

ANALISIS PENGENDALIAN RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) DENGAN METODE HAZARD IDENTIFICATION AND, RISK ASSESMENT DAN DETERMENING CONTROL (HIRADC) (STUDI KASUS : PEMBANGUNAN EKA HOSPITAL MT HARYONO JAKARTA)

Wahyu Sanjaya Pratama, Setiono Setiono, Ary Setyawan

Universitas Sebelas Maret, Indonesia

Email: wahyu0687@gmail.com, setiono@ft.uns.ac.id, arysetyawan@staff.uns.ac.id

Abstrak

Seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk di Indonesia, pembangunan konstruksi juga mengalami peningkatan signifikan yang berimplikasi pada bertambahnya risiko kecelakaan kerja. Berdasarkan data tahun 2023, tercatat 370.747 kasus kecelakaan kerja di Indonesia, sehingga penerapan sistem keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) menjadi aspek krusial dalam menjamin lingkungan kerja yang aman. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko dan pengendalian risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proyek pembangunan Eka Hospital yang melibatkan pekerjaan berat dengan tingkat risiko tinggi. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control). Data dikumpulkan melalui wawancara dengan para ahli, observasi, serta kuesioner pada objek penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 10 dari 11 tahapan pekerjaan bored pile memiliki risiko tinggi hingga ekstrem sebelum dilakukan pengendalian. Pada tahapan pekerjaan pile cap, ditemukan 3 tahapan dengan risiko ekstrem dan 5 tahapan dengan risiko tinggi. Setelah dilakukan penilaian dan pengendalian, skor risiko menurun menjadi kategori sedang hingga rendah. Temuan ini menegaskan pentingnya penerapan SMK3 berbasis HIRADC untuk meminimalisasi kecelakaan kerja serta memberikan dasar strategis bagi manajemen proyek dalam meningkatkan keselamatan pekerja.

Kata kunci: SMK3, HIRADC, risiko kerja, proyek konstruksi, keselamatan kerja

Abstract

Along with the rapid growth of Indonesia's population, the construction sector has also experienced a significant increase, which in turn has led to a rise in workplace accidents. In 2023, a total of 370,747 occupational accident cases were recorded in Indonesia, highlighting the urgency of implementing Occupational Safety and Health Management Systems (SMK3) to ensure a safe working environment. This study aims to identify risks and risk controls related to Occupational Safety and Health (OSH) in the Eka Hospital construction project, which involves heavy work with high-risk potential. A quantitative approach was employed using the HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control) method. Data were collected through expert interviews, field observations, and questionnaires. The findings reveal that 10 out of 11 stages of bored pile work were classified as high to extreme risk before implementing controls. In the pile cap stage, 3 work phases showed extreme risk and 5 phases showed high risk. After conducting risk assessments and applying controls, the risk scores decreased to medium and low categories. These results emphasize the importance of implementing HIRADC-based SMK3 to minimize workplace accidents and provide a strategic foundation for project management in enhancing worker safety.

Keywords: Construction, Work Accidents, HIRADC, Risk Control, Eka Hospital

Article Info:

Submitted: 2025-09-05

Final Revised: 2025-09-09

Accepted: 2025-09-13

Published: 2025-09-16

*Correspondence Author: Wahyu Sanjaya Pratama

Email: wahyu0687@gmail.com



PENDAHULUAN

Pada masa sekarang ini, kemajuan industri di Indonesia berjalan begitu pesat. Banyak pembangunan yang sedang terjadi di Indonesia. Seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk, peningkatan pembangunan bidang konstruksi semakin banyak terjadi. Salah satu hal yang sangat diperlukan pada masa sekarang ini adalah pemabangunan fasilitas masyarakat seperti bangunan gedung pemerintahan, sekolah, rumah sakit, jembatan dan lain-lain (Adenugroho & Pontan, 2021; Beunza & Stark, 2016; Firdanu et al., 2020; Muntohar, 2021; Oktaviansyah et al., 2022; University Padang State, 2023).

Dengan banyaknya pembangunan yang terjadi, banyak juga peristiwa kecelakaan kerja dalam sebuah proyek yang berjalan di Indonesia. Berdasarkan hasil pencatatan pada tahun 2023, jumlah kasus kecelakaan kerja di Indonesia tercatat sebanyak 370.747 kasus. Sekitar 93,83 persen merupakan kasus peserta penerima upah, 5,37 persen kasus peserta bukan penerima upah, dan 0,80 persen kasus peserta jasa konstruksi. Pada Januari hingga November 2023, jumlah pengajuan klaim jaminan kecelakaan kerja (JKK) mencapai 360.635 kasus, meningkat dari tahun 2022 yang berjumlah sekitar 297.725 kasus (Safety Sign., 2015). Berdasarkan data tersebut, kecelakaan kerja harus sangat diperhatikan untuk menjamin keamanan dan keselamatan seorang pekerja. Dalam banyak kasus yang terjadi ini, sistem keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) menjadi aspek yang penting dalam sebuah proyek pembangunan dalam menjamin lingkungan kerja yang aman. maka sangat dibutuhkan manajemen resiko yang baik dan benar upaya memperkecil tingkat resiko dalam sebuah proyek (Atmaja et al., 2018; Nurfaizah et al., 2022; Putri, Erni Hasan; Ginting, 2023; Rivai & Nasution, 2021; Rozi, 2022).

Proyek konstruksi Eka Hospital merupakan salah satu proyek yang melibatkan pekerjaan berat dengan risiko tinggi, terutama pada tahapan pekerjaan bore pile dan pile cap. Pekerjaan bore pile, yang melibatkan pengeboran tanah untuk fondasi dalam, serta pemasangan pile cap, yang menjadi elemen kunci dalam distribusi beban struktur ke fondasi, menghadirkan berbagai potensi bahaya fisik, bahaya kimia dan bahaya ergonomi yang dibutuhkan pengendalian bahaya untuk mengurangi tingkat risiko yang terjadi. Risiko ini meliputi kecelakaan kerja, kerusakan peralatan, dan gangguan lingkungan yang dapat mempengaruhi keberhasilan proyek (Lensun et al., 2020; Natasyah et al., 2023; Salamah et al., 2022; Simanjuntak et al., 2021; Sitohang.H & Magdalena, 2020).

Untuk memastikan keselamatan pekerja, kelancaran proyek, dan kepatuhan terhadap peraturan keselamatan dan kesehatan kerja, metode HIRADC digunakan sebagai pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan risiko dalam penelitian ini. Metode ini membantu dalam memahami potensi bahaya dan merumuskan tindakan pencegahan yang tepat guna. Pentingnya HIRADC pada proyek ini disebabkan kompleksitas pekerjaan, kondisi lapangan yang tidak stabli, dan penerapan regulasi K3 yang ketat untuk memastikan semua potensi bahaya dapat dikendalikan sesuai standar.

Rumusan masalah dalam penelitian ini mencakup identifikasi bahaya dan tahapan menggunakan metode HIRADC pada proyek, pengendalian risiko, penilaian risiko, serta analisis tingkat risiko sebelum dan sesudah pengendalian. Tujuan penelitian ini meliputi identifikasi tahapan dan kegiatan pekerjaan yang berpotensi risiko, cara pengendalian risiko pada Proyek Pembangunan Eka Hospital, analisis dan perbandingan tingkat risiko setiap tahapan pekerjaan, serta klasifikasi tingkat risiko pada kegiatan yang telah dilakukan pengendalian. Batasan masalah penelitian ini difokuskan pada penerapan Standar dan

Pedoman (SMK3) dengan metode HIRADC di lokasi proyek Eka Hospital, dilakukan selama jam kerja, dan pada tahapan pekerjaan yang sedang berlangsung. Manfaat penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu manfaat teoritis yang berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang manajemen risiko dan K3, serta manfaat praktis yang menghasilkan analisis data menggunakan HIRADC dan implementasi hasil penelitian dalam penerapan SMK3 di proyek.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengaplikasikan metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control) dalam sektor konstruksi untuk mengidentifikasi bahaya dan menurunkan tingkat risiko kecelakaan kerja. Misalnya, Haristama, Zacoeb, dan Susanti (2023) menemukan bahwa sebagian besar risiko pekerjaan konstruksi berada di tingkat menengah, dengan sebagian kecil pada tingkat tinggi, dan mereka menyarankan kontrol yang lebih sistematis untuk menurunkan bahaya. Namun, penelitian tersebut belum membedakan tahapan pekerjaan spesifik seperti bored pile atau pile cap—yang merupakan fokus proyek ini—serta belum membahas konteks penyusutan penghargaan kinerja daerah sebagai latar belakang motivasi keselamatan. Penelitian lain oleh Marlina, Salma, dan Hakim (2024) dalam proyek konstruksi jalan raya menunjukkan bahwa penerapan HIRADC berhasil mereduksi risiko dari kategori tinggi atau ekstrem ke kategori sedang atau rendah, dengan desain prosedur pengendalian berbasis proses bisnis. Kendati demikian, konteksnya berbeda (jalan raya), sementara proyek ini berfokus pada rumah sakit dengan risiko pekerjaan tinggi di konstruksi vertikal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan mengendalikan risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada tahapan bored pile dan pile cap proyek pembangunan Eka Hospital menggunakan metode HIRADC, serta menganalisis perbedaan tingkat risiko sebelum dan sesudah penerapan kontrol. Manfaat penelitian ini bersifat teoritis dengan memperkaya literatur manajemen risiko di konstruksi vertikal serta praktis, yaitu menyediakan rekomendasi tindakan pengendalian risiko yang spesifik untuk meningkatkan penerapan SMK3, menjamin keselamatan pekerja, dan meningkatkan efektivitas manajemen proyek.

METODE PENELITIAN

Proyek pembangunan Eka Hospital MT. Haryono Jakarta, yang dimiliki oleh PT. Ekamas International Hospital dengan nilai kontrak sebesar 173 miliar rupiah, didanai oleh Sinar Mas Group dan direncanakan selesai dalam 17,25 bulan, mulai dari 24 Oktober 2023 hingga 1 April 2025. Gedung ini akan memiliki 13 lantai dan 4 lantai basement dengan luas bangunan 56.620 m². Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control). Objek pengamatan dalam penelitian ini meliputi pekerjaan bored pile dan fondasi pile cap, dengan fokus pada identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko menggunakan metode HIRADC. Metode pengumpulan data terdiri dari data primer yang diperoleh melalui observasi, kuesioner, dan wawancara dengan para ahli, serta data sekunder dari berbagai regulasi dan literatur terkait. Tahapan analisis dilakukan secara sistematis, mulai dari pengumpulan data, pembuatan model tabel, hingga analisis menggunakan metode HIRADC, yang berujung pada penilaian risiko sebelum dan sesudah pengendalian. Dengan pendekatan ini, penelitian bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai penerapan manajemen risiko di proyek pembangunan ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis

Pada tahapan selanjutnya yaitu dilakukan analisis risiko yang bertujuan untuk menentukan skala tingkat risiko dengan cara menentukan dan menghitung nilai yang diperoleh dari dua parameter yaitu konsekuensi (consequences) dan kemungkinan (likelihood) yang dijelaskan pada tabel berikut ini.

Tujuan pada tahapan ini yaitu untuk menentukan skala tingkat risiko pada tabel HIRADC sebelum pengendalian dan sesudah dilakukan pengendalian dari bahaya. pada tahapan ini penilaian risiko dan metode pelaksanaan pekerjaan telah di verifikasi oleh ahli K3 dari PT Adhi karya dan Sub Kontraktor pekerjaan Sturktur dari proyek pembangunan Eka Hospital. Hasil penilaian risiko dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Penilaian Risiko Sebelum dan Setelah Dilakukan Pengendalian Pekerjaan Bored Pile

No	Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Penilaian Tingkat Risiko ($R = L \times S$)			Pengendalian Risiko	Tingkat Risiko Setelah Dikendalikan		
			L	S	R		L	S	R
1	Persiapan dan Seting Alat	- Bahaya Fisik: Pengaturan Lalin yang Kurang Baik, Tertimpa Alat, Kegagalan Instalasi Alat, Tersentrum, - Bahaya Kimia: Pelumas atau cairan hidrolik yang menyebabkan pengaruh pada kulit - Bahaya Ergonomi: Mobilisasi material yang menyebabkan cedera pada tubuh pekerja	3	3	Tinggi	- Identifikasi kondisi tanah, keberadaan utilitas bawah tanah, atau sumber daya lain yang bisa mengganggu atau berisiko. - Penggunaan APD yang baik dan benar - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Pastikan material dan beton berkualitas sesuai spesifikasi agar tidak terjadi kerusakan atau kegagalan struktural. - Memeriksa kondisi mesin bor, crane, dan peralatan lainnya untuk memastikan kelayakan operasional. - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	2	Rendah
2	Pembuatan Titik Pengeboran	- Bahaya Fisik: Tersandung, terjatuh - Bahaya Kimia: Paparan Debu - Bahaya Ergonomi : Membungkuk dan jongkok dalam waktu yang lama dalam menandai titik bor	3	2	Sedang	- Berikan pelatihan pada pekerja mengenai teknik pengeboran yang aman dan prosedur tanggap darurat. - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) - Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - Buat pembatas fisik atau pagar pengaman di sekitar titik bor untuk menghindari akses yang tidak perlu dan risiko kecelakaan. - Identifikasi potensi bahaya seperti lokasi jaringan utilitas bawah tanah, kondisi tanah, dan lingkungan sekitar yang dapat memengaruhi stabilitas titik bor	2	2	Rendah
3	Fabrikasi Besi	- Bahaya Fisik: Terkena benda tajam (Bar Bender / Bar Cutter), jatuh atau terpeleset, terjepit, tesentrum - Bahaya Kimia: Proses menghasilkan gas atau asap, Terpapar debu - Bahaya Ergonomi : Posisi pekerjaan menyebabkan cedera otot dan tulang	3	3	Tinggi	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - melakukan pengendalian ventilasi dan pengendalian debu yang baik - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	1	Rendah
4			3	4	Ekstrim		2	3	Sedang

Analisis Pengendalian Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode Hazard Identification and, Risk Assesment Dan Determening Control (HIRADC) (Studi Kasus : Pembangunan Eka Hospital MT Haryono Jakarta)

No	Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Penilaian Tingkat Risiko (R= L X S)			Pengendalian Risiko	Tingkat Risiko Setelah Dikendalikan		
			L	S	R		L	S	R
	Pekerjaan Pengeboran	- Bahaya Fisik: Kebisingan, terjatuh, terkena benda tajam, tertimpa alat - Bahaya Kimia: Paparan debu, gas berbahaya. - Bahaya Ergonomi : Kelelahan Otot, Posisi kerja yang tidak baik				- gunakan casing atau metode penyangga untuk melindungi lubang bor dari amblas. - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) - Pasang pembatas atau rambu peringatan di sekitar area kerja untuk mencegah akses orang yang tidak berkepentingan. - Bagi pekerja yang berada di dekat mesin pengeboran atau tempat yang berdebu, sediakan masker respirator dan pelindung telinga - Pastikan mesin bor dan alat angkat memiliki kapasitas yang cukup dan sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan. - pemeriksaan rutin pada peralatan untuk menghindari kegagalan mekanis, yang dapat menyebabkan kecelakaan. - Hindari pengeboran pada cuaca ekstrem yang bisa meningkatkan risiko kecelakaan.			
5	Pekerjaan Pemasangan Casing	- Bahaya Fisik: Tertimpa Material / alat berat, Tanah Longsor, Tersentrum, Kebisingan. - Bahaya Kimia: Paparan Gas Beracun, paparan bahan kimia dari air tanah - Bahaya Ergonomi : Pengangkatan Beban yang berat, gerakan yang berulang,	3	5	Ekstrim	- Pengukuran kualitas udara / ventilasi yang baik - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) - Pasang casing pada titik bor untuk menjaga stabilitas lubang dan mencegah longsor tanah selama pengeboran.	2	3	Sedang
6	Pekerjaan Penyambungan Casing	- Bahaya Fisik: Tertimpa Material / alat berat, Tanah Longsor, Kebisingan - Bahaya Kimia: Paparan Gas Beracun, paparan bahan kimia dari air tanah - Bahaya Ergonomi : Pengangkatan Beban yang berat, gerakan yang berulang,	3	5	Ekstrim	- Penerapan SOP yang jelas pada tahap pekerjaan - Teknik angkat yang benar dan peralatan yang ergonomis - Penggunaan APD - Penjadwalan Pekerjaan yang baik	2	3	Sedang
7	Pekerjaan Pemasangan Pipa Triemie	- Bahaya Fisik: Tertimpa Alat / material, Kebisingan pada mesin pompa, getaran pada peralatan pengeboran, runtuhnya dinding lubang <i>borehole</i>. - Bahaya Kimia: Paparan Beton basah disebabkan pompa beton bertekanan tinggi yang bocor, Paparan lumpur yang digunakan untuk stabilisasi lubang bor - Bahaya Ergonomi : Pengangkatan dan penempatan pipa yang berat, gerakan yang berulang, penggunaan alat yang tidak ergonomis, postur tubuh yang tidak ergonomis	3	5	Ekstrim	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - Pengadaan pelatihan terkait keselamatan kerja di lapangan - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	2	Rendah
8	Pekerjaan Pembesian	Bahaya Fisik: Terjepit, Tertusuk/ tergores benda tajam, terkena crane, tertimpa material	4	3	Tinggi	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - Penjadwalan Pekerjaan yang baik	2	2	Rendah

No	Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Penilaian Tingkat Risiko ($R = L \times S$)			Pengendalian Risiko	Tingkat Risiko Setelah Dikendalikan		
			L	S	R		L	S	R
		- Bahaya Kimia : Terkena Paparan Debu - Bahaya Ergonomi : Pengangkatan dan pemindahan material besi yang berat				- Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)			
9	Pekerjaan Pengecoran	- Bahaya Fisik: Tertimpa Terjepit Peralatan / material, Tepeleset, Kebisingan Mesin Pompa Beton, terjatuh - Bahaya Kimia: Paparan beton basah, Paparan Debu, paparan uap beton - Bahaya Ergonomi : Pengangkatan dan penempatan pipa yang berat, gerakan yang berulang, penggunaan alat yang tidak ergonomis, postur tubuh yang tidak ergonomis	4	3	Tinggi	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - Memberikan pelatihan mengenai keselamatan kerja di lapangan - Memastikan alat crane dan pompa beton sebelum digunakan - Pemasangan Rambu peringatan pada pekerjaan yang berbahaya - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	2	Rendah
10	Pekerjaan Pelepasan Casing	- Bahaya Fisik: Tertimpa Material / alat berat, Tanah Longsor, Tersentrum, Kebisingan, terjepit, terjatuh ke dalam lubang bor - Bahaya Kimia: Paparan Gas Beracun, paparan bahan kimia dari air tanah - Bahaya Ergonomi : Pengangkatan Beban yang berat, gerakan yang berulang,	3	5	Ekstrem	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - Memberikan pelatihan mengenai keselamatan kerja di lapangan - Pemasangan Rambu peringatan pada pekerjaan yang berbahaya - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	3	Sedang
11	Pekerjaan Pemotongan Tiang	- Bahaya Fisik: Cedera akibat alat pemotong (Grinder, gergaji beton, atau palu hidrolik), terkena pecahan beton, kebisingan alat pemotongan - Bahaya Kimia: Paparan asap dan uap pada mesin pemotong - Bahaya Ergonomi : Posisi kerja tidak ergonomis (Jongkok atau membungkuk dan	4	4	Ekstrem	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - pengadaan pelatihan pekerjaan pembobokan - Penyemprotan air secara berkala untuk menghindari paparan debu - Memasang area pembatas dan tanda peringatan di sekitar lokasi - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	3	Sedang

Tabel 2. Penilaian Risiko sebelum dan Setelah Dilakukan Pengendalian Pekerjaan Pile cap

No	Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Penilaian Tingkat Risiko ($R = L \times S$)			Pengendalian Risiko	Tingkat Risiko Setelah Dikendalikan		
			L	S	R		L	S	R
1	Persiapan dan Seting Alat	- Bahaya Fisik: Pengaturan Lalin yang Kurang Baik, Tertimpa Alat, Kegagalan Instalasi Alat, Tersentrum. - Bahaya Kimia: Pelumas atau cairan hidrolik yang menyebabkan	3	3	Tinggi	- Identifikasi kondisi tanah, keberadaan utilitas bawah tanah, atau sumber daya lain yang bisa mengganggu atau berisiko. - Penggunaan APD yang baik dan benar - Penjadwalan Pekerjaan yang baik	2	2	Rendah

No	Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Penilaian Tingkat Risiko (R= L X S)			Pengendalian Risiko	Tingkat Risiko Setelah Dikendalikan		
			L	S	R		L	S	R
		- pengaruh pada kulit - Bahaya Ergonomi: Mobilisasi material yang menyebabkan cedera pada tubuh pekerja				- Pastikan material dan beton berkualitas sesuai spesifikasi agar tidak terjadi kerusakan atau kegagalan struktural. - Memeriksa kondisi mesin bor, crane, dan peralatan lainnya untuk memastikan kelayakan operasional. - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)			
2	Pemancangan SSP	- Bahaya Fisik: Terjepit, tertimpa material, Kegagalan alat, getaran tinggi menggunakan alat <i>vibrator hammer</i>. - Bahaya Kimia: paparan beton atau pelumas, pada alat berat yang digunakan - Bahaya Ergonomi: Mobilisasi material yang menyebabkan cedera pada tubuh pekerja	4	4	Ekstrem	- Penerapan pekerjaan sesuai SOP - Memasang Pagar pembatas di tepian galian - Menggunakan sarung tangan anti getaran. - Penjadwalan yang baik - Menggunakan APD	2	3	Sedang
3	Fabrikasi Penulangan Besi dan Kayu Bekisting	- Bahaya Fisik: Terkena benda tajam (Bar Bender / Bar Cutter), jatuh atau terpeleset, terjepit, tesentrum. - Bahaya Kimia: Proses menghasilkan gas atau asap, Terpapar debu - Bahaya Ergonomi : Posisi pekerjaan	3	4	Ekstrem	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - melakukan pengendalian ventilasi dan pengendalian debu yang baik - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	2	Rendah

No	Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Penilaian Tingkat Risiko (R= L X S)			Pengendalian Risiko	Tingkat Risiko Setelah Dikendalikan		
			L	S	R		L	S	R
4	pekerjaan Lantai Kerja Pile cap	menyebabkan cedera otot dan tulang							
		- Bahaya Fisik: Terpeleset, tertimpa material atau peralatan, kegagalan alat untuk pemadatan dan pengukuran. - Bahaya Kimia: Paparan debu dan uap beton - Bahaya Ergonomi : Kelelahan Otot, Posisi kerja yang tidak baik	3	3	Tinggi	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - melakukan pengendalian ventilasi dan pengendalian debu yang baik - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	3	Sedang
5	Pekerjaan Pembesian	- Bahaya Fisik: Terjepit, Tertusuk/ tergores benda tajam, terkena crane, tertimpa material - Bahaya Kimia : Terkena Paparan Debu - Bahaya Ergonomi : Pengangkatan dan pemindahan material besi yang berat	4	3	Tinggi	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	3	Sedang
6	Pekerjaan Bekisting	- Bahaya Fisik: Terjatuh, tertimpa atau terjepit material bekisting, tertusuk atau tergores, kegagalan struktur - Bahaya Kimia: Paparan debu - Bahaya Ergonomi : Kelelahan Otot, Posisi kerja yang tidak baik	3	3	Tinggi	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan - Melakukan Penjadwalan Pekerjaan yang baik - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	2	Rendah
7	Pekerjaan Pengecoran	- Bahaya Fisik: Tertimpa Terjepit Peralatan / material, Tepeleset,	4	3	Tinggi	- Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan	2	2	Rendah

No	Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Penilaian Tingkat Risiko (R= L X S)			Pengendalian Risiko	Tingkat Risiko Setelah Dikendalikan		
			L	S	R		L	S	R
		Kebisingan Mesin Pompa Beton, terjatuh – Bahaya Kimia: Paparan beton basah, Paparan Debu, paparan uap beton – Bahaya Ergonomi : Pengangkatan dan penempatan pipa yang berat, gerakan yang berulang, penggunaan alat yang tidak ergonomis, postur tubuh yang tidak ergonomis				– Memberikan pelatihan mengenai keselamatan kerja di lapangan – Memastikan alat crane dan pompa beton sebelum digunakan – Pemasangan Rambu peringatan pada pekerjaan yang berbahaya – Penjadwalan Pekerjaan yang baik – penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)			
8	Pekerjaan Curing Beton	– Bahaya Fisik: terjatuh, terkena benda tajam, tertimpa alat – Bahaya Kimia: Paparan debu, paparan zat aditif kimia yang digunakan untuk curing beton – Bahaya Ergonomi : Kelelahan Otot, Posisi kerja yang tidak baik	2	3	Sedang	– Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan – Penjadwalan Pekerjaan yang baik – Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	1	Rendah
9	Pencabutan sheetpile dan penimbunan tanah dengan excavator	– Bahaya Fisik: terjatuh, terkena benda tajam, tertimpa alat, tanah longsor, – Bahaya Kimia: Paparan debu, atau zat kimia yang ada pada tanah pada proses penggalian – Bahaya Ergonomi : Kelelahan Otot, Posisi kerja yang tidak baik	3	4	Ekstrem	– Terapkan SOP yang jelas untuk setiap tahap pekerjaan – Memberikan rambu peringatan terhadap bahaya – Penjadwalan Pekerjaan yang baik – Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	2	2	Rendah

Penilaian Risiko

Penilaian risiko ini bertujuan untuk menentukan tingkat risiko yang ditinjau dari dua parameter yaitu konsekuensi (consequences) dan kemungkinan (likelihood). Penentuan nilai konsekuensi dengan simbol (S) dan kemungkinan (L) berdasarkan standar AS/NZS 4360:1999. Kemudian hasil dari tingkat risiko dievaluasi untuk menentukan kriteria risiko. Berdasarkan penilaian risiko yang dilakukan dengan menggunakan metode HIRADC pada tabel 1 dan tabel 2, didapatkan hasil yang digambarkan Table 3 dan 4 sebagai berikut;

Tabel 3. Hasil Tingkat Risiko Pekerjaan Bored Pile Sebelum dilakukan Pengendalian

No	Pekerjaan	Tingkat Risiko
1	Persiapan dan <i>Setting</i> Alat	Risiko Tinggi
2	Pembuatan Titik Pengeboran	Risiko Sedang
3	Fabrikasi besi	Risiko Tinggi
4	Pekerjaan Pengeboran	Risiko Ekstrim
5	Pekerjaan Pemasangan <i>Casing</i>	Risiko Ekstrim
6	Pekerjaan Penyambungan <i>Casing</i>	Risiko Ekstrim
7	Pekerjaan pemasangan pipa <i>triemie</i>	Risiko Ekstrim
8	Pekerjaan Pembesian	Risiko Tinggi
9	Pekerjaan Pengecoran	Risiko Tinggi
10	Pekerjaan Pelepasan <i>Casing</i>	Risiko Ekstrim
11	Pekerjaan pemotongan Tiang	Risiko Ekstrim

Bored pile

- 1) Pekerjaan dengan tingkat ekstreme risk yaitu sebanyak 6 pekerjaan yaitu Pekerjaan Pengeboran, Pekerjaan Pemasangan *Casing*, Pekerjaan Pemasangan Pipa Trimie, Pekerjaan Pelepasan *casing*, dan Pekerjaan Pemotongan Tiang,
- 2) pekerjaan dengan tingkat high risk yaitu sebanyak 4 pekerjaan yaitu Persiapan dan *Setting* alat, Fabrikasi Besi, Pekerjaan Pembesian, dan Pekerjaan Pengecoran,
- 3) pekerjaan moderate risk sebnayak 1 pekerjaan yaitu Pekerjaan Pembuatan titik Bor
- 4) Tidak terdapat pekerjaan dengan tingkat low risk.
- 5) Berdasarkan hasil dari table 4.10 penilaian tingkat risiko pada pekerjaan bored pile sebelum dilakukan pengendalian maka didapatkan data seperti berikut ini:

$$\begin{aligned}
 * \text{ Low Risk} &= \frac{0 \text{ RISIKO}}{11 \text{ RISIKO}} \times 100 \% = 0 \% \\
 * \text{ Modarate Risk} &= \frac{1 \text{ RESIKO}}{11 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 9,09 \% \\
 * \text{ High Risk} &= \frac{4 \text{ RESIKO}}{11 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 36,36 \% \\
 * \text{ Extream Risk} &= \frac{6 \text{ RESIKO}}{11 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 54,55 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Hasil Tingkat Risiko Pekerjaan Pile Cap Sebelum dilakukan Pengendalian

No	Pekerjaan	Tingkat Risiko
1	Persiapan dan <i>Setting</i> Alat	Risiko Tinggi
2	Pemcangan <i>Steel Sheet Pile</i>	Risiko Ekstrim
3	Fabrikasi besi dan Kayu Bekisting	Risiko Ekstrim
4	Pekerjaan Lantai Kerja	Risiko Tinggi
5	Pekerjaan Pembesian	Risiko Tinggi
6	Pekerjaan Bekisting	Risiko Tinggi
7	Pekerjaan Pengecoran	Risiko Tinggi
8	Pekerjaan <i>Curing</i> Beton	Risiko Sedang

No	Pekerjaan	Tingkat Risiko
9	Pekerjaan Pencabutan Sheetpile dan Penimbunan	Risiko Ekstrem

Pile cap

- 1) Pekerjaan dengan tingkat ekstreme risk yaitu sebanyak 3 pekerjaan yaitu Pekerjaan Pemancangan Sheet Pile dan Pekerjaan Pencabutan sheet pile dan Penimbunan tanah
- 2) pekerjaan dengan tingkat high risk yaitu sebanyak 5 pekerjaan yaitu Persiapan dan Setting alat, Fabrikasi Besi dan kayu bekisting, Pekerjaan Pembesian, dan Pekerjaan Pengecoran, Pekerjaan Lantai Kerja dan Pekerjaan Bekisting
- 3) pekerjaan modarate risk sebnayak 1 pekerjaan yaitu Pekerjaan Curing Beton
- 4) Tidak terdapat pekerjaan dengan tingkat low risk.
- 5) Berdasarkan hasil dari table 4.11 penilaian tingkat risiko pada pekerjaan pile cap sebelum dilakukan pengendalian maka didapatkan data seperti berikut ini:

$$\begin{aligned}
 * \text{ Low Risk} &= \frac{0 \text{ RISIKO}}{9 \text{ RISIKO}} \times 100 \% = 0 \% \\
 * \text{ Modarate Risk} &= \frac{1 \text{ RESIKO}}{9 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 11,11 \% \\
 * \text{ High Risk} &= \frac{5 \text{ RESIKO}}{9 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 55,56 \% \\
 * \text{ Extream Risk} &= \frac{3 \text{ RESIKO}}{9 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 33,33 \%
 \end{aligned}$$

Penilaian Risiko Setelah Dilakukan Pengendalian Risiko

Pada tahapan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penurunan risiko yang terjadi terhadap bahaya setelah dilakukanya pengendalian risiko menggunakan HIRADC. Adapun pengendalian yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

- 1) Rekayasa teknik (engineering control): Rekayasa teknik yang dilakukan dalam upaya mengurangi risiko yaitu penggunaa casing untuk menjaga stabilitas dinding lubang bor dan pemasangan pipa trimie untuk mencegah segregasi beton dan memastikan pengecoran yang merata pada pekerjaan bored pile, dan melakukan penyemprotan air secara berkala untuk pengendalian debu pada pekerjaan pile cap.
- 2) Administrasi (administration): Pengendalian risiko melalui administrasi yang dilakukan dalam peneltian ini yaitu menyusun dan mengimplementasikan SOP pada beberapa pekerjaan, memberikan pelatihan K3 dalam penggunaan alat berat , dan pemasangan rambu peringatan, dan melakukan penjadwalan dan rencana kerja untuk menghindari kelelahan pekerja.
- 3) Alat pelindung diri (personal protective equipment): Dilakukan penyediaan dan penerapan APD baik dan benar seperti Penggunaan Helm Safety, Sarung Tangan Pelindung, Sepatu Pelindung, pelindung pendengaran, dan Rompi Pengaman, dan dilakukan pemeriksaan berkala pada APD untuk memastikan kelayakan.

Berdasarkan pengendalian risiko yang dilakukan dalam metode HIRADC pada tabel 1 dan 2 didapatkan hasil sebagai berikut yang digambarkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Tingkat Risiko Pekerjaan Bored pile Setelah dilakukan Pengendalian

No	Pekerjaan	Tingkat Risiko
1	Persiapan dan <i>Setting</i> Alat	Risiko Rendah
2	Pembuatan Titik Pengeboran	Risiko Rendah
3	Fabrikasi besi	Risiko Rendah
4	Pekerjaan Pengeboran	Risiko Sedang

No	Pekerjaan	Tingkat Risiko
5	Pekerjaan Pemasangan <i>Casing</i>	Risiko Sedang
6	Pekerjaan Penyambungan <i>Casing</i>	Risiko Sedang
7	Pekerjaan pemasangan pipa <i>triemie</i>	Risiko Rendah
8	Pekerjaan Pembesian	Risiko Rendah
9	Pekerjaan Pengecoran	Risiko Rendah
10	Pekerjaan Pelepasan <i>Casing</i>	Risiko Sedang
11	Pekerjaan pemotongan Tiang	Risiko Sedang

Bored pile

- 1) Pekerjaan modarate sebanyak 5 pekerjaan yaitu Pekerjaan Pembuatan Pengeboran, Pekerjaan Pemasangan *Casing*, Pekerjaan Pemasangan Pipa *Triemie*, Pekerjaan Pelepasan *Casing*, dan Pekerjaan Pemotongan Tiang
- 2) Pekerjaan Low sebanyak 6 pekerjaan yaitu Persiapan Setting Alat, Pembuatan Titik Bor, Pekerjaan Fabrikasi Besi, Pekerjaan Pembesian, Pekerjaan Pengecoran.
- 3) Berdasarkan hasil dari tabel HIRADC penilaian tingkat risiko pada pekerjaan bored pile setelah dilakukan pengendalian maka didapatkan data seperti berikut ini:

$$\begin{aligned}
 * \text{ Low Risk} &= \frac{6 \text{ RISIKO}}{10 \text{ RISIKO}} \times 100 \% = 54,55\% \\
 * \text{ Modarate Risk} &= \frac{5 \text{ RESIKO}}{10 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 45,45 \% \\
 * \text{ High Risk} &= \frac{1 \text{ RESIKO}}{10 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 0 \% \\
 * \text{ Extream Risk} &= \frac{0 \text{ RESIKO}}{10 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 0 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Hasil Tingkat Risiko Pekerjaan Pile cap Setelah Dilakukan Pengendalian

No	Pekerjaan	Tingkat Risiko
1	Persiapan dan <i>Setting</i> Alat	Risiko Rendah
2	Pemcangan <i>Steel Sheet Pile</i>	Risiko Sedang
3	Fabrikasi besi dan Kayu Bekisting	Risiko Rendah
4	Pekerjaan Lantai Kerja	Risiko Sedang
5	Pekerjaan Pembesian	Risiko Sedang
6	Pekerjaan Bekisting	Risiko Rendah
7	Pekerjaan Pengecoran	Risiko Rendah
8	Pekerjaan <i>Curing</i> Beton	Risiko Rendah
9	Pekerjaan Pencabutan <i>Sheetpile</i> dan Penimbunan	Risiko Rendah

Pile cap

- 1) Pekerjaan dengan tingkat Low risk yaitu sebanyak 6 pekerjaan yaitu pekerjaan persiapan, fabrikasi besi dan kayu bekisting, pekerjaan bekisting, pekerjaan pengecoran, pekerjaan curing beton, dan pekerjaan pencabutan *sheetpile* dan penimbunan tanah.
- 2) Pekerjaan dengan tingkat modarate risk yaitu sebanyak 3 pekerjaan yaitu pekerjaan pemancangan *sheetpile*, pekerjaan pembuatan lantai kerja, dan pekerjaan pembesian.
- 3) pekerjaan modarate sebnayak 1 pekerjaan yaitu Pekerjaan *Curing* Beton
- 4) Berdasarkan hasil dari tabel HIRADC penilaian tingkat risiko pada pekerjaan Pile cap setelah dilakukan pengendalian maka didapatkan data seperti berikut ini:

$$\begin{aligned}
 * \text{ Low Risk} &= \frac{6 \text{ RESIKO}}{9 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 66,67 \% \\
 * \text{ Modarate Risk} &= \frac{3 \text{ RESIKO}}{9 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 33,33 \% \\
 * \text{ High Risk} &= \frac{0 \text{ RESIKO}}{9 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 0 \% \\
 * \text{ Extream Risk} &= \frac{0 \text{ RESIKO}}{9 \text{ RESIKO}} \times 100 \% = 0 \%
 \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan didapatkan kesimpulan seperti berikut ini. Hasil manajemen risiko keselamatan konstruksi untuk Pekerjaan Bore Pile Dan Pile Cap pada Proyek Eka Hospital menggunakan metode HIRADC adalah sebagai berikut: Dengan menggunakan metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assesment, and Determining Control) dapat diidentifikasi potensi risiko bahaya pada setiap pekerjaan, dari identifikasi yang dilakukan didapatkan beberapa risiko bahaya yang muncul diantaranya yang pertama jika pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) dengan benar, yang kedua pengecekan pada alat secara berkala untuk meminimalisir risiko bahaya yang ditimbulkan, yang ketiga pentingnya sertifikasi kepada operator untuk memastikan bahwa operator memang kompeten untuk item pekerjaan terkait, yang keempat melihat kondisi tanah supaya mengetahui bagaimana pengendalian yang akan dilakukan. Berdasarkan data analisis yang sudah diperoleh dari 11 jenis pekerjaan pada Metode Pelaksanaan Bored Pile diperoleh yaitu pekerjaan dengan tingkat extreme risk sebanyak 6 pekerjaan (54,54 %), high risk sebanyak 4 pekerjaan (36,36 %), moderate risk sebanyak 1 pekerjaan (9,09 %), dan tidak didapatkan tingkat risiko pekerjaan dengan tingkat risiko low risk. Penilaian risiko mengalami penurunan setelah dilakukan pengendalian risiko yang diperoleh yaitu pekerjaan 5 pekerjaan dengan tingkat moderate risk 5 Pekerjaan (45,45%) dan 6 pekerjaan dengan tingkat low risk (54,55 %). Berdasarkan data analisis yang sudah diperoleh dari 9 jenis pekerjaan pada Metode Pelaksanaan Pile cap diperoleh yaitu pekerjaan dengan tingkat extreme risk sebanyak 3 pekerjaan (33,33%), high risk sebanyak 5 pekerjaan (55,56%), moderate risk sebanyak 1 pekerjaan (11,1%), dan tidak didapatkan tingkat risiko pekerjaan dengan tingkat risiko low risk. Penilaian risiko mengalami penurunan setelah dilakukan pengendalian risiko yang diperoleh yaitu pekerjaan 2 pekerjaan dengan tingkat Moderate risk 3 Pekerjaan (33,33%) dan 6 pekerjaan dengan tingkat low risk (66,67 %). Rencana pengendalian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan pengendalian dengan cara rekayasa teknik, administrasi, dan alat pelindung diri (APD). Dari hasil dilakukannya pengendalian risiko didapatkan perubahan pada tingkat risiko pada masing masing jenis pekerjaan, diantaranya sudah tidak adanya lagi tingkat risiko extreme risk dan high risk.

REFERENSI

- Adenugroho, T., & Pontan, D. (2021). Identifikasi Faktor Dominan Yang Mempengaruhi Keberhasilan Pembangunan Proyek Konstruksi Jalan Tol. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 3(1). <https://doi.org/10.25105/psia.v3i1.13102>
- Atmaja, J., Suardi, E., Natalia, M., Mirani, Z., & Alpina, M. P. (2018). Penerapan Sistem Pengendalian Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi di Kota Padang. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 15(2). <https://doi.org/10.30630/jirs.15.2.125>
- Beunza, D., & Stark, D. (2016). From dissonance to resonance: Cognitive interdependence in quantitative finance. *Ekonomicheskaya Sotsiologiya*, 17(2). <https://doi.org/10.17323/1726-3247-2016-2-50-87>
- Firdanu, R., Achmadi, S., & Adi Wibowo, S. (2020). Pemanfaatan Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran mengenai Peralatan Konstruksi dalam

- Dunia Pendidikan Berbasis Android. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 4(2). <https://doi.org/10.36040/jati.v4i2.2657>
- Lensun, T. G. B., Ingkiriwang, R. L., & Tjakra, J. (2020). Analisis Risiko Keselamatan Kesehatan Kerja Dan Lingkungan (K3L) Dengan Metode HIRADC Pada Proyek Pembangunan Jembatan Dan Oprit Boulevard II. *Jurnal TEKNO*, 20(82).
- Muntohar, A. S. (2021). Teknik Sipil dan Pembangunan Berkelanjutan. *Bulletin of Civil Engineering*, 1(1). <https://doi.org/10.18196/bce.v1i1.11149>
- Natasyah, M., Tjakra, J., & Arsjad, T. Tj. (2023). Analisis Penerapan SOP Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (SMK3) pada Pelaksanaan Proyek Pembangunan Jembatan dan Oprit Boulevard II. *Tekno*, 21(84).
- Nurfaizah, S., Risal, M., & Musfirah, M. (2022). Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v11i2.797>
- Oktaviansyah, A. R., Novitasari, R., & Saputro, D. A. (2022). Peran Pihak Terkait Dalam Pemilihan Jasa Konstruksi Secara Online. *Klausula (Jurnal Hukum Tata Negara, Hukum Adminitrasi, Pidana Dan Perdata)*, 1(2). <https://doi.org/10.32503/klausula.v1i2.2822>
- Putri, Erni Hasan; Ginting, F. A. (2023). Impelementasi Kebijakan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). *Enersia Publika*, 7(1).
- Rivai, S., & Nasution, R. (2021). Pentingnya Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Diterapkan Di Proyek Konstruksi. *Majalah Ilmiah Teknik*, 21(1).
- Rozi, M. F. (2022). Sanksi Bagi Perusahaan yang Tidak Menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). *Jurist-Diction*, 5(1). <https://doi.org/10.20473/jd.v5i1.32733>
- Safety Sign. (2015). Fakta Mengejutkan Teori Domino Heinrich tentang Kecelakaan Kerja. <https://www.safetysign.co.id/news/159/Fakta-Mengejutkan-Teori-Domino-Heinrich-Tentang-Kecelakaan-Kerja>
- Salamah, N. A., Ni'mah, N. F., Krisjayanti, K., & Qisthani, N. N. (2022). Identifikasi Risiko K3L (Kesehatan, Keselamatan, Keamanan, dan Lingkungan Kerja) Pada Pembangunan Jembatan Menara Pandang Kota Baru Purwokerto. *Jurnal TRINISTIK: Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, Dan Teknik Logistik*, 1(1). <https://doi.org/10.20895/trinistik.v1i1.436>
- Simanjuntak, J. O., Lumbangaol, P., Simanjuntak, S., Pasaribu, H., & Simanungkalit, O. (2021). Tingkat Penerapan Keselamatan, Kesehatan Kerja Dan Lingkungan (K3L) Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Visi Eksakta*, 2(2). <https://doi.org/10.51622/eksakta.v2i2.398>
- Sitohang, H., & Magdalena, K. (2020). Penerapan Sistem Keselamatan Kesehatan Kerja Dan Lingkungan (K3L) Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Jalan Tol Cibitung-Cilincing). *Jurnal Teknik Sipil*, IX(2).
- University Padang State, C. (2023). *Konstruksi adalah Teknik Pembangunan Gedung dan Sipil, Ini 5 Tekniknya*. Febuari.

