



Penilaian Keselamatan Kontruksi pada Pekerjaan Tunnelling dengan Memanfaatkan Foto Kontruksi Proyek Pembangunan Bendungan Manikin

Koko Heru Satmoko¹; Achmad Djunaedi²; Fitri Nugraheni³

Fakultas Teknik dan Perencanaan,
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Abstract : *Tunneling construction is important to get more attention because considering the magnitude of the risks from this work such as the instability of the carrying capacity of the soil around the construction which can cause collapse during dredging or installation of tunneling walls, or and other problems such as lack of oxygen intake for workers who are carrying out tunneling excavations , the presence of toxic and flammable gases, or falling objects that can result in minor accidents or even death. The purpose of this study is to make a visual assessment through certain media (photos/videos) that can be done quickly regarding the existing conditions of the environment/work, whether the work carried out meets work safety standards, work safety regulations and so on. Rapid assessment can assume that what happened in the field at that time was a reflection of previous work. From the results of the study there were 58 variables which were divided into 4 main variables which were assessed based on the WBS and 26 photos of the environment of the Manikin Dam Tunneling development project taken from several sides. Calculations were made using the results of data from 6 informants, resulting in a $P(H | E_{comb})$ value of 0.932 or a probability of 93.2%, which means that the tunnel work according to the 6 informants was carried out safely. The final value obtained from the analysis is almost close to 1 and all the results of the analysis from the 6 informants are more than 67%.*

Keywords : *Bayes Theorem, Construction Safety, RVS, Tunnelling.*

Abstrak : Pembangunan terowongan menjadi penting untuk mendapatkan perhatian lebih karena mengingat besarnya resiko dari pekerjaan ini seperti ketidakstabilan daya dukung tanah di sekitar konstruksi yang dapat menyebabkan keruntuhan pada saat pengerukan atau pemasangan dinding terowongan, atau dan masalah lain seperti kurangnya asupan oksigen bagi pekerja yang sedang melakukan penggalian terowongan, adanya gas beracun dan mudah terbakar, atau kejatuhan benda yang dapat mengakibatkan kecelakaan ringan atau bahkan kematian. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat penilaian secara visual melalui media tertentu (foto/video) yang dapat dilakukan dengan cepat mengenai kondisi lingkungan/pekerjaan yang ada, apakah pekerjaan yang dilakukan memenuhi standar keselamatan kerja, peraturan keselamatan kerja dan lain sebagainya. Penilaian cepat dapat mengasumsikan bahwa apa yang terjadi di lapangan saat itu merupakan refleksi dari pekerjaan sebelumnya. Dari hasil penelitian terdapat 58 variabel yang terbagi menjadi 4 variabel utama yang dinilai berdasarkan WBS dan 26 foto lingkungan proyek pembangunan Terowongan Bendungan Manikin yang diambil dari beberapa sisi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan hasil data dari 6 informan, menghasilkan nilai $P(H | E_{comb})$ sebesar 0,932 atau probabilitas sebesar 93,2%, yang berarti pekerjaan terowongan menurut 6 informan tersebut dilakukan dengan aman. Nilai akhir yang diperoleh dari analisis hampir mendekati 1 dan semua hasil analisis dari 6 informan lebih dari 67%.

Kata kunci : Teorema Bayes, Keselamatan Konstruksi, RVS, Tunnelling

LATAR BELAKANG

Dengan meningkatnya angka pembangunan infrastruktur di Indonesia, maka semakin tinggi juga tingkat risiko kecelakaan yang mungkin akan terjadi. Untuk mencegah hal tersebut dibutuhkan sistem manajemen yang baik dari pihak perusahaan konstruksi. Perusahaan dapat mengacu pada standar-standar yang diakui secara nasional seperti SNI (Standar Nasional Indonesia) dan SMK3 (Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan kerja) atau yang diakui secara internasional seperti OSHA dan OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment) 45001. Standar-standar tersebut memiliki tujuan yang sama yakni untuk meningkatkan kondisi kesehatan kerja dan mencegah terjadinya potensi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

Kompleksitas sektor konstruksi dapat menimbulkan banyak risiko, biasanya dipengaruhi oleh faktor desain internal dan terkadang diperburuk oleh kondisi eksternal (cuaca, alam, sosial, lingkungan, budaya, dll.). Contoh risiko internal umum yang diperparah oleh faktor eksternal adalah kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja merupakan risiko keselamatan terbesar bagi pekerja di industri konstruksi (Bhaskara, 2017). Kegagalan Fasilitas dapat terjadi jika satu atau lebih hal berikut ini tidak terpenuhi: ketepatan dalam perencanaan, ketepatan dalam pemilihan metode implementasi, standar kualitas dan pengujian, kemampuan perkakas dan pemeriksaan peralatan secara berkala, keterampilan dan pengalaman tenaga kerja, koordinasi antar elemen terkait dalam desain dan SOP (Budiono, 2013).

Kecelakaan konstruksi pada suatu proyek dapat merugikan bisnis kontraktor dalam segala hal. Oleh karena itu, penting bagi setiap perusahaan atau lembaga, baik gedung maupun bukan, menerapkan prinsip-prinsip keselamatan kerja. Perusahaan yang baik memiliki kewajiban untuk menjunjung tinggi “Safety First” seperti yang dikatakan Lin (2014) yaitu, “Most successful construction companies have recognized that safety and health management is a critical strategic issue and have developed comprehensive company safety and health programs”. Menurut Dipohusodo 1996, proyek konstruksi ialah proyek yang berkaitan dengan upaya pembangunan sesuatu bangunan infrastruktur, yang umumnya mencakup pekerjaan pokok yang didalamnya termasuk dalam bidang teknik sipil dan arsitektur.

Bendungan termasuk dalam proyek konstruksi rekayasa berat (Heavy Engineering) yang memerlukan teknologi tinggi, salah satu Bendungan yang menjadi target pemerintah saat ini sedang adalah Bendungan Manikin. Pembangunan bendungan ini direncanakan dapat memenuhi kebutuhan irigasi pertanian seluas 310 Hektar (Ha) di Kabupaten Kupang. Selain

itu juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber air baku sebesar 700 liter/detik untuk Kota Kupang dan Kabupaten Kupang, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebesar 0,125 MW, pengendalian banjir di Dataran Manikin 531,70 m³/detik, dan potensi pariwisata. Sumber air bendungan berasal dari Sungai Manikin dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) 49,31 Km². Bendungan Manikin didesain dengan Tipe Urugan Random Batu Gamping dengan Inti Tegak yang memiliki kapasitas tampung 28,20 juta m³ dan luas genangan normal 148,7 Ha.

Penelitian ini akan berfokus pada penilaian terhadap peluang terjadinya kecelakaan konstruksi yang melibatkan tenaga kerja dengan alat berat, lingkungan dengan alat berat, alat berat dengan alat berat, dan alat berat dengan material pada pekerjaan Tunneling pada Pembangunan Bendungan Manikin. Keterlibatan ini merupakan 4 pilar yang telah dituangkan dalam Permen PU No. 10 Tahun 2021. Beberapa ahli teknik sipil mendefinisikan Tunneling sebagai sebuah tembusan di bawah permukaan yang mempunyai panjang minimal 0,1 mil (160,9 meter), dan yang lebih pendek dari itu dinamakan underpass. (Paulus P. Rahardjo, 2004). Peluang terjadinya kecelakaan konstruksi pada pekerjaan Tunneling pada Pembangunan Bendungan Manikin akan dinilai dengan menggunakan Teorema Bayes. Teori probabilitas Bayes Teorema Bayes merupakan satu dari cabang teori statistik matematik yang memungkinkan kita untuk membuat satu model ketidakpastian dari suatu kejadian yang terjadi dengan menggabungkan pengetahuan umum dengan fakta dari hasil pengamatan. Teorema Bayes menurut Grainner (1998), mempunyai beberapa kelebihan, yaitu mudah untuk dipahami, pengkodean yang sederhana, dan lebih cepat dalam penghitungan. Berdasarkan argumen tersebut, maka Teorema Bayes dianggap tepat penelitian ini untuk menganalisis variabel dan mendapatkan probabilitas baru pada setiap variabel secara rapid.

Metode evaluasi cepat digunakan oleh Nugraheni (2008) sebagai Bayes's Theorem. Nugraheni memilih metode tersebut dalam penelitiannya karena teori ini dapat memberikan jawaban atas permasalahan dengan pola reaksi yang diberikan. "Bayes' theorem to assess safe construction practice, whether it being used or not, based on evidence that of information observed from an image. To show how to assess safe practice given information from an image, one particular activity was chosen." (Nugraheni, 2008). Dalam kutipan tersebut dapat diartikan bahwa penyelidikan berdasarkan tindakan yang digambarkan dalam media foto dapat dilakukan secara visual dengan media foto.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menurut Timotius (2017) adalah kumpulan metode yang digunakan oleh peneliti selama penelitian yang bertujuan untuk menolong peneliti dalam mengumpulkan data dari sampel sampai menemukan jalan keluar atas permasalahan tersebut.

Subjek dan Objek Penelitian

Subjek dalam penelitian adalah keselamatan konstruksi pada pelaksanaan pekerjaan tunnel Bendungan Manikin. Subjek penelitian adalah metode sumber data yang dimintai informasinya sesuai dengan masalah penelitian. Adapun yang dimaksud sumber dalam penelitian adalah subjek dari mana data diperoleh (Arikunto, 2002). Adapun objek pada penelitian ini yaitu lingkungan pelaksanaan pekerjaan tunnel Bendungan Manikin. Objek merupakan permasalahan yang diteliti. Objek penelitian yaitu suatu atribut atau sifat, objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2012).

Data Penelitian

Adapun beberapa jenis data yang akan diproses berupa data primer dan data sekunder, dimana pada data primer proses pengambilan data dilakukan secara langsung kelapangan, sedangkan pada data sekunder diperoleh dari proses pengumpulan sumber-sumber tertulis yang disajikan oleh orang lain seperti jurnal serta spesifikasi alat berat yang di dapat langsung dari pihak pelaksana.

Data primer pada penelitian ini didapatkan melalui pengamatan langsung ke lapangan dengan cara mengamati dan menganalisis alat berat atau melakukan wawancara dengan pihak terkait atau hasil penelitian terhadap suatu objek, adapun data primer yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu: foto pelaksanaan pekerjaan; hasil wawancara; dan hasil penilaian RVS (Rapid Visual Assessment). Sedangkan data sekunder pada penelitian ini yaitu data yang dikumpulkan secara tidak langsung atau diperoleh dari berbagai sumber, adapun data sekunder yang dibutuhkan yaitu: data umum proyek; HSE plan; job safety analysis, data metode penggalian tunneling; data analisis penilaian risiko pembangunan tunneling.

Instrumen Penelitian

Untuk memperoleh kebenaran data maka pada penelitian ini dilakukan observasi langsung, yaitu dengan mengadakan pengamatan/survey secara langsung terhadap kegiatan-kegiatan yang terjadi di lokasi proyek untuk mengumpulkan informasi dan mengumpulkan data yang diperlukan dalam penelitian. Dimana pedoman dari observasi ini berdasarkan dokumentasi, dan instrumennya berdasarkan format pustaka atau format dokumen. Instrumen pada penelitian ini yaitu Kamera dan Form Rapid Visual Assessment.

Identifikasi variabel merupakan suatu langkah dalam mencari dan menentukan dari variabel yang akan dilakukan penelitian, dari identifikasi variabel didapat dari faktor lingkungan konstruksi dan Work Breakdown Structure. Kemudian dalam penilaian mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada konstruksi bendungan dengan pekerjaan tunneling, peneliti melakukan penyusunan checklist terlebih dahulu. Penilaian yang dilakukan menggunakan 6 narasumber untuk dapat menilai checklist berdasarkan foto-foto konstruksi. Dalam melakukan penilaian terdapat 4 kategori nilai, masing-masing nilai memiliki arti tersendiri dimana 0,00 berarti tidak aman, 0,33 berarti hampir tidak aman, 0,67 berarti hampir aman, dan 1,00 yang berarti aman. Selain 4 nilai kemungkinan, ada pilihan NA (not available). Maksud dari NA (not available) yaitu jika foto standar keselamatan kerja yang diamati tidak dapat memberikan informasi tetapi diterapkan di lapangan (Firmansyah, 2022).

Work Breakdown Structure

Work Breakdown Structure merupakan pemecahan tingkatan dari keseluruhan pekerjaan proyek yang dilakukan oleh seluruh anggota tim agar tercapainya tujuan dari proyek tersebut dan menciptakan hasil yang diinginkan (PMBOK 6th Edition, 2017). Sedangkan menurut Armin (2020) menjelaskan bahwa WBS dapat mewakili distribusi logis dari pekerjaan yang harus dilakukan dan berfokus pada bagaimana produk, layanan, atau hasil didistribusikan secara alami. Ini adalah ikhtisar tentang pekerjaan apa yang perlu dilakukan. WBS adalah cara mengarahkan proyek ke dalam struktur pelaporan. Dengan bantuan WBS, setiap proses kerja dirinci lebih detail. Hal ini bertujuan untuk melayani tingkat yang lebih baik dari proses perencanaan proyek (Sinamo, 2020). Dalam mendukung pengerjaan galian, harus dipasang sarana pendukung dan utility system yang meliputi ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar, hose udara, hose air, saluran listrik, sump, channel.

Juga dipasang fasilitas elektrikal yang meliputi ganset, panel utama, logisting, 3 panel, kompresor, dan water tank. Kemungkinan terjadinya suatu risiko yang memiliki tingkat kekerapan dalam kecelakaan itu terjadi pada WBS level 5 dan level 6. Adapun untuk WBS dengan level 5 dan level 6 dari setiap variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel (1).

Analisis Data

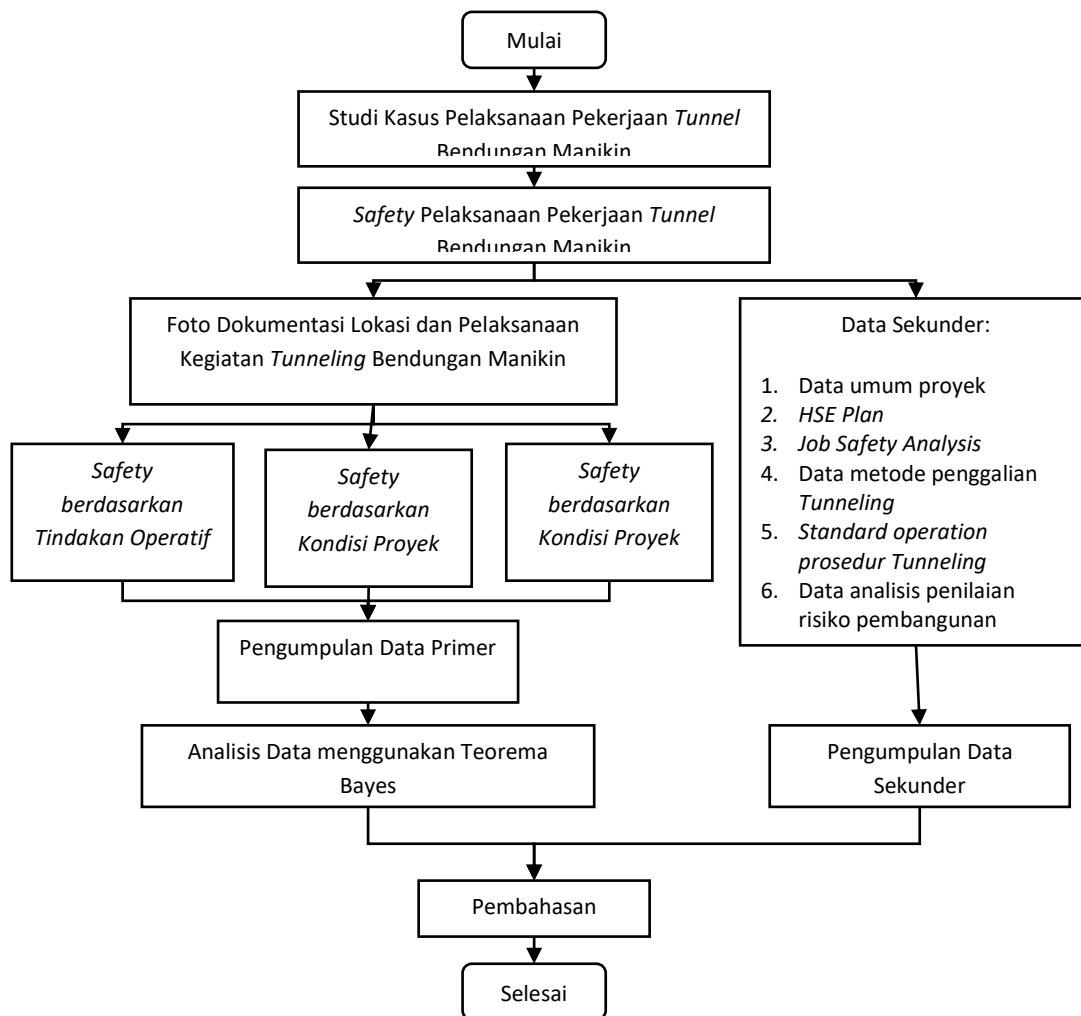
Form Rapid Visual Assessment dibuat berdasarkan referensi dokumentasi pada saat pembangunan berlangsung seperti foto. Nantinya, Form Rapid Visual Assessment akan diberikan kepada narasumber untuk diisi berdasarkan keadaan nyata pada proyek pembangunan bendungan manikin terkhusus pada pekerjaan pembangunan Tunneling. Masing-masing narasumber akan diminta untuk memberikan penilaian berdasarkan keadaan

proyek, dengan range penilaian berkisar antara 0, 0,33, 0,67, 1. Dengan catatan bahwasanya semakin tinggi nilai memungkinkan untuk keadaan paling nyata pada di proyek.

Hasil dari penilaian tersebut kemudian dianalisis berdasarkan konsep Bayes Theorem. Penggunaan Bayes Theorem pada analisis data dikarenakan, pendekatan Bayes dapat menghubungkan tingkat keyakinan sebelumnya pada keyakinan yang baru berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan. Sehingga melalui keyakinan dalam penilaian form Rapid Visual Assessment dan berdasarkan analisis Bayes Theorm sehingga nantinya dapat disimpulkan keterkaitan antara variabel dengan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada proyek pembangunan bendungan manikin, terkhusus pada pembangunan Tunneling.

Tahap-tahap Penelitian

Proses penelitian merupakan tindakan yang akan dilakukan di lapangan untuk dapat melakukan penelitian yang telah dirancang bagan alir penelitian sebagaimana dapat dilihat pada Gambar (1).



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis Rapid Visual Screening (RVS) keselamatan pelaksanaan pekerjaan Tunnel pada Proyek Bendungan Tefmo/Manikin Paket 1. Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai assessment (penilaian) yang sudah dilakukan oleh para ahli pada Proyek Bendungan Tefmo/Manikin Paket 1. Sehingga tujuan dari penelitian ini dapat tersampaikan. Adapun untuk mengetahui tingkat keselamatan pelaksanaan menggunakan pendekatan teori Bayes, berikut persamaan teori Bayes. Pers. (1)

$$P(E|H) = \frac{e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_n}{n} \quad (1)$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan Pers. (1) selanjutnya dapat menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan checklist secara keseluruhan dengan menggunakan Pers. (2).

$$P(E_{\text{comb}}|H) = P(E_1|H) \times P(E_2|H) \times \dots \times P(E_n|H) \quad (2)$$

Hasil dari Pers (1) selanjutnya untuk dapat mengetahui seberapa ketidaksamaan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan checklist dapat menggunakan Pers (3).

$$P(E|H') = 1 - P(E|H) \quad (3)$$

Dari hasil analisis menggunakan Pers (3) selanjutnya dapat dilakukan analisis untuk mengetahui seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* secara keseluruhan dengan menggunakan Pers (4).

$$P(E_{\text{comb}}|H) = P(E_1|H') \times P(E_2|H') \times \dots \times P(E_n|H') \quad (4)$$

Selanjutnya untuk mengetahui banyak kemungkinan yang dapat terjadi pada pekerjaan aman dapat dianalisis dengan menggunakan Pers (5).

$$P(H) = \frac{1}{\text{Kemungkinan}(\text{Evidence} + \text{Safety Factor})} \quad (5)$$

Pada persamaan-persamaan di atas angka 1 berarti nilai aman (*safety score*), penjelasan nilai kemungkinan terdiri dari 4 nilai yaitu 0; 0,33; 0,67; 1, sedangkan *evidence* berarti banyaknya bukti yang dapat dianalisis.

Kemudian untuk mengetahui banyak kemungkinan yang dapat terjadi pada pekerjaan tidak aman dapat dianalisis dengan menggunakan Pers (6).

$$P(H') = \frac{\text{banyak kemungkinan skor selain aman}}{\text{Kemungkinan}(\text{Evidence} + \text{Safety Factor})} \quad (6)$$

Selanjutnya dari hasil analisis menggunakan Pers. (1) sampai dengan Pers. (6), kemudian dilakukan analisis kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto dengan menggunakan Pers.

$$(7). P(H|E_{\text{comb}}) = \frac{\{P(E_{\text{comb}}|H) \times P(H)\}}{\{P(E_{\text{comb}}|H) \times P(H)\} + \{P(E_{\text{comb}}|H') \times P(H')\}} \quad (7)$$

Tabel 1. Penilaian Variabel Berdasarkan Foto

NO	VARIABLE	KETERKAITAN FOTO
I	TINDAKAN OPERATIF	
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit	Semua foto
2	Selalu memakai <i>ID Card</i> selama bekerja	Semua foto
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard	Semua foto
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>	N/A
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki <i>ID Card</i> .	Semua foto
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin	Semua foto
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet</i> , <i>safety shoes</i> , <i>safety vest</i> , <i>safety hand gloves</i> .	Semua foto
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami	16 26
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya	Semua foto
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)	N/A
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	N/A
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	21 23
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :	1 10 12 14 15 17
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	1 10 12 14 15 17
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	1 10 12 14 15 17
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan	N/A
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>	N/A
18	Lampu penerangan harus disediakan	8 10 11 12 18 19 20 26
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan	8 10 11 12 18 19 20 26
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	26
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	21 22 23 24
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi	21 22 23 24

NO	VARIABLE	KETERKAITAN FOTO
II	KONDISI LOKASI	
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .	19 20 22 23
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	18
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	N/A
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi	N/A
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)	Semua Foto
6	Adanya penerangan yang memadai	8 10 11 12 18 19 20 26
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan penghantaran material di lokasi	N/A
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat	Semua Foto (kecuali 2 16 26)
9	Adanya <i>monitoring</i> Gas	N/A
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan	18 25
III	KONSTRUKSI OPERATIF	
A	PERALATAN	
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.	N/A
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian	9 10 11
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material	N/A
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material	N/A
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>	N/A
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)	21 22 23 24
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)	N/A
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , <i>pompa</i> dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan	N/A
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	8 10 11 12 18 19 20 26
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)	6 8 12
B	METODE KONSTRUKSI	
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)	Semua Foto
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>	2 26
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu	N/A
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt</i> , <i>shotcrete</i> , and <i>steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan	Semua Foto
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan	N/A

NO	VARIABLE	KETERKAITAN FOTO
	persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit	
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel	N/A
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>	7 9 10 11 13 14 15
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as	N/A
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan	N/A
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i>	N/A
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>promary shotcrete</i>	N/A
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>	6 8 12
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin	N/A
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>	2 16 26
15	Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain	N/A
16	Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>	N/A

Respon Variabel Terhadap Variabel

Penetapan variabel yang terdapat pada Tabel (1) merupakan hasil yang didapat dari observasi langsung di lapangan, karena dengan menggunakan aturan Peraturan Menteri Nomor 10 Tahun 2021 mengenai Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) dan kemudian dari setiap variabel yang didapat kemudian dilakukan *Focus Group Discussion* yang dilakukan oleh peneliti kepada beberapa ahli guna mendapatkan respon terhadap variabel yang didapat dari observasi langsung di lapangan yang kemudian variabel tersebut akan diteliti.

Rekapitulasi Hasil Setiap Narasumber

Berikut merupakan rekapitulasi hasil dari narasumber 1 sampai narasumber 6, dari hasil ke enam responden tersebut kemudian dilakukan perhitungan nilai *final score*, dimana nilai *final score* didapat dengan melihat nilai yang sering muncul (modus) dari hasil analisis berdasarkan narasumber 1 sampai narasumber 6.

Tabel 2. Rekapitulasi Masing-masing Narasumber

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6	
I	TINDAKAN OPERATIF							
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit	0,667	1	1	1	0,667	1	1
2	Selalu memakai ID Card selama bekerja	0,333	1	1	1	0	1	1
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard	1	1	1	1	1	1	1
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>	1	1	1	1	0	1	1
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID Card.	1	0,667	1	1	0	1	1
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin	1	1	1	1	1	1	1
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet</i> , <i>safety shoes</i> , <i>safety vest</i> , <i>safety hand gloves</i> .	1	1	1	1	1	1	1
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami	1	1	0	0	1	1	1
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya	0,667	1	1	1	1	1	1
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)	1	0	0	0	0	0	0
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	0	0	0	0	0	0	0

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6	
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	1	0,667	1	0	1	0,667	1
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :	0	1	0	1	1	1	1
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	0,667	0,667	0	0,667	1	1	0,667
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	0	0,667	1	1	1	1	1
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan	1	0	1	0	1	0	0
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>	1	1	1	0,667	1	1	1
18	Lampu penerangan harus disediakan	1	1	1	0,667	1	1	1
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan	1	1	1	1	1	0,667	1
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	0,667	0,333	0	0	0,333	0	0
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	1	1	1	0,667	1	1	1
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi	0	0,667	0	0,667	1	0,667	0,667
II	KONDISI LOKASI							
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .	0,667	0,667	1	0,333	0,667	0,333	0,667

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6	
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	0,667	1	1	1	0,667	1	1
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	0,333	0	1	1	0,333	0,333	0,333
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi	0	1	0,667	0,667	1	1	1
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)	1	0,667	1	0,667	1	0,667	0,667
6	Adanya penerangan yang memadai	1	1	1	1	1	1	1
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan penghantaran material di lokasi	1	1	1	1	1	1	1
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat	1	0	0	0	0,333	0	0
9	Adanya <i>monitoring</i> Gas	1	0	0	0	0,333	0	0
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan	0,667	0,667	0	1	0,333	1	0,667
III	KONSTRUKSI OPERATIF							
A	PERALATAN							
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.	0,333	0,667	0,333	0	1	1	0,333
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian	1	1	1	0,667	1	1	1
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material	0	1	1	0,667	0,333	1	1
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material	1	0	1	0	1	0,333	1

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6	
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>	0,667	0	0,333	0	1	0	0
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)	0,333	0	0,667	0	0,333	0	0
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)	1	0,667	1	1	0,667	0,667	0,667
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , <i>pompa</i> dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan	1	1	1	1	0,667	1	1
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	0,667	0,667	1	1	1	1	1
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)	0,667	1	0	1	0	1	1
B	METODE KONSTRUKSI							
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)	1	0	0	0	1	0	0
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>	0	1	1	0,667	1	U	1
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu	1	1	1	0,667	1	1	1
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt</i> , <i>shotcrete</i> , and <i>steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan	1	1	0	0,667	1	1	1

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6	
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit	1	0	0,667	0,333	1	0,333	0,333
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel	0,667	1	1	1	1	1	1
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>	1	1	1	1	1	1	1
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as	1	1	1	1	1	1	1
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan	0,667	1	1	0,667	1	1	1
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i>	1	1	1	0,667	1	1	1
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>promary shotcrete</i>	1	0,667	1	0,667	1	0,667	0,667
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>	1	1	1	1	1	1	1
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin	1	1	1	1	1	1	1
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>	0,333	1	0,333	1	0	1	1
15	Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain	0,667	0	0,333	0	0,333	0	0

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6	
16	Setelah dilakukan <i>pull-out</i> test, dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>	0,667	0	0,333	0	0,333	0	0

Setelah didapat nilai final score berdasarkan hasil ke enam narasumber tersebut kemudian melakukan pengolahan data dengan menggunakan teori Bayes untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan dari nilai final score hasil dari analisis ke enam narasumber. Analisis dilakukan dengan memanfaatkan data berupa hasil dokumentasi untuk mengetahui seberapa aman pengaktualan pekerjaan berdasarkan nilai final score keselamatan kerja pekerjaan tunnel.

Dari hasil analisis yang sudah dilakukan peneliti didapat hasil dari semua narasumber yang di wawancarai untuk memberikan nilai terhadap foto yang dilihat dan menurut sudut pandang penilai menyebutkan bahwa pekerjaan tunnel karena nilai akhir yang didapat dari analisis hampir mendekati 1 dan semua hasil analisis dari 6 narasumber tersebut lebih dari 67%. Pemakaian atribut keselamatan kerja yang dilakukan oleh pekerja seperti alat pelindung diri (APD), penerangan area pekerjaan, ketersediaan oksigen pada pekerjaan tunnel diberlakukan dengan baik. Sehingga pekerjaan tunnel yang dilakukan dikatakan aman.

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan pada penelitian ini, serta analisis penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa terdapat 58 Variabel yang dibagi kedalam 4 induk variabel (Tindakan Operatif, Kondisi Lokasi, Konstruksi Operatif Peralatan, dan Konstruksi Operatif Metode Konstruksi) yang dinilai berdasarkan 26 foto lingkungan proyek pembangunan Tunnelling Bendungan Manikin yang diambil dari beberapa sisi.

Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data yang didapat dari 6 narasumber didapat hasil $P(H | E_{comb})$ senilai 0,932 atau probabilitas yang terjadi menurut 6 narasumber senilai 93,2%, yang berarti bahwa pekerjaan tunnel menurut 6 narasumber dilakukan dengan aman. Pemakaian atribut keselamatan kerja yang dilakukan oleh pekerja seperti alat pelindung diri (APD), penerangan area pekerjaan, ketersediaan oksigen pada pekerjaan tunnel diberlakukan dengan baik. Sehingga pekerjaan tunnel yang dilakukan dikatakan aman.

RVS pada penelitian sebelumnya di gunakan pada Bangunan Gedung, Namun pada penelitian ini RVS di gunakan pada pekerjaan Tunneling. RVS pada penelitian sebelumnya

hanya metode RVS saja, pada penelitian ini menambah perangkat dengan WBS, sehingga memudahkan peneliti dalam menyusun variabel.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2002). Metodologi Penelitian. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Armin, R. (2020). Modul-WBS, Metode dan Aktivitas Proyek.
- Bhaskara, Adwitya and Nugraheni, Fitri., (2017), Integrating Standard Operating Procedures and Occupational Safety for Column Concrete Reinforcement Work, ICSBE, Yogyakarta, Indonesia.
- Bird and Germain, F. J. (1990). Practicial Loss Control Leadership. USA: Institute Publising Dipohusodo, Istimawan.1996. Manajemen Proyek & Konstruksi. Kanisius. Jogjakarta.
- Budiono, (2013) Kegagalan Konstruksi pada Musibah Jembatan Suramadu (Surabaya-Madura). Jurnal Teknik. Jurnal Pakuan Bidang Keteknika
- Firmansyah, F. (2022). Pemanfaatan Foto Konstruksi untuk Penilaian Keselamatan Kerja pada Pekerjaan Pondasi. Tesis Konsentrasi Manajemen Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Program Magister. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Grainner. 1998. Penyederhanaan Bayes. Jakarta: Luhur.
- Nugraheni, F. (2009). The Use of Construction Images in Safety Assessment System, Curtin University of Technology, Perth, 2008. (Disertasi).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 10/PRT/M/2019 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi.
- Project Management Institute. (2017). A guide to the project management body of knowledge: (PMBOK® guide) (6th ed.). Newtown Square, Pennsylvania, Usa: Project Management Institute.
- Rahardjo. Paulus P (2004), Teknik Tunneling. Bandung: Geotechnical Engineering Center, Parahyangan Catholic University.
- Schaufelberger, John and Yu Lin, Ken., (2014), Construction Project Safety, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- Sinamo, P. (2020). Analisa Penjadwalan Waktu dan Anggaran Biaya Proyek dengan Metode Work Breakdown Structures (WBS). (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Sugiyono. (2012). Memahami Penelitian Kualitatif. Bandung: Alfabeta.
- Timotius, K.H. (2017). Pengantar Metodologi Penelitian Pendekatan Manajemen Pengetahuan Untuk Perkembangan Pengetahuan. Penerbit Andi Offset