

EVALUASI KUALITAS UDARA PADA PEKERJAAN TEROWONGAN (STUDI KASUS K3 PROYEK BENDUNGAN JLANTAH KARANGANYAR)

*Ruli Wijayanto¹, Herman Susila², Suryo Handoyo³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta

*) Email: herman.susila@lecture.utp.ac.id

ABSTRACT

The number of work accidents in Indonesia is quite high, in 2018 BPJS data showed 157,313 cases, one of which was work accident cases in confined space work areas. The implementation of confined space work must implement work safety rules, namely controlling air quality, such as the content of O₂, CO, H₂S and explosion-inducing gas (LEL), ensuring that it does not exceed the threshold values according to regulations to avoid accidents. The research was carried out at PT Waskita Karya-Adhi Karya, KSO, on the Jlantah Project Dam extraction tunnel work located in Jatiyoso sub-district, Karanganyar district. The object under study itself is one of the construction works which is a high risk work, namely the work of constructing an extraction tunnel which is divided into confined spaces or confined spaces. The aim of this research is to determine the control of hazards and air quality in the implementation of extraction tunnel work. The data was obtained from historical air quality measurement data using a Gas Detector during intake tunnel excavation work in the November 2020 period. The results of measuring O₂ levels in the work area showed mutations but were not significant and were still within normal limits. The results of measuring CO levels during the research period showed several increases exceeding the threshold of up to 38 ppm and 40 ppm from the permissible threshold value of 35 ppm. The results of measurements of H₂S and LEL gas did not detect the presence of this gas.

Keyword: Occupational Health and Safety, work accident, retrieval tunnel, Jlantah dam

ABSTRAK

Angka kecelakaan kerja di Indonesia cukup tinggi, pada tahun 2018 data BPJS menunjukkan angka 157.313 kasus, salah satunya kasus kecelakaan kerja pada pekerjaan area ruang terbatas. Pelaksanaan pekerjaan ruang terbatas harus dilaksanakan sesuai dengan standar operasional prosedur keselamatan kerja yaitu pengendalian kualitas udara seperti kandungan O₂, CO, H₂S, dan gas pemicu ledakan (LEL), dipastikan tidak melebihi nilai ambang batas sesuai peraturan agar terhindar dari *accident*. Penelitian ini dilakukan di PT Waskita Karya-Adhi Karya, KSO, pada pekerjaan terowongan pengambilan Proyek Bendungan Jlantah yang terletak di kecamatan Jatiyoso kabupaten Karanganyar. Objek yang diteliti sendiri merupakan salah satu pekerjaan konstruksi yang merupakan pekerjaan beresiko tinggi yaitu pekerjaan pembangunan terowongan pengambilan yang dikategorikan sebagai ruang terbatas atau *confined space*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengendalian bahaya dan kualitas udara pada pelaksanaan pekerjaan terowongan pengambilan. Data-data diperoleh dari data riwayat pengukuran kualitas udara menggunakan alat Gas Detector pada saat pekerjaan galian terowong *intake* pada rentang waktu November 2020. Hasil pengukuran kadar O₂ didalam area kerja menunjukkan fluktuasi antara 20,8% – 21% namun tidak signifikan dan masih dalam ambang batas normal 19,5% - 23%. Hasil pengukuran kadar CO selama masa penelitian terdapat beberapa kali peningkatan diatas ambang batas sampai dengan 38 ppm dan 40 ppm dari nilai ambang batas yang diijinkan sebesar 35 ppm. Hasil pengukuran gas H₂S dan LEL tidak terdeteksi adanya gas tersebut.

Kata kunci: Keselamatan dan Kesehatan Kerja, kecelakaan kerja, terowongan pengambilan, bendungan Jlantah

1. PENDAHULUAN

Angka kecelakaan kerja di Indonesia cukup tinggi, tercatat sepanjang tahun 2018 data BPJS menunjukkan angka 157.313 kasus. Sejumlah kecelakaan kerja yang terjadi pada proyek konstruksi dalam kurun waktu 2017-2018 menjadi potret kurangnya perhatian dalam pelaksanaan sistem manajemen keselamatan kerja dibidang konstruksi. Berbagai penyebab utama kecelakaan akibat kerja dan sakit akibat kerja pada proyek konstruksi disebabkan oleh hal-hal yang berhubungan dengan karakteristik proyek konstruksi yang bersifat unik, lokasi yang berbeda-beda, terbuka, dan dipengaruhi oleh cuaca, waktu pelaksanaan yang terbatas, dinamis dan menuntut ketahanan fisik yang tinggi, penggunaan tenaga kerja dalam jumlah besar, maka pekerja konstruksi beresiko tinggi terhadap potensi bahaya dan risiko.

Selain itu jika terjadi kecelakaan kerja, proses produksi akan terhenti. Hal ini tentu akan mempengaruhi pelaksanaan proyek yang sudah direncanakan dengan time schedule yang sistematis, sehingga kesuksesan sebuah proyek konstruksi juga dipengaruhi oleh sistem manajemen keselamatan kerja.

Untuk meminimalisir dan mengendalikan bahaya dan resiko, diperlukan sistem manajemen keselamatan kerja yang sesuai dengan kondisi pekerjaan [1]. Pada pekerjaan beresiko tinggi, seperti pekerjaan ketinggian, pekerjaan dengan bahan kimia/listrik, pekerjaan di ruang terbatas atau *confined space* dan lain-lain harus menerapkan standar keselamatan serta pemantauan khusus.

Menurut Ir. Amri AK, pekerjaan resiko tinggi pada ruang terbatas merupakan pekerjaan pada ruangan yang mempunyai karakter-karakter konstruksi yang mencukupi untuk seseorang memasukinya dan melakukan pekerjaan di dalamnya, berakses keluar masuk terbatas, tidak dirancang untuk ruang kerja dan pekerjaan terus menerus seperti terowongan, sumur

air konvensional, saluran pembuangan, selokan, septic tank, silo dan lain-lain [2]. dengan cakupan pekerjaan diantaranya seperti perawatan atau pembersihan, pemeriksaan, pekerjaan panas (pengelasan, penggerindaan, pemotongan), perbaikan atau pemasangan peralatan, proses pertolongan pada korban di dalam ruang terbatas.

Proyek Pembangunan Bendungan Jlantah yang berada di Jatiyoso Kabupaten Karanganyar mempunyai dua terowongan yang mempunyai fungsi yang berbeda. Satu sebagai saluran pengelak, terowongan lainnya sebagai pengambilan. Artinya, didalam melaksanakan pekerjaan dua terowongan tersebut terdapat pekerjaan resiko tinggi yang perlu dilaksanakan. Adapun item pekerjaannya adalah seperti galian mekanis yang menggunakan alat berat sehingga menghasilkan gas buang, lalu pemasangan Support menggunakan baja yang tentunya terdapat pengelasan, shotcrete, hingga pengecoran.

Pada pelaksanaan pekerjaan ruang terbatas harus dilaksanakan kaidah- kaidah keselamatan dan monitoring kualitas udara seperti kandungan oksigen, Karbon monoksida, hydrogen sulfida/gas beracun, dan gas mudah terbakar, apakah aman dan tidak melebihi nilai ambang batas sesuai undang-undang agar terhindar dari accident seperti contoh kasus kecelakaan kerja pada ruang terbatas pernah terjadi pada bulan Februari 2013, 5 orang pekerja dan dua orang lainnya kritis diduga dikarenakan akibat menghirup gas beracun di Lantai Basement sebuah Gedung di Jakarta. Kemudian pada bulan Oktober 2021, 3 orang pekerja proyek tewas menghirup gas beracun dalam gorong-gorong di Cipondoh, Kota Tangerang. Pada kecelakaan yang menewaskan 3 orang pekerja tersebut, diduga ada gas beracun saat dilakukan perbaikan gorong-gorong yang sudah lama tidak dibuka. Hal ini menunjukkan bahwa betapa pentingnya prosedur pelaksanaan pekerjaan di ruang terbatas dan pengecekan kualitas udara sebelum pekerjaan dilaksanakan.

Tinjauan pustaka

Srisantyorini dan Safitriana (2020) dalam jurnalnya “Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pembangunan Jalan Tol Jakarta-Cikampek 2 Elevated “ menggunakan mix method yaitu mangguakan wawancara mendalam (*Indepth Interview*) kepada 4 orang informan untuk mendapatkan data kualitatif juga dengan observasi langsung menggunakan checklist SMK3 (PP Nomor 50 Tahun 2012) sebagai data kuantitatif [3]. Dalam penelitiannya dapat ditemukan Penerapan SMK3 di Proyek Pembangunan Jalan Tol Jakarta Cikampek 2 Elevated dengan variabel penelitian komitmen dan kebijakan K3, perencanaan K3, pelaksanaan rencana K3, pengukuran dan evaluasi kinerja, serta tinjauan ulang dan peningkatan oleh pihak manajemen terhadap penerapan SMK3 telah sesuai dengan standar regulasi PP Nomor 50 Tahun 2012 dengan kategori penilaian diri dengan jumlah kriteria yang tercapai 163 kriteria dari total 166 kriteria penerapan tingkat lanjutan, dengan kata lain pencapaian penerapan sebesar 98,04% termasuk dalam kategori perusahaan dengan tingkat penilaian penerapan memuaskan. Pihak PT.X, khususnya pada proyek ini dapat mempertahankan dan meningkatkan penerapan SMK3.

Masribut dan Samuel Clinton (2016) melakukan analisis prosedur pelaksanaan pada pekerjaan di ruang terbatas (*confined spaces*) pada perbaikan tangki cpo di pt. Tunggal perkasa plantations air molek menggunakan metode Kualitatif dengan pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik triangulasi data yaitu: triangulasi sumber (hasil wawancara), data (penelusuran dokumen) dan metode (observasi partisipatif dan dokumentasi) [4]. hasil penelitian ditemukan bahwa pelaksanaan penilaian dan pengendalian risiko pekerjaan ruang terbatas pada perbaikan tangki CPO belum berjalan sesuai dengan peraturan, karena kurangnya kesadaran manajemen perusahaan dalam membudayakan K3 pada pekerja serta kurang efektifnya pengawasan ahli K3 perusahaan ketika mengawasi pekerjaan yang berhubungan dengan ruang terbatas. Semua variabel tentang penilaian dan pengendalian risiko pekerjaan ruang terbatas belum terlaksanakan sesuai pedoman yang ada. Saran, mengoptimalkan peran SHE perusahaan dalam melakukan identifikasi masalah dan pengawasan saat bekerja untuk mencegah terjadinya kecelakaan dan gangguan kesehatan kerja.

Suzana, Indragiri dan Yuttya pada penelitiannya “Manajemen risiko k3 menggunakan Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control (hirarc)” juga menggunakan metode kualitatif berdasarkan desain penelitian studi kasus melakukan analisa menggunakan *Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control* (HIRARC) [5]. Penentuan Informan menggunakan purpose sampling. Terdapat 10 aktivitas kerja di ruang rawat inap psikiatri yang memiliki potensi bahaya, identifikasi bahaya yaitu pencahayaan, disinfektan, tertular penyakit HIV/AIDS, Hepatitis A, Hepatitis B, Tuberkulosis, postur tubuh yang salah, melakukan pekerjaan berulang, mendapat serangan pasien, sering kontak dengan pasien, panik, dan kerja berlebihan. Penilaian risiko diketahui 1 aktivitas kerja dengan risiko *extreme*, 7 aktivitas kerja dengan risiko high, 1 aktivitas kerja *moderate* dan 1 aktivitas kerja *low*.

Nelvi dan Handayani (2020) juga melakukan analisis kuantitas dan kualitas suhu udara di area produksi tambang batubara bawah tanah CV. Tahiti Coal 03 yang merupakan Penelitian terapan (*applied research*) dengan melakukan pengambilan data pengukuran menggunakan Gas Detector [6] . Pada tambang bawah tanah di CV. Tahiti Coal, temperatur udara di area kerja/produksi berada di atas ambang rata-rata yang diperbolehkan KEPMEN 555.K/26/M.PE/1995 yaitu berkisar antara 30°C-33°C. Kuantitas udara yang dibutuhkan satu front kerja adalah 0,2 m³/detik/orang atau 12m³/menit, dan kuantitas udara di lorong utama adalah 50,304 m³/s atau 3018 m³/menit. Sedangkan untuk kualitas pada lubang THC-03 masih terpenuhi untuk front kerja, dilihat dari hasil pengukuran menggunakan alat Gas Detector O₂ 20,9 %, H₂S 0 ppm, CO 0 ppm, CH₄ 0 Lel.

Dari beberapa jurnal sebelumnya yang lebih banyak menggunakan metode kualitatif, terdapat perbedaan dalam beberapa hal. Diantaranya, pada Tempat penelitian yang merupakan pekerjaan konstruksi yang mempunyai banyak resiko khususnya pada pekerjaan confined space galian terowongan yang tentu saja mempunyai karakteristik dan metode kerja yang berbeda dari penelitian yang dilakukan oleh Afni, Nelvi dan Handayani (2020) di tambang batubara bawah tanah CV. Tahiti coal 03. Selain itu pada penelitian ini, tidak hanya dilakukan identifikasi terhadap Hazard atau resiko tetapi juga evaluasi terhadap penerapan sistem manajemen keselamatan kerja yang telah dilaksanakan apakah dapat dijalankan dengan efektif dan efisien.

Landasan teori

Confined space atau ruang terbatas

Sebuah pekerjaan dikatakan sebagai bekerja di ruang terbatas apabila seseorang bekerja di suatu ruangan yang cukup besar dan terbatas sehingga seorang pekerja dapat memasukinya dan melakukan pekerjaan di dalamnya, mempunyai jalan masuk dan keluar yang terbatas serta ruangan tersebut tidak digunakan untuk seseorang bekerja di dalamnya dalam jangka waktu yang lama [7]. Contoh pekerjaan di ruang terbatas diantaranya seperti tanki, lubang orang, silo, kubah, pipa, terowongan, bahkan galian di tanah yang dalamnya lebih dari 1,5 meter sudah termasuk dalam golongan ruang tertutup. Ada beberapa hal yang mengharuskan orang masuk ke dalam ruang tertutup, antara lain pemeliharaan (pencucian atau pembersihan); pemeriksaan; pengelasan, pelapisan dan perlindungan karat; perbaikan, penyelamatan dan memberikan pertolongan kepada pekerja yang cidera ataupun tersandung dari ruang tertutup; dan jenis pekerjaan lainnya yang mengharuskan orang masuk ke dalam ruang tertutup.

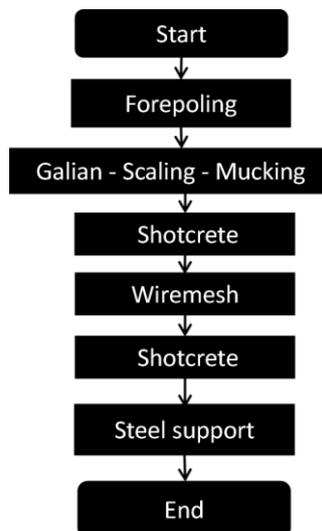
Pengertian terowongan pengambilan

Terowongan pengambilan atau *intake* adalah struktur yang digunakan sebagai pengambilan air tampungan *reservoir* sekaligus mengatur debit yang diambil sehingga air tampungan bendungan dapat dimanfaatkan baik untuk irigasi, pembangkit listrik, maupun kebutuhan lainnya. Terowongan ini juga dilengkapi dengan tower yang merupakan struktur pelengkap bangunan pengambilan yang berbentuk tabung vertikal dengan satu atau lebih pintu bukaan yang digunakan untuk menangkap air dari *reservoir* dan membawanya hingga ke saluran irigasi, pembangkit listrik tenaga air atau pengolahan air maupun kebutuhan lainnya [8].

Pada proyek bendungan jlantah yang memiliki batuan dengan tingkat pelapukan I dan II tidak dapat digaruk (*ripping*) dengan bulldozer sekelas Caterpillar D-7 dilengkapi *single shank ripper*, atau alat sejenis. Massa batuan dengan tingkat pelapukan I dan II hanya dapat dipotong dengan menggunakan *drilling* dan *blasting*, *drilling* dan *wedging* atau *barring* atau menggunakan *rock breaker* (*excavator & hydraulic breaker* 1,3 ton). Apabila digunakan *rock breaker*, umumnya produktifitas kerjanya cukup rendah dan menimbulkan suara nyaring akibat benturan antara ujung *breaker* dengan batuan keras atau dengan alat sederhana seperti palu atau pahat. Namun lebih cepat dilakukan dibanding dengan metode *blasting* (peledakan) yang memiliki syarat pelaksanaan yang lebih banyak.

Tahapan pelaksanaan

Pekerjaan galian akan dilakukan secara 2 arah dari inlet pengambilan di PG 02 dan outlet pengambilan di PG 11. Urutan pekerjaan galian di bangunan pengambilan secara umum dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Flowchart urutan pekerjaan galian tunnel pengambilan dengan mekanis

Potensi risiko pekerjaan ruang terbatas

Bekerja di terowongan (*confined spaces*) merupakan salah satu jenis pekerjaan pada konstruksi yang memiliki risiko kecelakaan. Beberapa bahaya yang dapat ditemukan pada terowongan antara lain bahaya bahan kimia yang beracun dan mudah terbakar, menurunnya atau meningkatnya kadar oksigen, suhu ekstrem, kebisingan, jalanan basah atau licin serta kejatuhan benda yang mengakibatkan dampak kecelakaan yang ringan hingga kematian [9].

Kurangnya atau berlebihannya kadar oksigen (O₂) dalam udara

Kadar kandungan oksigen (O₂) dalam udara yang sehat adalah minimum 19.5% dan maksimum 23.5%. Bila kandungan O₂ dalam udara di bawah 19.5%, maka akan terjadi sesak nafas atau disebut menderita asphyxia, sedangkan bila kandungan O₂ dalam udara di atas 23.5%, akan sangat berbahaya bagi kesehatan tubuh manusia atau makhluk lain, karena pada konsentrasi di atas 23.5% O₂ sangat reaktif. Demikian pula untuk pekerjaan pengelasan, apabila O₂ nyadi atas 23.5% ada kemungkinan akan terjadi ledakan hebat.

Adanya kemungkinan gas-gas yang mudah terbakar :

- *Methane* dan *hydrogen*, karena lebih ringan dari udara. Maka mereka ini akan berkumpul di bagian atas.
- *Acetylene*, berat hampir sama dengan udara, maka akan sangat mudah bercampur dengan udara.
- *Propane*, gas ini lebih berat dari udara, maka kalau ada bocor gas akan berkumpul di bagian bawah.
- Uap bensin / *gasoline* ini lebih berat dari udara, maka kalau ada bocoran bensin / *gasoline* uapnya akan berkumpul di bagian bawah.

Substansi beracun :

- Karbon monoksida / *Carbon Monoxide* (CO)
- Hidrogen Sulfida / *Hydrogen Sulfide* (H₂S)
- Uap Las / *Welding fumes*
- Korosif / *Corrosives*

Manhole :

- *Manhole* yang sudah lama tertutup secara natural akan terjadi korosi akibat logam besi bereaksi dengan O₂ menghasilkan karat, sehingga mengakibatkan kadar O₂ dalam ruang tertutup tersebut turun, dan dapat terjadi pula gas-gas beracun seperti *Hydrogen*
- *Sulfide* (H₂S) yang dapat terakumulasi di bagian bawah karena ia lebih berat dari udara. Manholes dapat juga mengakumulasi gas yang sangat mudah terbakar (*highly flammable gasses*) seperti metana dan etana. Gas-gas ini tidak dapat dilihat karena tidak berwarna. Secara tidak legal bahan beracun dan mudah terbakar (*Toxic & flammable material*) kadang-kadang disimpan dalam tangki penyimpanan, gas dari material tersebut dapat bocor, sehingga akan sangat membahayakan.

Bahaya-bahaya lainnya :

- Bahaya listrik
- Bahaya mekanis: Pencampur semen/Mixers, Pemecahbatu/*Crushers*.

2. METODE

Objek yang diteliti merupakan salah satu pekerjaan konstruksi yang merupakan pekerjaan beresiko tinggi yaitu pekerjaan pembangunan terowong pengambilan yang dikategorikan sebagai ruang terbatas atau *confined space*. Adapun jenis data adalah kuantitatif karena berupa angka yang dapat dihitung dan sumber datanya adalah data primer berupa metode pekerjaan dan data hasil pengukuran kualitas udara. Sedangkan sumber data yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah data primer yang merupakan data langsung diperoleh dari objek penelitian dan masih harus diteliti lagi dan diolah. Data-data tersebut meliputi metode kerja dan data hasil pengamatan kualitas udara pada pekerjaan terowong pengambilan. Data-data diperoleh dari data riwayat pengukuran kualitas udara menggunakan alat *Gas Detector*. Waktu pengambilan data dilakukan saat pekerjaan galian terowong intake pada rentang waktu November 2020 dengan pembagian rentang waktu sebagai berikut:

- a. Jam 7.45 – 8.00 : Sebelum Pekerjaan dimulai
- b. Jam 9.00 – 10.00 : *Control* saat Pekerjaan
- c. Jam 12.45 – 13.00 : Sebelum pekerjaan dimulai setelah rehat
- d. Jam 14.00 – 15.00 : Kontrol saat pekerjaan
- e. Saat terjadi ketidaksesuaian

Dalam melakukan pengukuran ini dibutuhkan 2 orang pengukur yang telah merupakan supervisor keselamatan kerja dan dilaksanakan bergantian sesuai *shift*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prosedur kerja terowongan

Sebelum melaksanakan pekerjaan terowongan, ada beberapa hal yang harus menjadi perhatian dan dilaksanakan dengan sebaik-baiknya. Pelaksanaan pekerjaan dilakukan dengan prosedur kerja yang telah dibuat. Prosedur kerja pada pekerjaan terowongan *intake* di Proyek Bendungan Jlantah ini seperti pada gambar 1.



Gambar 2. Prosedur kerja terowongan

- Isolasi Ruang dan tes atmosfer

Sebelum memulai pekerjaan, pekerja kecuali yang bertugas untuk melakukan pengecekan dilarang memasuki ruang terbatas sampai selesai dilakukan pengecekan kualitas udara dan dinyatakan aman. Petugas biasanya akan memberikan lampu hijau sehingga pekerja dapat memulai pekerjaan atau memberikantanda lampu merah untuk menyatakan bahwa terdapat *unsave condition*.

- Ventilasi

Sirkulasi udara merupakan komponen penting dalam pekerjaan terowongan. Sebagai alat bantu menyalurkan oksigen kedalam dan mengeluarkan gas buang dari dalam diperlukan *Blower in* dan *out* serta *Ducting* sebagai saluran ventilasi. Ventilasi juga berfungsi mengurangi polusi yang terjadi di dalam pekerjaan terowongan.

- *Toolbox Meeting*

Selain sebagai bentuk koordinasi, *Toolbox meeting* bermanfaat menjadi sarana saling mengingatkan kepada seluruh pekerja untuk tetap dalam kondisi aman sebelum dilaksanakan pekerjaan. Dalam *Toolbox meeting* akan disampaikan program teknis pekerjaan hingga alat pelindung diri apa saja yang sesuai dengan pekerjaan terowongan sambil dilaksanakan pengecekan terhadap seluruh pekerja yang terlibat.

- *Work Permit*

Ijin Kerja merupakan syarat administrasi dan checklist terhadap kelengkapan sebelum memulai pekerjaan agar sesuai dengan *Prosedure* dan instruksi kerja yang telah menjadi Standar pekerjaan.

Pengukuran kualitas udara

Setelah resiko pada pekerjaan terowongan pengambilan telah diidentifikasi menggunakan HIRADC (*Hazard Identification Risk Assesment & Determining Control*), lalu telah dilaksanakan pengendalian sesuai hirearki, maka selanjutnya perlu ada evaluasi yang menunjukkan bahwa dalam pekerjaan terowongan pengambilan masih terdapat resiko setelah dilakukan penilaian ulang terhadap risiko pada setiap item pekerjaan, evaluasi penilaian resiko akan ditampilkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Evaluasi Penilaian Resiko

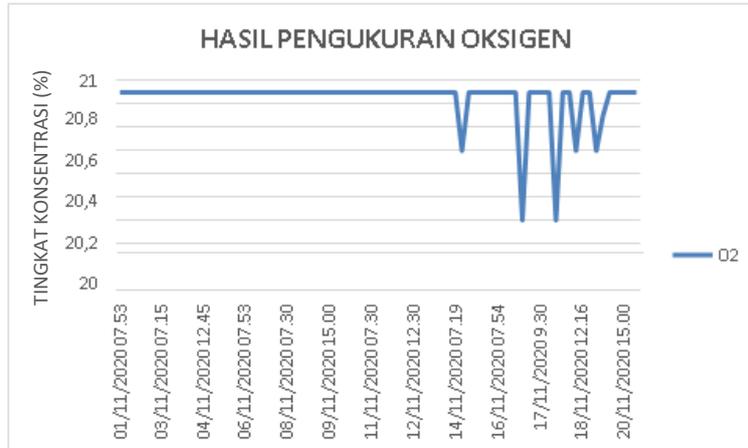
No	Aktivitas Alat/Material	Bahaya	EVALUASI				PENGENDALIAN TAMBAHAN
			Risiko Sisa				
			KM	KP	KMxKP	E/T	
1	2	3	12	13	14	15	16
1	Galian dengan alat berat. - Area galian - Excavator PC 75 - Tanah hasil galian.	Sesak Nafas Terhirup gas	2 2	3 3	6 6 Tinggi	P P	Blower in out tidak bisa dilakukan sesuai Standar karena kondisi terowongan sempit, Blower in menggunakan pipa pvc 4 inch. Pengecekan alat rutin, Jeda Waktu melakukan inspeksi awal terhadap area yang akan dikerjakan.
2	Penerimaan handling / angkutan material Area galian Wheel Loader	Sesak Nafas Terhirup gas	2 2	3 3	6 6 Tinggi	P P	Safety briefing ke pekerja, memberikan penjelasan mengenai teknis pekerjaan yg aman & kemungkinan bhy yg mungkin muncul.
3	Penerimaan Pengelasan Gudang Area perbaikan Tabung CO, LPG Sang Dampier	Sesak Nafas Terhirup gas	2 2	3 3	6 6 Tinggi	P P	terdapat IK terkait <i>confined space</i> & melakukan senam ringan sebagai pemanasan.
4	Pemasangan H-Beam Wheel Loader Slings pengikat	Sesak Nafas Terhirup gas	2 2	3 3	6 6 Tinggi	P P	Ada pengawasan dari mandor/pengawas Tidak terlalu lama di dalam terowongan (kurang lebih 40 menit)
5	Shotcrete Material semen Komponen	Sesak Nafas	2	3	6 Tinggi	P	<i>Respirator & Breathing apparatus</i>

Setelah dilakukan evaluasi, masih terdapat resiko sisa yang tinggi pada pekerjaan yang berhubungan dengan kualitas udara seperti pada pekerjaan galian yang didalam pekerjaannya menggunakan alat berupa *excavator* PC75 dengan polusi udara yang tinggi, pekerjaan pemasangan H-Beam yang merupakan *Support* dengan bahan baja yang tentu diperlukan pengelasan dalam instalasinya lalu pada pekerjaan *shotcrete* dengan bahan kimia(semen) yang bercampur di udara sehingga khususnya pada pekerjaan terowongan pengambilan diproyek bendungan jlantah perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut dengan pengukuran kualitas udara serta dilakukan pengendalian secara *Engineering Control*.

Resiko yang berhubungan dengan kualitas udara menunjukkan angka yang masih tinggi. Maka dalam hal ini perlu adanya data pengukuran lebih lanjut agar dapat diketahui mengenai kadar udara pada lingkungan kerja terowongan pengambilan. Pengukuran udara menggunakan alat *Gas Detector* yang dilakukan sebelum pekerja masuk, baik dipagi hari maupun setelah istirahat dan akan melakukan pekerjaan kembali agar dapat dipastikan pekerjaan dapat dilaksanakan dalam keadaan aman. Selanjutnya pengukuran udara dilaksanakan rutin setelah 2 jam pekerjaan atau saat dirasa asap/kondisi udara dalam keadaan yang tidak baik.

Berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No. SE. 01/ Men/ 1997 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di udara Lingkungan Kerja, pada table di atas [10], terdapat kandungan CO yang telah melebihi ambang batas (Oksigen: 19,5 % s/d 23 %, Gas mudah terbakar: 10 % LEL, H2S: 10 ppm, CO: 35 ppm) pada tanggal 25 dan 27 November 2022 yaitu sebesar 40 dan 38 ppm. Selanjutnya dapat kita amati bahwa konsentrasi gas CO cukup fluktuatif, sedangkan kadar oksigen masih dalam batas yang aman.

Pengukuran kadar oksigen yang dilakukan dalam kurun waktu tanggal 1 sampai dengan 18 November 2020, kadar oksigen konsisten pada nilai angka 20,8 sampai dengan 21%. Kemudian pada tanggal 21, 25, 27, 28 dan 29 November terdapat perubahan nilai tetapi masih pada angka diatas 19,5%, sehingga masih dalam batas aman sesuai dengan ambang batas yang ditentukan oleh peraturan yang terkait. Grafik Hasil pengukuran kadar oksigen dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pengukuran Oksigen

Pengukuran kadar CO (karbon monoksida) yang dilakukan terdapat kenaikan kadar secara periodik tetapi masih dalam kadar dibawah ambang batas yaitu dibawah 35 ppm, namun ada kenaikan yang melebihi ambang batas yaitu pada tanggal 25 November 2022 sebesar 40 ppm dan tanggal 27 November 2022 sebesar 38 ppm. Kenaikan kadar CO yang signifikan terjadi pada saat aktifitas alat berat yang cukup intens. Hasil pengukuran kadar CO (karbon monoksida) dapat dilihat pada gambar 3.



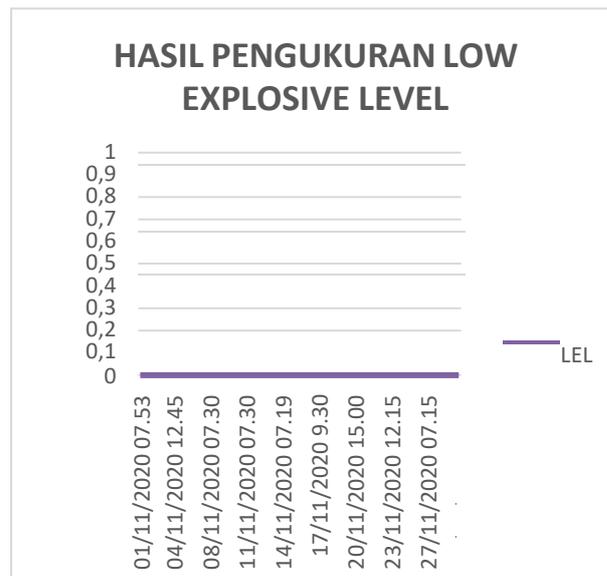
Gambar 3. Grafik Pengukuran Karbonmonoksida

Pada gambar 4 ditunjukkan hasil pengukuran gas H₂S yang dilakukan pada pekerjaan terowong pengambilan yang dilaksanakan selama kurun waktu tanggal 1 sampai dengan 30 November 2020. Hasil pengukuran tidak pernah menunjukkan angka kenaikan, artinya didalam area kerja tidak terdapat gas H₂S.



Gambar 4. Grafik Pengukuran H2S

Pada gambar 5 ditunjukkan hasil pengukuran tingkat *Low Explosive Level* (LEL) yang dilakukan pada pekerjaan terowong pengambilan yang dilaksanakan selama kurun waktu tanggal 1 sampai dengan 30 November 2020 tidak pernah menunjukkan angka kenaikan.



Gambar 5. Grafik Pengukuran *low Explosive Level*

Dari hasil penelitian dengan melakukan pemeriksaan kualitas udara pada saat pekerjaan terowongan di bendungan Jelantah Karanganyar ditemukan adanya kandungan CO yang melebihi nilai ambang batas bisa terjadi akibat sirkulasi udara yang tidak lancar atau hasil gas buang yang terlalu tinggi. Pada pelaksanaan pekerjaan galian terowongan ini tidak dapat digunakan *Blower* sesuai dengan standar karena ukuran terowongan relative kecil dengan lebar 3,4 m. Sirkulasi udara pada pekerjaan terowongan menggunakan *Blower* yang difungsikan sebagai penyedot udara dari luar (*Blower in*) dan dari dalam ke luar (*Blower out*) dilengkapi dengan *Ducting* sebagai saluran udara keluar dan Pipa PVC 8 in Sebagai penyalur udara masuk. Adanya pekerjaan pengelasan dan galian menggunakan alat *excavator PC75* dan *Wheel Loader* meningkatkan konsentrasi asap. Berdasarkan hasil pengukuran, pada kepulan asap yang dihasilkan alat berat mengandung karbon monoksida (CO) yang dapat berbahaya untuk pekerja jika terpapar lebih dari 35 ppm sehingga perawatan terhadap alat berat perlu rutin dilaksanakan agar memastikan besaran gas buang dari unit tersebut. Hasil evaluasi pada gas buang alat berat dan sirkulasi udara dapat dijadikan acuan dalam metode pelaksanaan yang sesuai dengan kondisi lapangan.

4. KESIMPULAN

1. Pengendalian pekerjaan risiko tinggi terowongan pengelak proyek Bendungan Jlantah Kabupaten Karanganyar dilakukan dengan membuat dan melaksanakan pekerjaan sesuai Prosedur Kerja dan dilakukan pengukuran kualitas udara menggunakan alat gas *detector* dengan 4 (empat) indikator pengukuran yaitu; O₂, CO, H₂S, dan LEL.
2. Hasil pengukuran kadar O₂ didalam area kerja menunjukkan fluktuasi namun tidak signifikan dan masih dalam ambang batas normal, sesuai dengan ketentuan legislasi. Hasil pengukuran kadar CO selama masa penelitian terdapat beberapa kali peningkatan diatas ambang batas sampai dengan 38 ppm dan 40 ppm dari nilai ambang batas yang diijinkan sebesar 35 ppm. Peningkatan kadar CO ini terjadi pada saat banyak aktifitas alat berat. Kemudian hasil pengukuran gas H₂S dan LEL tidak ada peningkatan nilai atau tidak terdeteksi adanya gas H₂S dan LEL terdeteksi nilai nol.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Pangkey, G. Y. Malingkas dan D. Walangitan, "Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Pada Proyek Konstruksi di Indonesia (Studi Kasus: Pembangunan Jembatan Dr. Ir. Soekarno-Manado)," *Media Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 100 - 113, 2012.
- [2] B. Kurniawan, "PENGETAHUAN UMUM TENTANG RUANG TERBATAS (CONFINED SPACE)," Sabtu Desember 2011. [Online]. Available: <http://h2ssafety.blogspot.co.id/>. [Diakses Rabu September 2023].
- [3] T. Srisantyorini dan R. Safitriana, "Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja," *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, vol. 16, no. 2, pp. 151-163, 2020.
- [4] M. dan S. Clinton, "ANALISIS PROSEDUR PELAKSANAAN PADA PEKERJAAN DI RUANG," *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, vol. 05, no. 02, pp. 41-49, 2016.
- [5] S. Indragiri dan T. Yuttya, "MANAJEMEN RISIKO K3 MENGGUNAKAN HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT AND RISK CONTROL (HIRARC)," *JURNAL KESEHATAN*, vol. 9, no. 1, pp. 39-52, 2018.
- [6] A. Nelvi dan . R. Handayani, "ANALISIS KUANTITAS DAN KUALITAS SUHU UDARA DI AREA," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2020, no. -, pp. 94-97, 2020.
- [7] P. P. K. Direktorat Jenderal, *Pedoman Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Ruang Terbatas (confined space)*, Jakarta: Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi R.I, 2006.
- [8] K. P. PUPR, Modul Desain Bangunan Pelengkap, BANDUNG, 2017.
- [9] H. I. D. Purba, S. A. Munthe dan K. Manullang, "PENERAPAN PELAKSANAAN STANDAR KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA," *Hearty*, vol. 9, no. 1, pp. 30-35, 2021.
- [10] M. T. K. SE MENAKER NOMOR SE-01/MEN/1997 TENTANG NILAI AMBANG BATAS FAKTOR KIMIA UDARA DI LINGKUNGAN KERJA, Jakarta, 1997.
- [11] S. Nurfaizah, M. Risal dan M. Musfirah, "Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja," *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, vol. 11, no. 2, pp. 392-402, 2022.