkan banyak skenario bahaya yang perlu diprioritaskan dan ditindaklanjuti dengan perbaikan desain dan tindakan operasional yang tepat. Penulis menekankan pentingnya keterlibatan aktif peserta selama lokakarya HAZOP dan perlunya mekanisme pemantauan tindak lanjut rekomendasi untuk memastikan keselamatan dan operabilitas platform. Saran kajian ini adalah penerapan HAZOP secara sistematis dan terstruktur serta penguatan manajemen risiko untuk mengurangi kecelakaan dan meningkatkan keselamatan kerja di industri minyak dan gas.

Khairullah Raesya Nugroho (2025) dalam penelitiannya berjudul "Analisis Risiko dan Operabilitas pada Proyek Pengeboran Sumur X4 Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (HAZOP) Area Flowline System" meneliti potensi bahaya pada sistem aliran fluida di proyek pengembangan sumur gas milik Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.. Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah tingginya risiko keselamatan kerja akibat deviasi proses seperti *less pressure* dan *corrosion* yang dapat memicu Loss of Primary Containment (LOPC), kebakaran, atau ledakan. Penelitian ini menggunakan metode HAZOP untuk mengidentifikasi potensi deviasi serta Root Cause Analysis (RCA) untuk menelusuri akar penyebabnya. Hasil kajian menunjukkan bahwa deviasi *less pressure* pada kondisi operasi 50 psig menyebabkan peningkatan kecepatan fluida yang mempercepat korosi dan erosi pada pipa, sedangkan korosi eksternal dipicu oleh kelembapan lingkungan dan degradasi lapisan pelindung (coating). Penilaian menggunakan risk matrix memperoleh nilai risiko 12 (kategori sedang) yang berarti bahaya masih dapat ditoleransi namun memerlukan pengendalian tambahan. Peneliti menyarankan penerapan Risk Based Inspection (RBI), peningkatan sistem monitoring tekanan, serta penguatan prosedur tanggap darurat untuk meminimalkan risiko residu dan menjamin keberlanjutan operasi.

Pada tabel dibawah ini akan menjelaskan focus penelitian berdasarkan objek, yaitu minyak dan gasm petrokimia, proyek drainase, dan pembangkit listrik. Seerta metode yang digunakan

tidak hanya HAZOP namun menggabungkan beberapa metode. Berikut merupakan kajian literatur pada penelitian ini:

Tabel 2. 1 kajian induktif

No.	Judul, Penulis, dan tahun	Focus penelitian				Metode		Hasil	Kontribusi jurnal
		Minyak dan gas	Petrokimia	Drainases	Pembangkit Listrik	HAZOP	Risk matrix		
1	Analisis risiko keselamatan dan Kesehatan kerja (K3) menggunakan metode <i>Hazard and operability study</i> (HAZOP) untuk proyek drainase semani (Sentosa-Remaja-A. Yani) (Rusli, Isnaini Zulkarnain, & Yeyen			✓		✓	✓	Menyajikan Langkah implementasi HAZOP pada proyek drainase, menghasilkan risk matrix untuk evaluasi severity dan likelihood, rekomendasi control untuk menurunkan kecelakaan kerja. Proporsi tingkat risiko pada proyek ini dengan risiko tinggi 32%, risiko sedang 54%, dan risiko tinggi 14%, dimaan rekomendasi	Menunjukkan pengaplikasian metode HAZOP pada protek konstruksi drainase, memperlihatkan Langkah-langkah operasional HAZIP yang di sesuaikan studi K3 di lapangan dan sesuai yang diwajibkan oleh regulasi ketenagakerjaan.

	Ekandari, 2024).				perbaikan focus pada kondisi berisiko tinggi dan sedang.	
2	Pendekatan penilaian keselamatan bahaya dan pengoperasian (HAZOP) di sektor pembangkit listrik (Akmal Suryadi, Mega Cattleya PA Islami, & Gilang Ramadhan, 2023).	✓	✓		Menyajikan hasil konkret kuantifikasi dan klasifikasi 12 bahaya potensial di area boiler serta tingkat risiko untuk masing-masing bahaya, menyorot kebisingan (<i>deafness</i>) sebagai salah satu risiko tinggi utama.	Sumber jurnal ini mendukung terhadap penerapan yang sistematis dalam identifikasi bahaya dan penilaian risiko di area boiler pada sektor pembangkit listrik, sehingga pengendalian yang konkret.
3	Studi HAZOP dan penentuan tingkat integritas keselamatan menggunakan analisis pohon kesalahan pada pembakar superheat bahan bakar	✓	✓	✓	Hasil penelitian menunjukkan di beberapa komponen, yaitu TT-1005 (sensor temperature) dan PT-1018 (sensor tekanan) pada pembakar superheat di pabrik ammonia memiliki risiko tinggi	Jurnal ini menggunakan HAZOP dan penggabungan dengan FTA dan SIL secara kuantitatif bertujuan untuk memudahkan identifikasi komponen berisiko tinggi

	gas unit ammonia di pabrik petrokimia, Jawa Timur (Ronny Dwi Noriyati, Amarendra B.Prakoso, Ali Musyafa, & Adi Soeprijanto, 2017).		terhadap keselamatan operasi.	dan memberikan rekomendasi perbaikan yang jelas.
4	Penerapan HAZOP pada fasilitas permukaan pengeboran yang kurang seimbang di lapangan HMD (Asian Journal of Applied Sciences, 2008).	✓	✓	Identifikasi dan evaluasi bahaya pada fasilitas permukaan pengeboran UBD di lapangan HMD (hulu migas duri) meningkatkan pengujian <i>sistem</i> keselamatan kritis operasi dan peningkatan desain peralatan tidak seimbang, dan prosedur operasi. Jurnal ini menunjukkan bahwa HAZOP efektif untuk mengidentifikasi bahaya dan meningkatkan keselamatan operasi pengeboran serta menekankan pentingnya pemahaman K3LL dan pengujian sistem keselamatan.

5	Perlindungan dan mitigasi bahaya dan operabilitas selama produksi dan pengeboran simultan di anjungan minyak dan gas (Nur liyana shafie & Roslina mohammad, 2023).	✓	✓	Hasil dari jurnal ini ditemukannya berbagai skenario bahaya yang perlu diprioritaskan dan ditindak lanjuti. Rekomendasi arus diberikan kepada pihak bertanggungjawab, dibuatkan rencana Tindakan, dan dipantau sampai selesai. Partisipasi aktif peserta lokakarya sangat penting untuk efektivitas studi.	Studi ini memberikan panduan terstruktur terhadap penerapan HAZOP pada operasi SIPROD, menekankan pentingnya prioritas risiko dan mekanisme tindak lanjut untuk memastikan keselamatan dan operabilitas platform minyak dan gas.
6	Analisis risiko dan operabilitas pada proyek pengeboran Sumur X4 menggunakan metode <i>Hazard and operability study</i> (HAZOP)	✓	✓	✓ Berdasarkan hasil penelitian rekomendasi pengendalian risiko mencakup peningkatan <i>sistem</i> monitoring tekanan penambahan lapisan proteksi terhadap pipa, inspeksi berkala	Metode HAZOP berkontribusi secara signifikan dalam penelitian ini karena mampu memberikan pendekatan sistematis dan terukur untuk mengidentifikasi potensi deviasi

area flowline
system
(Khairullah
Raesya
Nugroho,
2025).

berbasis risiko *riks* pada proses
based inspection pengeboran dan
(RBI), serta aliran fluida di
penguatan area *flowline*
prosedur tanggap *sistem*. Proses
darurat untuk ini membantu
meminimalkan penyusunan
dampak strategi
kecelakaan. pengendalian
Dengan demikian, risiko dan
penelitian ini rekomendasi
berkontribusi pada perbaikan yang
upaya peningkatan selaras dengan
keselamatan kerja regulasi SKK
serta mendukung Migas dan
keberlanjutan kementerian
operasi minyak ESDM sebagai
dan gas sesuai badan pengawas
standar regulasi perusahaan
nasional. Minyak dan Gas
di Indonesia.

Dari uraian tabel perbedaan metode diatas, HAZOP memiliki lebih banyak tahapan-tahapan untuk menyelesaikan penelitian dan lebih detail dalam mengidentifikasi bahaya. Kemudian dengan menggunakan metode HAZOP peneliti dapat menjawab tujuan dari penelitian sehingga penggunaan metode HAZOP pada penelitian ini pilihan yang tepat.

2.2 Kajian Deduktif

2.2.1 Keselamatan dan Kesehatan kerja (K3)

Menurut suwandi dandaryanto keselamatan dan Kesehatan kerja adalah suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmaniah maupun rohaniah tenaga kerja pada khususnya, dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budaya untuk menuju masyarakat adil dan Makmur (Iksan Adiasa, Nabilla Safarani, Arum A. Marsiwah, & Bagas Afif Budianto, 2024). Sedangkan menurut peraturan pemerintah (PP) nomor 50 tahun 2012, pengertian keselamatan dan Kesehatan kerja (K3) adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan Kesehatan kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja.

Di Indonesia, dalam undang-undang No, 23 tahun 1992 disebutkan bahwa pentingnya Kesehatan kerja agar setiap pekerja dapat bekerja secara sehat tanpa membahayakan diri sendiri dan masyarakat untuk produktivitas yang baik. Cara untuk mencapai hal tersebut, yaitu meliputi pelayanan Kesehatan kerja, pencegahan penyakit akibat kerja, dan syarat Kesehatan kerja. Keselamatan dan Kesehatan kerja mengandung nilai perlindungan tenaga kerja dari kecelakaan atau penyakit akibat kerja. Tenaga kerja merupakan asset organisasi yang sangat berharga dan merupakan unsur penting dalam proses produksi di samping unsur lainnya seperti material, mesin, dan lingkungan kerja. Oleh karena itu tenaga kerja harus dijaga, dibina, dan dikembangkan untuk meningkatkan produktivitasnya.

2.2.2 Kecelakaan kerja

Berdasarkan undang-undang No.1 (1970) tentang keselamatan kerja, kecelakaan kerja adalah sesuatu kejadian yang tidak diduga dan tidak dikehendaki yang mengacaukan proses yang telah diatur dari suatu aktivitas dan dapat menimbulkan kerugian baik korban manusia maupun harta benda. Sedangkan menurut undang-undang No. 3 (1992) tentang jaminan sosial tenaga kerja. Kecelakaan kerja merupakan kecelakaan yang terjadi dalam pekerjaan sejak berangkat dari rumah menuju ke tempat kerja dan pulang ke rumah melalui jalan yang biasa di lalui.

Kecelakaan kerja didefinisikan suatu kejadian tiba-tiba yang tidak diinginkan yang dapat mengakibatkan luka-luka, kerusakan harta benda atau kerugian waktu, bahkan hingga kematian. Salah satu teori yang menjelaskan terjadinya kecelakaan kerja dikembangkan oleh H.W. Heinrich yang dikenal sebagai “teori Domino Heinrich”. Dalam teori tersebut, dijelaskan bahwa kecelakaan terdiri atas lima faktor yang saling berhubungan, yaitu :

1. Kondisi kerja

2. Kelalaian manusia
3. Tindakan tidak aman
4. Kecelakaan
5. Cedera

2.2.3 Hazard and Operability Study (HAZOP)

Menurut British Standard (2003) *Hazard Operability Study* (HAZOP) merupakan identifikasi pada suatu bahaya yang dilakukan oleh tim. Pada HAZOP dilakukan identifikasi penyimpangan dari suatu desain, penyebab terjadinya dan penilaian dari konsekuensinya (Anis Sulanjari, 2016). HAZOP sendiri berawal dari kata *Hazard and Operability Study*.

a. Hazard

Suatu kondisi fisik yang memiliki potensi suatu kecelakaan, kerugian, kerusakan alat, lingkungan, atau konstruksi.

b. Operability study

Kondisi operasi yang sudah di *design* tapi memiliki potensi pemberhentian operasi dikarenakan suatu insiden atau penyimpangan yang terjadi sehingga dapat merugikan perusahaan. Konsep pada HAZOP yaitu istilah-istilah yang sering dipakai pada studi HAZOP ini:

- 1 Titik studi (*node*) yaitu titik lokasi dalam sistem atau proses yang memiliki sumber bahaya dan perlu diselidiki deviasinya.
- 2 Instensi perancangan (*Guide Word*) yaitu tujuan yang diharapkan dari perancangan ini ditetapkan dalam kondisi sistem yang normal atau tidak ada deviasi di *node*.
- 3 Penyebab (*cause*) yaitu hal menjadikan timbulnya deviasi.
- 4 Dampak (*consequence*) yaitu hasil dari deviasi yang terjadi.
- 5 Kata panduan (*guide words*) yaitu kata-kata sederhana yang digunakan untuk mengukur tujuan rancangan sistem atau proses, serta memberikan panduan dalam proses analisis HAZOP.

Tabel 2. 2 *guide words* atau kata panduan

<i>Guide words</i>	makna logis	Contoh penggunaan
--------------------	-------------	-------------------

<i>No (not, none)</i>	Tidak ada tujuan perancangan operasi yang tercapai	Tidak ada aliran air
<i>More (more of, higher)</i>	Peningkatan kuantitatif tujuan perancangan operasi	Arus listrik terlalu tinggi
<i>less (less of, lower)</i>	Penurunan kuantitatif dari tujuan perancangan operasi	Arus listrik terlalu rendah
<i>As well as</i>	Peningkatan kualitatif	Larutan penting dihilangkan
<i>Part of</i>	Penurunan kuantitatif	Penetrasi air ke dalam <i>reactor</i>
<i>Reverse</i>	Berlawanan dengan tujuan perancangan operasi	Aliran air mengalir melawan arus
<i>Other than (other)</i>	Substitusi penuh	Larutan larutan yang digunakan telah (terganti seluruhnya)
<i>Early</i>	Penentuan waktu lebih awal dari tujuan perancangan operasi	Penambahan larutan terlalu dini
<i>Late</i>	Penentuan waktu lebih lambat dari tujuan perancangan operasi	Penambahan larutan terlambat

- 6 Usaha perlingungan (*safeguard*) yaitu suatu perlengkapan untuk mencegah deviasi atau memperlececil dampak deviasi .
- 7 Parameter (*process parameter*) yaitu ukuran intensi atau tujuan suatu sistem atau proses yang dianalisis. Contoh parameter proses yang sering digunakan dalam Teknik HAZOP adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 3 Parameter HAZOP

Parameter		
Aliran (<i>flow</i>)	Komposisi (<i>composition</i>)	Ph
Tekanan (<i>PRESSURE</i>)	Penambahan (<i>addition</i>)	Ukuran (<i>sequence</i>)
Suhu (<i>temperature</i>)	Pemisahan (<i>separation</i>)	Korosi (<i>corrode</i>)/ sinyal (<i>signal</i>)

Pencampuran (<i>mixing</i>)	Waktu (<i>time</i>)	Mulai/ berhenti (<i>start/stop</i>)
Pengadukan (<i>stirring</i>)	Fase (<i>phase</i>)	Arus (<i>current</i>)
Pengalihan (<i>transfer</i>)	Kecepatan (<i>speed</i>)	Operasi (<i>operate</i>)
Tingkat (<i>level</i>)	Ukuran partikel (<i>particle size</i>)	Pemeliharaan (<i>maintenance</i>)
Kekentalan (<i>viscosity</i>)	Pengukuran (<i>measure</i>)	Jasa (<i>service</i>)
Reaksi (<i>reaction</i>)	Kendali (<i>control</i>)	Komunikasi (<i>communication</i>)

Setelah mengenali pada istilah yang digunakan dalam Teknik HAZOP, saat nya kita untuk mengenali penggunaan metode HAZOP. Langkah pada metode HAZOP yaitu proses identifikasi *Hazard and Operability Study* (HAZOP) *worksheet* dan *risk matrix* adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui urutan proses yang ada pada area penelitian
- b. Mengidentifikasi hazard yang di dapatkan pada area penelitian.
- c. Melengkapi kriteria yang ada di HAZOP worksheet dengan urutan sebagai berikut:
 1. Mengklasifikasikan *hazard* yang di dapatkan pada area penelitian.
 2. Mendeskripsikan *Guide Word* atau penyimpangan yang terjadi selama proses operasi.
 3. Mendeskripsikan penyebab terjadinya penyimpangan (*cause*).
 4. Mendeskripsikan penyebab ini terjadi dari penyimpangan tersebut (*consequence*)
 5. Menentukan *safeguards* atau pengaman
 6. Melakukan *risk matrix* dengan penilaian risiko yang timbul dengan mendefinisikan kriteria *Likelihood* dan *consequence s* (*Severity*). kriteria *Likelihood* yang dipakai adalah frekuensi dimana dalam perhitungan secara kuantitatif berdasarkan data atau *record* perusahaan. Kriteria *consequence s* (*Severity*) yang dipakai ialah akibat dari apa yang diterima pekerja di definisikan secara kualitatif dan pertimbangkan hari kerja yang hilang.
 7. Melakukan *risk matrix* dengan perbandingan dari *hazard* yang telah diidentifikasi menggunakan *worksheet* HAZOP dengan memperhitungkan *Likelihood* dan *consequences*. Kemudian menggunakan *risk matrix* untuk mengetahui mana *hazard* dan penyimpangan yang memiliki prioritas tinggi karna nilai risiko yang tinggi untuk diperbaiki.
 8. Merancangan perbaikan untuk risiko yang memiliki level ekstrem, kemudian melakukan rekomendasi perbaikan.

2.2.4 Risk matrix

Risk matrix merupakan hasil dari perkalian dari *Likelihood* dan *consequence (Severity)*. penentuan nilai *risk matrix* berdasarkan acuan tabel *risk matrix the standard Australia/new Zealand* (Estri Kartika, Endang Purnawati Rahayu, Kamali Zaman, Herniwanti, & Nopriad, 2022). Tingkat *risk matrix* dapat di tentukan berdasarkan kriteria seperti tabel.

Tabel 2. 4 Parameter HAZOP

Tingkat	<i>Likelihood</i>	
	Kriteria	Deskripsi
1	Jarang	belum pernah terdengar di industri minyak dan gas
2	Kemungkinan kecil	terdengar di industri minyak dan gas
3	Mungkin	pernah terjadi di perusahaan
4	kemungkinan besar	terjadi beberapa kali per tahun di perusahaan
5	Hampir pasti	terjadi beberapa kali per tahun di sebuah lokasi

Tabel 2. 5 Kriteria *Consequence*

<i>Severity level</i>	<i>Field of consequence s</i>	
	Kriteria Umum	
1	Adanya satu/beberapa bentuk paparan. Pertolongan pertama	
2	Efek kesehatan/penyakit ringan. RWDC (kecelakaan yang membutuhkan perawatan lukanya)	
3	Memperbaiki efek sedang. LTI (kecelakaan mengakibatkan pegawai tidak dapat melakukan pekerjaan pada hari itu juga)	
4	Dampak kesehatan serius yang bersifat permanen dan mengancam jiwa. Kematian tunggal atau beberapa kematian akibat kecelakaan dengan disabilitas	
5	Terjadinya beberapa dampak kesehatan serius yang bersifat permanen dan mengancam jiwa. Banyak kematian	

Tabel 2. 6 Kriteria *Consequence*

<i>Risk matrix</i>		<i>Likelihood</i>				
		1	2	3	4	5
<i>Consequence or Severity</i>	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Tabel 2. 7 *Risk Score*

Tidak dapat diterima, karna tugas harus didefinisikan ulang atau tindakan pengendalian risiko harus diambil untuk mengurangi risiki secara substansial	Tidak dapat diterima (U)
Bahaya yang dapat di toleransi yang perlu diselidiki, dengan tujuan untuk mengurangi risiko lebih lanjut.	Bahaya yang dapat ditoleransi (T)
Tidak diperlukan tindakan segera selain dari tindakan pengurangan yang ada dalam daftar	Dapat diterima (A)

Berdasarkan kriteria kejadian dan kriteria konsekuensi tersebut, anda melakukan analisis risiko dari deviasi di setiap *node* kemudia memetakannya dalam *consequence/ Likelihood matrix*. Lakukan analisis dengan perhitungan sederhana sebagai berikut:

Risiko = tingkat kemungkinan kejadian (*Likelihood*) X tingkat konsekuensi (*consequence*).

2.2.5 Diagram Pareto

Menurut Ramadhani et al, (2014) diagram pareto merupakan gabungan diagram batang dan diagram garis. Seorang ahli di italia bernama Vilfredo Frederigo Samoso pada tahun 1897 pertama kali mengemukakan diagram pareto. Diagram pareto ialah diagram yang mengurutkan data menurut ranking dari tertinggi hingga terendah (Vina Amanda, 2021). Sehingga bisa menentukan prioritas masalah yang harus segera ditangani dan masalah yang tidak perlu ditangani segera menurut Ariani, 2004 dalam (Vina Amanda, 2021). Prinsip pareto dikenal

dengan aturan 80-20 yang di ramaikan oleh Joseph M. Juran yang memiliki arti 80% dari efek permasalahan disebabkan oleh 20% dari penyebabnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian ini berjudul “analisis risiko dan operabilitas proyek pengeboran sumur pengembangan X menggunakan metode *Hazard and Operability Study* (HAZOP) pada area *Flowline* sistem” dilakukan di Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. yang bertempat di bagian departemen *Facility Engineering*. Kemudian untuk pengumpulan data dilaksanakan pada bulan Oktober hingga Januari 2025.

3.2 Sumber data

3.2.1 Data primer

Data primer atau yang disebut informasi penting adalah jenis informasi eksplorasi yang diperoleh dengan melakukan wawancara dan *brainstorming* untuk mendapatkan informasi langsung mengenai suatu risiko pada area *flowline* sistem mulai dari well site ke *Central Processing Plant* (CPP) di Energy Equity Epic Sengkang PTY. LTD., lalu tim HAZOP perwakilan dari Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. (EEES), Konsorium PT. Ramai Jaya Abadi – PT. Haryatek Elsindo Anugrah – Kontraktor Teknik, dan Fasilitator dan penulis HAZOP. Berikut daftar kehadiran selama lokakarya HAZOP:

Tabel 3. 1 Data Primer

No	Nama	insitution
1	Roy Bermana	facilitator
2	Rashal Fissama	scriber
3	Ananda Erza Putra A.	scriber
4	Ridwan Jalal	EEES
5	Hidayatullah Hamid	EEES
6	Rachmad Y.	EEES
7	Bimayuda	EMP-EEES
8	Adluan	EEES
9	Khairullah Raesya Nugroho	EEES-KP

10	Tika Iswara	EEES
11	Seno Yudho	EMP-EEES
12	Trias Agung S.	PT. Haryatek
13	Ardi P.	PT. Haryatek
14	M. Syamsudin	PT. Haryatek

Tabel diatas yang menghadiri dari forum mitigasi terhadap proyek pengeboran sumur baru X4, dimana dalam penilaian risk matrix terhadap risiko itu dari pihak perusahaan Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd., berikut pemberian nilai, yaitu bapak Ridwan Jalal, bapak Hidayatullah Hamid, bapak Rachmad Y., bapak Bimayudam, bapak Adluan, bapak Khairullah Raesya Nugroho, bapak, Tika Iswara, dan bapak Seno Yudho.

3.2.2 Data sekunder

Data sekunder ini didapatkan dengan mengumpulkan informasi dari jurnal, artikel, dan data yang diberikan dari pihak perusahaan, serta menggunakan media internet sebagai jalan dalam penelitian ini, serta literatur referensi yang mendukung suatu landasan teori untuk penelitian ini.

3.3 Objek penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di perusahaan *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.* di Jakarta Selatan, Cilandak Timur, Pasar Minggu, Menara 165, Lantai 20 Jl. TB Simatupang Kav. 1 dengan objek penelitian ialah analisis risiko yang terdapat pada lokasi proyek pengeboran sumur pengembangan X. risiko disini dapat diperoleh dari proses analisis data pada PFD dan P&ID yang dilakukan saat forum diskusi dilakukan untuk menemukan suatu penyimpangan yang mungkin bisa terjadi (risiko) sehingga berpotensi menimbulkan bahaya hingga terjadi kecelakaan kerja.

3.4 Metode pengumpulan data

Prosedur pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Observasi

Peneliti observasi partisipatif pada meeting terkait identifikasi manajemen risiko pada proyek sumur pengembangan X4 di *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.* Jakarta Selatan.

2. *Brainstorming*

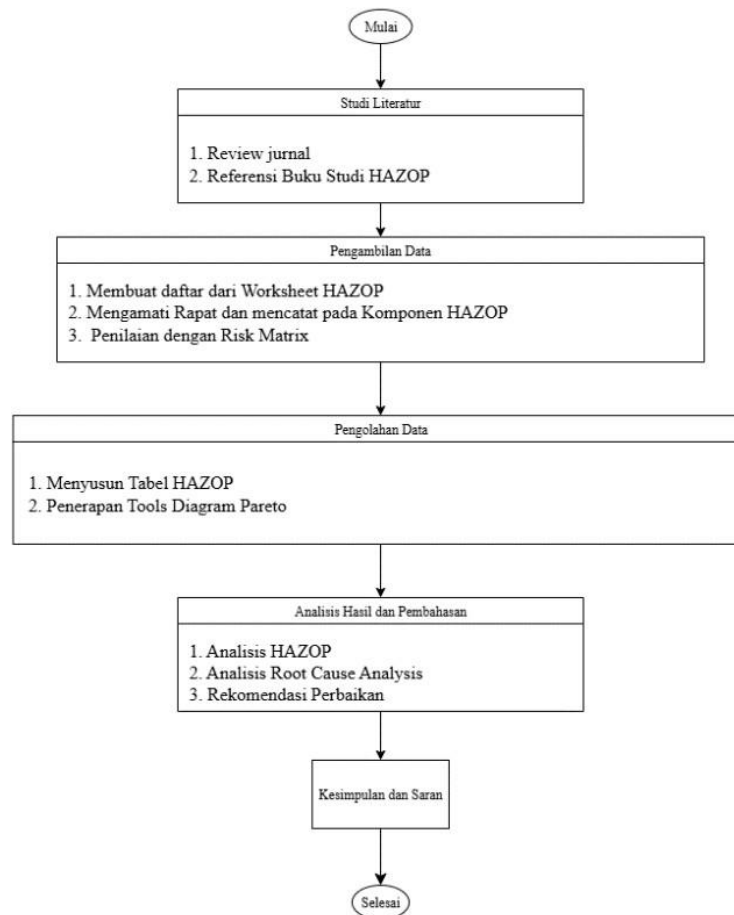
Brainstorming dilakukan untuk mengidentifikasi *Likelihood* dan *consequence* yang sesuai dengan perusahaan.

3. Wawancara

Wawancara dilaksanakan untuk mengumpulkan informasi dengan bertanya langsung. Penelitian ini dilakukan wawancara kepada Bapak Erlangga Wishnupraditya dari Departement Sub surface & drilling dan Bapak Tika Iswara dari Departement Facility Engineering

3.5 Alur penelitian

Berikut ini adalah alur penelitian :



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

Berikut Langkah-langkah pada penelitian ini :

a. Studi Literatur

Mencari dan mempelajari literatur tentang bahaya, risiko dan metode HAZOP. Literatur yang digunakan berasal dari berbagai jurnal nasional maupun internasional. Selain studi literatur, juga dilakukan studi lapangan dengan cara observasi penelitian dengan tujuan untuk mengetahui permasalahan atau kondisi saat ini di EEES dengan melakukan pengamatan dan wawancara dengan karyawan di kantor utama.

b. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan data dan informasi yang diperlukan dalam penyelesaian permasalahan untuk diolah sehingga tujuan penelitian ini tercapai. Pada tahap ini, data dibutuhkan sebagai berikut:

1. Data primer, yaitu data yang didapatkan melalui observasi, wawancara, dan brainstorming Bersama dengan karyawan *facilities engineering, instrumentation, sub surface and drilling*. Data yang dikumpulkan sebagai berikut.

- a. Observasi

Peneliti observasi partisipatif pada meeting terkait identifikasi manajemen risiko pada proyek sumur pengembangan X4 di *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.* Jakarta Selatan.

- b. *Brainstorming*

Brainstorming dilakukan untuk mengidentifikasi *Likelihood* dan *consequence* yang sesuai dengan perusahaan.

- c. Wawancara

Wawancara adalah metode pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab dengan pihak perusahaan. Pada penelitian ini dilakukan wawancara dengan bidang *facilities engineering* Bapak Iswara untuk mengetahui risiko kegagalan *design* awal dalam perancangan *design p&id* dan Departement *Sub surface and Drilling* Bapak Erlangga.

2. Data sekunder, yaitu data yang telah tersedia atau dapat didapatkan dari perusahaan. Data sekunder yang dikumpulkan sebagai berikut:

- a. Profil perusahaan

- b. Struktur organisasi

- c. Proses dari perancangan proyek pengeboran Sumur X4

- c. Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data ini menggunakan metode *Hazard and Operability Study* (HAZOP) yang dimulai dari pengumpulan data P&ID, menentukan komponen penting HAZOP, identifikasi bahaya HAZOP, menentukan nilai *consequence* , dan *Likelihood* dengan menggunakan *risk matrix*. Penggunaan prinsip diagram pareto bertujuan menentukan penentuan mitigasi risiko utama yang diutamakan dengan prinsip 80/20 atau 80% penyebab masah bisa di selesaikan dengan 20% usaha kecil atau upaya kecil namun bisa berdampak besar dalam perubahan.

- d. Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pembahasan dengan analisis *Hazard and Operability Study* (HAZOP) untuk identifikasi penyimpangan serta *Root Causes Analysis* (RCA) untuk menggali akar penyebab dari setiap deviasi yang teridentifikasi. Penggabungan kedua metode ini bertujuan menghasilkan rekomendasi perbaikan yang lebih komprehensif, baik dari sisi teknis maupun manajerial, sehingga dapat digunakan sebagai Langkah mitigasi yang efektif bagi perusahaan.

e. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir penelitian yaitu kesimpulan dan saran. Pada bagian kesimpulan, hasil analisis dirangkum untuk menjawab tujuan penelitian yang telah dirumuskan awal. Sementara, saran diberikan program manajemen risiko serta sebagai acuan bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan kajian di bidang serupa.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian ini dilakukan di energy equity epic sengkang pty. Ltd. Pada area *flowline sistem* proyek pengeboran sumur pengembangan X4, pada proyek ini memiliki potensi risiko kecelakaan. Selanjutnya pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi hazop, yang dimulai dengan diadakan rapat dengan dihadiri oleh departement *facility engineering, sub surface and drilling*, kontraktor, dan *insutrmmentation*. Pengumpulan data yang dibutuhkan pada metode hazop dan *risk matrix*. Lalu dilakukan wawancara dengan departement *sub surface and drilling* dan *facility engineering* terkait histori atau riwayat dalam perusahaan terkait risiko yang dihadapi saat pada kegiatan eksplorasi area *flowline*.

4.1.1 Deskripsi Perusahaan

Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. atau biasa disebut EEES ialah Kontraktor Kontra Kerja Sama (KKKS) atau perusahaan mengelola blok migas Sengkang di kabupaten wajo, Sulawesi selatan. Perusahaan ini beroperasi berdasarkan *sistem* kontrak kerja bagi hasil (PSC) yang diatur oleh SKK Migas untuk memasok gas ke pembangkit listrik di desa patila, kecamatan pammana. EEES memulai operasinya sejak 14 agustus 1997, setelah mengambil alih 100% saham blok Sengkang dari British Petroleum dan Chevron pada tahun 1994. Sebelumnya, sumber gas alam dibawah ini ditemukan ileh gulf oil pada tahun 1972 dan dikelola hingga tahun 1994 oleh berbagai perusahaan. EEES adalah anak perusahaan dari Energy Equitu Corporation Australia dan kin menjadi operator tunggal blok Sengkang. dalam penmgelolaan awalnya, EEES memanfaatkan tiga sumur produksi yaitu X1, X2, dan X3, dengan jarak masing-masing 4 km, 3,5 km, dan 1,5 km dari unit pengolahan gas di lokasi tersebut. Gas alam dihasilkan dan dipakai untuk mendukung pembangkit listrik atau biasa disebut PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap).

4.1.1.1 Visi dan Misi Perusahaan

Visi adalah tujuan yang tepat pada perusahaan untuk meraih beberapa tujuan di masa yang akan datang, dimana mengarahkan sumber daya yang dimiliki perusahaan untuk mencapai beragam

tujuan. Visi yang dibentuk pada suatu perusahaan harus benar atau memiliki korelasi yang sangat bijaksana dengan misi perusahaan, sehingga apa yang tertulis itu masih berada pada *scope* saat ini.

1. Visi perusahaan

Visi pada Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. umumnya berfokus pada menjadi salah satu kontraktor komntrak kerja sama (KKKS) yang berkembang dan berkontribusi pada pembangunan Indonesia melalui pemenuhan kebutuhan energi gas alam negara. Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. ialah anak perusahaan dari Energy World International berkomitment untuk menjadi salah satu KKKS yang berkembang dan mampu berkontribusi dalam membangun Indonesia melalui pemenuhan kebutuhan gas bumu dan menjalankan kegiatan operasinya denga naman dan ramah lingkungan.

2. Misi perusahaan

Misi pada perusahaan Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.:

- a. Menciptakan nilai bagi seluruh pemangku kepentingan melalui keberhasilan dalam kegiatan eksplorasi dan produksi yang berkelanjutan.
- b. Meningkatkan kesadaran akan budaya Kesehatan, keselamatan kerja, dan perlindungan akan lingkungan sekitar tambang.

4.1.1.2 Lokasi Perusahaan

Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. berlokasi di Kampung Baru, Desa Poleonro, Kecamatan Gilireng, Kabupaten Wajo, Provinsi Sulawesi Selatan. Letaknya berada sekitar 13,5 kilometer dari Kota Sengkang, selain itu kantor pusat dan fasilitas utama yang berada di Kampung Baru, Perusahaan ini juga memiliki unit gas atau *Central Processing Plant* (CPP) yang terhubung dengan beberapa sumur yang tersebar disekitar area tersebut, setelah diproses gas akan dialirkan ke *Metering Station* (MS) yang jaraknya 28,6 kilometer. Menjadikan fasilitas operasional perusahaan terkoneksi dalam satu jaringan yang terintegrasi di wilayah Kabupaten Wajo.

4.1.2 Kegiatan Kerja

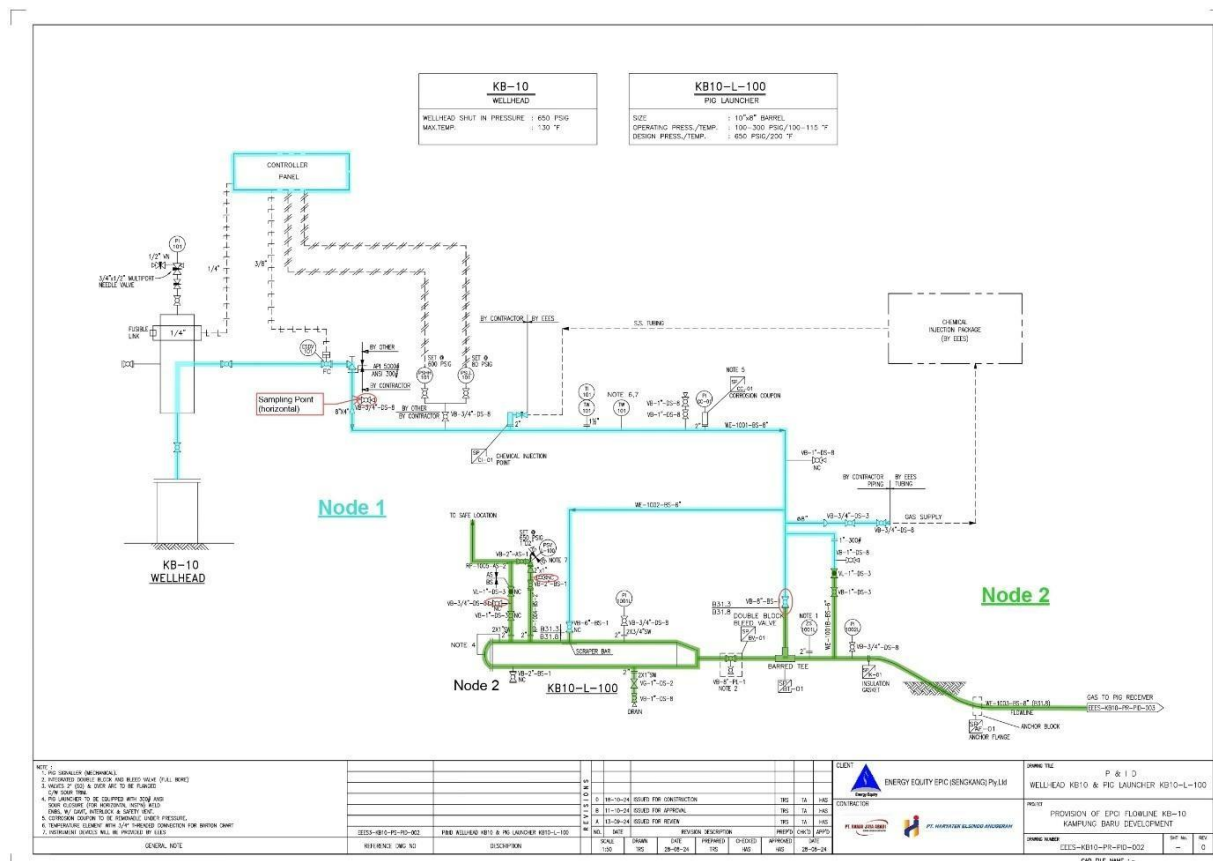
Kegiatan kerja Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. Sulawesi selatan, bermaksud untuk memperluas kapasitas pabrik mereka untuk memenuhi permintaan gas penjualan meningkat dapat mengembangkan sumur baru di kabupaten wajo, Sulawesi selatan. Perusahaan berencana untuk mengebor Sumur X4, proyek ini mencakup pembangunan saluran aliran dari Sumur X4 diproduksi melalui jalur pipa yang disebut *Flowline* yang menghubungkan kepada sumur ke *central processing plant* (CPP) di kampung baru yang terletak 3,3 km dari Sumur X4. Lokasi pekerjaan adalah area tempat pekerjaan dilakukan yaitu area sumur, ROW, dan CPP.

Komponen utama *Flowline* sebagai berikut:

- a. Perpipaan di area sumur beserta seluruh instrumentasi yang terhubung dari sumur menuju *pig launcher*.
- b. Saluran aliran yang ditanam dari *pig launcher* di area sumur menuju *pig receiver* di area CPP kampung baru.
- c. Perpipaan di area CPP kampung baru untuk dihubungkan beserta seluruh instrumennya.
- d. Sepasang *pig launcher* dan *pig receiver*.

Flowline dalam hal ini adalah jaringan pipa yang berada di atas maupun dibawah tanah yang mengalir dari kepala sumur yang berada di area lokasi sumur sampai ke point di CPP di kampung baru, berikut instrumentasi:

Gambar 4. 1 *Process Flow Diagram*



Gambar 4. 2 Process & Instrumentation Diagram Pig launcher

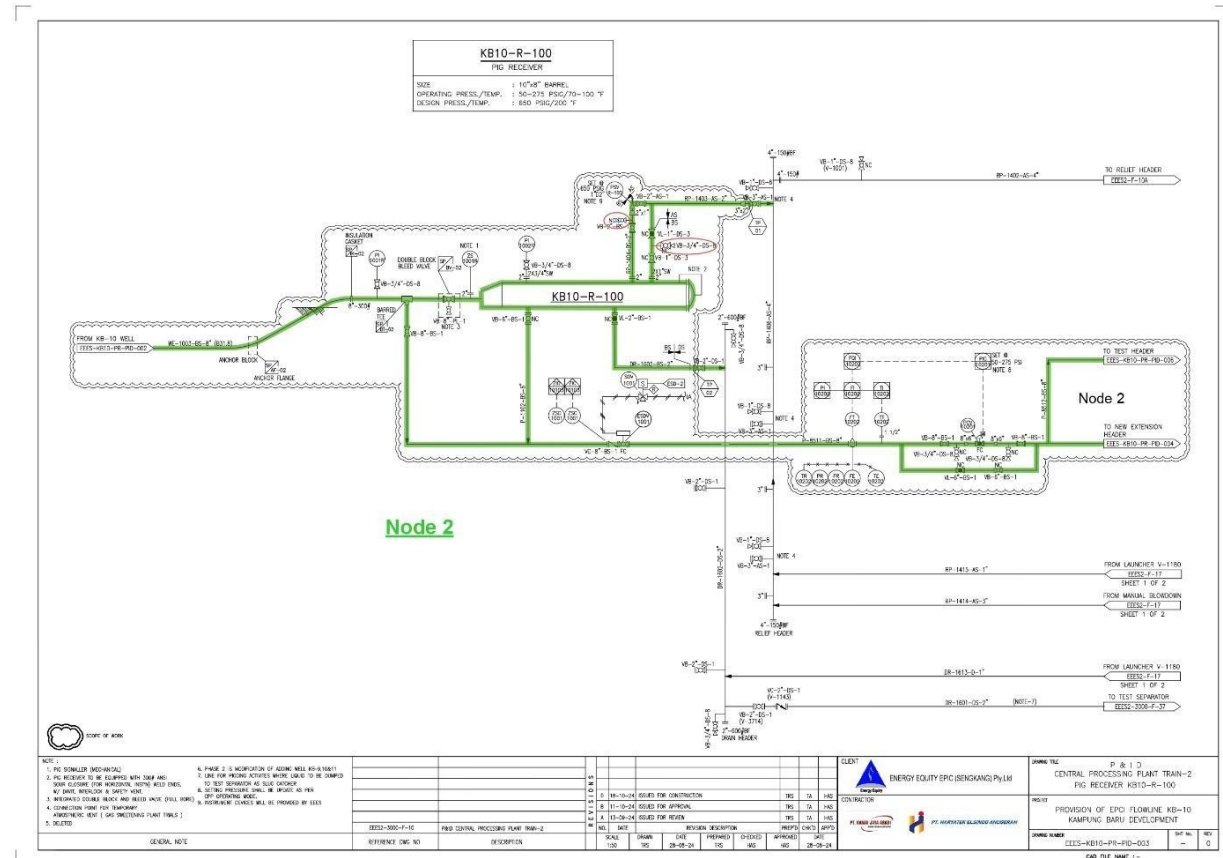
Berdasarkan gambar 4.2 yaitu *Process & Instrumentation Diagram Pig launcher* aliran fluida dari Sumur X4 dikendalikan melalui *wellhead* yang dilengkapi choke valve manual dan *shutdown valve* sebagai pengendali awal. Dari sini, fluida melewati *fusible link* dan *ball valve* sebagai *sistem* pengaman terhadap kebakaran maupun overPRESSURE. Aliran kemudian terhubung dengan *controller panel* yang didukung pasokan nitrogen cadangan untuk menjaga fungsi *sistem shutdown pneumatic* pada kondisi darurat.

Node 1 mencakup *flow controller* (FC), *Emergency shutdown valve* (ESDV), serta instrument seperti *PRESSURE indicator* (PI), *Temperature indication* (TI), dan proteksi tekanan (PSHH/PSLL). Fungsinya menjaga kestabilan aliran, mencegah deviasi tekanan, serta menghubungkan ke paket injeksi kimia untuk memasukkan inhibitor korosi agar pipa terlindungi dari kerusakan.

Pada node 2, fluida diarahkan *pig receiver* (SUMUR X4-L-100). Tahap ini digunakan untuk proses pigging, yaitu pembersihan jalur pipa dari endapan atau kotoran. Peralatan pendukungnya meliputi *ball valve*, *relief valve*, *double block and bleed valve*, serta *barred tee*

yang mengatur jalur utama maupun bypass. Sistem ini juga terintegrasi dengan *push button* darurat, *fusible loop*, dan *instrument switching* guna memastikan keamanan operasi *pigging*.

Setelah pig diluncurkan, fluida Bersama pig mengalir melalui pipa utama 8 inc yang dilengkapi dengan insulation gasket dan *anchor flange* untuk menjaga integritas mekanik serta isolasi listrik. Asliran kemudian diterima di *pig receiver*, tempat pig dipisahkan dari fluida dialirkan ke fasilitas pemrosesan berikutnya.



Gambar 4. 3 Process & Instrumentation Diagram Pig receiver

Berdasarkan gambar diatas aliran fluida produksi dari sumur baru X4 dimulai dari *flowline* WE-1003-BS-8". Pada bagian wellhead ini sudah dilengkapi *choke valve* manual dan *shutdown valve* sebagai pengendali awal. Jalur kemudian diperkuat dengan *anchor block* dan *anchor flange* untuk menjaga kestabilan mekanis pipa, serta *insulation gasket* untuk mencegah arus liar. Di sisi instrument, terpasang *pressure indicator* PI-1001R yang berfungsi memantau tekanan dari *wellhead* sebelum aliran masuk ke *barred tee* (SP/BT – 02).

Dari *barred tee*, aliran dialirkan menuju *pig receiver*. Pada segmen ini terdapat *ball valve* utama (VB-8"-PL-1) dengan standar ANSI 600 *pipeline sour service*, serta beberapa *ball*

valve lain yang berfungsi sebagai isolasi. Instrument tambahan seperti status *indicator* (SP/NV – 02) dan *emergency switching* (ZS) juga disediakan untuk mendukung operasi aman. Di *pig receiver*, terdapat *pressure indicator* PI-1002R yang merekam tekanan actual fluida Ketika *pigging* dilakukan. Dari *pig receiver*, aliran fluida memiliki beberapa jalur:

1. Menuju *relief header* → aliran dapat dilepas ke jalur *relief/ blowdown* menggunakan *PRESSURE concentric, ball valve*, serta *globe valve* untuk pembuangan atau *overPRESSURE*.
2. Menuju *drain header* → jalur drain dilengkapi *globe valve* 2"ANSI 300 dan serangkaian *ball valve* serta *blind flange*. Fungsi utamanya untuk membuat sisafluida Ketika *pig receiver* dibersihkan atau di *maintenance*.
3. Menuju jalur utama (*test header* dan *new extension header*) → dari *pig receiver*, aliran utama ke pipa proses P-1102-BS-6" yang dilengkapi *check valve, emergency shutdown valve* (ESDV), serta *sistem instrument* darurat berupa ZSO/ZSC (*shutdown open/ close*) dengan sinyal pneumatik dan solenoid relay. Sebelum diteruskan, fluida diukur dengan *quick change orifice* (FE-10202) yang dilengkapi instrument FQI, PI, FI, TI, FT, TT, PR, TR, FR, FE, TE untuk melewati *sistem* pengukuran, aliran fluida diarahkan ke pipa utama P-8511-BS-8" dan P-8512-BS-8" menuju *test header* dan *new extension header*.

Aliran fluida memiliki 3 jalur agar menjamin fleksibilitas, tersedia juga jalur *bypass* berdiameter 6" yang dilengkapi *globe valve* dan *ball valve*, sehingga aliran masih bisa diarahkan walaupun jalur utama sedang isolasi atau *maintenance*.

4.1.2.1 Deskripsi Fasilitas

Jalur produksi *header-1* yang ada diperluas sebagai jalur produksi *header-2* untuk menerima dan menggabungkan gas dari sumur yang ada sumur X1, sumur X2, sumur X3, dan sumur baru X4.

Katup manual isolasi disediakan di *header* produksi ekstensi untuk memisahkan fluida dari sumur yang sudah ada sumur yang ada sumur X1, sumur X2, sumur X3, dan sumur baru X4. Katup ini juga dapat di gunakan untuk operasi fleksibilitas guna menggabungkan fluida sumur dari sumu yang sudah ada dan sumur baru X4.

Sebelum masuk ke *production header*, gas dari masing-masing sumur akan masuk ke flow controller untuk mencapai keseimbangan agar laju produksi total 35 MMscf tercapai dan

selanjutnya diukur dengan alat perekam aliran tipe *orifice* meter yang berada di hulu *production header*.

Fasilitas lokasi Sumur X4:

- a. Kepala Sumur X4 lengkap dengan katup choke manual dan katup tertutup.
- b. Panel penutupan kepala sumur lengkap dengan botol nitrogen untuk pasokan cadangan pnumatik dan kebutuhan penyalan.
- c. Paket injeksi inhibitor korosi.
- d. *Sistem shutdown* (termasuk PSHH, PSL, *sistem* loop fusible, *sistem* push *shutdown*) tombol.

Kepala sumur dilengkapi dengan katup sayap manual, katup penutup dan katup yang dioperasikan secara manual katup *choke*. Katup *choke* disesuaikan secara manual oleh operator untuk memenuhi laju produksi sumur yang di harapkan.

Penyuntikan kimia untuk aplikasi penghambat korosi harus digunakan untuk saluran alir baja karbon Sumur X4. Ketersediaan penghambat korosi disuntikan ke katup Dalam tahap pengambilan data dan pengamatan dari PFD (*Process flow diagram*) dan P&ID (*Process Instrumentation Diagram*). Data-data diatas yang akan digunakan dalam penentuan guide word dan parameter sehingga menjadi *Guide Word* atau penyimpangan, setelah itu mencari *causes* (penyebab) dan *consequence* (akibat) dari *Guide Word* diawal dalam area *Flowline sistem* . Lalu worksheet HAZOP digunakan untuk mengisi data hasil identifikasi risiko dari aktivitas proses proyek Pengeboran sumur pengembangan X4 di *Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.* dengan melakukan *brainstorming* di forum HAZOP.

hilir untuk memastikan pencampuran penghambat korosi yang memadai saat melewati pipa. Penghambat korosi harus sesuai dengan suhu desain pipa dengan keenderungan signifikan terhadap pembentukan busa atau emulsi.

Produksi fluida Sumur X4 akan dikirim ke pabrik gas CPP *flowline* bawah tanah sepanjang 8" dengan Panjang sekitat 3,3 km. pada kondisi tekanan tinggi, fluida dari Sumur X4 akan mengalir seara alami, sumur akan dioperasikan pada kondisi operasi tekanan rendah dan penyediaan untuk pemanfaatan kompresor pendorong akan disediakan di CPP untuk memenuhi kondisi unit pengolahan gas masuk.

Tabel 4. 1 Data informasi *flowline*

No	Komponen	Komponen	Ukuran
1	sumur X4	Kepala sumur tertutup dalam tekanan	650 PSIG
2	sumur X4-L-100	MAX.Temp. Size Operating press./temp. design press./temp.	130°F 10"x8" BARREL 100-300 PSIG/100-115°F 650 PSIG/200°F
3	sumur X4-R-100	Size Operating press./temp. design press./temp.	10"x8" BARREL 50-275 PSIG/70-100°F 650 PSIG/200°F
4	Spesifikasi Gas di Sumur X1.X2. dan, X3	Tekanan : Kandungan H2S : Temperature :	minimum 350 psig dan maksimum 415 psig lebih kecil atau sama dengan 10 ppm minimum 15 C dan maksimum 80 C

4.2 Pengolahan Data

Bentuk pengumpulan data yang di laksanakan bertujuan mengumpulkan data dengan metode yang tepat dan sesuai kondisi dari objek yang diteliti yang diharapkan mendapatkan data yang objektif. Berikut merupakan metode pengumpulan data yang digunakan sebagai berikut:

a. Data primer

Data yang dipakai dengan melakukan wawancara dan pengamatan langsung proyek Sumur X4 mengenai suatu risiko pada area *flowline sistem* mulai dari well site ke *Central Processing Plant* (CPP) di Energy Equity Epic Sengkang PTY. LTD., lalu tim HAZOP perwakilan dari Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. (EEES), Konsorium PT. Ramai Jaya Abadi – PT. Haryatek Elsindo Anugrah – Kontraktor Teknik, dan Fasilitator dan penulis HAZOP.

b. Data sekunder

Data sekunder ini didapatkan dengan mengumpulkan informasi dari jurnal, artikel, dan data yang diberikan dari pihak perusahaan, serta menggunakan media internet sebagai jalan dalam penelitian ini, serta literatur referensi yang mendukung suatu landasan teori untuk penelitian ini.

4.2.1 HAZOP

Pengolahan data dilaksanakan dengan melaksanakan identifikasi bahaya pada proyek sumur pengembangan menggunakan *worksheet hazard and operability study* (HAZOP) sehingga mengetahui sumber daya, penyebab, dampak, dan Tindakan yang harus dilakukan, setelah itu dilakukan pemberian nilai pada setiap risiko. Identifikasi bahaya data dilaksanakan dengan melakukan identifikasi bahaya pada proyek sumur pengembangan menggunakan *worksheet hazard and operability study* (HAZOP) sehingga mengetahui sumber bahaya, penyebab, dampak, Tindakan yang harus dilakukan, setelah itu dilakukan pemberian nilai pada setiap risiko.

Tabel 4. 2 Hazard Identification

No	Parameter	Kata Panduan	Deviasi	Penyebab	Konsekuensi
1	Flow	No	1. <i>No Flow</i>	1. ESDV-1001 ditutup karena listrik mati (pneumatic)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.
				2. ESDV-1001 ditutup karena aktuasi palsu/pemrosesan sinyal yang salah (misalnya kegagalan fungsi sensor,	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang

			kehilangan kesalahan dll.)	sinyal, logika,	mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledak an jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.
2	Flow	<i>less</i>	2. <i>less flow</i>	3. Pengotoran katup periksa akibat penumpukan kotoran padat (misalnya pasir, produk korosi, hidrat, atau lain-lain)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledak an jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.

1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.
4. Katup manual terbuka sebagian selama aktivitas operasi (misalnya, pigging, start-up/*shutdown* atau kesalahan manusia)

				5. PIG terjebak saat operasi pemboran	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.
3	Flow	More	3. more flow	6. Arus lonjakan selama aktivitas pigging ke fasilitas CPP Kampung Baru	1. Stres, getaran atau kelelahan pada pipa/aliran, berpotensi menyebabkan LOPC, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan berakibat fatal
4	pressure	less	4. less pressure	7. Kerusakan sistem PIC-10201	1. Kecepatan yang lebih tinggi, berpotensi menyebabkan korosi/erosi, menyebabkan

LOPC dalam
jangka waktu
lama,
mengakibatkan
potensi
kebakaran/
ledakan jika
tersulut api,
berakibat fatal

8. Mode LP pada OP
50 psig

1. Kecepatan
yang lebih
tinggi,
berpotensi
menyebabkan
korosi/ erosi,
menyebabkan
LOPC,
mengakibatkan
potensi
kebakaran/
ledakan jika
tersulut api,
berakibat fatal

- | | |
|---|--|
| 9. Kebocoran akibat kegagalan integritas aset | 1. Menyebabkan potensi kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat kematian |
|---|--|

5	<i>pressure</i>	More	5. More <i>pressure</i>	10. Kerusakan sistem PIC-10201	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledak an jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.
6	<i>Corrosion</i>	<i>Corrosion</i>	6. <i>Corrosion</i>	11. Korosi eksternal	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledak an jika tersulut api, berakibat fatal

12. Gas Hidrogen Peroksida (H ₂ S)kandungan dalam cairan sumur (600 ppm)	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledak an jika tersulut api, berakibat fatal
---	---

13. Kandungan air dalam fluida sumur yang menyebabkan	1. Korosi yang menyebabkan LOPC,
---	--

				akumulasi air di saluran kantong	berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal
				14. Kandungan padat dalam fluida sumur	1. Korosi/ erosi yang menyebabkan LOPC, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal
7	Occupational safety	Occupational safety	7. Occupational safety	15. kegiatan atau aktivitas peluncuran/penerimaan (Pig launching/receiving activity)	1. Potensi pekerja terpapar uap atau cairan HC dan gas beracun yang berpotensi menyebabkan keracunan yang mengakibatkan cedera/kematian

8	Flow	More	8. Flow	More	16. Akhir pembukaan dibiarkan terbuka (dicabut)	2. Potensi bahaya tekanan dari gas yang terperangkap atau tekanan sisa, yang berpotensi menimbulkan dampak pada personel, yang berpotensi mengakibatkan hilangnya nyawa. 3. Potensi kebakaran karena adanya komponen piroforik dalam cairan saat pembukaan penutup 1. LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal
---	------	------	------------	------	---	--

9	Equipment Setting	Equipment Setting	9. Equipment Setting	17. Lokasi ventilasi	1. Menyebabkan potensi kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat kematian
---	-------------------	-------------------	----------------------	----------------------	--

4.2.2 Risk matrix

Penilaian risiko pada penelitian ini dilanjutkan dengan menetapkan nilai *Likelihood* dan nilai *consequence*. *Likelihood* adalah kemungkinan nya kecelakaan kerja apabila pekerja berdekatan dengan sumber bahaya atau penyimpangan. *Consequence* adalah tingkat keparahan yang diakibatkan oleh potensi bahaya. Berikut penetapan pemberian penilaian risiko setelah dari identifikasi bahaya:

Tabel 4. 3 Risk Assessment

Deviasi	Penyebab	Konsekuensi	Pengamanan	Risiko		
				C	L	R
1. No Flow	1. ESDV-1001 ditutup karena listrik mati (pneumatic)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#)	4	1	4
			2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101 3. PM Periodik di ESDV 4. Interkoneksi sistem paket udara instrumen yang ada train 1 & train 2 5. Area Pig receiver berada dalam area jangkauan detektor gas mudah terbakar dan beracun yang ada. 6. Peralatan pemadam kebakaran yang			

			ada (misalnya, hidran kebakaran)			
			1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#)	4	1	4
			2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101			
			3. PM Berkala di ESDV, PSHH/LL			
			4. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan detektor gas mudah terbakar dan beracun yang ada.			
			5. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)			
			1. Tidak ada pengalaman produksi pasir di sumur lain di lapangan Kampung Baru	4	1	4
			2. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#)			
			3. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101			
		1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.				
	2. ESDV-1001ditutup karena aktuasi palsu/pemrosesan sinyal yang salah (misalnya kegagalan fungsi sensor, kehilangan sinyal, kesalahan logika, dll.)					
2. less flow	3. Pengotoran katup periksa akibat penumpukan kotoran padat (misalnya pasir, produk korosi, hidrat, atau lain-lain)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut				

	api, dan dapat berakibat fatal.	4. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
		1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#)	4	2	8
		2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101			
4. Katup manual terbuka sebagian selama aktivitas operasi (misalnya, pigging, start-up/shutdown atau kesalahan manusia)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
		4. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan detektor gas mudah terbakar dan beracun yang ada.			
		5. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)			
5. PIG terjebak saat operasi pemboran	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga	1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#) 2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu	4	1	4

		SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	tertutup dari ESDV-101			
			3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
			4. Area penerima babi yang ditutupi detektor gas mudah terbakar dan beracun			
			5. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)			
3. <i>more flow</i>	6. Arus lonjakan selama aktivitas pigging ke fasilitas CPP Kampung Baru	1. Stres, getaran atau kelelahan pada pipa/aliran, berpotensi menyebabkan LOPC, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan berakibat fatal	1. Produksi fluida gas kering selama umur produksi Sumur X4	4	1	4
			2. Saluran khusus pembuangan cairan dari kegiatan pigging ke separator uji sebagai penangkap siput			
4. <i>less pressure</i>	7. Kerusakan sistem PIC-10201	1. Kecepatan yang lebih tinggi, berpotensi menyebabkan korosi/erosi, menyebabkan LOPC dalam jangka waktu lama, mengakibatkan	1. Tekanan operasi minimum mengacu pada tekanan operasi Pemisah Produksi sekitar 250 psig, kecepatan fluida saat ini dalam aliran 8" dengan aliran desain 15 MMscfd sekitar 28 ft/s	4	1	4

8. Mode LP pada OP 50 psig	potensi kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal 1. Kecepatan yang lebih tinggi, berpotensi menyebabkan korosi/ erosi, menyebabkan LOPC, mengakibatkan potensi kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	2. PM Periodik pada sistem PIC 3. Injeksi inhibitor korosi 4. Indikasi aliran (FI-10202) @CPP Kampung Baru 5. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO) 1. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO) 2. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan detektor gas mudah terbakar dan beracun yang ada. 3. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)	4	3	1 2

1. Injeksi inhibitor korosi	4	2	8
-----------------------------	---	---	---

9. Kebocoran akibat kegagalan integritas aset

1. Menyebabkan potensi kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat kematian

2. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)

3. PSL-101 diatur pada 80psig, pemicu tertutup ESDV-101

4. Flowline yang terkubur di lokasi sumur SUMUR X4 - CPP Kampung Baru

6. <i>Corrosion</i>	11. Korosi eksternal	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Pelapisan 3LPE 2. Perlindungan katodik 3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO) 4. BARIS lokasi sumur pipa SUMUR X4 ke CPP Kampung Baru	5	2	1 0
------------------------	----------------------	--	---	---	---	--------

		1. Kepatuhan terhadap NACE MR0175 untuk perpipaan/bahan perpipaan	5	2	10
12. Gas Hidrogen Peroksida (H ₂ S) kandungan dalam cairan sumur (600 ppm)	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	2. Injeksi inhibitor korosi 3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO) 4. PSL-101 diatur pada 80psig, pemicu tertutup ESDV-101 5. Pemantauan kupon korosi (SP-CC-01)			
13. Kandungan air dalam fluida sumur	1. Korosi yang menyebabkan	1. Kepatuhan terhadap NACE	4	1	4

yang menyebabkan akumulasi air di saluran kantong	LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	MR0175 untuk bahan perpipaan 2. Injeksi inhibitor korosi 3. PSL-101 diatur pada 80psig, pemicu tertutup ESDV-101 4. Produksi fluida gas kering selama umur produksi Sumur X4 5. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)	4	1	4
14. Kandungan padat dalam fluida sumur	1. Korosi/ erosi yang menyebabkan LOPC, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Tidak ada pengalaman produksi pasir di sumur lain di lapangan Kampung Baru	4	1	4

			4	2	8
7. Occupational safety	15. kegiatan atau aktivitas peluncuran/penerimaan (Pig launching/receiving activity)	1. Potensi pekerja terpapar uap atau cairan HC dan gas beracun yang berpotensi menyebabkan keracunan yang mengakibatkan cedera/kematian 2. Potensi bahaya tekanan dari gas yang terperangkap atau tekanan sisa, yang berpotensi menimbulkan dampak pada personel, yang berpotensi mengakibatkan	1. SOP pigging (pembersihan dengan nitrogen/gas manis) 1. Penutup babi dengan sistem interlock tekanan 2. SOP Pigging (prosedur ventilasi)	4	1 4

				hilangnya nyawa.				
				3. Potensi kebakaran karena adanya komponen piroforik dalam cairan saat pembukaan penutup	1. SOP Pigging (sarana pemadam kebakaran siaga, selang pemadam/hydrant, APAR)	2	2	4
8. <i>More Flow</i>	16. pembukaan dibiarkan (dicabut)	Akhir terbuka		1. LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Katup pembuangan dan pembuangan dengan sumbat di ujung terbuka	4	1	4
9. <i>Equipment Setting</i>	17. Lokasi ventilasi			1. Menyebabkan potensi kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat kematian	1. Perangkat listrik yang ada di sekitar <i>Pig receiver</i> , sumur X4-R-100 berada di luar area berbahaya	4	2	8

Pengumpulan data dan pengolahan data ini menggunakan metode HAZOP, sehingga dapat dilakukan analisis dan pembahasan berdasarkan temuan deviasi bahaya proses proyek sumur pengembangan di Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.. pada tabel diatas. *Worksheet* HAZOP terdapat 9 deviasi atau penyimpangan dengan dampak dari deviasi tersebut terdapat 17 temuan dampak dan 19 *consequence s* pada area *Flowline sistem* Sumur X4. Hasil dari menggunakan *risk matrix* mendapatkan penilaian risiko sebanyak 7 dengan risiko sedang dan 12 risiko rendah. Penyebab dari risiko sedang tersebut diantaranya yaitu, katup manual terbuka Sebagian selama aktivitas operasi, terjadi peningkatan kecepatan fluida yang beresiko korosi, terjadi kebocoran akibat kegagalan integritas asset, terjadi korosi eksternal pada *Flowline* dari Sumur X4 ke CPP menyebabkan kebocotan gas (LOPC), terjadi korosi pada pipa dan *Flowline* akibat kandungan H₂S yang tinggi dalam cairan sumur, keselamatan kerja pada saat pelaksanaan kegiatan *pig launching* dan *pig receiving*, *venting location* tidak terkontrol.

Analisa keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui nilai risiko pada masing-masing deviasi yang dihasilkan, *risk matrix* yang diperoleh antara lain:

1. *No Flow*

Risiko rendah = 2 dari 2 risiko (100%)

Risiko sedang = 0 dari 2 risiko (0%)

Risiko tinggi = 0 dari 2 risiko (0%)

2. *less flow*

Risiko rendah = 2 dari 3 risiko (66,7%)

Risiko sedang = 1 dari 3 risiko (33,3%)

Risiko tinggi = 0 dari 3 risiko (0%)

3. *More Flow*

Risiko rendah = 1 dari 1 risiko (100%)

Risiko sedang = 0 dari 1 risiko (0%)

Risiko tinggi = 0 dari 1 risiko (0%)

4. *less pressure*

Risiko rendah = 1 dari 3 risiko (33,3%)

Risiko sedang = 2 dari 3 risiko (66,6%)

Risiko tinggi = 0 dari 3 risiko (0%)

5. *More pressure*

Risiko rendah = 1 dari 1 risiko (100%)

Risiko sedang = 0 dari 1 risiko (0%)

Risiko tinggi = 0 dari 1 risiko (0%)

6. *Corrosion*

Risiko rendah = 2 dari 4 risiko (50%)

Risiko sedang = 2 dari 4 risiko (50%)

Risiko tinggi = 0 dari 4 risiko (0%)

7. *Occupational Savety*

Risiko rendah = 2 dari 3 risiko (66,6%)

Risiko sedang = 1 dari 3 risiko (33,7%)

Risiko tinggi = 0 dari 3 risiko (0%)

8. *More Flow*

Risiko rendah = 1 dari 1 risiko (100%)

Risiko sedang = 0 dari 1 risiko (0%)

Risiko tinggi = 0 dari 1 risiko (0%)

9. *Venting Lovation*

Risiko rendah = 0 dari 1 risiko (0%)

Risiko sedang = 1 dari 1 risiko (100%)

Risiko tinggi = 0 dari 1 risiko (0%)

10. Total risiko keseluruhan

Risiko rendah = 12 dari 19 (63,16%)

Risiko sedang = 7 dari 19 (36.84%)

Risiko tinggi = 0 dari 19 (0%)

Hasil dari penilaian risiko yang memiliki penilaian risiko sedang sebanyak 36,84%, serta membutuhkan tindak lanjut namun tidak semua deviasi tersebut harus ditindaklanjuti secara bersamaan, mengingat urgensi penanganan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, dilakukan analisis memakai prinsip pareto atau dikenal dengan 20% penyebab bertanggungjawab atas 80% akibat.

4.2.3 Diagram Pareto

Berikut hasil dari penilaian dari *risk matrix* untuk menerapkan prinsip diagram pareto 80/20.

Tabel 4. 4 Tabel HAZOP dan Penilaian *Risk matrix*

Deviasi	Penyebab	Konsekuensi	Pengamanan	Risiko Awal		
				C	L	R
1. <i>No Flow</i>	1. ESDV-1001 ditutup karena listrik mati (pneumatic)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut	1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#) 2. Perangkat PSHH-101 @600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101 3. PM Periodik di ESDV 4. Interkoneksi 58system paket udara 58system58r58t yang ada train 1 & train 2	4	1	4

		api, dan dapat berakibat fatal.	5. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan 59system59r gas mudah terbakar dan beracun yang ada.			
			6. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)			
	2. ESDV-1001ditutup karena aktuasi palsu/pemrosesan sinyal yang salah (misalnya kegagalan fungsi sensor, kehilangan sinyal, kesalahan logika, dll.)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#) 2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101 3. PM Berkala di ESDV, PSHH/LL 4. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan 59system59r gas mudah terbakar dan beracun yang ada. 5. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)	4	1	4
2. <i>less flow</i>	3. Pengotoran katup periksa akibat penumpukan kotoran padat (misalnya pasir, produk korosi, hidrat, atau lain-lain)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut	1. Tidak ada pengalaman produksi pasir di sumur lain di lapangan Kampung Baru 2. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#) 3. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101	4	1	4

	api, dan dapat berakibat fatal.	4. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas 60yeste sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
4. Katup manual terbuka 60yستم60r selama aktivitas operasi (misalnya, pigging, start-up/shutdown atau kesalahan manusia)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#) 2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101 3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas 60yeste sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO) 4. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan 60yستم60r gas mudah terbakar dan beracun yang ada. 5. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)	4	2	8
5. PIG terjebak saat operasi pemboran	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang	1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#) 2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101	4	1	4

		mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas 61yste sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
			4. Area penerima babi yang ditutupi sistem gas mudah terbakar dan beracun			
			5. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)			
3. <i>more flow</i>	6. Arus lonjakan selama aktivitas pigging ke fasilitas CPP Kampung Baru	1. Stres, getaran atau kelelahan pada pipa/aliran, berpotensi menyebabkan LOPC, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan berakibat fatal	1. Produksi fluida gas kering selama umur produksi Sumur X4 2. Saluran khusus pembuangan cairan dari kegiatan pigging ke separator uji sebagai penangkap siput	4	1	4
4. <i>less pressure</i>	7. Kerusakan Sistem PIC-10201	1. Kecepatan yang lebih tinggi, berpotensi menyebabkan korosi/erosi, menyebabkan LOPC dalam jangka waktu lama, mengakibatkan potensi kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Tekanan operasi minimum mengacu pada tekanan operasi Pemisah Produksi sekitar 250 psig, kecepatan fluida saat ini dalam aliran 8” dengan aliran desain 15 MMscfd sekitar 28 ft/s 2. PM Periodik pada sistem PIC 3. Injeksi inhibitor korosi 4. Indikasi aliran (FI-10202)	4	1	4

@CPPKampung
Baru

		5. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas 62yste sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
8. Mode LP pada OP 50 psig	1. Kecepatan yang lebih tinggi, berpotensi menyebabkan korosi/ erosi, menyebabkan LOPC, mengakibatkan potensi kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas 62yste sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO) 2. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan 62system62r gas mudah terbakar dan beracun yang ada. 3. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)	4	3	1 2
9. Kebocoran akibat kegagalan integritas aset	1. Menyebabkan potensi kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat kematian	1. Injeksi inhibitor korosi 2. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas 62yste sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)	4	2	8

				3. PSL-101 diatur pada 80psig, pemicu tertutup ESDV-101			
				4. Flowline yang terkubur di lokasi sumur SUMUR X4 – CPP Kampung Baru			
				5. BARIS lokasi sumur pipa SUMUR X4 ke CPP Kampung Baru			
				6. Pemadam Kebakaran Lokal (Damkar PEMDA)			
				7. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan 63system63r gas mudah terbakar dan beracun yang ada.			
				8. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)			
5. <i>more pressure</i>	10. Kerusakan system PIC-10201	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#)	4	1	4	
			2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101				
			3. PM Periodik pada 63system PIC				
			4. Pemadam Kebakaran Lokal (Damkar PEMDA)				
			5. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan sistem gas mudah terbakar dan beracun yang ada.				
			6. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)				

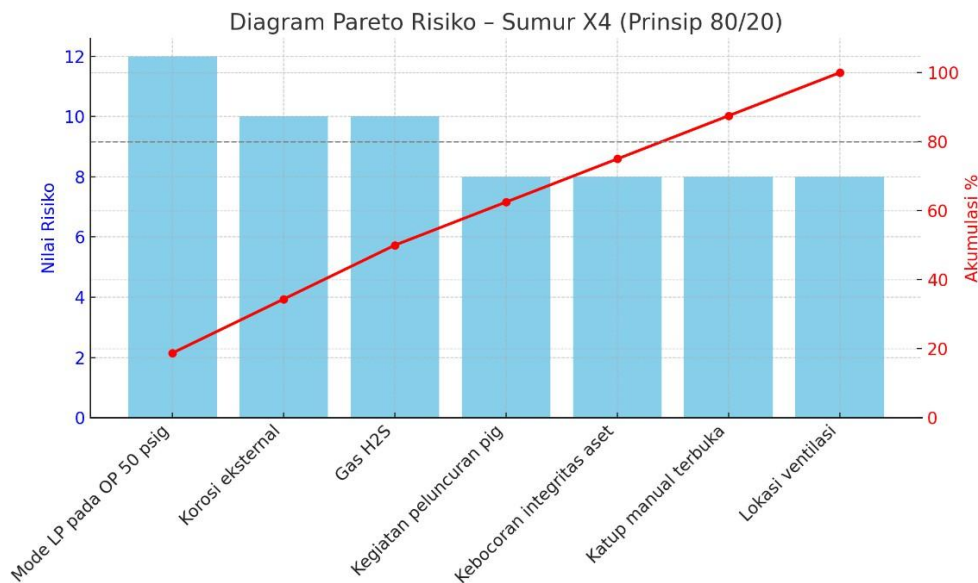
6. <i>Corrosion</i>	11. Korosi eksternal	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Pelapisan 3LPE	5	2	1 0
			2. Perlindungan katodik			
			3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas system sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
			4. BARIS lokasi sumur pipa SUMUR X4 ke CPP Kampung Baru			
	12. Gas Hidrogen Peroksida (H ₂ S) kandungan dalam cairan sumur (600 ppm)	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Kepatuhan terhadap NACE MR0175 untuk perpipaan/bahan perpipaan	5	2	1 0
			2. Injeksi inhibitor korosi			
			3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas 64yste sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
			4. PSSL-101 diatur pada 80psig, pemicu tertutup ESDV-101			
			5. Pemantauan kupon korosi (SP-CC-01)			
	13. Kandungan air dalam fluida sumur yang menyebabkan akumulasi air di saluran kantong	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan	1. Kepatuhan terhadap NACE MR0175 untuk bahan perpipaan	4	1	4

		kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	2. Injeksi inhibitor korosi 3. PSSL-101 diatur pada 80psig, pemicu tertutup ESDV-101 4. Produksi fluida gas kering selama umur produksi Sumur X4 5. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas 65yeste sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
	14. Kandungan padat dalam fluida sumur	1. Korosi/ erosi yang menyebabkan LOPC, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Tidak ada pengalaman produksi pasir di sumur lain di lapangan Kampung Baru	4	1	4
7. <i>Occupational safety</i>	15. kegiatan atau aktivitas peluncuran/penerimaan (<i>Pig launching/receiving activity</i>)	1. Potensi pekerja terpapar uap atau cairan HC dan gas beracun yang berpotensi menyebabkan keracunan yang mengakibatkan cedera/kematian 2. Potensi bahaya tekanan dari gas yang terperangkap atau tekanan sisa, yang berpotensi menimbulkan dampak pada personel, yang berpotensi	1. SOP pigging (pembersihan dengan nitrogen/gas manis) 1. Penutup babi dengan system interlock tekanan 2. SOP Pigging (prosedur ventilasi)	4	2	8
				4	1	4

			mengakibatkan hilangnya nyawa.				
			3. Potensi kebakaran karena adanya komponen piroforik dalam cairan saat pembukaan penutup	1. SOP Pigging (sarana pemadam kebakaran siaga, selang pemadam/hydrant, APAR)	2	2	4
8. <i>More Flow</i>	16. Akhir pembukaan dibiarkan terbuka (dicabut)		1. LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Katup pembuangan dan pembuangan dengan sumbat di ujung terbuka	4	1	4
9. <i>Equipment Setting</i>	17. Lokasi ventilasi		1. Menyebabkan potensi kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat kematian	1. Perangkat listrik yang ada di sekitar <i>Pig receiver</i> , SUMUR X4-R-100 berada di luar area berbahaya	4	2	8

Dari penilaian risiko diatas, diperoleh nilai *risk matrix* yang digunakan untuk mengetahui risiko dengan nilai tertinggi yang perlu ditangani dan kita menerapkan prinsip diagram pareto 80/20 yang berarti 80% risiko berasal dari 20% penyebab, dengan kata lain apabila menangani 20% masalah yang ada, maka 80% masalah akan terselesaikan. Berikut diagram pareto pada proyek Sumur X4:

Tabel 4. 5 Diagram Pareto



Berdasarkan diagram diatas, terdapat 19 potensi bahaya, dengan nilai risiko sedang dari causes keseluruhan sebagai berikut mode LP pada OP 50 psig, korosi eksternal, gas H2S, kegiatan peluncuran PIG, kebocoran integritas asset, katup manual terbuka, dan lokasi ventilasi. prinsip diagram pareto menyatakan bahwa sekitar 20% penyebab bertanggung jawab atas 80% akibat, sehingga dengan mengidentifikasi 20% dari deviasi yang paling signifikan dapat diperoleh fokus utama perbaikan yang paling berdampak. Dari total 9 deviasi yang memiliki angka risiko sedang, hasil perhitungan 20% menghasilkan 3 dari total keseluruhan penilaian risiko. Berdasarkan hasil visualisasi menggunakan diagram pareto, dua deviasi yang menyumbang kontribusi risiko terbesar 20% dari 19 potensi bahaya yaitu 3 Risiko. Berikut deviasi dan nilai risiko yang terpilih.

Tabel 4. 6 Pareto

Risiko	Deviasi	Penyebab	Nilai Risiko
1	<i>less pressure</i>	Mode LP pada OP 50 psig	12
2	<i>Corrosion</i>	Korosi Eksternal	10
3	<i>Corrosion</i>	Gas H2S dalam cairan sumur	10

ketiga deviasi yang sudah teridentifikasi menjadi prioritas utama untuk dilakukan rekomendasi perbaikan. Penanganan yang efektif terhadap ketiga deviasi ini diharapkan dapat mengurangi

secara signifikan terhadap potensi bahaya dari Sumur X4 dan dapat meningkatkan operabilitas pada *flowline sistem* .

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis dengan *Riks Matrix*

Analisis risiko menggunakan metode HAZOP (*Hazard and Operability Study*) yang didapatkan 9 deviasi, 17 *causes*, dan 19 *consequences*. Lalu penilaian menggunakan *Risk matrix* sebagai kuantifikasi tingkat risiko dan menentukan prioritas risiko yang paling dominan dengan prinsip pareto. Berikut ini merupakan hasil identifikasi, penilaian dan penerapan prinsip pareto pada tabel 5.1 dibawah ini.

Tabel 5. 1 Analisis HAZOP

Deviasi	Penyebab	Konsekuensi	Pengamanan	Risiko Awal		
				C	L	R
1. <i>less pressure</i>	1. Mode LP pada OP 50 psig	1. Kecepatan yang lebih tinggi, berpotensi menyebabkan korosi/ erosi, menyebabkan LOPC, mengakibatkan potensi kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO) 2. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan detektor gas mudah terbakar dan beracun yang ada. 3. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)	4	3	12
2. <i>Corrosion</i>	1. Korosi eksternal	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan	1. Pelapisan 3LPE 2. Perlindungan katodik	5	2	10

	jika tersulut api, berakibat fatal	3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO) 4. BARIS lokasi sumur pipa SUMUR X4 ke CPP Kampung Baru			
2. Gas Hidrogen Peroksida (H ₂ S) kandungan dalam cairan sumur (600 ppm)	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Kepatuhan terhadap NACE MR0175 untuk perpipaan/bahan perpipaan 2. Injeksi inhibitor korosi 3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO) 4. PSSL-101 diatur pada 80psig, pemicu tertutup ESDV-101 5. Pemantauan kupon korosi (SP-CC-01)	5	2	10

Dapat dilihat pada tabel 5.1 hasil yang didapatkan dari identifikasi menggunakan pendekatan HAZOP dan *Risk matrix* sebagai kuantifikasi tingkat risiko dan menentukan prioritas risiko yang paling dominan dengan prinsip pareto, berikut analisis dari setiap deviasi.

5.1.1 Analisa Bahaya *less pressure*

Aliran fluida dimulai dari *wellhead* lalu selanjutnya menuju *pig launcher* untuk dilakukan *pigging* melalui pipa utama yaitu dengan ukuran pipa sebesar 8 inc dan nanti proses *pigging* dari *pig launcher* akan diterima oleh *pig receiver*, lalu aliran fluida dari *pig receiver* akan diteruskan ke *test header* dan *new extension header*. Sistem menuju to *test header* dan *new*

extension header aka melalui *bypass* dengan ukuran pipa sebesar 6 inc, dan terdapat *relief header* dengan terdapat instrument PSV @ 650 PSIG dan *drain header* untuk operasi darurat.

Penentuan deviasi ini ditinjau dari *flowline sistem* dimana aliran dari *wellhead* menuju *to test header* dan *new extension header* terjadi deviasi *less pressure*. Dapat dilihat berikut komponen *design* terdapat keterangan dan Batasan dari komponen:

Tabel 5. 2 *guide word* dan parameter

No	Komponen	Komponen	Ukuran	Guide Word	Parameter
1	sumur X4	Kepala sumur tertutup dalam tekanan	650 PSIG		
		max.Temp.	130°F		
2	sumur X4-L-100	Size operating press./temp. design press./temp.	10"x8" BARREL 100-300 PSIG/100-115°F 650 PSIG/200°F	less	pressure
3	sumur X4-R-100	size operating press./temp. design press./temp.	10"x8" BARREL 50-275 PSIG/70-100°F 650 PSIG/200°F		

a. Penentuan *Likelihood* dan *consequence*

Likelihood dan *consequence* dapat di tentukan dengan melihat pada bab 2 tabel 2.5 dan 2.6 mendapatkan bobot nilai berikut hasil dari diskusi HAZOP dengan menggunakan skala penilaian mengacu pada standar Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. sebagai berikut.

Tabel 5. 3 *Likelihood* dan *consequence*

No	Komponen	Komponen	Ukuran	Guide Word	Parameter	Guide Word	Likelihood	Consequence
1	sumur X4	Kepala sumur tertutup dalam tekanan	650 PSIG					
		MAX.Temp.	130°F					
2	sumur X4-L-100	Size operating press./temp. design press./temp.	10"x8" barrel 100-300 PSIG/100-115°F 650 PSIG/200°F	less	pressure	less pressure	3	4
3	sumur X4-R-100	size operating press./temp. design press./temp.	10"x8" barrel 50-275 PSIG/70-100°F 650 PSIG/200°F					

Pada tabel diatas terdapat nilai yang ditinjau dari deviasi yang terjadi pada *flowline sistem* . Pada *less pressure* dalam kondisi *Likelihood* 3 kriteria mungkin karena, berdasarkan catatan operasi dan program proteksi yang ada, terjadi korosi yang menyebabkan LOPC pernah terjadi di perusahaan sesuai pada tabel 2.5 sehingga akan muncul Kembali bisa terjadi. *consequence* 4 dengan kriteria dampak Kesehatan serius yang bersifat permanen dan mengancam jiwa. Kematian tunggal atau beberapa kematian akibat kecelakaan lalu lintas dengan disabilitas karena apabila terjadi LOPC di area jangkauan detektor gas mudah terbalar dan beracun, konsekuensi dapat berupa kebakaran atau ledakan skala besar yang mengancam jiwa serta kerusakan fasilitas dan lingkungan. Perpaduan probabilitas relatif kecil namun memiliki konsekuensi tinggi mencerminkan karakteristik bahaya korosi

b. Analisa risiko *less pressure*

Dalam menganalisa risiko berdasarkan hasil perkalian antara nilai *Likelihood* dan nilai *consequence* , berikut persamaan dalam menentukan *Risk Score*.

$$C \times L = R$$

Keterangan:

R = hasil nilai risiko

C = nilai *consequence*

L = nilai *Likelihood*

Tabel 5. 4 *Risk Score*

No	Komponen	Komponen	Ukuran	Guide Word	Parameter	Guide Word	Likelihood	Consequence	Risiko
1	sumur X4	Kepala sumur tertutup dalam tekanan	650 PSIG						
2	sumur X4-L-100	MAX.Temp. Size operating press./temp. design press./temp.	130°F 10"x8" barrel 100-300 PSIG/100-115°F 650 PSIG/200°F	less	pressure	less pressure	3	4	12
3	sumur X4-R-100	Size operating press./temp. design press./temp.	10"x8" barrel 50-275 PSIG/70-100°F 650 PSIG/200°F						

Nantinya nilai risiko berbentuk *risk matrix*. Penilaian *risk matrix* ini mengacu pada standar Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.. untuk penilaian dari penyebab dari *less pressure* maka hasil perkalian *Likelihood* dan *consequence* untuk mendapatkan *risk matrix* adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 5 *Risk matrix*

<i>Risk matrix</i>		<i>Likelihood</i>				
		1	2	3	4	5
<i>Consequence or Severity</i>	1					
	2					
	3					
	4			12		
	5					

Hasil perkalian *consequence* dan *Likelihood* dari penyebab korosi eksternal menghasilkan risk sebesar 12, maka nilai 12 masuk dalam kategori risiko yang ditunjukkan dengan huruf (T) dan kolom berwarna kuning “bahaya yang dapat diterima yang harus diselidiki dengan tujuan untuk mengurangi lebih lanjut”. Skala penentuan kategori dapat dilihat di bab 2 tabel 2.7 *risk matrix*.

5.1.2 Analisa Bahaya *Corrosion*

Aliran fluida dimulai dari *wellhead* lalu selanjutnya menuju *pig launcher* untuk dilakukan *pigging* melalui pipa utama yaitu dengan ukuran pipa sebesar 8 inc dan nanti proses *pigging* dari *pig launcher* akan diterima oleh *pig receiver*, lalu aliran fluida dari *pig receiver* akan diteruskan ke *test header* dan *new extension header*. Sistem menuju *to test header* dan *new extension header* akan melalui *bypass* dengan ukuran pipa sebesar 6 inc, dan terdapat *relief header* dengan terdapat instrument PSV @ 650 PSIG dan *drain header* untuk operasi darurat.

Penentuan deviasi ini ditinjau dari *flowline sistem* dimana aliran dari *wellhead* menuju *to test header* dan *new extension header* terjadi deviasi *Corrosion*. Dapat dilihat berikut komponen *design* terdapat keterangan dan Batasan dari komponen:

Tabel 5. 6 Deviasi

No	Komponen	Komponen	Ukuran	Deviasi
----	----------	----------	--------	---------

1	sumur X4	Kepala sumur tertutup dalam tekanan	650 PSIG	
		max.Temp.	130°F	
		Size	10"x8" barrel	
2	sumur X4-L-100	operating press./temp.	100-300 PSIG/100-115°F	Corrosion
		design press./temp.	650 PSIG/200°F	
		size	10"x8" barrel	
3	sumur X4-R-100	operating press./temp.	50-275 PSIG/70-100°F	
		design press./temp.	650 PSIG/200°F	

a. Penentuan *Likelihood* dan *consequence*

Likelihood dan *consequence* dapat di tentukan dengan melihat pada bab 2 tabel 2.5 dan 2.6 mendapatkan bobot nilai berikut hasil dari diskusi HAZOP dengan menggunakan skala penilaian mengacu pada standar Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. sebagai berikut.

Tabel 5. 7 *Likelihood* dan *consequence*

No	Komponen	Komponen	Ukuran	Guide Word	Likelihood	Consequence
1	sumur X4	Kepala sumur tertutup dalam tekanan	650 PSIG			
		max.Temp.	130°F			
2	sumur X4-L-100	Size	10"x8" barrel			
		operating press./temp.	100-300 PSIG/100-115°F	Corrosion	2	5
		design press./temp.	650 PSIG/200°F			
		size	10"x8" barrel			
3	sumur X4-R-100	operating press./temp.	50-275 PSIG/70-100°F			
		design press./temp.	650 PSIG/200°F			

Pada tabel diatas terdapat nilai yang ditinjau dari deviasi yang terjadi pada *flowline sistem* . Pada *Corrosion* dalam kondisi *Likelihood* 2 kriteria kemungkinan kecil karena, berdasarkan catatan operasi dan program proteksi yang ada, terjadi korosi yang menyebabkan LOPC belum sering terjadi akan tetapi fenomena korosi dikenal terjadi di industry minyak dan gas sesuai pada tabel 2.5 sehingga memiliki kemungkinan muncul. *consequence* 5 dengan kriteria dampak sangat serius dan beberapa kematian atau dampak Kesehatan permanen besar, karena apabila korosi eksternal berkembang menjadi LOPC di dekat ROW public, konsekuensi dapat berupa kebakaran atau ledakan skala besar yang mengancam jiwa banyak orang serta kerusakan fasilitas dan lingkungan. Perpaduan probabilitas relatif kecil namun memiliki konsekuensi tinggi mencerminkan karakteristik bahaya korosi.

b. Analisa risiko *Corrosion*

Dalam menganalisa risiko berdasarkan hasil perkalian antara nilai *Likelihood* dan nilai *consequence* , berikut persamaan dalam menentukan *Risk Score*.

$$C \times L = R$$

Keterangan:

R = hasil nilai risiko

C = nilai *consequence*

L = nilai *Likelihood*

Tabel 5. 8 Risk score

No	Komponen	Komponen	Ukuran	Guide Word	Likelihood	Consequence	Risiko
1	sumur X4	Kepala tertutup tekanan MAX.Temp.	sumur dalam 650 PSIG 130°F				
2	sumur X4-L-100	Size <i>operating</i> press./temp. <i>design</i> press./temp.	10"x8" barrel 100-300 PSIG/100-115°F 650 PSIG/200°F	<i>Corrosion</i>	2	5	10
3		Size	10"x8" barrel				

sumur	<i>operating</i>	50-275	PSIG/70-
X4-R-	<i>press./temp.</i>	100°F	
100	<i>design press./temp.</i>	650 PSIG/200°F	

Nantinya nilai risiko berbentuk *risk matrix*. Penilaian *risk matrix* ini mengacu pada standar Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.. untuk penilaian dari penyebab dari korosi eksternal maka hasil perkalian *Likelihood* dan *consequence* untuk mendapatkan *risk matrix* adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 9 *Risk matrix*

<i>Risk matrix</i>		<i>Likelihood</i>				
		1	2	3	4	5
<i>Consequence or Severity</i>	1					
	2					10
	3					
	4					
	5					

Hasil perkalian *consequence* dan *Likelihood* dari penyebab korosi eksternal menghasilkan risk sebesar 10, maka nilai 10 masuk dalam kategori risiko yang ditunjukkan dengan huruf (T) dan kolom berwarna kuning “bahaya yang dapat diterima yang harus diselidiki dengan tujuan untuk mengurangi lebih lanjut”. Skala penentuan kategori dapat dilihat di bab 2 tabel 2.7 *risk matrix*.

5.1.3 Analisa Bahaya *Corrosion*

Aliran fluida dimulai dari *wellhead* lalu selanjutnya menuju *pig launcher* untuk dilakukan *pigging* melalui pipa utama yaitu dengan ukuran pipa sebesar 8 inc dan nanti proses *pigging* dari *pig launcher* akan diterima oleh *pig receiver*, lalu aliran fluida dari *pig receiver* akan diteruskan ke *test header* dan *new extension header*. Sistem menuju *to test header* dan *new extension header* aka melalui *bypass* dengan ukuran pipa sebesar 6 inc, dan terdapat *relief header* dengan terdapat instrument PSV @ 650 PSIG dan *drain header* untuk operasi darurat.

Penentuan deviasi ini ditinjau dari *flowline sistem* dimana aliran dari *wellhead* menuju *to test header* dan *new extension header* terjadi deviasi *Corrosion*. Dapat dilihat berikut komponen *DESIGN* terdapat keterangan dan Batasan dari komponen:

Tabel 5. 10 Deviasi

No	Komponen	Komponen	Ukuran	Deviasi
1	sumur X4	Kepala sumur tertutup dalam tekanan	650 PSIG	
		max.Temp.	130°F	
		Size	10"x8" barrel	
2	sumur X4-L-100	<i>Operating</i> press./temp.	100-300 PSIG/100-115°F	<i>Corrosion</i>
		<i>design</i> press./temp.	650 PSIG/200°F	
		Size	10"x8" barrel	
3	sumur X4-R-100	<i>operating</i> press./temp.	50-275 PSIG/70-100°F	
		<i>design</i> press./temp.	650 PSIG/200°F	

a. Penentuan *Likelihood* dan *consequence*

Likelihood dan *consequence* dapat di tentukan dengan melihat pada bab 2 tabel 2.5 dan 2.6 mendapatkan bobot nilai berikut hasil dari diskusi HAZOP dengan menggunakan skala penilaian mengacu pada standar Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd. sebagai berikut.

Tabel 5. 11 *Likelihood* dan *Consequence*

No	Komponen	Komponen	Ukuran	Guide Word	Likelihood	Consequence
1	sumur X4	Kepala sumur tertutup dalam tekanan	650 PSIG			
		MAX.Temp.	130°F			
2	sumur X4-L-100	Size	10"x8" barrel			
		<i>operating</i> press./temp.	100-300 PSIG/100-115°F	<i>Corrosion</i>	2	5
		<i>design</i> press./temp.	650 PSIG/200°F			
3	sumur X4-R-100	size	10"x8" barrel			
		<i>operating</i> press./temp.	50-275 PSIG/70-100°F			

design press./temp.

650 PSIG/200°F

Pada tabel diatas terdapat nilai yang ditinjau dari deviasi yang terjadi pada *flowline sistem* . Pada *Corrosion* dalam kondisi *Likelihood* 2 kriteria kemungkinan kecil karena, berdasarkan catatan operasi dan program proteksi yang ada, terjadi korosi yang menyebabkan LOPC belum sering terjadi akan tetapi fenomena korosi dikenal terjadi di industry minyak dan gas sesuai pada tabel 2.5 sehingga memiliki kemungkinan muncul. *consequence* 5 dengan kriteria dampak sangat serius dan beberapa kematian atau dampak Kesehatan permanen besar, karena apabila korosi eksternal berkembang menjadi LOPC di dekat ROW public, konsekuensi dapat berupa kebakaran atau ledakan skala besar yang mengancam jiwa banyak orang serta kerusakan fasilitas dan lingkungan. Perpaduan probabilitas relatif kecil namun memiliki konsekuensi tinggi mencerminkan karakteristik bahaya korosi.

b. Analisa risiko *Corrosion*

Dalam menganalisa risiko berdasarkan hasil perkalian antara nilai *Likelihood* dan nilai *consequence* , berikut persamaan dalam menentukan *Risk Score*.

$$C \times L = R$$

Keterangan:

R = hasil nilai risiko

C = nilai *consequence*

L = nilai *Likelihood*

Tabel 5. 12 *Risk Score*

No	Komponen	Komponen	Ukuran	Guide Word	Likelihood	Consequence	Risiko
1	sumur X4	Kepala tertutup tekanan max.Temp.	sumur dalam	650 PSIG 130°F			
2	sumur X4-L-100	Size <i>operating press./temp.</i> <i>design press./temp.</i>	10"x8" <i>barrel</i> 100-300 PSIG/100-115°F 650 PSIG/200°F	<i>Corrosion</i>	2	5	10

3	sumur X4-R- 100	size	10"x8" <i>barrel</i>
		<i>operating</i> press./temp.	50-275 PSIG/70- 100°F
		<i>design</i> press./temp.	650 PSIG/200°F

Nantinya nilai risiko berbentuk *risk matrix*. Penilaian *risk matrix* ini mengacu pada standar Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.. untuk penilaian dari penyebab dari gas hydrogen peroksida (H₂S) kandungan dalam cairan sumur (600 ppm) maka hasil perkalian *Likelihood* dan *consequence* untuk mendapatkan *risk matrix* adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 13 *Risk matrix*

<i>Risk matrix</i>		<i>Likelihood</i>				
		1	2	3	4	5
<i>Consequence</i> or <i>Severity</i>	1					
	2					10
	3					
	4					
	5					

Hasil perkalian *consequence* dan *Likelihood* dari penyebab korosi eksternal menghasilkan risk sebesar 10, maka nilai 10 masuk dalam kategori risiko yang ditunjukkan dengan huruf (T) dan kolom berwarna kuning “bahaya yang dapat diterima yang harus diselidiki dengan tujuan untuk mengurangi lebih lanjut”. Skala penentuan kategori dapat dilihat di bab 2 tabel 2.7 *risk matrix*.

5.1.4 Analisis dan pembahasan dari *risk matrix*

Metode HAZOP dilakukan, HAZOP diterapkan area *flowline sistem* mulai dari *wellhead* atau Sumur X4 menuju ke CPP melewati X4-L100, dan X4-R-100. Analisa dilakukan pakai HAZOP maka diketahui nilai risiko tinggi terdapat pada *flowline system*, terjadi dalam deviasi *LESS PRESSURE* dan *corrosion*. Pada *less pressure* menunjukkan *risk matrix* dengan nilai *risk score* 12 dan pada *corrosion* menunjukkan nilai risk dengan nilai *risk score* 10. Pada kedua deviasi ini masuk dalam kategori (T) dan kolom warna kuning (bahaya yang dapat diterima yang harus di selidiki dengan tujuan untuk mengurangi lebih lanjut).

less pressure pada area *flowline sistem* dipakai dalam proses pengaliran. Fluida dari sumur ke CPP. *less pressure* digunakan untuk menjaga tekanan aliran dalam mode LP pada OP 60-50 PSIG ini penyebab dari *less pressure* yang bisa mengakibatkan (*consequence*) kecepatan fluida tinggi sehingga berpotensi terjadi korosi/ erosi dan menjadi LOPC berakibat kebakaran/ ledakan. *less pressure* mempertahankan dari *consequence* dengan mode LP pada OP 60-50 PSIG, walaupun terjadi gangguan. kegagalan pada proyek pengeboran sumur X4 area *flowline sistem* yaitu *less pressure* yang mengakibatkan tekanan menjadi tinggi terjadi korosi, LOPC menjadi ledakan.

Corrosion yang terjadi pada area *flowline sistem* dipakai dalam proses pengaliran fluida dari sumur ke CPP. Sebagai bentuk pengaman dari terjadi *corrosion* terhadap fluida dalam flowline maka terdapatnya pelapisan 3LPE, perlingdungan katodik, inspeksi UT untuk korosi diakibatkan korosi eksternal dan bentuk pengaman kepatuhan terhadap NACE MR0175, injeksi inhibitor, inspeksi UT, PSL-101 diatur pada 80 PSIG, pemantauan kupon korosi (SP-CC-01) pada pipa dan flowline. *Corrosion* ini memiliki dampak yaitu korosi eksternal dan gas hydrogen peroksida (H₂S) kandungan cairan sumur 600 ppm. Dari kedua risiko ini memiliki *consequences* yaitu korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal. *Corrosion* ini bisa dan mungkin terjadi maka dari harus bisa mempertahankan area flowline dari *corrosion*, walaupun kejadian korosi eksternal dan kandungan H₂S tinggi 600 menjadi pengganggu kelancaran proses distribusi gas dari wellhead ke CPP. Kegagalan pada proyek pengeboran Sumur X4 area *flowline sistem* yaitu *corrosion* yang mengakibatkan korosi eksternal dan kandungan H₂S tinggi 600 ppm yang bisa mengakibatkan korosi menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal.

Dari document HAZOP deviasi yang mempunyai bahaya tinggi adalah *LESS pressure* dan *corrosion* dalam aliran fluida di *flowline system*, didapatkan dari HAZOP meeting yang terjadi area flowline untuk mengaliri fluida dari Sumur X4 ke CPP dimana mengalami *less pressure* dan *corrosion* yang berakibat pada kebocoran akibat korosi/ erosi dan terjadi LOPC sehingga potensi terpicu kebakaran atau ledakan. *less pressure* dan *corrosion* memiliki nilai risiko tinggi sehingga dikhawatirkan merugikan pihak perusahaan karena menunjukkan tingkat risiko (T) bahaya yang dapat di toleransi yang perlu diselidiki, dengan tujuan untuk mengurangi risiko lebih lanjut (warna kuning). Maka dilakukan pengendalian risiko dengan mengatur kecepatan fluida selama mode *low pressure* dari aliran dan perpipaan X4 dapat diterima untuk operasi

sistem (penghambat korosi atau erosi) untuk menimalisir dampak risiko dari mode *low pressure* 50 psig yaitu terjadinya kebocoran karna erosi/ korosi mengakibatkan LOPC sehingga terjadi kebakaran/ ledakan dan pengendalian dari *corrosion* yaitu melakukan inspeksi UT di area komunitas tinggi dan melakukan sosialisasi rencana tanggap darurat di wilayah masyarakat berisiko tinggi.

Analisa risiko keseluruhan Menunjukkan risiko keseluruhan dalam kategori rendah yaitu sebesar 12 dari 19 (63,16%) untuk risiko sedang 7 dari 19 (36,84%), dan kategori tinggi 0 dari 19 (0%).

5.2 Analisis dengan *Root Cause Analysis*

Analisis *root cause analysis* digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama atau akar masalah dengan metode yang sistematis sehingga mengetahui akar masalah dari suatu masalah atau kegagalan, dengan tujuan agar suatu masalah tidak terulah dikemudian hari.

5.2.1 RCA Terjadi Peningkatan Kecepatan Fluida Yang Berisiko Tinggi.

Penyimpangan atau deviasi penurunan tekanan atau *low pressure operating* 50 psig diberikan nilai risiko sebesar 12 dengan nilai *consequences* sebesar 4 dan nilai Likelihood sebesar 3. Berdasarkan data perusahaan, kondisi real di lapangan untuk *flowline* yaitu 50 psig (batas *operating* minimum 50 psig dan maksimum 275 psig), dengan design maksimum design 650 psig. Fluktuasi tekanan terjadi akibat aliran fluida hidrokarbon dari sumur X4 ke *central processing plant* (CPP), dipengaruhi oleh variasi *supply* fluida. Lalu spesifikasi sumur sejenis yaitu pada tekanan minimum tekanan 350 psig dan maksimum 415 psig menunjukkan potensi risiko tambahan seperti korosi internal jika turun drastis. Kondisi ini sesuai dengan (API RP 14 C, 2001) Section 4.2.1.5, dimana tekanan rendah di bawah batas operasi dapat menyebabkan kegagalan komponen dan kebocoran hidrokarbon. Fluktuasi dicegah melalui inspeksi rutin dan sensor, untuk menghindari ledakan akibat tekanan berlebih (API RP 14 C, 2001) section 4.2.1.1. fluktuasi dicegah dengan *sistem* pemantauan tekanan oleh sensore Pressure safety high (PSH) dan *pressure safety low* (PSL). Jika tekanan berlebih terjadi, maka mitigasi meliputi *Pressure safety valve* (PSV) untuk pembuangan keamanan, *sistem* deteksi gas dan *emergency shutdown valve* (ESDV) untuk *shut-in* otomatis, mencegah terjadi ledakan dengan menjaga tekanan di bawah 650 psig. Pada data P&ID area *flowline* sudah menginstall ESDV dan PSV,

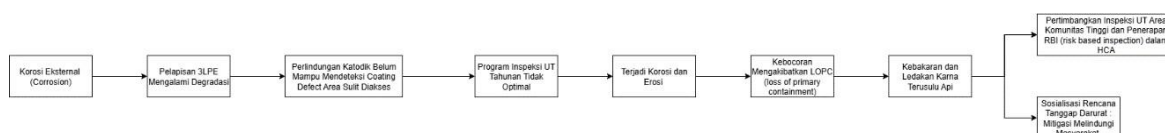
Maka rekomendasi sesuai standard (API RP 14 C, 2001), dengan proteksi tekanan rendah dengan sensor PSL dan PSH.



Gambar 5. 1 RCA Peningkatan Kecepatan Fluida

5.2.2 RCA terjadi korosi eksternal pada *Flowline sistem* dari Sumur X4 ke CPP menyebabkan kebocoran gas atau *Loss Of Primary Containment* (LOPC).

Penyimpangan atau deviasi pada *corrosion* penyebab korosi eksternal mendapatkan nilai risiko sebesar 10 dengan nilai *consequence s* sebesar 5 dan nilai *Likelihood* sebesar 2. Akibat dari tekanan tinggi karna korosi eksternal menyebabkan LOPC. Gambar dibawah menunjukkan bahwa korosi eksternal pada *Flowline* dari Sumur X4 ke CPP menyebabkan kebocoran gas dimana akar penyebabnya tidak ada pelapisan *three-layer polyethylene* (3LPE), perlindungan katodik, inspeksi *ultrasonic testing* (UT) pada pipa *flowline*, *row* lokasi sumur pipa X4 ke CPP, sehingga rekomendasi yang tepat perlindungan melakukan inspeksi UT di area komunitas berisiko tinggi seperti area publik, sekolah, dan perumahan yang dekat dengan area *row* pipa.

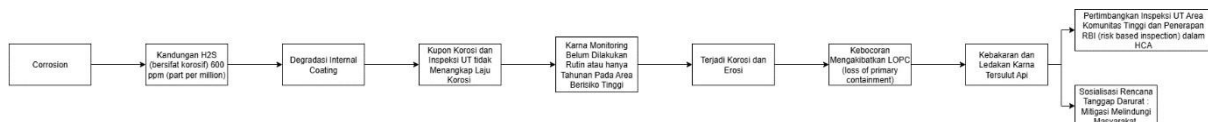


Gambar 5. 2 RCA Korosi Eksternal

5.2.3 RCA terjadi korosi pada pipa akibat kandungan H₂S yang tinggi dalam cairan sumur (600 ppm).

Penyimpangan pada *corrosion* sehingga menyebabkan kandungan H₂S dalam cairan sumur (600 ppm) dengan mendapatkan nilai sebesar 10 dengan nilai *consequence* sebesar 5 dan nilai *Likelihood* sebesar 2. Gambar dibawah ini yaitu *Root Cause Analysis* atau biasa disebut RCA terjadi korosi diakibatkan oleh temperature yang berlebih atau tinggi sehingga bisa menyebabkan LOPC atau matinya suatu aliran fluida. Dimana akar penyebab nya karna tidak adanya kepatuhan pada NACE MR0175 untuk *sistem* perpipaan, injeksi inhibitor korosi,

inspeksi UT pada pipa, PSSL-101 diatur 80 psig, dan pemantauan korosi (SP-CC01). Rekomendasi yaitu dengan mempertimbangkan melakukan inspeksi UT di area komunitas berisiko tinggi dan sosialisasi rencana tanggap darurat di wilayah masyarakat yang berisiko tinggi atau wilayah masyarakat yang dengan dengan pipeline yang dialiri fluida oleh minyak dan gas.



Gambar 5. 3 RCA Bahaya Paparan H2S

5.3 Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis potensi bahaya pada area *flowline* di EEES (Energy Equity Epic Sengkang Pty. Ltd.) menggunakan metode HAZOP (*Hazard and Operbility Study*), Maka diperlukan perbaikan atau suatu rekomendasi. Bentuk rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan berdasarkan sumber bahaya yang mempunyai risiko tinggi. Hal tersebut bertujuan agar sumber risiko yang ditemukan mendapatkan solusi tepat. Selain itu, dapat memberikan usulan kepada perusahaan untuk mengurangi kecelakaan pada proses atau aktivitas proyek Sumur X4, serta menjauhkan terjadinya suatu potensi bahaya yang dapat kapan saja terjadi.

5.3.1 Rekomendasi Perbaikan Deviasi *less Pressure*.

Rekomendasi perbaikan pada *less pressure* adalah implementasi dari *engineering control* atau *administrative control* jika menghasilkan prosedur operasi baru. Hal ini didukung oleh ISO 45001:2018, Klausul 6.1.4 yang mewajibkan perencanaan Tindakan untuk mengatasi risiko yang telah diidentifikasi. Kaitannya dengan regulasi mewajibkan pengusaha untuk mengetahui dan mematuhi tekanan operasi maksimum yang diizinkan (TOMB) menurut Permen 300.K/38/M.PE/1997 pada pasal 20. Dengan dasar teknis menurut (Yunus A. Cengel & John M. Cimbala , 2014).

Tabel 5. 14 Hierarki Pengendalian *LESS PRESSURE*

No.	Tingkatan hierarki	Jenis Pengendalian	Keterangan
1	Engineering Control	Instalasi sensor tekanan tambahan Pressure safety high (PSH) dan <i>pressure safety low</i> (PSL) di <i>flowline</i> untuk deteksi <i>real time</i> fluktuasi, tertintegrasi dengan <i>sistem emergency shutdown valve</i> (ESD).	1. PERMEN 300.K/38/M.PE/1997 pasal 20: mengharuskan pengendalian tekanan operasi terhadap TOMB. Pasal 29: mewajibkan analisis risiko yang menghasilkan rekomendasi teknis. 2. FLUID MECHANICS dari penulis Cengel (hal 666) : menjelaskan fenomena aliran kompresibel dimana penurunan tekanan dapat menyebabkan peningkatan kecepatan, yang memperparah erosi dan beban kinetik pada titik korosi (Fluid Mechanism, 2013). 3. ISO 45001:2018 kalusul 6.1.2 & 6.1.4: Mewajibkan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan perencanaan tindakan yang terdokumentasikan (prosedur, pelatihan). 4. API RP 14 C 2001 : panduan teknis yang memberikan rekomendasi terkait desain, pemasangan, operasi, dan pemeliharaan <i>sistem</i> proteksi keamanan pada instalasi produksi minyak dan gas lepas pantai, termasuk <i>sistem</i> proteksi tekanan.

5.3.2 Rekomendasi Perbaikan Deviasi *Corrosion*.

Berdasarkan hasil identifikasi bahaya menggunakan HAZOP, dua penyimpangan utama pada area *flowline sistem* Sumur X4 yang memiliki tingkat risiko signifikan adalah pada *corrosion*, penyebabnya yaitu korosi eksternal dan kandungan H₂S tinggi 600 ppm . kedua penyebab ini berpotensi menyebabkan LOPC (*loss of primary containment*) yang dapat berujung pada kebakaran atau ledakan, dengan konsekuensi paling fatal di area komunitas tinggi.

Tabel 5. 15 *Corrosion*

No.	Tingkatan hierarki	Jenis Pengendalian		Keterangan
		Korosi Eksternal	Kandungan H ₂ S tinggi 600 ppm	

1	Engineering Control	Existing: Inhibitor korosi, PSV/ESDV. Rekomendasi Perbaikan (1): Inspeksi UT yang ditargetkan di <i>high consequence area</i> (HCA) adalah bentuk penguatan <i>engineering control</i>. Ini adalah sistem monitoring yang lebih advanced dan risk-based.	Rekomendasi Perbaikan (1): Inspeksi UT yang ditargetkan di HCA adalah bentuk penguatan <i>engineering control</i>. Ini adalah sistem monitoring yang lebih advanced dan risk-based.	1. DNVP-RP-G101: secara eksplisit merekomendasikan ultrasonic testing (UT) sebagai metode inspeksi utama untuk memantau degradasi dinding pipa (GIGIH PRASETIYO, 2016).
2	Administrative Control	Existing: Program inspeksi tahunan (PLO), pemantauan kupon korosi. Rekomendasi Perbaikan (2): Sosialisasi Tanggap Darurat adalah bentuk administrative control yang krusial yang selama ini mungkin terabaikan. Ini termasuk pelatihan, prosedur, dan signage untuk masyarakat.	(2) Sosialisasi Rencana Tanggap Darurat: Lakukan sosialisasi secara berkala kepada masyarakat di sepanjang ROW, seperti yang telah direkomendasikan HAZOP. Ini adalah bentuk pengendalian administratif untuk mengurangi <i>consequence</i>.	1. ISO 45001:2018 klausul 6.1.2 & 6.1.4: Mewajibkan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan perencanaan tindakan yang terdokumentasikan (prosedur, pelatihan). 2. jurnal salazar-bano dkk. (2024): menegaskan bahwa pengetahuan dan persepsi risiko adalah fondasi dan kesiapsiagaan. rekomendasi (2) sosialisai adalah implementasi langsung dari temuan jurnal ini untuk membangun pengetahuan dan persepsi risiko masyarakat (Emilio Ruzo-Sanmartín, 2024).

Rekomendasi yang dihasilkan, yaitu (1) inspeksi UT (ultrasonic testing) yang ditargetkan di area komunitas tinggi dan (2) sosialisasi rencana tanggap darurat kepada masyarakat, bukanlah langkah tambahan yang bersifat opsional. Analisis akar penyebab (RCA) mengungkap bahwa rekomendasi ini merupakan respon kritis terhadap kelemahan dalam Tindakan yang dilakukan perusahaan terhadap dampak risiko terhadap masyarakat. Menurut (Surianto. B, 2018) mengungkap bahwa meski ada program di bidang sosial dan lingkungan, implementasinya masih lemah. Keterbatasan anggaran dan kurangnya keterlibatan pemerintah mengakibatkan dampak negatif, seperti pengurangan curah hujan dan kesulitan akses air bersih. dan kasus empiris ledakan sumur gas di kecamatan gilireng, kabupaten waji 24 oktober 2024 yang

melibatkan perusahaan EEES menunjukkan bahaya nyata dari risiko terhadap korosi. Ledakan terjadinya secara tiba-tiba saat pengeboran, dengan semburan api yang tidak bisa diantisipasi pekerja (Kasat Reskrim Polres Wajo Iptu Alvin Aji Kurniawan, 2024). dalam pendekatan manajemen risiko yang selama ini cenderung *schedule base* dan belum sepenuhnya menerapkan RBI (risk based inspection) untuk HCA (high *consequence* area). Safeguard yang ada seperti material NACE MR0175, inhibitor korosi, inspeksi UT, pemantauan korosi, PSSL-101, pemantauan kupon korosi, pelapisan 3LPE, dan perlindungan katodik meskipun sudah memenuhi standar teknis, namun efektivitas nya dapat menurun seiring waktu atau terjadi degradasi. Sementara program inspeksi yang seragam tidak cukup untuk memantau laju korosi yang cepat pada titik-titik kritis, terutama mengingat sifat kandungan fluida yang sangat korosif akibat H₂S 600 ppm.

Secara teknis, rekomendasi inspeksi UT yang di targetkan merupakan implementasi langsung dari RBI sebagaimana diatur dalam standar DNV-RP-G101. Pendekatan RBI dinilai lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan inspeksi berkala konvensional, terutama dalam mengatasi *damage mechanism* korosi yang dapat menyebabkan penipisan dinding pipa ((Pierre, 2007) dalam (GIGIH PRASETIYO, 2016)). Data dari kementerian ESDM yang mencatat 159 kejadian kecelakaan kerja di hulu migas pada tahun 2014 yang disinyalir akibat *sistem* perencanaan inspeksi yang kurang baik, semakin menguatkan urgensi penerapan metode inspeksi yang lebih terarah dan berbasis risiko.

Dari perspektif regulasi, kedua rekomendasi memiliki landasan hukum kuat. Peraturan keselamatan kerja pipa penyalur minyak dan gas No.300.K/38/M.PE/1997 secara eksplisit mewajibkan analisis risiko untuk bagian instalasi yang bermasalah (pasal 29) dan menetapkan kewajiban analisis risiko untuk bagian instalasi yang bermasalah (pasal 29) dan menetapkan kewajiban memiliki prosedur darurat serta program inspeksi berkala (pasal 19). Lebih lanjut, ISO 45001:2018 pada klausul 6.1.2 dan 6.1.4 mewajibkan organisasi untuk mengidentifikasi bahaya, menilai risiko, dan merencanakan Tindakan untuk mengurangnya ke tingkat yang dapat diterima, yang mencakup kesiapsiagaan darurat. Kewajiban ini diperkuat dalam kerangka hukum nasional melalui PP No. 50 tahun 2012 tentang SMK3. Untuk menilai efektivitas dan kelayakan rekomendasi diterapkan. Evaluasi terhadap setiap level hierarki untuk kedua deviasi tersebut.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat potensi bahaya atau risiko terhadap *Flowline sistem* pada Sumur X4:

1. Berdasarkan hasil dari identifikasi menggunakan HAZOP (*Hazard and Operability Study*) ditemukan 9 deviasi, 17 penyebab (*causes*), akibat (*consequences*) 19. Total dalam penilaian dari 9 deviasi, 17 penyebab itu menghasilkan 19 potensi bahaya yang diberikan penilaian yang meliputi 0 risiko tinggi, 7 risiko sedang, dan 12 risiko rendah. Selanjutnya penerapan prinsip pareto sebagai alat bantu untuk menentukan prioritas risiko dominan hasil analisis HAZOP (*Hazard and Operability Study*) dan risk matrix, total dari *consequences* 19 maka 20% nya itu 3 risiko. Risiko tersebut yaitu *less pressure* menyebabkan kecepatan yang lebih tinggi potensi LOPC potensi kebakaran atau ledakan, *corrosion* menyebabkan LOPC potensi kebakaran atau ledakan karna korosi eksternal dan gas hydrogen peroksida (H₂S) kandungan dalam cairan sumur (600 ppm).
2. Berdasarkan hasil menganalisis akar penyebab potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja menggunakan *root causes analysis* (RCA) Masing-masing potensi bahaya dan risiko memiliki akar penyebab seperti tidak adanya dalam evaluasi terhadap fluktuasi dengan *sistem sensor* (PSL dan PSH), belum ada perhatian dari perusahaan terhadap inspeksi UT (*ultrasonic testing*) area komunitas tinggi dan penerapan RBI (*risk based inspection*) dalam HCA (*high consequence area*), dan belum diadakan sosialisasi rencana tanggap darurat sebagai mitigasi melindungi masyarakat terhadap terjadi kebocoran potensi LOP (*loss of primary of containment*) menyebabkan kebakaran atau ledakan di area padat penduduk.
3. Upaya rekomendasi perbaikan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan cara *engineering control* dan administrative. Dimana tingkat penilaian risiko, yaitu terdapat deviasi dan penyebabnya masuk pada tingkat bahaya yang dapat diterima atau risiko sedang (*moderate risk*) dengan nilai persentase 36,84%, dan terdapat deviasi dan penyebabnya masuk pada tingkat risiko dapat diterima atau risiko rendah (*low risk*) dengan nilai persentase 63,16%. Diberikan juga upaya pengendalian secara umum pada proyek Sumur X4 area *flowline system*, seperti sistem pemantauan tekanan dengan sensore *pressure safety low*

(PSL) dan *pressure safety high* (PSH), penambahan lapisan proteksi pada pipa, pemeriksaan berkala berbasis risiko (*Risk-Based Inspection*), serta penguatan prosedur tanggap darurat. Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat meminimalkan dampak kecelakaan, meningkatkan keselamatan kerja, dan mendukung keinginan operasi minyak dan gas sesuai standar regulasi nasional.

6.2 Saran

Berikut merupakan saran yang dapat disampaikan pada perusahaan dan penelitian selanjutnya:

1. Perusahaan dapat mempertimbangkan hasil analisis ini dalam penanganan risiko dengan perusahaan sedini mungkin yang diharapkan dapat mengurangi potensi terjadinya suatu risiko yang dapat merusak reputasi perusahaan, lingkungan yang tercemar dan keselamatan Kesehatan kerja pekerja. Perusahaan dapat menerapkan rekomendasi perbaikan untuk Langkah awal dalam mitigasi risiko dari suatu penyimpangan yang terjadi.
2. Melakukan evaluasi terhadap Metode HAZOP bisa dilakukan setelah 5 tahun proyek berjalan, bertujuan menghindari suatu potensi bahaya. Sehingga dapat menjadi langkah pencegahan terjadinya risiko pada area kerja.
3. Bagi peneliti selanjutnya dapat mengidentifikasi bahaya pada proses produksi setelah proyek Sumur X4 dengan Metode HAZOP dilakukan setiap 5 tahun sekali, untuk menganalisis ada tidak nya penyimpangan yang mungkin bisa timbul karna factor degradasi material.

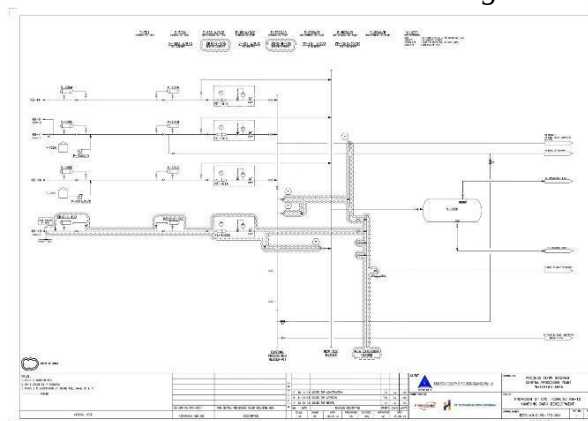
DAFTAR PUSTAKA

- Raden Rizky Hartanto, Pati Glora Immanuel, Anggi Muhammad Adriawan, Akmal Novizar, Gofar, Diete Patik, . . . Suciati. (2023). *Statistik Minyak dan Gas Bumi*.
- Akmal Suryadi, Mega Cattleya PA Islami, & Gilang Ramadhan . (2023). Pendekatan penilaian keselamatan bahaya dan pengoperasian (HAZOP) di sektor pembangkit listrik. *International Conference Eco-Innovation in Science, Engineering, and Technology*.
- america, T. u. (2001). API RP 14 C. *Reproduced By IHS with the permission of API under royalty agreement*.
- Anis Sulanjari. (2016). *ANALISIS HAZOP (Hazard and Operability Analysis) DAN MANAJEMEN RISIKO PADA STEAM DRUM PLTU UNIT 4 DI PT PJB UP GRESIK*. Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Asian Journal of Applied Sciences. (2008). Penerapan HAZOP pada fasilitas permukaan pengeboran yang kurang seimbang di lapangan HMD. *DeepL*.
- Dr. Antonius Alijoyo, ERMCP, CERG, CCSA, CFSA, Bobby Wijaya, M.M., ERMCP, QRMP, CEH, CGP, CSA, & Intan Jacob, M.M., QRMP. (2014). *A Hazard and Operability Studies*.
- Drew ruderman , Ryan christie , & Steve cox. (2015). Level Switch Detects Oil and Nitrogen Interface to support effective PIG sistem operation. *technical operation*.
- Drinkwater Products. (n.d.). *Drinkwater Products*.
- Emilio Ruza-Sanmartín. (2024). Peran kunci persepsi risiko dalam kesiapsiagaan terhadap kecelakaan pipa minyak di wilayah perkotaan: analisis mediasi sekuensial. *Elsevier*.
- Estri Kartika, Endang Purnawati Rahayu, Kamali Zaman, Herniwanti, & Nopriad. (2022). Analisis Manajemen Risiko dengan Metode AS/NZS 4360:2004 pada Tangki Timbun Minyak riau . *urnal Kesehatan Masyarakat*.
- GIGIH PRASETIYO. (2016). Penilaian risiko dan perencanaan inspeksi pada sistem perpipaan menggunakan metode Risk Based Inspection DNV-RP-G101 . *ITS Repository* .
- Iksan Adiasa, Nabilla Safarani, Arum A. Marsiwah, & Bagas Afif Budianto. (2024). ANALISIS KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA (K3) MENGGUNAKAN METODE HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT (HIRA) PADA BAGIAN SILO DI PT. SANTOSA UTAMA LESTARI MOYO. *Jurnal Industri&Teknologi Samawa*.
- IOGP . (n.d.). We're IOGP, the International Association of Oil & Gas Producers.
- Kasat Reskrim Polres Wajo Iptu Alvin Aji Kurniawan. (2024). *Polisi Selidiki Meledaknya Pengeboran Sumur Gas di Gilireng Wajo*. detiksulsel.
- Khairullah Raesya Nugroho. (2025). Analisis Risiko dan operabilitas pada proyek pengeboran X4 menggunakan metode HAZOP pada area flowline system. *Dspace UII*.
- kurniawan, & sari . (2021).
- Nur liyana shafie, & Roslina mohammad. (2023). Perlindungan dan mitigasi bahaya dan operabilitas selama produksi dan pengeboran simultan di anjungan minyak dan gas. *DeepL*.
- Peluncuran dan Penerimaan Babi Pipa | US EPA. (2024). *Program STAR Gas Alam*.
- prasetyo. (2022).
- rahman, & hossain. (2020).

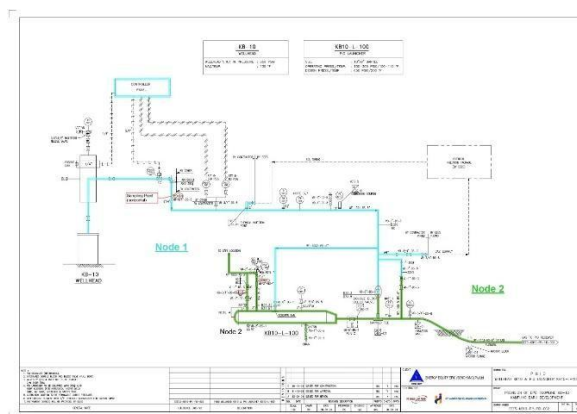
- Ronny Dwi Noriyati, Amarendra B.Prakoso, Ali Musyafa, & Adi Soeprijanto. (2017). Studi HAZOP Dan Penentuan Tingkat Integritas Keselamatan Menggunakan Analisis Pohon Kesalahan Pada Pembakar Superheat Bahan Bakar Gas Unit Amonia Di Pabrik Petrokimia, Jawa Timur. *Asian Journal of Applied Sciences*.
- Rusli, Isnaini Zulkarnain, & Yeyen Ekandari. (2024). Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Menggunakan Metode Hazard And Operaability Study (HAZOP) Untuk Proyek Drainase Semani (Sentosa-Remaja-A. Yani). *JSE Journal of Science and Engineering*.
- sari. (2023).
- Senem Yazici Guvenc. (2019). Optimization of COD removal from leachate nanofiltration concentrate using H₂O₂/Fe⁺²/heat – Activated persulfate oxidation processes. *science direct*.
- Septalita, E. D. (2017). KECELAKAAN KERJA DI AREA PENGEBORAN MINYAK DAN GAS. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*.
- setiawan, & nugroho. (2019).
- Surianto. B. (2018). corporate social reponbility energy equity epic sengkang Pty. Ltd. dalam meningkatkan pembangunan berkelanjutan di desa poleonro kecamatan gilireng kabupaten wajo. *universita muhammadiyah makassar*.
- Vina Amanda. (2021). ANALISIS RISIKO OPERASIONAL PADA PT BATIK BANTEN MUKARNAS MENGGUNAKAN METODE HOUSE OF RISK (HOR). *dspace.uui.ac.id*.
- Yogi Arif Cahya N . (2016). IMPLEMENTASI METODE HAZOP DALAM PROSES IDENTIFIKASI BAHAYA DAN ANALISIS RISIKO BOILER DI PG GEMPOL KREP PTPN 10 MOJOKERTO. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Younes Moussous. (2008). Penerapan HAZOP pada fasilitas permukaan pengeboran yang kurang seimbang di lapangan HMD. *DeepL*.
- Yunus A. Cengel , & John M. Cimbala. (2013). Fluid Mechanism. *Fundamental and Applications*.

LAMPIRAN

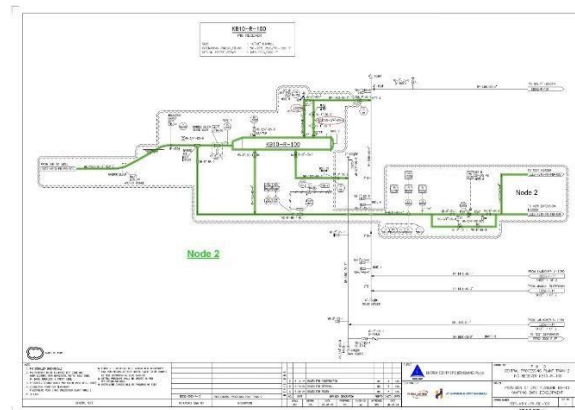
A- 1 Data PFD *Process Flow Diagram*



A- 2 Process & Instrumentation Diagram *Pig launcher*



A- 3 Process & Instrumentation Diagram *Pig receiver*



A- 4 Kriteria *Likelihood*

Tingkat	<i>Likelihood</i>	
	Kriteria	Deskripsi
1	Jarang	Belum pernah terdengar di industri minyak dan gas
2	Kemungkinan kecil	Terdengar di industri minyak dan gas
3	Mungkin	Pernah terjadi di perusahaan
4	Kemungkinan besar	Terjadi beberapa kali per tahun di perusahaan
5	Hamper pasti	Terjadi beberapa kali per tahun di sebuah lokasi

A- 5 Kriteria *Consequence*

<i>Severity level</i>	<i>Field of consequence s</i>
	Kriteria Umum

- 1 Adanya satu/beberapa bentuk paparan. Pertolongan pertama

- 2 Efek kesehatan/penyakit ringan. RWDC (kecelakaan yang membutuhkan perawatan lukanya)
- 3 Memperbaiki efek sedang. LTI (kecelakaan mengakibatkan pegawai tidak dapat melakukan pekerjaan pada hari itu juga)
- 4 Dampak kesehatan serius yang bersifat permanen dan mengancam jiwa. Kematian tunggal atau beberapa kematian akibat kecelakaan dengan disabilitas
- 5 Terjadinya beberapa dampak kesehatan serius yang bersifat permanen dan mengancam jiwa. Banyak kematian

A- 6 Risk matrix

<i>Risk matrix</i>		<i>Likelihood</i>				
		1	2	3	4	5
<i>Consequence or Severity</i>	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

A- 7 Risk Score

Tidak dapat diterima, karna tugas harus didefinisikan ulang atau tindakan pengendalian risiko harus diambil untuk mengurangi risiki secara substansial	Dapat diterima (A)
--	---------------------------

Bahaya yang dapat di toleransi yang perlu diselidiki, dengan tujuan untuk mengurangi risiko lebih lanjut.	Bahaya yang dapat ditoleransi (T)
Tidak diperlukan tindakan segera selain dari tindakan pengurangan yang ada dalam daftar	Tidak dapat diterima (U)

A- 8 Identifikasi HAZOP

No	Parameter	Kata Panduan	Deviasi	Penyebab	Konsekuensi
n					
1	Flow	No	1. <i>No Flow</i>	1. ESDV-1001 ditutup karena listrik mati (pneumatic)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.
				2. ESDV-1001 ditutup karena aktuasi palsu/pemrosesan sinyal yang salah (misalnya kegagalan fungsi sensor,	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan

			kehilangan sinyal, kesalahan logika, dll.)	LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.
2	Flow	LESS	2. LESS Flow	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal. 3. Pengotoran katup periksa akibat penumpukan kotoran padat (misalnya pasir, produk korosi, hidrat, atau lain-lain)

1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.
4. Katup manual terbuka sebagian selama aktivitas operasi (misalnya, pigging, start-up/*shutdown* atau kesalahan manusia)

				5. PIG terjebak saat operasi pemboran	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.
3	Flow	More	3. more flow	6. Arus lonjakan selama aktivitas pigging ke fasilitas CPP Kampung Baru	1. Stres, getaran atau kelelahan pada pipa/aliran, berpotensi menyebabkan LOPC, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan berakibat fatal
4	PRESSURE	LESS	4. LESS PRESSURE	7. Kerusakan sistem PIC-10201	1. Kecepatan yang lebih tinggi, berpotensi menyebabkan korosi/erosi, menyebabkan LOPC dalam

jangka waktu
lama,
mengakibatkan
potensi
kebakaran/
ledakan jika
tersulut api,
berakibat fatal

8. Mode LP pada OP
50 psig

1. Kecepatan
yang lebih tinggi,
berpotensi
menyebabkan
korosi/ erosi,
menyebabkan
LOPC,
mengakibatkan
potensi
kebakaran/
ledakan jika
tersulut api,
berakibat fatal

9. Kebocoran akibat
kegagalan integritas
aset

1. Menyebabkan
potensi
kebakaran/ledaka
n jika tersulut api,
berakibat
kematian

5	<i>PRESSURE</i>	More	5. More <i>PRESSURE</i>	10. Kerusakan sistem PIC-10201	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledaka n jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.
6	Temperatur e	More	6. More Temperature (<i>Corrosion</i>)	11. Korosi eksternal	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledaka n jika tersulut api, berakibat fatal

- | | |
|---|---|
| <p>12. Gas Hidrogen
Peroksida
(H₂S) kandungan
dalam cairan sumur
(600 ppm)</p> | <p>1. Korosi yang
menyebabkan
LOPC,
berpotensi
menimbulkan
kebakaran/ledakan
jika tersulut api,
berakibat fatal</p> |
|---|---|

- | | |
|--|---|
| <p>13. Kandungan air
dalam fluida sumur
yang menyebabkan</p> | <p>1. Korosi yang
menyebabkan
LOPC,</p> |
|--|---|

				akumulasi air di saluran kantong	berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal
				14. Kandungan padat dalam fluida sumur	1. Korosi/ erosi yang menyebabkan LOPC, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal
7	Control	No	7. No Control (Occupational safety)	15. kegiatan atau aktivitas peluncuran/penerimaan (Pig launching/receiving activity)	1. Potensi pekerja terpapar uap atau cairan HC dan gas beracun yang berpotensi menyebabkan keracunan yang mengakibatkan cedera/kematian

8	Flow	More	8. More Flow	16. Akhir pembukaan dibiarkan terbuka (dicabut)	2. Potensi bahaya tekanan dari gas yang terperangkap atau tekanan sisa, yang berpotensi menimbulkan dampak pada personel, yang berpotensi mengakibatkan hilangnya nyawa. 3. Potensi kebakaran karena adanya komponen piroforik dalam cairan saat pembukaan penutup 1. LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal
---	------	------	--------------	---	--

9	Control	No	9. No Control (Equipment Setting)	17. Lokasi ventilasi	1. Menyebabkan potensi kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat kematian
---	---------	----	-----------------------------------	----------------------	--

A- 9 Penilaian *Risk matrix*

Deviasi	Penyebab	Konsekuensi	Pengamanan	Risiko Awal		
				C	L	R
1. No Flow	1. ESDV-1001 ditutup karena listrik mati (pneumatic)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#) 2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101 3. PM Periodik di ESDV 4. Interkoneksi sistem paket udara instrumen yang ada train 1 & train 2 5. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan detektor gas mudah terbakar dan beracun yang ada. 6. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)	4	1	4
	2. ESDV-1001 ditutup karena aktuator palsu/pemrosesan sinyal yang salah (misalnya kegagalan fungsi sensor, kehilangan sinyal, kesalahan logika, dll.)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi	1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#) 2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101 3. PM Berkala di ESDV, PSHH/LL	4	1	4

		terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.			
			4. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan detektor gas mudah terbakar dan beracun yang ada.		
			5. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)		
			1. Tidak ada pengalaman produksi pasir di sumur lain di lapangan Kampung Baru	4	1 4
2. LESS Flow	3. Pengotoran katup periksa akibat penumpukan kotoran padat (misalnya pasir, produk korosi, hidrat, atau lain-lain)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	2. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#)		
			3. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101		
			4. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)		

4. Katup manual terbuka sebagian selama aktivitas operasi (misalnya, pigging, start-up/ <i>shutdown</i> atau kesalahan manusia)	1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#)	4	2	8
		2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101			
		3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			

				4. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan detektor gas mudah terbakar dan beracun yang ada.			
				5. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)			
				1. Sistem berperingkat penuh (ANSI 300#)	4	1	4
				2. Perangkat PSHH-101@600 psig, pemicu tertutup dari ESDV-101			
			1. Potensi bagian hulu (d/s choke valve) terkena tekanan yang lebih tinggi hingga SITP yang mengakibatkan LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
		5. PIG terjebak saat operasi pemboran		4. Area penerima babi yang ditutupi detektor gas mudah terbakar dan beracun			
				5. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)			
3. more flow	6. Arus lonjakan selama aktivitas pigging ke fasilitas CPP Kampung Baru	1. Stres, getaran atau kelelahan pada pipa/aliran,		1. Produksi fluida gas kering selama umur produksi Sumur X4	4	1	4

	berpotensi menyebabkan LOPC, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan berakibat fatal	2. Saluran khusus pembuangan cairan dari kegiatan pigging ke separator uji sebagai penangkap siput			
		1. Tekanan operasi minimum mengacu pada tekanan operasi Pemisah Produksi sekitar 250 psig, kecepatan fluida saat ini dalam aliran 8" dengan aliran desain 15 MMscfd sekitar 28 ft/s	4	1	4
4. <i>LESS PRESSURE</i>	7. Kerusakan sistem PIC-10201	1. Kecepatan yang lebih tinggi, berpotensi menyebabkan korosi/ erosi, menyebabkan LOPC dalam jangka waktu lama, mengakibatkan potensi kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal			
		2. PM Periodik pada sistem PIC			
		3. Injeksi inhibitor korosi			
		4. Indikasi aliran (FI-10202) @CPPKampung Baru			
		5. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
	8. Mode LP pada OP 50 psig	1. Kecepatan yang lebih tinggi, berpotensi menyebabkan korosi/ erosi, menyebabkan LOPC,	1. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi	4	3
					1 2

mengakibatkan
potensi
kebakaran/
ledakan jika
tersulut api,
berakibat fatal

tahunan dan bagian
dari PLO)

2. Area *Pig receiver* berada dalam area jangkauan detektor gas mudah terbakar dan beracun yang ada.

3. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)

9. Kebocoran akibat kegagalan integritas aset

1. Menyebabkan potensi kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat kematian

1. Injeksi inhibitor korosi

4 2 8

		LOPC, sehingga berpotensi terjadi kebakaran/ledakan jika tersulut api, dan dapat berakibat fatal.	3. PM Periodik pada sistem PIC			
			4. Pemadam Kebakaran Lokal (Damkar PEMDA)			
			5. Area <i>Pig receiver</i> berada dalam area jangkauan detektor gas mudah terbakar dan beracun yang ada.			
			6. Peralatan pemadam kebakaran yang ada (misalnya, hidran kebakaran)			
			1. Pelapisan 3LPE	5	2	1 0
6. More Temperature (<i>Corrosion</i>)	11. Korosi eksternal	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	2. Perlindungan katodik			
			3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
			4. BARIS lokasi sumur pipa SUMUR X4 ke CPP Kampung Baru			

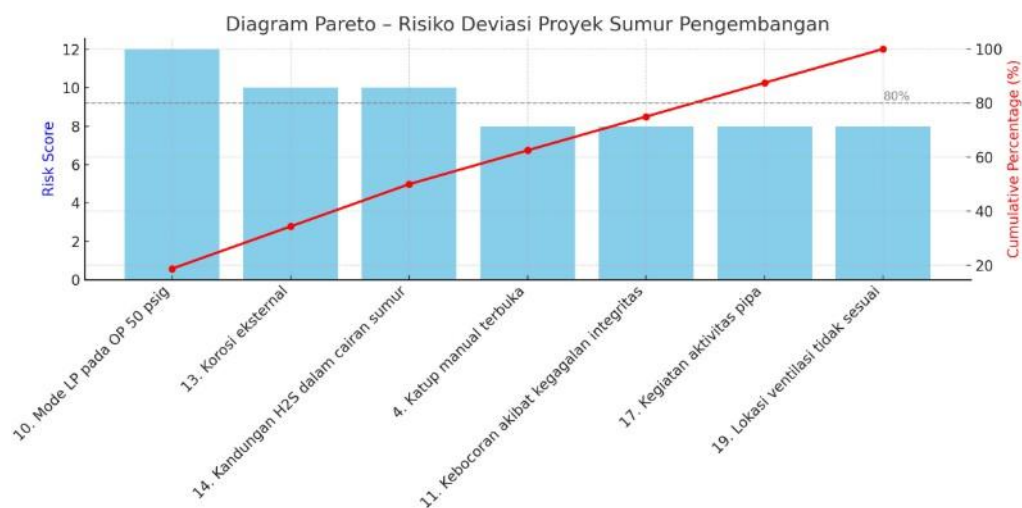
		1. Kepatuhan terhadap NACE MR0175 untuk perpipaan/bahan perpipaan	5	2	10
12. Gas Hidrogen Peroksida (H ₂ S) kandungan dalam cairan sumur (600 ppm)	1. Korosi yang menyebabkan LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	2. Injeksi inhibitor korosi 3. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO) 4. PSSL-101 diatur pada 80psig, pemicu tertutup ESDV-101 5. Pemantauan kupon korosi (SP-CC-01)			
13. Kandungan air dalam fluida sumur	1. Korosi yang menyebabkan	1. Kepatuhan terhadap NACE	4	1	4

yang menyebabkan akumulasi air di saluran kantong	LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	MR0175 untuk bahan perpipaan 2. Injeksi inhibitor korosi 3. PSL-101 diatur pada 80psig, pemicu tertutup ESDV-101 4. Produksi fluida gas kering selama umur produksi Sumur X4 5. Inspeksi UT pada pipa dan flowline merupakan bagian dari program integritas aset sumur Kampung Baru (inspeksi tahunan dan bagian dari PLO)			
14. Kandungan padat dalam fluida sumur	1. Korosi/ erosi yang menyebabkan LOPC, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran/ ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Tidak ada pengalaman produksi pasir di sumur lain di lapangan Kampung Baru	4	1	4

				4	2	8
7. Control (Occupational safety)	No	15. kegiatan atau aktivitas peluncuran/penerimaan (Pig launching/receiving activity)	1. Potensi pekerja terpapar uap atau cairan HC dan gas beracun yang berpotensi menyebabkan keracunan yang mengakibatkan cedera/kematian 1. SOP pigging (pembersihan dengan nitrogen/gas manis)			
			2. Potensi bahaya tekanan dari gas yang terperangkap atau tekanan sisa, yang berpotensi menimbulkan dampak pada personel, yang berpotensi mengakibatkan 1. Penutup babi dengan sistem interlock tekanan 2. SOP Pigging (prosedur ventilasi)	4	1	4

			hilangnya nyawa.				
			3. Potensi kebakaran karena adanya komponen piroforik dalam cairan saat pembukaan penutup	1. SOP Pigging (sarana pemadam kebakaran siaga, selang pemadam/hydrant, APAR)	2	2	4
8. More Flow	16. pembukaan dibiarkan (dicabut)	Akhir terbuka	1. LOPC, berpotensi menimbulkan kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat fatal	1. Katup pembuangan dan pembuangan dengan sumbat di ujung terbuka	4	1	4
9. No Control (Equipment Setting)	17. Lokasi ventilasi		1. Menyebabkan potensi kebakaran/ledakan jika tersulut api, berakibat kematian	1. Perangkat listrik yang ada di sekitar <i>Pig receiver</i> , SUMUR X4-R-100 berada di luar area berbahaya	4	2	8

A- 10 Diagram Pareto



A- 11 Hierarki Pengendalian *LESS PRESSURE*

No.	Tingkatan hierarki	Jenis Pengendalian	Keterangan
1	Engineering Control	Instalasi <i>PRESSURE</i> Transmitting dan <i>PRESSURE</i> indicating yang Terintegrasi dengan Sistem Kontrol: Pasang perangkat untuk memantau flowrate dan tekanan secara real-time. Sistem dapat dikonfigurasi untuk memberikan alarm jika kecepatan aliran melebihi batas aman yang telah ditetapkan.	5. PP 50/ 2012 Unsur 2.1: perusahaan wajib mendokumentasikan bahwa eliminasi telah dipertimbangkan namun tidak dapat diterapkan 6. PERMEN 300.K/38/M.PE/1997 pasal 20: mengharuskan pengendalian tekanan operasi terhadap TOMB. Pasal 29: mewajibkan analisis risiko yang menghasilkan rekomendasi teknis. 7. DNVP-RP-G101: secara eksplisit merekomendasikan ultrasonic testing (UT) sebagai metode inspeksi utama untuk memantau degradasi dinding pipa. 8. FLUID MECHANICS dari penulis Cengel (hal 666) : menjelaskan fenomena aliran kompresibel dimana penurunan tekanan dapat menyebabkan peningkatan kecepatan, yang memperparah erosi dan beban kinetik pada titik korosi.
			1. Revisi Prosedur Operasi Standar (SOP): Secara eksplisit cantumkan batas maksimum kecepatan aliran untuk semua mode operasi, termasuk mode LP, berdasarkan kriteria erosi/korosi. 2. Training untuk Operator: Latih semua operator tentang bahaya erosi/korosi akibat kecepatan tinggi dan prosedur baru untuk memantau <u>parameter selama mode LP.</u>
2	Administrative Control		1. ISO 45001:2018 kalusul 6.1.2 & 6.1.4: Mewajibkan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan perencanaan tindakan yang terdokumentasikan (prosedur, pelatihan). 2. PP 50/ 2012 Unsur 2.1: perusahaan wajib mendokumentasikan bahwa eliminasi telah dipertimbangkan namun tidak dapat diterapkan

A- 12 Corrosion

No.	Tingkatan hierarki	Korosi Eksternal	Jenis Pengendalian Kandungan H ₂ S tinggi 600 ppm	Keterangan
1	Engineering Control	Sebagian besar sudah dilakukan, tetapi bisa ditingkatkan.		2. PERMEN 300.K/38/M.PE/1997 pasal 20: mengharuskan pengendalian tekanan operasi terhadap TOMB. Pasal 29: mewajibkan analisis risiko yang menghasilkan rekomendasi teknis.
		Existing: Inhibitor korosi, PSV/ESDV.		3. DNVP-RP-G101: secara eksplisit merekomendasikan ultrasonic testing (UT) sebagai metode inspeksi utama untuk memantau degradasi dinding pipa (GIGIH PRASETIYO, 2016).
		Rekomendasi Perbaikan (1): Inspeksi UT yang ditargetkan di HCA adalah bentuk penguatan engineering control. Ini adalah sistem monitoring yang lebih advanced dan risk-based.	Rekomendasi Perbaikan (1): Inspeksi UT yang ditargetkan di HCA adalah bentuk penguatan engineering control. Ini adalah sistem monitoring yang lebih advanced dan risk-based.	4. FLUID MECHANICS dari penulis Cengel (hal 666) : menjelaskan fenomena aliran kompresibel dimana penurunan tekanan dapat menyebabkan peningkatan kecepatan, yang memperparah erosi dan beban kinetik pada titik korosi (Fluid Mechanism, 2013).
2	Administrative Control	Perlu diperkuat.		3. ISO 45001:2018 kalusul 6.1.2 & 6.1.4: Mewajibkan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan perencanaan tindakan yang terdokumentasikan (prosedur, pelatihan).
		Existing: Program inspeksi tahunan (PLO), pemantauan kupon korosi. Rekomendasi Perbaikan (2): Sosialisasi Tanggap Darurat adalah bentuk administrative control yang	Sosialisasi Rencana Tanggap Darurat: Lakukan sosialisasi secara berkala kepada masyarakat di sepanjang ROW, seperti yang telah direkomendasikan HAZOP. Ini adalah bentuk pengendalian administratif untuk mengurangi <i>consequence</i> .	4. jurnal salazar-bano dkk. (2024): menegaskan bahwa pengetahuan dan persepsi risiko adalah fondasi dan kesiapsiagaan. rekomendasi (2) sosialisai adalah implementasi langsung dari temuan

krusial yang
selama ini
mungkin
terabaikan. Ini
termasuk
pelatihan,
prosedur, dan
signage untuk
masyarakat.

jurnal ini untuk membangun
pengetahuan dan persepsi
risiko masyarakat (Emilio
Ruzo-Sanmartín, 2024).