

Analisis *Losses* atau Penguapan Pada Pengisian Gas Argon Dengan Metode FTA & FMEA

(Studi Kasus: PT Asuka Solusi Gasindo)

Bey Robbi Hawad Zainunnushhi¹, Akhmad Wasiur Rizqi²

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Gn. Malang, Randuagung, Kec. Kebomas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61121, Jawa
Timur, Indonesia
Email: zainunnushhi@gmail.com, akhmad_wasiur@umg.ac.id

ABSTRAK

Perusahaan gas industri merupakan perusahaan yang memiliki risiko tinggi terhadap terjadinya *losses* (Penguapan Gas) yang dapat menyebabkan kerugian pada Perusahaan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *losses* (Penguapan Gas) yang terjadi pada proses pengisian Gas Argon di PT Asuka Solusi Gasindo. Metode yang digunakan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi penyebab potensial kegagalan suatu sistem dengan model grafis berupa diagram pohon kesalahan, metode ini menetapkan *top event* atau menentukan kejadian kegagalan utama yang kemudian yang ingin di analisis, dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) bertujuan untuk membantu mencegah kegagalan dengan memahami akar permasalahan serta memungkinkan langkah-langkah pencegahan yang efektif untuk mencegah kegagalan sistem di masa depan. *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) suatu metode analisis sistematis untuk mengidentifikasi, menilai, mencegah potensi kegagalan dalam desain atau proses, yang bertujuan untuk mendekripsi dan menghindari potensi cacat atau kegagalan sebelum terjadi, sehingga dapat meningkatkan kualitas, keandalan, dan keselamatan atau produk suatu layanan. Hasil dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mencegah terjadinya *losses* (Penguapan Gas) pada suatu proses pengisian Gas Argon di PT. Asuka Solusi Gasindo, hal tersebut juga harus di dukung dengan adanya pengecekan secara rutin kondisi tangki Gas Argon, perubahan jadwal pengisian Gas Argon.

Kata kunci: *Losses* (Penguapan Gas Argon), FTA, FMEA, Gas Argon, Analisis Risiko.

ABSTRACT

Industrial gas companies are companies that have a high risk of losses (gas evaporation) that can cause losses to the company. This study aims to identify losses (gas evaporation) that occur during the argon gas filling process at PT Asuka Solusi Gasindo. The method used is Fault Tree Analysis (FTA) to identify potential causes of system failure using a graphical model in the form of a fault tree diagram. This method determines the top event or main failure event to be analyzed. The Fault Tree Analysis (FTA) method aims to help prevent failures by understanding the root causes and enabling effective preventive measures to prevent future system failures. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) is a systematic analysis method to identify, assess, and prevent potential failures in design or processes, which aims to detect and avoid potential defects or failures before they occur, thereby improving the quality, reliability, and safety of a product or service. The result of this study is to identify and prevent losses (gas evaporation) in the argon gas filling process at PT. Asuka Solusi Gasindo. This must also be supported by regular checks on the condition of the argon gas tanks and changes to the argon gas filling schedule.

Keywords: Occupational Health and Safety, HAZOP, JSA, Gas Cylinder, Risk Analysis.

Pendahuluan

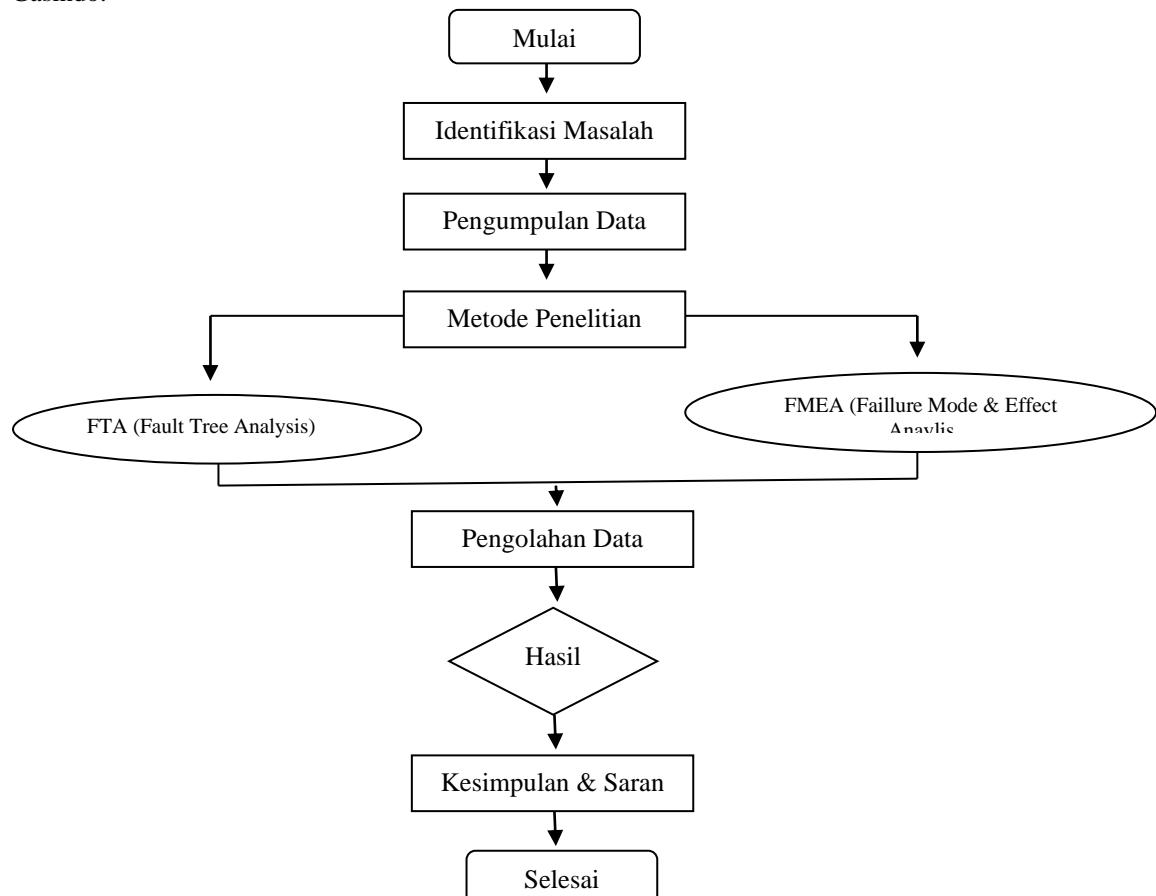
PT. Asuka Solusi Gasindo adalah suatu perusahaan yang berada di Gresik yang bergerak di bidang gas industri salah satunya adalah Gas Argon, PT. Asuka Solusi Gasindo mengedepankan kwalitas produknya, untuk memberikan kwalitas yang terbaik bagi para konsumenya. Kualitas produk adalah suatu bentuk kemampuan sebuah produk yang dapat memberikan hasil serta tujuan yang sangat sesuai dengan yang diharapkan oleh pelanggan atau konsumen. [1] Dalam proses pengisian gas argon sering terjadinya *losses* atau penguapan liquid menjadi gas sehingga menyebabkan kerugian pada perusahaan tersebut. "Penguapan gas argon" sebagai fenomena tunggal yang berdiri sendiri. Argon pada suhu kamar sudah dalam bentuk gas, sehingga penguapan

(perubahan fase dari cair ke gas) hanya terjadi saat argon berada dalam fase cair (kriogenik) [2]. Liquid Argon memiliki suhu -186°C , maka dari hal itu jika kondisi *vacuum* pada tangki dalam kondisi tidak baik, maka tangki akan cepat menyerap panas dari luar sehingga lebih cepat mengubah liquid argon menjadi gas, dengan banyaknya liquid argon yang berubah menjadi gas maka ruang dalam tangki akan dipenuhi dengan gas argon, dengan hal itu akan mengakibatkan tekanan pada tangki akan naik, jika tekanan tangki naik melebihi dari standart yang ditentukan untuk memulai proses pengisian, maka tekanan pada tangki tersebut harus diturunkan, langkah untuk menurunkan tekanan tangki yang naik adalah dengan cara melepas gas argon yang ada di dalam tangki, proses pelepasan gas argon di dalam tangki tersebut disebut dengan proses *venting*. Maka PT. Asuka Solusi Gasindo harus mengatasi permasalahan tersebut, mengenai *losses* dan tetap menjaga pelayanan terhadap pelanggan, diperlukannya upaya perbaikan yang cukup signifikan, guna untuk meningkatkan kepuasan dan kepercayaan pelanggan kepada perusahaan, dan juga mendorong peningkatan nilai jual dari sebuah produk di pasar. [3] Dengan seiring berkembangnya dunia industri maka setiap usaha akan berfokus pada kepuasan pelanggan guna memenangkan persaingan antar industri. [4] [5] [6] [7]

Jika permasalahan *losses* ini dapat di kurangi maka keuntungan perusahaan akan meningkat, sehingga Perusahaan akan diharapkan akan lebih berkembang dan maju. Maka dari itu penulis menggunakan metode FMEA dan FTA yang bertujuan untuk menganalisa mengenai *losses* atau penguapan gas yang terjadi pada proses pengisian Gas Argon di PT. Asuka Solusi Gasindo. Metode ini dapat melakukan suatu skala prioritas perbaikan dari tiap mode kegagalan yang terjadi sehingga memudahkan langkah perbaikan [8] [9] [10]

Metode Penelitian

Data didalam penelitian ini menggunakan data yang di ambil dari PT Asuka Solusi Gasindo, data tersebut adalah data untuk pengisian Tabung Gas Argon dalam kurun waktu pada bulan November tahun 2024. Dari data tersebut digunakan untuk mengkaji tingkat *losses* atau penguapan Gas yang terjadi pada proses pengisian Gas Argon di PT. Asuka Solusi Gasindo. Untuk menganalisis *losses* yang terjadi menggunakan dua metode yaitu metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Dibawah ini merupakan flowchart dari penelitian mengenai *losses* atau penguapan gas argon pada pengisian di PT. Asuka Solusi Gasindo.



Gambar 1. Flowchart Penelitian Gambaran

Fault Tree Analysis (FTA)

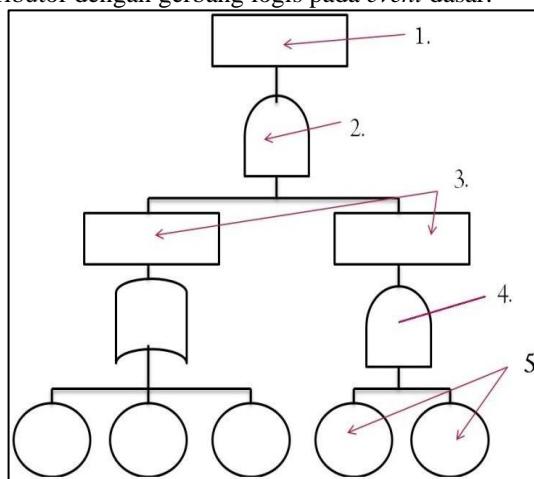
Metode *Fault Tree Analysis* adalah suatu metode dengan model grafis dan logis yang terdiri dari beberapa kesalahan (*fault*) yang dibuat dengan menggambarkan diagram pohon (*Tree*), dimana beberapa kesalahan (*fault*) dibuat secara paralel dan secara berurutan yang disebut dengan *undesired event*, yang kemudian dianalisa dengan kondisi dari proses pengisian dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin akan terjadi yang mengarah pada terjadinya *undesired event* tersebut. [11]

Berikut alasan metode FTA adalah sebagai berikut: [12]

- Analisa kegagalan pada sistem .
- Menetukan hal-hal pada sistem yang dapat menyebabkan kegagalan.
- Proses identifikasi perubahan pada sistem menjadi mudah.
- Analisa fokus pada aspek kegagalan dalam sistem.

Berikut adalah hal-hal yang diperlukan dalam penerapan metode FTA terdapat pada Gambar.1 adalah sebagai berikut :

- Menemukan kejadian puncak (*Event Top*).
- Menemukan kontributor tingkat pertama dengan dasar simbol gate.
- Menemukan interkasi/hubungan kontributor untuk logic gate kejadian puncak (*Event Intermediate*).
- Menentukan kontributor tingkat kedua.
- Identifikasi antara kontributor dengan gerbang logis pada *event* dasar.



Gambar 2. Gambaran Analisa Metode Failure Mode and Effect Analysis (FTA)

Metode FMEA Failure Mode and Effect Analysis

Gaspers mengungkapkan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah suatu metode analisa resiko yang digunakan untuk menentukan potensi suatu kegagalan suatu system atau alat serta akibat yang dapat ditimbulkan, resiko yang dimaksud pada penelitian ini adalah *losses* atau penguapan yang terjadi dalam proses pengisian gas argon. [13]

Model metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah suatu metodologi untuk menentukan serta menghilangkan faktor yang dapat menyebabkan *losses*. Analisa mengenai peralatan dan komponen serta hal hal yang memiliki kaitan dengan mode kegagalan tunggal, resiko, dan pengamanan juga merupakan bagian dari metode FMEA. Proses identifikasi terhadap tahap tahap suatu proses penyebab suatu kegagalan system. [14]

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) merupakan metode yang tepat aplikasikan karena metode dapat mengukur angkat resiko *Losses* (penguapan gas) berdasarkan tiga elemen antara lain *Severity* (S) , *Occurrence* (O) dan *Detection* (D). *Severity* menjelaskan besarnya akibat yang muncul apabila suatu kegagalan benar-benar terjadi. Dalam hal ini, setiap kegagalan dianggap sebagai kejadian yang dapat menimbulkan dampak tertentu, baik yang bersifat ringan maupun berat. Semakin serius efek yang ditimbulkan, misalnya mengancam keamanan, mengakibatkan kerusakan total pada produk, atau menghambat kelancaran proses operasi, maka semakin tinggi pula nilai *severity* yang diberikan. Rentang penilaianya umumnya dimulai dari 1 untuk efek yang paling kecil, hingga 10 untuk konsekuensi paling serius yang dapat membahayakan pengguna atau menghentikan proses produksi. Sementara itu *occurrence* menunjukkan seberapa besar peluang suatu kegagalan terjadi. Nilai ini mencerminkan frekuensi munculnya cacat serta kestabilan proses. Jika kegagalan jarang terjadi, nilainya rendah; tetapi jika sering berulang dan sulit dikendalikan, nilainya meningkat. Pada skala 1 hingga 10, angka yang lebih tinggi menandakan peluang kegagalan yang lebih besar untuk terulang kembali apabila tidak ditangani.

Elemen ketiga adalah *detection*, menunjukkan kemampuan sistem untuk mendeteksi kegagalan sebelum proses lanjut. Jika kesalahan mudah ditemukan, nilainya rendah, tetapi jika sulit terdeteksi hingga mencapai pelanggan, nilainya tinggi. Nilai *detection* yang tinggi menandakan kemampuan deteksi rendah dan risiko yang meningkat [15] [16] [17]

Severity menampilkan skala yang memperlihatkan seberapa parah yang di akibatkan dari suatu kejadian, penelitian ini menampilkan skala standard intensitas suatu kejadian. [18] [19] Standard ini menunjukkan kemungkinan yang dapat terjadi atau dalam hal ini adalah *losses* yang dapat terjadi. [20] [21]

Hasil Dan Pembahasan

Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan di PT. Asuka Solusi Gasindo, data tersebut merupakan data pengisian Gas Argon pada Bulan November Tahun 2024.

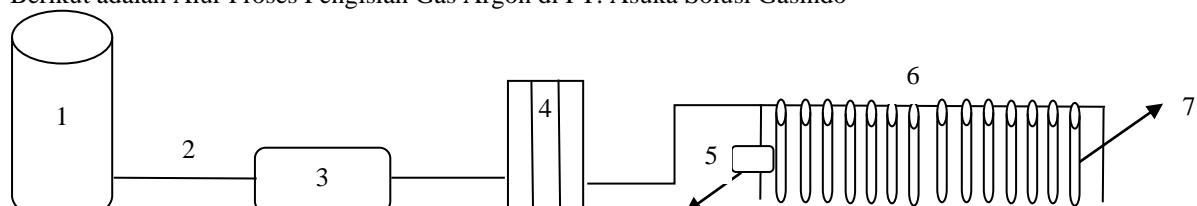
Data Perusahaan

PT. Asuka Solusi Gasindo adalah Perusahaan yang bergerak di bidang gas industri yang berlokasi di Manyar Raya Resort Blok A 1, Sukomulyo, Manyar, Gresik. PT. Asuka Solusi Gasindo memiliki pengisian Gas Argon yang berdiri di lahan seluas 1.210 M² dengan kapasitas produksi 120 tabung per hari, dengan volume tabung 6M³.

Adapun beberapa peralatan dan mesin yang digunakan oleh Perusahaan dalam proses pengisian Gas Argon adalah sebagai berikut :

- Tangki kriogenik dengan kapasitas 10 Ton
- Pompa dengan kapasitas 160 NM
- Vaporizer dengan kapasitas 350 NM
- Pipa jenis Cooper dengan diameter 1 Inci
- Rak Pengisian dengan kapasitas 2 x 20 (1 rak untuk pengisian 20 tabung)
- Mesin Vacuum
- Tabung gas argon sebanyak 1.200 tabung

Berikut adalah Alur Proses Pengisian Gas Argon di PT. Asuka Solusi Gasindo



Gambar 3. Alur Proses Pengisian Gas Argon

Penjelasan dari Gambar di atas berdasarkan nomor pada gambar adalah sebagai berikut :

1. Merupakan tangki kriogenik yang berfungsi sebagai tempat liquid argon
2. Pipa jenis cooper dengan diameter 1 Inci, yang berfungsi mengalirkan dari tangki ke rak pengisian
3. Pompa yang digunakan untuk mengalirkan liquid argon ke vaporizer
4. Vaporizer adalah alat untuk merubah liquid menjadi gas lalu di alirkan menuju ke rak pengisian
5. Rak Pengisian yang berguna untuk menyalurkan Gas Argon yang keluar dari vaporizer lalu di alirkan ke tabung gas argon
6. Tabung gas argon sebagai tempat gas argon
7. Mesin vacuum namun mesin vacuum ini hanya digunakan untuk melakukan pengisian gas argon jenis HP (High Purity)

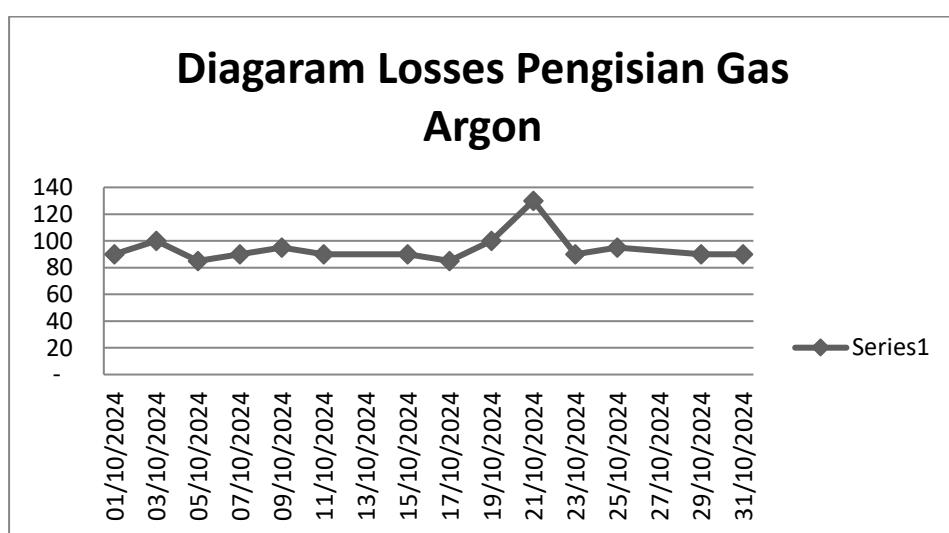
Identifikasi *losses* Gas Menggunakan Metode FMEA

Analisa terhadap *losses* didapatkan dengan melakukan penelitian langsung pada proses pengisian gas argon di PT. Asuka Solusi Gasindo selama periode bulan November tahun 2024.

Dalam proses penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengumpulan data yang dimulai dari pencatatan level awal isi dari liquid argon dalam tangki kriogenik, Tekanan pada *pressure indikator*, jumlah tabung yang terisi yang dihasilkan dalam satu hari, level akhir setelah dilakukan proses pengisian gas argon. Berikut hasil dari penelitian yang dilakukan selama satu bulan pengisian gas argon adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Data Hasil Penelitian Pengisian Gas Argon

No	Tanggal	Jenis Gas	Level Awal (M3)	Pengisian Tabung (M3)	Konversi to M3	Leve l Akhir (M3)	Lv. Awal Lv. Akhir	- Losses (M3)	Ket
1	10/1/24	Liquid Argon	6,450	120	720	5,640	810	90	
2	10/3/24	Liquid Argon	5,590	120	720	4,770	820	100	
3	10/5/24	Liquid Argon	4,720	120	720	3,915	805	85	
4	10/7/24	Liquid Argon	3,915	120	720	3,105	810	90	
5	10/9/24	Liquid Argon	3,105	120	720	2,290	815	95	
6	10/11/24	Liquid Argon	2,290	120	720	1,480	810	90	
7	10/15/24	Liquid Argon	1,480	120	720	670	810	90	
Total			840	5,040		5,680	640	Pengisian Tangki 1	
6	10/17/24	Liquid Argon	6,450	120	720	5,645	805	85	
7	10/19/24	Liquid Argon	5,645	120	720	4,825	820	100	
8	10/21/24	Liquid Argon	4,825	120	720	3,975	850	130	
9	10/23/24	Liquid Argon	3,975	120	720	3,165	810	90	
1	10/25/24	Liquid Argon	3,165	120	720	2,350	815	95	
1	10/29/24	Liquid Argon	2,350	120	720	1,540	810	90	
1	10/31/24	Liquid Argon	1,540	120	720	730	810	90	
Total			840	5,040		5,720	680	Pengisian Tangki 2	
Grand Total			1,680	10,080		11,400	1,320		



Gambar 4. Diagram Losses Pengisian Gas Argon

Menetapkan Nilai dari Severity, Occurance, Detection, dan RPN

Langkah-langkah untuk menentukan kegagalan, tahap pertama harus memberikan nilai atas keparahan, kejadian, dan deteksi. Angka nilai *Severity*, *Occurance*, *Detection* digunakan untuk menetapkan prioritas dari nilai terbesar, yang dimana terbentuk dasar yang dapat digunakan menjadi acuan untuk perbaikan yang harus segera dilakukan.

Berikut ini penjabaran dari *Severity*, *Occurance*, *Detection* adalah sebagai berikut:

- (*S*) *Severity* = Tingkat dari keparahan.
- (*O*) *occurrence* = Kemungkinan seringnya kesalahan.
- (*D*) *Detection* = Tingkat dari kegagalan.
-

Tabel 2. Kalkulasi SOD & RPN

No	Kejadian	S	O	D	RPN
1	Losses terjadi akibat kebocoran sambungan Vaporizer	9	8	3	216
2	Losses terjadi akibat kelalaian menutup PB (Pressure Building)	6	4	5	120
3	Losses akibat kebocoran Valve	8	3	8	192
4	Losses akibat Proses Venting	9	9	9	729
5	Losses akibat proses Flushing Tabung	6	3	9	162

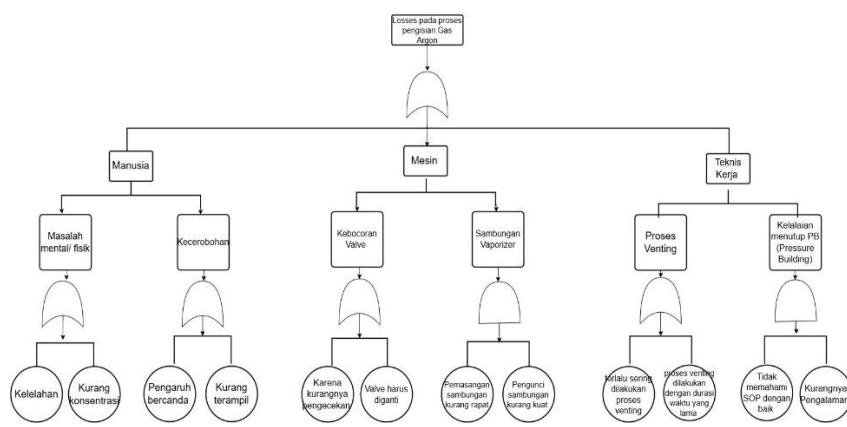
Setelah melakukan pengolahan data menggunakan metode FMEA, terdapat 5 potensi penyebab *losses* pada proses pengisian gas argon, dan potensi yang menyebabkan *losses* tersebut adalah *losses* akibat proses *venting*. Dari data diatas *losses* akibat proses *venting* memiliki nilai *Occurance* dan *detection* adalah 9 dikarenakan kondisi *vacuum* tangki yang tidak baik dan faktor cuaca yg panas sehingga menyebabkan tekanan cepat naik, sehingga liquid argon yang ada didalam tangki akan cepat mengalami penguapan sehingga tekanan akan naik setelah itu dilakukan akan dilakukan *venting* pada tangki tersebut. Proses *venting* adalah suatu proses membuang gas yang ada didalam tangki kriogenik yang bertujuan untuk menurunkan tekanan pada tangki kriogenik tersebut, standart tekanan pada tangki adalah di angka 5 Bar, sehingga jika tekanan pada tangki kriogenik diatas 5 Bar maka harus dilakukan proses *venting* tersebut, faktor yang menyebabkan tekanan pada tangki kriogenik naik salah satunya adalah karena *vacuum* pada tangki yang tidak baik, standart angka *vacuum* pada tangki kriogenik adalah 10-6 Torr. [22]

Identifikasi *losses* Gas Menggunakan Metode FTA (Fault Tree Analysis)

Gambaran mengenai pohon kegagalan (*fault tree*) menggunakan metode FTA. Pohon kegagalan dijabarkan menggunakan *logic gate* yang menghubungkan antara *intermediate event* dan *basic event*. Proses pengisian gas dengan angka RPN tertinggi akan digambarkan pada gambar pohon kegagalan (*fault tree*) pada metode FTA.

Pemetaan FTA terdapat lima tahap yang dapat dilakukan dalam metode FTA (*Fault Tree Analysis*) yaitu: [23] [24] [25]

- Membuat definisi masalah dan kondisi.
- Membuat gambaran model grafis dari *Fault Tree*.
- Menentukan minimal *cut set* dari analisa menggunakan *Fault tree*.
- Menganalisa secara kualitatif dari *Fault Tree*.
- Menganalisa secara kuantitatif dari *Fault Tree*.



Gambar 5. Model Fault Tree Losses pada Pengisian Gas Argon

Berikut merupakan table dari *event* dasar yang terdapat model *fault tree* diatas:

Tabel 3. Item Basic Event

Intermediete event	Basic event
Manusia	Kelelahan
	Pengaruh Bercanda
	Kurang Terampil
	Kurang Konsentrasi
Mesin	Karena Kurangnya Pengecekan Vacum Tangki
	Valve harus diganti
	Pemasangan sambungan kurang rapat
	Pengunci sambungan kurang kuat
Teknis Kerja	Terlalu sering dilakukan proses Venting
	Proses venting dilakukan dengan durasi waktu yang lama
	Tidak memahami SOP dengan baik
	Kurangnya pengalaman

Dari table diatas diketahui bahwa faktor-faktor yang menyebabkan *losses* dilihat dari faktor manusia adalah akibat terjadinya kelelahan pada karyawan, pengaruh bercanda antar karyawan, kurang terampilnya karyawan terhadap pekerjaan, lalu untuk faktor mesin yaitu karena kurangnya pengecekan pada kondisi *vacuum* pada tangki, *valve* yang mengalami keausan sehingga harus diganti, pemasangan sambungan yang kurang rapat, dan pengunci sambungan yang kurang kuat, dan faktor terakhir adalah mengenai teknis kerja yang di pengaruhi oleh terlalu sering dilakukan oleh proses *venting*, proses *venting* yang diakukan dengan durasi yang lama, karyawan tidak memahami SOP dengan baik, yang disebabkan oleh kurangnya pengalaman.

Jika dihubungkan dengan hasil dari metode FMEA maka faktor tertinggi yang menyebabkan *losses* adalah ada pada faktor mesin yaitu kurangnya pengecekan pada kondisi *vacuum* tangki sehingga akan mengakibatkan tekanan pada tangki dan selanjutnya harus diakukan proses *venting*, yang pada metode FTA masuk pada faktor teknis kerja.

Simpulan

Setelah dilakukan penelitian maka disimpulkan dari penelitian ini diperoleh angka RPN dari beberapa faktor, terdapat satu angka RPN yang paling tinggi ada pada *losses* yang di akibatkan oleh Proses *Venting* dengan nilai sebesar 729. Proses *venting* harus dilakukan disebabkan oleh tekanan tangki kriogenik yang terlalu tinggi, salah satu faktor penyebab tekanan tangki kriogenik tinggi adalah *vacuum* pada tangki tersebut kurang baik. Berdasarkan analisis menggunakan metode FTA, ditemukan tiga faktor utama penyebab terjadinya *losses* pada proses pengisian gas argon di PT. Asuka Solusi Gasindo, yaitu faktor manusia (kelelahan, pengaruh bercanda, kurang konsentrasi, dan kurang terampil), faktor mesin (kurangnya pengecekan, valve yang harus diganti, pemasangan sambungan kurang rapat, serta pengunci sambungan yang kurang kuat), dan faktor teknis kerja (frekuensi venting yang terlalu sering, durasi venting yang terlalu lama, pemahaman SOP yang kurang baik, serta keterbatasan pengalaman pekerja). Sementara itu, hasil perhitungan RPN melalui metode FMEA menunjukkan nilai sebesar 729 pada proses *venting*, yang terjadi akibat tekanan tangki kriogenik terlalu tinggi karena kondisi *vacuum* yang kurang baik; oleh karena itu disarankan untuk melakukan pengecekan *vacuum* secara berkala dan segera melakukan perbaikan apabila hasil pengecekan tidak sesuai standar agar tekanan tetap stabil dan kebutuhan *venting* dapat diminimalkan. Selain itu, perbaikan pada aspek manusia dapat dilakukan dengan memperketat pengawasan, mengevaluasi kinerja, serta memberikan pelatihan yang memadai; perbaikan pada aspek mesin dilakukan melalui pengecekan rutin dengan checklist; dan perbaikan pada aspek teknis kerja dapat dilakukan melalui sosialisasi SOP yang lebih menyeluruh serta penempatan pekerja berpengalaman pada tiap divisi untuk memberikan pengawasan dan pendampingan. Secara keseluruhan, penelitian ini menemukan bahwa proses *venting* merupakan faktor utama penyebab *losses* karena meningkatnya tekanan pada tangki yang disebabkan kondisi *vacuum* yang tidak optimal, sehingga mempercepat perubahan liquid argon menjadi gas.

Saran penulis dalam penelitian mengenai *losses* atau penguapan gas pada proses pengisian gas argon di PT. Asuka Solusi Gasindo meliputi perlunya pengecekan kondisi *vacuum* tangki yang dilakukan secara berkala dan terjadwal, serta pemasangan alat pengukur *vacuum* agar kondisi tangki dapat dipantau secara real-time. Selain itu, kemampuan karyawan perlu dievaluasi secara rutin untuk memastikan mereka memahami prosedur kerja yang berlaku, disertai pemberian pelatihan tambahan bagi karyawan yang dianggap belum menguasai SOP dengan baik. Untuk menjaga kedisiplinan dan mencegah terjadinya kesalahan berulang, perusahaan juga disarankan memberikan teguran kepada karyawan yang lalai dalam menjalankan proses pengisian gas argon.

Daftar Pustaka

- [1] D. N. Haqi, "Pertamina Perak Surabaya Hazardous Potential And Risk Analysis Of Fire And Explosion In Lpg Storage Tank Pertamina Perak Surabaya," *The Indonesian Journal Of Occupational Safety And Health*, Vol. 7, No. 3, Pp. 321–328, 2018, Doi: 10.20473/Ijosh.V7i3.2018.321.
- [2] M. H. Abdullah, "Analisis Pengukuran Kepuasan Pelanggan Terhadap Pelayanan Pengisian Gas Argon Menggunakan Metode Kano Dan Root Cause Analysis," *Jurnal Manajemen Stie Muhammadiyah Palopo*, Vol. 10, No. 2, Pp. 300–311, 2024.
- [3] A. Rachman, H. Adianto, And G. P. Liansari, "Perbaikan Kualitas Produk Ubin Semen Failure Mode And Effect Analysis Dan Failure Tree Analysis," *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. 4, No. 02, Pp. 24–35, 2016.
- [4] M. A. Abdurrahman And A. Z. Al-Faritsy, "Usulan Perbaikan Kualitas Produk Roti Bolu Dengan," *Jurnal Rekayasa Industri*, Vol. 3, No. 2, Pp. 73–80, 2021.
- [5] R. Prasetyo, "Analisa Faktor Penyebab Cacat Produksi Pengisian Gas Oksigen : Studi Kasus Di Pt . Samator Gas Kota Batam Rony Prasetyo Pendahuluan Landasan Teori Jurnal Rekayasa Sistem Industri Metodologi Penelitian," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, Vol. 3, No. 2, Pp. 154–160, 2018.
- [6] I. Irmawati, "Pengaruh Kualitas Pelayanan Dan Kualitas Produk Indihome Terhadap Kepuasan Pelanggan Pt . Telkom Witel Magelang," *Jurnal Riset Ekonomi Dan Akuntansi (Jrea)*, Vol. 1, No. 1, Pp. 71–79, 2023.
- [7] M. Firmansyah And A. W. Rizqi, "Analisis Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Terhadap Mesin Bag Inserter (Flexim)," *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, Vol. 8, No. 4, Pp. 2514–2521, 2024.
- [8] A. N. I. Fmea, F. T. A. Method, T. O. Analyze, R. Of, H. In, And T. H. E. Ammonia, "Risiko Potensi Bahaya Di Ammonia Section An Integrated Fmea And Fta Method To Analyze Risks Of Potential," *Jurnal Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Universitas Halu Oleo*, Vol. 6, No. 2, Pp. 118–127, 2025.
- [9] M. Kumar And Rajakarunakara. S, "Fault Tree Analysis Of Lpg Refuelling Station," *International Journal Of Engineering Research & Technology (Ijert)*, Vol. 3, No. 5, Pp. 1293–1299, 2014.
- [10] M. O. Zuhdi, A. Lubis, A. Widodo, And G. D. Haryadi, "Risk Assessment Of Gas Pipeline Using Risk Based Inpection And Fault Tree Analysis," *Proceedings Ofthe 7th Engineering International Conference On Education, Concept And Application On Green Technology*, No. Eic 2018, Pp. 43–47, 2020, Doi: 10.5220/0009006100430047.
- [11] M. T. Hidayat, P. Studi, T. Industri, F. Teknik, C. Penyok, And C. Bantat, "Perbaikan Kualitas Produk Roti Tawar Gandeng Dengan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) Di Pt . Xxz," *Juminten : Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*, Vol. 01, No. 04, Pp. 70–80, 2020.
- [12] J. Supono, "Analisis Penyebab Kecacatan Produk Sepatu Terrex Ax2 Goretex Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) Di Pt . Panarub Defect Bulan Januari , Februari , Maret," *Journal Industrial Manufacturing*, Vol. 3, No. 1, Pp. 15–22, 2018.
- [13] A. Muhamzir, Z. Sinaga, And A. A. Yusanto, "Analisis Penurunan Defect Pada Proses Manufaktur Komponen Kendaraan Bermotor Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Fmea)," *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, Vol. 5, No. 2, Pp. 66–77, 2020.
- [14] P. Studi, T. Industri, F. Teknik, U. S. Raya, And K. Serang, "Analisa Kegagalan Produk Clip Ri Dengan Pendekatan Failure Mode And Effect Analysis (Fmea)," *Journal Of Industrial Engineering, Scientific Journal On Research And Application Of Industrial System*, Vol. 5, No. 2, Pp. 101–109, 2020.
- [15] Mashfufah And M. Munir, "Upaya Menurunkan Tingkat Kecacatan Produk Psst Slice Mushrooms 4 Oz Dengan Metode Fmea (Failure Mode And Effect Analysis) Di Pt. Etr Purwodadi," *Journal Knowledge Industrial Engineering (Jkie)*, Vol. 06, No. 02, Pp. 66–74, 2019.
- [16] R. Saputra And D. T. Santoso, "Analisis Kegagalan Proses Produksi Plastik Pada Mesin Cutting Di Pt . Pkf Dengan Pendekatan Failure Mode And Effect," *Jurnal Universitas Singaperbangsa*, Vol. 06, No. 01, Pp. 322–327, 2021.
- [17] I. Masrofah And H. Firdaus, "Analisis Cacat Produk Baju Muslim Di Pd . Yarico Collection Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis," *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri (Jmts)*, Vol. 2, No. 2, Pp. 43–55, 2018.
- [18] Rustono, F. M. Triasrini, And Paniya, "Failure Mode And Effect Analysis On Risk Management At An Oil And Gas Survey Company In Indonesia Interpreta-," *International Journal Of Science, Technology & Management*, Pp. 1725–1732, 2022.
- [19] Z. Islam, "Importance Of Failure Modes And Effect Analysis Application For Risk Analysis In Barapukuria Coal Mine , Bangladesh," *International Journal Of Innovations In Engineering Research And Technology*, Vol. 8, No. 5, Pp. 148–156, 2021.

- [20] F. P, Nofriyanti, A. Hasan, And I. Kurnia, "Risk Analysis For Occupational Safety And Health In Manufacturing Company Using Fmea And Fta Methods : A Case Study Risk Analysis For Occupational Safety And Health In Manufacturing Company Using Fmea And Fta Methods : A Case Study," *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering Paper*, Pp. 1–13, 2020, Doi: 10.1088/1757-899x/1003/1/012073.
- [21] A. Sutanto, E. Faza, And N. I. Indrianti, "Risk Control Analysis Of Distribution Operations In Lpg Storage Using Fault Tree Analysis Method," *Advances In Social Science, Education And Humanities Research*, Vol. 436, Pp. 451–454, 2020.
- [22] A. W. Yusariarta And H. Purwaningsih, "Analisa Penambahan Aluminium (Al) Terhadap Sifat Hidrogenasi Paduan Mg 2-X Al X Ni Hasil Sintesa Mechanical Milling Dan Heat Treatment," *Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (Its)*, Vol. 4, No. 1, Pp. 72–77, 2015.
- [23] Y. Zhang, P. Bai, X. Meng, Y. Ma, And J. Chen, "Discussion On Fault Tree Analysis Of Long-Distance Pipeline Leakage Analysis Of Causes Of Long-Distance Pipeline Leakage Incidents," *Proceedings Of The 2025 2nd International Conference On Urban Planning And Design*, No. Upd 2025, Pp. 99–105, 2025, Doi: 10.2991/978-94-6463-782-3.
- [24] M. A. Sabará, J. Antônio, P. Gomes, A. Helton, And S. Bueno, "Development Of A Fault Tree Analysis (Fta) For Structural Integrity Assessment Of Gas Pipelines : A Literature-Based Approach," *Rgsa – Revista De Gestão Social E Ambiente*, Vol. 19, No. 4, Pp. 1–22, 2025.
- [25] H. Aulawi And W. A. Kurniawan, "Analisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Dodol Menggunakan Metode Fta , Fmea Dan Ahp," *Jurnal Kalibrasi*, Vol. 20, No. 02, Pp. 102–112, 2022.