

Manajemen Risiko Keselamatan di Area *Wellpad* dan Area *Power Plant* Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP X) Menggunakan Metode HIRARC

Personal Risk Management for Safety in Wellpad and Power Plant Areas of Geothermal Power Plant (PLTP X) Using The HIRARC Methode

Muhammad Arif Yutaro¹, Dwina Roosmini²

1. Program Studi Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

*Corresponding Author : **Muhammad Arif Yutaro**

Email : arifyutaro@gmail.com, dwinaroosmini@yahoo.com

ABSTRAK

Indonesia memiliki kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) terbesar kedua di dunia mencapai 2.133 MW pada (2020) dan berkontribusi sebesar 3,01% terhadap produksi listrik nasional. PLTP merupakan industri yang memiliki risiko tinggi pada tahapan eksplorasi *wellpad*. Berdasarkan laporan tahunan Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) angka kecelakaan kerja di Indonesia sangat tinggi dan terus terjadi peningkatan dari 2016 sebanyak 101.367 kasus hingga pada 2022 mencapai 265.334 kasus. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan manajemen risiko keselamatan di area *wellpad* (eksplorasi dan eksploitasi) dan area *power plant* dengan mengacu pada metode *Hazard Identification, Risk Assessment & Risk Control* (HIRARC). Kegiatan diawali dengan penggunaan *Job Safety Analysis* (JSA) untuk mempermudah identifikasi bahaya sesuai dengan tahapan pekerjaan, lalu selanjutnya adalah *risk assessment*. Data identifikasi bahaya dari JSA digunakan ke dalam metode HIRARC untuk membuat *risk assessment* serta merumuskan rekomendasi pengendalian risiko di area *wellpad* dan area *power plant* berdasarkan hasil perhitungan dan pemetaan pada *risk mapping*. Berdasarkan data HIRARC dan kuesioner di dapatkan bahwa area *rig project (exploration)* merupakan satu satunya yang memiliki *hazard* dengan kategori tinggi dan memiliki total jumlah *hazard* terbanyak diikuti area *powerplant* dan area *wellpad (exploitation)*.

Kata Kunci : PLTP, HIRARC, eksplorasi *wellpad*, kecelakaan kerja.

ABSTRACT

Indonesia has the second-largest geothermal power capacity in the world, reaching 2,133 MW in 2020 and contributing 3.01% to the national electricity production. Geothermal power plants constitute an industry with high risks, particularly during the *wellpad* exploration stage. According to the annual report from BPJS, the number of work-related accidents in Indonesia remains alarmingly high, with a continuous increase from 101,367 cases in 2016 to 265,334 cases in 2022. This research aims to compare safety risk management in *wellpad (exploration & exploitation)* and *power plant* areas, referencing the *Hazard Identification, Risk Assessment & Risk Control (HIRARC)* method. It begins with the utilization of *Job Safety Analysis (JSA)* to facilitate hazard identification corresponding to job stages, followed by *risk assessment*. Hazard identification data from JSA are integrated into the HIRARC method to conduct *risk assessment* and formulate *risk control* recommendations in *wellpad* and *power plant* areas based on calculation results and *risk mapping*. Data processing using HIRARC and questionnaire data reveals that the *rig project area (exploration)* is the only area with hazards categorized as high, and it also has the highest total number of hazards, followed by the *power plant* area and *wellpad area (exploitation)*.

Keywords: *Geothermal Power Plant, HIRARC, wellpad exploration, workplace accident.*

PENDAHULUAN

Berdasarkan data Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) dalam goodstats angka kecelakaan kerja di Indonesia masih sangat tinggi dan terus meningkat. Pada tahun 2016 terjadi peningkatan yang signifikan dalam jumlah kecelakaan kerja yakni sebesar 101.367 kasus, hingga pada November 2022 jumlah kecelakaan kerja mencapai 265.334 kasus. (1)

Menurut think geo energy dalam databoks Negara Indonesia yang berlokasi di wilayah cincin api (*ring of fire*) diberikan kelimpahan sumber daya alam, di antaranya adalah panas bumi. Sekitar 40% dari cadangan panas bumi dunia terdapat di Indonesia. Indonesia memiliki kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) terbesar kedua di dunia, mencapai 2.133 megawatt (MW) pada tahun 2020. (2)

Secara umum dalam pengembangan energi panas bumi, terdapat dua risiko utama yaitu risiko sumber daya di reservoir panas bumi dan yang kedua adalah risiko terkait infrastruktur, operasi, lingkungan, dan masyarakat setempat. (3) (4)

Tahap pengujian *wellpad* adalah tahap yang banyak menyebabkan insiden kecelakaan kerja. Hal ini karena saat pengujian sumur, yang pertama keluar adalah gas tidak terkondensasi. Gas ini mengumpul di ujung uap dan dapat berbahaya jika terpapar manusia. Pada area *power plant* terdapat beberapa risiko terutama di unit *cooling tower* seperti cipratan dan uap bahan kimia korosif dan *irritant* terkena mata. (5) (6)

Selain itu juga adanya potensi dampak lingkungan ini mungkin memiliki konsekuensi luas bagi kesehatan manusia, ekologi dan ekonomi. (7)

Menurut OHSAS 18001;2017 manajemen K3 adalah upaya terpadu untuk mengelola risiko terkait aktivitas perusahaan yang dapat menyebabkan cedera pada pekerja itu sendiri. Manajemen risiko terbagi atas 3 bagian yakni *Hazard identification, Risk Assesment and Risk Control* (HIRARC) dimana hasil analisis dari metode ini dapat menentukan arah penerapan K3 dalam perusahaan. (8)(9)(10)

HIRARC dapat mengetahui besar dampak risiko dan peringkat risiko, dimana metode HIRARC berfokus pada pengendalian risiko berupa tindakan preventif, instruksi

kerja, prosedur kerja yang aman dan pemakaian APD sesuai dengan standar yang berlaku. (11)(12)

Metode HIRARC ini dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya, dimana metode HIRARC mayoritas digunakan untuk menentukan indeks (skor risiko) keselamatan dan kesehatan kerja. (13)(14)

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) memiliki persentase risiko yang tinggi pada area *wellpad (exploration-exploitation well)* dan *power plant*. Area eksplorasi berpotensi keluarnya semburan H₂S bagi pekerja drilling yang bisa timbul efek seperti tidak sadarkan diri bahkan kematian (3). maka dari kompleksitas risiko yang ada di PLTP perlu adanya penilaian risiko dengan hipotesis penelitian yaitu aktivitas di *wellpad (exploration & exploitation)* memiliki risiko dan bahaya yang lebih tinggi dibandingkan area *power plant*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan yang dilakukan dengan menggunakan metode HIRARC, diawali dengan melakukan survey lapangan, pengumpulan data jenis bahaya di area *wellpad (eksplorasi & eksploitasi)* dan *power plant*, lalu melakukan analisis *likelihood x severity* untuk menentukan tingkatan risiko, dan ditutup dengan analisis pengendalian risiko. Analisis ini dimulai dengan menentukan risiko dapat disajikan dengan mengkomunikasikan hasil analisis untuk pengambilan keputusan dalam pengendalian risiko. Untuk analisis risiko menggunakan “kemungkinan” dan tingkat “keparahan” dalam metode kualitatif dimana menyajikan hasil dalam matriks risiko, cara ini sangat efektif untuk menjelaskan distribusi risiko di seluruh area kerja. (15)

Risiko dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$L \times S = \text{Relative Risk}$$

$$L = \text{Likelihood}$$

$$S = \text{Severity}$$

Likelihood dan *severity* didapatkan dari data kecelakaan kerja PLTP X yakni seberapa sering kecelakaan ini terjadi dalam setahun dan apa impact nya terhadap pekerja lalu jumlah “kemungkinan” akan di kali kan dengan tingkat “keparahan” dan akan menghasilkan nilai *Risk Priority Index* (RPI) yang mana

nilai RPI akan dijadikan acuan apakah aktivitas tersebut masuk kategori risiko *high*, *medium* atau *low*(16). Setelah didapatkan nilai RPI nya selanjutnya menentukan control yang tepat sesuai tingkatan prioritasnya.

Likelihood	Severity				
	1	2	3	4	5
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5

15-25 = High	H
5-12 = Medium	M
1-4 = Low	L

Data primer pada penelitian ini diperoleh dari kegiatan observasi langsung pada setiap aktivitas kerja di area *wellpad* (eksploasi & eksploitasi) dan *powerplant*. Observasi dimulai berurutan dari aktivitas *exploration well (rig project)*, *exploitation well (wellpad)* dan *powerplant* dengan menggunakan form *Job Safety Analysis (JSA)*. Sumber data sekunder dalam penelitian ini mencakup data profil perusahaan, *lay out* perusahaan, *work permit* aktivitas kerja di area *wellpad* (eksploasi- eksploitasi) dan *powerplant*, dan catatan mengenai kecelakaan kerja yang terjadi sebelumnya. Data pendukung diperoleh melalui pengisian kuesioner dan wawancara. Tujuan pengisian kuesioner adalah untuk mendapatkan informasi tentang implementasi K3 serta untuk melengkapi data yang telah dikumpulkan. Kuesioner diberikan kepada para pekerja yang beroperasi di lokasi penelitian. Terdapat total 104 responden di *wellpad (exploration - exploitation)* dan *power plant*.

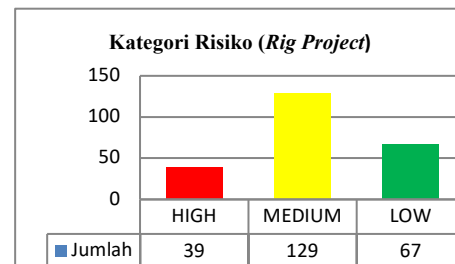
HASIL PENELITIAN

1. Kegiatan beresiko tinggi di PLTP X

Berdasarkan hasil data observasi HIRARC ditemukan fakta bahwa seluruh kegiatan beresiko tinggi berada di area rig project yang mana kegiatan tersebut terdiri atas : 1. *Rig move*, 2. *Function test*, 3. Pemboran (*formation, cement, casing*), 4. Pengoperasian *mud pump*, 5. *Mixing chemical*, 6. Pengoperasian *shale shaker*, 7. Pengoperasian *desilter mud cleaner*, 8. Mencuci (*confined space*), 9. Masuk cabut rangkaian, 10. *Running casing*, 11. *Cementing job*, 12. *Logging job*, 13. *Perforation job*, 14. *Fracturing job*, 15. Pengoperasian *engine*, 16. *Flaring*, 17. *Mechanical back off*, 18. Uji sumur awal.

1.1 Kategori dan potensi hazard di Rig project

Berdasarkan observasi yang dilakukan di area rig project menggunakan metode HIRARC terdapat 39 bahaya dengan kategori tinggi, 129 bahaya dengan kategori sedang dan 67 bahaya dengan kategori rendah, dengan total hazard sebanyak 235.



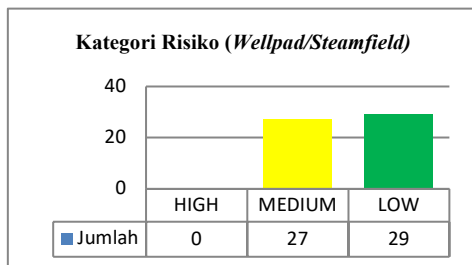
Dari tabel ini terlihat bahwa 5 potensi bahaya teratas yang memiliki kemungkinan terjadi paling besar yakni bahaya dari *pinch point*, *slips*, pencahayaan, kebisingan dan *line of fire*.

No.	Potensi Hazard	Jumlah
1	Pinch point	21
2	Slip	18
3	Noise	17
4	Pencahayaan	16
5	Line of fire	15
6	Kejatuhan objek	13
7	Moving Manchinery	12
8	Chemical	10
9	Fire	9
10	Tekanan tinggi	8
11	H2S	8
12	Electrical	8
13	Heat stress	8

14	Vibrasi	8
15	Ergonomic	7
16	Fatigue	7
17	Blow Out	6
18	Hot surface	5
19	Terjatuh dari ketinggian	4

1.2 Kategori dan potensi hazard di Wellpad

Berdasarkan observasi yang dilakukan di area wellpad menggunakan metode HIRARC terdapat 0 bahaya dengan kategori tinggi, 27 bahaya dengan kategori sedang dan 29 bahaya dengan kategori rendah, dengan total hazard sebanyak 56.

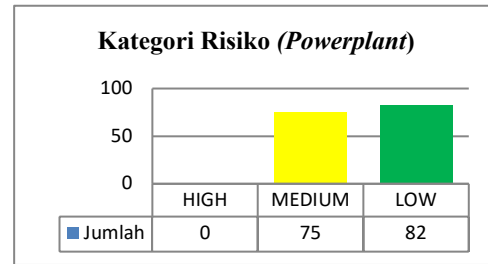


Dari tabel ini terlihat bahwa 5 potensi bahaya teratas yang memiliki kemungkinan terjadi paling besar yakni bahaya dari H2S, noise, slip, ergonomic dan hot surface.

No.	Potensi Hazard	Jumlah
1	H2S	7
2	Noise	6
3	Slip	5
4	Ergonomic	4
5	Hot surface	3
6	Paparan dingin (Outdoor)	3
7	Tekanan tinggi	3
8	Kejatuhan objek	2
9	Electrical	2
10	Ledakan	2
11	Radiasi UV	1
12	Asap pembakaran	1
13	Moving Machinery	1

1.3 Kategori dan potensi hazard di Powerplant

Berdasarkan observasi yang dilakukan di area powerplant menggunakan metode HIRARC terdapat 0 bahaya dengan kategori tinggi, 75 bahaya dengan kategori sedang dan 82 bahaya dengan kategori rendah, dengan total hazard sebanyak 157.

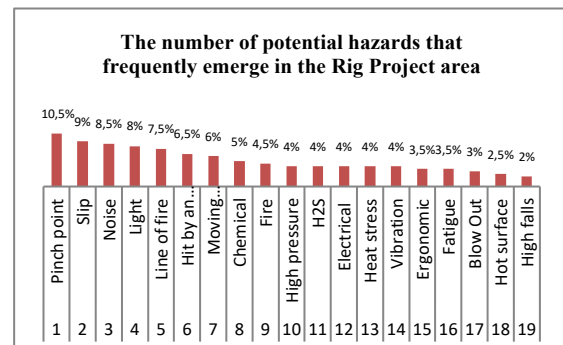


Dari tabel ini terlihat bahwa 5 potensi bahaya teratas yang memiliki kemungkinan terjadi paling besar yakni bahaya dari electrical, noise, H2S, slip, dan ergonomic.

No.	Potensi Hazard	Jumlah
1	Electrical	21
2	Noise	13
3	H2S	13
4	Slips	12
5	Ergonomic	11
6	Kejatuhan Objek	7
7	Moving Manchinery	7
8	Hot surface	7
9	Paparan dingin (outdoor)	3
10	Chemicals	3
11	Vibrasi	3
12	Ledakan	3
13	Tekanan tinggi	2

2 Keterkaitan hasil observasi HIRARC dan hasil kuesioner

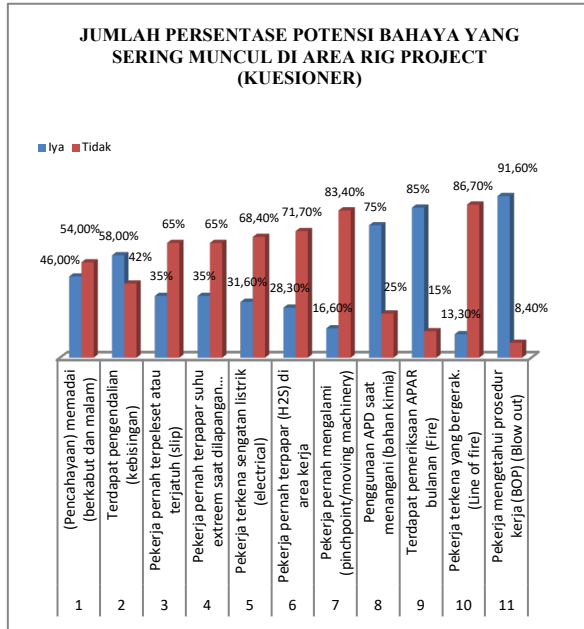
2.1 Persentase potensi hazard area Rig project (HIRARC)



1. Pinch point (10,5%), 2. Slip (9%), 3. Noise (8,5%), 4. Light (8%), 5. Line of fire (7,5%), 6. Hit by an object (6,5%), 7. Moving machinery (6%), 8. Chemical (5%), 9. Fire (4,5%), 10. High pressure (4%), 11. H2S (4%), 12. Electrical (4%), 13. Heat stress (4%), 14. Vibration (4%), 15. Ergonomic (3,5%), 16. Fatigue (3,5%), 17. Blow out (3%), 18. Hot surface (2,5%), 19. High falls (2%).

2.2 Persentase potensi hazard area Rig project berdasarkan (kuesioner)

1.Light, 2.Noise, 3. Slip, 4. Extreem temperatur, 5. Electrical, 6.H2S, 7. Pinch point, 8. Chemical, 9. Fire, 10. Line of fire, 11. BOP.

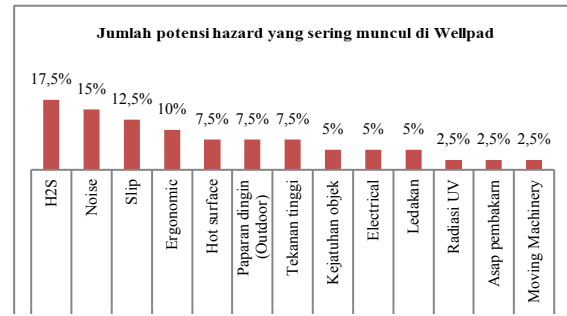


2.3 Perbandingan potensi hazard tertinggi berdasarkan kuesioner & HIRARC (Rig project)

No	Hazard	Kuesioner	HIRARC
1	Light	1	4
2	Noise	2	3
3	Slip	3	2
4	Electrical	5	12
5	H2S	6	11
6	Pinch point	7	1
7	Chemicals	8	8
8	Fire	9	9
9	Line of fire	10	5
10	Blow out	11	17

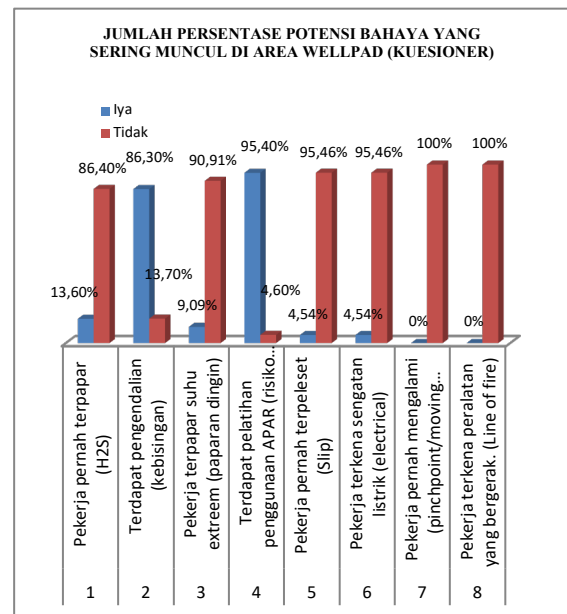
2.4 Persentase potensi hazard area Wellpad (HIRARC)

1.H2S (17,5%), 2. Noise (15%), 3. Slip (12,5%), 4. Ergonomic (10%), 5. Hot surface (7,5%), 6. Cold exposure (7,5%), 7. High Pressure (7,5%), 8. Hit by an object (5%), 9. Electrical (5%), 10. Explosion (5%), 11. UV radiation (2,5%), 12. Combustion smoke (2,5%), 13. Moving machinery (2,5%).



2.5 Persentase potensi hazard area Wellpad berdasarkan (kuesioner)

1.H2S, 2.Noise, 3. Cold exposure, 4. Explosion, 5. Slip, 6. Electrical, 7. Pinch point, 8. Line of fire.

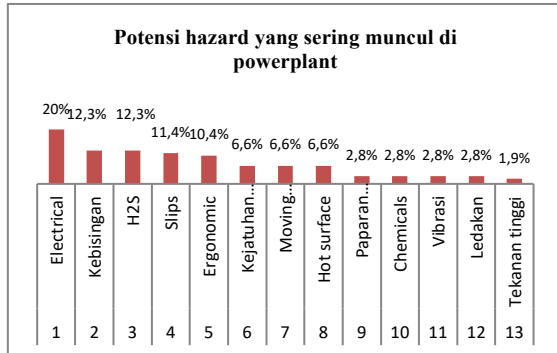


2.6 Perbandingan potensi hazard tertinggi berdasarkan kuesioner & HIRARC (Wellpad)

No	Hazard	Kuesioner	HIRARC
1	H2S	1	1
2	Noise	2	2
3	Paparan dingin	3	6
4	Risiko ledakan	4	10
5	Slip	5	3
6	Electrical	6	9
7	Moving machinery	7	13

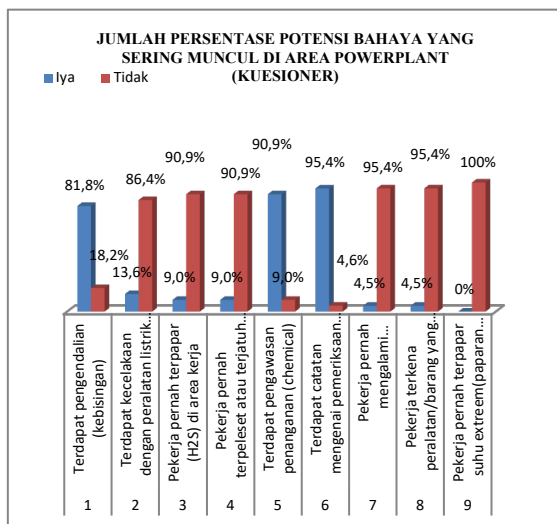
2.7 Persentase potensi hazard area Powerplant (HIRARC)

1. Electrical (20%), 2. Kebisingan (12,3%), 3. H2S (12,3%), 4. Slip (11,4%) 5. Ergonomic (10,4%), 6. Hit by an objek (6,6%), 7. Moving machinery (6,6%), 8. Hot surface (6,6%), 9. Cold exposure (2,8%), 10. Chemical (2,8%), 11. Vibration (2,8%), 12. Explosion (2,8%), 13. High pressure (1,9%).



2.8 Persentase potensi hazard area Powerplant (kuesioner)

- 1.Noise, 2. Electrical, 3. H2S, 4. Slip, 5. Chemical, 6. Explosion, 7. Pinch point, 8. Line of fire, 9. Cold exposure.



2.9 Perbandingan potensi hazard tertinggi berdasarkan kuesioner & HIRARC (Powerplant)

No	Hazard	Kuesioner	HIRARC
1	Noise	1	2
2	Electrical	2	1
3	H2S	3	3
4	Slip	4	4
5	Chemicals	5	10

6	Ledakan	6	12
7	Moving machinery	7	7
8	Paparan dingin	9	9

Jika ditotal data observasi langsung JSA yang di rekap menggunakan metode HIRARC. Dimana perusahaan panas bumi PLTP X didapatkan 39 bahaya dengan kategori tinggi, 231 bahaya dengan kategori sedang dan 178 bahaya dengan kategori rendah, dengan total hazard sebanyak 448.

Kategori Risiko	HIGH	MEDIUM	LOW	Total Hazard
Rig Project	39	129	67	235
Wellpad/Steamfield	0	27	29	56
Powerplant	0	75	82	157
Jumlah	39	231	178	448

PEMBAHASAN

1. Kegiatan beresiko tinggi di PLTP X (Geothermal energy)

Berdasarkan hasil penelitian bahwa secara garis besar area rig project merupakan area yang paling banyak memiliki pekerjaan risiko tinggi dimana terdapat 18 kegiatan utama yang terdiri atas 39 penyebab yang bisa menimbulkan kecelakaan (high risk). Ini dikarenakan aktivitas di area eksplorasi (rig project) berpotensi terjadinya blow out material dan semburan H2S terhadap pekerja drilling yang bisa menimbulkan efek seperti tidak sadarkan diri bahkan kematian. Pada paparan 20-50 ppm pekerja akan merasakan iritasi pada mata(17), sakit kepala mual dan pusing, dan jika paparan telah mencapai 300 ppm dapat menyebabkan hilang kesadaran dalam beberapa menit dan kerusakan serius pada sistem pernapasan. Sedangkan upaya pengendaliannya saat di lokasi yang rawan (paparan di luar ruangan) terhadap paparan H2S pekerja diwajibkan menggunakan Self Contained Breathing Apparatus (SCBA), serta menyiapkan tabung/botol oksigen portable, dan untuk antisipasi dalam ruangan adalah menggunakan detektor gas H2S yang memberikan peringatan dini jika terjadi kebocoran dan monitoring kadar H2S secara rutin di tempat kerja serta juga memberikan pelatihan kepada pekerja tentang bahaya H2S dan tindakan darurat. Tahap pengujian wellpad adalah tahap yang berbahaya serta tahap pengujian sumur ini menyebabkan beberapa insiden. Hal ini karena saat

pengujian sumur, yang pertama keluar adalah gas tidak terkondensasi. Gas ini mengumpul di ujung uap dan dapat berbahaya jika terpapar manusia(18)(3).

2. Kategori risiko di area *Rig project*

Dari tabel temuan area *rig project* terdapat 39 (*high*), 129 (*medium*) dan 67 (*low*) dengan 235 (*total hazard*) menjadikan area *rig project* sebagai area yang paling berisiko jika dibandingkan dengan area lain. Hal ini terjadi karena area *rig project* memiliki banyak aktivitas berat seperti *rig move*, pemboran (*formation, cement, casing*), *cementing job, mechanical back off*, uji BOP dan *wellpad* yang mana kegiatan tersebut sangat *massive*, berisiko tinggi dan impact nya bersinggungan langsung dengan pekerja. Berdasarkan hasil HIRARC terdapat 5 risiko teratas yang paling sering muncul seperti *pinch point, slips, pencahayaan, kebisingan dan line of fire*, sedangkan berdasarkan hasil kuesioner 5 risiko teratas itu berasal dari *light, noise, slip, extreem temperatur, dan electrical*. Pada dasarnya gangguan *noise, light dan slip* merupakan masalah mayoritas di area *rig project (exploration)* berdasarkan kesesuaian data HIRARC dan kuesioner. Dapat disimpulkan bahwa area *rig project* merupakan area yang paling berisiko tinggi dibandingkan area *wellpad* dan *powerplant*, ini disebabkan karena mayoritas pekerjaan yang dilakukan di area *rig project* merupakan aktivitas *exploring* yang pekerjaanya berhubungan langsung dengan alat/*equipment* dan kondisi lingkungan(19). Disamping itu juga aktivitas di area *rig project* dilakukan oleh pihak ketiga yang dipercayakan oleh PLTP X untuk melakukan eksplorasi sumur *geothermal* sebagai *resources* baru mereka. Walaupun pada tahapan perencanaan eksplorasi sumur (*wellpad*) di susun oleh *rig engineer* PLTP X. Indikator inilah yang menyebabkan mengapa *rig project* memiliki aktivitas berisiko tinggi dan butuh rekomendasi control yang tepat dan efisien untuk meminimalisir adanya kecelakaan kerja.

3. Kategori risiko kegiatan di area *Wellpad*

Berdasarkan hasil HIRARC terdapat 5 risiko teratas yang paling sering muncul seperti H₂S, *noise, slip, ergonomic & hot surface*, sedangkan berdasarkan hasil kuesioner 5 risiko teratas itu berasal dari H₂S, *noise, cold exposure, explosion dan slip*, dimana pada dasarnya kebocoran H₂S, *noise dan slip* merupakan masalah mayoritas di area *wellpad (exploitation)* berdasarkan kesesuaian data HIRARC dan kuesioner. Dapat disimpulkan bahwa area *wellpad* merupakan area yang rata rata memiliki risiko yang terendah jika dibandingkan dengan area *rig project* dan *powerplant*, dan hanya memiliki 27 bahaya dengan kategori sedang dan 29 bahaya dengan kategori rendah, tanpa memiliki bahaya risiko tinggi yang mana jika di total sebanyak 56 *hazard*. Pada dasarnya hal ini disebabkan karena mayoritas pekerjaan yang dilakukan di area *wellpad* merupakan kegiatan *prosedural* seperti pengecekan rutin *gate valve* dan lain sebagainya serta hampir seluruh waktu pekerja berada di ruangan control room untuk memantau dari jauh bagaimana kinerja engine, hanya di waktu tertentu pekerja melakukan *check up* di *on site* seperti dipagi hari sekitar jam 10.00 WIB hingga 11.00 WIB.

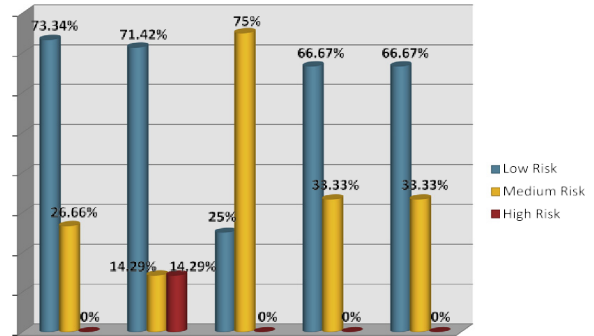
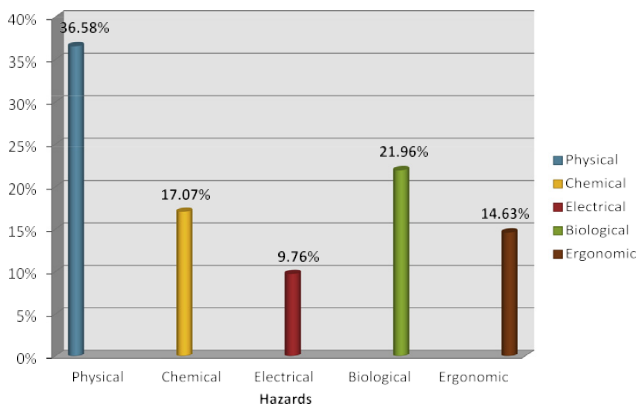
4. Kategori risiko kegiatan di area *Powerplant*

Dapat disimpulkan bahwa area *powerplant* menempati urutan ke 2 setelah *rig project* dan memiliki 75 bahaya dengan kategori sedang, dan 82 bahaya dengan kategori rendah, dan tanpa memiliki bahaya risiko tinggi, dengan total *hazard* sebanyak 157. Berdasarkan hasil HIRARC terdapat 5 risiko teratas yang paling sering muncul seperti *electrical, noise, H₂S, slip, ergonomic*, sedangkan berdasarkan hasil kuesioner 5 risiko teratas itu berasal dari *noise, electrical, H₂S, slip, chemical*, dimana pada dasarnya masalah *electrical, noise, H₂S dan slip* merupakan masalah mayoritas di area *powerplant* berdasarkan kesesuaian data HIRARC dan kuesioner, hal ini disebabkan karena mayoritas pekerjaan yang dilakukan di area *powerplant* hampir serupa dengan pekerja di area *wellpad* dimana mereka juga bekerja di sebagian area yang sama, mereka

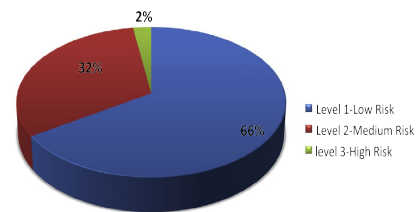
memiliki ruangan *control room* yang sama, hanya saja yang membedakan adalah pekerja lapangan *powerplant* cenderung melakukan *check up* hanya di lingkup area *engine* dan *equipment* yang menyokong keberlanjutan produksi energi panas bumi sedangkan pekerja *wellpad* cenderung berfokus pada lapangan sumur produksi yang tersebar di beberapa titik di seluruh area PLTP X.

5. Perbandingan risiko total pada penelitian sebelumnya (*Hydroelectric power plant* dan *Geothermal power plant*)

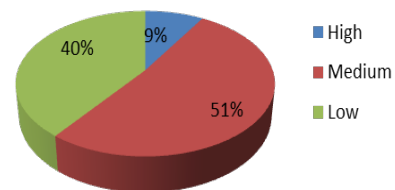
Hasil pengklasifikasian tingkat risiko menggunakan HIRARC di pembangkit listrik tenaga air menunjukkan 73,34% risiko rendah, 26,66% risiko sedang, dan tidak ada risiko tinggi dari total 36,58% bahaya fisik. Bahaya kimia menyumbang 17,07% dari total bahaya dan 71,42% dari jumlah ini berada dalam kondisi risiko rendah, 14,29% termasuk risiko sedang, dan 14,29% risiko tinggi, yang merupakan salah satu bahaya utama di area studi ini. Bahaya listrik mencakup 9,76% dari total bahaya yang disajikan sebagai bahaya terendah di pembangkit listrik tenaga air yang dipelajari, termasuk 25% risiko rendah, 75% risiko sedang, dan 0% risiko tinggi dalam sistem; 21,96% bahaya biologis dengan 66,67% risiko rendah, 33,33% risiko sedang, dan 0% risiko tinggi diidentifikasi; dan akhirnya, bahaya ergonomis dengan 66,67% risiko rendah, 33,33% risiko sedang, dan tidak ada risiko tinggi dari total 14,63% bahaya. Secara umum, data di atas menyajikan semua bahaya dan tingkat risiko yang diklasifikasikan di pembangkit listrik tenaga air yang diteliti.(20)



Jika di bandingkan dengan risiko keseluruhan area (total) berdasarkan hasil observasi HIRARC pada *Hydroelectric generation plant* terdapat sebesar 2% (*high risk*) 32 % (*medium risk*) dan 66% (*low risk*)(20).



Sedangkan pada risiko keseluruhan *Geothermal power plant energy* terdapat sebesar 9% (*high risk*) 51% (*medium risk*) 40% (*low risk*).



Dapat disimpulkan *Geothermal power plant* memiliki risiko yang lebih tinggi (secara keseluruhan) dari segi aktivitas pekerjaan yang berdampak langsung ke pekerja dibandingkan dengan *Hydroelectric generation plant*.

KESIMPULAN

Area *rig project (exploration)* merupakan area satu satunya yang memiliki *hazard* dengan kategori tinggi (*high*) dan juga memiliki total jumlah *hazard* terbanyak diikuti area *powerplant* dan area *wellpad (exploitation)*. ”

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis sangat berterima kasih kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Dwina Roosmini, M.S. yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengajari, menasehati dan memotivasi penulis dalam melakukan penelitian ini hingga selesai. Selain itu, penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak lainnya, yakni orang tua Drs. Yusril Zobar M.Si.(Alm) dan Dra. Denai Wahyuni M.Si. serta keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan kasih sayangnya kepada penulis. Ibu Ir. Indah Rachmatiah Siti Salami, M.Sc., Ph.D. yang telah memberikan masukan penting saat masih penyusunan UGB. Dan Pak Gilang selaku pembimbing lapangan di PLTP X Kabupaten Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

1. Syaharani M. goodstats. 2023 [cited 2011 Mar 20]. p. 1 No Title. Available from: <https://data.goodstats.id/statistic/melasyhrn/jumlah-kecelakaan-kerja-indonesia-dalam-8-tahun-terakhir-sjo5X>
2. Ayu M. databoks. 2020. p. 1 No Title. Available from: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/01/11/kapasitas-panas-bumi-indonesia-terbesar-kedua-dunia>
3. Ganz B. Evaluation of Expert Reports to Quantify the Exploration Risk for Geothermal Projects in Germany. Energy Procedia [Internet]. 2015;76:341–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.839>
4. Huenges. Geothermal Energy System. Exploration Development and Utilization (ied). 2010.
5. Hardianti. No Title Identifikasi Bahaya dan Analisis Risiko Gas H₂S Sebagai Dasar Perancangan Sistem Tanggap Darurat Wellpad Area Di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Institut Teknologi Bandung; 2015.
6. Watchel A. Energy Today Geothermal Energy. New York: Chelsea House Publisher; 2010.
7. Chen S, Zhang Q, Andrews-Speed P, Mclellan B. Quantitative assessment of the environmental risks of geothermal energy: A review. J Environ Manage [Internet]. 2020;276(August):111287. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111287>
8. Ramli. No Title Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Persepektif K3 OHS Risk Management, Seri Manajemen K3 002. Seri manaj. Jakarta: Dian Rakyat; 2010.
9. Mansdorf S. Handbook of Occupational Safety and Health (1ed). 1st ed. 2023.
10. K3 D jenderal pembinaan pengawasan ketenagakerjaan dan. (Modul) Pengawasan Norma Keselamatan dan Kesehatan Kerja Republik indonesia. 2017. 300 p.
11. Dosh. Guidelines for Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control. 2008. 34 p.
12. Arya P, Salmia A SL, Kiswandono. Analisis Potensi Bahaya dan Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja Pada Bagian Produksi di PT Indonesia Power Grati Pomu. J Mhs Tek Ind. 2021;4(2):196–201.
13. Liu R, Liu HC, Shi H, Gu X. Occupational health and safety risk assessment: A systematic literature review of models, methods, and applications. Saf Sci [Internet]. 2023;160(August 2022):106050. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106050>
14. Wong CF, Teo FY, Selvarajoo A, Tan OK, Lau SH. Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) for Mengkuang Dam Construction. Civ Eng Archit. 2022;10(3):762–70.
15. Ahmad AC, Zin INM, Othman MK, Muhamad NH. Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Accidents at Power Plant. MATEC Web Conf. 2016;66:1–6.

16. Widodo L, Adianto, Sartika DI. Implementation of health and safety management system to reduce hazardous potential in PT.XYZ Indonesia. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2017;277(1).
17. Faisya AF, Putri DA, Ardillah Y. Environmental Health Risk Analysis of Exposure to Hydrogen Sulfide (H₂S) and Ammonia (NH₃) in Communities in the Sukawinatan TPA Area, Palembang City in 2018. J Kesehat Lingkung Indones. 2019;18(2):126.
18. Nugraha. Audit Energi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) menggunakan standar internasional. Institut teknologi Bandung; 2017.
19. Dencio SM, S.W. LM, Febrianto HA, Purdanto A, Wardhana FD, Wicaksono WPA, et al. Di PT . Geo Dipa Energi (Persero) Unit Patuha Tahun 2021. 2021. 19–21 p.
20. Saedi AM, Thambirajah JJ, Pariatamby A. A HIRARC model for safety and risk evaluation at a hydroelectric power generation plant. Saf Sci [Internet]. 2014;70:308–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2014.05.013>