



Identifikasi Bahaya Pada *Main Cryogenic Heat Exchanger* (MCHE)

Palaguna¹, Andi Pawennari², Irma Nur Afiah³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Universitas Muslim Indonesia, Indonesia

Email: palaguna.said@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 15 April 2023

Diperbaiki: 25 Mei 2023

Disetujui: 30 Juni 2023

ABSTRAK

PT Donggi Senoro LNG (DSLNG) adalah perusahaan penghasil gas alam cair Indonesia yang memiliki kapasitas pengolahan 335 MMScfd gas alam menjadi 2,1 juta ton LNG pertahun yang di ekspor ke Jepang dan Korea selatan. System ini bekerja pada temperature yang sangat rendah (*Cryogenic Temperature*) dan tekanan yang tinggi serta bekerja penuh selama 24 jam maka MCHE merupakan salah satu komponen yang mempunyai risiko tinggi atau *High risk equipment*. Jika terjadi kegagalan pada unit *Main Cryogenic Heat Exchanger* (MCHE) maka akan muncul risiko dan bahaya yang cukup besar seperti terjadi ledakan. Identifikasi terjadinya risiko tersebut belum dilakukan dengan baik sehingga tingkat kemungkinan terjadinya risiko masih cukup tinggi. Tujuan dari penelitian tersebut adalah Melakukan identifikasi bahaya berdasarkan kemungkinan bahaya yang terjadi pada *Main Cryogenic Heat Exchanger* dan elakukan manajemen risiko pada *Main Cryogenic Heat Exchanger*. HAZOP merupakan studi keamanan yang sistematis berdasarkan pada system pendekatan kearah sebuah penilaian keamanan dan operabilitinya dari peralatan proses yang kompleks atau proses jalannya produksi. Hasil dari penelitian tersebut adalah Resiko terbesar terjadi pada komponen *flow indicator* 041.041FCI2430 node *Main Cryogenic Heat Exchanger* (MCHE) dengan bahaya yang dapat terjadi adalah kegagalan control valve yang mengakibatkan temperatur meningkat dan kelebihan tekanan yang dapat menyebabkan terjadinya ledakan dan kebanyakan safeguard pada unit *Main Cryogenic Heat Exchanger* (MCHE) berupa instruksi kerja atau SOP sehingga diperlukan safeguard tambahan seperti sistem safety alarm sebagai sistem peringatan dini adanya bahaya.

Kata Kunci: *Main Cryogenic Heat Exchanger*, *Risk*, HAZOP, *Likelihood*, *Consequence*.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah Lisensi Internasional CC BY 4.0© JRSIM (2023)



PENDAHULUAN

PT Donggi Senoro LNG (DSLNG) adalah perusahaan penghasil gas alam cair Indonesia yang memiliki kapasitas pengolahan 335 MMScfd gas alam menjadi 2,1 juta ton LNG pertahun yang di ekspor ke Jepang dan Korea selatan. Dalam memproduksi LNG, Gas alam yang telah dimurnikan dari gas pengotor seperti H₂S, CO₂ akan melalui proses pengeringan dari uap air. selanjutnya gas yang telah di treatment akan di alirkan ke unit pencairan gas yang disebut *Main Cryogenic Heat Exchanger (MCHE)*, dimana gas tersebut akan dicairkan pada suhu -160°C dan tekanan 50 bar, selanjutnya LNG akan di alirkan ke tangki penyimpanan. Proses ini dilakukan pada empat buah Unit, dengan setiap unit menjalankan prosesnya masing-masing yaitu *Dehydration Unit, Fractionation Unit, Liquefaction Unit, dan Refrigerant Unit*. Penelitian yang telah dilakukan berfokus pada unit *Liquefaction* yang terdiri dari *Main exchanger* yang disebut *Main Cryogenic Heat Exchanger*. Gas alam menjadi cair setelah keluar dari MCHE dengan bantuan pendingin yang disebut *Mix Refrigerant (MR)*. LNG kemudian ditransfer ke Tangki penyimpanan. Multi Refrigerant Liquid (MRL) Circuit Merupakan salah satu pendingin (Refrigerant system) yang terdiri dari gas Ethana dan Propane, berfungsi untuk mendinginkan gas umpan pada MCHE dari suhu -34°C menjadi -125°C. Komposisi gas Ethana dan Propana pada MRL adalah 42% mol dan 11% mol. Sedangkan MRV Circui merupakan salah satu pendingin (*Refrigerant system*) yang terdiri dari gas Nitrogen dan Methana, Berfungsi untuk mencairkan gas umpan dari suhu -125°C menjadi -160°C yang selanjutnya akan dikirim ke tangki penyimpanan. Komposisi gas Nitrogen dan Methana adalah 6%mol dan 41% mol [1].

Dikarenakan system ini bekerja pada temperature yang sangat rendah (*Cryogenic Temperature*) dan tekanan yang tinggi serta bekerja penuh selama 24 jam maka MCHE merupakan salah satu komponen yang mempunyai risiko tinggi atau *High risk equipment*. Jika terjadi kegagalan pada unit *Main Cryogenic Heat Exchanger (MCHE)* maka akan muncul risiko dan bahaya yang cukup besar seperti terjadi ledakan. Sehingga kejadian-kejadian yang terjadi belum diketahui dengan jelas bersumber dari bagian node mana yang beroperasi. Identifikasi terjadinya risiko tersebut belum dilakukan dengan baik sehingga tingkat kemungkinan terjadinya risiko masih cukup tinggi. Dengan begitu diperlukan analisis bahaya yang dapat terjadidari proses yang terdapat pada unit MCHE.

Safety Instrumented System (SIS) adalah sistem yang berfungsi untuk memberikan keamanan dari sistem yang telah dibuat terhadap gangguan yang terjadi. SIS dikhususkan untuk merespon situasi darurat [2]. SIS terdiri dari instrumentasi yang berfungsi untuk *shutdown* darurat dan dengan demikian membawa proses ke keadaan yang aman ketika terjadi kegagalan [3]. HAZOP merupakan studi keamanan yang sistematis berdasarkan pada system pendekatan kearah sebuah penilaian keamanan dan operabilitinya dari peralatan proses yang kompleks atau proses jalannya produksi [4]. Selain itu HAZOP mampu digunakan untuk menentukan apakah penyimpangan dalam suatu proses dapat mendorong kearah kejadian atau kecelakaan yang tidak diinginkan [5].

Risiko adalah dampak yang kurang menyenangkan (merugikan, membahayakan) yang berasal dari kegiatan atau proses kerja yang dilakukan [6]. Bahaya kerja (*work hazard*) merupakan sumber kerugian atau keadaan yang berkaitan dengan pekerja, pekerjaan, dan lingkungan pekerjaan yang berpotensi mengakibatkan kerugian [7]. Bahaya di tempat kerja muncul akibat terjadinya interaksi antarara unsur produksi yaitu manusia, perlatan, bahan, dan proses produksi, serta prosedur atau system kerja [8]. Dalam proses identifikasi dan melakukan analisis potensi bahaya maka dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Hazard and Operability Study (HAZOP)* merupakan studi keselamatan yang sistematis, berdasarkan pendekatan sistemik kearah penilaian keselamatan dan proses pengoperasian peralatan yang kompleks, atau proses produksi [9]. Identifikasi sumber bahaya dengan metode HAZOP dilakukan dengan melengkapi kriteria yang ada pada lembar HAZOP [10], dengan urutan sebagai berikut:

1. Mengklasifikasikan hazard yang ditemukan
2. Mendeskripsikan penyimpangan yang terjadi selama proses operasi
3. Mendeskripsikan penyebab terjadinya penyimpangan
4. Mendeskripsikan apa yang dapat ditimbulkan dari penyimpangan tersebut
5. Menentukan tindakan sementara yang dapat dilakukan
6. Menilai risiko yang timbul dengan mendefinisikan kriteria *likelihood* dan *consequences*

7. Melakukan perangkaan dari sumber bahaya yang telah diidentifikasi dengan menggunakan lembar HAZOP dengan memperhitungkan *likelihood* dan *consequences*, kemudian menggunakan *risk matrix* untuk mengetahui prioritas sumber bahaya
8. Merancang perbaikan untuk risiko yang memiliki level “*Ekstrim*”, kemudian melakukan rekomendasi perbaikan untuk proses.

Dengan berpedoman pada HAZOP maka dapat dilakukan identifikasi bahaya berdasarkan kemungkinan bahaya yang terjadi pada *Main Cryogenic Heat Exchanger* dan melakukan manajemen risiko pada *Main Cryogenic Heat Exchanger*.

METODE PENELITIAN

1. Model pengukuran

- a. Mempersiapkan HAZOP *Worksheet*
- b. Mempersiapkan dokumen penunjang
- c. Memilih dan memilah *node*
- d. Menentukan *Design Intent*
- e. Menentukan parameter proses
- f. Menentukan kemungkinan penyebab
- g. Menentukan nilai probabilitas dan *consequence* serta risk matriks
- h. Menentukan rekomendasi dan mitigasi

Setelah identifikasi potensi bahaya, dilakukan penentuan nilai risiko (menentukan nilai *likelihood* dan *consequence*) dengan tabel Risk Index. Langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menentukan tingkat kemungkinan kejadian *likelihood* dengan Tabel 1

Tabel 1. *Likelyhood*

Nilai	Kriteria Nilai Peluang	Keterangan
1	<i>Brand new excellence</i>	Risiko jarang sekali muncul
2	<i>Very good</i> atau <i>good serviceable</i>	Risiko terjadi 2-3 kali dalam 5 tahun
3	<i>Acceptable</i> atau <i>barely acceptable</i>	Risiko terjadi lebih dari 3 atau kurang dari 4 kali dalam 5 tahun
4	<i>Below standard</i> atau <i>poor</i>	Risiko terjadi 4-5 kali dalam 5 tahun
5	<i>Bad</i> atau <i>unusable</i>	Risiko terjadi lebih dari 5 kali dalam 5 tahun

- 2) Menentukan tingkat akibat yang ditimbulkan (*Consequence*) dengan Tabel 2.

Tabel 2. *Consequence*

Kategori	Deskripsi
Kategori alat C	Apabila terjadi kerusakan tidak berpengaruh terhadap operasional pabrik
Kategori alat B	Apabila terjadi kerusakan unit pabrik tidak sampai <i>shutdown</i> , tetapi terjadi sedikit penurunan rate produksi
Kategori alat B	Apabila terjadi kerusakan unit pabrik tidak sampai <i>shutdown</i> , tetapi terjadi penurunan rate produksi
Kategori alat A	Apabila terjadi kerusakan, unit pabrik akan shutdown atau tidak bisa start-up
Kategori alat A & L	Apabila terjadi kerusakan, unit pabrik shutdown atau tidak bisa start-up dan equipment yang terkait dengan peraturan pemerintah atau UU

- 3) Menentukan peringkat risiko pada Tabel 3

Tabel 3. Matrix Risiko

<i>Likelihood</i>	<i>Consequence</i>				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L 5
1 (Brand new/ excellence)	L1	L2	L3	L4	M5
2 (Very good/good serviceable)	L2	L4	M6	M8	M10
3 (Acceptable/barely acceptable)	L3	M6	M9	M12	M15
4 (Below standard/poor)	L4	M8	M12	H16	H20
5 (Bad/unusable)	M5	M10	H15	H20	H25

Keterangan:
 L : Low Risk
 M : Moderate Risk
 H : High Risk

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan identifikasi potensi bahaya maka diperoleh komponen instrument yang berisiko pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria *likelihood*

Data Maintenance Main cryogenic heat exchanger (MCHE)				
No	Komponen	MTTF	Likelihood	Kriteria Likelihood
1	Flow Indicator 041FCI2430	21495	2.037683182	D
2	Pressure Indicator 041PIC1259	18860	2.322375398	B
3	Temperature Indicator 041.041TI1306	29540	1.482735274	B
Data Maintenance Multi refrigerant liquid (MRL)				
No	Komponen	MTTF	Likelihood	Kriteria Likelihood
1	Flow Indicator 051.051FI1051B	22860	1.916010499	C
2	Pressure Indicator 051.051PIC1224	20100	2.179104478	B
Data Maintenance Multi refrigeratan vapour (MRV)				
No	Komponen	MTTF	Likelihood	Kriteria Likelihood
1	Flow Indicator 051.051FI1051A	13980	3.13304721	C
2	Pressure Indicator 051.051PIC1223	20100	2.17910448	B

Kriteria *consequence* sesuai standar PT. Doggi Senoro dan Standar AS/NZS tiap komponen dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria *consequence*
Main cryogenic heat exchanger (MCHE)

<i>Main cryogenic heat exchanger (MCHE)</i>				
No	Komponen	Guede Word	Consequence Pabrik	Consequence AS/NZS
1	Flow Indicator 041FCI2430	More	4	IV
		Less	3	III
2	Pressure Indicator 041PIC1259	Low	3	III
3	Temperature Indicator 041TI1306	High	2	III
		Low	2	III
<i>Multi refrigerant liquid (MRL)</i>				
No	Komponen	Guede Word	Consequence Pabrik	Consequence AS/NZS
1	Flow Indicator 051.051FI1051B	More	3	III
		Less	3	III
2	Pressure Indicator 051.051PIC1224	High	2	I
<i>Multi refrigeratan vapour (MRV)</i>				
No	Komponen	Guede Word	Consequence Pabrik	Consequence AS/NZS
1	Flow Indicator 051.051FI1051A	More	3	III
		Less	3	III
2	Pressure Indicator 051.051PIC1223	High	2	I

Adapun hasil dari nilai risiko yang mengacu pada standar PT. Doggi Sonoro dan standar AS/NZS adalah sama. Pada analisis risiko dengan standar PT. Donggi Sonoro mayoritas Deviasi memiliki risiko moderatedan dimana ada 4 deviasi dengan risiko moderate dan 1 deviasi berisiko high. Sedangkan analisis risiko dengan menggunakan standard AS/NZS terdapat 3 deviasi yang berisiko medium dan 2 deviasi berisiko high. Perbedaan kedua risk matriks dikarenakan perbedaan kriteria dan penyusunan risk matriks dari keduanya pada Tabel 6.

Tabel 6. Risk Matrix *Main cryogenic heat exchanger (MCHE)*

<i>Likelihood</i>	<i>Consequences</i>				
	Kategori A	Kategori B	Kategori C	Kategori D	Kategori E
1 (Brand New/Excellences)					
2 (Very good/Good Serviceable)					
3 (Acceptable/Barely acceptable)		2 Low , 3 High, Low (6)			
4 (below standard/poor)			1 Less (12)	1 More(16)	
5 (Bad/Unusable)					

Pada analisis risiko dengan standar PT. Donggi Sonoro 2 Deviasi memiliki risiko moderate dan 1 lainnya memiliki risiko low. Sedangkan analisis risiko dengan menggunakan standard AS/NZS terdapat 2 deviasi yang berisiko high dan 2 lainnya berisiko Low. Perbedaan kedua risk matriks dikarenakan perbedaan kriteria dan penyusunan risk matriks dari keduanya pada Tabel 7.

Tabel 7. Risk Matrix Multi refrigerant liquid (MRL)

Likelihood	Consequences				
	Kategori A	Kategori B	Kategori C	Kategori D	Kategori E
1 (Brand New/Excellences)					
2 (Very good/Good Serviceable)		2 High (4)			
3 (Acceptable/Barely acceptable)			1 More, Less (9,9)		
4 (below standard/poor)					
5 (Bad/Unusable)					

Adapun hasil dari nilai risiko yang mengacu pada standar PT. Donggi Sonoro dan standar AS/NZS adalah sama. Nantinya nilai ini berbentuk *risk matrix*. Untuk komponen Flow Indikator 051FI1051A dan Pressure Indikator 051PIC1223 untuk mendapatkan *risk matrix* pada Tabel 8.

Tabel 8. Risk Matrix Multi refrigeratan vapour (MRV)

Likelihood	Consequences				
	Kategori A	Kategori B	Kategori C	Kategori D	Kategori E
1 (Brand New/Excellences)					
2 (Very good/Good Serviceable)		2 High (4)			
3 (Acceptable/Barely acceptable)			1 More, Less (9,9)		
4 (below standard/poor)					
5 (Bad/Unusable)					

Pada Node MCHE system yang mengatur jumlah aliran LNG tetap berada dalam *Normally Flow rate* adalah 041FIC2430. Hasil hazop menunjukkan jika terjadi deviasi *High flow* yang disebabkan gagalnya system maka temperature LNG akan naik, untuk itu diperlukan sebuah penambahan safeguard yaitu penambahan set point TAHH pada system 041TAHH2410 yang akan menutup jika terjadi indikasi 2 phase aliran. Analisa HAZOP terlihat bahwa system safeguard yang telah ada dianggap mampu menanggulangi risiko jika terjadi kegagalan alat. Kegagalan alat pada 041PIC1259 pada deviasi low pressure yang disebabkan oleh kegagalan alat dapat mengakibatkan system kehilangan *MR Inventory* sehingga perlu dilakukan penambahan safeguard yaitu penambahan system peringatan, dan penambahan waktu pada 051TDAH1313.

Hal ini untuk mengalirkan sisa LNG didalam MCHE agar temperature inlet tidak terlalu dingin saat system sedang *shutdown*. Pada Node MRL system yang mengatur jumlah aliran pendingin dilakukan oleh 051FI1051B dan Node MRV oleh 051FI1051A yang menjaga aliran dalam keadaan stabil. Jika terjadi deviasi maka akan terjadi penurunan *MR inventory* yang tentunya akan menurunkan produksi LNG. Pada system ini terdapat beberapa safeguard yang dianggap mampu mengatasi risiko jika terjadi kegagalan system, namun perlu penambahan system peringatan dini jika terjadi kegagalan alat yaitu penambahan system alarm 051-TAL3110 dan 1370.

Berdasarkan analisis HAZOP *worksheet* tersebut, dapat diketahui risiko tertinggi pada unit *Main Cryogenic Heat Exchanger (MCHE)* adalah kebakaran yang diakibatkan oleh naiknya suhu *Multi Refrigerant Liquid (MRL)* untuk mencairkan dan memanaskan belerang, selain itu kenaikan suhu juga bisa diakibatkan karena perubahan cuaca sekitar. Dengan besarnya risiko maka diperlukan adanya rekomendasi dalam meningkatkan tingkat keselamatan agar dapat mereduksi potensi risiko yang dapat terjadi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa risiko bahaya terbesar terjadi pada komponen flow indicator 041-FIC-2430 di node *Main Cryogenic Heat Exchanger* (MCHE). Risiko tersebut meliputi rugi produksi akibat ledakan dan kebakaran yang disebabkan oleh Liquid Hammering pada pipa produksi. Menurut standar PT DSLNG, risiko ini memiliki tingkat High Risk dengan nilai 16, konsekuensi 4, dan kemungkinan terjadinya 4 dalam 5 tahun. Safeguard yang telah dipasang adalah sistem alarm sebagai peringatan dini terhadap bahaya. Manajemen risiko yang dilakukan untuk mengurangi kemungkinan risiko kegagalan pada 041-FIC-2430 adalah penambahan sistem *shutdown* jika suhu pada 041-TAHH-2410 meningkat, serta peningkatan jadwal *Preventive Maintenance* dari 6 bulan menjadi 3 bulan pada 041-FIC-2430. Rekomendasi berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut. Pertama, perlu dilakukan studi lebih lanjut yang meliputi analisis risiko berdasarkan kategori lain agar analisis HAZOP dapat dilakukan dengan lebih terperinci. Kedua, diperlukan dokumentasi yang lebih baik pada pabrik untuk memudahkan analisis permasalahan yang terjadi. Ketiga, untuk mengurangi kesalahan pada proses produksi, perlu dilakukan perubahan pada sistem pengendalian pabrik dengan memanfaatkan sistem otomatis. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk melanjutkan analisis risiko dengan pendekatan yang lebih komprehensif, meningkatkan dokumentasi pabrik, dan mengimplementasikan sistem pengendalian otomatis guna meningkatkan keamanan dan efisiensi produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada kedua orang tua saya Saibu dan A. Herawati atas dukungan sehingga penulisan jurnal kami selesaikan. Kepada kawan seperjuangan Edi Suhaedi.,ST, dan Muhzan.,ST atas motivasi dan arahnya dan tak lupa pula kepada ketua jurusan Teknik Industri ibu Dr. Eng. Ir. Irma Nur Afiah., ST., MT., IPM., ASEAN Eng beserta seluruh jajarannya, dan Dekan Fakultas Teknologi Industri Bapak Dr. Ir. Lamatinulu., MT., IPM., ASEAN Eng. Universitas Muslim Indonesia, yang mana atas saran dan motivasinya kepada kami sehingga bisa menyelesaikan penelitian yang dilakukan. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Institusi penerbit jurnal JRSIM UMI beserta pengurus/penerbit atas terbitnya jurnal ini.

REFERENSI

- [1] Samrain, Musdalifah, A. Alim, and A. Badwi, "Studi Kualitatif Pencegahan dan Penanggulangan Bahaya Kebakaran di Lingkungan Kerja PT. Donggi Senoro LNG," *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 10, no. 1, pp. 14-23., 2024, doi: 10.24252/higiene.v10i1.39599.
- [2] L. Xie, M. A. Lundteigen, and Y. Liu, "Performance analysis of safety instrumented systems against cascading failures during prolonged demands," *Reliab Eng Syst Saf*, vol. 216, no. 107975, pp. 1–15, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.ress.2021.107975.
- [3] A. Goeritno, D. Anwar, and D. Nurmansyah, "Penerapan Konsepsi Safety Instrumented System (SIS) Untuk Upgrading Sistem Instrumentasi dan Kontrol Pada Fasilitas Pemurnian Uap Geothermal Power Plant.," *Prosiding SENIATI, 3(1), B12-1.*, vol. 3, no. 1, p. B12.1-B12.6, 2017, doi: 10.36040/seniati.v3i1.1623.
- [4] A. Agil, R. A. Fauzi, P. J. Prakoso, and S. Luthfianto, "Analisis Metode Hazop untuk Mengurangi Sumber Bahaya pada Proses Produksi Gondorukem di PPCI Pemalang," *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, vol. 12, no. 1, p. 154, Dec. 2022, doi: 10.36499/psnst.v12i1.6651.
- [5] I. Rahmanto and M. I. Hamdy, "Analisa Resiko Kecelakaan Kerja Karawang Menggunakan Metode Hazard and Operability (HAZOP) di PT PJB Services PLTU Tembilahan," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, vol. 1, pp. 53–60, 2022, doi: 10.55826/tmit.v1i2.15.
- [6] A. Fole, "Perancangan Strategi Mitigasi Risiko Pada Proses Bisnis CV. JAT Menggunakan Metode House of Risk," Makassar, Apr. 2023. doi: 10.58227/jiei.v1i02.109.

- [7] M. Z. Ikhsan, “Identifikasi Bahaya, Risiko Kecelakaan Kerja Dan Usulan Perbaikan Menggunakan Metode Job Safety Analysis (Jsa) (Studi Kasus: PT. Tamora Agro Lestari),” 2022. doi: 10.55826/tmit.v1i1.13.
- [8] M. Nur, “Analisis Sistem Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Dengan Metode Ecfa Di. PT XYZ,” *Industrial Engineering Journal*, vol. 9, no. 2, pp. 1–7, 2020, doi: 10.53912/iejm.v9i2.565.
- [9] M. Rais Budiman and A. Suseno, “Identifikasi Potensi Bahaya untuk Meminimalkan Kecelakaan Kerja dengan Metode Hazard and Operability Study (HAZOP) di PT SEGARA,” *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 8, no. 9, pp. 333–339, 2022, doi: 10.5281/zenodo.6668080.
- [10] I. Mindhayani, “Analisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja dengan metode HAZOP dan pendekatan ergonomi (Studi kasus: Ud. Barokah Bantul),” *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 31–38, 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.3544.