

JURNAL TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN

Efektivitas Kolam Retensi Sebagai Pengendali Banjir Di Purwokerto Barat

Robbi Habib Muzakki, Iskahar, Moechamad Agus Salim

Hubungan Indeks Plastisitas Dengan Kohesi Dan Sudut Geser Tanah Lempung Dengan Penambahan Abu Sekam Dan Sabut Kelapa

Amris Azizi, Teguh Marhendi, Intan Riska Anandita

Evaluasi Performa Struktural Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman Terhadap Gempa Dengan Metode Analisis Pushover

Bangkit Reza P, Arif Kurniawan S, Mukti Agung W

Pengaruh BOD, COD Dan DO Terhadap Lingkungan Dalam Penentuan Kualitas Air Bersih Di Sungai Pesanggrahan

Ruben Thomson Napitupulu, Muhammad Hakiem Sedo Putra

Perbandingan Analisis Quantity Takeoff Berbasis BIM Dengan Metode Konvensional Pada Pekerjaan Struktur Jembatan Underpass

Mikhael Agustinus Piter, I Ketut Sucita

Pengaruh Penerapan K3 Menggunakan Metode Hiradc Terhadap Produktivitas Kerja Proyek “Revitalization of Banjarcayana” – Kabupaten Purbalingga

Risma Maulintika, Iskahar, Sulfah Anjarwati

Pengaruh Implementasi ISO 9001:2015 Terhadap Risiko Mutu Pada Proyek KPBU

Puti Ayu Faras Madani, Hari Purwanto

Analisis Karakteristik Kecelakaan Lalu Lintas Di Sepanjang Jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja, Cilacap

Gagah Radja Tunjung Seto, Sulfah Anjarwati, Cremona Ayu Novita Sari



**Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto**



CIVeng

Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan

Terbit pertama kali tahun 2020
SK Rektor Nomor A11.IV/373-S.Kep./UMP/VIII/2020
e-ISSN 2774-8413

Publisher

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Editor in Chief

Cremona Ayu Novita Sari, S.T., M.T.

Editorial Board

Amris Azizi, S.T., M.Si.
Aan Andriawan, S.T., M.T., MCE., IPP.

Peer Reviewers

Moechamad Agus Salim Al Fathoni, S.T., M.T. (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)
Dr. T. Ir. Iskahar, S.T., M.T. (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)
Dr. Juanita, S.T., M.T., ACPE. (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)
Dr. Dyah Ari Wulandari, S.T., M.T. (Universitas Diponegoro)
Dr. Yulita Arni Priastiwi, S.T., M.T. (Universitas Diponegoro)
Dr. Endah Safitri, S.T., M.T. (Universitas Sebelas Maret)
Dr. Henny Herawati, S.T., M.T. (Universitas Tanjungpura)
Dr. Subekti, S.T., M.T. (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Layout Editor

Ibnu Fata, S.T.
P. Budi Prasetyo, S.T.

Address

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. K. H. Ahmad Dahlan PO Box 202, Purwokerto 53182
Telp. 0281-636751 Ext.165

<http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/civeng>

Email : jurnalciveng@ump.ac.id

CIVeng diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto sebagai media informasi dan forum pembahasan masalah Teknik Sipil dan Lingkungan, berisi tulisan-tulisan ilmiah hasil penelitian serta gagasan-gagasan baru yang orisinal. Redaksi mengundang para ahli, peneliti, dan praktisi untuk berdiskusi dan menulis secara bebas dan kreatif. CIVeng terbit dua kali setahun setiap bulan Januari dan Juli

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
Efektivitas Kolam Retensi Sebagai Pengendali Banjir Di Purwokerto Barat Robbi Habib Muzakki, Iskahar, Moechamad Agus Salim	(61 – 66)
Hubungan Indeks Plastisitas Dengan Kohesi Dan Sudut Geser Tanah Lempung Dengan Penambahan Abu Sekam Dan Sabut Kelapa Amris Azizi, Teguh Marhendi, Intan Riska Anandita	(67 – 72)
Evaluasi Performa Struktural Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman Terhadap Gempa Dengan Metode Analisis <i>Pushover</i> Bangkit Reza P, Arif Kurniawan S, Mukti Agung W	(73 – 78)
Pengaruh BOD, COD Dan DO Terhadap Lingkungan Dalam Penentuan Kualitas Air Bersih Di Sungai Pesanggrahan Ruben Thomson Napitupulu, Muhammad Hakiem Sedo Putra	(79 – 82)
Perbandingan Analisis Quantity Takeoff Berbasis BIM Dengan Metode Konvensional Pada Pekerjaan Struktur Jembatan Underpass Mikhael Agustinus Piter, I Ketut Sucita	(83 – 90)
Pengaruh Penerapan K3 Menggunakan Metode <i>Hiradc</i> Terhadap Produktivitas Kerja Proyek “<i>Revitalization of Banjarcahyana</i>” – Kabupaten Purbalingga Risma Maulintika, Iskahar, Sulfah Anjarwati	(91 – 98)
Pengaruh Implementasi ISO 9001:2015 Terhadap Risiko Mutu Pada Proyek KPBU Puti Ayu Faras Madani, Hari Purwanto	(99 – 110)
Analisis Karakteristik Kecelakaan Lalu Lintas Di Sepanjang Jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja, Cilacap Gagah Radja Tunjung Seto, Sulfah Anjarwati, Cremona Ayu Novita Sari	(111 – 118)

EFEKTIVITAS KOLAM RETENSI SEBAGAI PENGENDALI BANJIR DI PURWOKERTO BARAT

THE EFFECTIVENESS OF RETENTION PONDS AS FLOOD CONTROL IN PURWOKERTO BARAT

Robbi Habib Muzakki¹, Iskahar², Moechamad Agus Salim³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 18 Januari 2024

Direvisi, 18 Juli 2024

Diterima, 22 Juli 2024

Korespondensi Penulis:

Robbi Habib Muzakki
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto

JL. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182

Email: robbihabib@gmail.com

ABSTRAK

Banjir merupakan bencana alam yang terjadi ketika suatu sistem saluran air ataupun daratan yang sudah tidak cukup untuk menampung air. Banjir sering terjadi di wilayah pedesaan maupun perkotaan. Beberapa wilayah di Indonesia memiliki masalah curah hujan yang cukup tinggi sehingga menyebabkan banjir salah satu solusi adalah dengan Pembangunan kolam retensi. Konsep dari kolam retensi sendiri adalah menampung volume air ketika debit maksimum di sungai datang, kemudian secara perlahan di resapkan kedalam tanah sampai debit disungai sudah kembali normal. Diperlukan kajian efektivitas untuk mengetahui kemampuan kolam retensi yang dibangun pada di sekitar jalan Bung Karno Purwokerto untuk mengendalikan banjir. Penelitian ini bertujuan menghitung volume banjir dan efektivitas kolam retensi. Kemudian dalam menentukan jumlah volume banjir, dilakukan analisis hidrologi berdasarkan hujan yang terjadi didaerah kolam retensi. Analisis yang dilakukan menggunakan Metode Modifikasi Rasional pada periode ulang 100 tahun, 50 tahun, 25 tahun, 10 tahun, 5 tahun dan 2 tahun. Hasil perhitungan debit banjir sebesar 0,2981 m³/detik, 0,2675 m³/detik, 0,2372 m³/detik, 0,1968 m³/detik, 0,1651 m³/detik, 0,1181 m³/detik. Nilai efektivitas yang didapat pada kolam retensi di purwokerto barat pada kala ulang 100 tahun sebesar 14,67%, 50 tahun sebesar 16,35%, 25 tahun sebesar 18,44%, 10 tahun sebesar 22,23%, 5 tahun sebesar 26,49%, 2 tahun sebesar 37,03%

Kata Kunci : Banjir, Drainase, Kolam Retensi, Pengendali Banjir

ABSTRACT

Flooding is a natural disaster that occurs when a system of waterways or land is not enough to hold water. Floods often occur in rural and urban areas. Some regions in Indonesia have the problem of rainfall that is high enough to cause flooding, one solution is the construction of retention ponds. The concept of the retention pond itself is to hold the volume of water when the maximum discharge in the river comes, then slowly absorbed into the ground until the discharge in the river has returned to normal. An effectiveness study is needed to determine the ability of retention ponds built around Jalan Karno Purwokerto to control flooding. This study aims to calculate the volume of flooding and the effectiveness of retention ponds. Then in determining the amount of flood volume, hydrological analysis is carried out based on rain that occurs in the retention pond area. The analysis was carried out using the Rational Modification Method in the 100-year, 50-year, 25-year, 10-year, 5-year return periods. The calculation of flood discharge is 0.2981 m³/second, 0.2675 m³/second, 0.2372 m³/second, 0.1968m³/second, 0.1651 m³/second, 0.1181 m³/second. The effectiveness value obtained in the retention pool in West Purwokerto at the time of the 100-year anniversary was 14.67%, 50 years was 16.35%, 25 years was 18.44%, 10 years was 22.23%, 5 years was 26.49%, 2 years was 37.03%.

Keyword : Flood, Drainage, Retention Pool, Flood Control

2.2. Studi Pustaka

Pada studi pustaka ini dilakukan studi awal terhadap permasalahan yang terjadi berdasarkan referensi yang berkaitan dan penelitian yang terdahulu serta survei lapangan untuk mengetahui kondisi langsung Kolam Retensi. Setelah mengamati secara langsung dan didukung dengan referensi terkait efektivitas kolam retensi di Purwokerto Barat maka untuk mencari solusi agar kolam retensi berguna dengan efektif dalam penanggulangan banjir.

2.3. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang berhubungan langsung dengan efektivitas kolam retensi. Selain itu data juga diperoleh dari hasil akses internet dan jurnal-jurnal ilmiah. Berikut jenis data yang diperlukan untuk melakukan penelitian sebagai berikut :

1. Curah Hujan

Data curah hujan yang dipakai pada penelitian ini adalah data curah hujan sungai Banjaran Purwokerto pada stasiun hujan Ketenger dengan objek penelitian Kolam Retensi Purwokerto Barat. Data Curah hujan berencana diambil dari Dinas PSDA Serayu Citanduy, karena sebaran curah hujan masih menjangkau area Kolam Retensi yang mendekati stasiun terdekat. Ketersediaan data curah hujan diambil dari tahun 2013-2022 untuk menunjang penelitian ini.

2. Data Kolam Retensi

Data kolam Retensi meliputi informasi tentang kolam retensinya sendiri meliputi luas kolam retensi, sistem kolam retensi, jumlah daya tampung kolam tersebut. Data Kolam Retensi rencananya diambil dari proyek pembangunan kolam tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Frekuensi Curah Hujan

1. Parameter Statik

Parameter yang berkaitan dengan analisa data meliputi persamaan berikut ini.

1. Nilai Rerata

$$R_t = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

2. Deviasi Standar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_t)^2}{(n-1)}}$$

3. Koefisien Varian

$$C_v = \frac{S}{R_t}$$

4. Koefisien Skewness

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (R_i - R_t)^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

5. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (R_i - R_t)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

Dimana :

- n : jumlah data
- X_i : nilai varian ke i
- X_r : nilai rata rata varian
- R_t : Rata-Rata
- S : Standar Deviasi
- C_s : Koefisien Skewness
- C_k : Koefisien Kurtosis
- C_v : Koefisien Varian

2. Peilihan Jenis Distribusi

Persamaan jenis distribusi yang digunakan dirangkum dalam Tabel berikut ini:

Tabel 1. Hasil Uji Sebaran

No.	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan	
1	Normal	$Cs \approx 0$	Cs	0,6754	Tidak Memenuhi
		$Ck \approx 3$	Ck	4,3756	Tidak Memenuhi
2	Log Normal	$Cs \approx 0,986$	Cs	-0,8033	Tidak Memenuhi
		$Ck \approx 4,777$	Ck	-6,6353	Tidak Memenuhi
3	Gumbel	$Cs \approx 1,396$	Cs	0,6754	Tidak Memenuhi
		$Ck \approx 5,402$	Ck	4,3756	Tidak Memenuhi
4	Log Pearson III	$Cs \neq 0$	Cs	-0,8033	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis 2023

3. Penyaringan Data Hidrologi

Uji Konsistensi dengan menggunakan metode RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums)

Tabel 2. Hasil Uji Konsistensi Data

No.	Tahun	R Max (mm)	Tahun	Ri (mm)	Sk*	Sk* ²	Dy ²	Dy	Sk**	[Sk**]
1	2012	128	2022	176	-76,4	5836,96	583,696	36,19	-2,1110	2,1110
2	2013	83	2021	132	-32,4	1049,76	104,976	36,19	-0,8952	0,8952
3	2014	88	2012	128	-28,4	806,56	80,656	36,19	-0,7847	0,7847
4	2015	83	2020	108	-8,4	70,56	7,056	36,19	-0,2321	0,2321
5	2016	95	2016	95	4,6	21,16	2,116	36,19	0,1271	0,1271
6	2017	52	2014	88	11,6	134,56	13,456	36,19	0,3205	0,3205
7	2019	51	2013	83	16,6	275,56	27,556	36,19	0,4587	0,4587
8	2020	108	2015	83	16,6	275,56	27,556	36,19	0,4587	0,4587
9	2021	132	2017	52	47,6	2265,76	226,576	36,19	1,3152	1,3152
10	2022	176	2019	51	48,6	2361,96	236,196	36,19	1,3428	1,3428
Jumlah (Σ)				996	0,0	13098,4	1309,84	36,19	0	8,0460
Banyak Data (n)				10						
Rata-Rata (Rt)				99,6						
Sk** Max				1,3428						
Sk** Min				-2,1110						
Q = [Sk** Max]				2,1110						
R = Sk** Max - Sk** Min				3,4538						
Q/n ^{0,5}				0,4595	<	Dengan Probabilitas 95% Dari Tabel			1,14 Data Konsisten	
R/n ^{0,5}				0,5877	<	Dengan Probabilitas 95% Dari Tabel			1,28 Data Konsisten	

Sumber : Hasil Analisis 2023

4. Uji Kecocokan Distribusi

Setelah distribusi frekuensi yang akan digunakan diketahui, uji kecocokan dengan uji Chi Kuadrat dan uji Smirnov Kolmogorov dilakukan untuk memastikan bahwa distribusi frekuensi yang telah dipilih benar-benar sesuai dengan data curah hujan yang digunakan.

Tabel 3. Rekapitulasi Hujan Rencana, Uji Chi Kuadrat, dan Uji Smirnov Kolmogorov

Tr (tahun)	Curah Hujan Rencana			
	Analisis Distribusi Frekuensi (mm)			
	Normal	Gumbel	Log Normal	Log Pearson Type III
100	188,49	264,50	251,91	251,41
50	177,81	236,45	225,33	225,62
25	164,93	208,19	196,99	200,05
10	148,51	170,11	165,95	165,94
5	131,72	139,96	139,28	139,28
2	99,60	94,43	99,60	99,61

Uji Kesesuaian Distribusi				
Uji Chi Kuadrat				
X ² Hitung	1,00	1,00	1,00	5,00
X ² Kritis	5,99	5,99	5,99	5,99
Kesimpulan	Mewakili	Mewakili	Mewakili	Mewakili
Uji Smirnov Kolmogorof				
D Hitung	0,105	0,105	0,105	0,105
D Kritis	0,41	0,41	0,41	0,41
Kesimpulan	Mewakili	Mewakili	Mewakili	Mewakili
Kesimpulan	Untuk Perencanaan Digunakan Curah Hujan Rencana melalui Log Pearson Type III,			

Sumber : Hasil Analisis 2023

3.2. Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus monobone sebagai berikut dengan sebagai contoh perhitungan menggunakan kala ulang 100 tahun rencana kala ulang 100 tahun (Rt) = 251,41 mm/jam. Lamanya Hujan (T) = 14 jam (Dinas PSDA Serayu Citanduy)

$$It_{T100} = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{T}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$It_{T100} = \frac{251,41}{24} \left(\frac{24}{14}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$It_{T100} = 16,63 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan

Periode Ulang	Curah Hujan Rencana	Lama Hujan (T)	It (mm/jam)
100	251,41	14,00	15,00
50	225,62	14,00	13,47
25	200,05	14,00	11,94
10	165,94	14,00	9,90
5	139,28	14,00	8,31
2	99,61	14,00	5,94

Sumber : Hasil Analisis 2023

3.3. Perhitungan Debit Banjir Metode Modifikasi Rasional

Dalam penelitian Ini menggunakan perhitungan metode modifikasi rasional untuk menghitung debit banjir. Sebagai contoh debit banjir rencana pada kala ulang 2 tahun dan untuk intensitas curah hujan nya dikonversi dari mm/jam ke m/jam, yang ditunjukkan dibawah ini:

$$QR_{100} : 0,278 \times C \times C_s \times I \times A$$

$$: 0,278 \times 0,54 \times 1 \times 5,94 \times 0,1328543$$

$$: 0,1181 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 5. Perhitungan Debit Banjir dan Volume Banjir Per Bulan

Periode Ulang	Curah Hujan Rencana	Metode Modifikasi Rasional					Debit Banjir (m ³ /detik)	Volume Banjir (m ³)
		0,278	C	Cs	I (T)	A		
100	251,41	0,278	0,54	1,00	15,00	0,1328543	0,2981	783.417
50	225,62	0,278	0,54	1,00	13,47	0,1328543	0,2675	703.067
25	200,05	0,278	0,54	1,00	11,94	0,1328543	0,2372	623.366
10	165,94	0,278	0,54	1,00	9,90	0,1328543	0,1968	517.100
5	139,28	0,278	0,54	1,00	8,31	0,1328543	0,1651	433.999
2	99,61	0,278	0,54	1,00	5,94	0,1328543	0,1181	310.395

Sumber : Hasil Analisis 2023

3.4. Efektivitas Kolam Retensi

Efektivitas kolam retensi merupakan perbandingan kapasitas kolam retensi terhadap volume banjir per satuan waktu, contoh perhitungan dibawah ini menggunakan perhitungan pada kala ulang 2 tahun sebagai berikut: Diketahui:

$$V_{b2} : 310,395\text{m}^3$$

Luas Area Kolam Retensi terhitung pada Autocad sebesar 38.317 m^2 , Dengan kedalaman 3 meter, maka kapasitas Kolam Retensi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_a &: \text{Luas Area} \times \text{Kedalaman} \\ &: 38.317\text{ m}^2 \times 3\text{ m} \\ &: 114.951\text{ m}^3 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui Kapasitas kolam dan Volume Banjir, maka menghitung Efektivitas dapat menggunakan rumus (2.37), contoh perhitungan pada kala ulang 2 tahun sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E &= \frac{C_a \times 100\%}{V_B} \\ E &= \frac{114.951}{343.761} \times 100\% \\ E &= 37,03\% \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Berikut ini beberapa kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan analisis efektivitas kolam retensi sebagai pengendalian banjir di purwokerto barat :

Hasil perhitungan debit banjir menggunakan modifikasi rasional sebagai berikut pada kala ulang 100 tahun sebesar $0,2981\text{m}^3/\text{detik}$, kala ulang 50 tahun sebesar $0,2675\text{m}^3/\text{detik}$, kala ulang 25 tahun sebesar $0,2372\text{m}^3/\text{detik}$, kala ulang 10 tahun sebesar $0,1968\text{m}^3/\text{detik}$, kala ulang 5 tahun sebesar $0,1651\text{m}^3/\text{detik}$, kala ulang 2 tahun sebesar $0,1181\text{m}^3/\text{detik}$.

Nilai efektivitas yang didapat pada kolam retensi di purwokerto barat pada kala ulang 100 tahun 14,67%, kala ulang 50 tahun 16,35%, kala ulang 25 tahun 18,44%, kala ulang 10 tahun 22,23%, kala ulang 5 tahun 26,49%, kala ulang 2 tahun 37,03%

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunawan. 2018. Evaluasi dan Perencanaan Drainase Perkotaan Kawasan Perumahan Sawojajar Permai Kelurahan Lesanpuro Kota Malang. Skripsi Universitas Muhammadiyah. Malang.
- [2] Limantara, Lily Montarcih. 2010. Hidrologi Praktis.: Lubuk Agung: Bandung.
- [3] Anggrahini. 1997. Hidrolika Saluran Terbuka. Surabaya. Citra Media
- [4] Soemarto, C. D. 1999, *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [5] Sri Harto, 1983, Mengenal Dasar Hidrologi Terapan, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [6] Anwar, Sanusi. 2016. Metodologi Penelitian Bisnis. Cetakan Keenam. Salemba Empat. Jakarta
- [7] Asdak, C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [8] Asdak, Chay. 2014. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta Gadjah Mada University Press.
- [9] Desyi Astuti. 2015. Analisis Kolam Retensi Sebagai Pengendalian Banjir Genangan di Kecamatan Payung Sekaki. Fakultas Teknik Universitas Riau.
- [10] Khoiri, Ahmas Hirson., Ussy Andawayanti., Riyanto Haribowo. 2022. Kajian Efektivitas Kolam Retensi Dalam Mereduksi Banjir Jalan Raya Porong Kabupaten Sidoarjo dengan Storm Water Management Model. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, 2(2), 142-155.
- [11] Kamiana, I. made. (2011). Teknik perhitungan debit rencana bangunan air (Pertama). Graha Ilmu.
- [12] Pramono, A.N., & Prasetyo Tri Saputro. 2020. Efektivitas Kolam Retensi Terhadap Pengendalian Banjir. Universitas Katolik Soegijapranata. Semarang.
- [13] Riady., M., I. 2021. Optimalisasi Kolam Retensi Di Kawasan Sekuting Terpadu Sebagai Ekowisata. Sekretariat Daerah Kabupaten Lampung Barat.

HUBUNGAN INDEKS PLASTISITAS DENGAN KOHESI DAN SUDUT GESER TANAH LEMPUNG DENGAN PENAMBAHAN ABU SEKAM DAN SABUT KELAPA

RELATIONSHIP OF THE PLASTICITY INDEX WITH THE COHESION AND FRICTION ANGLE OF CLAY SOIL WITH THE ADDITION OF HUSK ASH AND COCONUT FIBER

Amris Azizi¹, Teguh Marhendi², Intan Riska Anandita³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 9 Julii 2024
Direvisi, 18 Juli 2024
Diterima, 22 Juli 2024

Korespondensi Penulis:

Amris Azizi
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
JL. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email:
amrissampang11@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung merupakan tanah lunak dengan kompresibilitas yang besar dan kuat geser tanah yang rendah. Kuat geser yang rendah mengakibatkan terbatasnya beban yang dapat bekerja di atasnya. Perbaikan atau stabilisasi tanah lunak dapat dilakukan dengan menambahkan bahan tertentu untuk menaikkan nilai parameter kuat geser tanah (kohesi dan sudut geser tanah). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan Indeks Plastisitas (PI) dengan Kohesi (c) dan Sudut Geser Dalam Tanah (ϕ) lempung dengan penambahan abu sekam dan sabut kelapa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dan sabut kelapa menyebabkan nilai Indeks Plastisitas Tanah (IP) menurun dan nilai sudut geser dalam tanah turut turun. Bila nilai IP semakin besar maka sudut geser dalam tanah akan semakin besar pula. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7409 menunjukkan bahwa terdapat hubungan kesesuaian yang kuat antara nilai Indeks Plastisitas dan sudut geser dalam tanah. Penambahan persentase abu sekam padi dan sabut kelapa menyebabkan nilai Indeks Plastisitas Tanah (IP) menurun, sebaliknya nilai sudut kohesi tanah naik, atau semakin besar nilai IP maka nilai kohesi tanah semakin menurun. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9674 menunjukkan bahwa terdapat hubungan kesesuaian yang kuat antara nilai Indeks Plastisitas dan nilai kohesi tanah.

Kata Kunci : Indeks Plastisitas, kohesi, sudut geser dalam, abu sekam, sabut kelapa.

ABSTRACT

Clay is a soft soil with high compressibility and low shear strength. Low shear strength results in limited loads that can act on it. Improvement or stabilization of soft soil can be done by adding certain materials to increase the value of soil shear strength parameters (soil cohesion and friction angle). This research aims to determine the relationship between the Plasticity Index (PI) and the Cohesion (c) and Internal Shear Angle (ϕ) of clay with the addition of husk ash and coconut fiber. The research results showed that the addition of rice husk ash and coconut fiber caused the value of the Soil Plasticity Index (IP) to decrease and the value of the friction angle in the soil to decrease. If the IP value is greater, the angle of friction in the soil will be greater as well. The coefficient of determination (R^2) of 0.7409 indicates that there is a strong relationship between the Plasticity Index value and the friction angle in the soil. The addition of the percentage of rice husk ash and coconut fiber causes the Soil Plasticity Index (IP) value to decrease, conversely the value of the soil cohesion angle increases, or the greater the IP value, the more the soil cohesion value decreases. The coefficient of determination (R^2) of 0.9674 indicates that there is a strong relationship between the Plasticity Index value and the soil cohesion value.

Keyword : Plasticity Index, cohesion, internal friction angle, husk ash, coconut fiber

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan-pekerjaan konstruksi di bidang teknik sipil seperti bangunan gedung, jalan raya, lapangan terbang, bendungan, dan pekerjaan lainnya selalu berhubungan dengan tanah. Dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan sering dijumpai tanah lunak yang tidak memiliki kapasitas dukung yang disyaratkan. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan atau stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah bertujuan merubah sifat-sifat teknis tanah, seperti: kapasitas dukung, kompresibilitas, permeabilitas, kemudahan dikerjakan, potensi pengembangan dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air. Perbaikan tanah bisa dilakukan secara mekanis seperti pemadatan atau dengan cara menambahkan bahan tertentu ke dalam tanah (Hardiyatmo, 2010).

Tanah lempung merupakan tanah lunak dengan kompresibilitas yang besar dan kuat geser tanah yang rendah. Kuat geser yang rendah mengakibatkan terbatasnya beban yang dapat bekerja di atasnya, sedangkan kompresibilitas yang besar mengakibatkan terjadinya penurunan setelah pembangunan selesai (Nurdian, dkk., 2015).

Identifikasi potensi perubahan volume tanah dikaitkan dengan indeks plastisitas (PI) dan batas susut (SL). Semakin besar indeks plastisitas (PI), semakin besar pula air yang dapat diserap lempung, dan oleh sebab itu lebih besar pula potensi pengembangannya. Oleh karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Batas susut (SL) yang rendah mengindikasikan bahwa tanah akan mulai mengembang pada kadar air rendah (Hardiyatmo, 2017).

Perbaikan atau stabilisasi tanah lunak dengan menambahkan bahan tertentu untuk menaikkan nilai parameter kuat geser tanah (kohesi dan sudut geser tanah) telah banyak dilakukan. Stabilisasi tanah dengan kapur dapat meningkatkan nilai kohesi tanah dan menaikkan daya dukung tanah (Anjani dan Arik, 2020). Stabilisasi tanah lempung dengan kapur-abu sekam padi secara umum dapat meningkatkan kuat geser tanah (Suryadharma dan Hatmoko, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan Indeks Plastisitas (PI) dengan Kohesi (c) dan Sudut Geser Tanah (ϕ) lempung dengan penambahan abu sekam dan sabut kelapa.

2. METODE PENELITIAN

Sampel tanah lempung terganggu diperoleh dari Desa Dermaji, Kecamatan Lumbir, Kabupaten Banyumas. Bahan stabilisasi berupa sekam padi diolah dengan cara dibakar hingga menjadi abu. Serabut kelapa yang digunakan diambil dari kelapa tua kering yang diurai menjadi variasi panjang 3-5 cm. Alat uji utama dalam penelitian adalah alat uji geser langsung (*Direct Shear*) untuk menentukan nilai parameter kohesi dan sudut geser tanah. Pengujian sampel tanah meliputi uji sifat fisik dan mekanik tanah.

Penambahan bahan stabilisasi sekam padi dan serabut kelapa dengan variasi 1,5% dan 3,0% berat sampel tanah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji Sifat-Sifat Fisis dan Klasifikasi Tanah Asli

Hasil uji sifat fisis tanah asli tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Sifat-sifat Fisis Tanah Asli

No.	Pengujian	Satuan	Nilai
1.	Kadar Air	%	24,41
2.	Berat jenis	-	2,684
3.	Batas Cair	%	60,76
4.	Batas Plastis	%	44,61
5.	Indeks Plastisitas	%	16,15
6.	Batas Susut	%	56,31

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Hasil uji analisis saringan menunjukkan sampel tanah merupakan tanah berbulir halus karena 50,5% lolos saringan nomor 200 (0,075 mm). Berdasarkan sistem klasifikasi tanah USCS yang termasuk dalam golongan divisi lempung dilambangkan dengan huruf CL dengan hasil lolos ayakan nomor 200 (0,075 mm) sebesar >50%.

Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO, sifat-sifat fraksi butir tanah melalui ayakan nomor 40 dengan batas cair $\geq 41\%$, indeks plastisitas (PI) $\geq 11\%$ maka tanah diklasifikasikan ke dalam kelompok A-7 atau tanah berlempung. Dengan demikian sampel tanah pada penelitian ini adalah tanah lempung.

3.2. Hasil Uji Sifat-Sifat Fisis Tanah Lempung Distabilisasi Abu Sekam Padi dan Sabut Kelapa

Stabilisasi tanah lempung dengan abu sekam padi dan sabut kelapa dilakukan dengan konsentrasi 0%, 1,5% dan 3% dari berat kering tanah. Sampel uji dilakukan pemeraman 0 hari, 3 hari dan 7 hari. Uji sifat-sifat fisis tanah meliputi uji kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis, batas susut, dan analisis saringan tanah. Hasil uji disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Sifat Fisik Tanah Lempung Distabilisasi Abu Sekam Padi dan Sabut Kelapa

Pengujian	Kadar Abu sekam padi dan sabut kelapa		
	0%	1,5%	3%
Kadar Air	24,41	23,85	25,75
Berat Jenis	2,669	2,631	2,607
Batas Cair	61,71	59,69	57,92
Batas Plastis	44,61	45,68	46,70
Batas Susut	56,31	55,59	49,72
Indeks Plastisitas	17,10	14,00	11,22
Analisis Butiran (lolos ayakan No. 200)	52,10	54,47	51,62

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Hasil uji menunjukkan indeks plastisitas terbesar adalah 17,10% pada tanah lempung yang tidak ditambah abu sekam padi dan sabut kelapa. Indeks Plastisitas terendah terjadi pada tanah yang ditambah 3% abu sekam padi dan sabut kelapa. Data diatas menunjukkan kecenderungan penurunan nilai batas cair tanah, hal ini menunjukkan bahwa tanah mengalami penurunan pengembangan, sehingga ikatan butiran-butiran tanah semakin kuat. Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dan sabut kelapa dapat memperbaiki perilaku tanah lempung dan mengendalikan sifat plastisitas tanah.

Hasil uji batas susut yang dilakukan dari variasi campuran yang ada, batas susut yang terbesar adalah 56,31 pada tanah tanpa campuran abu sekam padi dan sabut kelapa. Untuk batas susut yang terkecil adalah 49,72% pada tanah lempung dengan 3% abu sekam padi dan sabut kelapa. Hasil uji batas susut menunjukkan penurunan dikarenakan ketika tanah, abu sekam padi, dan serabut kelapa bercampur dengan air maka akan memperkecil luas spesifik butiran-butiran tanah.

3.3. Uji Sifat Mekanis Tanah

Uji sifat mekanik tanah terdiri dari uji kepadatan menggunakan *Proctor Standard Test* dan pengujian kuat geser tanah dengan menggunakan alat uji kuat geser langsung atau *Direct Shear Test*.

3.4. Uji Kepadatan Tanah

Uji kepadatan tanah dimaksudkan untuk memperoleh nilai kadar air optimum (W_{opt}) dan berat isi maksimum butir tanah kering (γ_d). Uji pemadatan dilakukan terhadap campuran abu sekam padi dan sabut kelapa sebesar dengan variasi 0%, 1,5% dan 3%. Hasil uji disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kepadatan Tanah

Hasil Uji Kepadatan	Kadar Abu sekam padi dan sabut kelapa		
	0%	1,5%	3%
Kadar Air Optimum (w_{opt} , %)	52,37	56,99	44,58
Berat isi Kering (γ_d maks, g/cm ³)	1,21	1,19	1,13

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Hasil uji kepadatan tanah diatas menunjukkan kadar air optimum naik seiring dengan penambahan 1,5% abu sekam padi dan sabut kelapa, dan mengalami penurunan kembali dengan penambahan 3% abu sekam padi dan sabut kelapa. Kepadatan maksimum tanah mengalami penurunan seiring dengan penambahan persen abu sekam padi dan sabut kelapa.

3.5. Uji Kuat Geser Tanah

Uji kuat geser tanah dilakukan untuk memperoleh nilai parameter kuat geser tanah berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ). Uji kuat geser dilakukan terhadap sampel tanah yang telah di uji pemadatan untuk campuran abu sekam padi dan sabut kelapa sebesar dengan variasi 0%, 1,5% dan 3%. Hasil uji disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Geser Tanah

Hasil	Kadar Abu sekam padi dan sabut kelapa		
	0%	1,5%	3%
Sudut Geser ϕ (°)	34,04	33,45	9,38
Kohesi C (kPa)	7,39	18,99	24,27

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Tabel 4. menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dan sabut kelapa pada tanah lempung menurunkan besarnya sudut geser dalam tanah. Penurunan besarnya sudut geser dalam tanah seiring dengan besarnya persentase bahan campuran. Tanah lempung dengan campuran bahan organik yang tinggi cenderung memiliki sudut geser tanah yang lebih rendah karena bahan organik dapat membentuk lapisan pelumas atau perlekatan di antara partikel-partikel tanah dan mengurangi gesekan.

Abu sekam padi dapat mengisi celah-celah antara partikel kasar tanah dan membentuk lapisan tipis di permukaan partikel, yang dapat meningkatkan interaksi antara partikel-partikel tanah. Kenaikan nilai kohesi akan menyebabkan peningkatan nilai kuat geser tanah. Jika nilai kohesi meningkat, artinya partikel tanah cenderung lebih saling terikat atau melekat satu sama lain.

Besarnya kuat geser tergantung pada nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah. Kenaikan nilai kohesi pada penelitian menunjukkan abu sekam padi dan sabut kelapa memberikan pengaruh yang baik bagi kuat geser tanah.

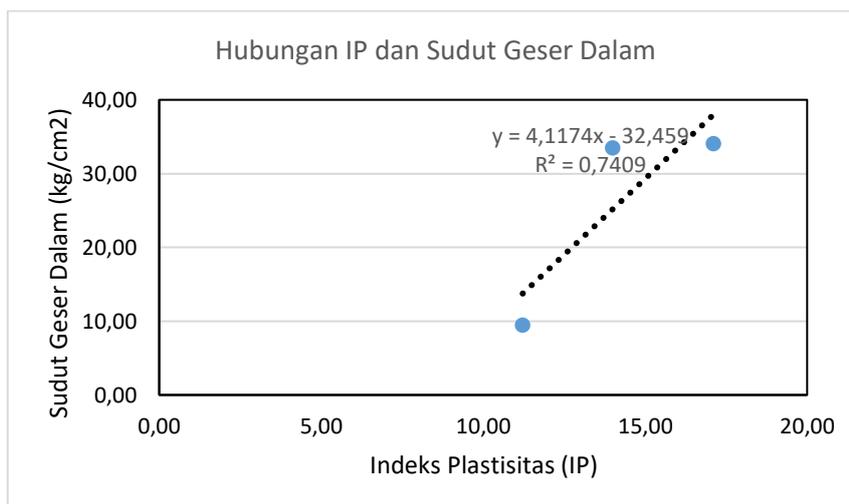
3.6. Hubungan Indeks Plastisitas (PI) dengan Kohesi dan Sudut Geser

Hubungan Indeks Plastisitas (PI) dengan Kohesi dan Sudut Geser dapat dilihat dalam Tabel 5, Grafik 1. dan Grafik 2.

Tabel 5. Hubungan Indeks Plastisitas (PI) dengan Kohesi dan Sudut Geser

Kadar Abu sekam padi dan sabut kelapa	Indeks Plastisitas (PI)	Sudut Geser (ϕ) (°)	Kohesi (c) (kPa)
0%	17,10	34,04	7,39
1,5%	14,00	33,45	18,99
3%	11,22	9,38	24,27

Sumber : Hasil Analisis, 2023

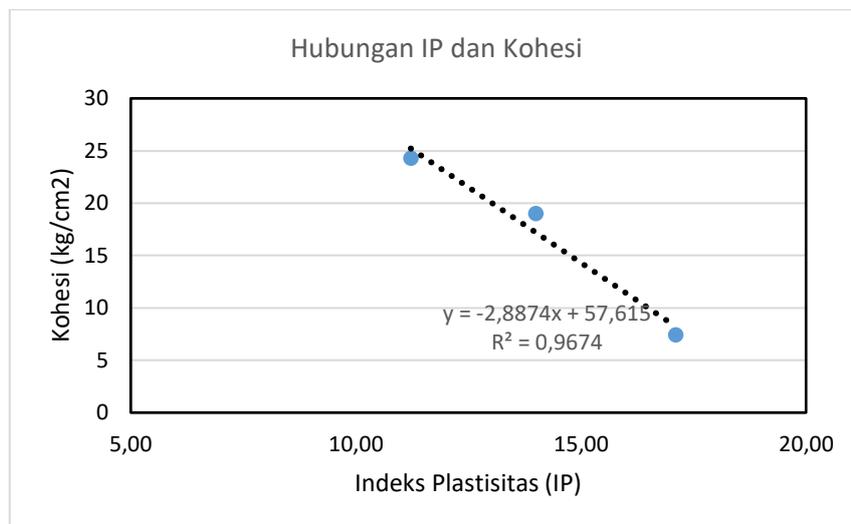


Gambar 1. Hubungan Antara Indeks Plastisitas (IP) dengan Nilai Sudut Geser Dalam Tanah (ϕ)

Pada Tabel 5. dan Gambar 1. terlihat bahwa seiring dengan penambahan persentase abu sekam padi dan sabut kelapa nilai Indeks Plastisitas Tanah (IP) menurun seiring dengan menurunnya nilai sudut geser dalam tanah. Dapat juga dikatakan bila nilai IP semakin besar maka sudut geser dalam tanah akan semakin besar pula. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7409 menunjukkan bahwa terdapat hubungan kesesuaian yang kuat antara nilai Indeks Plastisitas dan sudut geser dalam tanah. Semakin besar nilai koefisien determinasi (R^2) semakin sesuai model yang dipasang dengan data yang dibicarakan (Saefudin dkk, 2009)

Hasil penelitian serupa ditunjukkan oleh Andajani dan Arik (2020). Dalam penelitian korelasi antara parameter IP dengan sudut geser tanah dengan penambahan kapur, didapat hubungan yang erat dengan R^2 0,914.

Hasil sebaliknya didapat apabila tanah lempung tidak dicampur dengan bahan tambah. Semakin tinggi nilai IP maka nilai sudut geser dalam tanah semakin menurun (Marwan, dkk., 2013).



Gambar 2. Hubungan Antara Indeks Plastisitas (IP) dengan Nilai Kohesi Tanah (c)

Dalam Tabel 5. dan Gambar 2. terlihat bahwa seiring dengan penambahan persentase abu sekam padi dan sabut kelapa nilai Indeks Plastisitas Tanah (IP) menurun, sebaliknya nilai sudut kohesi tanah naik, atau semakin besar nilai IP maka nilai kohesi tanah semakin menurun. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9674 menunjukkan bahwa terdapat hubungan kesesuaian yang kuat antara nilai Indeks Plastisitas dan nilai kohesi tanah.

Hasil penelitian Andajani dan Arik (2020) menunjukkan gejala yang sama. Dalam penelitian tersebut didapat hubungan yang erat dengan R^2 0,958. Demikian pula hasil penelitian oleh Marwan, dkk. (2013). Semakin besar nilai IP maka nilai kohesi tanah semakin menurun dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,783.

Putri, dkk. (2016) menyimpulkan dalam hasil penelitiannya bahwa semakin besar IP maka kohesi tanah semakin kecil.

4. KESIMPULAN

Penambahan abu sekam padi dan sabut kelapa nilai Indeks Plastisitas Tanah (IP) menurun seiring dengan menurunnya nilai sudut geser dalam tanah. Bila nilai IP semakin besar maka sudut geser dalam tanah akan semakin besar pula. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7409 menunjukkan bahwa terdapat hubungan kesesuaian yang kuat antara nilai Indeks Plastisitas dan sudut geser dalam tanah.

Penambahan persentase abu sekam padi dan sabut kelapa nilai Indeks Plastisitas Tanah (IP) menurun, sebaliknya nilai sudut kohesi tanah naik, atau semakin besar nilai IP maka nilai kohesi tanah semakin menurun. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9674 menunjukkan bahwa terdapat hubungan kesesuaian yang kuat antara nilai Indeks Plastisitas dan nilai kohesi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andajani, N., dan Arik Triarso, 2020, Korelasi Antara Parameter Indeks Plastisitas Dengan Sudut Geser Tanah Dengan Penambahan Kapur Terhadap Stabilisasi Daya Dukung Pondasi Dangkal, *Jurnal Proteksi*, Juni 2020, Volume 2 No.1
- [2] Hardiyatmo, H.C.,2010, *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [3] Hardiyatmo, H.C.,2017, *Tanah Ekspansif*, cetakan kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [4] Marwan, dkk. 2013. Hubungan Parameter Kuat Geser Langsung Dengan Indeks Plastisitas Tanah Desa Neuheun Aceh Besar. *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas Syiah Kuala, Volume3, Nomor 1, September 2013.
- [5] Nurdian, S., Setyanto, dan Lusmeilia Afriani, 2015, Korelasi Parameter Kekuatan Geser Tanah Dengan Menggunakan Uji Triaksial dan Uji Geser Langsung Pada Tanah Lempung Substitusi Pasir, *JRSDD*, Edisi Maret 2015, Vol. 3, No. 1, Hal: 13-26
- [6] Putri, S.V. dkk. 2016. Hubungan Kuat Geser Dengan Plastisitas, fraksi tanah dan Mineral Tanah Lempung Daerah Bendungan Gunung Rowo dan Tol Jatingaleh-Krapyak KM 5+525. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. Volume 5, Nomor 1, Tahun 2016, Halaman 158-169.
- [7] Saefudin, A. dkk. 2009. *Statistika Dasar*. Grasindo. Jakarta.
- [8] Suryadharma, H. dan Hatmoko, J. T. (2018). "Perilaku Geser Tanah Yang Distabilisasi Dengan Kapur-Abu Sekam Padi Dan Tulangan Serat Sabut Kelapa". *Cantilever*. 7(1): 27-34. Available at: <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/859788>. (Accessed: 11 Januari 2023).

EVALUASI PERFORMA STRUKTURAL GEDUNG FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN TERHADAP GEMPA DENGAN METODE ANALISIS *PUSHOVER*

AN EVALUATION OF STRUCTURAL PERFORMANCE OF THE FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES BUILDING AT JENDERAL SOEDIRMAN UNIVERSITY AGAINST EARTHQUAKE USING *PUSHOVER* ANALYSIS METHOD

Bangkit Reza P¹, Arif Kurniawan S², Mukti Agung W³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 30 April 2024
Direvisi, 8 Juli 2024
Diterima, 24 Juli 2024

Korespondensi Penulis:

Bangkit Reza Pangestu
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
JL. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email:
bangkitreza07@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia salah satu wilayah yang berada di kawasan gempa aktif, terletak di area Cincin Api Asia Pasifik, serta berada di sentral beberapa lempeng bumi. Dikarenakan letak tersebut wilayah Indonesia sering terjadi gempa bumi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah struktur gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman mampu menahan beban gempa dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 1726-2019. Penelitian ini menggunakan metode analisis *pushover* dengan bantuan *software* ETABS V.20 dalam mengevaluasi kinerja seismik struktur gedung *performance point* dan nilai batas maksimum rasio *drift* yang disesuaikan dengan ATC-40 dan FEMA 356. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai gaya geser (*base shear*) arah x sebesar 9495,73 kN dan arah y sebesar 2076,4281 kN. Serta nilai *displacement* arah x sebesar 0,169842 m, dan arah y sebesar 0,02499 m. Level kinerja berdasarkan ATC-40 diperoleh nilai total *drift* maksimum pada arah x sebesar 0,00455 m, serta pada arah y sebesar 0,00438 m. sedangkan level kinerja berdasarkan FEMA 356 diperoleh nilai perpindahan pada arah x sebesar 0,270 m, serta pada arah y sebesar 0,258687 m. Oleh karena itu, level kinerja pada analisis *pushover* menurut ATC-40, Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman terhadap gempa berada pada level *Immediate Occupancy* (IO). Dan berada pada level *Life Safety* (LS) berdasarkan FEMA 356. Serta pasca terjadinya gempa, struktur gedung tersebut tidak mengalami daktilitas struktur.

Kata Kunci : Pushover, Performance, Struktural

ABSTRACT

Indonesia is one of the regions located in an active earthquake area, located in the Asia Pacific Ring of Fire area, and is at the center of several earth plates. Due to this location, Indonesia often has earthquakes. This research was conducted with the aim of knowing whether the structure of the Faculty of MIPA building at Jenderal Soedirman University is able to withstand earthquake loads and meet the requirements set out in SNI 1726-2019. This research uses the *pushover* analysis method with the help of ETABS V.20 software in evaluating the seismic performance of the building structure the *performance point* and the maximum limit value of the *drift* ratio adjusted to ATC-40 and FEMA 356. Based on the calculation results, the *x*-direction base shear force value is 9495,73 kN and the *y*-direction is 2076,428 kN. as well as the *x*-direction displacement value of 0,169842 m, and the *y*-direction of 0,02499 m. The performance level based on ATC-40 obtained the maximum total *drift* value in the *x* direction of 0,00455 m, and in the *y* direction of 0,00438 m. While the performance level based on FEMA 356 obtained the displacement value in the *x* direction of 0,270 m, and in the *y* direction of 0,258687 m. Therefore, the performance level in the *pushover* analysis according to ATC-40, the Faculty of Mathematics and Natural Sciences Building of Jenderal Soedirman University against the earthquake is at the *Immediate Occupancy* (IO) level. And is at the *Life Safety* (LS) level based on FEMA 356. And after the earthquake, the building structure did not experience structural ductility.

Keyword : Pushover, Performance, Structural

1. PENDAHULUAN

Dalam menghadapi resiko terjadinya gempa, perlu dipastikan bahwa gedung-gedung bertingkat dirancang dan dibangun dengan memperhatikan performa pada strukturalnya sehingga struktur tersebut dipastikan layak pakai. Kerusakan atau runtuhnya gedung akibat gempa dapat berakibat fatal, dapat memakan korban jiwa serta kerugian ekonomi yang tinggi. Oleh karenanya, penting untuk memahami bagaimana gedung-gedung dapat bertahan selama gempa. Keluarnya peraturan terkait adanya standarisasi dalam perencanaan pembangunan bangunan tahan gempa menjadi aspek yang sangat penting. Hal tersebut tertuang dalam peraturan SNI 1726-2019 yang merupakan pembaruan dari SNI 1726-2012 yang mana revisi tersebut telah memperkenalkan perubahan signifikan dalam pendekatan perencanaan gempa. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap performa struktural gedung-gedung yang telah ada atau sedang dalam masa pembangunan berdasarkan standar ini. Dalam perencanaan perkuatan gedung tidak terlepas dari memperhitungkan beban gempa menurut standar tersebut. Desain berbasis gaya atau *force based design* umumnya digunakan dalam proses perancangan bangunan atau gedung tahan gempa. Dalam peningkatan desain bangunan tahan gempa, mulai diperkenalkannya konsep desain kinerja. Konsep ini mengadopsi perpindahan struktur sebagai pendekatannya (Tavio dan Wijaya, 2018). Penelitian ini mengangkat studi kasus pada gedung dengan struktur beton bertulang dimana fungsi dari gedung tersebut sebagai sarana pendidikan, yaitu Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman. Gedung tersebut terdiri dari 3 lantai serta Rooftop dengan tinggi bangunan 15,30 meter dan luas bangunan 1026 meter persegi. Bangunan ini terletak di Jl. Dr. Soeparno No. 61, Karang Bawang, Grendeng, Kec. Purwokerto, Kab. Banyumas, Jawa Tengah (53122). Sesuai peraturan seismik SNI 1726-2019, percepatan perencanaan seismik untuk kota Purwokerto meningkat secara signifikan dibandingkan dengan SNI 1726-2012. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah struktur gedung tersebut mampu menahan beban gempa dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 1726-2019. Metode analisis pushover digunakan dalam mengevaluasi kinerja seismik struktur gedung berdasarkan performance point yang disesuaikan dengan ATC-40 dan FEMA 356 dengan bantuan software ETABS V.20., serta untuk mengetahui kurva kapasitas dan pengaruh daktilitas struktur gedung tersebut analisis pushover yang dihasilkan dengan panduan FEMA 356, dapat menilai keselamatan bangunan dan menentukan apakah retrofit atau perbaikan diperlukan.

2. METODE PENELITIAN

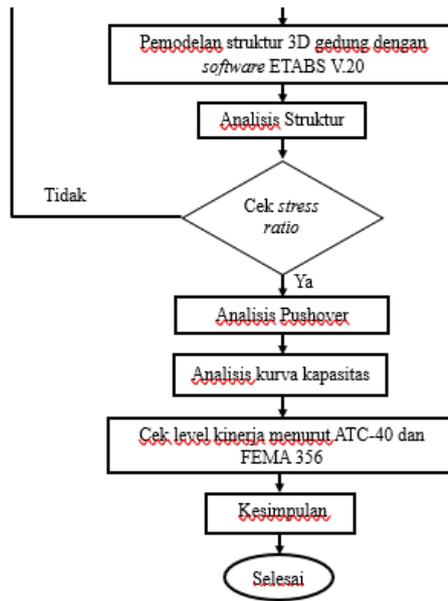
Penelitian menggunakan metode kuantitatif dimana untuk memperoleh data yang akurat untuk penelitian, pengumpulan data harus dilakukan sebelum pemodelan. Proses pengumpulan data sekunder dan informasi tentang bangunan gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman, didapatkan informasi berikut:

1. Detail gambar denah proyek gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman
2. Detail gambar dimensi balok dan kolom proyek gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman
3. Nilai kuat tekan karakteristik beton (K) yang dipakai pada proyek gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman
4. Data tanah gedung Fakultass MIPA Universitas Jenderal Soedirman

Data detail gambar kerja yang diperoleh, dipakai sebagai dasar memodelkan struktur gedung dan selanjutnya dianalisis dengan software ETABS V.20, serta referensi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia di situs rsa.ciptakarya.pu.go.id menggunakan parameter SNI 1726-2019.

2.1. Prosedur Penelitian





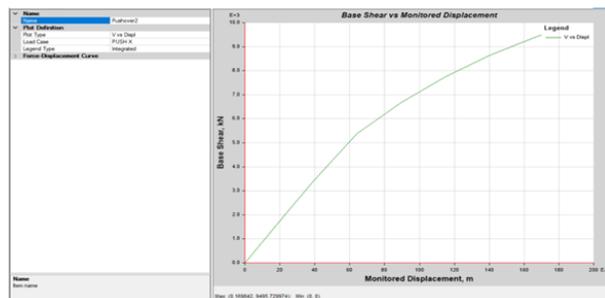
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara displacement dengan base shear.

1. Kurva kapasitas arah x



Gambar 2. Kurva kapasitas arah x

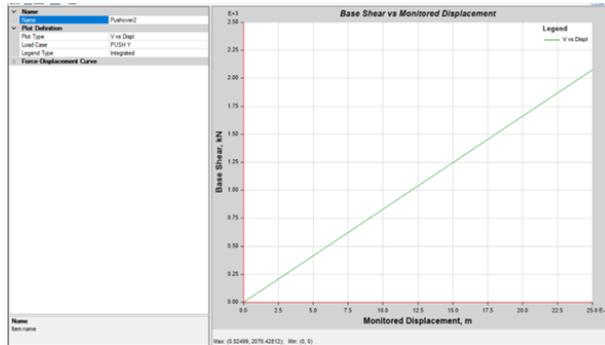
Berdasarkan kurva kapasitas yang diperoleh dari *case pushover* arah x didapat nilai gaya geser maksimum terjadi pada step ke-8.

Tabel 1. Displacement and base force (push x)

Step	Monitored Displ	Base Force
	m	kN
0	0	0
1	0,0252	2198,3169
2	0,038711	3376,8749
3	0,064209	5382,2114
4	0,089793	6687,6847
5	0,114997	7755,7569
6	0,140399	8645,5808
7	0,165708	9382,6263
8	0,169842	9495,73

Sumber : Hasil Analisis

2. Kurva kapasitas arah y



Gambar 3. Kurva kapasitas arah y

Berdasarkan kurva kapasitas yang diperoleh dari *case pushover* arah y didapat nilai gaya geser maksimum terjadi pada step ke-2.

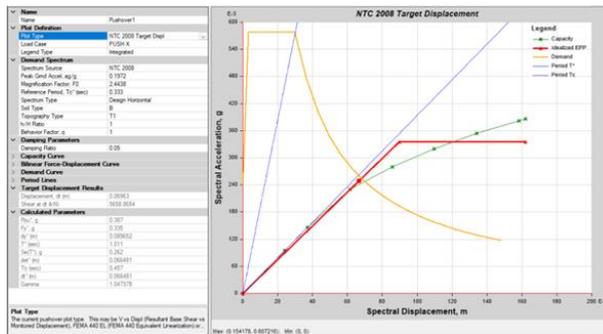
Tabel 2. Displacement and base force (push y)

Step	Monitored Displ m	Base Force kN
0	0	0
1	0,019521	1622,2132
2	0,02499	2076,4281

Sumber : Hasil Analisis

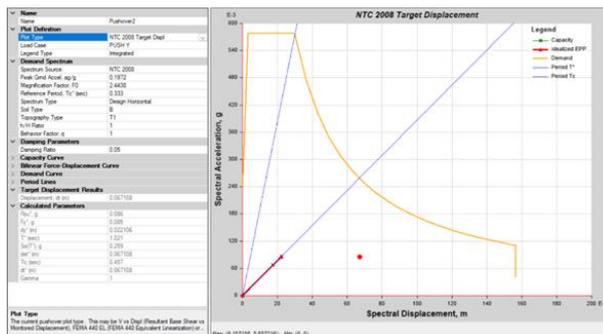
3.2. Metode Analisis Kapasitas Spektrum (ATC-40)

1. Kapasitas spektrum arah x



Gambar 4. Output ATC-40 push x

2. Kapasitas spektrum arah y



Gambar 5. Output ATC-40 push y

3. Rekapitulasi perhitungan simpangan level kinerja

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan simpangan level kinerja

Simpangan antar lantai	Level kinerja		
	Immediate Occupancy	Arah x	Arah y
Simpangan total max	0,01	0,00455	0,00438
Simpangan inelastik max	0,005	0,0002058	0

Sumber : Hasil Analisis

Nilai level kinerja didapat dari persamaan berikut:

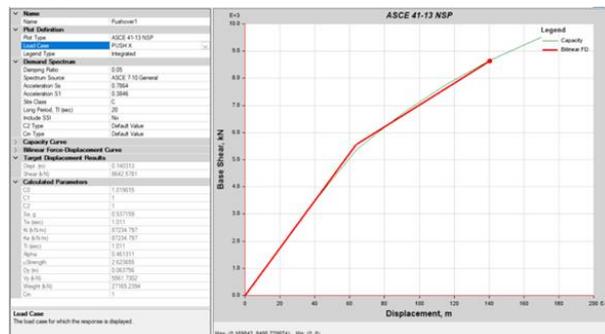
$$\text{Simpangan total max} = \frac{Dt}{H_{total}} \tag{1}$$

$$\text{Simpangan inelastik max} = \frac{Dt-D_1}{H_{total}} \tag{2}$$

Berdasarkan hasil tabel 4.14 diatas menunjukkan bahwa kondisi gedung pasca gempa termasuk dalam kategori level kinerja IO yang artinya bangunan tidak ada kerusakan yang spesifik pada komponen strukturnya.

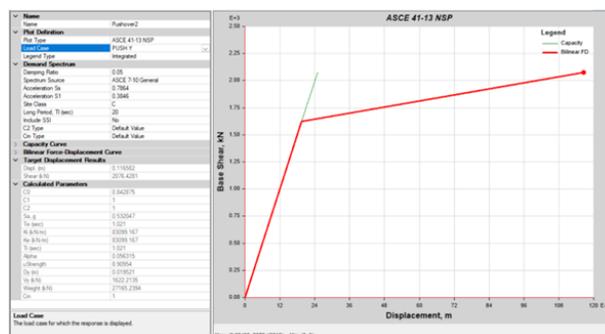
3.3. Metode koefisien perpindahan FEMA 356

1. Koefisien perpindahan arah x



Gambar 6. Output FEMA 356 push x

2. Koefisien perpindahan arah y



Gambar 7. Output FEMA 356 push y

Untuk menentukan nilai target perpindahan (δt) digunakan persamaan berikut:

$$\delta t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \tag{3}$$

Kemudian, untuk mendapatkan nilai C_3 digunakan persamaan berikut:

$$C_3 = 1.0 + \frac{|a|(R-1)^{3/2}}{T_e} \quad (4)$$

Nilai (R) didapat dari persamaan berikut:

$$R = \frac{S_a}{v_y/W} C_m \quad (5)$$

Perolehan hasil perhitungan perpindahan arah x sebesar 0,270 m dan arah y sebesar 0,258687 m. Dari hasil tersebut, nilai perpindahan lebih dari 1,69% - 1,766% dari tinggi bangunan sehingga struktur gedung termasuk dalam kategori *LS (Life Safety)* yang artinya mengalami kerusakan komponen pada strukturnya yang mengakibatkan kekuatan strukturnya berkurang pasca terjadinya gempa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada struktural Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman terhadap gempa dengan menggunakan metode analisis pushover, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Hasil perhitungan dengan program ETABS V.20 dengan titik tinjau pada label 11 diperoleh nilai gaya geser (base shear) pada arah x = 9495,73 kN dan pada arah y = 2076,4281 kN. Nilai displacement pada arah x = 0,169842 m dan pada arah y = 0,02499 m. Dari perolehan hasil tersebut struktur mengalami kondisi plastis maksimum.

Evaluasi level kinerja berdasarkan ATC-40 diperoleh nilai total drift maksimum pada arah x = 0,00455 m, serta pada arah y = 0,00438 m. Sehingga nilai arah x dan arah y < 0,01 m, maka dari itu nilai total drift tersebut dikategorikan pada level kinerja (IO) sesuai yang disyaratkan oleh ATC-40.

Evaluasi level kinerja berdasarkan FEMA 356 diperoleh nilai perpindahan pada arah x = 0,270 m, serta pada arah y = 0,258687 m. sehingga nilai (x dan y) < (2% dari tinggi gedung), maka total drift tersebut dikategorikan pada level kinerja (LS), sesuai yang disyaratkan oleh FEMA 356.

Berdasarkan hasil perhitungan level kinerja pada analisis pushover menurut ATC-40, Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman terhadap gempa berada pada level Immediate Occupancy (IO), maka dari itu struktur dapat digunakan kembali pasca terjadinya gempa dikarenakan struktur tidak mengalami kerusakan atau kondisi struktur tersebut dalam keadaan seperti semula saat sebelum terjadi gempa bumi. Dan struktur berada pada level Life Safety (LS) berdasarkan FEMA 356. Sehingga kondisi struktur setelah terjadinya gempa tersebut dapat digunakan kembali apabila telah dilakukan perbaikan pada komponen strukturnya (FEMA 356).

Pasca terjadinya gempa bumi struktur Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman tidak mengalami daktilitas bangunan hal ini karena struktur mengalami kondisi plastis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASCE. (2000). American Society of Civil Engineers, FEMA 356 Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings. In Rehabilitation (Issue November).R. Arulmozhiyal and K. Baskaran, "Implementation of a Fuzzy PI Controller for Speed Control of Induction Motors Using FPGA," *Journal of Power Electronics*, vol. 10, pp. 65-71, 2010.
- [2] ATC-40. (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume 1. California: Seismic Safety Commission State of California.
- [3] Desain Spektra Indonesia (RSA). (2021). [online] Available at: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/index.php?pga=0.3566&ss=0.7864&s1=0.3846&tl=20&kelas=2#grafik>. [Accessed 1 Desember 2023].
- [4] Dewobroto, W. (2006). Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000. Tangerang: Universitas Pelita Harapan. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3, No. 1, Januari 2006.
- [5] Pawirodikromo, W. (2012). Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- [6] PT. Joglomas Brilian Konsultan. (2023). Shop Drawing (Gambar Rencana Kerja). Banyumas: PT. Joglomas Brilian Konsultan
- [7] SNI 03-1727-1989.(1989). Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [8] SNI 1726-2019. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [9] SNI 1727-2020. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [10] SNI 2847-2019. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [11] Tavo & Wijaya, U., (2018). Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja. II ed. Yogyakarta: Penerbit Andi.

PENGARUH BOD, COD DAN DO TERHADAP LINGKUNGAN DALAM PENENTUAN KUALITAS AIR BERSIH DI SUNGAI PESANGGRAHAN

EFFECT OF BOD, COD AND DO ON THE ENVIRONMENT IN DETERMINING CLEAN WATER QUALITY IN PESANGGRAHAN RIVER

Ruben Thomson Napitupulu¹, Muhammad Hakiem Sedo Putra²

^{1,2}Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan
Institut Teknologi Sumatera

Informasi Artikel

Dikirim, 7 Juni 2023
Direvisi, 22 Juli 2024
Diterima, 24 Juli 2024

Korespondensi Penulis:

Ruben Thomson Napitupulu
Program Studi Teknik
Lingkungan
Institut Teknologi Sumatera
Jl. Terusan Ryacudu, Way
Huwi, Kec. Jati Agung, Kab.
Lampung Selatan, Lampung
35365
Email:
ruben.121250056@student.
itera.ac.id

ABSTRAK

Kualitas air merupakan salah satu faktor penentu dalam penentuan sumber air bersih. Pada umumnya, air sungai merupakan salah satu sumber air permukaan yang banyak digunakan oleh masyarakat. Namun, seiring dengan adanya berbagai macam aktivitas masyarakat mengakibatkan adanya pencemaran air sungai. Aktivitas masyarakat yang membuang limbah ke sungai tanpa adanya pengelolaan limbah yang baik menjadi salah satu faktor permasalahan lingkungan. Oleh karena itu, untuk mengetahui kandungan kualitas air Sungai Pesanggrahan dilakukan analisis parameter BOD, COD dan DO. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana BOD, COD dan DO terhadap kualitas air bersih di Sungai Pesanggrahan dan mengetahui ambang batas baku mutu air di sungai Pesanggrahan yang sesuai dengan PP No. 82 tahun 2001. Analisis dilakukan di Balai Besar Kimia (BBKK) dengan jenis penelitian observasional analitik dengan pendekatan *cross sectional*. Hasil menunjukkan pengukuran BOD, COD dan DO memiliki pengaruh dalam memiliki gambaran terhadap kualitas air sungai. Hasil uji juga menunjukkan bahwa pengukuran COD dan DO masih memenuhi ambang batas baku mutu air tetapi pengukuran BOD tidak memenuhi ambang batas baku mutu air.

Kata Kunci : Kualitas air, BOD, COD, DO

ABSTRACT

Water quality is one of the determining factors in determining the source of clean water. In general, river water is one of the surface water sources that are widely used by the community. However, along with various community activities, it has resulted in river water pollution. Community activities that dispose of waste into river channels without good waste management are one of the factors of environmental problems. Therefore, to determine the content of Pesanggrahan river water quality, BOD, COD and DO parameters were analyzed. This analysis aims to determine influence of BOD, COD and DO on the quality of clean water in Pesanggrahan River and determine the threshold of water quality standards in Pesanggrahan River in accordance with PP No. 82 tahun 2001. The analysis was conducted at the Laboratory of the Center for Chemistry (BBKK) with the type of analytical observational research with a cross sectional approach. The results showed that the measurement of BOD, COD and DO had an influence in river water quality. The results also show that COD and DO measurements still meet the water quality standard threshold but BOD measurements do not meet the water quality standard threshold.

Keyword : Water quality, BOD, COD, DO

Data yang digunakan adalah data sekunder yang telah dilakukan pada penelitian Yulia Khairina Ashar tahun 2020. Berdasarkan data sekunder tersebut, diambil data Parameter BOD, COD dan DO yang akan dianalisis untuk mengamati pengaruh BOD, COD dan DO terhadap lingkungan dalam penentuan kualitas air di sungai Pesanggrahan dan mengetahui kandungan kualitas air berdasarkan parameter COD, BOD dan DO di sungai Pesanggrahan apakah sudah memenuhi standar baku mutu air yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Data dianalisis dan dibuka untuk menginformasikan hasil yang diperoleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Yulia Khairina Ashar tahun 2020, menggambarkan kualitas air sungai dengan mengetahui kandungan nilai BOD, COD dan DO yang terkandung di Sungai Pesanggrahan. Dengan lokasi pengambilan sampel dari titik 1 dan titik 2 dan parameter yang diuji BOD₅, COD dan DO. Hasil pengukuran tersebut akan dibandingkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Air Sungai Pesanggrahan

LOKASI PENGAMBILAN SAMPSEL	PARAMETER YANG DIUJI	HASIL LAB AIR		
		SUNGAI PESANGGRAHAN (Mg/l)	BAKU MUTU	MS/TMS*
TITIK II	BOD ₅	12	≤ 6	TMS
	COD	18	≤ 50	MS
	DO	5	≥ 3	MS
TITIK II	BOD ₅	21	≤ 6	TMS
	COD	24	≤ 50	MS
	DO	5	≥ 3	MS

Sumber : Hasil Analisis

Keterangan: TMS = Tidak Memenuhi Syarat
MS = Memenuhi Syarat

Berdasarkan hasil analisis parameter tersebut dapat dijelaskan bahwa kualitas air Sungai Pesanggrahan dari hasil parameter BOD₅, COD dan DO sebagai berikut.

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Hasil penelitian di atas mengungkapkan bahwa konsentrasi BOD pada kedua lokasi dalam kategori peruntukan kelas III ternyata melebihi standar kualitas yang telah ditetapkan. Air di lokasi kedua memiliki konsentrasi BOD yang lebih tinggi daripada lokasi pertama, dan hal ini disebabkan oleh campuran limbah dari kegiatan industri pabrik tahu, limbah peternakan kambing dan sapi, serta limbah dari kegiatan pemukiman warga. Limbah organik umumnya berupa material yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme. Ketika limbah tersebut dibuang ke perairan, akan menyebabkan peningkatan konsentrasi BOD. Kenaikan kandungan BOD diduga terjadi karena aliran air dari titik I ke titik II mengalami banyak penerimaan limbah buangan selama perjalanannya.

Kandungan bahan organik yang tinggi dalam air sungai, seperti limbah domestik atau industri yang terurai oleh mikroorganisme, akan menghasilkan nilai BOD yang tinggi. Ketika BOD tinggi, mikroorganisme akan menggunakan lebih banyak oksigen terlarut dalam proses penguraian bahan organik tersebut. Akibatnya, konsentrasi oksigen terlarut dalam air sungai akan menurun secara signifikan, yang dapat menyebabkan kondisi hipoksia atau anoksia. Kondisi ini berdampak negatif pada kehidupan akuatik, karena banyak organisme tidak dapat bertahan dalam lingkungan dengan oksigen terlarut yang rendah. Hasil pengukuran BOD di Sungai Pesanggrahan belum memenuhi bakumutu memenuhi standar baku mutu air yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Hasil yang didapatkan menunjukkan angka 12 mg/L yang artinya lebih dari nilai 6 mg/L yang sudah ditetapkan.

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Berdasarkan hasil penelitian, terungkap bahwa konsentrasi COD pada semua lokasi dalam kategori peruntukan III tidak melebihi standar kualitas yang ditetapkan. Rendahnya konsentrasi COD disebabkan oleh adanya limbah dari peternakan sapi. Beberapa penelitian mencatat bahwa mikroalga memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap limbah, baik itu limbah organik maupun limbah anorganik.

Kandungan COD yang tinggi dalam air sungai menunjukkan adanya sumber pencemar seperti limbah industri, pestisida, atau pupuk yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem sungai. Peningkatan COD dapat menyebabkan penurunan kualitas air, karena memerlukan lebih banyak oksigen untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik yang ada. Hal ini dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam air dan berdampak negatif pada kehidupan akuatik. Hasil pengukuran COD di Sungai Pesanggrahan sudah memenuhi baku mutu memenuhi standar baku mutu air yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

3. DO (*Dissolved Oxygen*)

Berdasarkan hasil penelitian, terungkap bahwa konsentrasi DO pada kedua lokasi dengan hasil yang sama dalam kategori peruntukan kelas III tidak melebihi standar kualitas yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa air Sungai Pesanggrahan memiliki kemampuan *self-purification*. *Self-purification* adalah kemampuan alamiah suatu ekosistem atau perairan untuk membersihkan dirinya sendiri dari pencemaran atau polutan. Proses ini melibatkan interaksi antara berbagai faktor biotik dan abiotik dalam lingkungan, seperti mikroorganisme, tumbuhan air, oksigen terlarut, dan proses aliran air.

Tingkat oksigen terlarut yang cukup dalam air sungai sangat penting bagi organisme akuatik seperti ikan, makroinvertebrata, dan alga. Konsentrasi oksigen terlarut yang rendah dapat menghambat pertumbuhan dan reproduksi organisme, dan dapat menyebabkan kerusakan ekosistem sungai secara keseluruhan. Faktor-faktor seperti suhu air, aliran air, dan tingkat pencemaran dapat mempengaruhi tingkat oksigen terlarut dalam air. Oleh karena itu, pengukuran DO dalam penentuan kualitas air sungai penting untuk memahami kesehatan ekosistem dan keberlanjutan kehidupan akuatik. Hasil pengukuran DO di Sungai Pesanggrahan sudah memenuhi baku mutu memenuhi standar baku mutu air yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

4. KESIMPULAN

Hasil BOD tidak memenuhi persyaratan baku mutu air yang telah ditetapkan. Hasil COD dan DO menunjukkan masih memenuhi persyaratan baku mutu air yang telah ditetapkan. Standar baku mutu air merujuk pada Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001.

Tingginya konsentrasi BOD menunjukkan adanya limbah organik yang masuk ke dalam sungai, yang dapat mengganggu ekosistem air dan menyebabkan penurunan kualitas air. Tingginya konsentrasi COD dapat menyebabkan penurunan kualitas air dan mengganggu kehidupan organisme perairan. Konsentrasi DO yang tinggi menunjukkan adanya sumber oksigen yang memadai dan kemampuan sungai untuk melakukan proses *self-purification*. Sebaliknya, konsentrasi DO yang rendah dapat mengakibatkan kekurangan oksigen bagi organisme perairan dan merusak ekosistem sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indonesia, Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Jakarta, 2001.
- [2] Sepriani, J. Abidjulu dan H. S. Kolengan, "Pengaruh Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai Paal 4 Kecamatan Tikala Kota Manado," *Jurnal UNSRAT*, vol. 9, no. 1, pp. 5-40, 2016.
- [3] S. A. Siregar, Instalasi Pengolahan Air Limbah, Yogyakarta: Kanisius, 2005.
- [4] I. Muzaidi, E. Anggarini dan H. M. Prayugo, "Studi Kasus Pencemaran Air Sungai Teluk Dalam Banjarmasin," *Jurnal Media Teknik Sipil*, vol. 16, no. 2, pp. 108-114, 2018.
- [5] H. Wulandari, Identifikasi Makrobentos Sebagai Indikator Tingkat Pencemaran Air Sungai Way Morotai Bandar Lampung, Lampung: Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung, 2019.
- [6] A. Rezagama, A. Sarminingsih, A. Y. Rahmadani dan A. N. Aini, "Pemodelan Peningkatan Kualitas Air Sungai Melalui Variasi Debit Suplesi," *Jurnal Teknik*, vol. 40, no. 2, pp. 106-114, 2019.
- [7] P. G. R. Irsanda, "Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Pelayaran Kabupaten Sidoarjo Dengan Metode Qual2kw," *Jurnal Teknik POMITS*, vol. 3, no. 1, pp. 47-52, 2014.
- [8] C. Virgiawan, I. Hindun dan S. , "Studi Keanekaragaman Capung (Odonata) Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Brantas Batu-Malang dan Sumber Belajar Biologi," *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 188-196, 2015.
- [9] R. Wirosodarmo, A. T. S. Haji dan E. A. Hidayati, "Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Kontak Pada Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung Untuk Menurunkan BOD dan COD," *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, vol. 3, no. 2, pp. 31-38, 2016.
- [10] V. D. Lestari, S. dan M. Siringoringo, "Analisis Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Pencemaran Air Sungai Mahakam Menggunakan Pemodelan Geographically Weighted Logistic Regression Pada Data Dissolved Oxygen," *Jurnal Eksponensial*, vol. 12, no. 1, pp. 37-46, 2021.
- [11] W. Atima, "BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah," *Jurnal Biology Science dan Education 2015*, vol. 4, no. 1, pp. 83-93, 2015.

PERBANDINGAN ANALISIS QUANTITY TAKEOFF BERBASIS BIM DENGAN METODE KONVENSIONAL PADA PEKERJAAN STRUKTUR JEMBATAN UNDERPASS

COMPARISON OF QUANTITY TAKEOFF ANALYSIS BASED ON BIM WITH CONVENTIONAL METHOD FOR UNDERPASS BRIDGE STRUCTURE WORK

Mikhael Agustinus Piter¹, I Ketut Sucita²

¹Program Studi D4 Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan Konsentrasi Jalan Tol, Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta

Informasi Artikel

Dikirim, 26 Agustus 2023
Direvisi, 22 Juli 2024
Diterima, 24 Juli 2024

Korespondensi Penulis:

Mikhael Agustinus Piter
Program Studi Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. DR. G.A Siwabessy,
Depok, Indonesia , 16425
Email:
mikhaelagustinus24@gmail.com

ABSTRAK

Quantity Takeoff (QTO) merupakan tugas yang dilakukan oleh surveyor kuantitas untuk menghitung jumlah material yang dibutuhkan dalam proyek konstruksi. Menghitung volume pekerjaan ada beberapa metode yang dapat digunakan yaitu secara manual atau yang disebut dengan Metode Konvensional dimana surveyor menghitung kuantitas pekerjaan masih dengan berdasarkan gambar dua dimensi. Kemudian ada juga metode berbasis BIM (*Building Information Modeling*) dimana proses penghitungan kuantitas secara otomatis dengan menggunakan aplikasi berbasis tiga dimensi. Dalam perhitungan QTO metode konvensional sering terjadi human error yang beruba salah dalam mehitung volume pekerjaan dan tidak akurat. Dalam perhitungan QTO metode konvensional sering terjadi human error yang beruba salah dalam mehitung volume pekerjaan dan tidak akurat. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti perbandingan hasil perhitungan QTO Building Information Modeling (BIM) dengan perhitungan QTO metode konvensional pada pekerjaan struktur Jembatan Underpass proyek X dan mewawancarai pengguna BIM yang bertujuan mengetahui Mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi deviasi output QTO berbasis BIM dengan metode konvensional. Dari hasil penelitian, bahwa item pekerjaan yang memiliki presentase deviasi yang cukup besar seperti pekerjaan pelat injak 5,95%, dimana QTO berbasis BIM memiliki nilai lebih besar dari hasil perhitungan dibandingkan dengan Metode. Faktor faktor yang mempengaruhi deviasi output QTO banyak disebabkan oleh faktor dari manusia atau *human error*.

Kata Kunci : BIM (Building Information Modeling), Metode Konvensional, Quantity Takeoff

ABSTRACT

Quantity Takeoff (QTO) is a task carried out by quantity surveyors to calculate the amount of materials required in a construction project. There are several methods for calculating the volume of work, including manual methods, often referred to as the Conventional Method, where surveyors calculate work quantities based on two-dimensional drawings. Additionally, there is a method based on Building Information Modeling (BIM), where the quantity calculation process is automated using three-dimensional-based applications. In conventional QTO calculations, human errors often occur, resulting in inaccuracies in volume measurements. This research aims to examine the comparison between the results of QTO calculations using Building Information Modeling (BIM) and the conventional QTO method for the Underpass Bridge structure work in Project X. It also involves interviewing BIM users with the objective of understanding the factors influencing deviations in QTO outputs between BIM-based and conventional methods. The research findings indicate that certain work items exhibit significant deviation percentages, such as the floor slab work with a deviation of 5.95%. In this case, QTO based on BIM yields higher values compared to the conventional method. The factors influencing QTO output deviations are largely attributable to human factors or human error.

Keyword : BIM (Building Information Modeling), Conventional Method, Quantity Takeoff

1. PENDAHULUAN

Quantity Takeoff (QTO) merupakan tugas yang dilakukan oleh surveyor kuantitas untuk menghitung jumlah material yang dibutuhkan dalam proyek konstruksi. QTO merupakan proses manual yang melibatkan pengukuran elemen desain yang berbeda, yaitu denah lantai, elevasi, penampang melintang, dan dokumen serupa lainnya. Tugas ini sangat vital dalam pekerjaan konstruksi karena dapat membantu pengendalian biaya proyek. [1].

Menghitung volume pekerjaan ada beberapa metode yang dapat digunakan yaitu secara manual atau yang disebut dengan Metode Konvensional dimana surveyor menghitung kuantitas pekerjaan masih dengan berdasarkan gambar dua dimensi. Kemudian ada juga metode berbasis BIM (Building Information Modeling) dimana proses penghitungan kuantitas secara otomatis dengan menggunakan aplikasi berbasis tiga dimensi. [2]. Dalam perhitungan QTO metode konvensional sering terjadi human error yang berupa salah dalam menghitung volume pekerjaan dan tidak akurat. [3]

Dalam seiring perkembangan teknologi dan inovasi pada industri konstruksi, sistem Building Information Modeling (BIM) diciptakan sebagai solusi untuk mengatasi masalah-masalah yang terjadi pada tahap konstruksi, termasuk masalah dalam perhitungan volume pekerjaan (Quantity TakeOff). Dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi, pekerjaan proyek konstruksi dapat menjadi lebih mudah. [4]

Dengan hasil penelitian ini, diharapkan penggunaan BIM dalam perhitungan QTO dapat diterapkan dengan tepat dalam sektor AEC di Indonesia untuk meningkatkan efisiensi pembangunan proyek konstruksi. [5]. Tujuan Penelitian ini untuk membandingkan hasil analisis perhitungan QTO Building Information Modeling (BIM) dengan perhitungan QTO metode konvensional pada pekerjaan struktur Jembatan Underpass Proyek X dan mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi deviasi output QTO berbasis BIM dengan metode konvensional

1.1. Building Information Modeling (BIM)

Artikel dapat ditulis dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia yang baik dan benar. Artikel belum pernah dipublikasikan dalam majalah ilmiah lainnya dan asli karya sendiri. Penulisan dengan menggunakan huruf Times New Roman 10pt. Maksimum artikel adalah 10 halaman. Untuk materi yang akan dicetak, seperti teks, gambar, tabel dan grafik harus berada di dalam area pencetakan yaitu bidang kertas A4 (210 x 297 mm), dengan margin kanan, kiri, atas, bawah 2,5 cm dari sisi kertas.

Building Information Modeling (BIM) adalah salah satu inovasi yang termasuk dalam bidang Information Communication Technology (ICT) yang berada pada dunia konstruksi. Penerapan BIM sendiri memiliki nilai positif dan negatifya yang masih belum diketahui dan membutuhkan pertimbangan lagi.

Building Information Modeling sendiri merupakan perubahan dalam bidang konstruksi yang diharapkan dapat mempercepat waktu konstruksi, meningkatkan kolaborasi dengan berbagai pihak yang terlibat, mengendalikan masalah biaya yang terjadi, dan mengurangi adanya kemungkinan hal – hal yang kurang efisien sehingga produktivitas keseluruhan proyek dapat maksimal. [6]

1.2. Quantity Takeoff

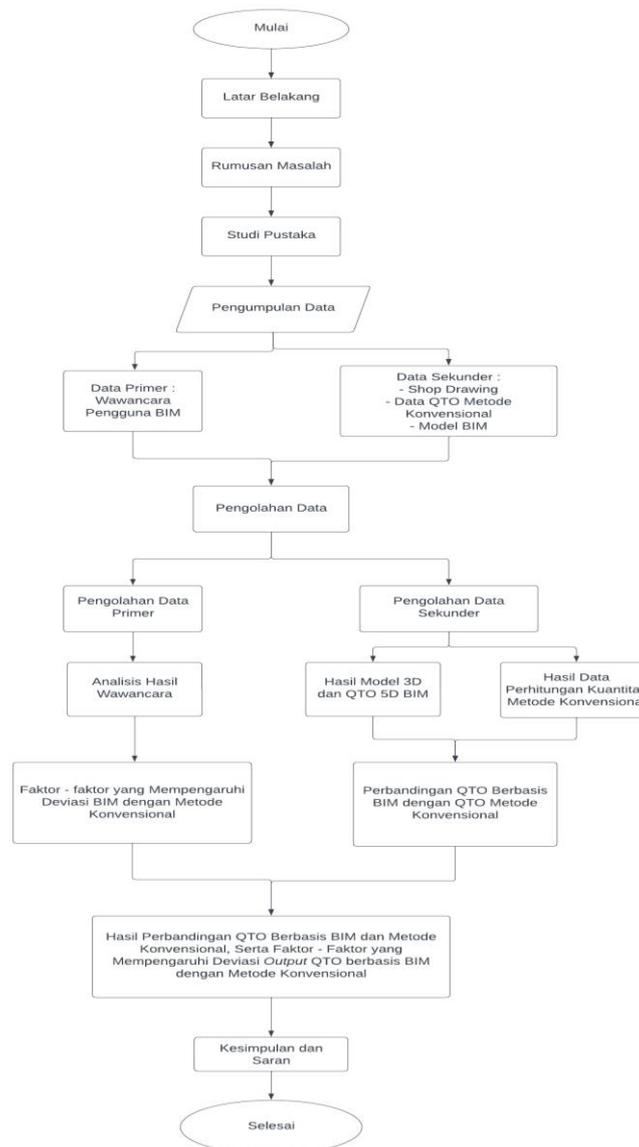
Quantity Takeoff diterapkan selama proses konstruksi. Pada tahap awal menyediakan dasar untuk perkiraan biaya awal untuk proyek; pada tahap tender digunakan untuk membantu dalam estimasi biaya proyek dan durasi kegiatan konstruksi; sebelum tahap konstruksi digunakan untuk meramalkan dan merencanakan kegiatan konstruksi; dan selama tahap konstruksi digunakan untuk kontrol ekonomi proyek. Quantity takeoff yang akurat sangat menentukan keseimbangan ekonomi keuangan kontraktor karena itu satu-satunya cara mencapai analisis menyeluruh dari produktivitas dan berbagai jenis biaya dalam proyek tertentu. [7]

Pemodelan Informasi Bangunan (BIM), proses menghasilkan dan mengelola data bangunan selama siklus hidupnya, telah mendapatkan kesadaran yang meningkat dalam industri Arsitektur, Teknik, dan Konstruksi (AEC). Salah satu tugas paling berguna yang dapat diotomatisasi melalui penggunaan BIM adalah quantity takeoff (QTO). [8]

Model berbasis BIM adalah kumpulan objek yang ditentukan oleh properti tertentu, beberapa di antaranya adalah atribut geometris elemen. Sebagian besar alat BIM berisi rutinitas untuk melakukan penghitungan menggunakan properti geometris elemen dan menyediakan besaran spasial seperti luas dan volume dalam bentuk teks. Secara tradisional, quantity takeoff adalah proses manual yang melibatkan pengukuran elemen desain yang berbeda, yaitu denah lantai, elevasi, penampang melintang, dan dokumen serupa lainnya. Karena didasarkan pada interpretasi manusia, pendekatan ini sangat rawan kesalahan. [9] [10]

2. METODE PENELITIAN

Data primer diperoleh dari mewawancarai narasumber pengguna BIM yang sudah berpengalaman dan kompeten dalam melakukan pekerjaan QTO yang bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi deviasi output QTO berbasis BIM dengan metode konvensional. Data sekunder yang digunakan didapat melalui Proyek X. Data sekunder yang diperlukan sebagai berikut Dokumen Gambar RTA (PDF dan CAD) Perencanaan Proyek X, Data Perhitungan Volume untuk mengetahui volume pekerjaan pada setiap elemen struktur yang akan dijadikan perbandingan perhitungan QTO berbasis metode konvensional dengan alat bantuan Microsoft Excel dan Data BIM Model gambar 3D.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Langkah – Langkah yang dilakukan dalam menganalisis data – data berikut, yaitu :

1. Analisis perhitungan QTO dengan menggunakan Metode Konvensional
 2. Analisis pemodelan dan perhitungan QTO dengan berbasis BIM
- Analisis tersebut dilakukan dengan mengkonversi pemodelan 3D sehingga menghasilkan QTO. Langkah – Langkah yang dilakukan sebagai berikut:
- a) Pada View Tab di grup Create, terdapat schedules, dan pilih
 - b) Schedules/Quantities.
 - c) Terdapat window “New Schedule”, dan pilih “Part Schedule”

- d) Setelah klik OK, terlihat window “Schedule Properties” dengan Scheduled fields yang sudah diisi dengan keterangan yang akan dimasukkan
 - e) Hasil Schedules yang menyesuaikan Schedule Fields akan terlihat.
3. Perbandingan Analisis Perhitungan QTO BIM dan Metode Konvensional dengan menggunakan rumus berikut :
 - a. $Presentase = \frac{Volume\ Konvensional - Volume\ BIM}{Volume\ BIM} \times 100\%$
 4. Analisis hasil wawancara

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

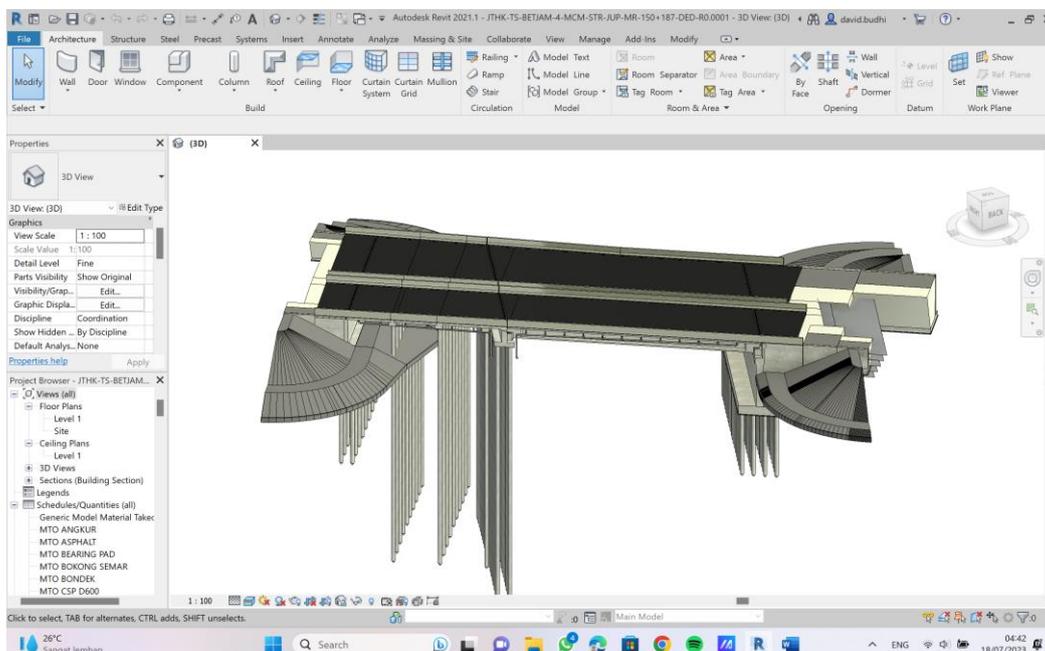
3.1. Hasil Analisis Perhitungan Metode Konvensional

Data hasil analisis perhitungan metode konvensional dari volume pekerjaan struktur jembatan underpass terlihat pada tabel berikut

Nama Pekerjaan	Volume Metode Konvensional	Satuan
Abutment	454,88	m ³
CSP Ø600	3460,00	m
pile cap	443,18	m ³
plat injak	98,26	m ³
wingwall	88,30	m ³
deck slab	556,18	m ³
diafragma	49,22	m ³
pier head	155,98	m ³
barrier	132,37	m ³
angkur fix	119,00	buah
angkur move	69,00	buah
bearing pad	24,00	buah
girder L=40.8	12,00	buah

3.2. Hasil Analisa Pemodelan dan Perhitungan BIM

Data hasil analisis pemodelan 3D dari pekerjaan struktur jembatan underpass terlihat pada gambar berikut



Gambar 2. Hasil pemodelan 3D jembatan underpass
Sumber : Hasil Analisis

Data hasil analisis perhitungan berbasis BIM dari volume pekerjaan struktur jembatan underpass terlihat pada tabel berikut

Table 2. Hasil perhitungan volume pekerjaan berbasis BIM

Nama Pekerjaan	Volume BIM	Satuan
Abutment	450,88	m ³
CSP ø600	3421,20	m
pile cap	432,94	m ³
plat injak	104,48	m ³
wingwall	90,23	m ³
deck slab	561,66	m ³
diafragma	49,78	m ³
pier head	158,91	m ³
barrier	128,84	m ³
angkur fix	119,00	buah
angkur move	69,00	buah
bearing pad	24,00	buah
girder L=40.8	12,00	buah

Sumber : Hasil Analisis

3.3. Perbandingan Analisis Perhitungan QTO BIM dan Metode Konvensional

Data hasil perbandingan analisis perhitungan QTO BIM dan Metode Konvensional dari volume pekerjaan struktur jembatan underpass terlihat pada tabel berikut

Table 3. Hasil Perbandingan Analisis Perhitungan QTO BIM dan Metode Konvensional

Nama Pekerjaan	Volume BIM	Volume Metode Konvensional	Deviasi (%)
Abutment	450,88	441,874128	2,00%
CSP ø600	3.421,2	3647	-6,60%
pile cap	432,94	374,3775	13,53%
plat injak	104,48	102,87255	1,54%
wingwall	108,61	85,674	21,12%
deck slab	561,66	558,699	0,53%
diafragma	49,78	50,0614	-0,57%
pier head	158,91	152,4939	4,04%
barrier	128,84	117	9,19%
angkur fix	119	117	1,68%
angkur move	69	60	13,04%
bearing pad	24	24	0,00%
girder L=40.8	12	12	0,00%

Sumber : Hasil Analisis

3.4. Hasil Analisa Wawancara

Data hasil perbandingan analisis wawancara untuk mengetahui faktor - faktor yang yang mempengaruhi deviasi output QTO berbasis BIM dengan metode konvensional

Table 4. Hasil Analisis Wawancara

Hasil Wawancara 3 Responden		
Responden 1	Responden 2	Responden 3
Pertanyaan 1		
Apa alasan perusahaan memakai BIM yang digunakan pada proyek untuk proses QTO?		
Karena jika konvensional banyak error dari kesalahan manusia dan kemungkinan ada kesalahan perhitungan lebih besar.	Karena BIM itu terorganisir sedangkan dalam konvensional ada beberapa part yang tidak bisa ditampilkan. Kemudian memakai BIM lebih teliti, lebih jelas dan human error nya lebih sedikit sedangkan konvensional dalam perhitungan QTO nya kurang detail.	Alasan Karena menggunakan BIM lebih cepat dan manfaat yang didapat lebih banyak dibandingkan dengan metode konvensional.
Pertanyaan 2		

Apakah benar menggunakan BIM pada proses QTO dapat mempercepat pekerjaan dibandingkan dengan metode konvensional?		
Pasti dapat mempercepat proses pekerjaan	Pasti lebih cepat jika menggunakan BIM.	Jika implementasi BIM sudah maksimal pasti dapat mempercepat proses pekerjaan
Pertanyaan 3 Apa Kelebihan dan kekurangan menggunakan BIM pada proses QTO?		
Lebih cepat, lebih akurat Kekurangannya untuk awal awal penggunaan prosesnya panjang	Kelebihannya : Terukur sesuai dengan 3D modelnya. Kekurangannya : Terdapat pada penggunaan jika belum mengerti dalam menggunakan BIM akan membutuhkan waktu yang lama	Kelebihannya untuk perhitungannya lebih cepat dan lebih detail Kekurangannya mungkin belum ada
Pertanyaan 4 Apakah dalam penggunaan BIM dan Metode Konvensional dalam proses QTO bisa terjadi Deviasi?		
Bisa	Tentu, Pasti bisa	Bisa terjadi deviasi
Pertanyaan 5 Apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam penggunaan BIM dan Metode Konvensional dalam proses QTO?		
Untuk perbedaan sangat signifikan tidak, ada perbedaan tapi tidak signifikan	Untuk perbedaan sangat signifikan tidak ada, ada perbedaan tapi tidak signifikan masih di bawah 5%	Untuk perbedaan sangat signifikan belum terlihat langsung
Pertanyaan 6 Faktor – faktor Apa saja yang mempengaruhi deviasi output QTO berbasis BIM dengan metode konvensional?		
Acuan nya beda, beda asumsi, factor manusia, dari manual tidak menggambarkan proses sebenarnya	Faktor nya biasa dari kesalahan manusia seperti Beda Asumsi, Acuan nya beda, proses perhitungannya dalam mengukur 3D model dalam acuan nya.	Data data yang diterima bisa berbeda atau belum update, dari modeler dia tidak memodelkan secara detail, terdapat human error dari perhitungan manual seperti metode perhitungan yang beda.
Pertanyaan 7 Apakah faktor manusia, seperti keterampilan dan pengalaman, dapat mempengaruhi deviasi output QTO dalam penggunaan BIM dan Metode Konvensional?		
Mempengaruhi, seperti pemahaman, pengalaman, pengetahuan dari model nya,	Sangat mempengaruhi, karena tidak mungkin orang yang belum bisa BIM dapat mengerjakan dengan baik seperti pemahaman orang tersebut dalam bagian bagian element BIM itu sendiri.	Mempengaruhi, dari SDM seperti keterampilan memodelkan semakin detail semakin bagus juga data yang dihasilkan, pengalaman, pengetahuan dari model nya,
Pertanyaan 8 Menurut responden, apa saja saran yang diperlukan untuk pengguna BIM khususnya dalam proses QTO?		
Ikuti pelatihan, perbanyak pengetahuan, perbanyak pengalaman	Mengikuti Pelatihan, memahami peraturan dari pemerintah, perbanyak ilmu pengetahuan dan sering memecahkan permasalahan tentang BIM.	Sarannya untuk mengecek kembali quality yang dihasilkan dari modelnya supaya level detail nya sesuai apa yang diharapkan.

3.5. Pembahasan Perhitungan Deviasi BIM

Dari hasil perbandingan deviasi tabel di atas didapatkan bahwa item pekerjaan yang memiliki presentase deviasi yang cukup besar seperti pekerjaan Pelat injak 5,95%, dimana QTO berbasis BIM memiliki nilai lebih besar dari hasil perhitungan dibandingkan dengan Metode. Kemudian item pekerjaan dengan nilai volume selisih pekerjaan, dimana QTO Metode konvensional lebih besar dari perhitungan berbasis BIM yaitu pekerjaan Barrier 2,74%. Ada Empat item pekerjaan dengan nilai deviasi yang sama dari metode BIM dan Metode Konvensional yaitu, item pekerjaan bearing pad, pekerjaan girder L=40.8, pekerjaan angkur fix dan angkur move dengan nilai deviasi 0,00%.

3.6. Perbandingan Analisis Perhitungan QTO BIM dan Metode Konvensional

Setelah dilakukan nya analisis ternyata terjadi deviasi di item – item volume pekerjaan. Sehingga perlu mengetahui faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi terjadinya deviasi dari *output* QTO dengan melakukan wawancara terhadap pengguna BIM. Berikut kesimpulan yang dapat diambil dari hasil wawancara pengguna BIM yang sudah memiliki pengalaman 3 tahun dalam penggunaan BIM :

1. Penggunaan BIM dapat mempercepat pekerjaan terutama dalam proses QTO dan juga dapat mengurangi kesalahan kesalahan atau *error* dalam perhitungan bahkan dapat menghitung secara akurat. Dimana jika menggunakan Metode Konvensional banyak terjadi *human error* yang dialami dalam perhitungan QTO.
2. Faktor – faktor yang mempengaruhi deviasi *output* QTO berbasis BIM dengan Metode Konvensional biasanya disebabkan dari faktor manusia yaitu seperti pengetahuan orang tersebut dalam penggunaan BIM, pemahaman dalam membaca acuan dan material pekerjaan, beda asumsi terkait konsep perhitungan

model. Disamping faktor manusia bisa jug terjadi kesalahan karena acuan yang tidak benar atau beda, kemudian metode konvensional atau manual tidak bisa menggambarkan dalam proses sebenarnya.

3. Deviasi dalam perhitungan BIM dan Metode Konvensional tersebut bisa saja terjadi dalam proses QTO, walaupun deviasi tersebut jarang sekali terjadi secara signifikan. Sehingga perlu dilakukan pelatihan, perbanyak pengetahuan terkait BIM dan proses QTO dan perbanyak pengalaman untuk mengantisipasi kesalahan kesalahan tersebut.

4. KESIMPULAN

Dari Penelitian ini, dapat disimpulkan tentang perbandingan QTO berbasis BIM dengan Metode Konvensional dari Jembatan Underpass Proyek X hasil dari perbandingan analisis didapatkan bahwa item pekerjaan yang memiliki presentase deviasi yang cukup besar seperti pekerjaan pelat injak 5,95%, dimana QTO berbasis BIM memiliki nilai lebih besar dari hasil perhitungan dibandingkan dengan Metode Konvensional. Kemudian item pekerjaan dengan nilai volume selisih pekerjaan, dimana QTO Metode konvensional lebih besar dari perhitungan berbasis BIM yaitu pekerjaan Barrier 2,74%. Ada Empat item pekerjaan dengan nilai deviasi yang sama dari metode BIM dan Metode Konvensional yaitu, item pekerjaan bearing pad, pekerjaan girder L=40.8, pekerjaan angkur fix dan angkur move dengan nilai deviasi 0,00%.

Faktor – faktor yang mempengaruhi deviasi output QTO berbasis BIM dengan Metode Konvensional banyak disebabkan oleh faktor dari manusia atau human error seperti pengetahuan orang tersebut dalam dalam penggunaan BIM, pemahaman dalam membaca acuan dan material pekerjaan, beda asumsi terkait konsep perhitungan model dan juga diluar dari faktor manusia bisa juga disebabkan oleh kesalahan karena acuan yang tidak benar atau beda, kemudian metode konvensional atau manual tidak bisa menggambarkan dalam proses sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Alshabab, A. Vysotskiy, T. Khalil dan M. Petrochenko, “BIM-Based Quantity Takeoff,” *Construction of Unique Buildings and Structure*, 2017.
- [2] “Pengertian BIM (Building Information Modelling),” 21 September 2018. [Online]. Available: <http://www.ilmuproyek.com/2018/09/pengertian-bim-building-information-modelling.html>.
- [3] “Software BIM Autodesk BIM 360 Document Management,” 13 Juni 2020. [Online]. Available: <https://nnrkupang.blogspot.com/2020/06/penggunaan-autodesk-bim-360-document.html>.
- [4] I. N. D. Ardiyasa, “Analisis Komparasi Quantity Takeoff Menggunakan Software Autodesk Revit dengan Metode Konvensional,” 2022.
- [5] A. A. Kamil dan Rafliis, “Perbandingan Pengendalian Biaya Mutu dan Waktu Menggunakan Metode Konvensional dan Metode BIM,” 2019.
- [6] D. Laorent, P. Nugraha dan J. Budiman, “Analisa Quantity Take-off dengan Menggunakan Autodesk Revit,” *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 2019.
- [7] R. Nafiyah, “Analisis Perbandingan Quantity Takeoff Berbasis BIM (Building Information Modelin) dengan Metode Konvensional pada Pekerjaan Struktur Jembatan,” 2022.
- [8] K. Travis, “Aanalisis Quantity Take-off dengan Menggunakan BIM (Building Information Modelling) pada Proyek Jalan Tol Ruas Prambulih-Muaraenim Zona 7,” 2021.
- [9] R. A. Yuliano, “Analisis Perbandingan Volume, Dimensi dan Gambar Kerja (Shop Drawing) dengan Metode BIM Terhadap Metode Konvensional,” 2021.
- [10] H. A. Zain, B. Mulyono dan G. H. Sudibyoy, “Analisis Perbandingan Efektivitas Metode Konvensional dan BIM pada Elemen Struktur Beton,” 2022.

**PENGARUH PENERAPAN K3 MENGGUNAKAN METODE
HIRADC TERHADAP PRODUKTIVITAS KERJA
Proyek “Revitalization of Banjarcarya” – Kabupaten Purbalingga**

**THE EFFECT OF IMPLEMENTING K3 USING THE HIRADC
METHOD ON WORK PRODUCTIVITY
Project “Revitalization of Banjarcarya” – Purbalingga Regency**

Risma Maulintika¹, Iskahar², Sulfah Anjarwati³
^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 11 Agustus 2023
Direvisi, 23 Juli 2024
Diterima, 25 Juli 2024

Korespondensi Penulis:

Risma Maulintika
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
Jl. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email:
maulintikarisma@gmail.com

ABSTRAK

Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah salah satu faktor utama suatu proyek dapat berjalan dengan lancar. Salah satu metode yang dipakai dalam penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah HIRADC (*Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control*). Produktivitas Kerja adalah sesuatu yang berkaitan erat dengan kualitas, kuantitas dan kualitas standar yang dihasilkan dalam pekerjaan proyek. Hasil penelitian ini adalah menganalisis pengaruh penerapan K3 menggunakan metode HIRADC terhadap produktivitas kerja. Jenis penelitian ini adalah Kuantitatif dan alat penelitian yang digunakan adalah kuesioner. Untuk Analisis Regresi Linear Berganda, Uji f dan Uji t menggunakan *software SPSS* versi 25. Hasil yang diperoleh dalam model persamaan regresi linear berganda adalah $Y = 17,625 + 0,146 X_1 + 0,257 X_2$ dengan nilai R sebesar 0,316. Hasil uji t mendapatkan nilai Sig. Keselamatan Kerja (X_1) yaitu $0,040 < 0,05$ dan untuk nilai Sig. variabel bebas Kesehatan kerja (X_2) yaitu $0,035 < 0,05$ sehingga kedua variabel bebas tersebut terdapat pengaruh secara parsial dengan variabel terikat Produktivitas Kerja (Y). Untuk hasil uji f mendapatkan nilai Sig. $0,004 < 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa variabel bebas Keselamatan Kerja (X_1) dan Kesehatan Kerja (X_2) memiliki pengaruh secara simultan dengan variabel terikat Produktivitas Kerja (Y).

Kata Kunci : Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Metode HIRADC, Produktivitas Kerja

ABSTRACT

The implementation of Occupational Safety and Health (K3) is one of the main factors for a project to run smoothly. One of the methods used in the application of Occupational Safety and Health (K3) is HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control). Work Activity is something that is closely related to the quality, quantity and quality standards produced in project work. The result of this study is to analyze the effect of the application of K3 using the HIRADC method on work productivity. this type of research is Quantitative and the research tool used is a questionnaire. For Multiple Linear Regression Analysis, Test f and Test t use SPSS software version 25. The result obtained in the multiple linear regression equation model is $Y = 17.625 + 0.146 X_1 + 0.257 X_2$ with an R value of 0.316. The results of the t test get the value of Sig. Work Safety (X_1) is $0.040 < 0.05$ and for the value of Sig. the free variable Occupational health (X_2) is $0.035 < 0.05$ so that both independent variables have a partial influence with the dependent variable Work Productivity (Y). For the results of the f test to get a value of Sig. $0.004 < 0.05$, it can be concluded that the independent variables of Work Safety (x_1) and Work Health (X_2) have a simultaneous influence with the dependent variable Work Productivity (Y).

Keyword : Occupational Safety and Health, HIRADC Method, Work Productivity

1. PENDAHULUAN

Karena orang memiliki perencana, aktor, dan penentu pencapaian tujuan organisasi, mereka selalu memainkan peran sentral dalam setiap aspek kehidupan organisasi. Semakin tinggi suatu produktivitas pekerja di suatu perusahaan maka semakin tinggi juga suatu tujuan akan tercapai. Selain produktivitas kerja, penerapan K3 juga menjadi salah satu tolak ukur keberhasilan proyek konstruksi [1]

Pekerja dan perusahaan harus fokus pada peningkatan kesehatan dan keselamatan kerja. Keberhasilan inisiatif perusahaan bergantung pada tempat kerja yang aman dan sehat, itulah sebabnya K3 sangat diperlukan. Keselamatan kerja berhubungan dengan kondisi aman antara peralatan dan tenaga kerja sedangkan kesehatan kerja berhubungan dengan kondisi fisik yang sehat, terbebas dari virus, kekurangan asupan makanan dan lain-lain [2].

Produktivitas kerja merupakan salah satu poin terpenting dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi sehingga harus selaras dengan penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada suatu perusahaan agar suatu proyek pekerjaan dapat berjalan dengan baik. Teknik HIRADC adalah bagian penting untuk membuat kantor menjadi lingkungan yang nyaman dan aman untuk bekerja [3]. HIRADC menggunakan penilaian risiko sebagai sarana untuk mengidentifikasi potensi kecelakaan di tempat kerja, bagian penting dari Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja untuk proyek pembangunan [4].

Maka dalam penelitian kali ini penulis akan membahas mengenai Pengaruh Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menggunakan metode *HIRADC* terhadap produktivitas kerja Proyek “*Revitalization of Banjarcayana*” – Kabupaten Purbalingga.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang berjudul “Pengaruh Penerapan K3 Menggunakan Metode *HIRADC* Terhadap Produktivitas Kerja” ini menggunakan metode penelitian kuantitatif. Kuantitatif merupakan metode penelitian yang didasarkan pada filosofi positivis, digunakan untuk mempelajari populasi atau sampel tertentu, mengumpulkan data dengan menggunakan alat penelitian, menganalisis data kuantitatif/statistik, untuk tujuan mendapatkan asumsi lain dari yang telah ada [5].

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian kali ini, dimulai dari proses pengumpulan data yang dilakukan dengan cara pengisian kuesioner terhadap variabel X dan variabel Y. Proses analisis data pada penelitian kali ini dilakukan menggunakan *software SPSS* versi 25, dimana proses analisis data tersebut terdiri atas uji instrumen data (uji validitas dan uji reliabilitas), uji asumsi klasik (uji normalitas, uji multikolinearitas, uji heteroskedastisitas), analisis regresi linear berganda, uji hipotesis (uji – t dan uji – f) [6].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian validitas pada item kuesioner dilakukan menggunakan *software SPSS* versi 25 untuk mengetahui apakah setiap item kuisisioner yang digunakan tersebut valid atau tidak. Metode pengambilan keputusan dalam uji validitas kali ini adalah menggunakan nilai Sig. (2-tailed) dan nilai r hitung (Pearson Correlation) yang dihasilkan melalui olah data pada *software SPSS* versi 25.

Penelitian kali ini menggunakan responden sebanyak 110 orang dengan nilai signifikansi sebesar 5% atau 0,05. Maka untuk menentukan nilai r tabel yang akan dijadikan acuan, dapat ditentukan melalui perhitungan dengan rumus interpolasi berdasarkan tabel yang tersedia dibawah ini.

Tabel 1. Nilai r tabel

N	The Level of Significance	
	5%	1%
80	0.220	0.286
85	0.213	0.278
90	0.207	0.267
95	0.202	0.263
100	0.195	0.256
125	0.176	0.230
150	0.159	0.210

Sumber : Sugiyono, 2019

Berdasarkan tabel tersebut, untuk menentukan nilai r pada N=110 dilakukan melalui rumus interpolasi sebagai berikut :

$$x = \frac{B1 \times H2 + B2 \times H1}{B1 + B2}$$

Dimana : x = nilai r tabel yang dicari

$$H1 = 0,195$$

$$H2 = 0,176$$

$$B1 = 110 - 110 = 10$$

$$B2 = 125 - 100 = 25$$

$$\begin{aligned} x &= \frac{10 \times 0,176 + 25 \times 0,195}{10 + 25} \\ &= \frac{1,760 + 4,875}{35} \\ &= 0,1890 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan melalui rumus interpolasi tersebut, dihasilkan nilai r tabel untuk $N=110$ adalah sebesar 0,184. Berikut adalah hasil uji validitas menggunakan nilai r atau Pearson Correlation pada penelitian kali ini terhadap item kuisisioner pada tiap-tiap variabel yang didapatkan melalui pengolahan data pada *Software SPSS* versi 25.

Tabel 2. Hasil perbandingan nilai r hitung dengan r table

Variabel	No. Item	r hitung	r tabel	Keterangan
Keselamatan Kerja (X1)	1	0,767	0,189	Valid
	2	0,756	0,189	Valid
	3	0,778	0,189	Valid
	4	0,678	0,189	Valid
	5	0,794	0,189	Valid
	6	0,699	0,189	Valid
	7	0,55	0,189	Valid
	8	0,659	0,189	Valid
	9	0,691	0,189	Valid
Kesehatan Kerja (X2)	1	0,581	0,189	Valid
	2	0,657	0,189	Valid
	3	0,795	0,189	Valid
	4	0,715	0,189	Valid
	5	0,743	0,189	Valid
	6	0,671	0,189	Valid
Produktivitas Kerja (Y)	1	0,706	0,189	Valid
	2	0,781	0,189	Valid
	3	0,842	0,189	Valid
	4	0,769	0,189	Valid
	5	0,865	0,189	Valid
	6	0,7	0,189	Valid
	7	0,643	0,189	Valid

Sumber : Hasil Analisis, 2023

3.1. Hasil Uji Reliabilitas

Tahapan kali ini merupakan suatu metode yang digunakan dalam penelitian kuantitatif untuk menilai suatu instrumen penelitian yang merupakan bagian dari indikator variabel penelitian. Reliabel juga dapat diartikan sebagai konsisten atau stabil, sehingga alat ukur yang dijadikan instrumen dalam sebuah penelitian dapat dipercaya. Uji reliabilitas dalam penelitian ini menggunakan bantuan dari *software SPSS* versi 25 dengan dasar pengambilan keputusan adalah nilai *Cronbach's Alpha*. Berikut adalah hasil dari uji reliabilitas dari tiap – tiap item kuesioner pada masing – masing variabel.

Tabel 3. Hasil uji reliabilitas

Variabel	No. Item	<i>Cronbach's Alpha</i>	Keterangan
Keselamatan Kerja (X1)	1	0,853	Reliabilitas Sangat Tinggi
	2	0,854	Reliabilitas Sangat Tinggi

	3	0,852	Reliabilitas Sangat Tinggi
	4	0,862	Reliabilitas Sangat Tinggi
	5	0,85	Reliabilitas Sangat Tinggi
	6	0,863	Reliabilitas Sangat Tinggi
	7	0,877	Reliabilitas Sangat Tinggi
	8	0,864	Reliabilitas Sangat Tinggi
	9	0,861	Reliabilitas Sangat Tinggi
Kesehatan Kerja (X2)	1	0,778	Reliabilitas Tinggi
	2	0,767	Reliabilitas Tinggi
	3	0,707	Reliabilitas Tinggi
	4	0,735	Reliabilitas Tinggi
	5	0,723	Reliabilitas Tinggi
	6	0,75	Reliabilitas Tinggi
Produktivitas Kerja (Y)	1	0,865	Reliabilitas Sangat Tinggi
	2	0,855	Reliabilitas Sangat Tinggi
	3	0,846	Reliabilitas Sangat Tinggi
	4	0,86	Reliabilitas Sangat Tinggi
	5	0,839	Reliabilitas Sangat Tinggi
	6	0,865	Reliabilitas Sangat Tinggi
	7	0,873	Reliabilitas Sangat Tinggi

Sumber : Hasil Analisis, 2023

3.2. Hasil Uji Normalitas

Tahapan kali ini dilakukan untuk menguji apakah variabel terikat dan variabel bebas memiliki distribusi yang normal atau tidak. Dalam model regresi yang baik, data penelitian seharusnya memiliki distribusi yang normal. Metode yang digunakan untuk uji normalitas pada penelitian kali ini adalah metode Kolmogorov-Smirnov yang dibantu menggunakan Software SPSS versi 25. Berdasarkan hasil uji normalitas dihasilkan untuk nilai ExactSig. (2-tailed) memiliki nilai 0,200 dimana nilai tersebut lebih besar dari 0,05. Maka kesimpulannya adalah distribusi data tersebut memiliki distribusi yang normal.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
Unstandardized Residual		
N		110
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	3.00068655
	Absolute	.071
Most Extreme Differences	Positive	.063
	Negative	-.071
Test Statistic		.071
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

Sumber : Hasil Olah Data SPSS Versi 25 tahun 2023

3.3. Hasil Uji Multikolinearitas

Uji Multikolinearitas merupakan uji untuk menentukan apakah didalam model regresi tersebut terdapat adanya korelasi antar variabel bebas. Untuk melakukan uji multikolinearitas dapat dilihat pada hasil nilai VIF dan nilai tolerance melalui software SPSS tersebut.

Berdasarkan pengolahan data dapat diketahui nilai VIF kedua variabel bebas tersebut 1,144 dimana nilai tersebut lebih kecil daripada VIF yang disyaratkan yaitu 10. Sedangkan untuk nilai tolerance dari kedua variabel bebas adalah 0,874 dimana nilai tersebut lebih besar dari nilai tolerance yang disyaratkan yaitu 0,1.

Dapat disimpulkan bahwa dari hasil olah data yang menghasilkan nilai VIF dan tolerance tersebut, maka instrumen penelitian tersebut tidak terdapat multikolinearitas

Tabel 5. Hasil Uji Multikolinearitas

		Coefficients ^a	
Model		Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
1	TX.1	.874	1.144
	TX.2	.874	1.144

a. Dependent Variable: T.Y

Sumber : Hasil Olah Data SPSS Versi 25 tahun 2023

3.4. Hasil Uji Heterokedastisitas

Pada tahapan uji asumsi klasik kali ini bertujuan untuk menguji apakah terjadi ketidaksamaan variance model regresi dari observasi satu dengan observasi lainnya. Uji heteroskedastisitas yang menggunakan metode Glejser dibantu dengan memanfaatkan software SPSS versi 25. Dibawah ini merupakan tabel hasil uji heteroskedastisitas melalui software SPSS.

Tabel 6. Hasil Uji Heterokedastisitas

		Correlations		
		TX.1	TX.2	Unstandardized Residual
TX.1	Correlation Coefficient	1.000	.358**	.043
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.653
	N	110	110	110
Spearman's rho TX.2	Correlation Coefficient	.358**	1.000	.044
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.646
	N	110	110	110
Unstandardized Residual	Correlation Coefficient	.043	.044	1.000
	Sig. (2-tailed)	.653	.646	.
	N	110	110	110

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Sumber : Hasil Olah Data SPSS Versi 25 tahun 2023

3.5. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda

Dalam penelitian kali ini, digunakan dua variabel bebas yaitu Keselamatan Kerja (X₁) dan Kesehatan Kerja (X₂), dan satu variabel terikat yaitu Produktivitas Kerja (Y). Berdasarkan hasil analisis data pada software SPSS dihasilkan nilai yang dapat dituliskan pada model analisis regresi linear berganda sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + e$$

$$Y = 17,575 + 0,146 X_1 + 0,257 X_2 + 0,05$$

$$Y = 17,625 + 0,146 X_1 + 0,257 X_2$$

Maka dilihat dari bentuk model analisis regresi linear berganda tersebut, didapatkan hasil dari analisis regresi linear berganda yang ditampilkan dalam bentuk tabel. Berikut adalah hasil dari analisis regresi linear berganda yang dilakukan melalui software SPSS.

Tabel 7. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.316 ^a	.100	.083	3.029

a. Predictors: (Constant), TX.2, TX.1

Sumber : Hasil Olah Data SPSS Versi 25 tahun 2023

Dari hasil analisis regresi linear berganda menggunakan software SPSS diatas didapatkan hasil berupa nilai R sebesar 0,316 dimana apabila dilihat dari tabel interpretasi kekuatan korelasi, maka angka tersebut menunjukkan tingkat keeratan sangat kuat antara variabel. Sedangkan untuk nilai R Square sebesar 0,100 menunjukkan bahwapengaruh antara variabel bebas Keselamatan Kerja (X₁) dan Kesehatan Kerja (X₂)

dengan variabel terikat Produktivitas Kerja (Y) sebesar 10% dan sisanya 90% dipengaruhi oleh faktor atau variabel lainnya.

3.6. Hasil Uji t

Pada pengujian kali ini, akan diuji antara variabel bebas dengan variabel terikat secara terpisah. Dasar keputusan dalam uji-t ini adalah menggunakan nilai Sig. Apabila nilai Sig. < 0,05 maka ada pengaruh antara variabel bebas dengan variabel terikat secara terpisah. Hasil analisis uji t terdapat pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Hasil Uji t

Model	Coefficients ^a				t	Sig.
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			
	B	Std. Error	Beta			
(Constant)	17.575	3.701		4.749	.000	
1 TX.1	.146	.079	.180	1.834	.040	
TX.2	.257	.124	.204	2.075	.035	

a. Dependent Variable: T.Y

Sumber : Hasil Olah Data SPSS Versi 25 tahun 2023

Pada variabel bebas Keselamatan Kerja (X_1) menghasilkan nilai Sig. $0,040 < 0,05$ sehingga terdapat pengaruh secara parsial antara variabel bebas Keselamatan Kerja (X_1) dengan variabel terikat Produktivitas Kerja (Y). Sedangkan untuk variabel bebas Kesehatan Kerja (X_2) menghasilkan nilai Sig. $0,035 < 0,05$ sehingga terdapat pengaruh secara parsial antara variabel Kesehatan Kerja (X_2) dengan variabel terikat Produktivitas Kerja (Y).

3.7. Hasil Uji f

Pada tahapan uji hipotesis kali ini, akan diuji variabel bebas berpengaruh secara simultan terhadap variabel terikat, dengan melihat perbandingan nilai f hitung dengan tabel f. Jika nilai f hitung lebih besar dari nilai f tabel, maka ada pengaruh antar variabel bebas dengan variabel terikat.

Tabel 9. Hasil Uji f

Model	ANOVA ^a				
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	108.815	2	54.407	5.932	.004 ^b
1 Residual	981.449	107	9.172		
Total	1090.264	109			

a. Dependent Variable: T.Y

b. Predictors: (Constant), TX.2, TX.1

Sumber : Hasil Olah Data SPSS Versi 25 tahun 2023

Dari hasil uji f melalui *software* SPSS diatas dapat diketahui bahwa nilai F-hitung lebih besar dari nilai F-tabel sebesar $5,932 > 3,08$.

Sedangkan untuk nilai Sig. dihasilkan $0,004 < 0,05$ maka dilihat dari nilai F-hitung dan nilai Sig. yang berarti bahwa kedua variabel bebas Keselamatan Kerja dan Kesehatan Kerja memiliki pengaruh secara simultan dengan variabel terikat Produktivitas Kerja.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan yang sudah disajikan sebelumnya. Maka dapat ditarik beberapa kesimpulan dalam penelitian kali ini, antara lain :

Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menggunakan metode *HIRADC* terhadap Produktivitas Kerja diperoleh model persamaan regresi $Y = 17,625 + 0,146 X_1 + 0,257 X_2$ dengan tingkat korelasi R sebesar 0,316 dan nilai R *square* adalah sebesar 10%.

Berdasarkan uji t atau uji hipotesis secara parsial, maka dapat dilihat bahwa penerapan nilai Sig. Keselamatan Kerja (X_1) yaitu $0,040 < 0,05$ dan untuk nilai Sig. variabel bebas Kesehatan kerja (X_2) yaitu $0,035 < 0,05$ sehingga kedua variabel bebas tersebut terdapat pengaruh secara parsial dengan variabel terikat Produktivitas Kerja (Y).

Berdasarkan hasil uji f atau uji hipotesis secara simultan dihasilkan nilai Sig. $0,004 < 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa variabel bebas Keselamatan Kerja (X_1) dan Kesehatan Kerja (X_2) memiliki pengaruh secara simultan dengan variabel terikat Produktivitas Kerja (Y).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iriandi, H. N. (2022). *Pengaruh Penerapan K3 Menggunakan Indikator Hiradc Terhadap Produktivitas Kerja (Studi Kasus PT. Wijaya Karya Industri dan Konstruksi Proyek Pekerjaan Tanah Jalan Tol Cisumdawu Sumedang)*. Purwokerto : Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- [2] Hasan, F. (2022). *Pengaruh Penerapan Safety Talk Terhadap Kepatuhan Pekerja pada Proyek Peningkatan Jaringan Irigasi Sempor Kabupaten Kebumen*. Purwokerto : Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- [3] Ameiliawati, R. (2022). *Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan Metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control) di Area Plant-Warehouse Implementation of Occupational Safety and Health with The HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessmen*. Surabaya : Universitas Airlangga.
- [4] Hayati, D. (2020). *Identifikasi Resiko Bahaya Di Pergudangan Dengan Menggunakan Hiradc*. Jakarta Selatan : Politeknik APP Jakarta.
- [5] Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: CV. Alfabeta.
- [6] Ghozali, I. (2011). *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 19*, Semarang : Universitas Diponegoro.

PENGARUH IMPLEMENTASI ISO 9001:2015 TERHADAP RISIKO MUTU PADA PROYEK KPBU

THE EFFECT OF ISO 9001:2015 IMPLEMENTATION ON QUALITY RISK IN PPP PROJECTS

Puti Ayu Faras Madani¹, Hari Purwanto²

^{1,2}Program Studi D4 Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta

Informasi Artikel

Dikirim, 25 Agustus 2023
Direvisi, 24 Juli 2024
Diterima, 26 Juli 2024

Korespondensi Penulis:

Puti Ayu Faras Madani
Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. DR. G.A Siwabessy,
Depok, Indonesia, 16425
Email: 17putiayu@gmail.com

ABSTRAK

Dengan adanya skema KPBU dibidang konstruksi ditujukan untuk menciptakan upaya dalam memenuhi kebutuhan dalam penyediaan infrastruktur di Indonesia. Upaya tersebut beriringan dengan adanya identifikasi risiko yang mungkin atau akan terjadi sehingga dapat dikenali dan dinilai terlebih dahulu. Untuk mengendalikan risiko yang ada maka dijalankannya sistem manajemen mutu yang baik. Salah satu bentuk sistem manajemen mutu adalah menggunakan ISO 9001:2015. Namun dalam penerapannya tidak terlepas dari risiko – risiko yang akan mempengaruhi mutu konstruksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat penerapan sistem manajemen mutu dengan ISO 9001:2015, mengetahui faktor risiko mutu yang mempengaruhi mutu konstruksi, dan menganalisa penanganan risiko sesuai dengan matriks risiko pada proyek KPBU. Penelitian ini menggunakan metode kuesioner dan studi literatur. Dalam mengolah data penelitian menggunakan SPSS dan excel serta uji validitas, reliabilitas, statistik deskriptif, uji asumsi klasik, analisa regresi berganda dan uji hipotesis. Hasil dari analisa didapatkan bahwa tingkat dari penerapan ISO 9001:2015 sebesar 82.81% yang digolongkan pada katagori sangat baik. Untuk faktor risiko yang mempengaruhi mutu adalah perencanaan dengan nilai 8.41 dalam katagori tinggi. Variabel sistem manajemen mutu diuji secara simultan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap risiko mutu konstruksi. Pada variabel risiko mutu konstruksi memiliki nilai dominan dipengaruhi sebesar 60.2% oleh variabel ISO 9001:2015

Kata Kunci : ISO 9001:2015, KPBU, Risiko Mutu

ABSTRACT

With the existence of a PPP scheme in the construction sector, the intention is to make efforts to meet the infrastructure needs in Indonesia. These efforts go hand in hand with the identification and assessment of risks that may or will occur. To control the existing risks, a good quality management system is implemented. One form of a quality management system is ISO 9001:2015. However, in its application, it is inseparable from the risks that will affect the quality of construction. The purpose of this study is to determine the level of implementation of the quality management system with ISO 9001:2015, identify the quality risk factors that affect construction quality, and analyze risk management according to the risk matrix in the PPP project. This study used the questionnaire method and a literature review. In the process of research, data were analyzed using SPSS and Excel, and the validity, reliability, descriptive statistics, classical assumption test, multiple regression analysis, and hypothesis testing were performed. The results of the analysis found that the level of application of ISO 9001:2015 was 82.81%, which was classified in the very good category. For risk factors that affect quality, planning scored 8.41 in the high category. The quality management system variables tested simultaneously have a significant influence on construction quality risk. The construction quality risk variable has a dominant value influenced by 60.2% of the ISO 9001:2015 variable

Keyword : ISO 9001:2015, PPP, Quality Risk

1. PENDAHULUAN

Pembangunan jalan tol ini sebuah bentuk peningkatan infrastruktur mutu di Indonesia yang saat ini berada pada posisi 34 dari 137 negara berdasarkan survei UNINDO pada tahun 2022[1]. salah satunya Proyek Pembangunan Jalan Tol X merupakan proyek Strategis Nasional dengan Skema KPBU sistem BOT dengan masa konsensi proyek selama 35 tahun. Saat ini proyek masih dalam masa konstruksi yang sudah mencapai progress 75% per Desember 2022 yang dimana ditarget kan beroperasi pada pertengahan 2023, namun sampai saat ini Agustus 2023 masih belum proyek tersebut masih belum bisa beroperasi. Dengan ketidakpastiaan pengoperasian akan meningkatkan berbagai risiko.

Dalam menentukan kesuksesan proyek bisa ditinjau dari sistem manajemen mutu yang diterapkan, salah satunya dengan adanya ISO 9001:2015 dapat untuk mengendalikan agar mutu produk atau jasa dapat berkembang dan berkelanjutan dengan cara meningkatkan kepuasan pelanggan serta mengurangi dampak dari risiko yang tidak terduga. Risiko akan mempengaruhi berlangsung pekerjaan konstruksi dari segi biaya, waktu, dan mutu. Untuk mengatasi terjadinya risiko maka dibutuhkan manajemen risiko yang baik. Tahapan dalam manajemen risiko dapat dimulai dari mengidentifikasi risiko, menganalisa, risiko, menangani risiko dan monitor terhadap penanganan yang sudah dilakukan.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat penerapan yang sudah dilakukan dan menganalisis faktor risiko yang akan mempengaruhi mutu selama konstruksi tersebut serta menganalisa penanganan berdasarkan acuan alokasi risiko kpbu tahun 2022.

1.1. Skema KPBU

Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha KBPU merupakan sebuah upaya kerjasama untuk memenuhi kebutuhan pendanaan dalam penyediaan infrastruktur[2] dalam penanganan risiko dilakukan kepada pihak yang mampu mengelola atau memiliki biaya terendah dalam penanganan risiko[3]. dalam menangani risiko tersebut diidentifikasi sebelum masa konstruksi dan tertuang pada perjanjian KPBU proyek. Risiko Proyek jalan tol KPBU juga dibuat terstruktur dengan adanya matriks risiko sebagai berikut.

Tabel 1. Matriks Risiko KPBU

Kategori Risiko	Penanggung Jawab
Risiko Lokasi	Publik
Risiko Desain, Konstruksi, dan Uji Operasi	Badan Usaha
Risiko Finansial	Badan Usaha atau Publik
Risiko Operasi	Badan Usaha atau Publik
Risiko Pendapatan	Badan Usaha atau Publik
Risiko Konektivitas Jaringan	Badan Usaha atau Publik
Risiko Interface	Badan Usaha atau Publik
Risiko Politik	Publik
Risiko Force Majeure	Bersama
Risiko Kepemilikan aset	Badan Usaha

Sumber: PT. Penjamin Infrastruktur Indonesia, 2022

1.2. Risiko Mutu

Risiko adalah merupakan sebuah akibat proses yang sedang dilakukan atau yang akan datang baik secara positif ataupun negatif, namun seringnya risiko sebagai suatu yang negatif. Pengertian lain dari risiko adalah kejadian-kejadian yang berpotensi untuk terjadi yang mungkin dapat menimbulkan kerugian pada suatu Perusahaan[4] Berdasarkan faktor risiko mutu dilakukan oleh penelitian sebelumnya didapatkan 5 faktor yaitu sebagai berikut [5] (1) Sumber Daya Manusia, (2) Material dan Peralatan, (3) Keuangan,(4) Perencanaan, (5) Pengawasan Lapangan

1.3. ISO 9001:2015

ISO 9001:2015 merupakan suatu standar internasional sebagai standar manajemen mutu yang berisikan persyaratan yang harus dipenuhi oleh organisasi untuk meningkatkan sistem manajemen mutu. Adanya sistem ini untuk menyamakan sistem manajemen yang ada, menyelaraskan dokumen sesuai standar. [6]

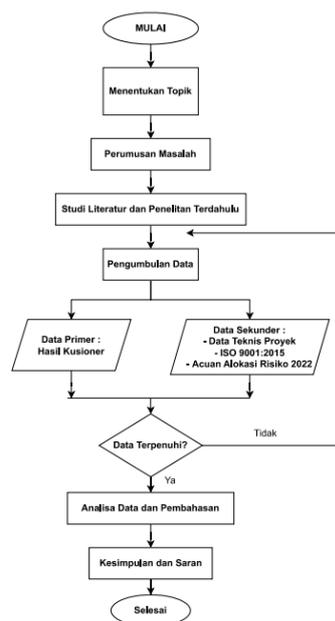
1. Klausul 4: Konteks organisasi
2. Klausul 5: Kepemimpinan
3. Klausul 6: Perencanaan
4. Klausul 7: Dukungan
5. Klausul 8: Operasi
6. Klausul 9: Evaluasi kinerja

7.Klausul 10: Peningkatan

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu dikatakan bahwa sistem manajemen mutu ISO 9001:2015 dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dan pengurangan waktu[7]penelitian lainnya menyatakan ISO 9001 memiliki pengaruh terhadap risiko mutu dengan faktor risiko mutu terbesar yaitu sumber daya manusia[8].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Proyek X dan dilakukan secara literatur dari penelitian terdahulu yang terkait. Data yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer dilakukan dengan penyebaran kuesioner kepada 30 responden yang terdiri dari Pimpinan Proyek, Tim Pengendalian, ahli, QSHE, dan Operational. Kuesioner terdiri dari 2 variabel yaitu ISO 9001:2015 sebagai variabel bebas dengan 27 pertanyaan dan menggunakan skala likert yaitu. Variabel terikat adalah risiko mutu dengan 20 pertanyaan dengan menggunakan indikator kemungkinan dan menggunakan indikator dampak [12]. Sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data teknis proyek, ISO 9001:2015, dan Acuan Alokasi risiko 2022.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dalam menganalisis data penelitian berikut Langkah yang dilakukan:

1. Analisa Data Responden
2. Analisa Penerapan ISO 9001:2015 dengan skala Likert
3. Analisa besaran risiko mutu dengan indikator kemungkinan dan dampak [10]
4. Uji instrument, Suatu penelitian harus valid dan reliabel, maka dilakaukan uji validitas dan reliabilitas
 - a. Uji Validitas, dengan adanya uji validitas untuk mengetahui valid atau tidaknya kuesioner. Peneliti menggunakan syarat nilai signifikansi (ρ) < α (0,05) maka pernyataan dinyatakan valid
 - b. Uji Reliabilitas, dengan uji reliabilitas dapat diketahui suatu kuesioner realibel dimana jawaban responden konsisten terhadap pertanyaan dari waktu ke waktu. Peneliti menggunakan nilai *Cronbach's Alpha* dengan klasifikasi sebagai berikut.

Tabel 2. Klasifikasi Nilai Cronbach's Alpha

Koefisien	Tingkat Reliabilitas
0,00 - 0,20	Tidak Reliabel
0,021 - 0,40	Kurang Reliabel
0,41 - 0,60	Cukup Reliabel
0,61 - 0,80	Reliabel
0,81 - 1,00	Sangat Reliabel

Sumber : Sugiyono, 2019

5. Analisa Statistik deskriptif, analisa dilakukan dengan deskriptif yaitu dengan menyajikan, menganalisa dan menginterpretasikan untuk menjawab penelitian berdasarkan data data-data yang sudah dikumpulkan [11]
6. Uji Asumsi Klasik
 - a. Uji Normalitas, dengan adanya uji normalitas untuk mengetahui data kedua variabel terdistribusi normal atau tidak, yaitu dengan syarat sig. $\alpha > 0,05$
 - b. Uji Linearitas, dengan adanya uji linearitas untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel yaitu dengan syarat *Sig Linearty* $> 0,05$
 - c. Uji Heteroksidastisitas, dengan adanya uji heteroksidastisitas untuk mengetahui varian *error* pada kedua variabel yaitu dengan syarat sig. $> 0,05$
 - d. Uji Multikolinearitas, dengan adanya uji multikolinearitas untuk mengetahui data tidak terdapat gejala multikolinearitas yaitu dengan syarat nilai $VIF > 10,0$
 - e. Uji Korelasi, dengan adanya uji korelasi untuk mengetahui hubungan kedua variabel, yaitu dengan syarat Sig. (2-tailed) $< 0,05$. atau nilai *Pearson Product Moment (r)* yang diklasifikasikan dalam tabel berikut

Tabel 3. Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,0 $< R \leq 0,199$	Sangat rendah
0,2 $< R \leq 0,399$	Rendah
0,4 $< R \leq 0,599$	Cukup
0,6 $< R \leq 0,799$	Kuat
0,8 $< R \leq 1,000$	Sangat kuat

- f. Analisa Regresi Berganda, dengan adanya analisa bergadana untuk mengetahui bagaimana pengaruh variabel ISO 9001:2015 terhadap Variabel Risiko Mutu yang dirumuskan dalam persamaan berikut

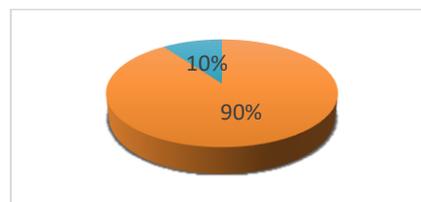
$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (1)$$

- g. Uji hipotesis
7. Uji Hipotesis
 - a. Uji F, dengan adanya uji F dapat mengetahui hubungan yang signifikan antara variabel ISO 9001:2015 terhadap variable risiko mutu, yaitu dengan syarat sig. $< 0,005$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima.
 - b. Uji Koefisien Determinasi, dengan adanya uji koefisien determinasi untuk mengetahui besar pengaruh variabel ISO 9001:2015 terhadap variable risiko mutu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

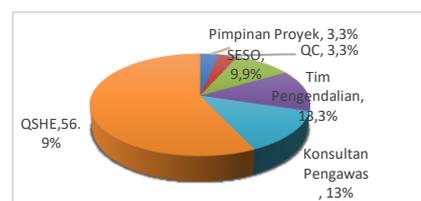
3.1. Analisa Data Responden

Data responden dikelompokkan berdasarkan jenis kelamin, posisi/jabatan, pengalaman kerja, dan Pendidikan terakhir.



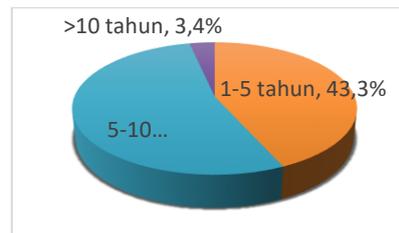
Gambar 2. Jenis Kelamin Responden

Dari grafik menunjukan bahwa responden terdiri dari 27 laki – laki (90%) dan 3 perempuan (10%).



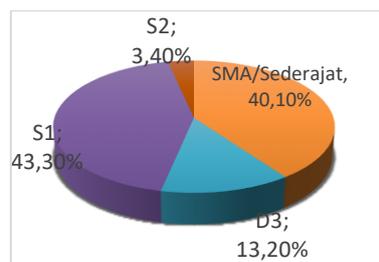
Gambar 3. Jabatan/Posisi Responden

Dari grafik diatas ditunjukkan bahwa data pada jabatan/ posisi terdiri dari 1 pimro (3,3%), 1 QC (3,3%), 3 SESO (9,9%), 4 Tim pengendalian (13,3%), Konsultan Pengawas (13,3%), dan 17 QSHE (56,9%).



Gambar 4. Pengalaman Kerja Responden

Dari grafik diatas ditunjukkan bahwa data responden berdasarkan pengalaman kerja terdiri dari 13 orang (43,3%) dengan pengalaman 1-5 tahun, 16 orang dengan pengalaman 5-10 tahun dan 1 orang dengan pengalaman >10 tahun.



Gambar 5. Pendidikan Terakhir Responden

Dari grafik diatas ditunjukkan bahwa data responden dengan kelompok pendidikan terakhir bahwa 12 orang dengan tingkatan SMA/Sederajat (43,1%), 4 orang dengan tingkat D3 (13,2%), 13 orang dengan tingkat S1 (43,4%), dan 1 orang dengan tingkat S2 (3,4%).

3.2. Analisa Besaran Penerapan ISO 9001:2015

Tabel 4. Besaran Penerapan ISO 9001:2015

Klausul	Nilai Penerapan
klausul 4	82.67%
Klausul 5	81.33%
klausul 6	82%
klausul 7	80.5%
klausul 8	81.78%
klausul 9	83.11%
klausul 10	88.27%
Rata-rata	82.81%

3.3. Analisa Besaran Resiko Mutu

Tabel 5. Besaran Tingkat Risiko Mutu

Variabel	Faktor Risiko Mutu	Risk Level	
		Nilai	Rata-rata
Sumber Daya Manusia	Y1.1	7.85	7.69
	Y1.2	7.66	
	Y1.3	7.65	
	Y1.4	7.37	
	Y1.5	7.93	
Material dan peralatan	Y2.1	7.18	7.89
	Y2.2	8.27	
	Y2.3	7.70	

	Y2.4	8.33	
	Y2.5	7.98	
Keuangan	Y3.1	7.77	
	Y3.2	8.38	8.16
	Y3.3	8.34	
Perencanaan	Y4.1	9.09	
	Y4.2	8.46	8.41
	Y4.3	7.70	
Pengawasan	Y5.1	8.34	
	Y5.2	8.00	
	Y5.3	8.12	7.93
	Y5.4	7.30	

Variabel Y.4.1 yaitu Proyek sudah memiliki gambar sesuai rencana detail memiliki nilai risiko tertinggi sebesar 9.09 yang dikategorikan sebagai tingkat tinggi. Dan untuk tingkat ke 5 variabel tingkat risiko berada di tingkat tinggi yang dimana proyek sudah berjalan dengan baik dengan variabel perencanaan menjadi faktor risiko terbesar pada Proyek X.

3.4. Uji Instrumen

Tabel 6. Hasil Uji Validitas Variabel X

Var	n	Sig(2-Tailed)	Var	n	Sig(2-Tailed)
X.1.1	30	0.010	X.5.1	30	0.001
X.1.2	30	0.004	X.5.2	30	0.033
X.1.3	30	0.000	X.5.3	30	0.001
X.1.4	30	0.000	X.6.1	30	0.000
X.2.1	30	0.000	X.6.2	30	0.000
X.2.2	30	0.001	X.6.3	30	0.000
X.2.3	30	0.000	X.7.1	30	0.001
X.3.1	30	0.000	X.7.2	30	0.001
X.3.2	30	0.000	X.7.3	30	0.004
X.3.3	30	0.000	X.7.4	30	0.009
X.4.1	30	0.000	X.7.5	30	0.026
X.4.2	30	0.001			
X.4.3	30	0.009			
X.4.4	30	0.027			
X.4.5	30	0.028			

Dari tabel 6. diatas menunjukkan data variabel X memiliki sig<0,05 maka data semua data dinyatakan valid.

Tabel 7. Hasil Uji Validitas Variabel Y

Var	n	Sig(2-Tailed)	Var	n	Sig(2-Tailed)
Y.1.1	30	0.001	Y.3.1	30	0.001
Y.1.2	30	0.000	Y.3.2	30	0.000
Y.1.3	30	0.004	Y.3.3	30	0.000
Y.1.4	30	0.001	Y.4.1	30	0.005
Y.1.5	30	0.006	Y.4.2	30	0.000
Y.2.1	30	0.004	Y.4.3	30	0.007
Y.2.2	30	0.019	Y.4.4	30	0.025
Y.2.3	30	0.011	Y.5.1	30	0.000
Y.2.4	30	0.040	Y.5.2	30	0.000
Y.2.5	30	0.007	Y.5.3	30	0.001

Dari tabel 7. diatas menunjukkan data variabel Y memiliki nilai sig < 0,05, maka data dinyatakan valid.

Tabel 8. Hasil Uji Realibilitas Variabel X

Reliability Statistic	
<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
0.918	27

Dari tabel 8. diatas menunjukkan bahwa nilai *cronbach's alpha* variabel X sebesar 0,918, maka nilai realibilitas sangat tinggi.

Tabel 9 Hasil Uji Realibilitas Variabel Y

Reliability Statistic	
<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
0.879	20

Dari tabel 9. diatas menunjukkan nilai *cronbach;s alpha* variabel Y sebesar 0,879, maka nilai realibilitas pada kondisi tinggi .

3.5. Uji Asumsi Klasik

- a. Uji Normalitas, Berdasarkan tabel 10. dapat disimpulkan bahwa data terdistribusi Normal, karena nilai sigma atau $\alpha > 0,05(5\%)$.

Tabel 10. Hasil Uji Normalitas	
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	
N	30
symp.sig(2-tailed)	0.189

- b. Uji Linearitas, Berdasarkan tabel 11. dapat disimpulkan bahwa data memiliki nilai deviation from linearity $>0,05$ yang berarti data memiliki hubungan linear antar kedua variabel.

Tabel 11. Hasil Uji Linearitas	
Linearitas	
Linearity	1
Deviation from Linearity	0.766

- c. Uji heteroskedastisitas Berdasarkan dari tabel 12. dapat disimpulkan bahwa model regresi tidak memiliki gejala heteroskedastisitas karena semua nilai Sig $>0,05$.

Tabel 12. Hasil Uji Heteroskedastisitas

Heteroskedastisitas	
Sig.	0.648

- d. Uji multikolinearitas, Berdasarkan dari tabel 13. diatas dilihat bahwa hanya semua variabel memiliki VIF $<10,0$ yang artinya tidak ada gejala multikolinearitas.

Tabel 13. Hasil Uji Multikolinearitas

Variabel	Collinearity Statistic	
	Tolerance	VIF
Klausul 4	0.386	2.590
Klausul 5	0.320	3.127
Klausul 6	0.387	2.585
Klausul 7	0.416	2.404
Klausul 8	0.400	2.498
Klausul 9	0.387	2.583
Klausul 10	0.479	2.086

- e. Uji Korelasi, Berdasarkan tabel 14. nilai Sig. (2-tailed) seluruh variabel X atau Sistem manajemen mutu ISO 9001:2015 $< 0,05$, yang berarti variabel sistem manajemen mutu iso 9001:2015 memiliki hubungan korelasi

dengan nilai pearson correlation setiap klausul berada pada 0.6 – 0.787 yang berarti memiliki hubungan kuat dengan variabel risiko mutu konstruksi.

Tabel 14. Hasil Uji Korelasi

Variabel	Correlations	Risiko Mutu
Klausul 4	Person Correltion	0.787
	Sig. (2-tailed)	0.000
Klausul 5	Person Correltion	0.807
	Sig. (2-tailed)	0.000
Klausul 6	Person Correltion	0.747
	Sig. (2-tailed)	0.000
Klausul 7	Person Correltion	0.667
	Sig. (2-tailed)	0.000
Klausul 8	Person Correltion	0.691
	Sig. (2-tailed)	0.000
Klausul 9	Person Correltion	0.752
	Sig. (2-tailed)	0.000
Klausul 10	Person Correltion	0.632
	Sig. (2-tailed)	0.000

f. Analisa Regresi Berganda.

Tabel 15. Hasil Analisa Regresi Berganda

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	36.776	14.200		2.590	0.017
Klausul 4	-0.374	0.733	-0.164	-0.511	0.615
Klausul 5	-0.314	0.882	-0.054	-0.153	0.880
Klausul 6	0.813	1.154	0.226	0.704	0.048
Klausul 7	0.490	0.775	0.196	0.632	0.023
Klausul 8	-1.441	1.151	-0.396	-1.252	0.224
Klausul 9	-0.266	1.094	-0.078	-0.243	0.810
Klausul 10	0.647	0.675	0.227	0.957	0.349

Berdasarkan tabel 15, diketahui nilai *constant* (*c*) sebesar 36.776 sehingga persamaan regresinya adalah :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + b_7X_7$$

$$Y = 36.776 - 0.374X_1 - 0.314X_2 + 0.813X_3 + 0.490X_4 - 1.441X_5 - 0.266X_6 + 0.647X_7$$

Persamaan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Hasil dari nilai *constant* adalah 36.776, artinya jika tidak terjadi perubahan variabel sistem manajemen mutu maka risiko mutu konstruksi pada Proyek X adalah sebesar 36.776.
2. Hasil dari nilai koefisien regresi klausul 4 adalah -0.374 artinya jika variabel klausul 4 (X_1) meningkat sebesar 1 unit dengan asumsi klausul 5, klausul 6, klausul 7, klausul 8, klausul 9, klausul 10, dan konstanta adalah 0, maka nilai risiko mutu konstruksi (Y) meningkat sebesar -0.374.
3. Pada Nilai koefisien regresi klausul 5 adalah -0.314, artinya jika variabel klausul 5 (X_2) meningkat sebesar 1 unit dengan asumsi klausul 4, klausul 6, klausul 7, klausul 8, klausul 9, klausul 10, dan konstanta adalah 0, maka nilai risiko mutu konstruksi (Y) meningkat sebesar -0.314.
4. Nilai koefisien regresi klausul 6 adalah 0.813, artinya jika variabel klausul 6 (X_3) meningkat sebesar 1 unit dengan asumsi klausul 4, klausul 5, klausul 7, klausul 8, klausul 9, klausul 10, dan konstanta adalah 0, maka nilai risiko mutu konstruksi (Y) meningkat sebesar 0.813.
5. Nilai koefisien regresi klausul 7 adalah 0.490, artinya jika variabel klausul 7 (X_4) meningkat sebesar 1 unit dengan asumsi klausul 4, klausul 5, klausul 6, klausul 8, klausul 9, klausul 10, dan konstanta adalah 0, maka nilai risiko mutu konstruksi (Y) meningkat sebesar 0.490.
6. Nilai koefisien regresi klausul 8 adalah 1.441, artinya jika variabel klausul 8 (X_5) meningkat sebesar 1 unit dengan asumsi klausul 4, klausul 5, klausul 6, klausul 7, klausul 9, klausul 10, dan konstanta adalah 0, maka nilai risiko mutu konstruksi (Y) meningkat sebesar 1.441.

7. Nilai koefisien regresi klausul 9 adalah -0.266, artinya jika variabel klausul 9 (X6) meningkat sebesar 1 unit dengan asumsi klausul 4, klausul 5, klausul 6, klausul 7, klausul 8, klausul 10, dan konstanta adalah 0, maka nilai risiko mutu konstruksi (Y) meningkat sebesar 0.226.
8. Nilai koefisien regresi klausul 10 adalah 0.647, artinya jika variabel klausul 10 (X7) meningkat sebesar 1 unit dengan asumsi klausul 4, klausul 5, klausul 6, klausul 7, klausul 8, klausul 9, dan konstanta adalah 0, maka nilai risiko mutu konstruksi (Y) meningkat sebesar 0.647.

3.6. Uji Hipotesis

a. Uji T dan F

Tabel 16. Hasil Uji T

Model	Sig.
Klausul 4	0.017
Klausul 5	0.880
Klausul 6	0.048
Klausul 7	0.023
Klausul 8	0.224
Klausul 9	0.810
Klausul 10	0.349

Berdasarkan tabel 4.44 didapatkan nilai signifikansi klausul 4, klausul 6, dan klausul 7 $< 0,05$, yang dimana artinya terdapat pengaruh antara klausul dengan risiko mutu konstruksi, sedangkan untuk nilai signifikan klausul 5, klausul 8, klausul 9, dan klausul 10 tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap risiko mutu.

Tabel 17. Hasil Uji F

	M	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	950.774	1	950.774	23.681	0.00 ^b
	Residual	1124.193	28	40.150		
	Total	2074.967	29			

Berdasarkan dari tabel diatas diperoleh nilai signifikan sebesar $0,000 < 0,005$, maka untuk H_0 di tolak dan H_A diterima yang berarti secara simultan (bersama-sama) sistem manajemen mutu ISO 9001: 2015 memiliki pengaruh terhadap risiko mutu konstruksi.

b. Uji Koefisien Determinasi

Tabel 18. Hasil Uji Koefisien Determinasi

Model Summary					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
1	0.776	0.602	6.130	0.602	

Berdasarkan hasil uji koefisien determinasi didapatkan bahwa nilai koefisien determinasi yaitu R Square sebesar 0,776 . Hal ini berarti variabel pada risiko mutu konstruksi dipengaruhi cukup dominan oleh sistem manajemen mutu sebesar 60.2%, dengan sisanya sebesar 39.8% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dibahas.

3.7. Hubungan Klausul dengan Prinsip Sistem Manajemen Mutu

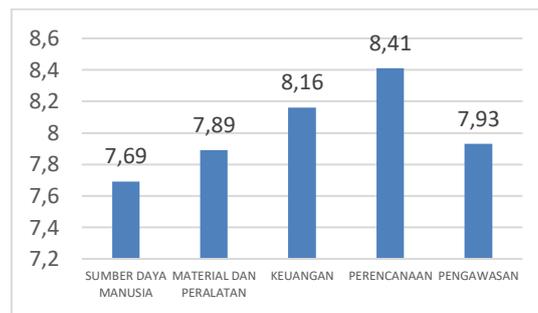
Dalam pengimplementasian ISO 9001:2015 harus berdasarkan prinsip sistem manajemen mutu. dan untuk hasil dari indikator setiap klausul maka semua indikator klausul sudah memenuhi prinsip pada sistem manajemen mutu yang dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 19. Hubungan Klausul ISO 9001:2015 dengan Prinsip Sistem Manajemen Mutu

Klausul	Nilai Penerapan	Prinsip yang Terpenuhi
klausul 4	82.67	- prinsip 4 (Prinsip Fokus ke Pelanggan) - Prinsip 7 (Manajemen Hubungan)
Klausul 5	81.33	- Prinsip 2 (Kepemimpinan) - Prinsip 4 (Pendekatan Poses)

Klausul	Nilai Penerapan	Prinsip yang Terpenuhi
klausul 6	82	-Prinsip 4 (Pendekatan Proses) -Prinsip 7 (Peningkatan)
klausul 7	80.5	- Prinsip 3 (Keterlibatan Orang) - Prinsip 4 (Pendekatan Proses)
klausul 8	81.78	- Prinsip 5 (Peningkatan) - Prinsip 1 (Fokus ke Pelanggan)
klausul 9	83.11	- Prinsip 6 (Pengambilan Keputusan Berdasarkan Bukti) - Prinsip 5 (Peningkatan) - Prinsip 4 (Pendekatan Proses)
klausul 10	88.27	- Prinsip 5 (Peningkatan) - Prinsip 6 (Pengambilan Keputusan Berdasarkan Bukti)
Rata-rata	82.81	

3.8. Pembahasan Risiko Mutu Konstruksi



Gambar 6. Diagram Batang Risiko Mutu

Berdasarkan analisa yang dilakukan pada variabel Y (Risiko Mutu) yang sangat mempengaruhi mutu konstruksi adalah variabel Perencanaan dengan nilai 8.41 yang dimana berada pada level Tinggi berdasarkan tabel matriks risiko. Dan untuk nilai terbesar pada pernyataan risiko mutu adalah pada variabel Y.4.1 yaitu variabel Perencanaan dengan Pernyataan “Proyek X Sudah Memiliki gambar sesuai rencana detail” yang dimana nilainya adalah sebesar 9,09 yang berada kondisi Tinggi.

3.9. Pembahasan Matriks Risiko KPBU

Dalam Penelitian ini Variabel Risiko mutu juga memiliki Faktor Keuangan dan Perencanaan yang mengacu pada matriks Risiko Desain, Konstruksi, dan Uji Operasional yang dimana sudah memiliki mitigasi sesuai dengan acuan alokasi risiko pada yang sudah ada yaitu sebagai berikut:

1. Pada variabel Y.3.1 memiliki nilai risiko yaitu sebesar 7.77 dengan kondisi risiko Tinggi dengan pernyataan “Proyek X Memiliki biaya yang tidak terduga pada selama masa konstruksi” yang dimana risiko ini akan ditanggung oleh pihak Badan Usaha. Penangan pada risiko mutu tersebut dapat didasarkan pada mitigasi pada matriks risiko yaitu bisa berupa mengakomodir eskalasi harga di dalam kontrak serta berhubungan baik dengan *supplier* (vendor)
2. Pada variabel Y.4.1 memiliki nilai risiko sebesar 9,09 dan menjadi variabel dengan nilai tertinggi secara keseluruhan dengan kondisi risiko Tinggi dengan Pernyataan “Proyek X sudah memiliki Gambar sesuai rencana detail” yang dimana risiko ini akan menjadi tanggung jawab oleh pihak Badan Usaha. Sesuai risiko maka mitigasi yang dilakukan bisa pada tahap pra-konstruksi dan konstruksi, risiko ini dapat dilakukan penanganan berdasarkan mitigasi pada matriks risiko yaitu dengan klasifikasi yang jelas saat tender, memiliki kapasitas desain yang baik, dengan adanya sumber daya atau konsultan desain yang berkualitas serta dokumen tersaji dengan jelas hingga hal ini juga bisa mengurangi biaya konstruksi
3. Pada variabel Y.4.4 memiliki nilai risiko dengan 7,30 dengan kondisi risiko yang juga Tinggi dengan pernyataan “Proyek X pernah terdapat ketidaksesuaian pelaksanaan dalam perencanaan konstruksi” yang dimana risiko ini menjadi tanggung jawab Pihak Badan Usaha. Penanganan risiko tersebut dapat didasari mitigasi pada matriks risiko, yaitu dengan melakukan amandemen kontrak dan mengakomodir eskalasi perubahan yang terjadi karena adanya perubahan ruang lingkup pekerjaan untuk penyiapan proyek demi memenuhi kebutuhan masyarakat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa penelitian terhadap 30 responden mengenai pengeimplementasian sistem manajemen mutu ISO 9001:2015 yang memberi pengaruh pada mutu di Proyek KPBU (Studi Kasus : Proyek X), maka dapat disimpulkan sebagai bahwa untuk nilai besaran pengimplementasian ISO 9001:2015 yaitu sebesar 82.81% yang dimana termasuk dalam kondisi penerapan yang sangat baik yaitu dengan *range* 81% -100%. Hasil keseluruhan klausul – klausul bernilai sangat baik dan sudah memenuhi prinsip dari sistem manajemen mutu yang ada.

Pada risiko mutu faktor – faktor yang mempengaruhi konstruksi didapatkan dari hasil studi literatur dengan penelitian terdahulu, yaitu pada 5 variabel faktor Sumber Daya Manusia, Material dan Peralatan, Keuangan, Perencanaan, dan Pengawasan dengan jumlah pernyataan sebanyak 20 buah. Nilai risiko mutu didapatkan dengan nilai keseluruhan variabel berada pada kondisi Tinggi, artinya Proyek X sudah tanggap dalam mengendalikan tingkat risiko mutu konstruksi .

Pada risiko mutu dengan variabel Keuangan dan Perencanaan dapat melakukan penanganan dengan mengacu mengacu pada matriks risiko pada proyek KPBU yaitu Risiko Desain, Konstruksi, dan Uji operasi yang dimana memiliki mitigasi risiko yang sesuai alokasi risiko KPBU tahun 2022 dan risiko tersebut menjadi tanggung jawab pada Badan Usaha.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. S. Nasional, “Infrastruktur Mutu Indonesia Siap Dukung ASEAN Jadi Epicentrum of Growth,” Badan Standardisasi Nasional, 11 Maret 2023.
- [2] E. N. Surachman, *Dinamika Penyiapan Proyek Kerja Sama Pemerintah dan Badan Usaha di Indonesia*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2020.
- [3] PT. P. I. Indonesia, “Acuan Alokasi Risiko KPBU 2022”.
- [4] I. 9001:2015, SNI ISO 9001:2015.
- [5] B. S. Nasional, “Manajemen Risiko Berbasis SNI ISO 31000.”
- [6] BSN, SNI ISO 9001:2015.
- [7] S. M. Reni Maralis dan S. M. Aris Triyono, *Manajemen Risiko*. Yogyakarta: CV Budi Utama, 2019.
- [8] S. Malasyi, A. Rauzana, dan A. Rauzana, “Analisa Faktor-Faktor Risiko yang Mempengaruhi Kinerja Mutu pada Proyek Konstruksi di Aceh Utara,” *Teras Jurnal*, 2021.
- [9] I. O. for Standardization, ISO 9001:2015. 2015.
- [10] G. Y. Abbasi dan Q. A. Nagrash, “Implementation of ISO 9001:2015 Quality Management System in First-Class Construction Contractors- Case of Jordan,” *IEEE Xplore*, 2022.
- [11] A. Kevin, “Pengaruh Penerapan Sistem Manajemen Mutu ISO 9001:2015 Terhadap Risiko Mutu Kontruksi,” *Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta*, 2022.
- [12] Haryanto, *Pelatihan Manajemen Berbasis Risiko 31000:2018*. BSN, 2018.
- [13] S. P. Wacaksono, “Analisis Penerapan Sistem Manajemen Mutu ISO 9001:2015 Terhadap Kinerja Biaya Mutu Pada Proyek UIN Sulthan Thaha Saidun Jambi,” *Jurnal Imiah Rekasya Sipil*, 2021.
- [14] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitati, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: ALFABETA, 2019.

ANALISIS KARAKTERISTIK KECELAKAAN LALU LINTAS DI SEPANJANG JALAN JENDERAL GATOT SUBROTO - WANAREJA, CILACAP

AN ANALYSIS ON TRAFFIC ACCIDENT CHARACTERISTICS ALONG JENDERAL GATOT SUBROTO - WANAREJA ROAD, CILACAP

Gagah Radja Tunjung Seto¹, Sulfah Anjarwati², Cremona Ayu Novita Sari³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 3 Januari 2024
Direvisi, 24 Juli 2024
Diterima, 26 Juli 2024

Korespondensi Penulis:

Gagah Radja Tunjung Seto
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
JL. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email: grts103@gmail.com

ABSTRAK

Semakin bertambahnya jumlah penduduk berbanding lurus dengan kebutuhan akan transportasi dan ini merupakan salah satu faktor penyebab dari tingginya jumlah kecelakaan lalu lintas. Pada sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja sering terjadi kecelakaan, bahkan hampir setiap bulan sekali diprediksi terjadi kecelakaan di jalan tersebut. Dengan seringnya kejadian kecelakaan lalu lintas inilah yang mendasari tujuan penelitian ini untuk mengetahui faktor kelengkapan jalan yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan lalu lintas dan mengetahui titik rawan kecelakaan lalu lintas (*black spot*) tertinggi di sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja. Metode yang digunakan adalah melakukan observasi ke lapangan dengan mengisi formulir tabel kelengkapan jalan dan menganalisis data kecelakaan yang di peroleh dari Satlantas Mergo dengan Teknik Cusum (*Cumulative Summary*). Hasil analisis menunjukkan ada beberapa faktor kelengkapan jalan yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan lalu lintas, yaitu tidak ada rambu peringatan (kurangi kecepatan), kurangnya rambu persimpangan atau tidak adanya rambu bersinyal, minimnya rambu lalu lintas saat akan melintasi tikungan dan kurangnya penerangan jalan umum. Titik rawan kecelakaan lalu lintas (*black spot*) tertinggi di sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja menurut perhitungan Cusum (*Cumulative Summary*) berada di Segmen 4 (STA 3+100 - STA 4+100) yaitu sebanyak 14 kejadian kecelakaan lalu lintas dari tahun 2020 - 2022.

Kata Kunci : Kecelakaan lalu lintas, Kelengkapan jalan, *Black spot*, Cusum

ABSTRACT

The increasing population is directly proportional to the need for transportation and this is one of the factors causing the high number of traffic accidents. Along the road General Gatot Subroto - Wanareja accidents often occur, even almost every month is predicted to occur on the road. With the frequent occurrence of traffic accidents, this is what underlies the purpose of this study to determine the road completeness factors that affect the occurrence of traffic accidents and determine the highest traffic accident prone points (black spots) along the General Gatot Subroto - Wanareja road. The method used is to make observations to the field by filling out the road completeness table form and analyzing accident data obtained from the Mergo Traffic Unit with the Cusum (Cumulative Summary) Technique. The results of the analysis show that there are several road completeness factors that affect the occurrence of traffic accidents, namely no warning signs (reduce speed), lack of intersection signs or absence of signaling signs, lack of traffic signs when going around corners and lack of public street lighting. The highest black spot along the General Gatot Subroto - Wanareja road according to the Cusum (Cumulative Summary) calculation is in Segment 4 (STA 3+100 - STA 4+100), which is 14 traffic accidents from 2020 - 2022.

Keyword : Traffic accidents, Road equipment, Black spots, Cusum

1. PENDAHULUAN

Perkembangan transportasi yang pesat secara tidak langsung akan memperbesar resiko tumbuhnya permasalahan lalu lintas. Kecelakaan lalu lintas adalah suatu peristiwa di jalan raya tidak diduga dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia dan kerugian harta benda [1]. Kecelakaan lalu lintas umumnya terjadi karena berbagai faktor penyebab seperti pelanggaran atau tindakan tidak hati - hati para pengguna (pengemudi dan pejalan kaki), kondisi jalan, kondisi kendaraan, cuaca dan pandangan yang terhalang [2].

Pelanggaran lalu lintas yang cukup tinggi serta kepemilikan kendaraan pribadi yang semakin hari semakin meningkat, hal ini secara tidak langsung akan memicu terjadinya kecelakaan lalu lintas. Semakin bertambahnya jumlah penduduk berbanding lurus dengan kebutuhan akan transportasi dan ini merupakan salah satu faktor penyebab dari tingginya jumlah kecelakaan lalu lintas. Selain itu kecelakaan lalu lintas dipengaruhi oleh perangkat pengatur lalu lintas [3] dan juga geometrik jalan [4]. Kecelakaan lalu lintas menjadi indikator utama dalam menentukan tingkat keselamatan jalan raya [5].

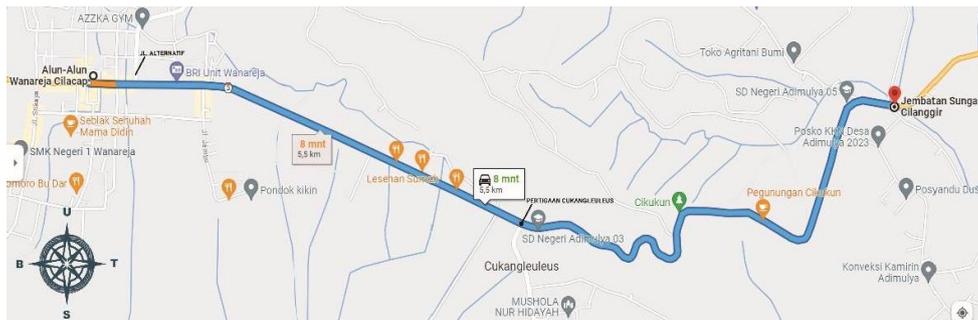
Kecamatan Wanareja yang terletak di Kabupaten Cilacap memiliki penduduk 107,057 jiwa dan luas daerah 195,92 Km² [6], Kecamatan ini merupakan jalan utama lintas provinsi antara Jawa Tengah dan Jawa Barat yang menghubungkan antara Kota Cilacap dengan Kota Banjar Patroman. Pada sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto yang terletak di pusat Kecamatan Wanareja ini sering terjadi kecelakaan, bahkan hampir setiap bulan sekali terjadi kecelakaan lalu lintas di sepanjang jalan ini juga mempunyai satu medan jalan yang berbukit dengan banyak tikungan tajam (cikukun) yangberpotensi besar terjadinya kecelakaan lalu lintas, hal itu disebabkan kondisi di sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto – Wanareja bagus dan lebar, namun disisi lain rambu - rambu lalu lintas belum cukup lengkap.

Penelitian ini untuk mengetahui faktor kelengkapan jalan yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan lalu lintas dan mengetahui titik rawan kecelakaan lalu lintas (black spot) tertinggi di sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto – Wanareja.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Jalan Jenderal Gatot Subroto-Wanareja dimulai dari STA 0+000 sampai dengan STA 5+500.



Gambar 1. Jalan Jenderal Gatot Subroto-Wanareja

Sumber : Google Maps, 2023

2.2. Data Penelitian

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Data primer

Data primer diambil secara langsung dilapangan yang berkaitan dengan kecelakaan lalu lintas, meliputi :

- a) Data jumlah rambu lalu lintas beserta tipenya dan marka yang terdapat di lokasi rawan kecelakaan (black spot).
- b) Kondisi geometrik di sekitar ruas jalan tersebut, yaitu yang ditinjau berupa tipe jalan, panjang jalan, lebar jalan, kondisi medan, pengaman tepi, jenis perkerasan, drainase, marka jalan dan jumlah jalur maupun lajur.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data - data yang diperoleh dari instalasi terkait berupa Data kejadian kecelakaan yang diperoleh dari Satlantas Mergo - Cilacap. Lalu data tersebut dikelompokkan menurut lokasi kecelakaan, waktu terjadinya kecelakaan, dan lain – lain.

2.3. Analisis Data Kecelakaan Lalu Lintas

1. Melakukan identifikasi kelengkapan jalan di sepanjang Jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja, dengan cara mengecek kelengkapan jalan tersebut menggunakan formulir yang sudah disiapkan.
2. Melakukan analisis kondisi geometrik jalan di sepanjang Jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja.
3. Melakukan analisis potensi kecelakaan lalu lintas di sepanjang Jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja berdasarkan jumlah kejadian, jenis kendaraan, jumlah kejadian tiap segmen, dan lokasi kejadian.
4. Menentukan titik rawan kecelakaan (*black spot*) dengan melakukan pemeringkatan. Langkah ini terlebih dahulu menggunakan metode Cusum (*Cumulative Summary*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Kelengkapan Jalan

Data tabel 1. ini adalah data kelengkapan rambu lalu lintas dari arah barat ke timur di sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja dari STA 0+000 - STA 5+500.

Tabel 1. Hasil Identifikasi Kelengkapan Jalan

Segmen	STA	Kelengkapan Jalan	Kondisi Rambu			Posisi	
			Baik	Rusak	Tidak Ada	Kanan	Kiri
1	0+000 - 0+100	- Rambu Peringatan			✓		
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	0+100 - 0+200	- Rambu Peringatan			✓		
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	0+200 - 0+300	- Rambu Persimpangan	✓				✓
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	0+300 - 0+400	- Rambu Persimpangan			✓		
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	0+400 - 0+500	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	0+500 - 0+600	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	0+600 - 0+700	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Rambu Tikungan	✓				✓
	0+700 - 0+800	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
- Penerangan Jalan Umum			✓		✓		
0+800 - 0+900	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓		
	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓		
0+900 - 1+000	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓		
	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓		
1+000 - 1+100	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓		
	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓		
2	1+100 - 1+200	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	1+200 - 1+300	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	1+300 - 1+400	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	1+500 - 1+600	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	1+600 - 1+700	- Rambu Peringatan			✓		
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	1+700 - 1+800	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	1+800 - 1+900	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	1+900 - 2+000	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
- Penerangan Jalan Umum			✓		✓		
2+000 - 2+100	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓		
	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓		
3	2+100 - 2+200	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	2+200 - 2+300	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	2+300 - 2+400	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	2+400 - 2+500	- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum		✓		✓	
	2+500 - 2+600	- Rambu Persimpangan	✓				✓
		- Penerangan Jalan Umum	✓			✓	
	2+600 - 2+700	- Rambu Persimpangan	✓			✓	
		- Penerangan Jalan Umum	✓			✓	
	2+700 - 2+800	- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
		- Penerangan Jalan Umum	✓			✓	
	2+800 - 2+900	- Rambu tikungan	✓			✓	
- Penerangan Jalan Umum		✓				✓	
2+900 - 3+000	- Rambu tikungan	✓				✓	
	- Penerangan Jalan Umum	✓				✓	
3+000 - 3+100	- Rambu tikungan	✓				✓	
	- Penerangan Jalan Umum	✓				✓	

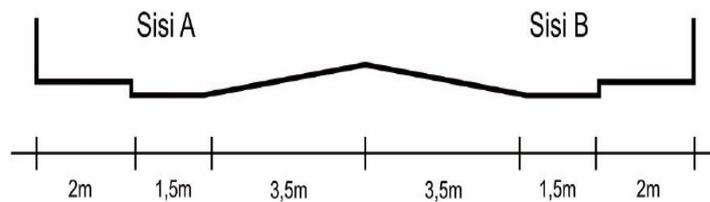
Segmen	STA	Kelengkapan Jalan	Kondisi Rambu			Posisi	
			Baik	Rusak	Tidak Ada	Kanan	Kiri
4	3+100 - 3+200	- Rambu tikungan	✓	✓		✓	
		- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
	3+200 - 3+300	- Rambu tikungan			✓		
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
	3+300 - 3+400	- Rambu tikungan			✓		
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
	3+400 - 3+500	- Rambu tikungan			✓		
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
	3+500 - 3+600	- Rambu tikungan			✓		
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
	3+600 - 3+700	- Rambu tikungan			✓		
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
	3+700 - 3+800	- Rambu tikungan			✓		
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
	3+800 - 3+900	- Rambu tikungan			✓		
		- Rambu tikungan	✓			✓	
	3+900 - 4+000	- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
5	4+100 - 4+200	- Rambu tikungan		✓			✓
		- Rambu tikungan	✓			✓	
	4+200 - 4+300	- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
	4+300 - 4+400	- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
	4+400 - 4+500	- Rambu tikungan		✓			✓
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
	4+500 - 4+600	- Rambu tikungan		✓			✓
		- Penerangan Jalan Umum		✓			✓
	4+600 - 4+700	- Rambu tikungan	✓			✓	
		- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
	4+700 - 4+800	- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
		- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
	4+800 - 4+900	- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
		- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
	4+900 - 5+000	- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
		- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
5+000 - 5+100	- Penerangan Jalan Umum	✓				✓	
	- Penerangan Jalan Umum	✓				✓	
6	5+100 - 5+200	- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
		- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
	5+200 - 5+300	- Rambu tikungan	✓				✓
		- Penerangan Jalan Umum	✓				✓
	5+300 - 5+400	- Rambu tikungan	✓				✓
- Penerangan Jalan Umum		✓				✓	
5+400 - 5+500	- Penerangan Jalan Umum	✓				✓	

Sumber : Hasil Survey, 2023

3.2. Geometrik Jalan

Ruas jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja mempunyai fungsi sebagai jalan utama lintas provinsi antara Jawa Tengah dan Jawa Barat atau yang menghubungkan antara Kota Cilacap dengan Kota Banjar Patroman. Dan jalan tersebut mempunyai kondisi geometrik jalan sebagai berikut :

- Tipe jalan : Jalan Nasional, 1 jalur 2 lajur, (2/2 UD)
- Kelas Jalan : Kelas III
- Panjang segmen jalan : 5,5 km
- Lebar jalur : 7 m
- Kondisi medan : Datar dan berbukit
- Pengaman tepi : Bahu (2 m)
- Jenis perkerasan : Aspal hotmix
- Drainase : Permukaan tanah
- Marka Jalan : Sudah Ada



Gambar 2. Geometrik Jalan
Sumber : Data Sekunder, 2023

3.3. Data Kecelakaan Lalu Lintas

1. Jumlah Kejadian Kecelakaan Lalu Lintas

Tabel 2. Kecelakaan Lalu Lintas

Tahun	Jumlah Kejadian
2020	14
2021	15
2022	17

Sumber : Satlantas Mergo - Cilacap, 2023

2. Jenis Kendaraan Yang Terlibat Kecelakaan

Tabel 3. Jenis Kendaraan Yang Terlibat Kecelakaan

Tahun	Motor	Mobil Penumpang	Truk	Pejalan Kaki
2020	18	8	1	6
2021	19	8	2	5
2022	24	2	1	2
Total	61	18	4	13

Sumber : Satlantas Mergo - Cilacap, 2023

3. Jumlah Kejadian Tiap Segmen

Tabel 4. Data Kecelakaan Tiap Segmen

Tahun	Segmen					
	1	2	3	4	5	6
2020	4	3	2	5	-	-
2021	3	2	6	4	-	-
2022	4	5	2	5	1	-
Jumlah Kecelakaan	11	10	10	14	1	-

Sumber : Analisis, 2023

4. Analisis Data Kecelakaan Lalu Lintas

- a) Mencari Nilai Mean (W)

Nilai Mean (W) adalah jumlah kecelakaan dibagi stasioning dikali waktu / periode, dimana jumlah kecelakaan yang terjadi di sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja tahun 2020 - 2022 sebanyak 46 kecelakaan, jumlah segmen 6 dan selama waktu 3 tahun yaitu dari tahun 2020 sampai 2022.

$$W = \frac{\sum Xi}{L \times T} = \frac{46}{6 \times 3} = 2,555$$

- b) Mencari Nilai Cusum Kecelakaan Tahun Pertama (So)

Nilai cusum kecelakaan tahun pertama (So) adalah jumlah kecelakaan tiap tahun per segmen (X1) dikurangi dengan nilai mean (W), dimana jumlah kecelakaan tahun pertama pada segmen pertama yang terjadi di sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja yaitu sebanyak 4 kecelakaan dan nilai mean 2,555.

$$\begin{aligned} SO &= (X1 - W) \\ &= (4 - 2,555) \\ &= 1,445 \end{aligned}$$

c) Mencari Nilai Cusum Tahun Selanjutnya (S1)

Nilai cusum kecelakaan untuk tahun pertama (So) sebesar (1,445), nilai jumlah kecelakaan tahun kedua (X1) pada segmen pertama yang terjadi di sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja sebanyak 3 kecelakaan dan nilai mean (W) sebesar 2,555.

$$\begin{aligned} S1 &= \{SO + (X1 - W)\} \\ &= \{1,445 + (3 - 2,555)\} \\ &= 1,89 \end{aligned}$$

Perhitungan Cusum dilakukan setiap tahun dari tahun 2020 sampai tahun 2022 pada setiap segmen. Hasil dari perhitungan cusum tersebut disajikan dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara nilai cusum dengan tahun terjadinya kecelakaan lalu lintas.

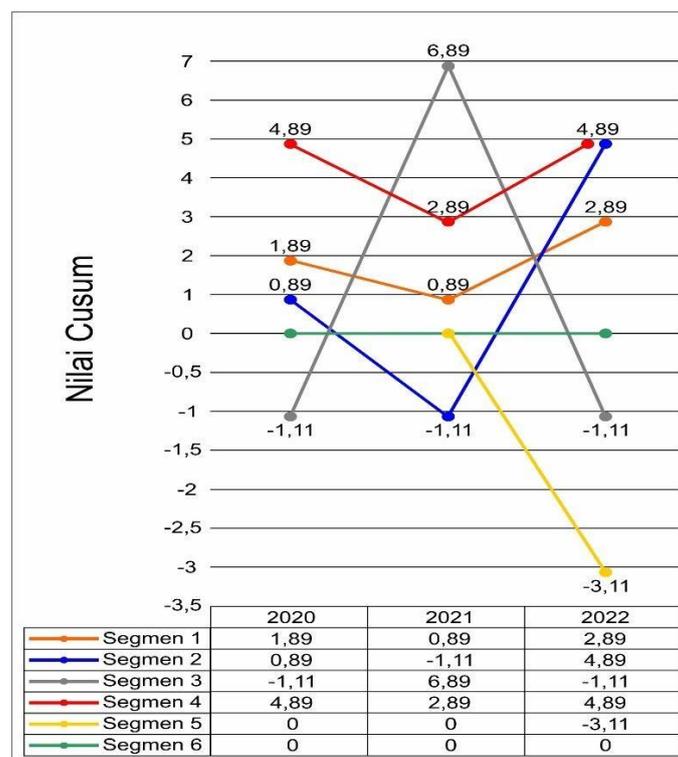
5. Analisis *Black Spot* Di Sepanjang Jalan Jenderal Gatot Subroto – Wanareja

Tabel 5. adalah hasil rekap dengan rumus Cusum (*Cumulative Summary*) dari tahun 2020 sampai 2022. Sedangkan gambar 2. memperlihatkan grafik hubungan antara tahun terjadinya kecelakaan dengan nilai cusum pada sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja. Dari grafik tersebut diketahui stasiun yang teridentifikasi sebagai lokasi rawan kecelakaan adalah Segmen 4 (STA 3+100 - STA 4+100).

Tabel 5. Rekap Cusum Tahun 2020 – 2022

Titik	Tahun	Jumlah Kecelakaan X1	W	So	S1
Segmen 1	2020	4	2,555	1,445	1,89
	2021	3	2,555	0,445	0,89
	2022	4	2,555	1,445	2,89
Segmen 2	2020	3	2,555	0,445	0,89
	2021	2	2,555	-0,555	-1,11
	2022	5	2,555	2,445	4,89
Segmen 3	2020	2	2,555	-0,555	-1,11
	2021	6	2,555	3,445	6,89
	2022	2	2,555	-0,555	-1,11
Segmen 4	2020	5	2,555	2,445	4,89
	2021	4	2,555	1,445	2,89
	2022	5	2,555	2,445	4,89
Segmen 5	2020	-	-	-	-
	2021	-	-	-	-
	2022	1	2,555	-1,555	-3,11
Segmen 6	2020	-	-	-	-
	2021	-	-	-	-
	2022	-	-	-	-

Sumber : Analisis, 2023



Gambar 3. Grafik Cusum Segmen 1 – Segmen 6

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan yaitu Faktor kelengkapan jalan yang menyebabkan terjadinya kecelakaan lalu lintas di sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto – Wanareja, antara lain tidak ada rambu peringatan (Kurangi Kecepatan), kurangnya rambu persimpangan atau tidak adanya rambu bersinyal, minimnya rambu lalu lintas saat akan melintasi tikungan, kurangnya penerangan jalan umum. Titik rawan kecelakaan lalu lintas (*black spot*) tertinggi di sepanjang jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja menurut perhitungan Cusum (*Cumulative Summary*) berada di Segmen 4 (STA 3+100 - STA 4+100) yaitu sebanyak 14 kejadian kecelakaan lalu lintas dari tahun 2020 - 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Republik Indonesia, 2009. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan. Jakarta; Pemerintah Republik Indonesia.
- [2] Pignataro, L. J. (1973). Traffic Engineering Theory And Practice, Prentice Hall, inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- [3] Perubahan Atas PM Perhubungan No. 34 Tahun 2014 Tentang Marka Jalan. (2018). Peraturan Menteri Perhubungan No. 67 Tahun 2018 Perubahan Atas PM Perhubungan No. 34 Tahun 2014 Tentang Marka Jalan. *Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 908*, 1–37.
- [4] Sukirman. (1999). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Nova.
- [5] Sari, C. A. N., & Afriandini, B. (2021). Analisa Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Guna Meningkatkan Keselamatan Jalan Di Kota Yogyakarta. *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(1), 37-42.
- [6] BPS Kabupaten Cilacap. (2021). Kabupaten Cilacap Dalam Angka 2021. *BPS Kabupaten Cilacap*, 1–398.
- [7] Google Maps. (2023). Jalan Jenderal Gatot Subroto - Wanareja.



CIVeng

JURNAL TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN

Sekretariat : Program Studi Teknik Sipil
Gedung Teknik Lt.1 Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. K. H. Ahmad Dahlan PO Box 202, Purwokerto 53182
Telp. 0281-636751 Ext.165
Email : jurnalciveng@ump.ac.id

