



**VOLUME 28**  
**No. 2 Juli 2023**

**ISSN : 2807 - 9418 (Print)**

**ISSN : 2598 - 2257 (Online)**

# JURNAL

## TEKNIK SIPIL DAN ARSITEKTUR

**PEMODELAN PERCEPATAN DURASI DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA PADA PEMBANGUNAN JALAN PROVINSI YOGYAKARTA**  
Muhammad Heri Zulfikar

**PREDIKSI SISA UMUR JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI DI RUAS JALAN PROVINSI YOGYAKARTA-BAKULAN KABUPATEN BANTUL**  
Anita Rahmawati, Arif Kurniawan

**PENGARUH ABU TULANG SAPI SEBAGAI BAHAN TAMBAH AGREGAT HALUS DALAM PEMBUATAN BETON READY MIX**  
Satria Agung Wibawa, Yuyu Sriwahyuni Hamzah, Andrew Mahendra Wibawa

**PENGUKURAN KINERJA KONSULTAN PENGAWAS KONSTRUKSI JALAN DENGAN METODE CSI**  
Frisca Oktaviana Yoneda, Gatot Nursetyo, Teguh Yuono

**PENGARUH PENGGUNAAN CANGKANG KELAPA SAWIT DAN SILICA FUME SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PADA CAMPURAN BATA RINGAN CLC**  
Fariza Aulia Rahmanto, Jafar

**FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERILAKU MASYARAKAT TERHADAP EARLY WARNING SYSTEM SAAT MELINTAS DI PERLINTASAN SEBIDANG TANPA PALANG PINTU**  
Nurmeindah Pujindasiwi, Arinda Leliana, Muhardono

**INOVASI BETON RINGAN DAN EKONOMIS MENGGUNAKAN ABU SEKAM PADI, SERBUK BATA RINGAN, ABU BATU**  
Dian Arumningsih, Kusdiman Joko Priyanto, Gunarso

**THE PERFORMANCE AND THE INFLUENCE OF PHYSICAL INFRASTRUCTURES ON THE PLANT PRODUCTIVITY: A CASE STUDY APPROACH**  
Muhammad Hendrie Soesanto, S.Imam Wahyudi, M. Faiqun Ni'am

**ANALISA PENGENDALIAN MUTU PROYEK GUDANG PT SANTOS JAYA ABADI MENGGUNAKAN PROCESS DECISION PROGRAM CHART METHOD**  
Atika Yohanes Usman Nandyanto, Michella Beatrix, Masca Indra Triama

**ANALISIS PERBAIKAN DAN BIAYA PERKERASAN JALAN (Studi Kasus Jalan Pati – Gabus**  
Bariq Al Salam, Kartono Wobowo, Soedarsono

**PENERAPAN JOB SAFETY ANALYSIS (JSA) DALAM MENGANALISA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PADA PROYEK PEMBANGUNAN**  
Eko Muliawan Satrio, Kartono Wibowo

**ANALISA PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU METODE KOSTRUKSI TOP-DOWN DAN BOTTOM-UP PADA PEKERJAAN BASEMENT GEDUNG TENTREM SEMARANG**  
Sabdo Tri Manggolo, Antonius, Kartono Wibowo



**Diterbitkan Oleh :**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS TUNAS PEMBANGUNAN  
SURAKARTA**

# JURNAL

## TEKNIK SIPIL DAN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TUNAS PEMBANGUNAN SURAKARTA

- Penanggung jawab : Dr. Tri Hartanto, S.T., Msc
- Pemimpin Umum : Teguh Yuono., ST., MT.
- Pemimpin Redaksi : Kukuh Kurniawan DS, ST., M.Eng
- Anggota Redaksi : Reki Arbianto, ST., M.Eng  
Wahyu Prabowo, ST., Msc
- Mitra Bestari : Dr. Ars. Avi Marlina, ST., MT.  
(Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret)  
Dr. T. Putri Anggi Permata S, ST., MT  
: (Fakultas Teknik Universitas PGRI Semarang)
- Pelaksana Teknis : Agustine Tri Wulandari, S.E  
Icarisma Anindita, ST.  
Rio Kurniawan  
: Chery Ayu Alamanda, S.Pd.
- Alamat Redaksi : Jl. Walanda Maramis No.31 Surakarta 57135  
Telp. (0271) 853824 - Fax . (0271) 853824  
:

# JURNAL

## TEKNIK SIPIL DAN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TUNAS PEMBANGUNAN SURAKARTA

---

### Daftar Isi

<b>PEMODELAN PERCEPATAN DURASI DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA PADA PEMBANGUNAN JALAN PROVINSI YOGYAKARTA</b> Muhammad Heri Zulfikar	1-10
<b>PREDIKSI SISA UMUR JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI DI RUAS JALAN PROVINSI YOGYAKARTA-BAKULAN KABUPATEN BANTUL</b> Anita Rahmawati, Arif Kurniawan	11-22
<b>PENGARUH ABU TULANG SAPI SEBAGAI BAHAN TAMBAH AGREGAT HALUS DALAM PEMBUATAN BETON READY MIX</b> Satria Agung Wibawa, Yuyu Sriwahyuni Hamzah, Andrew Mahendra Wibawa	23-28
<b>PENGUKURAN KINERJA KONSULTAN PENGAWAS KONSTRUKSI JALAN DENGAN METODE CSI</b> Frisca Oktaviana Yoneda, Gatot Nursetyo, Teguh Yuono	29-35
<b>PENGARUH PENGGUNAAN CANGKANG KELAPA SAWIT DAN SILICA FUME SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PADA CAMPURAN BATA RINGAN CLC</b> Fariza Aulia Rahmanto, Jafar	36-46
<b>FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERILAKU MASYARAKAT TERHADAP EARLY WARNING SYSTEM SAAT MELINTAS DI PERLINTASAN SEBIDANG TANPA PALANG PINTU</b> Nurmeindah Pujindasiwi, Arinda Leliana, Muhardono	47-53
<b>INOVASI BETON RINGAN DAN EKONOMIS MENGGUNAKAN ABU SEKAM PADI, SERBUK BATA RINGAN, ABU BATU</b> Dian Arumningsih, Kusdiman Joko Priyanto, Gunarso	54-60
<b>THE PERFORMANCE AND THE INFLUENCE OF PHYSICAL INFRASTRUCTURES ON THE PLANT PRODUCTIVITY: A CASE STUDY APPROACH</b> Muhammad Hendrie Soesanto, S.Imam Wahyudi, M. Faiqun Ni'am	61-69
<b>ANALISA PENGENDALIAN MUTU PROYEK GUDANG PT SANTOS JAYA ABADI MENGGUNAKAN PROCESS DECISION PROGRAM CHART METHOD</b> Atika Yohanes Usman Nandyanto, Michella Beatrix, Masca Indra Triama	70-79
<b>ANALISIS PERBAIKAN DAN BIAYA PERKERASAN JALAN (Studi Kasus Jalan Pati – Gabus</b> Bariq Al Salam, Kartono Wobowo, Soedarsono	80-88
<b>PENERAPAN JOB SAFETY ANALYSIS (JSA) DALAM MENGANALISA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PADA PROYEK PEMBANGUNAN</b> Eko Muliawan Satrio, Kartono Wibowo	89-94
<b>ANALISA PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU METODE KOSTRUKSI TOP-DOWN DAN BOTTOM-UP PADA PADA PEKERJAAN BASEMENT GEDUNG TENTREM SEMARANG</b> Sabdo Tri Manggolo, Antonius, Kartono Wibowo	95-101

## PEMODELAN PERCEPATAN DURASI DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA PADA PEMBANGUNAN JALAN PROVINSI DI DI YOGYAKARTA

\*Muhammad Heri Zulfiar<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

<sup>\*)</sup> Email: herizulfiar@umy.ac.id

### ABSTRACT

*In a construction project, some things must be considered, including the construction costs incurred, the quality of the work, the execution time that must be right, research on work operations, and so on. However, in construction projects, there are usually problems and obstacles such as delays in project work which will also affect other aspects such as rising costs and fines. To reduce the risk of project delays, efforts can be made to accelerate the duration. In this research, the acceleration of the project was carried out using the Duration Cost Trade-Off (DCTO) method with an alternative to speed up the duration of the project using additional working hours (overtime) for workers and tools for 1 until 3 hours. After analyzing the accelerated duration of the project in this study, the results obtained were faster than the normal duration is 238 days with a total project cost is Rp. 28,875,644,000.00. With the addition of 1 hour, the duration of the project is 225 days and get a total project cost of Rp. 28,744,930,454.86. With the addition of 2 hours, the duration of the project is 216 days and get a total project cost of Rp. 28,659,255,554.45. With the addition of 3 hours, the duration of the project is 209 days and get a total project cost of Rp. 28,592,645,293.80.*

**Keyword:** Duration Cost Trade Off (DCTO), over time, road projects

### ABSTRAK

Dalam sebuah proyek konstruksi terdapat beberapa hal yang harus diperhitungkan, antara lain mengenai biaya konstruksi yang dikeluarkan, kualitas mutu pada pekerjaan, waktu pelaksanaan yang harus tepat, riset operasi pekerjaan, dan lain sebagainya. Namun pada proyek konstruksi biasanya terdapat permasalahan dan juga kendala seperti terlambatnya waktu pekerjaan proyek yang juga akan memengaruhi ke aspek lainnya seperti membengkaknya biaya dan dapat dikenai denda. Untuk mengurangi resiko terlambatnya proyek, dapat diupayakan percepatan durasi pada proyek. Upaya percepatan proyek dilakukan dengan metode Duration Cost Trade-Off (DCTO) menggunakan alternatif untuk mempercepat durasi proyek dengan tambahan jam kerja untuk tenaga kerja dan alat selama 1 jam hingga 3 jam. Setelah dianalisa mempercepat durasi proyek pada penelitian ini didapatkan hasil lebih cepat dibandingkan dengan durasi normal 238 hari dengan biaya total normal proyek senilai Rp. 28.875.644.000,00. Dengan ditambahkan 1 jam kerja didapatkan durasi proyek selama 225 hari dengan biaya total proyek sebesar Rp. 28.744.930.454,86. Dengan ditambahkan 2 jam kerja didapatkan durasi proyek selama 216 hari dengan biaya total proyek sebesar Rp. 28.659.255.554,45. Dengan ditambahkan jam kerja 3 jam kerja didapatkan durasi proyek selama 209 hari dengan biaya total proyek sebesar Rp. 28.592.645.293,80.

**Kata kunci:** Duration Cost Trade Off (DCTO), penambahan jam kerja, proyek jalan

## 1. PENDAHULUAN

Pelaksanaan proyek konstruksi harus dikelola sesuai kaidah atau ketentuan yang telah direncanakan dan disepakati. Namun seringkali proyek konstruksi mengalami permasalahan antaralain keterlambatan pelaksanaan pekerjaan yang berakibat terhadap biaya dan timbulnya perselisihan. Keterlambatan waktu pekerjaan proyek konstruksi adalah penyelesaian durasi pekerjaan pada proyek konstruksi yang tidak sesuai dengan rencananya. Dengan terlambatnya pekerjaan proyek konstruksi maka akan menimbulkan kerugian seperti harus membayar denda yang nantinya diperhitungkan jumlahnya sesuai dengan lama keterlambatannya. Faktor keterlambatan dapat dikarenakan dari berbagai hal seperti kesalahan dalam manajemen proyek dan permasalahan teknis, kondisi lokasi proyek yaitu cuaca, dan lingkungan. Dengan terjadinya keterlambatan pada suatu pelaksanaan proyek konstruksi dapat mengakibatkan kerugian atau dapat berakibat fatal yaitu terhentinya proyek. Untuk mengatasi keterlambatan pekerjaan yang umum terjadi atau percepatan proyek. Percepatan durasi proyek merupakan cara untuk mengejar keterlambatan pada proyek konstruksi [21].

Berikut ini beberapa proyek yang mengalami permasalahan antara lain proyek fasilitas pendukung kawasan swering di Desa Mangon juga mengalami kendala dalam hal keterlambatan penyelesaian pekerjaan. Badan Pemeriksa Keuangan menyebut masalah keterlambatan proyek terjadi akibat dari belum optimalnya dalam mengawasi pelaksanaan anggaran oleh pengguna anggaran Organisasi Perangkat Daerah dan juga tidak cermatnya pengawasan serta pengendalian ketika dilaksanakannya pekerjaan fisik di lapangan [16]. Pada proyek konstruksi ini terjadi keterlambatan selama 91 hari dan dikenai denda senilai Rp. 36.062.631,60. Selanjutnya Pemerintah Provinsi Riau memberikan denda kepada kontraktor karena mengalami keterlambatan dalam proyek flyover simpang SKA (Sentral Komersial Arengka) dan dikenai denda sebesar Rp. 7,5 miliar, dan untuk proyek flyover pasar pagi Arengka dikenai denda sebesar Rp. 4 miliar [5]. Selain itu, pada proyek pembangunan gedung olahraga di Wates, Kulonprogo terjadi keterlambatan. Dengan keterlambatannya

yang baru mencapai 94% pekerjaan, kontraktor pelaksana mendapatkan sanksi dari Pemkab Kulonprogo sebesar Rp. 12,8 juta per hari [13].

Berdasarkan permasalahan adanya fakta keterlambatan proyek seperti yang disebutkan di atas beserta dampaknya, perlu dilakukan penelitian dengan tujuan penelitian adalah untuk mengetahui nilai percepatan durasi proyek dengan konsekuensi penambahan atau pengurangan biaya dengan menggunakan metode *Duration Cost Trade Off* (DCTO). Metode ini merupakan upaya optimasi dalam penyesuaian waktu terhadap biaya yang memberikan dampak bertambahnya anggaran proyek akibat percepatan durasi proyek [1] [2] [3] [6]. Metode DCTO juga mengacu pada kompresi jadwal dengan tujuan mempercepat waktu dan mengoptimalkan anggaran proyek dengan cara memampatkan proyek ke dalam batas waktu yang dapat diterima dan mengurangi total biaya proyek dengan memilih pekerjaan tertentu [8]. Dalam upaya percepatan durasi, dapat dilakukan analisis dengan beberapa analisis, antara lain menambah jam kerja, meningkatkan jumlah pekerja, meningkatkan jumlah peralatan, menggunakan pekerja yang lebih berkualitas dan penggunaan metode konstruksi [10] [12].

Beberapa penelitian terkait dengan percepatan waktu dan konsekuensi biaya proyek konstruksi telah dilakukan [1] [2] [3] [6] [8] [10] [12] [17] [18] [19], sehingga keterbaruan dalam penelitian ini adalah obyek penelitian yang baru dilaksanakan tahun 2022 yaitu Proyek Ruas Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV. Proyek ini berada di Kabupaten Gunung Kidul, DIY.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini, percepatan durasi proyek dianalisa menggunakan metode *Duration Cost Trade Off* (DCTO) dengan penambahan jam kerja. Perubahan pada durasi penyelesaian pekerjaan proyek, maka akan berubah juga anggaran yang diperlukan [4] [17] [18] [19] [21]. Penelitian ini menggunakan data skunder untuk dibuat pemodelan percepatan durasi pada Proyek Pembangunan Ruas Jalan Tawang-Ngalang Segmen IV. Alternatif dalam mempercepat durasi proyek menggunakan menambah jam kerja atau lembur untuk pekerja dan alat selama 1 jam hingga 3 jam untuk mencari titik nilai optimum dari durasi dan jumlah biaya yang diperlukan pada proyek.

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Ruas Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV. Proyek ini berada di Kabupaten Gunung Kidul, DIY. Konstruksi jalan flexible pavement, panjang jalan 1375 meter dan waktu penyelesaian 240 hari.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tahapan penelitian meliputi langkah-langkah: identifikasi kegiatan, *network planning*, melakukan percepatan durasi pada lintasan kritis, menampilkan hasil grafik *duration trade off* [21].

### Identifikasi Kegiatan

Identifikasi kegiatan konstruksi menggunakan pendekatan WBS (*Work Breakdown Structure*). WBS adalah suatu cara atau metode mengelompokkan atau pengorganisasian suatu proyek menjadi struktur pelaporan yang hierarkis. Fungsi dari WBS adalah untuk menguraikan atau membagi setiap item pekerjaan menjadi level yang lebih terperinci dan terstruktur [21]. Jumlah kegiatan yang dapat diidentifikasi untuk pekerjaan jalan sejumlah 38 kegiatan utama

### Pemodelan Network Planning

Penjadwalan proyek dalam hal ini sebagai acuan perencanaan yang menyediakan informasi mengenai rencana dan jalannya suatu proyek, termasuk alokasi sumber daya seperti biaya, pekerja, bahan, hingga rencana durasi pekerjaan dan kemajuan waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan proyek. Menurut Ganda Penjadwalan proyek adalah proses untuk menentukan durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap item pekerjaan proyek, termasuk bahan, tenaga kerja, dan waktu yang dibutuhkan [7]. Penjadwalan proyek memiliki tujuan untuk mempermudah identifikasi masalah dalam proyek, menentukan metode yang tepat, meningkatkan organisasi dan kelancaran pelaksanaan kegiatan, serta mencapai hasil yang optimal. Pembuatan pemodelan network planning pada penjadwalan dapat disusun dengan tahapan sebagai berikut: setelah teridentifikasi kegiatan melalui WBS, selanjutnya dilakukan analisis durasi melalui analisis produktivitas, volume dan sumberdaya yang direncanakan [9] [21]. Keterkaitan kegiatan melalui identifikasi tahapan atau metode konstruksi [20]. Penyusunan network planning dan analisis perhitungan maju dan mundur serta total float dilakukan agar didapat nilai waktu serta lintasan kritis. Perhitungan untuk mencari nilai produktivitas serta hasil percepatan durasi akibat dari menambahkan jam kerja [15] [22], dapat diperoleh dari persamaan:

$$P = \frac{V}{d_n} \quad (1)$$

dengan P = produktivitas, V = Volume Pekerjaan,  $d_b$  = durasi normal.

$$P_j = \frac{P_h}{7 \text{ jam}} \quad (2)$$

dengan  $P_j$  = produktivitas perjam,  $P_h$  = Produktivitas harian.

$$P_h = (7 \text{ jam} \times P_j) \times (a \times b \times P_j) \quad (3)$$

dengan  $P_h$  = Produktivitas harian,  $P_j$  = Produktivitas perjam, a = Lama waktu penambahan pekerja, b = Koefisien penurunan produktivitas akibat dari penambahan lembur

### Langkah Percepatan Durasi Proyek

Perhitungan untuk mencari percepatan durasi akibat dari menambahkan jam kerja [10] [15] dapat diperoleh dari persamaan:

$$C_d = \frac{V}{P_h} \quad (4)$$

dengan  $C_d$  = Crash Duration, V = Volume Pekerjaan,  $P_h$  = Produktivitas harian

$$U_{jam} = \frac{U}{J_h} \quad (5)$$

dengan  $U_{jam}$  = Upah Normal Per-jam, U = Upah Kerja,  $J_h$  = Jam Kerja perhari

$$\text{Biaya Pekerja} = \text{Upah} \times \text{Jumlah Pekerja} \quad (6)$$

$$\text{Biaya Lembur} = (1,5 \times \text{Upah Normal Per-jam}) + (2n \times \text{Upah normal perjam}) \quad (7)$$

$$\text{Biaya total lembur harian} = \text{Upah Pekerja} + (\text{Biaya lembur} \times \text{jumlah Pekera}) \quad (8)$$

$$\text{Biaya normal} = \text{Biaya Pekerja} \times \text{Durasi Normal} \quad (9)$$

$$\text{Biaya Percepatan} = \text{Biaya Kerja Lembur} \times \text{Crash Duration} \quad (10)$$

Untuk menambah jam kerja lembur harus mengikuti pada peraturan dari Keputusan Menteri Tenaga Republik Indonesia [11]. Dengan penambahan durasi jam kerja, maka produktivitas pada tenaga kerja akan semakin menurun. Berikut merupakan tabel nilai koefisien penurunan produktivitas pada tenaga kerja [15]

**Tabel 1.** Koefisien penurunan produktivitas

Jam Lembur	Koefisien Penurunan Produktifitas	Prestasi Kerja (%)
1 jam	0,1	90
2 jam	0,2	80
3 jam	0,3	70
4 jam	0,4	60

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Lintasan Kritis

Berdasarkan analisis lintasan kritis pada *network planning* pada Proyek Ruas Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV yang ada pada lintasan kritis yaitu dengan total float = 0, meliputi kegiatan: mobilisasi, relokasi utilitas, saluran drainasi, galian biasa, timbunan, penyiapan badan jalan, pemotongan pohon, lapis pondasi, lapis resap, lapis perekat, Laston, beton, pasangan batu, marka jalan, patok, rel pengaman, kerb, paku jalan, dan pengecatan kerb. Berdasarkan tabel identifikasi Durasi ketiga tertinggi berturut-turut kegiatan pemasangan batu, beton dan saluran drainasi.

#### Penambahan Jam Kerja

Alternatif percepatan durasi proyek pada penelitian ini menambahkan jam kerja dan jam alat. Jam kerja normal pekerja dilakukan selama 7 jam dengan durasi istirahat 1 jam. Durasi tambahan jam kerja selama 1-3 jam yaitu dari pukul 17.00-20.00 setelah jam kerja normal selesai. Berikut tabel 2 merupakan hasil upah harian tenaga kerja yang lembur.

**Tabel 2.** Daftar upah lembur tenaga kerja

No	Tenaga kerja	Upah normal per jam (Rp)	Upah lembur 1 jam (Rp)	Upah lembur 2 jam (Rp)	Upah lembur 3 jam (Rp)
1	Mandor	10.800	16.200,00	18.900,00	19.800,00
2	Kepala Tukang	11.000	16.500,00	19.250,00	20.166,67
3	Tukang	10.800	16.200,00	18.900,00	19.800,00
4	Pekerja	8.600	12.900,00	15.050,00	15.766,67
5	Operator	10.800	16.200,00	18.900,00	19.800,00
6	Asisten Operator	10.800	16.200,00	18.900,00	19.800,00
7	Driver	12.700	19.050,00	22.225,00	23.283,33
8	Mekanik	10.600	15.900,00	18.550,00	19.433,33
9	Asisten Mekanik	10.600	15.900,00	18.550,00	19.433,33

Sumber : Analisis perhitungan

#### Percepatan Durasi

Dalam bertambahnya jam lembur para tenaga kerja, maka produktivitas yang dihasilkan oleh para pekerja akan semakin menurun. Dalam perhitungan percepatan durasi proyek diperlukan juga mengetahui volume pekerjaan pada setiap unit pekerjaan. Dengan nilai volume dan durasi pekerjaan, kemudian dapat dihitung percepatan durasi proyeknya. Setelah didapatkan hasil durasi percepatan, kemudian dilakukan perhitungan biaya pekerjaan setelah dipercepat dengan lembur. Jika durasi proyek dipercepat, maka biaya akan berubah menjadi lebih banyak yang disebut *cost slope*. Sebelum dihitungnya *cost slope*, diperlukan dahulu nilai *cost variance* dan *duration variance*. Penghitungan ini juga dimaksudkan untuk memperoleh informasi tentang biaya proyek yang langsung, biaya proyek yang tidak langsung, serta total biaya proyek dengan meningkatnya durasi proyek tersebut melalui peningkatan jam kerja lembur tenaga kerja dan penggunaan peralatan tambahan.

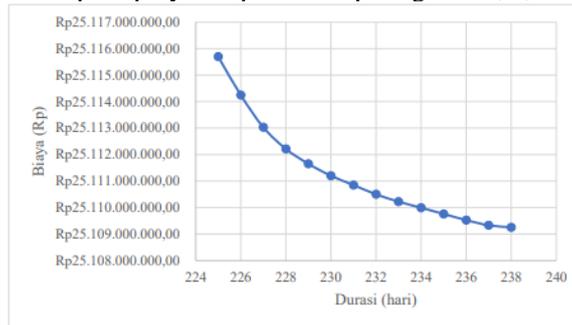
#### Perhitungan Biaya Total Proyek

Sebelum memperoleh biaya total proyek, nilai biaya langsung dan biaya tidak langsung perlu ditentukan terlebih dahulu. Biaya total proyek dapat dihitung dengan biaya langsung ditambahkan dengan biaya tidak langsung yang terkait dengan proyek tersebut [16]. Tabel berikut memuat hasil dari biaya langsung, tidak langsung, dan total pada proyek dengan durasi normal dan durasi yang dipercepat.

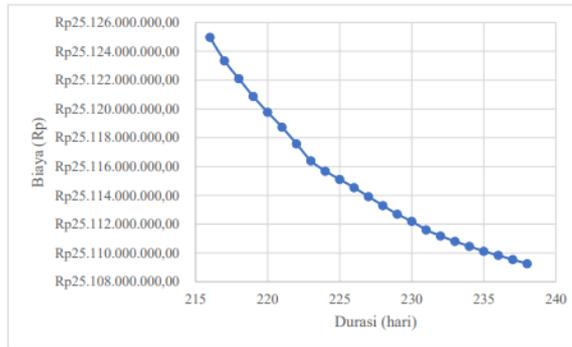
**Tabel 3.** Biaya langsung, tidak langsung, dan total pada proyek durasi normal dan durasi dipercepat

	Durasi (hari)	Biaya langsung (Rp)	Biaya tidak langsung (Rp)	Biaya total (Rp)
Normal	238	25.109.255.652,17	3.766.388.347,83	28.875.644.000,00
Lembur 1 jam	225	25.115.693.503,46	3.629.236.951,41	28.744.930.454,86
Lembur 2 jam	216	25.124.969.569,79	3.534.285.984,65	28.659.255.554,45
Lembur 3 jam	209	25.132.210.061,07	3.460.435.232,74	28.592.645.293,80

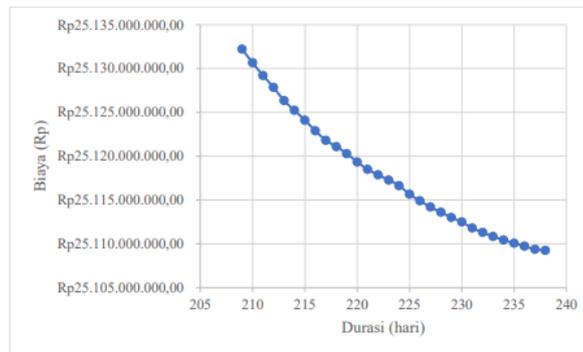
Dengan hasil perhitungan biaya tidak langsung, biaya langsung sehingga didapatkannya biaya total tersebut dengan mempercepat durasi pada proyek menggunakan penambahan jam kerja, didapatkan hubungan biaya terhadap durasi setelah dilakukannya percepatan durasi pada proyek dapat dilihat pada grafik 1, 2, 3 berikut ini.



**Gambar 2.** Hubungan biaya langsung dengan durasi jika lembur 1 jam

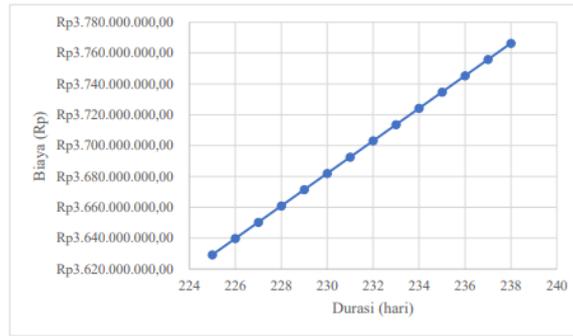


**Gambar 3.** Hubungan biaya langsung dengan durasi jika lembur 2 jam

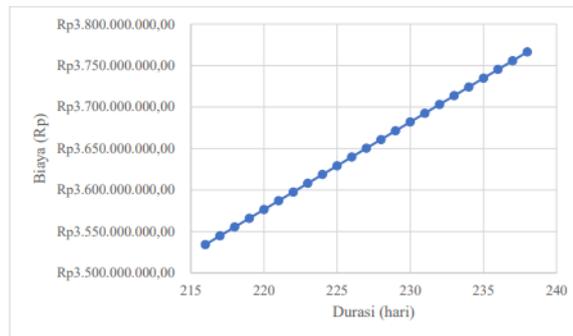


**Gambar 4.** Hubungan biaya langsung dengan durasi jika lembur 3 jam

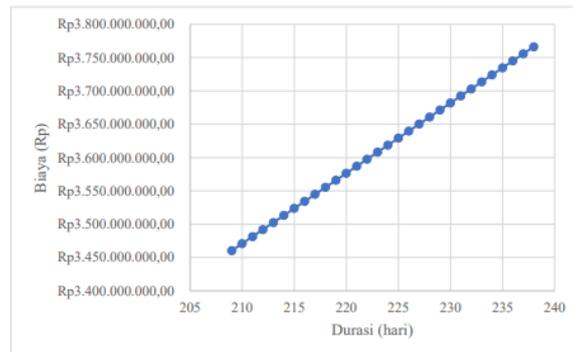
Grafik di atas merupakan grafik hubungan biaya langsung dengan durasi normal proyek dan durasi percepatan pada proyek dengan penambahan lembur 1 hingga 3 jam. Dari grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa semakin durasi proyek berkurang, maka biaya langsung akan meningkat yang disebabkan oleh bertambahnya biaya untuk upah tenaga kerja dan biaya alat karena lembur.



**Gambar 5.** Hubungan biaya tidak langsung dengan durasi pada lembur 1 jam

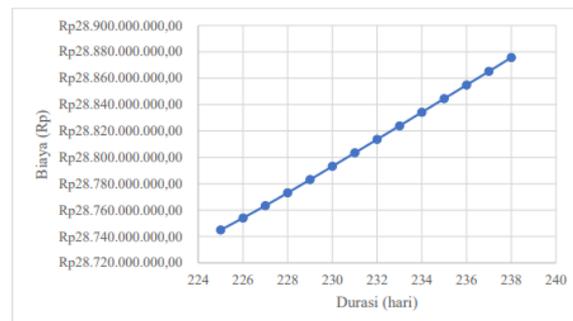


**Gambar 6.** Hubungan biaya tidak langsung dengan durasi pada lembur 2 jam

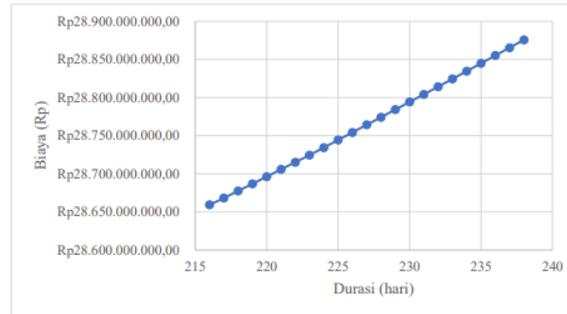


**Gambar 7.** Hubungan biaya tidak langsung dengan durasi pada lembur 3 jam

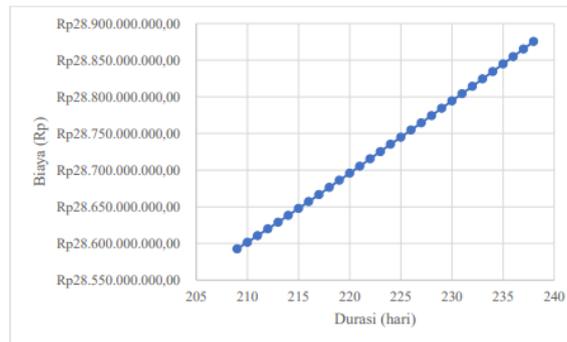
Grafik di atas merupakan grafik hubungan biaya tidak langsung dengan durasi normal proyek dan durasi percepatan pada proyek dengan penambahan lembur 1 hingga 3 jam. Dari grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa semakin durasi proyek berkurang, maka biaya tidak langsung akan berkurang juga yang disebabkan karena biaya tidak langsung sebanding dengan durasi proyek dan tidak sebanding dengan volume pekerjaan pada proyek.



**Gambar 8.** Hubungan biaya total dengan durasi pada lembur 1 jam



**Gambar 9.** Hubungan biaya total dengan durasi pada lembur 2 jam



**Gambar 10.** Hubungan biaya total dengan durasi pada lembur 3 jam

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan durasi proyek melalui penggunaan lembur mengakibatkan penurunan biaya total proyek. Dengan penambahan lembur 1 jam, durasi proyek menurun dari 238 hari menjadi 225 hari dengan biaya total proyek normal sebesar Rp. 28.875.644.000,00 turun menjadi Rp. 28.740.510.274,22. Dengan penambahan lembur 2 jam, durasi proyek menjadi 216 hari dengan biaya total proyek sebesar Rp. 28.646.251.921,24. Dengan penambahan lembur 3 jam, durasi proyek menjadi 209 hari dengan biaya total proyek sebesar Rp. 28.572.883.102,58.

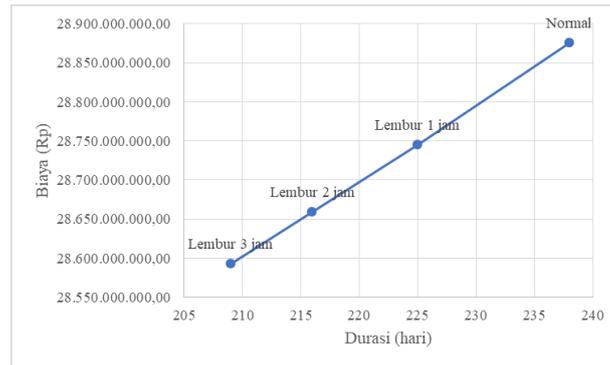
### Perhitungan Efisiensi Durasi dan Biaya Proyek

Nilai efisiensi durasi dan biaya proyek dari nilai durasi dan biaya normal, penambahan lembur 1, 2, 3 jam didapatkan nilai efisiensi waktu, hasil perhitungan akhir percepatan durasi proyek dan penambahan biaya proyek tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.** Efisiensi waktu, efisiensi biaya, dan biaya total proyek dengan penambahan jam kerja

	Durasi (hari)	Efisiensi Waktu (%)	Efisiensi Biaya (%)	Biaya Total (Rp)
Normal	238	-	-	28.875.644.000,00
Lembur 1 Jam	225	5,4622	0,4527	28.744.930.454,86
Lembur 2 Jam	216	9,2437	0,7494	28.659.255.554,45
Lembur 3 Jam	209	12,1849	0,9801	28.592.645.293,80

Berdasarkan perhitungan akhir percepatan durasi proyek dan penambahan biaya proyek tersebut dapat digambar pada gambar berikut.



**Gambar 10.** Grafik hubungan biaya total proyek dengan durasi proyek

Gambar 10 di atas, menjelaskan nilai efisiensi durasi dan biaya proyek dari nilai durasi dan biaya normal, penambahan lembur 1 jam didapatkan pemendekan 13 hari nilai efisiensi waktu sebesar 5,462 % dan pengurangan biaya sebesar Rp.130.713.546,00 nilai efisiensi biaya sebesar 0,4527 %. Dengan penambahan lembur 2 jam didapatkan pemendekan 22 hari nilai efisiensi waktu sebesar 9,2437 % dan pengurangan biaya sebesar Rp.216.388.446,00 nilai efisiensi biaya sebesar 0,7494 %. Dengan penambahan lembur 3 jam didapatkan pemendekan 29 hari nilai efisiensi waktu sebesar 12,1849 % dan pengurangan biaya sebesar Rp.282.998.707,00 nilai efisiensi biaya sebesar 0,9801 %.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan analisis di atas yaitu semakin dipercepat Proyek Ruas Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV, biaya langsung meningkat, biaya tidak langsung menurun dan total biaya menurun. Adapun kesimpulan detail dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Biaya total proyek sebesar Rp. 28.875.644.000,00 dengan durasi proyek normal selama 238 hari. Setelah dilakukannya percepatan durasi didapatkan nilai biaya total proyek menurun. Pada penambahan lembur 1 jam, biaya total proyek sebesar Rp. 28.744.930.454,86 dengan durasi proyek selama 225 hari. Pada penambahan lembur 2 jam, biaya total proyek sebesar Rp. 28.659.255.554,45 dengan durasi proyek selama 216 hari. Pada penambahan lembur 3 jam, biaya total proyek sebesar Rp. 28.592.645.293,80 dengan durasi proyek selama 209 hari.
- Biaya langsung proyek sebesar Rp. 25.109.255.652,17 dengan durasi proyek normal selama 238 hari, didapatkan nilai biaya langsung proyek membesar. Pada penambahan lembur 1 jam, biaya langsung proyek sebesar Rp. 25.115.693.503,46 dengan durasi proyek selama 225 hari. Pada penambahan lembur 2 jam, biaya langsung proyek sebesar Rp. 25.124.969.569,79 dengan durasi proyek selama 216 hari. Pada penambahan lembur 3 jam, biaya langsung proyek sebesar Rp. 25.132.210.061,07 dengan durasi proyek selama 209 hari.
- Biaya tidak langsung proyek sebesar Rp. 3.766.388.347,83 dengan durasi proyek normal selama 238 hari. Setelah dilakukannya percepatan durasi didapatkan nilai biaya tidak langsung proyek menurun. Pada penambahan lembur 1 jam, biaya tidak langsung proyek sebesar Rp. 3.629.236.951,41 dengan durasi proyek selama 225 hari. Pada penambahan lembur 2 jam, biaya tidak langsung proyek sebesar Rp. 3.534.285.984,65 dengan durasi proyek selama 216 hari. Pada penambahan lembur 3 jam, biaya 68 tidak langsung proyek sebesar Rp. 3.460.435.232,74 dengan durasi proyek selama 209 hari.
- Penambahan lembur 1, 2, dan 3 jam didapatkan nilai efisiensi waktu sebesar 5,462 %, 9,2437 % dan 12,1849 %. Nilai efisiensi biaya sebesar 0,4527 %, 0,7494 %, dan 0,9801 %.

#### Saran Penelitian

Beberapa saran yang dapat mengembangkan penelitian selanjutnya sebagai berikut:

- Dikarenakan pekerjaan jalan adalah proyek pada modal dan membutuhkan peralatan berat, percepatan durasi proyek dapat dilakukan dengan penambahan jumlah peralatan alat atau metode konstruksinya.
- Objek penelitian dapat dilakukan pada pembangunan jalan di provisini lainnya, atau jalan nasional atau kabupaten, proyek jalan lainnya
- Metode ini dapat dilakukan penelitian pada proyek gedung, jembatan, sungai, dan yang lainnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih terutama kepada pihak proyek yang telah memberikan data serta saudara Zain Zaidan yang ikut mensukseskan yaitu membantu pengambilan data dan melakukan analisis untuk penelitian tugas akhir.

## DAFTAR PUSTAKA DAN PENULISAN PUSTAKA

- [1] Aji, M. T., Triwuryanto, & Sari, S. N. (2020). Analisis Biaya Percepatan dengan Metode Time Cost Trade Off di Pasar Klewer Surakarta. *EQUILIB*, Vol. 01, No. 01, 63-72.
- [2] Asmaroni, D., & Fendi, A. (2019). Analisis Percepatan Durasi Terhadap Pekerjaan Proyek Konstruksi Time Cost Trade Off Method Studi Kasus: Pembangunan gedung Dinas Perdagangan dan Perindustrian Kabupaten Sampang. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Madura*, Vol. 4 No.2, 29-35.
- [3] Atmaja, J., Suhelmidawati, E., Alexander, H., Natalia, M., Misriani, M., & Hanika, R. N. (2020). Analisa Kinerja Proyek Menggunakan Metoda Earned Value Management dan Pengendalian dengan Metoda Time Cost Trade Off (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Silaosinan Kabupaten Mentawai). *Jurnal Teknik Sipil ITP*, Vol. 7 No.2, 85-95.
- [4] Callahan, Michael T. Quackenbush, Daniel G. and Rowings, James E. 1992, *Contruccion Project Scheduling*. McGraw-Hill Inc.
- [5] Dewi, R. S. (2018, Desember 31). Ini Denda Bagi Kontraktor yang Terlambat Selesaikan Proyek Strategis Pemprov Riau. Retrieved from [goriau.com: https://www.goriau.com/berita/baca/ini-denda-bagi-kontraktor-yang-terlambat-selesaikan-proyek-strategis-pemprov-riau.html](https://www.goriau.com/berita/baca/ini-denda-bagi-kontraktor-yang-terlambat-selesaikan-proyek-strategis-pemprov-riau.html)
- [6] Fazri, M., Widiastuti, M., & Jamal, M. (2020). Analisis Percepatan Waktu dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Rusun 1 Kota Samarinda Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Sipil*, Vol. 3 No. 2, 1-14.
- [7] Ganda, S. (2021). Perencanaan Penjadwalan Proyek dengan Menggunakan Metode CPM (Critical Path Method) pada Proyek Kontraktor Alumunium dan Kaca (Studi Kasus Pembangunan Auditorium). *Jurnal Teknosain*, Vol. 18 No. 3, 29-43.
- [8] Hendriyani, I., Pratiwi, R., & Qadri, N. (2020). Optimasi Waktu dan Biaya pada Pelaksanaan Proyek Peningkatan Jalan Bina Bakti Kelurahan Gunung Seteleng Kabupaten Penajam Paser Utara dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO). *Jurnal TRANSUKMA*, Vol. 03 No.1, 65-76.
- [9] Henong, S. B., & Lake, R. C. (2019). Analisis Faktor-Faktor Eksternal Yang Mempengaruhi Produktivitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Pembuatan Batako. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, Vol. 2 No. 2, 133-140.
- [10] Kasmawati, Ninuk, 2002, Analisis Perencanaan Waktu dengan Penambahan Jumlah Tenaga Kerja Pengaruhnya Terhadap Biaya Proyek, Tugas Akhir UMY, Yogyakarta.
- [11] Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia No. KEP. 102/MEN/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur
- [12] Kisworo, R. W., Handayani, F. S., & Sunarmasto. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja Lembur dan Jumlah Alat. *Matriks Teknik Sipil*, Vol.5 No.3, 766-776.
- [13] Kuntadi. (2019). Proyek GOR Cangkring Kulonprogo Terlambat, Kontraktor Dikenakan Denda Mulai Besok. Retrieved from [inewsjateng.id \(2019, Desember 23\): https://jateng.inews.id/berita/proyek-stadion-cangkring-kulonprogo-terlambat-kontraktor-dikenakan-denda-mulai-besok](https://jateng.inews.id/berita/proyek-stadion-cangkring-kulonprogo-terlambat-kontraktor-dikenakan-denda-mulai-besok)
- [14] Prasetyo, H., Poernomo, Y. S., & Candra, A. I. (2020). Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Dan Rencana Anggaran Biaya (Pada Proyek Ruas Jalan Karangtalun – Kalidawir Kabupaten Tulungagung). *JURMATEKS: Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, Vol. 3 No. 2, 347-361.
- [15] Priyo, M., & Aulia, M. R. (2015). Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 18 No. 1, 30-43.
- [16] Rudy. (2021, Juni 21). Proyek Terlambat, BPK Temukan Kontraktor Proyek Pembangunan Fasilitas Pendukung Kawasan Swering. Retrieved from [beritalima.com: https://beritalima.com/proyek-terlambat-bpk-temukan-kontraktor-proyek-pembangunan-fasilitas-pendukung-kawasan-swering/](https://beritalima.com/proyek-terlambat-bpk-temukan-kontraktor-proyek-pembangunan-fasilitas-pendukung-kawasan-swering/)
- [17] Salim, A. K., Darmawan, M. A., & Wibowo, H. (2020). Analisa Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Pada Proyek Jalan Middle Ring Road Kota Makassar. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, Vol. 5 No.1, 41-47.

- [18] Salindeho, C. G., Pratisis, P. A., & Sumanti, F. P. (2022). Optimasi Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Tondano–Kembes–Manado Seksi II. *TEKNO*, Vol. 20 No. 81, 135-143.
- [19] Subakir, A. H., & Sugiyanto. (2022). Analisis Duration Cost Trade Off Untuk Mengejar Keterlambatan Pelaksanaan Proyek (Studi Kasus: Peningkatan Jalan Simorejo – Baureno Kabupaten Bojonegoro Jawa Timur). *Rang Teknik Journal*, 8-23.
- [20] Zulfiar, M. H. (2020). *Metode Konstruksi Jalan dan Jembatan.*: UMY Press, Yogyakarta
- [21] Zulfiar, M. H. (2022). *Manajemen Konstruksi Lingkup Waktu dan Biaya.*: UMY Press. Yogyakarta.
- [22] Zulfiar, M. H., Ekoprasetyo, Y., & Jayady, A. (2021). Analisis Produktifitas Kerja dengan Time Study Method, *Jurnal Karkasa*, Vol. 7 No. 1, 15-21.

## PREDIKSI SISA UMUR JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI DI RUAS JALAN PROVINSI YOGYAKARTA-BAKULAN KABUPATEN BANTUL

\*Anita Rahmawati<sup>1</sup>, Arif Kurniawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

<sup>\*</sup>Email: anita.rahmawati@umy.ac.id

### ABSTRACT

*Damaged roads are a common problem that often occurs in Indonesia. This is because roads with minor damage are not repaired immediately, causing more severe damage and a decrease in road capacity. One method commonly used to assess road damage is the Pavement Condition Index method. This research aims to predict the remaining road life from the results of the analysis of the PCI method and obtain the speed of the drivers in the segments that experienced the most severe damage on the Yogyakarta – Bakulan road section. The research data is in the form of road damage surveys, speed shooting with a speed gun, and daily traffic data used to determine the number of sample drivers. Visual observations show types of damage such as alligator cracking, block cracking, edge cracking, patching, and potholes. The results of data analysis using the PCI method obtained an average value of 43,05% with fair pavement damage conditions. The highest pavement index value is at STA 1+750–STA 1+800, or 87%, with excellent conditions, while the lowest pavement index value is at the STA 4+900–STA 5+000 segment, or 9%, with failed pavement conditions. In the analysis of the remaining life of the pavement, it is found that the average remaining age is 0-0.4 years, with recommendations for improvement is Now Reconstruction.*

**Keyword:** Path damage, PCI Method, Remaining Life

### ABSTRAK

Jalan rusak merupakan masalah umum yang sering terjadi Di Indonesia, hal tersebut disebabkan karena jalan yang mengalami rusak ringan tidak segera diperbaiki, sehingga menyebabkan kerusakan semakin parah dan penurunan kapasitas jalan. Salah satu metode yang umum digunakan untuk menilai kerusakan jalan ialah metode *Pavement Condition Index*. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi sisa umur jalan dari hasil analisis perhitungan metode PCI dan mendapatkan kecepatan pengendara di segmen yang mengalami kerusakan paling parah pada ruas jalan Yogyakarta-Bakulan. Data penelitian ini berupa survei kerusakan jalan, penembakan kecepatan dengan alat *speed gun* dan data lalu lintas harian yang digunakan untuk menentukan jumlah sampel pengendara. Hasil pengamatan dari visual didapatkan jenis kerusakan seperti *alligator cracking*, *block cracking*, *edge cracking*, *patching* dan *potholes*. Hasil analisis data dengan metode PCI didapatkan nilai rata-rata sebesar 43,05% dengan kondisi kerusakan perkerasan cukup (*fair*). Untuk nilai indeks perkerasan tertinggi berada pada STA 1+750-STA 1+800 sebesar 87% dengan kondisi sempurna (*excellent*), sedangkan untuk nilai indeks perkerasan terendah berada pada segmen STA 4+900-STA5+000 sebesar 9% dengan kondisi perkerasan gagal (*failed*). Pada analisis sisa umur perkerasan didapatkan rata-rata sisa umur 0-0,4 tahun, dengan rekomendasi perbaikan adalah *Now Reconstruction*.

**Kata kunci:** Kerusakan Jalan, Metode PCI, Sisa Umur.

## 1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang sangat penting untuk mendukung pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Namun jalan yang baru dibangun akan mengalami kerusakan baik karena faktor alam maupun muatan kendaraan. Kerusakan jalan menimbulkan kerugian yang sangat besar terutama bagi pengguna jalan seperti waktu tempuh menjadi lama, kemacetan dan kecelakaan [1]. Jalan rusak merupakan masalah umum yang sering terjadi di Indonesia. Terdapat banyak jalan di kota besar dengan kondisi jalannya mengalami proses kerusakan atau sudah rusak. Kondisi seperti itu menjadi masalah hampir di setiap kota besar Indonesia. Hal ini disebabkan oleh jalan yang rusak ringan tidak segera diperbaiki menyebabkan kerusakan semakin parah dan menyebabkan penurunan kapasitas jalan [2]. Jalan rusak mengarah kepada ketidaknyamanan dan ketidakpuasan pengguna jalan disamping ancaman dari potensi kecelakaan. Kerusakan jalan juga menimbulkan keresahan di jalan dan mengancam keselamatan pengguna jalan [3]. Pada dasarnya seiring dengan bertambahnya umur jalan, struktur dan kualitas jalan akan mengalami penurunan, terutama saat dilewati oleh kendaraan bermuatan berat dan cenderung melebihi persyaratan. Saat ini jalan mengalami penurunan kualitas strukturnya dalam waktu yang cukup singkat, baik pada jalan yang baru dibangun maupun pada jalan yang baru di perbaiki (*overlay*) [4].

Pemeliharaan jalan melibatkan evaluasi kondisi jalan terlebih dahulu. Untuk melaksanakan pemeliharaan yang sesuai harus dilakukan evaluasi kondisi jalan yang akurat sebelum penerapan proses perbaikan jalan [5]. Supaya jalan tetap dapat mengakomodasi kebutuhan pergerakan tingkat pelayanan tertentu, maka perlu dilakukan suatu usaha untuk menjaga kualitas pelayanan jalan, dimana salah satunya adalah untuk menilai kembali kondisi jalan yang baik, kualitas jalan dan ketebalan yang mampu dilewati oleh muatan kendaraan [6]. Salah satu metode yang menilai kondisi kerusakan perkerasan permukaan jalan merupakan metode *Pavement Condition Index* (PCI). Sistem penilaian metode ini berdasarkan jenis,

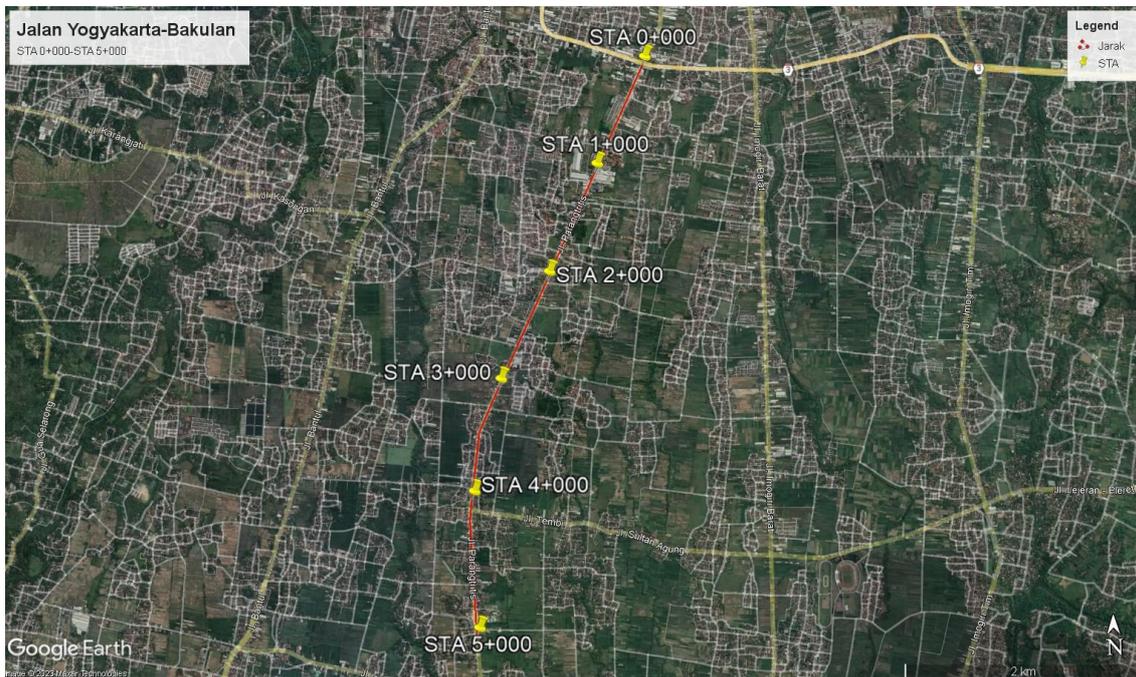
tingkat dan dimensi kerusakan yang terjadi di permukaan perkerasan jalan yang diperuntukan sebagai acuan pekerjaan perbaikan dan pemeliharaan [7].

Metode *Pavement condition index* adalah penilaian tentang kondisi perkerasan jalan yang memberikan informasi kondisi perkerasan jalan dalam bentuk nilai indeks dengan rentang nilai 0 sampai 100, dimana semakin kecil nilai yang didapat menunjukkan bahwa kondisi kerusakan jalan semakin rusak. Penilaian ini diperoleh dari hasil survei pengamatan secara visual dan pengukuran di lapangan yang didapatkan dimensi kerusakan, jenis kerusakan, dan tingkat kerusakan [8].

## 2. METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil lokasi di ruas jalan Yogyakarta-Bakulan kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sepanjang 5 kilometer. Peta lokasi penelitian dan panjang sampel jalan yang di survei dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Lokasi ruas jalan Yogyakarta-Bakulan  
(Google Earth Pro, 2023)

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa langkah seperti berikut:

1. Survei pendahuluan, survei ini dilakukan dalam rangka menentukan lokasi yang akan digunakan untuk studi. Selain itu survei pendahuluan juga bisa digunakan untuk mengumpulkan data-data awal berdasarkan aspek-aspek yang diperlukan yang akan digunakan sebagai dasar/referensi survei.
2. Pengumpulan data, data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil berupa data jenis kerusakan, tingkat kerusakan jalan, dimensi kerusakan dan kecepatan pengendara di lokasi yang tingkat kerusakannya paling parah. Sedangkan data sekunder berupa data lalu lintas harian rata-rata tahun 2020 yang didapatkan dari dinas perhubungan DIY.
3. Analisa data, setelah semua data terkumpul maka kita melakukan analisa data untuk mendapatkan nilai PCI dan prediksi sisa umur.
- 4.

### Persiapan Survei

Dalam penelitian ini alat yang digunakan untuk pengambilan data pengukuran dimensi kerusakan sebagai berikut.

1. Meteran,

Meteran merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur dimensi kerusakan pada penelitian ini. Untuk meteran yang digunakan yaitu meteran sepanjang 7,5 meter seperti Gambar 2.



**Gambar 2.** Meteran

2. Meteran dorong

Meteran dorong merupakan alat ukur jarak yang digunakan untuk pengukuran segmen pada penelitian ini. Untuk meteran dorong dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3** Meteran dorong

3. Formulir survei PCI

Formulir PCI ini digunakan untuk mendata hasil survei pengamatan visual dan pengukuran jenis kerusakan. Pada penelitian ini menggunakan formulir PCI dari ASTM D6433-2007 [9] yang dapat dilihat pada Gambar 4.

ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT				SKETCH:					
BRANCH _____		SECTION _____		SAMPLE UNIT _____					
SURVEYED BY _____		DATE _____		SAMPLE AREA _____					
1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching	16. Shoving						
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking						
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell						
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Raveling						
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting							
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY						TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE

**Gambar 4.** Formulir survei PCI [9]

### Analisi Data Metode PCI

Data yang diperoleh setelah melakukan survei lapangan, kemudian di hitung luas, persentase dan nilai *pavement condition index* pada setiap sampel unit sesuai dengan jenis dan tingkat kerusakannya. Berikut ini merupakan tahapan pendapatkan nilai PCI [10].

#### 1. Perhitungan *Density*

*Density* (presentase kerusakan) merupakan persentase antara luas dimensi kerusakan terhadap luas segmen. *Density* diperoleh dengan cara membagi luas kerusakan dengan luas segmen. Rumus untuk mencari nilai *density* dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$Density = Ad/As \times 100\% \tag{1}$$

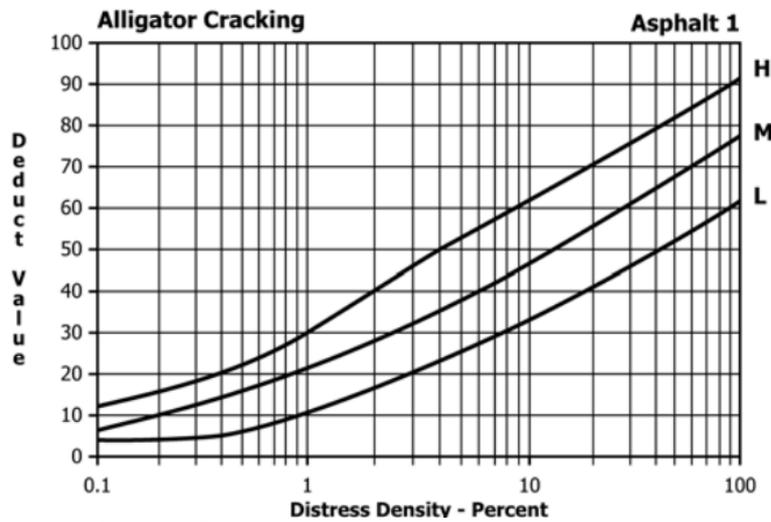
dengan :

Ad = total luas dimensi jenis kerusakan di tiap tingkat kerusakan (m<sup>2</sup>)

As = total luas segmen unit (m<sup>2</sup>)

#### 2. DV (*Deduct Value*)

Berdasarkan nilai *density* yang telah didapatkan, kemudian diplot ke grafik DV (*deduct value*) untuk setiap jenis kerusakan berdasarkan tingkat kerusakannya. Contoh grafik DV (*deduct value*) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik *deduct value* alligator cracking [9]

#### 3. Nilai q

Syarat mendapatkan nilai q yaitu apabila nilai DV (*deduct value*) lebih kecil dari nilai Mi maka tidak dilakukan pengurangan terhadap nilai DV (*deduct value*), sedangkan nilai DV (*deduct value*) lebih besar dari nilai Mi maka dilakukan pengurangan terhadap nilai DV (*deduct value*). Untuk rumus pengecekan nilai DV (*deduct value*) dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$Mi = 1 + (9/98) \times (100 - HDVi) \tag{2}$$

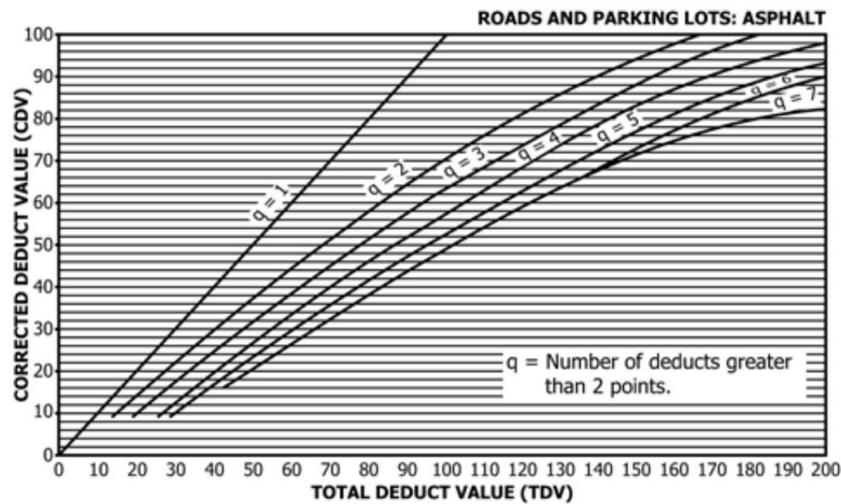
Dengan :

Mi = nilai koreksi terhadap nilai DV

HDVi = nilai terbesar dari *deduct value* dala satu unit sampel

#### 4. Nilai CDV

Berdasarkan nilai q yang telah di ketahui, kemudian diplotkan jumlah nilai DV (*deduct value*) sesuai dengan nilai q pada grafik hubungan CDV dan TDV. Untuk grafik hubungan CDV dan TDV dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan CDV dan TDV [9]

### 5. Nilai PCI

Setelah nilai CDV diketahui, kemudian menentukan nilai PCI (*Pavement Condition Index*) menggunakan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$PCI = 100 - CDV \tag{3}$$

Dengan :

CDV = nilai yang diperoleh dari grafik hubungan CDV dan TDV

### 6. Perkiraan Sisa Umur Jalan

Dalam menentukan sisa umur jalan menggunakan metode *Pavement condition index*, hasil dari nilai PCI digolongkan berdasarkan waktu perbaikan sesuai dengan tabel *Time Of Improvement* yang dikonversi ke dalam bentuk tahun [11]. Pada tabel *Time Of Improvement* ditentukan kriteria umur rencana perkerasan jalan lentur [12]. Untuk Tabel *Time Of Improvement* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 *Time of improvement* [12]

Jalan TOL	Jalan Arteri	Jalan Kolektor	Jalan Lokal	Sisa Umur Layan/ Waktu Perbaikan
>85	>85	>80	>80	11-20 Tahun/ Adequate
85-76	85-76	80-71	80-66	6-10 Tahun
75-66	75-56	70-51	65-46	1-5 Tahun
65-60	55-50	50-45	45-40	0,5-0,9 Tahun / Now Rehabilitation
<60	<50	<45	<40	0-0,4 Tahun/ Now Reconstruction

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Jenis kerusakan yang terjadi

Pada ruas jalan Provinsi Yogyakarta-Bakulan pada STA 0+000-STA 5+000 sepanjang 5 km didapatkan jenis kerusakan sebagai berikut.

1. Kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*), retak kulit buaya adalah serangkaian retakan interkoneksi yang disebabkan oleh kegagalan kelelahan permukaan beton aspal di bawah pemuatan lalu lintas berulang. Contoh retak kulit buaya dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Contoh kerusakan jenis retak buaya (*alligator cracking*)

2. Kerusakan retak blok (*block cracking*), retakan kotak merupakan retakan yang berhubungan satu sama lain yang membentuk bagian perkerasan jalan menjadi bentuk persegi panjang. Potongan blok-blok tersebut dapat memiliki ukuran sekitar 0,3 kali 0,3 m (1 kali 1 kaki) hingga 3 kali 3 m (10 kali 10 kaki). Contoh retak kulit buaya dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Contoh kerusakan jenis retak blok (*block cracking*)

3. Kerusakan retak pinggir (*edge cracking*), retak tepi sejajar dengan dan biasanya dalam jarak 0,3 hingga 0,5 m (1 hingga 1,5 kaki) dari tepi luar perkerasan. Gambar 9. menunjukkan kerusakan jenis retak pinggir.



**Gambar 9.** Contoh kerusakan jenis retak pinggir (*edge cracking*)

4. Kerusakan tambalan (*patching*), tambalan adalah area perkerasan yang telah diganti dengan material baru untuk memperbaiki perkerasan yang ada. Gambar 10. menunjukkan kerusakan tambalan,



**Gambar 10.** Contoh kerusakan jenis tambalan (*patching*)

5. Kerusakan lubang (*potholes*), lubang adalah cekungan kecil-biasanya berdiameter kurang dari 750 mm (30 inci) berbentuk mangkuk di permukaan perkerasan. Contoh kerusakan lubang bisa dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Contoh kerusakan jenis lubang (*pothole*)

### **Mencari nilai *density***

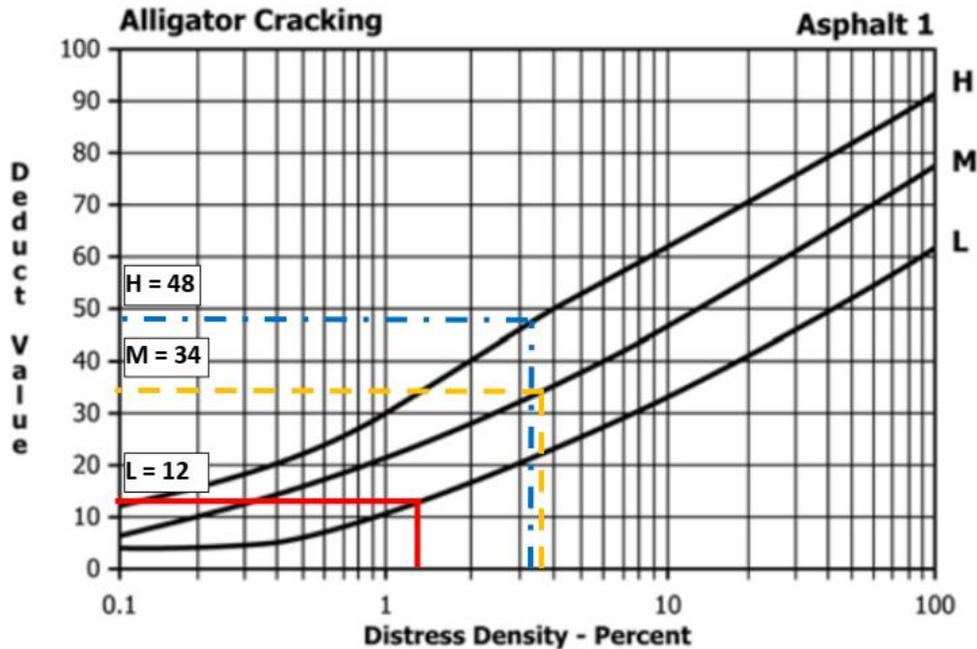
Hasil dari pengukuran dimensi kerusakan untuk tiap segmen dapat dituliskan pada formulir survei. Nilai *density* untuk segmen 1 dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data hasil survei pada segmen 1

ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SERVEY DATA										
1. Alligator Cracking 2. Bleeding 3. Block Cracking 4. Bumps and Sags 5. Corrugation 6. Depression 7. Edge Cracking 8. Reflection Crack 9. Lane 10. Long & Trans Cracking					11. Patching 12. Polished Aggregate 13. Potholes 14. Railroad Crossing 15. Rutting 16. Shoving 17. Slippage Cracking 18. Swell 19. Reveling				Lokasi : Jln. Yogyakarta-Bakulan Tanggal : 15 Januari 2023 Luas : 350	
STA	Tingkat Kerusakan	Quantity (m)				Total	Density %	Deduct Value		
	a	b				c = Total	b = (c/Lu)*1	e = grafik		
0+000 S/D 0+50	1L	0,37	4,6			4,97	1,4	12		
	1M	12,47				12,47	3,6	34		
	1H	2,5	1,73	3,75	3,06	11,04	3,2	48		
	3L	0,53	3,12	7,25		10,9	3,1	3		

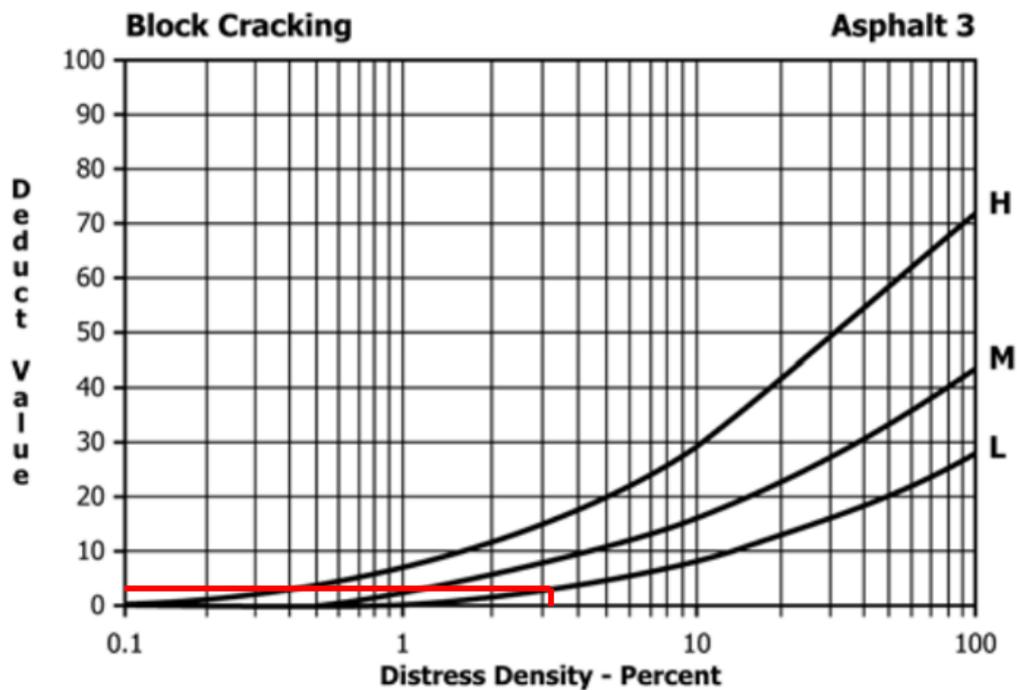
**Menentukan deduct value (DV)**

Nilai *Deduct Value* (DV) diperoleh dari grafik hubungan antara density dengan jenis dan tingkat kerusakan dalam satu segmen. Berikut ini merupakan *Deduct Value* (DV) pada segmen 1. Nilai *deduct value* untuk tiap jenis kerusakan bisa dilihat pada Gambar 12 dan 13



**Gambar 12.** Grafik DV kerusakan *aligator cracking*

Dari Gambar 12, *deduct Value* (DV) untuk kerusakan *aligator cracking low, medium dan high* didapatkan nilai berturut-turut sebesar 12, 34 dan 48.



Gambar 13. Grafik DV kerusakan *block cracking low*

Gambar 13. Menunjukkan hasil *deduct value* (DV) untuk kerusakan *block cracking low* didapatkan nilai sebesar 3. Setelah nilai DV diperoleh kemudian menentukan nilai *q* dengan cara mengurutkan dari jumlah nilai DV. Misalkan pada segmen 1 terdapat 4 DV, maka nilai *q* diurutkan dari angka 4 sampai 1. Sebelum itu dilakukan pengecekan nilai DV dengan menggunakan Persamaan 2. Dari hasil pengecekan nilai DV pada segmen 1 didapatkan nilai  $M_i$  sebesar 5,78. Untuk penentuan nilai *q* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil penentuan nilai *q*

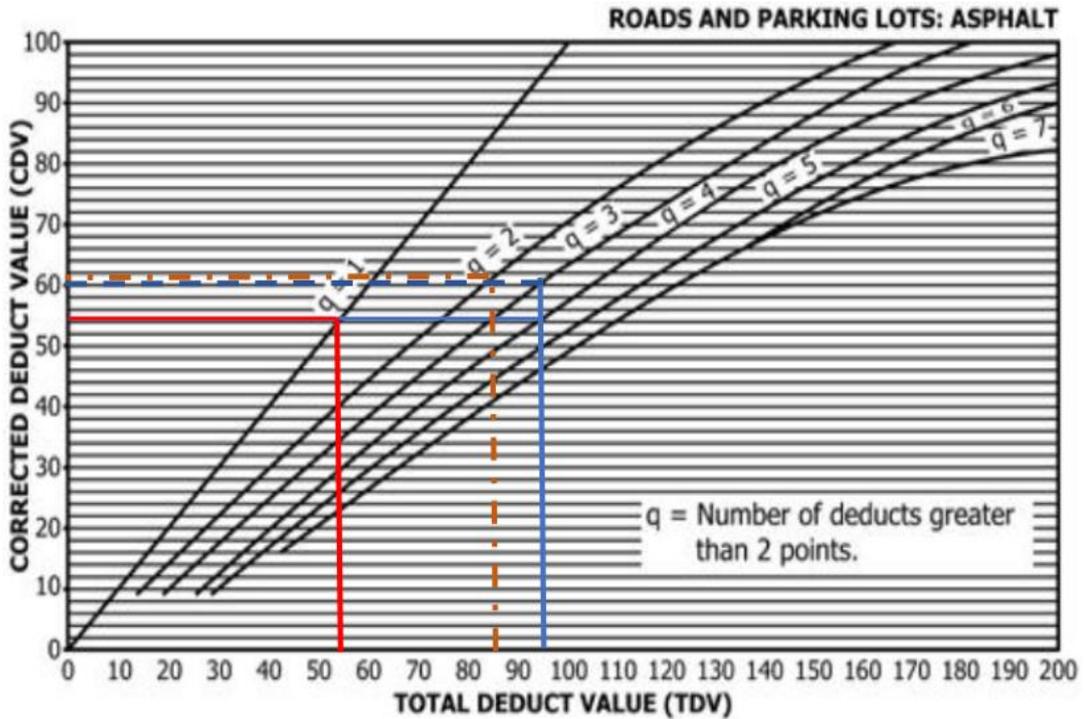
HDV <sub>i</sub>	M <sub>i</sub>	TDV				Total DV	q
		48	34	12	2	96	4
48	5,78	48	34	12	2	96	3
		48	34	2	2	86	2
		48	2	2	2	54	1

### Menentukan deduct value (DV)

Nilai *Corrected Deduct Value* (CDV) diperoleh dari grafik hubungan antara TDV dengan nilai *q* yang telah ditentukan. Berikut ini merupakan grafik *Corrected Deduct Value* pada segmen 1. Hasil nilai CDV dapat dilihat pada Gambar 14. Gambar 14. Menunjukkan hasil nilai CDV untuk kerusakan *aligator cracking low, medium dan high* berturut-turut adalah 55, 60, 61, sedangkan untuk kerusakan *block cracking low* didapatkan nilai CDV sebesar 55. Setelah diperoleh nilai *corrected deduct value* dari setiap jenis kerusakan kemudian diambil nilai *corrected deduct value* paling tinggi yaitu 61 untuk mendapatkan nilai PCI.

### Menentukan nilai pavement condition index (PCI)

Nilai *Pavement Condition Index* diperoleh setelah mendapatkan nilai CDV dengan menggunakan Persamaan 2. Jadi pada segmen 1 diperoleh nilai PCI sebesar 39% dengan kondisi kerusakan perkerasan jalan yaitu buruk (*poor*). Hasil nilai PCI rata-rata dari segmen 1 sampai segmen 100 didapatkan nilai rata-rata sebesar 34,05%. Hasil secara lengkap untuk semua segmen dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 14. Correted deduct value (CDV) untuk kerusakan di segmen 1.

Tabel 4. Nilai PCI segmen 1 sampai 100

Segmen	CDV	PCI									
1	61	39	26	36	64	51	69	31	76	66	34
2	44	56	27	15	85	52	78	22	77	87	13
3	66	34	28	46	54	53	67	33	78	57	43
4	52	48	29	47	53	54	69	31	79	69	31
5	52	48	30	55	45	55	79	21	80	79	21
6	59	41	31	31	69	56	65	35	81	79	21
7	42	58	32	37	63	57	71	29	82	24	76
8	32	68	33	37	63	58	86	14	83	53	47
9	35	65	34	37	63	59	83	17	84	35	65
10	36	64	35	36	64	60	47	53	85	31	69
11	59	41	36	13	87	61	60	40	86	42	58
12	63	37	37	46	54	62	63	37	87	72	28
13	30	70	38	45	55	63	67	33	88	77	23
14	46	54	39	67	33	64	48	52	89	65	35
15	54	46	40	65	35	65	81	19	90	72	28
16	61	39	41	64	36	66	89	11	91	62	38
17	50	50	42	66	34	67	88	12	92	61	39
18	42	58	43	20	80	68	42	58	93	62	38
19	51	49	44	72	28	69	56	44	94	83	17
20	54	46	45	65	35	70	24	76	95	65	35
21	33	67	46	72	28	71	50	50	96	29	71
22	39	61	47	63	37	72	68	32	97	76	24
23	49	51	48	48	52	73	68	32	98	72	28
24	51	49	49	74	26	74	70	30	99	68	32
25	61	39	50	75	25	75	76	24	100	91	9

**Rata-rata nilai PCI dari segmen 1 sampai 100 adalah 43,05 % (Fair)**

### Prediksi sisa umur layan

Prediksi sisa umur jalan berdasarkan hasil perhitungan nilai PCI rata-rata sebesar 43,05% untuk ruas jalan Provinsi Yogyakarta-Bakulan dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan hasil nilai PCI kurang dari 45% termasuk kedalam kriteria sisa umur rencana 0-0,4 tahun (*now reconstruction*), sehingga dengan hasil penelitian pada semua segmen sepanjang 5 km yang menghasilkan nilai PCI rata-rata 43,05% maka rekomendasi perbaikannya dilakukan rekonstruksi.

**Tabel 5.** Hasil prediksi sisa umur rata-rata

alan TOL	Jalan Arteri	Jalan Kolektor	Jalan Lokal	Sisa Umur Layan/ Waktu Perbaikan
>85	>85	>80	>80	11-20 Tahun/ <i>Adequate</i>
85-76	85-76	80-71	80-66	6-10 Tahun
75-66	75-56	70-51	65-46	1-5 Tahun
65-60	55-50	50-45	45-40	0,5-0,9 Tahun / Now Rehabilitation
<60	<50	<45	<40	0-0,4 Tahun/ Now Reconstruction

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengamatan dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pengamatan visual di ruas Jalan Provinsi Yogyakarta-Bakulan didapatkan jenis kerusakan seperti Kerusakan *Aligator Cracking*, *Block Cracking*, *Edge Cracking*, *Patching* dan *Potholes*.
2. Hasil analisis data dengan metode *pavement condition index* didapatkan nilai rata-rata sebesar 43,05% dengan kondisi kerusakan perkerasan jalan cukup (*fair*). Untuk nilai indeks perkerasan tertinggi berada pada segmen 36 sebesar 87% dengan kondisi sempurna (*excellent*), sedangkan untuk nilai indeks perkerasan terendah berada pada segmen 100 sebesar 9% dengan kondisi perkerasan gagal (*failed*).
3. Hasil dari analisis prediksi sisa umur perkerasan pada ruas jalan Yogyakarta-Bakulan didapatkan rata-rata sisa umur 0-0,4 tahun dengan sisa umur jalan tertinggi pada segmen 27, segmen 36 dan segmen 43 yaitu 11-20 tahun.
4. Berdasarkan hasil rata-rata sisa umur rencana direkomendasikan untuk dilakukan perbaikan berupa rekonstruksi perkerasan jalan pada ruas jalan Yogyakarta-Bakulan sepanjang 5 km dari Sta 0 + 000 sampai Sta 5 + 000.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Faisal, R., Zulfhazli, Hakim, A. A., & Muchtaruddin. (2020). Perbandingan Metode Bina Marga dan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) Dalam Mengevaluasi Kondisi Kerusakan Jalan (Studi Kasus Jalan Tengku Chik Ba Kurma, Aceh. *Teras Jurnal*, 10, 110-122.
- [2] Angreni, I. A., Adisasmita, S. A., Ramli, M., & Hamid, S. (2018). Pengaruh Nilai K Metode K-Nearest Neighbor (KKN) Terhadap Tingkat Akurasi Identifikasi Kerusakan Jalan. *Rekayasa Sipil*, 7, 63-70.
- [3] Adly, E., Widodo, w., Rahmawati, A., & Putra, S. A. (2019). *Rehabilitation Planning for Flexible Pavement Using Rebound Deflection Method and PCI Method on Triwidadi Road of Yogyakarta*. *International Journal Of Integrated Engineering*, 11, 201-211.
- [4] Safitra, P. A., Sendow, T., & Pandey, S. (2019). Analisa Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Umur Rencana Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Mando-Bitung). *Jurnal Sipil Statik*, 7, 319-328.
- [5] Temimi, F., Ali, A. H., & Obaidi, A. (2021). *The Pavement Condition Index Method for Evaluating Pavement Distresses of The Roads in Iraq-A case Study in Al-Nasiriyah City*. *Journal for Engineering Sciences*, 11, 17-24.
- [6] Lasarus, R., Lalamentik, L. G., & Waani, J. (2020). Analisa Kerusakan Jalan dan Penanganannya dengan Metode PCI (*Pavement Condition Index*). *Jurnal Sipil Statik*, 8, 645-654.
- [7] Bethary, R. T., Budiman, A., & Hadiyarsih, A. (2021). Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur dengan Penilaian *Pavement Condition Index* dan Bina Marga. *Jurnal Teknik Sipil*, 10, 160-168.
- [8] ASTM International. (2007). *D6433 - 16 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*.
- [9] Hidayat, S. R. (2018). Kajian Tingkat Kerusakan Menggunakan Metode PCI Pada Ruas Jalan Ir. Sutami Kota Purbalinggo. *Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 2, 65-71.
- [10] Syahnanda, A., Setyawan, A., & Pungky, F. (2022). Prediksi Sisa Umur Layan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) Pada Jalan Nasional. *Jurnal Matriks Teknik*, 10, 412-418.

- [11] Isradi, M., Dwiatmoko, H., Subhana, A., Prasetijo, J., & Hartatik, N. (2020). *Evaluation Of The Road Pavement Damage With Bina Marga Method And Pavement Condition Index Method*. *IEOM Society International*, 10-14.
- [12] Ogra's Milestones, 2009, "Pavement Condition Indeks Series 101", Ontario Good Roads Association. Canada

## PENGARUH ABU TULANG SAPI SEBAGAI BAHAN TAMBAH AGREGAT HALUS DALAM PEMBUATAN BETON *READY MIX*

\*Satria Agung Wibawa<sup>1</sup>, Yuyu Sriwahyuni Hamzah<sup>2</sup>, Andrew Mahendra Wibawa<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Sunan Giri, Surabaya

<sup>\*)</sup>Email: Sagungwibawa@gmail.com

### ABSTRACT

*In this study the authors aimed to determine the effect of using beef bone aggregate as an added ingredient for sand (fine aggregate) as well as an added ingredient for making ready mix concrete. The percentage levels of beef bones used in this study were 4%, 6% and 17%. In the manufacture of the test object is done by mixing the binder (cement), sand (fine aggregate and cow bone ash), gravel (coarse aggregate) and water using the experimental method. Samples of specimens were made using cylindrical molds (molds) and treated. The concrete compression test was carried out using a press machine, the mix design plan for making concrete was planned at 30 MPa. The total test objects made in this study were 20 pieces. The results of the test object with a cow bone ash content of 4% obtained compressive strength results of 7.58MPa 8.775 MPa 11.21 MPa 10.92 MPa and 10 MPa with an average value of 9.7 MPa. From the results of the addition of 6% beef bone ash, the results were 9.79 MPa, 9.73 MPa, 8.03 MPa, 9.23 MPa and 13.36 MPa and an average value of 10 MPa, for results with an addition of 17% cow bone ash was 10.3 MPa, 18.11 MPa, 15.28 MPa, 16.53 MPa and 19.13 MPa with an average yield of 15.87 MPa*

**Keyword:** Concrete, Cow Bone Ash, Compressive masive, Aggregate.

### ABSTRAK

Dalam penelitian ini penulis bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan agregat tulang sapi sebagai bahan tambah pasir (agregat halus) juga sebagai bahan tambah pembuatan beton *ready mix*. Kadar prosentasi tulang sapi yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 4%, 6% dan 17% terhadap berat dari agregat halus. Pada pembuatan benda uji dilakukan dengan cara mencampur bahan pengikat (semen), pasir (agregat halus dan abu tulang sapi), kerikil (agregat kasar) dan air dengan menggunakan metode eksperimental. Contoh benda uji dibuat dengan menggunakan cetakan silinder ( *mold*) serta dilakukan perawatan. Uji tes tekan beton dilakukan menggunakan alat mesin tekan, rencana  *mix design* untuk pembuatan beton direncanakan sebesar 30 MPa. Total benda uji yang dibuat pada penelitian ini sebanyak 20 buah. Hasil benda uji dengan kandungan abu tulang sapi sebesar 4% didapatkan hasil kuat tekan 7,58MPa, 8,775 MPa, 11,2 MPa, 10,92 MPa dan 10 MPa dengan hasil nilai rata-rata 9,7 MPa. Dari hasil penambahan abu tulang sapi sebesar 6% didapatkan hasil 9,79 MPa, 9,73 MPa, 8,03 MPa, 9,23 MPa dan 13,36 MPa dan nilai rata-rata sebesar 10 Mpa, untuk hasil dengan penambahan 17% abu tulang sapi adalah 10,3 MPa, 18,11 MPa, 15,28 MPa, 16,53 MPa dan 19,13 MPa dengan hasil rata-rata 15,87 MPa.

**Kata kunci:** Beton, Abu Tulang Sapi, Kuat tekan, Agregat,

### PENDAHULUAN

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen portland atau semen hidrolik yang lain, kadang kadang dengan bahan tambahan (aditif) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu sampai menjadi satu kesatuan yang homogen [1] - [3]. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dan air [4].

Beton merupakan material konstruksi yang saat ini sudah sangat umum digunakan. Berbagai macam bangunan sudah menggunakan material dari beton [5]. Pentingnya peranan konstruksi beton menuntut suatu kualitas beton yang memadai. Penelitian penelitian yang telah banyak dilakukan untuk memperoleh suatu penemuan alternatif penggunaan konstruksi beton dalam berbagai bidang secara tepat dan efisien, sehingga akan diperoleh mutu beton yang lebih baik. Beberapa keunggulan beton sebagai bahan konstruksi antara lain mempunyai kuat tekan yang tinggi, bisa mengikuti bentuk bangunan secara bebas, tahan terhadap api serta biaya perawatan yang relatif cukup murah [6], [7].

Sapi adalah hewan ternak yang dimanfaatkan untuk menghasilkan daging dan susu. Dari hasil pemotongan sapi akan menghasilkan produk utama yaitu berupa daging, Tetapi tulangnya merupakan bagian yang belum dapat dimanfaatkan secara optimal dan menyeluruh [8] - [10]. Tulang sapi mengandung kurang lebih 50% air, 50% sumsum dan 96% kandungan lemak. Tulang yang telah mengalami penghilangan (degreasing) terdiri dari bahan organik dengan perbandingan 1:2 persenyawaan organik dalam tulang disebut ossein yang apabila didihkan atau diekstraksi akan menghasilkan gelatin.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam pembuatan beton dalam penelitian ini adalah:

1. Semen Portland, yang terdiri dari empat unsur penting yaitu, trikalsium silikat (C3S), dikalsium silikat(C2S), trikalsium aluminat (C3A), dan tetrakalsium aluminoforit (C4AF).
2. Agregat Halus.
3. Agregat Kasar (Kerikil) dengan ukuran 40mm.
4. Air
5. Abu Tulang Sapi, yang terdiri dari unsur- unsur Gelatin (C102H151N31) sebesar 11,1%, Kalsium Fosfat (Ca3(PO4)2) sebesar 57,55%, Kalsium Karbonat (CaCO3) sebesar 3,85%, Magnesium Fosfat (Mg3(PO4)2) sebesar 2,05% dan Sodium Karbonat (NaHCO3) sebesar 3,45%.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Ayakan (ukuran 4,75 – 0,15 mm) untuk pasir dan ukuran ( 19-4,75 mm) untuk kerikil.
2. *Sand Absorption Cone and Temper*
3. Timbangan
4. Loyang, Cetok
5. Ember
6. Gelas ukur (ukuran 1000 ml)
7. Kerucut Abrams
8. *Concrete Cylinder Mold* (Ukuran 15 x 30cm)
9. *Concrete Mixer*
10. *Concrete Compression Machine*

Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu, tahap pertama adalah persiapan bahan yang akan digunakan untuk penelitian yang meliputi semen, pasir, kerikil, air dan bahan tambah abu tulang sapi, untuk bahan tambahanya sendiri diperoleh dari pembelian online di marketplace dikarenakan waktu yang terbatas untuk memproses bahan dasar tulang sapi hingga mencapai tahap serbuk yang memerlukan banyak sekali tahap, kemudian dilanjutkan pada tahap selanjutnya pemeriksaan benda uji yang meliputi pemeriksaan kelayakan material-material yang akan digunakan pada penelitian ini, untuk tahap ketiga yaitu proses pencampuran bahan- bahan penelitian sesuai rencana perhitungan Mix Design 30 MPa.

Tahap selanjutnya dengan mencampur semua material yang sudah disiapkan pada tempat yang sudah disediakan dan akan dicetak didalam sebuah cetakan berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm. untuk pembuatan beton pada penelitian ini menggunakan bahan tambah abu tulang sapi sebesar presentasi 4%, 6% dan 17% sebagai bahan tambah agregat halus (pasir) terhadap berat dari pasir.

Dibuat sample beton sebanyak 20 biji dengan pembagian per sample 4%, 6%, 17% dan beton normal masing masing sebanyak 5 benda uji dan akan diuji pada umur beton 28 hari, sebelum dilakukan test kuat tekan, beton yang akan diuji akan direndam didalam air selama 14 hari kalender, proses ini dinamakan curing beton. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental untuk mengetahui hubungan sebab akibat dari penambahan abu tulang sapi pada pasir terhadap peningkatan kekuatan kuat tekan beton.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Usia atau umur benda uji telah ditentukan, yaitu 28 hari setelah itu kemudian dilakukan pengujian kuat tekan beton yang menggunakan *Concrete Compresing Machine*. Uji ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan hancur benda uji. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan beton menggunakan persamaan 1:

$$\text{Kuat Tekan } F_c = P/A \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

Fc = Kuat Tekan Beton (MPa)  
 P = Beban Maksimum (N)  
 A = Luas Penampang Benda Uji (mm<sup>2</sup>)

### Perhitungan *Mix Design*

Pada penelitian ini komposisi dalam bahan campuran beton ditentukan dengan perhitungan *Mix Design*. Perhitungan bahan campuran dapat dilihat dilihat pada Tabel 1:

**Tabel 1.** *Mix Design*

No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Kuat Tekan Rencana	30	MPa
2	Deviasi Standar	7	MPa
3	Margin	12	MPa
4	Kekuatan rata-rata (target)	30+12	MPa
5	Jenis semen	Tipe 1	
6	Jenis agregat (pasir dan kerikil)		
7	Fas (faktor air semen)	0,39 (28 hari)	
8	Fas max	0,6	
9	Nilai slump	7,5-15	Cm
10	Kadar air bebas	60-180	Mm
11	Ukuran max kerikil	40	Mm
12	Kebutuhan air	205	Liter
13	Kebutuhan semen	205:0,39	
14	Kebutuhan semen Min	525,64	
15	Zona butiran pasir	Zona 2	
16	Persen pasir	35%	
17	Berat jenis relatif	2,6	
18	Berat isi beton	2500	Kg/m <sup>3</sup>
19	Kadar agregat gabungan	1769,36	Kg/m <sup>3</sup>
20	Kadar pasir	619,276	Kg/m <sup>3</sup>
21	Kadar kerikil	1150,084	Kg/m <sup>3</sup>
22	Kadar abu tulang sapi	4380,75	Kg/m <sup>3</sup>

Pada perhitungan rencana campuran adukan beton memakai Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2823-2000). Dari perhitungan pada tabel 1 didapat kebutuhan per 1m<sup>3</sup>:

- a. Air : 205 Liter
- b. Semen : 525,64 kg
- c. Agregat halus : 619,276 kg
- d. Agregat kasar : 1150,084 kg

Adapun untuk kebutuhan bahan adukan dalam pembuatan 1 *Mold silinder* dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dalam satu cetakan sebagai berikut:

- a. Vol tabung :  $\pi \times r^2 \times t = 3,14 \times 7,5^2 \times 30 = 0,00053 \text{ m}^3$
- b. Air :  $205 \times 0,00053 = 1,086 \text{ liter}$
- c. Semen :  $525,64 \times 0,00053 = 2,785 \text{ kg}$
- d. Pasir :  $619,276 \times 0,00053 = 3,282 \text{ kg}$
- e. Kerikil :  $1150,08 \times 0,00053 = 6,095 \text{ kg}$
- f. Abu Tulang sapi : kadar 4%(0,649) + 6%(0,973) + 17%(2758,25) = 4380,75 kg

### Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian dilakukan setelah umur beton telah sesuai rencana yaitu 28 hari, dan diuji dengan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM), pada benda uji ditekan dan di hitung waktu saat mesin menekan benda uji hingga mencapai tekanan maksimal. Berikut ini adalah contoh perhitungan kuat tekan pada beton nomor 1 dengan presentase kadar abu tulang sapi sebesar 17%:

- Sample no. 5* (17%) :  $338 \times 1000 = 338000 \text{ N}$
- Luas penampang (ukuran  $30 \times 15 \text{ cm}$ ) =  $3,14 \times 75 \times 75 = 17662,5 \text{ mm}^2$
- $F_c = 33800 : 17662,5 = 19,13 \text{ MPa}$

**Tabel 2.** Kuat tekan beton normal 0% (28 hari)

No	Kadar Abu Tulang Sapi	Berat Beton	MPa	Rata- rata (MPa)
1	0% (normal)	12,51	13	12,9
2		12,45	12,8	
3		13,75	13,7	
4		11,71	11,7	
5		12,25	13,3	

**Tabel 3.** Kuat tekan beton variasi 4% (28 hari)

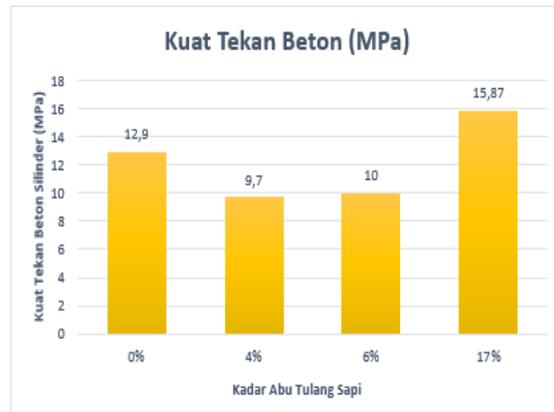
No	Kadar Abu Tulang Sapi	Berat Beton	MPa	Rata- rata (MPa)
1	4%	12,48	7,58	9,7
2		12,32	8,78	
3		12,15	11,2	
4		12,37	10,9	
5		12,25	10	

**Tabel 4.** Kuat tekan beton variasi 6% (28 hari)

No	Kadar Abu Tulang Sapi	Berat Beton	MPa	Rata- rata (MPa)
1	6%	12,36	9,79	10
2		12,54	9,73	
3		12,51	8,03	
4		12,79	9,28	
5		12,51	13,3	

**Tabel 5.** Kuat tekan beton variasi 17% (28 hari)

No	Kadar AbuTulang Sapi	Berat Beton	MPa	Rata- rata (MPa)
1	17%	12,52	10,3	15,8
2		12,03	18,1	
3		11,74	15,2	
4		11,53	16,5	
5		11,59	19,1	



**Gambar 1.** Hasil Uji Kuat Tekan Beton rata-rata

Rata-rata hasil kuat tekan (MPa) pada beton normal dan dengan penambahan variasi abu tulang sapi terhadap penambahan pasir sebanyak masing-masing 5 benda uji dapat dilihat dibawah ini:

- a. Beton normal = 12,9 Mpa
- b. Beton *mix design* (4%) = 9,7 Mpa
- c. Beton *mix design* (6%) = 10 Mpa
- d. Beton *mix design* (17%) = 15,87 Mpa

Pada penelitian ini didapati penurunan dari rencana awal 30MPa dikarenakan pada bahan penambah abu tulang sapi ketika akan dilakukan untuk pencampuran masih dalam keadaan lembab dan belum dijemur.

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari data hasil pengujian yang meliputi analisis data, eksperimental dan hasil itu bisa disimpulkan bahwa beton *mix design* menggunakan penambahan abu tulang sapi sebesar presentasi 4% 6% dan 17% terhadap bahan tambah agregat halus (pasir) dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Adanya penambahan abu tulang sapi sebagai bahan tambah agregat halus terhadap kuat tekan beton selama 28 hari didapatkan hasil kurang dari 30 MPa.
- b. Semakin banyak presentase penambahan kadar serbuk abu tulang sapi sebagai bahan tambah maka kuat tekan beton juga akan semakin kuat.
- c. Dari hasil akhir rata-rata antara beton normal dengan beton *Mix Design* ternyata lebih kuat beton *Mix Design* yang menggunakan bahan tambah abu tulang sapi sebagai bahan tambah agregat halus khususnya pada presentase penambahan 17%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ginting and W. Malau, "Analisis perbandingan mutu beton dengan menggunakan berbagai cara pengadukan (ready mix, molen dan manual)," *Jurnal Darma Agung*, vol. 28, no. 1, pp. 106–114, 2020.
- [2] A. Frederika and I. A. R. Widhiawati, "Analisis produktivitas metode pelaksanaan pengecoran beton ready mix pada balok dan pelat lantai gedung," *Jurnal Spektran*, vol. 5, no. 1, pp. 1–87, 2017, [Online]. Available: <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jsn/>
- [3] D. A. D. Purnamawanti, K. J. Priyanto, and F. Nurhidayah, "Beton Self Compacting Concrete ramah lingkungan yang berkelanjutan dengan pemanfaatan limbah abu marmer, abu sekam padi dan abu batu," *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, vol. 28, no. 1, pp. 36–45, 2023.
- [4] A. Mukhlis and Bunyamin, "Pengaruh penggunaan agregat tulang sapi terhadap kuat tekan beton," *PORTAL Jurnal Teknik Sipil*, vol. 12, no. 1, 2020.
- [5] A. Nusantoro and N. F. Ramadhani, "Pengaruh abu tulang sapi terhadap kenaikan kuat tekan beton," *Jurnal Surya Beton*, vol. 5, no. 1, pp. 20–27, 2021.
- [6] H. Riyanto, "Pengaruh penggunaan semen Pozzolan tipe-A terhadap ruat tekan beton," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 6, no. 1, 2015.
- [7] R. A. Polii, M. D. J. Sumajouw, and R. S. Windah, "Kuat tekan beton dengan variasi agregat yang berasal dari beberapa tempat di Sulawesi Utara," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 3, no. 3, pp. 206–211, 2015.
- [8] A. F. D. Wathi, S. Wardhani, and M. M. Khunur, "Pengaruh perbandingan massa Ca:P terhadap sintesis hidroksiapatit tulang sapi dengan metode kering," *Kimia Student Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 196–202, 2014.

- [9] P. Previanti, H. Sugiani, U. Pratomo, and Sukrido, "Daya serap dan karakterisasi arang aktif tulang sapi yang teraktivasi natrium karbonat terhadap logam tembaga," *Chimica et Natura Acta*, vol. 3, no. 2, pp. 48–53, 2015.
- [10] D. Darwis, E. P. D. Trisno, and Iqbal, "Analisis sifat-sifat fisik keramik dengan bahan dasar tulang sapi dan lempung asal desa Sidera kecamatan Sigi Biromaru," *Natural Science: Journal of Science and Technology ISSN*, vol. 7, no. 2, pp. 259–267, 2018.

## PENGUKURAN KINERJA KONSULTAN PENGAWAS KONSTRUKSI JALAN DENGAN METODE CSI

Frisca Oktaviana Yoneda<sup>1</sup>, Gatot Nursetyo<sup>2</sup>, \*Teguh Yuono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta

<sup>\*</sup>Email: teguh.yuono@lecture.utp.ac.id

### ABSTRACT

*This research is about measuring the performance of road construction supervisory consultants using the CSI method in implementing the Surakarta-Gemolong-Purwodadi Road Reconstruction project. Data is processed using the MS Excel and SPSS programs, namely by testing validity, reliability testing, and data analysis with the customer satisfaction index (CSI). With this method, an index of stakeholder and respondent satisfaction will be obtained based on the performance of the road construction supervision consultant. The results are as follows: The Customer Satisfaction Index (CSI) value for the supervision consultant is 84.32%, which indicates that project stakeholders and respondents feel "very satisfied" with the performance of the Surakarta-Gemolong-Purwodadi Road Construction Supervision Consultant. 81.41% (Very Satisfied), Ability to Assure Quality of Work: 63.42% (Quite Satisfied), Project Managerial Ability: 79.99% (Satisfied), Ability to prevent, reduce, or overcome problems or conflicts: 59.50% (Quite Satisfied), and Quality of Internal HR Consultants: 60.28% (Quite Satisfied)*

**Keyword:** Consultant performance; reconstruction project; consumer satisfaction index

### ABSTRAK

Penelitian ini adalah tentang pengukuran kinerja konsultan pengawas konstruksi jalan menggunakan metode CSI dalam pelaksanaan proyek Rekonstruksi Jalan Surakarta-Gemolong-Purwodadi. Data diolah dengan menggunakan program MS.Excel dan SPSS yaitu dengan uji validitas, uji reliabilitas, dan uji analisis data dengan indeks kepuasan konsumen atau Customer Satisfaction Index (CSI). Dengan metode ini akan didapat indeks kepuasan stakeholder / responden terhadap kinerja Konsultan Pengawas Konstruksi Jalan. Hasilnya adalah sebagai berikut: Nilai Customer Satisfaction Index (CSI) pada Konsultan Pengawas sebesar 84,32% yang menunjukkan bahwa para stakeholder / responden proyek merasa "sangat puas" dengan kinerja Konsultan Pengawas Konstruksi Jalan Surakarta – Gemolong – Purwodadi. Kemampuan Mencapai Tujuan Proyek : 81,41% (Sangat Puas), kemampuan Menjamin Kualitas Pekerjaan : 63,42% (Cukup Puas), kemampuan Manajerial Proyek: 79,99% (Puas), kemampuan mencegah, mengurangi, atau mengatasi masalah/konflik : 59,50% (Cukup Puas) dan kualitas Internal SDM Konsultan : 60,28% (Cukup Puas).

**Kata kunci:** Kinerja konsultan; proyek rekonstruksi; indeks kepuasan konsumen.

## 1. PENDAHULUAN

Konsultan pengawas adalah sebuah badan usaha atau juga perorangan yang mana mereka akan ditunjuk oleh pengguna jasa, pemilik proyek (*owner*) atau kontraktor untuk melakukan pengawasan terhadap proses pembangunan yang sedang dilakukan [1]. Konsultan pengawas bertugas menjamin pekerjaan sesuai dengan rencana mutu, biaya, waktu dan pemenuhan kinerja jalan yang telah ditetapkan di dalam kontrak jasa konstruksi, maka diperlukan adanya tim konsultan yang bertugas sebagai pengawas pekerjaan konstruksi [2].

Konsultan pengawas memiliki peranan yang sangat penting dalam membantu pemilik proyek (*owner*) dan utamanya dari segi pengawasan terhadap pelaksanaan konstruksi, baik dari aspek SDM, alat, material, biaya, waktu, mutu dan K3. Kemampuan sistem pengelolaan proyek dari konsultan pengawas lapangan sangat ditentukan oleh kinerja yang dimiliki masing masing personil yaitu *Team Leader*, *Engineer*, dan *Suprof* di samping kemampuan dalam melakukan pengelolaan terhadap seluruh kegiatan dan sumber daya [3].

Keterlambatan mobilisasi konsultan pengawas karena harus menggunakan proses lelang yang memerlukan banyak waktu [4]. Dampak dari keterlambatan mobilisasi konsultan pada proyek Rekonstruksi Jalan Surakarta-Gemolong-Purwodadi, antara lain: adanya keterlambatan administrasi seperti *Mutual Check* 0, *Riquest* pekerjaan yang belum berjalan dari pihak penyedia jasa konstruksi, *Shop Drawing*, *Justek* dan permasalahan menghadapi H-15 hari raya idul fitri, dalam kondisi jalan harus sudah bisa di lewati oleh kendaraan dengan lancar.

Permasalahan yang ada tersebut maka keterlibatan konsultan pengawas sangat penting dalam suatu pelaksanaan pembangunan proyek rekonstruksi jalan. Konsultan pengawas membantu dalam mengontrol pelaksanaan pekerjaan, mentertibkan administrasi penyedia jasa konstruksi dan dapat menjalin hubungan komunikasi antara *owner*, kontraktor sebagai penyedia jasa konstruksi maupun dinas terkait, sehingga setiap pelaksanaan pekerjaan dapat menghasilkan produktifitas yang baik dan bermutu [5]. Tujuan tersebut akan dapat dicapai jika kinerja konsultan pengawas mampu menyesuaikan dengan kondisi lapangan dan pekerjaan, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang "Pengukuran kinerja konsultan pengawas konstruksi jalan menggunakan metode CSI dalam pelaksanaan proyek Rekonstruksi Jalan Surakarta-Gemolong-Purwodadi".



**Gambar 1.** Kegiatan pengawasan pelaksanaan pekerjaan rekonstruksi jalan (Sumber: data pribadi)

Adapun beberapa manfaat yang diharapkan peneliti bagi peneliti atau pihak terkait adalah dapat mengetahui kriteria kinerja konsultan pengawas dalam pelaksanaan proyek, dapat memberikan informasi dan pengetahuan tentang kinerja yang baik bagi konsultan dalam pengawasan pekerjaan dan memberikan informasi kepada Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan pemilihan konsultan secara langsung atau RO (repeat order).

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di ruas pekerjaan Rekonstruksi Jalan Surakarta - Gemolong (Sragen) - Purwodadi. Ruang lingkup pekerjaan: (1) Surakarta - Gemolong - Geyer sepanjang 4,93 Km. (2) Purwodadi - Geyer sepanjang 0,4 Km, (3) Lingkar Utara Barat (Sragen) sepanjang 1,85 Km dan (4) Lingkar Utara Timur (Sragen) sepanjang 1,32 Km. Penelitian dilaksanakan selama 2,5 bulan, dari tanggal 13 Februari sampai dengan 1 Mei 2023 terhadap pelaksanaan pekerjaan rekonstruksi jalan.

Untuk menghitung penentuan jumlah sampel dari populasi tertentu, maka digunakan rumus Slovin [6] sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (1)$$

Keterangan:

$n$  = Jumlah sampel

$N$  = Jumlah populasi

$e^2$  = Taraf nyata atau batas kesalahan

Dalam menentukan jumlah sampel yang akan dipilih, penulis menggunakan tingkat kesalahan sebesar 5%, karena dalam setiap penelitian tidak mungkin hasilnya sempurna 100%, makin besar tingkat kesalahan maka semakin sedikit ukuran sampel [6]. Jumlah populasi sebagai dasar perhitungan yang digunakan adalah 49 orang, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Maka : } n = \frac{N}{1+Ne^2}$$

$$n = \frac{49}{1+(49 \times 0,05^2)}$$

$$n = \frac{49}{1+(0,1225)}$$

$$n = 43,6 \quad \text{dibulatkan menjadi 44 responden}$$

Berdasarkan rumus tersebut dapat dihitung sampel dari populasi berjumlah 49 orang dengan tarif kesalahan 5%, maka sampel 44 responden.

Adapun pengolahan data dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan program MS Excel dan SPSS dengan 3 tahap yaitu :

### a. Uji Kualitas Data

1. Uji Validitas

Uji validitas kuesioner dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kehandalan kuesioner. Dasar penelitian keputusan untuk menguji validitas butir kuisisioner adalah : a. Jika r hitung, positif dan r hitung > r tabel, maka pertanyaan dinyatakan valid. b. Jika r hitung, tidak positif dan r hitung < r tabel, maka pertanyaan tidak valid [7].

2. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas kuesioner dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui konsistensi derajat ketergantungan dan stabilitas dari alat ukur. Kuesioner dikatakan reliabel jika memberikan nilai Cronbanch Alpha > 0,70 [7].

**b. Analisis Data**

Indeks kepuasan konsumen atau Customer Satisfaction Index (CSI) merupakan indeks untuk menentukan tingkat kepuasan pelanggan secara menyeluruh dengan pendekatan yang mempertimbangkan tingkat kepentingan dari atribut-atribut produk atau jasa yang diukur. CSI memberikan data yang jelas mengenai tingkat kepuasan pelanggan sehingga pada satuan waktu tertentu dapat melakukan evaluasi secara berkala untuk memperbaiki apa yang kurang dan meningkatkan pelayanan yang dinilai *customer* adalah sebuah nilai lebih [8].

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil kuisisioner yang telah dibagikan kepada 44 responden yaitu tenaga kerja pada PPK Fisik dan Kontraktor PT. Deltamarga Adyatama dengan cara penyebaran kuisisioner secara langsung dan wawancara terstruktur, maka didapatkan hasil identitas responden yaitu sebagai berikut : (a) pekerja proyek yang bekerja pada Proyek Rekonstruksi Jalan Surakarta – Gemolong – Purwodadi memiliki jenis kelamin laki – laki sebanyak 37 orang (84%) dan jenis kelamin perempuan 7 Orang (16%), (b) pekerja yang dengan rentang usia 20 – 31 tahun sebanyak 14 orang (32%), rentang usia 31 – 45 tahun sebanyak 23 orang (52%), dan rentang usia 46 – 60 tahun sebanyak 7 orang (16%), (c) pekerja yang lulus jenjang SMA sebanyak 16 orang (36%), S1 sebanyak 22 orang (50%), dan S2 sebanyak 6 orang (14%) dan (d) pekerja yang memiliki pengalaman kerja 1-5 tahun sebanyak 7 orang (16%), 6 – 10 tahun sebanyak 14 orang (32%), 11 – 15 tahun sebanyak 13 orang (30%) dan 16 – 20 tahun sebanyak 10 orang (23%).

**Tabel 1.** Nilai  $r_{tabel}$

**NILAI-NILAI r PRODUCT MOMENT**

N	Taraf Signifikan		N	Taraf Signifikan		N	Taraf Signifikan	
	5%	1%		5%	1%		5%	1%
3	0,997	0,999	27	0,381	0,487	55	0,266	0,345
4	0,950	0,990	28	0,374	0,478	60	0,254	0,330
5	0,878	0,959	29	0,367	0,470	65	0,244	0,317
6	0,811	0,917	30	0,361	0,463	70	0,235	0,306
7	0,754	0,874	31	0,355	0,456	75	0,227	0,296
8	0,707	0,834	32	0,349	0,449	80	0,220	0,286
9	0,666	0,798	33	0,344	0,442	85	0,213	0,278
10	0,632	0,765	34	0,339	0,436	90	0,207	0,270
11	0,602	0,735	35	0,334	0,430	95	0,202	0,263
12	0,576	0,708	36	0,329	0,424	100	0,195	0,256
13	0,553	0,684	37	0,325	0,418	125	0,176	0,230
14	0,532	0,661	38	0,320	0,413	150	0,159	0,210
15	0,514	0,641	39	0,316	0,408	175	0,148	0,194
16	0,497	0,623	40	0,312	0,403	200	0,138	0,181
17	0,482	0,606	41	0,308	0,398	300	0,113	0,148
18	0,468	0,590	42	0,304	0,393	400	0,098	0,128
19	0,456	0,575	43	0,301	0,389	500	0,088	0,115
20	0,444	0,561	44	0,297	0,384	600	0,080	0,105
21	0,433	0,549	45	0,294	0,380	700	0,074	0,097
22	0,423	0,537	46	0,291	0,376	800	0,070	0,091
23	0,413	0,526	47	0,288	0,372	900	0,065	0,086
24	0,404	0,515	48	0,284	0,368	1000	0,062	0,081
25	0,396	0,505	49	0,281	0,364			
26	0,388	0,496	50	0,279	0,361			

Sumber: Sugiyono.2008. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta. Hal. 373

Hasil uji validitas dan reliabilitas sebagai berikut:

1. Uji Validitas

Uji ini menunjukkan seberapa jauh suatu tes atau satu set dari pengukuran apa yang seharusnya diukur. Salah satu cara untuk menguji validitas adalah menghitung nilai korelasi antara setiap item pernyataan dengan skor totalnya dengan menggunakan rumus korelasi product momen ( r hitung). Hasil analisis validitas menggunakan computer

yaitu program SPSS, ditunjukkan dengan membandingkan r hitung dengan r tabel. R tabel dapat dilihat dari Tabel 1 berikut:

a. Variabel Kemampuan Mencapai Tujuan Proyek (V1)

**Tabel 1.** Uji Validitas Variabel V1

No. Variabel	<i>Corrected Item Total Correlation</i> (r hitung)	r tabel (df-44)	Keterangan
V1.1	0,465	0,297	Valid
V1.2	0,442	0,297	Valid
V1.3	0,447	0,297	Valid
V1.4	0,451	0,297	Valid
V1.5	0,464	0,297	Valid

Sumber: Data diolah di SPSS

b. Variabel Kemampuan Menjamin dan Menambah Mutu Pekerjaan (V2)

**Tabel 2.** Uji Validitas Variabel V2

No. Variabel	<i>Corrected Item Total Correlation</i> (r hitung)	r tabel (df-44)	Keterangan
V2.1	0,411	0,297	Valid
V2.2	0,439	0,297	Valid
V2.3	0,461	0,297	Valid
V2.4	0,469	0,297	Valid

Sumber: Data diolah di SPSS

a. Variabel Kemampuan Manajerial Proyek (V3)

**Tabel 4.** Uji Validitas Variabel V3

No. Variabel	<i>Corrected Item Total Correlation</i> (r hitung)	r tabel (df-44)	Keterangan
V3.1	0,426	0,297	Valid
V3.2	0,418	0,297	Valid
V3.3	0,464	0,297	Valid
V3.4	0,452	0,297	Valid
V3.5	0,479	0,297	Valid

Sumber: Data diolah di SPSS

b. Variabel Kemampuan mencegah, mengurangi, atau mengatasi masalah/ konflik (V4)

**Tabel 5.** Uji Validitas Variabel V4

No. Variabel	Corrected Item Total Correlation ( $r_{hitung}$ )	$r_{tabel}$ (df-44)	Keterangan
V4.1	0,454	0,297	Valid
V4.2	0,478	0,297	Valid
V4.3	0,490	0,297	Valid
V4.4	0,475	0,297	Valid

Sumber: Data diolah di SPSS

c. Variabel Kualitas Internal SDM Konsultan (V5)

**Tabel 6.** Uji Validitas Variabel V5

No. Variabel	Corrected Item Total Correlation ( $r_{hitung}$ )	$r_{tabel}$ (df-44)	Keterangan
V5.1	0,440	0,297	Valid
V5.2	0,426	0,297	Valid
V5.3	0,401	0,297	Valid
V5.4	0,486	0,297	Valid

Sumber: Data diolah di SPSS

2. Reliabilitas

Uji ini dilakukan setelah pengujian pada validitas atas variabel – variabel yang sudah ditentukan. Hasil analisis reliabilitas dapat dilihat pada program SPSS yang ditunjukkan besarnya nilai alpha ( $\alpha$ ). Pengambilan keputusan reliabilitas suatu variabel ditentukan dengan asumsi apabila nilai Cronbach's Alpha > 0,60 maka variable yang diteliti adalah reliabel. Berikut hasil pengujian reliabilitas:

**Tabel 7.** Hasil Uji Reliabilitas , *Case Processing Summary*

		N	%
Cases	Valid	44	100,0
	Excluded <sup>a</sup>	0	0,0
	Total	44	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Sumber: Data diolah di SPSS

**Tabel 8.** Hasil Uji Reliabilitas, *Reliability Statistics*

Cronbach's Alpha	N of Items
,811	22

Sumber: Data diolah di SPSS

**Tabel 8** menunjukkan bahwa nilai Cronbach's Alpha > 0,70, maka semua variable V1 (Kemampuan Mencapai Tujuan Proyek), V2 (Kemampuan Mencapai Tujuan Proyek), V3 (Kemampuan Menjamin dan Menambah Mutu Pekerjaan), V4 (Kemampuan mencegah, mengurangi, atau mengatasi masalah/ konflik), serta V5 (Kuliatas Internal SDM Konsultan) dinyatakan **Reliabel**.

3. Analisis Data

**Tabel 9.** Tabel Kriteria CSI

Nilai Indeks (%)	Kriteria <i>Customer Satisfaction Index</i> (CSI)
81,00 – 100,00	Sangat Puas
66,00 – 80,99	Puas
51,00 – 65,99	Cukup Puas
35,00 – 50,99	Kurang Puas
0,00 – 34,99	Tidak Puas

Sumber : Irawan, H [9]

**Tabel 10.** Hasil Perhitungan CSI

Var	Mean Importance Score (MIS)	Weighted Factors (WF)	Mean Satisfaction Score (MSS)	Weighted Score (WS)	CSI tiap Indikator
1	4,16	4,35	4,02	17,50	Indikator 1  81,41
2	4,14	4,33	4,02	17,41	
3	4,48	4,68	4,41	20,65	
4	4,68	4,90	4,52	22,15	
5	4,25	4,45	4,16	18,49	
6	4,55	4,76	4,39	20,86	Indikator 2  63,42
7	4,36	4,56	4,23	19,30	
8	4,02	4,21	4,30	18,08	
9	4,32	4,52	4,59	20,74	
10	4,16	4,35	4,32	18,79	Indikator 3  79,99
11	4,52	4,73	4,32	20,43	
12	4,30	4,49	3,91	17,57	
13	4,34	4,54	4,25	19,30	
14	4,59	4,80	4,07	19,54	
15	4,50	4,71	3,64	17,12	Indikator 4  59,50
16	4,36	4,56	4,43	20,23	
17	4,52	4,73	3,59	16,99	
18	4,55	4,76	4,34	20,64	
19	4,36	4,56	4,34	19,82	Indikator 5  60,28
20	4,36	4,56	4,11	18,78	
21	3,61	3,78	4,36	16,50	
22	4,45	4,66	4,45	20,76	
<b>JUMLAH</b>	<b>95,59</b>	<b>JUMLAH</b>	<b>92,77</b>	<b>421,62</b>	
			<b>CSI</b>	<b>84,32</b>	<b>(Sangat Puas)</b>

Sumber: Data diolah di Ms. Excel

Dari tabel 4.16 dapat terlihat proses dan hasil perhitungan indeks kepuasan *stakeholder* dengan metode CSI terhadap kinerja Konsultan pengawas konstruksi jalan. Dimana pada tabel terdapat indeks kepuasan sebesar 84,32 % (Sangat Puas).

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa kendala – kendala yang terjadi dalam pelaksanaan proyek Rekonstruksi Jalan Surakarta – Gemolong – Purwodadi yaitu Sumber daya yang kurang memenuhi, perubahan – perubahan batching plant dan material, adanya tambahan proyek “Instruksi Presiden”, perubahan-perubahan desain dan keterlambatan penyerahan administrasi dari kontraktor.

Kriteria - kriteria untuk mengukur kinerja Konsultan MK terbagi kedalam 5 Indikator kinerja yang kemudian dikembangkan menjadi 22 variabel penelitian. Adapun indikator tersebut antara lain: (1) kemampuan Mencapai Tujuan Proyek : 81,41% (Sangat Puas), (2) kemampuan Menjamin Kualitas Pekerjaan : 63,42% (Cukup Puas), (3) kemampuan Manajerial Proyek: 79,99% (Puas), (4) kemampuan mencegah, mengurangi, atau mengatasi masalah/ konflik : 59,50% (Cukup Puas) dan (5) kualitas Internal SDM Konsultan : 60,28% (Cukup Puas).

Untuk melihat kepuasan terhadap kinerja Konsultan Pengawas Konstruksi Jalan pada penelitian ini digunakan metode CSI (Customer Satisfaction Index) dengan metode ini akan didapat indeks kepuasan stakeholder / responden terhadap kinerja Konsultan Pengawas Konstruksi Jalan. Hasilnya adalah sebagai berikut: Nilai Customer Satisfaction Index (CSI) pada Konsultan Pengawas sebesar 84,32% yang menunjukkan bahwa para stakeholder / responden proyek merasa “sangat puas” dengan kinerja Konsultan Pengawas Konstruksi Jalan Surakarta – Gemolong – Purwodadi.

Dalam penelitian ini kriteria yang memiliki nilai terendah adalah variabel 4 (Kemampuan mencegah, mengurangi, atau mengatasi masalah/ konflik) memiliki nilai 59,50% (Cukup Puas), sehingga sebaiknya konsultan pengawas untuk meningkatkan kemampuan mencegah, mengurangi, atau mengatasi masalah/ konflik dengan baik, Tambahan proyek “Instruksi Presiden” yang lokasinya tidak di ruas Proyek Rekonstruksi Jalan Surakarta – Gemolong – Purwodadi, seharusnya melakukan lelang tersendiri untuk personil jasa konsultasi agar tidak mengganggu kinerja personil konsultan yang memang secara kontrak ditempatkan di ruas Proyek Rekonstruksi Jalan Surakarta – Gemolong – Purwodadi, dan bagi penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperluas penelitian terhadap penilaian kinerja kontraktor dan owner, sehingga dalam penelitian tidak hanya menilai kinerja konsultan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Aziz, E. H. D. Putranto, and H. Yuniarto, “ANALISIS FAKTOR-FAKTOR KINERJA KONSULTAN PENGAWAS YANG BERPENGARUH TERHADAP WAKTU DAN MUTU PEKERJAAN PROYEK PENINGKATAN JALAN DI KABUPATEN PROBOLINGGO,” *J. Info Manaj. Proy.*, vol. 7.2, no. September, pp. 38–49, 2016.
- [2] D. M. T. Sihombing, “PERTANGGUNG JAWABAN HUKUM PIHAK KONTRAKTOR DALAM MENGHADAPI KEGAGALAN KONSTRUKSI (Menurut UU No. 2 Tahun 2017),” Universitas HKBP Nommensen, 2019.
- [3] S. Rauf, “PERANAN KONSULTAN PENGAWAS DALAM PENGENDALIAN MUTU PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI GEDUNG DI KOTA GORONTALO,” UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO, 2016.
- [4] A. Amir, “Evaluasi Kinerja Konsultan Pengawas Pada Proyek Pembangunan Jalan Di Provinsi Kalimantan Timur,” *J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.31602/jk.v4i1.5112.
- [5] F. Tomigolung, M. D. J. Sumajouw, and H. Tarore, “Analisis kinerja konsultan pengawas pada proyek jalan dan jembatan di sulawesi utara,” *J. Ilm. MEDIA Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 79–83.
- [6] Sugiyono, *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan kombinasi (mixed methods)*, Edisi 2. Bandung: Alfabeta, 2018.
- [7] I. Ghozali, *Aplikasi analisis multivariate dengan program SPSS*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2006.
- [8] S. M. Widodo and J. Sutopo, “Metode Customer Satisfaction Index (CSI) Untuk Mengetahui Pola Kepuasan Pelanggan Pada E-Commerce Model Business to Customer,” *J. Inform. Upgris*, vol. 4, no. 1, pp. 2460–4801, 2018.
- [9] H. Irawan, *10 Prinsip Kepuasan Pelanggan*. Elex Media Komputindo, 2009.

## PENGARUH PENGGUNAAN CANGKANG KELAPA SAWIT DAN *SILICA FUME* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PADA CAMPURAN BATA RINGAN CLC

Fariza Aulia Rahmanto<sup>1</sup>, \*Jafar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

\*) Email: [185111305@uii.ac.id](mailto:185111305@uii.ac.id)

### ABSTRACT

The development of lightweight bricks as an innovative solution in lightweight concrete has gained momentum. With densities ranging from 500 to 1600 kg/m<sup>3</sup>, these bricks offer significant advantages in reducing the structural load of buildings. Compared to traditional red bricks, the use of lightweight bricks is considered more efficient and environmentally friendly. By utilizing waste materials for construction purposes, we can address the issue of excessive use of natural resources, which can lead to resource scarcity and environmental damage. This study focuses on investigating the impact of incorporating oil palm shell waste (OPS) and Silica Fume as substitution materials in lightweight bricks. The research involved creating test specimens of lightweight bricks using the Cellular Lightweight Concrete method. The brick dimensions were set at 60cmx20cmx10cm. The substitution percentages for the OPS mixture were 4%, 6%, 8%, and 10% of the sand's weight, while Silica Fume was used at 10% of the cement's weight. The tests included compressive strength, density, and water absorption, according to SNI 8640-2018 (Indonesian National Standard). The results indicate that as the percentage of OPS substitution increases, the compressive strength of lightweight bricks decreases. The highest recorded compressive strength was 0.663 MPa. However, the addition of Silica Fume contributed to a significant 9.7% increase in the compressive strength of lightweight bricks. It is worth noting that OPS has a lower density and higher water absorption compared to sand. Consequently, a higher percentage of OPS substitution in lightweight bricks leads to a decrease in density and an increase in water absorption. Nonetheless, it is important to highlight that the density and water absorption values of the lightweight bricks remain within the specifications outlined in SNI 8640-2018.

**Keyword:** Lightweight bricks, CLC, Oil palm shell, Silica fume

### ABSTRAK

Bata ringan merupakan inovasi pengembangan beton ringan atau *lightweight concrete*. Berat volume bata ringan berkisar antara 500-1600 kg/m<sup>3</sup> sehingga memberikan keuntungan dalam mengurangi beban struktur bangunan. Penggunaan bata ringan dianggap lebih efisien serta memberikan dampak yang baik terhadap lingkungan dibandingkan bata merah. Sebagai solusi penggunaan material dari alam secara berlebih yang dapat menyebabkan terbatasnya material dari alam, maka pemanfaatan limbah untuk kebutuhan bahan konstruksi menjadi solusi alternatif untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah cangkang kelapa sawit (CKS) serta *Silica Fume* sebagai material substitusi pada bata ringan. Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji bata ringan menggunakan metode *Cellular Light-weight Concrete* berukuran 60 x 20 x 10 cm dengan presentase substitusi campuran CKS 4%, 6%, 8%, 10% dari berat pasir dan *silica fume* 10% dari berat semen. Pengujian bata ringan meliputi kuat tekan, berat volume, penyerapan air yang berpedoman pada SNI 8640-2018. Hasil yang didapat menunjukkan kuat tekan bata ringan akan semakin menurun seiring dengan kenaikan presentase CKS dengan kuat tekan tertinggi 0,663 MPa dan *silica fume* memberikan pengaruh kenaikan kuat tekan sebesar 9,7% terhadap bata ringan. CKS memiliki karakteristik berat volume lebih ringan serta penyerapan air lebih tinggi dari pasir. Sehingga peningkatan presentase substitusi CKS pada bata ringan akan menyebabkan berat volume pada bata ringan semakin rendah serta penyerapan air pada bata ringan akan meningkat. Berat volume serta penyerapan air tersebut masih memenuhi spesifikasi pada SNI 8640-2018.

**Kata kunci:** Bata ringan, CLC, Cangkang Kelapa Sawit, *Silica Fume*

## 1. PENDAHULUAN

Dinding sebagai salah satu konstruksi non-struktural umumnya terdiri dari pasangan bata merah yang memiliki berat volume yang cukup besar, yaitu sebesar 1900 kg/m<sup>3</sup>, sehingga menjadi beban yang cukup berat untuk struktur bangunan[1]. Selain itu, bata merah diproses dengan cara yang menimbulkan dampak kerusakan lingkungan, karena bahan penyusun bata merah sendiri menggunakan tanah liat yang dimana tanah liat bisa didapatkan dari penggalian lahan perbukitan dan sejenisnya. Hal itu juga yang mempengaruhi kurangnya penggunaan bata merah pada bangunan infrastruktur dan mencari inovasi lain dalam penggunaan material pada pasangan dinding.

Salah satu penggunaan material yang inovatif untuk gedung-gedung adalah bata ringan. Bata ringan sendiri merupakan salah satu inovasi pengembangan beton ringan atau *lightweight concrete* pada dunia konstruksi yang memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bata merah. Bata ringan adalah material konstruksi yang memiliki berat volume lebih ringan, yaitu sekitar 500-1600 kg/m<sup>3</sup>[1] sehingga apabila bata ringan digunakan pada proyek bangunan tinggi (*high-rise building*) akan dapat secara signifikan mengurangi berat sendiri bangunan [2]. Namun, saat ini penggunaan material alam yang terus menerus dapat menyebabkan terbatasnya material tersebut. Oleh karena itu diperlukan alternatif untuk mengurangi penggunaan material alam yang terus menerus

seperti pasir kedepannya, salah satunya adalah memanfaatkan salah satu limbah padat dari hasil industri kelapa sawit, yaitu cangkang kelapa sawit (*palm kernel shell*).

Menurut Prasetyo & Oddang [3] Cangkang kelapa sawit atau palm kernel shell merupakan tempurung kelapa sawit yang bertekstur keras yang berfungsi untuk melindungi isi dari buah sawit tersebut. Sismantoro [4] menjelaskan cangkang kelapa sawit merupakan golongan kayu keras dan memiliki kemiripan komposisi dengan kayu. Supriyanto [5] menyatakan komponen cangkang kelapa sawit sebelum dan sesudah dijadikan sebagai campuran pada beton tidak mengalami perubahan berdasarkan uji statistik. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Oktarina & Natalina [6] menyebutkan penggunaan cangkang kelapa sawit untuk bata beton ringan dengan komposisi 3% dan 6% dari berat pasir dapat meningkatkan kuat tekan dari bata ringan sebesar 9,59% dan 18,64%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Philips dkk [7] mengenai cangkang kelapa sawit pada beton normal menunjukkan beton normal dengan menggunakan cangkang kelapa sawit masih memenuhi standar untuk penggunaan beton. Penggunaan cangkang kelapa sawit pada batako pada penelitian Oddang [8] menunjukkan penggunaan cangkang kelapa sawit pada campuran batako yang dibuat terdapat kenaikan kuat tekan sebesar 8,53% dari mutu normal pada presentase cangkang kelapa sawit 5% dari berat pasir.

Tetapi untuk mendapatkan mutu bata ringan yang baik, perlu dilakukan rekayasa campuran lebih lanjut seperti penambahan bahan tambah (*admixture*). Salah satu bahan tambah (*admixture*) yang dapat digunakan adalah *Silica fume*. *Silica fume* ini dapat mengisi rongga-rongga yang ada di antara campuran bahan semen, sehingga dapat berdampak pada peningkatan kuat tekan campuran pada beton[9]. Hal itu juga diperkuat oleh Yue ddk [10] yang menyebutkan sifat pozzolanik pada *silica fume* dan memberikan efek dalam mengisi pori-pori karena sifat fisiknya. Widyana dkk [11] menyebut penggunaan *silica fume* pada campuran beton berpori mampu meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur dair beton berpori tersebut. Menurut Subagiono dkk [12] dalam penelitian perilaku mekanik bata ringan dengan *silica fume*, mengganti sebagian semen dengan *silica fume* pada komposisi optimal sebesar 10% dari berat semen dapat meningkatkan kuat tekan pada bata ringan bertipe CLC (*cellular lightweight concrete*) pada umur 28 hari sebesar 87,46% dari kuat tekan normal. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Falliano dkk [13] menunjukkan penggunaan *silica fume* sebesar 10% dari berat semen pada beton ringan *ultra light-weight concrete* dapat meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan. Menyadari hal tersebut, potensi pemanfaatan dari limbah cangkang kelapa sawit serta penggunaan *silica fume* sehingga dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mekanis pada bata ringan dengan menggunakan metode CLC.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang bertujuan menghasilkan bata ringan dengan metode CLC, yaitu proses pembuatan bata ringan dengan menambahkan busa kedalam campuran mortar [14], serta pengumpulan data menggunakan studi literatur terdahulu sebagai penunjang dalam melakukan penelitian ini. Material penyusun bata ringan terdiri dari campuran agregat halus (pasir), semen *portland*, air, dan *foaming agent*. Bahan pengganti yang digunakan adalah cangkang kelapa sawit dan *silica fume*. Cangkang kelapa sawit akan diolah terlebih dahulu sehingga memenuhi standar agregat halus yang digunakan. Agregat halus dan cangkang kelapa sawit terlebih dahulu dilakukan pengujian *properties* yang berfungsi untuk mengetahui karakteristik dari agregat yang akan digunakan pada campuran. Pengujian *properties* mencakup pengujian berat volume dan penyerapan air, pengujian berat isi padat, pengujian lolos saringan no.200, serta pengujian analisa saringan.

Sampel benda uji pada penelitian ini berupa bata ringan berbentuk persegi dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 20 cm, dan tebal 10 cm. Dengan presentase variasi substitusi cangkang kelapa sawit sebesar 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat pasir, serta presentase substitusi *silica fume* sebesar 10% dari berat semen yang didasarkan pada penelitian terdahulu [12]. Pada setiap variasi dibuat 7 benda uji (lihat Tabel 1) sesuai dengan pedoman SNI 8640-2018, dimana 5 benda uji disiapkan untuk pengujian kuat tekan dan 2 benda uji disiapkan untuk pengujian berat volume dan penyerapan air. Pengujian dilakukan ketika benda uji telah berumur 28 hari. Untuk pengujian kuat tekan bata ringan, benda uji yang digunakan berukuran 10 x 10 x 10 cm sedangkan untuk pengujian berat volume dan penyerapan air benda uji yang digunakan berukuran 20 x 20 x 10cm (lihat Gambar 1 dan Gambar 2).

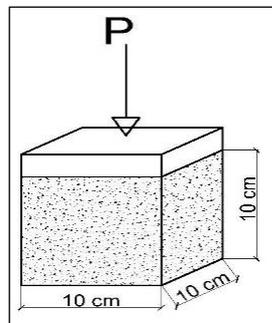
**Tabel 1** Komposisi Campuran Bata Ringan

Volume Cetakan m <sup>3</sup>	Jumlah buah	Variasi	Semen	Pasir	Air	Silica Fume	CKS
0,012	7	1 (Normal)	1	1,5	0,58	0%	0%
0,012	7	2 (SF)	1	1,5	0,58	10%	0%
0,012	7	3 (SF + CKS)	1	1,5	0,58	10%	4%
0,012	7	4 (SF + CKS)	1	1,5	0,58	10%	6%
0,012	7	5 (SF + CKS)	1	1,5	0,58	10%	8%
0,012	7	6 (SF + CKS)	1	1,5	0,58	10%	10%
0,012	7	7 (CKS)	1	1,5	0,58	0%	4%
0,012	7	8 (CKS)	1	1,5	0,58	0%	6%
0,012	7	9 (CKS)	1	1,5	0,58	0%	8%
0,012	7	10 (CKS)	1	1,5	0,58	0%	10%

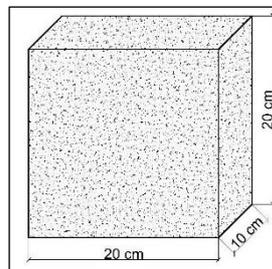
Keterangan:

CKS = cangkang kelapa sawit

SF = *silica fume*



**Gambar 1** Sketsa Uji Kuat Tekan



**Gambar 2** Sketsa Uji Berat volume & Penyerapan Air



**Gambar 3** Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

*Mix design* yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada pendekatan SNI 8640-2018 serta penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Pada penelitian ini, komposisi yang digunakan dalam 1 m<sup>3</sup> campuran dibuat dengan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:1,5, dengan nilai faktor air semen (FAS) 0,58 sesuai dengan ketentuan pada ASTM C-796. Penggunaan *foam agent* terlebih dahulu dicampurkan kedalam air dengan perbandingan 1:40. Dengan perbandingan tersebut berat volume bata ringan yang dihasilkan kurang dari 800 kg/m<sup>3</sup> sehingga masuk kategori bobot 700 kg/m<sup>3</sup> dengan rentang 600-800 kg/m<sup>3</sup> sesuai SNI 8640-2018.

Dalam proses pembuatan bata ringan diawali dengan membuat campuran mortar yang terdiri dari semen, pasir, dan air serta bahan pengganti berupa cangkang kelapa sawit dan *silica fume*. Material tersebut dicampur dalam satu wadah hingga terbentuk mortar beton yang setelah itu dimasukkan busa kedalam campuran tersebut. Busa tersebut dihasilkan dari larutan *foam agent* yang kemudian dimasukkan kedalam mesin *foam generator* sehingga menghasilkan busa yang padat dan mampu menahan udara untuk terperangkap didalam gelembung busa sehingga menghasilkan rongga-rongga yang membuat berat volume bata ringan bisa rendah. Bata ringan dengan umur 24 jam dikeluarkan dari cetakan kemudian dilakukan *curing* selama 7 hari dengan membasahi permukaannya dengan air dan ditunggu hingga umur 28 hari. Selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan, berat volume, serta penyerapan air.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pengujian *Properties* Agregat Halus

Dari hasil pengujian *properites* pada agregat halus didapatkan bahwa cangkang kelapa sawit memiliki berat jenis yang lebih kecil jika dibandingkan dengan pasir sebagai agregat halus, tetapi tingkat penyerapan air pada cangkang kelapa sawit lebih tinggi dibandingkan dengan pasir (lihat Tabel 2). Hal ini bisa terjadi karena cangkang kelapa sawit merupakan material organik yang memiliki banyak pori pada permukaannya. Hal ini juga dijelaskan Alengaram dkk [15] bahwa agregat organik yang mengandung banyak pori dapat meningkatkan penyerapan air. Untuk berat isi padat, CKS memiliki berat isi padat lebih kecil dibandingkan dengan pasir. Kemudian, pada pengujian lolos saringan no.200 didapatkan hasil bahwa CKS yang diambil dari pabrik memiliki kotoran yang melebihi 5% sehingga perlu dilakukan pencucian ulang sebanyak 2 kali hingga memenuhi syarat (lihat Tabel 3).

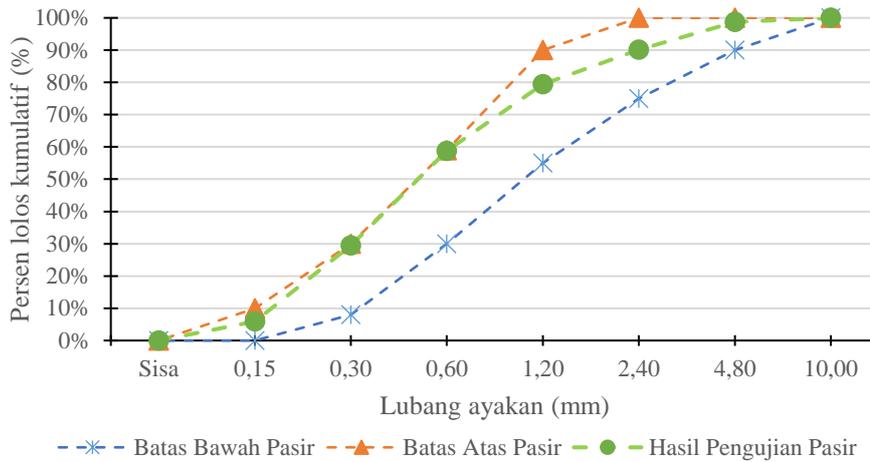
**Tabel 2** Berat Jenis & Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Pasir	CKS
BJ Curah	2,578	1,419
Bj SSD	2,653	1,546
BJ Semu	2,785	1,626
Bobot Isi Padat (gram/cm <sup>3</sup> )	1,481	0,801
Penyerapan air (%)	2,84%	8,25%

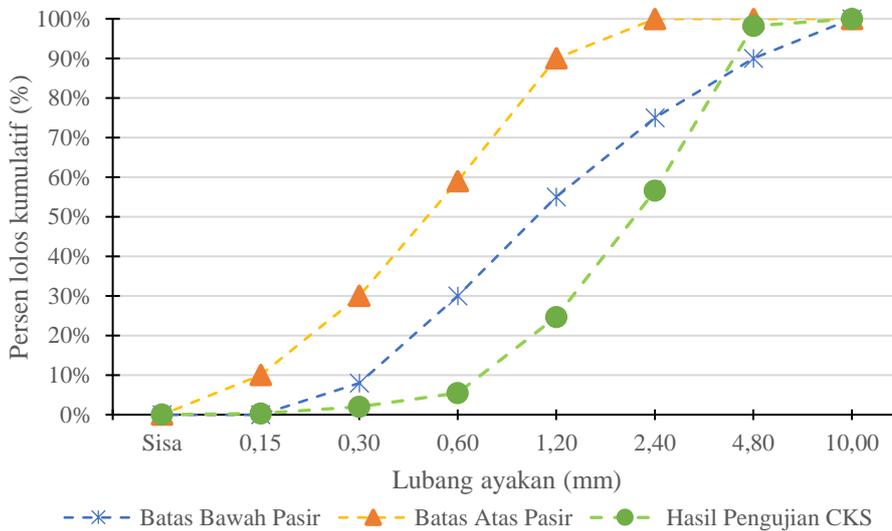
**Tabel 3** Lolos Saringan No.200 Agregat Halus

Uraian	Pasir	CKS
Pencucian ke-1		
Lolos Saringan No. 200 (%)	1,3	7,3
Pencucian ke-2		
Lolos Saringan No. 200 (%)		1,35

Pada pengujian analisa saringan agregat halus didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) sesuai dengan SNI 03-1750-1990 yang berada dalam rentang 2,0-3,0 sebesar 2,37. Tetapi MHB dari CKS tidak memenuhi standar tersebut, yaitu 4,12. Hal ini bisa terjadi karena CKS merupakan agregat yang berasal dari alam yang kemudian diolah agar memiliki kemiripan dengan pasir tetapi dalam prosesnya tidak maksimal. Hasil dari analisa saringan menunjukkan bahwa pasir yang digunakan masuk kedalam daerah gradasi 2 (agak kasar) seperti ditunjukkan dalam Gambar 4, sedangkan CKS yang digunakan masuk dalam gradasi seragam, karena memiliki butiran yang didominasi ukuran 2,45 mm hingga 1,2 mm seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 4** Gradasi Pasir



**Gambar 5** Gradasi CKS

### **Mix design**

Masih belum ada ketentuan yang pasti dalam *mix design* baku pada pembuatan bata ringan CLC. Hal ini dapat dipengaruhi karena penggunaan *foam agent* pada bata ringan CLC ketika dicampurkan. Pada penelitian ini, perhitungan *mix design* mengacu pada volume cetakan dalam sekali pembuatan benda uji. Dalam 1 m<sup>3</sup> campuran digunakan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:1,5 dengan nilai faktor air semen (FAS) sebesar 0,58. Larutan foam agent dilarutkan kedalam air dengan perbandingan 1:40. Sehingga didapatkan kebutuhan penggunaan material seperti pada

Tabel 4.

**Tabel 4** Komposisi Campuran Bata Ringan CLC

No	Volume Cetakan	Jumlah	Variasi	Silica Fume	CKS	Berat Air	Berat CKS	Berat Silica Fume	Berat Pasir Rencana	Berat Semen Rencana
	m <sup>3</sup>	buah				lt	kg	kg	kg	kg
1	0,012	7	(Normal)	0%	0%	13,64	0,00	0,00	35,28	23,52
2	0,012	7	(SF)	10%	0%	13,64	0,00	2,35	35,28	21,17
3	0,012	7	(SF + CKS)	10%	4%	13,64	1,41	2,35	33,87	21,17
4	0,012	7	(SF + CKS)	10%	6%	13,64	2,12	2,35	33,16	21,17
5	0,012	7	(SF + CKS)	10%	8%	13,64	2,82	2,35	32,46	21,17
6	0,012	7	(SF + CKS)	10%	10%	13,64	3,53	2,35	31,75	21,17
7	0,012	7	(CKS)	0%	4%	13,64	1,41	0,00	33,87	23,52
8	0,012	7	(CKS)	0%	6%	13,64	2,12	0,00	33,16	23,52
9	0,012	7	(CKS)	0%	8%	13,64	2,82	0,00	32,46	23,52
10	0,012	7	(CKS)	0%	10%	13,64	3,53	0,00	31,75	23,52
<b>TOTAL</b>	<b>0,84</b>	<b>70</b>				<b>136,42</b>	<b>19,76</b>	<b>11,76</b>	<b>333,04</b>	<b>223,44</b>

Keterangan:

SF = Silica fume

CKS = Cangkang kelapa sawit

### Penampakan bata ringan CLC

Dari hasil pembuatan bata ringan dengan metode CLC didapatkan bentuk fisik bata ringan yang relatif memiliki permukaan yang baik, serta tidak rapuh ketika diangkat dan diletakkan saat proses pemindahan. Bata ringan akan memiliki warna cenderung putih ketika terpapar sinar matahari (lihat Gambar 6).



**Gambar 6** Tampak Fisik Bata Ringan

Secara tampak fisik bata ringan ketika menggunakan CKS memiliki permukaan yang baik serta tidak ada CKS yang menonjol keluar karena melalui proses pengolahan terlebih dahulu.

### Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan ketika bata ringan mencapai umur 28 hari dan berbentuk kubus berukuran 10x10x10 cm. Perhitungan pengujian kuat tekan dengan persamaan.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

P = beban maksimum (N)

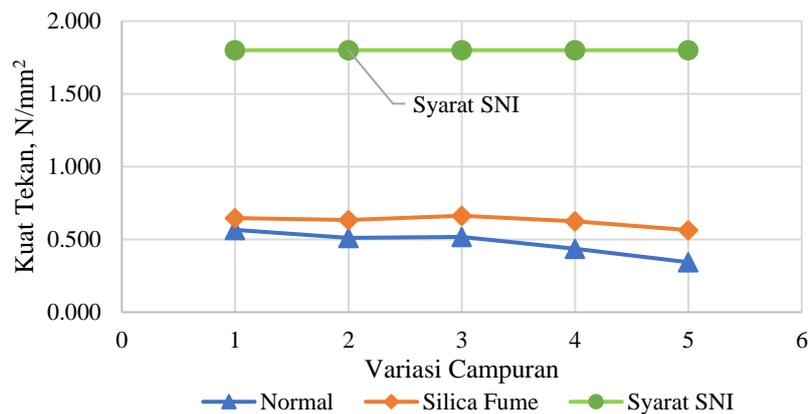
A = luas penampang (mm<sup>2</sup>)

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bata ringan, secara individu bata ringan memiliki kuat tekan yang berbeda-beda. Ini bisa terjadi karena penggunaan alat *foam generator* yang kurang maksimal sehingga rongga-rongga yang dihasilkan tidak konsisten. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata bata ringan dapat dilihat pada

Tabel 5 dan Gambar 7.

**Tabel 5** Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Bata Ringan

No	Variasi Campuran	Luas Rerata mm <sup>2</sup>	Berat Rerata g	Kuat Tekan Rerata N/mm <sup>2</sup>	Deviasi Standar	Beban Maksimum N
1	Normal	10017,46	807,9	0,566	0,1147	7256,921
2	CKS 4%	10007,87	717	0,511	0,0977	7207,888
3	CKS 6%	10031,93	741,9	0,518	0,0545	6276,256
4	CKS 8%	10071,83	771,7	0,436	0,2380	8825,985
5	CKS 10%	10096,31	679	0,344	0,0224	3775,560
6	SF 10%	10081,13	752	0,646	0,0609	7943,387
7	SF 10% CKS 4%	10074,14	782,3	0,633	0,2277	8799,017
8	SF 10% CKS 6%	10076,61	838,5	0,663	0,1265	8458,236
9	SF 10% CKS 8%	10033,79	801,5	0,625	0,2201	9009,859
10	SF 10% CKS 10%	10003,25	727	0,564	0,2242	9267,284
11	Syarat (SNI 8640:2018)			1,8		



**Gambar 7** Pengaruh Penggunaan CKS & Silica Fume Terhadap Kuat Tekan

Seiring dengan penambahan presentase CKS, maka kuat tekan bata ringan semakin menurun. Penurunan kuat tekan ini dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti struktur penyusun pada CKS yang berserat dan memiliki banyak pori [15], sehingga dapat menurunkan performa bata ringan. Faktor lain penyebab penurunan nilai kuat tekan tersebut adalah kurang maksimal fungsi dari *foam generator*. Pengaturan tekanan yang tidak dapat diatur dapat menjadi penyebab busa yang dihasilkan tidak dapat terkontrol dan memiliki kepadatan yang variatif. Kozlowski [16] menjelaskan dosis dari *foaming agent* dapat mempengaruhi berat volume bata ringan. Penggunaan *silica fume* dengan kadar 10% berpengaruh dalam meningkatkan kuat tekan pada bata ringan walaupun tidak signifikan. Subagiono [12] menjelaskan hal ini dapat terjadi karena *silica fume* dapat meningkatkan daya ikat antar butir agregat dan semen pada campuran bata ringan. Pada penelitian ini pengaruh penggunaan *silica fume* memberikan kenaikan kuat tekan sebesar 9,7% terhadap bata ringan.

### Berat Volume

Bata ringan yang telah berumur 28 hari dan dipotong hingga berukuran 20x20x10 cm kemudian dilakukan pengujian berat volume. Kondisi bata ringan kering oven menjadi acuan dalam pengujian berat volume. Hasil pengujian disajikan dalam

Tabel 6 dan Tabel 7 serta Gambar 8 dan

Gambar 9. Berdasarkan SNI 8640-2018, nilai dari berat volume pada bata ringan telah memenuhi kategori berat jenis 700 kg/m<sup>3</sup>. Penggunaan CKS sebagai material substitusi pasir mengakibatkan penurunan berat volume seiring dengan kenaikan presentase. Hal ini dapat disebabkan dari berat volume CKS yang lebih ringan daripada pasir. Juga

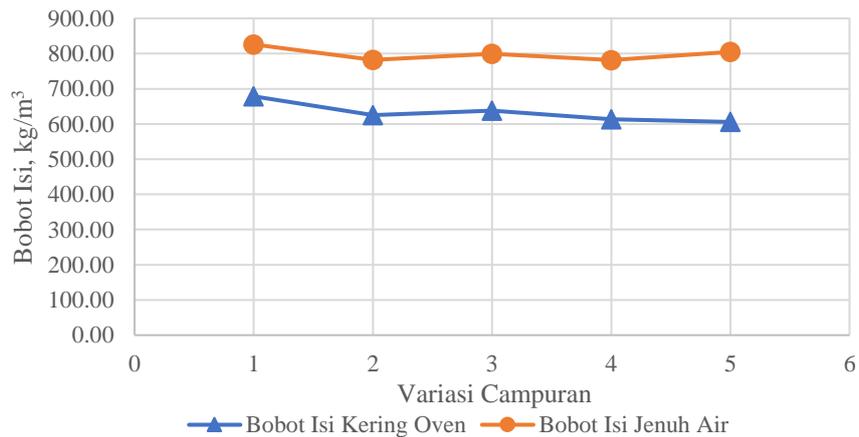
nilai MHB dari CKS yang tergolong rendah, mengakibatkan banyak rongga-rongga yang dihasilkan dari penggunaan CKS.

**Tabel 6** Hasil Pengujian Berat volume Bata Ringan

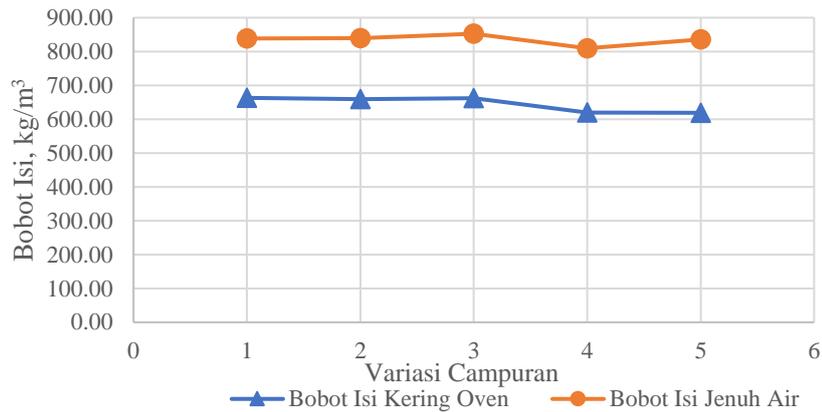
Uraian	Satuan	Normal	Variasi									
			CKS 4%	CKS 6%	CKS 8%	CKS 10%	SF 10%	SF 10% CKS 4%	SF 10% CKS 6%	SF 10% CKS 8%	SF 10% CKS 10%	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bobot Isi Nominal	kg/m <sup>3</sup>	739,94	687,74	733,40	668,45	638,24	800,54	764,15	810,67	692,78	681,46	
Bobot Isi Kering Oven	kg/m <sup>3</sup>	678,55	624,94	638,32	613,24	605,74	663,12	658,86	662,19	619,53	618,97	
Bobot Isi Jenuh Air	kg/m <sup>3</sup>	825,94	782,49	799,25	781,57	804,92	838,82	839,51	852,63	809,58	835,54	

**Tabel 7** Hasil Pengujian Penyerapan Air Bata Ringan

Uraian	Satuan	Normal	Variasi									
			CKS 4%	CKS 6%	CKS 8%	CKS 10%	SF 10%	SF 10% CKS 4%	SF 10% CKS 6%	SF 10% CKS 8%	SF 10% CKS 10%	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bobot Isi Nominal	kg/m <sup>3</sup>	739,94	687,74	733,40	668,45	638,24	800,54	764,15	810,67	692,78	681,46	
Bobot Isi Kering Oven	kg/m <sup>3</sup>	678,55	624,94	638,32	613,24	605,74	663,12	658,86	662,19	619,53	618,97	
Bobot Isi Jenuh Air	kg/m <sup>3</sup>	825,94	782,49	799,25	781,57	804,92	838,82	839,51	852,63	809,58	835,54	
Penyerapan Air	% vol	14,74	15,75	16,09	16,83	19,92	17,57	18,06	19,04	19,00	21,66	



**Gambar 8** Berat volume Bata Ringan dengan CKS



**Gambar 9** Berat volume Bata Ringan dengan CKS & Silica Fume

### Penyerapan Air

Pada bata ringan yang telah berumur 28 hari dan telah dipotong berukuran 20x20x10 cm, kemudian, dilakukan pengujian penyerapan air. Nilai penyerapan air didapatkan dari persamaan.

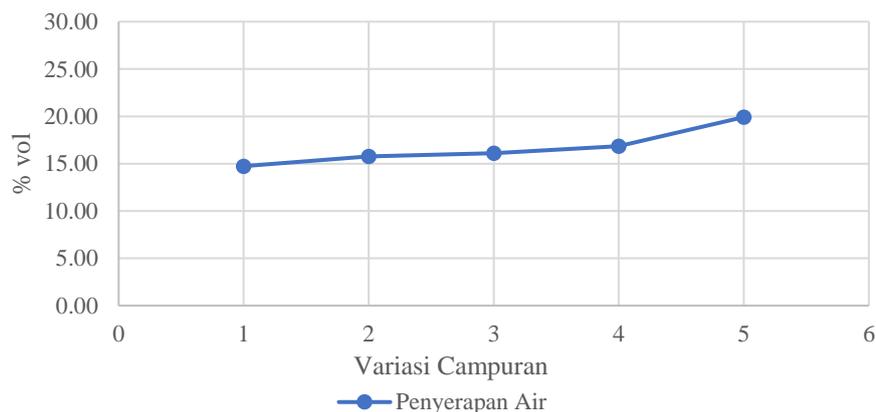
$$\text{Penyerapan Air} = \frac{BIA - BIO}{1000} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

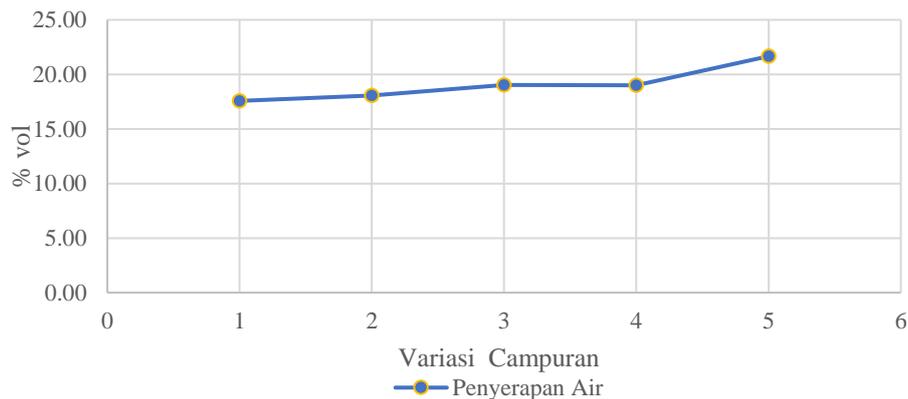
*BIA* = berat volume jenuh air

*BIO* = berat volume kering oven

Penggunaan CKS menyebabkan tingkat penyerapan air meningkat pada bata ringan yang dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11. Tingkat penyerapan air pada bata ringan mengacu pada SNI 8640-2018, telah memenuhi syarat dengan maksimal penyerapan air sebesar 25%. Peningkatan penyerapan air dengan penggunaan CKS ini dapat disebabkan oleh sifat dasar dari CKS yang memiliki tingkat penyerapan air lebih besar dibandingkan dengan pasir. Penggunaan *silica fume* tidak memberikan efek signifikan dalam penyerapan air.



**Gambar 10** Penyerapan Air Bata Ringan dengan CKS



**Gambar 11** Penyerapan Air Bata Ringan dengan CKS & Silica Fume

#### 4. KESIMPULAN

Bata ringan dengan penggunaan CKS dan *silica fume* sebagai campuran pengganti agregat halus dan semen pada variasi 4%, 6%, 8%, dan 10% mengalami penurunan kuat tekan seiring dengan penambahan proporsi CKS. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada bata ringan dengan campuran 6% CKS dan 10% *silica fume*, yaitu sebesar 0,663 MPa. Sedangkan kuat tekan terendah dengan campuran 10% CKS sebesar 0,344 MPa.

CKS yang memiliki karakteristik berat volume yang lebih ringan dari agregat halus pasir memberikan efek bobot isi yang lebih ringan seiring dengan penambahan CKS dibandingkan dengan pasir. Bobot isi kering bata ringan dengan campuran CKS dan *silica fume* telah memenuhi kategori bobot isi 700 kg/m<sup>3</sup> dengan rentang 600 kg/m<sup>3</sup> hingga 800 kg/m<sup>3</sup> sesuai SNI 8640-2018 dengan bobot isi terendah sebesar 605,74 kg/m<sup>3</sup> dan tertinggi sebesar 678,55 kg/m<sup>3</sup>.

Sifat dasar CKS dengan penyerapan air yang lebih besar dari pasir, mengakibatkan tingkat penyerapan air meningkat seiring dengan penambahan proporsi CKS. Nilai penyerapan air tertinggi mencapai 21,66% pada campuran CKS dan *silica fume*, serta 19,92% pada campuran cangkang kelapa sawit tanpa *silica fume*. Nilai penyerapan air terendah didapatkan pada campuran dengan variasi normal, yaitu sebesar 14,47%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Siagian, "Analisis Sifat Mekanik dan Sifat Fisik Bata Ringan CLC dengan Variasi Palm Oil Fuel Ash (POFA) sebagai Cement Replacement," 2021.
- [2] D. Arita, A. Kurniawandy, and H. Taufik, "Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent," vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [3] L. Prasetyo and F. A. Oddang, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan," *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan ...)*, pp. 91–93, 2019, [Online]. Available: <http://research-report.umm.ac.id/index.php/sentra/article/view/3239>
- [4] A. Sismantoro, "Karakterisasi Bahan Akustik Poliuretan Berpenguat Partikel Cangkang Kelapa Sawit," pp. 1–120, 2017.
- [5] Supriyanto, A. Hidayat, and A. Ariyanto, "Pengaruh Penambahan Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton F'c 30 Mpa," 2013.
- [6] D. Oktarina and Natalina, "Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit Untuk Bata Beton Ringan," *Jurnal Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati*, vol. 2, no. 1, pp. 8–12, 2018.
- [7] E. S. Philips, R. N. Mutuku, and J. N. Mwero, "Palm Kernel Shell as Partial Replacement for Normal Weight Aggregate in Concrete," *Civil and environmental research*, vol. 9, no. 11, pp. 40–47, 2017.
- [8] F. A. Oddang, "Analisis Batako Dengan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Jenis," 2019, [Online]. Available: <http://eprints.umm.ac.id/54160/>
- [9] R. Suryanita, *Perilaku Mekanik Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC) dengan Campuran Silica Fume*, vol. 1999, no. December. 2020.

- [10] Y. Yue, J. J. Wang, and Y. Bai, "Tracing the status of silica fume in cementitious materials with Raman microscope," *Constr Build Mater*, vol. 159, pp. 610–616, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.11.015.
- [11] I. P. A. Widnyana, Hariyadi, and N. N. Kenacanawati, "Pengaruh Penggunaan Pasir & Silica Fume Pada Campuran Bahan Terhadap Kinerja Beton Berpori," 2018.
- [12] Y. Subagiono, H. Maizir, and R. Suryanita, "Perilaku Mekanik Bata Ringan Dengan Penambahan Silica Fume," *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, vol. 16, no. 3, p. 194, 2020, doi: 10.25077/jrs.16.3.194-204.2020.
- [13] D. Falliano, L. Restuccia, G. A. Ferro, and E. Gugliandolo, "Strategies to increase the compressive strength of ultra-lightweight foamed concrete," in *Procedia Structural Integrity*, Elsevier B.V., 2020, pp. 1673–1678. doi: 10.1016/j.prostr.2020.10.141.
- [14] BSN, *SNI 8640-2018 "Spesifikasi bata ringan untuk pasangan dinding."* 2018.
- [15] U. J. Alengaram, B. A. Al Muhit, and M. Z. Bin Jumaat, "Utilization of oil palm kernel shell as lightweight aggregate in concrete - A review," *Constr Build Mater*, vol. 38, pp. 161–172, 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.08.026.
- [16] M. Kozłowski, "Mechanical Characterization of Lightweight Foamed Concrete," vol. 2018, 2018.

## FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERILAKU MASYARAKAT TERHADAP EARLY WARNING SYSTEM SAAT MELINTAS DI PERLINTASAN SEBIDANG TANPA PALANG PINTU

\*Nurmeindah Pujindasiwi<sup>1</sup>, \*Arinda Leliana<sup>2</sup>, Muhardono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Manajemen Transportasi Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia, Madiun

<sup>\*)</sup> Email: nurmeindah39@gmail.com, arinda@ppi.ac.id

### ABSTRACT

*Improving safety at level crossings continues to be carried out to reduce the number of accidents at level crossings, especially level crossings where official level crossings are not maintained where accidents often occur. A level crossing is one of the accident-prone points caused by a railway accident at a level crossing node with a road. Accidents that occur at level crossings are caused by several factors, namely: human error, crossing guards who are late in lowering the doorstop and the low level of public awareness to comply with signs at level crossings. One of the efforts that the government continues to make to reduce the number of accidents at level crossings is by holding safety outreach to increase public awareness in obeying traffic rules at level crossings, the government also installs train detection devices that are stand alone by using solar cell as a power source, which is installed 1.5 km from the position of the traffic light on a level crossing, which provides an early warning in the form of a yellow signal or light during normal conditions and red when the train wheels step on the sensor as well as the sound of a siren called Early Warning System (EWS). Collecting data in this study using a questionnaire. Random sampling or random sampling, and analyzed using binary logistic regression method. This study took a research location which is at a level crossing, to be precise at KM 31+988 in Taman District, Sidoarjo. The research analysis shows that the factors that influence the community to violate the railway early warning system are the causes of the community committing violations. It is influenced by two factors, namely the frequency of crossing the community in a day which has a potential of committing a violation of 37.16% and the waiting time before the train passes has a potential of 37.16% 93.82 %. There are still people who violate the railway early warning system and do not understand the signs at level crossings. Lack of public awareness to comply with the signs at level crossings so that they cannot reduce the number of accidents at level crossings without doorstops equipped with Early Warning System (EWS).*

**Keyword:** railroad level crossing, accident, community behavior, early warning system, binary logistic regression

### ABSTRAK

Peningkatan keselamatan di perlintasan sebidang terus dilakukan untuk menekan angka kecelakaan di perlintasan sebidang, khususnya perlintasan kereta sebidang resmi tidak terjaga yang sering terjadi kecelakaan. Perlintasan kereta sebidang menjadi salah satu titik yang rawan kecelakaan yang diakibatkan kejadian kecelakaan perkeretaapian pada simpul perlintasan sebidang dengan jalan. Kecelakaan yang terjadi di perlintasan sebidang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu *human error*, penjaga perlintasan yang terlambat menurunkan palang pintu dan masih rendahnya kesadaran masyarakat untuk patuh dengan rambu-rambu di perlintasan sebidang. Salah satu upaya yang terus dilakukan pemerintah untuk menekan angka kecelakaan di perlintasan sebidang adalah dengan mengadakan sosialisasi keselamatan guna meningkatkan kesadaran masyarakat dalam mentaati aturan lalu lintas di perlintasan sebidang, pemerintah juga memasang alat pendeteksi kereta bersifat *stand alone* dengan memanfaatkan *solar cell* sebagai sumber daya, yang dipasang 1,5 km dari posisi lampu traffic pada perlintasan sebidang, yang memberikan peringatan dini berupa sinyal atau lampu berwarna kuning saat keadaan normal dan berwarna merah saat roda kereta menginjak sensor serta suara sirene yang disebut dengan *Early Warning System* (EWS). Pengumpulan data pada penelitian ini dengan menggunakan angket kuisioner. Pengambilan sampel secara acak atau random sampling, dan dianalisis menggunakan metode regresi logistik biner. Penelitian ini mengambil lokasi penelitian yang berada di perlintasan sebidang tepatnya pada KM 31+988 di Kecamatan Taman, Sidoarjo. Analisis penelitian menunjukkan hasil bahwa faktor yang mempengaruhi masyarakat melanggar sistem peringatan dini kereta api adalah penyebab dari masyarakat melakukan pelanggaran dipengaruhi oleh dua faktor yaitu frekuensi melintas masyarakat dalam sehari yang memiliki potensi melakukan pelanggaran sebesar 37,16 % dan waktu tunggu sebelum kereta melintas memiliki potensi sebesar 93,82 %. Masih terdapat masyarakat yang melanggar sistem peringatan dini kereta api dan tidak memahami rambu-rambu yang ada pada perlintasan sebidang. Kurangnya kesadaran masyarakat untuk mentaati rambu-rambu yang ada pada perlintasan sebidang sehingga tidak dapat menekan angka kecelakaan di perlintasan sebidang tanpa palang pintu yang dilengkapi dengan *Early Warning System* (EWS).

**Kata kunci:** Perlintasan sebidang, kecelakaan, perilaku masyarakat, *Early Warning System*, regresi logistik biner

## 1. PENDAHULUAN

Kereta api merupakan moda transportasi massal yang memiliki beberapa keunggulan diantaranya dapat mengangkut penumpang dalam jumlah besar, memiliki tingkat keamanan yang tinggi, bebas dari kemacetan [9]. Namun disamping hal itu, penyelenggaraan transportasi kereta api juga tidak terlepas dari adanya perlintasan sebidang antara jalan dan rel yang sering kali menimbulkan berbagai macam masalah [12]. Menurut Peraturan Menteri Nomor 94 Tahun 2018 tentang Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang Antara Jalur Kereta Api dengan Jalan [1]. Perlintasan sebidang adalah perpotongan antara jalan dengan jalur kereta api [13]. Keselamatan berlalu lintas di perlintasan sebidang saat ini menjadi

salah satu masalah serius [15]. Saat ini, tercatat 900,19 KM jalan kereta api yang masih aktif di Jawa Timur. Total perlintasan sebidang sebanyak 1.409 perlintasan yang terdiri dari 287 perlintasan sebidang resmi dijaga, dan 770 perlintasan sebidang resmi tidak dijaga. Kejadian kecelakaan yang paling sering terjadi yaitu di perlintasan sebidang resmi tidak dijaga [7].

Angka kecelakaan pada perlintasan sebidang yang terus mengalami peningkatan yang disebabkan oleh beberapa hal salah satunya pengguna jalan yang tidak disiplin saat melewati pintu perlintasan sebidang dengan cara melakukan pelanggaran seperti menerobos palang pintu dan tetap melewati perlintasan sebidang saat alarm peringatan dini kedatangan kereta api berbunyi [10]. Jumlah kejadian terus bertambah akibat kelengkapan rambu-rambu lalu lintas perkeretaapian yang terpasang di simpul antara perlintasan rel sebidang dan jalan tidak memenuhi standar berlaku [5]. Banyak perlintasan sebidang tersebar di berbagai wilayah di Provinsi Jawa Timur yang tidak memenuhi standar teknis atau tidak sesuai dengan teknis peraturan yang berlaku. Salah satunya ialah perlintasan sebidang km 31+988 yang berada di Desa Gilang, Kecamatan Taman, Sidoarjo, Jawa Timur. Meskipun *Early Warning System* (EWS) berfungsi dengan baik dengan sensor kedatangan kereta api dipasang sejauh 1,5 km dari perlintasan sebidang dengan kondisi lalu lintas rata-rata harian yang cukup ramai yaitu 762 pengguna jalan yang melintas per jam. Lebar bahu jalan 4 m dan tidak adanya palang pintu yang terpasang dapat menimbulkan potensi kecelakaan pada perlintasan sebidang dan pelanggaran masyarakat terhadap sistem peringatan dini kereta api yang terpasang akibat tidak adanya petugas JPL yang berjaga.

Dapat disimpulkan bahwa pemasangan EWS pada perlintasan sebidang akan bekerja secara maksimal apabila diikuti dengan keikutsertaan dan kesadaran dari masyarakat saat melintasi perlintasan sebidang. Maka, perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait perilaku masyarakat saat melewati pintu perlintasan sebidang yang nantinya dapat memberikan saran terkait hal tersebut untuk menekan jumlah angka kecelakaan, pelanggaran dan meningkatkan keselamatan berkendara atau berlalu lintas di perlintasan sebidang tanpa palang pintu dan tidak dijaga serta dapat memaksimalkan kerja dari pemasangan peralatan EWS. Faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku masyarakat terhadap *Early Warning System* (EWS) pada perlintasan sebidang tanpa palang pintu antara lain frekuensi persilangan responden selama sehari, waktu tunggu sebelum kereta melewati perlintasan sebidang, pemahaman rambu-rambu yang ada pada perlintasan sebidang. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakteristik masyarakat yang melewati pintu perlintasan sebidang tanpa palang pintu yang dilengkapi EWS, serta mengetahui perilaku masyarakat terhadap Early Warning System untuk mengurangi tingkat pelanggaran pada perlintasan sebidang tanpa palang pintu.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### Early Warning System (EWS)

Early Warning System atau EWS adalah instrumen yang berfungsi menyampaikan peringatan secara lebih awal berupa sinyal, lampu dan juga suara sirine. Peralatan tersebut berguna untuk mendeteksi kereta yang akan melintas serta memberi peringatan dini kepada masyarakat yang akan melintasi perlintasan sebidang. Peralatan ini bersifat stand alone dengan memanfaatkan solar cell sebagai sumber daya [7]. Pada saat kondisi normal indikasi pada EWS berwarna kuning, EWS terdapat sensor yang di pasang sejauh 1,5 km dari posisi lampu traffic EWS digunakan untuk mendeteksi kedatangan kereta api. Sensor ini saat terinjak oleh roda kereta api maka akan mengubah lampu traffic menjadi merah. Sirine akan berbunyi kemudian saat kereta api menginjak sensor penghubung lampu traffic akan kembali kuning dan sirine akan mati [7].

### Perlintasan Sebidang

Dalam dokumen Peraturan Menteri Nomor 94 Tahun 2018 disebutkan bahwa pertemuan antara rel dengan jalur jalan disebut perlintasan sebidang [1]. Trayek kereta api mencakup rangkaian petak jalan rel yang bagian atas dan bawahnya digunakan untuk operasional perjalanan kereta. Landasan kereta api terdiri atas konstruksi beton, baja, atau material lain berada di atas dan di bawah permukaan tanah, atau bertumpu pada perangkat untuk memandu operasional kereta. Perlintasan sebidang dibagi menjadi dua [8]:

- a. Perlintasan sebidang resmi  
Perlintasan resmi merupakan perlintasan yang keberadaannya diakui oleh pemerintah maupun PT. Kereta Api sehingga pengamanan perjalanan di perlintasan sebidang resmi telah terjamin.
- b. Perlintasan sebidang tidak resmi  
Perlintasan ini merupakan perlintasan yang terdapat di sepanjang jalur kereta api yang keberadaannya tidak diakui oleh pemerintah maupun PT. Kereta Api. Perlintasan ini terjadi karena kebiasaan masyarakat sekitar yang memanfaatkan jalur kereta api untuk memotong jalan sehingga waktu dan jarak tempuh dalam perjalanan tersebut menjadi singkat

### 3. METODE

Data primer didapat penulis dari hasil penyebaran kuisioner melalui google form yang terdiri dari 9 butir pertanyaan untuk mengetahui karakteristik masyarakat, perilaku masyarakat dan data sekunder berupa data jumlah kecelakaan di perlintasan sebidang Jawa Timur. Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian kuantitatif [14]. Metode yang digunakan yaitu regresi logit biner untuk mengetahui hubungan satu atau lebih variabel independen terhadap variabel dependen [11]. Nilai probabilitas digunakan untuk mengetahui kemungkinan perilaku masyarakat melanggar atau tidak melanggar sistem peringatan dini kereta api [16]. Perangkat lunak SPSS17 dan Microsoft excel digunakan untuk membantu proses pengolahan data penelitian. Setelah melakukan pengolahan, penulis melakukan analisis data sebagai berikut:

a. Uji validitas dan uji reliabilitas

Peneliti memakai sampel sejumlah 30 responden [6]. Menggunakan nilai angka signifikansi sebesar 10% [3]. Sehingga dapat ditentukan nilai R tabel sebesar 0,3601. Dengan ketentuan nilai valid jika r hitung lebih besar (>) dari r tabel dan tidak valid ketika r hitung lebih kecil (<) dari r tabel [2]. Hasil pengujian menunjukkan seluruh variabel X1-X9 valid dengan ketentuan nilai r tabel 0,361. Berikut adalah hasil uji validitas:

**Tabel 1.** Hasil Pengujian

Variabel	R hitung	Keterangan
X1	0.693	Valid
X2	0.500	Valid
X3	0.509	Valid
X4	0.496	Valid
X5	0.707	Valid
X6	0.643	Valid
X7	0.496	Valid
X8	0.654	Valid
X9	0.637	Valid

Hasil pengujian variable terhadap uji validitas butir pertanyaan yang telah disusun dapat dinyatakan semua pertanyaan yang disusun valid. Sehingga item-item pertanyaan dalam kuesioner dapat digunakan untuk pengambilan data survey utama. Hasil pengujian dapat dikatakan valid dengan melihat dari nilai r hitung yang lebih besar dari r tabel. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa kuisioner yang sudah disusun layak untuk digunakan. Pengujian validitas item pertanyaan tersebut di sebarakan kepada minimum 30 responden.

b. Analisis Regresi Logistik Biner

Skala diskrit pada variabel dependen dengan dua peluang, yaitu berhasil = 0 dan gagal = 1 [4]. Bentuk umum dari model peluang regresi logistik dengan p faktor dengan formulasi [11]:

$$\pi(x) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p)} \quad (1)$$

Dimana:

$\pi(x)$  = peluang kejadian sukses

$(Y=1) \beta_p$  = nilai praduga parameter

c. Analisis Probabilitas

Probabilitas merupakan kemungkinan atau peluang suatu peristiwa dapat terjadi [16]. Dalam penelitian ini nilai probabilitas digunakan untuk mengetahui kemungkinan perilaku masyarakat melanggar atau tidak melanggar sistem peringatan dini kereta api. Untuk menentukan besarnya nilai probabilitas melanggar atau tidak melanggar sistem peringatan dini kereta api digunakan rumus:

$$\ln \frac{P(x_i)}{1 - P(x_i)} = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_j X_j \quad (2)$$

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Identifikasi Karakteristik Responden

Disebarakan kurang lebih 103 kuisioner melalui tautan *google form* kepada responden. Penyebaran kuesioner didapatkan hasil identifikasi karakteristik responden sebagai berikut:

**Tabel 2.** Hasil Survei Karakteristik Responden

No	Variabel	Presentase
1	Jenis kelamin	
	Perempuan	49%
	Laki-laki	51%
2	Usia	
	< 18 Tahun	%
	19 – 30 Tahun	75%
	31 – 45 Tahun	12%
	46 – 55 Tahun	6%
	> 55	1%
3	Pekerjaan	
	PNS	3%
	Karyawan	50%
	Pengusaha	5%
	Mahasiswa	43%
4	Penghasilan	
	< 500.000	32%
	500.000 – 2.500.000	38%
	2.500.00 – 5.000.000	27%
	> 5.000.000	3%
5	Pendidikan Terakhir	
	SMP	3%
	SMA	60%
	Diploma	24%
	Sarjana	4%
	Pascasarjana	2%
6	Frekuensi melintas	
	1 kali	7%
	2 kali	43%
	>2 kali	9%
	Acak	41%
7	Waktu tunggu kereta	
	15 detik	1%
	20 detik	8%
	25 detik	38%
	30 detik	24%
	35 detik	29%
8	Pemahaman rambu	
	Memahami rambu	72%
	Tidak memahami rambu	28%
9	Perilaku masyarakat	
	Pernah melanggar	43%

Hasil identifikasi karakteristik menunjukkan 28% masyarakat yang melintas di perlintasan sebidang tidak memahami rambu-rambu yang ada. Sisanya 72% masyarakat sudah cukup memahami rambu-rambu yang ada di perlintasan sebidang. Perlintasan sebidang resmi tidak dijaga tidak adanya palang pintu yang terpasang dapat menimbulkan potensi kecelakaan pada perlintasan sebidang. Pelanggaran masyarakat terhadap sistem peringatan dini kereta api yang terpasang akibat tidak adanya petugas JPL yang berjaga sebesar 43% masyarakat melanggar peringatan dini tersebut. Artinya masyarakat kurang memahami akan adanya bahaya yang mengintai apabila melanggar peringatan dini tersebut. Akibatnya masih banyak kejadian kecelakaan antara kereta api dengan kendaraan pribadi pada perlintasan sebidang.

### Analisis Regresi Logistik Biner

Menggunakan analisis ini untuk mengidentifikasi variabel bebas berpengaruh atas variabel terikat sehingga dalam penelitian ini nilai  $\alpha = 0,10$  dan variabel dependen (Y) bersifat dikotomi yang memiliki dua kemungkinan tidak pernah melanggar EWS (0) dan melanggar EWS (1), kemudian juga digunakan untuk mengetahui persamaan dari model regresi logistik biner yang diperoleh [18]. Untuk membentuk model regresi terbaik pada penelitian ini adalah dengan cara memasukan seluruh variabel independen kemudian mengeliminasi variabel tidak signifikan, selanjutnya menghasilkan variabel signifikan yang layak masuk ke dalam model [17]. Artinya, variabel yang signifikan dianggap berpengaruh terhadap variabel dependen secara parsial. Berikut merupakan hasil pengujian dengan ketentuan nilai r tabel 2,706.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Signifikansi Model

Variabel	R hitung	R tabel	Keterangan
X1	2.593	2.706	Tidak signifikan
X2	1.515	2.706	Tidak signifikan
X3	2.043	2.706	Tidak signifikan
X4	0.432	2.706	Tidak signifikan
X5	1.709	2.706	Tidak signifikan
X6	7.766	2.706	Signifikan
X7	8.284	2.706	Signifikan
X8	0.168	2.706	Tidak signifikan

Pengujian signifikansi model menunjukkan bahwa variable X6 dan X7 berpengaruh signifikan terhadap variable dependen. Variabel X6 yaitu frekuensi melintas selama satu hari dan X7 yaitu waktu tunggu sebelum kereta melewati perlintasan sebidang. Hasil nilai koefisien korelasi perhitungan menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi hitung frekuensi melintas selama satu hari sebesar 7.766 lebih besar dari nilai koefisien korelasi tabel yaitu sebesar 2.706. Artinya variable frekuensi melintas selama satu hari berpengaruh signifikan terhadap variable terikat. Hasil nilai koefisien korelasi perhitungan untuk variable waktu tunggu sebelum kereta melewati perlintasan sebidang sebesar 8.284 lebih besar dari nilai koefisien korelasi tabel yaitu sebesar 2.706. Artinya variable waktu tunggu sebelum kereta melewati perlintasan sebidang berpengaruh signifikan terhadap variable terikat. Berikut hasil perhitungan kesesuaian model regresi logistik dapat diidentifikasi melalui uji *hosmer and lemeshow*.

**Tabel 4.** Hasil Uji Hosmer and Lemeshow

Step	Chi-square	Degree of freedom	Signifikansi
1	7.371	8	0.497

Hasil pengujian kecocokan model menunjukkan nilai signifikansi  $0,497 > 0,1$  sehingga  $H_1$  ditolak dan  $H_0$  diterima yang artinya metode tersebut dapat digunakan. Signifikansi 0,000 lebih kecil dari nilai alpha 0,1 sehingga  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak. Hasil pengujian secara simultan menunjukkan nilai chi-square  $35,225 > 13,362$  sehingga  $H_0$  diterima. Analisis ini membuktikan bahwa variabel bebas berpengaruh secara simultan atas variabel terikat didalam model, sehingga model tersebut layak dan dapat dianalisis lebih lanjut. Berikut hasil pengujian secara simultan:

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Simultan

	Chi-square	Degree of freedom	Signifikansi
Step1 Step	35.225	8	0.000
Block	35.225	8	0.000
Model	35.225	8	0.000

Hasil pengujian seberapa besar kemampuan variabel independent dalam menjelaskan variabel dependen nilai koefisien korelasinya menunjukkan nilai 0,389. Berarti bahwa kemampuan variabel bebas sebesar 38,9% dalam menjelaskan variabel terikat, serta sisanya 61,1% dijelaskan oleh variabel faktor lain dimana variabel tersebut tidak diambil peneliti.

**Tabel 6.** Hasil Uji Pseudo R Square

Step	-2 Log Likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	105.371	0.290	0.389

Berdasarkan dari hasil analisis regresi logistik biner yang telah dilakukan menunjukkan bahwa model dari regresi logistik dalam penelitian ini sudah sesuai dan layak digunakan. Variabel yang dapat mempengaruhi masyarakat melakukan pelanggaran terhadap Early Warning System (EWS) adalah frekuensi melintas masyarakat dalam sehari dan waktu tunggu sebelum kereta melintas yang berpengaruh secara negatif terhadap perilaku masyarakat. Selanjutnya akan dilakukan penilaian perkiraan probabilitas terhadap perilaku masyarakat yang melanggar atau tidak melanggar pada system peringatan dini kereta api di perlintasan sebidang.

### Analisis Probabilitas

Untuk menentukan perkiraan nilai probabilitas perilaku masyarakat melanggar atau tidak melanggar sistem peringatan dini kereta api, dengan memasukan hasil perhitungan dari model persamaan regresi logistik yang didapatkan ke dalam rumus probabilitas. Nilai probabilitas untuk frekuensi melintas (2) dalam sehari yaitu:

$$\begin{aligned} \text{logit (p)} &= \ln \frac{P(x_i)}{1-P(x_i)} && (3) \\ &= 1,207 - 1,445_{\text{frekuensi}(2)} \\ &= -1,683 \\ P &= \frac{\exp^{\text{logit (p)}}}{1+\exp^{\text{logit (p)}}} \\ &= 0,3716 \\ &= 37,16\% \end{aligned}$$

Frekuensi melintasi di perlintasan sebidang dalam sehari memiliki potensi masyarakat untuk melakukan pelanggaran sistem peringatan dini kereta api sebesar 37,16%. Artinya 62,84% lainnya masyarakat tidak melakukan pelanggaran sistem peringatan dini kereta api, atau masyarakat mematuhi dengan adanya sistem peringatan dini tersebut. Nilai probabilitas waktu tunggu (4) sebelum kereta melintas yaitu:

$$\begin{aligned} \text{logit (p)} &= \ln \frac{P(x_i)}{1-P(x_i)} \\ &= 1,207 - 1,964_{\text{waktu tunggu}(4)} \\ &= 0,757 \\ P &= \frac{\exp^{\text{logit (p)}}}{1+\exp^{\text{logit (p)}}} \\ &= 0,9382 \\ &= 93,82\% \end{aligned}$$

Waktu tunggu kereta api sebelum melintas memiliki potensi masyarakat untuk melakukan pelanggaran sistem peringatan dini kereta api sebesar 93,82%. Potensi masyarakat untuk tidak melakukan pelanggaran pada peringatan dini kereta api sebesar 6,18%. Waktu tunggu kereta api sebelum melintas yang lama dapat membuat masyarakat untuk lebih melanggar adanya sistem peringatan dini kereta api. Berdasarkan hasil analisis probabilitas yang dilakukan menunjukkan bahwa waktu tunggu sebelum kereta melintas memiliki peluang masyarakat melakukan pelanggaran lebih besar dari pada frekuensi melintas masyarakat dalam sehari. 93,82% masyarakat akan melakukan pelanggaran dengan menerobos meskipun sudah ada peringatan dini kereta api akan melintas.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis menunjukkan bahwa masih terdapat masyarakat yang melanggar sistem peringatan dini kereta api dan tidak memahami rambu-rambu yang ada pada perlintasan sebidang. Masih kurangnya kesadaran masyarakat untuk mentaati rambu-rambu yang ada pada perlintasan sebidang sehingga tidak dapat menahan tingkat kecelakaan pada perlintasan kereta sebidang tanpa palang pintu meskipun lengkap dengan rambu-rambu EWS. Perilaku masyarakat terhadap *Early Warning System* (EWS) berdasarkan dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan penyebab dari masyarakat melakukan pelanggaran dipengaruhi oleh dua faktor yaitu frekuensi melintas masyarakat dalam sehari

yang memiliki pontesi melakukan pelanggaran sebesar 37,16% dan waktu tunggu sebelum kereta melintas memiliki pontesi sebesar 93,82%. Hasil analisis probabilitas yang dilakukan menunjukkan bahwa waktu tunggu sebelum kereta melintas memiliki peluang masyarakat melakukan pelanggaran lebih besar dari pada frekuensi melintas masyarakat dalam sehari.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Menteri Nomor 94 Tahun. (2018). Keselamatan Perlintasan Sebidang Antara Jalur Kereta Api dengan Jalan.
- [2] Azwar, S. (2013). Reliabilitas dan Validitas. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- [3] Badan Pusat Statistik. (n.d.). Kecamatan Taman Dalam Angka. BPS Kabupaten Sidoarjo.
- [4] Basuki, A. T. (n.d.). Bahan Ajar Ekonometrika. In Regresi Logistik. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [5] Budiharjo, A., & Yunarto, I. F. (2019). Kajian peningkatan keselamatan perlintasan sebidang kereta api Grogol di Kabupaten tegal. Jurnal keselamatan transportasi jalan.
- [6] Cochran, W. G. (2010). Teknik Penarikan Sampel Edisi Ketiga. Universitas Indonesia.
- [7] Dinas Perhubungan Jawa Timur. (2020). Data Kecelakaan Lalu lintas di Perlintasan Kereta Api Jawa Timur.
- [8] Direktorat Jendral Perhubungan Darat. (2005). Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang Antara Jalan Dengan Jalur Kereta Api.
- [9] Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (2002). Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum Di Wilayah Perkotaan Dalam Trayek Tetap dan Teratur.
- [10] Efendi, R. D., Sebayang, N., & Nainggolan, T. H. (2020). Pengaruh Penutupan Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Terhadap Kinerja Lalu Lintas Pada Simpang Tak Bersinyal di Kota Malang. Jurnal Mahasiswa Gelagar Vol.02.
- [11] Hosmer and Stanley Lemeshow. (2000). Applied Logistic Regression Secon Edition. New York: John Wiley and Sons Inc.
- [12] Juneman. (2010). Masalah Transportasi Kota dan Pendekatan Psikologi Sosial. Ikatan Psikologi Sosial, Himpunan Psikologi Indonesia.
- [13] Menteri Perhubungan. (2018). Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang. Peraturan Menteri.
- [14] Sugiono. (2016). Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif. Bandung: Alfabeta.
- [15] Utami, A. (2020). Studi Perilaku Masyarakat Terhadap Early Warning System. Adita Utamia.
- [16] Walpone, R. E. (n.d.). Pengantar Statistika. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [17] Widarjono, A. (2010). Analisis Statistika Multivariat Terapan. Yogyakarta: UPP STIMYKPN.
- [18] Wulandari, A., Faruk, F. M., Doven, F. S., & Budyanra. (2017). Penerapan Metode Regresi Logistik Biner Untuk Mengetahui Determinan Kesiapsiagaan Rumah Tangga.

## INOVASI BETON RINGAN DAN EKONOMIS MENGGUNAKAN ABU SEKAM PADI, SERBUK BATA RINGAN, ABU BATU

\*Dian Arumningsih Diah Purnamawanti<sup>1</sup>, Kusdiman Joko Priyanto<sup>2</sup>, Gunarso<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan

<sup>\*)</sup> Email : dian.arumningsih@lecturer.utp.ac.id

### ABSTRACT

*Lightweight concrete is concrete that has light aggregate or a mixture of light coarse aggregate and natural sand as a substitute for coarse aggregate provided that it does not exceed the maximum concrete weight of 1850 kg/m<sup>3</sup> and must meet the compressive strength and tensile strength requirements of light weight concrete for structural purposes. In order to obtain light weight concrete, material innovation with light density and economy is required, namely by using rice husk ash waste as a cement substitute, then light brick waste is used as a fine aggregate substitute material. The purpose of this study was to determine the effectiveness of using rice husk ash, light brick powder and stone ash to increase the compressive strength and density of lightweight concrete. The amount of cement used was 340 kg/m<sup>3</sup>, so that optimum results were obtained by using rice husk ash 10% by weight of cement, then light brick powder, namely 75% and 25% by weight of fine aggregate. The concrete compressive strength plan made was 30 MPa aged 28 days, with a cylindrical specimen with a diameter of 15 x 30 cm. Rice husk ash can be used as a cement substitution material because it contains compounds present in cement, the largest content of which is silica of 71.08%. From this research it can be obtained the percentage of the use of waste materials, namely rice husk ash 10% by weight of cement, 75% light brick powder and 25% stone ash from fine aggregate. Innovation concrete with rice husk ash waste, lightweight brick powder in this study is lighter than lightweight concrete without innovation. And more efficient by Rp. 142,818.54 or 16 % more economical.*

**Keyword:** *Lightweight Concrete, Compressive Strength, and Economical*

### ABSTRAK

Beton ringan lightweight concrete adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat kasar dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m<sup>3</sup> dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan struktural. Untuk memperoleh berat beton ringan diperlukan inovasi material dengan berat jenis ringan serta ekonomis yaitu dengan menggunakan limbah abu sekam padi sebagai substitusi semen, kemudian limbah bata ringan yang digunakan sebagai material pengganti agregat halus. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas penggunaan abu sekam padi, serbuk bata ringan dan abu batu terhadap peningkatan kuat tekan dan berat isi beton ringan. Jumlah semen yang digunakan 340 kg/m<sup>3</sup>, sehingga didapatkan hasil optimum penggunaan abu sekam padi 10 % dari berat semen, kemudian serbuk bata ringan yaitu 75 % dan 25 % dari berat agregat halus Rencana kuat tekan beton yang dibuat yaitu 30 MPa umur 28 hari, dengan benda uji silinder berdiameter 15 x 30 cm. Abu sekam padi dapat digunakan sebagai material substitusi semen karena mengandung senyawa yang ada dalam semen, kandungan terbesarnya yaitu silika sebesar 71.08 %. Dari penelitian tersebut dapat diperoleh prosentase penggunaan material limbah yaitu abu sekam padi 10 % dari berat semen, serbuk bata ringan 75 % dan abu batu 25 % dari agregat halus. Beton Inovasi dengan limbah abu sekam padi, serbuk bata ringan pada penelitian ini lebih ringan daripada beton ringan tanpa inovasi. Dan lebih hemat sebesar Rp. 142,818.54 atau 16 % lebih ekonomis.

**Kata kunci:** tuliskan 3-5 kata kunci yang terkait dengan isi makalah

## 1. PENDAHULUAN

### Latar belakang

Salah satu bahan yang penting dalam pembangunan infrastruktur adalah beton. Asosiasi Semen Indonesia (ASI) mencatat konsumsi semen domestik pada tahun 2021 mencapai 66,21 juta ton, naik dari 2020 yang sebesar 62,51 juta ton. Namun, tingginya tingkat produksi semen menyebabkan beberapa dampak negatif terhadap lingkungan. Pembuatan semen berkontribusi pada peningkatan kadar karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer. Dengan semakin pesatnya pertumbuhan dan perkembangan teknologi di bidang konstruksi, yang terus mendorong kita lebih memperhatikan standar mutu serta produktivitas kerja, yang tentunya akan berperan dalam meningkatkan sebuah pembangunan konstruksi yang lebih berkualitas. Salah satunya adalah beton ringan / lightweight concrete [1]. Beton ringan / lightweight concrete adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat kasar dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m<sup>3</sup> dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan struktural [2] [3]. Untuk memperoleh berat beton ringan diperlukan inovasi material dengan berat jenis ringan serta ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan limbah abu sekam padi sebagai substitusi semen, kemudian limbah bata ringan dan abu batu yang digunakan sebagai material pengganti agregat halus. Limbah sekam padi merupakan limbah dari hasil penggilingan padi yang belum termanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Pada penelitian ini memanfaatkan limbah sekam padi sebagai substitusi semen. Abu sekam padi mengandung silika sebanyak 87% - 97% berat kering setelah mengalami pembakaran sempurna [4]. Limbah bata ringan merupakan limbah pecahan atau sisa – sisa potongan pada saat pengerjaan pemasangan bata ringan yang sering dibiarkan menumpuk

sehingga menjadi sampah di lingkungan masyarakat, sulit didaur ulang, dan memiliki nilai jual yang sangat rendah. Bata ringan banyak digunakan sebagai penyusun dinding karena sifatnya yang ringan serta ukurannya yang lebih fleksibel. Pada penelitian ini memanfaatkan limbah bata ringan sebagai bahan pengganti sebagian dari agregat halus [5]. Penggunaan struktur beton menyebabkan tingginya permintaan material pasir. Agregat buatan menjadi pilihan untuk bahan campuran beton, untuk itu dibutuhkan inovasi guna Salah satunya agregat buatan adalah abu batu. Abu batu merupakan produk hasil sisa dari proses penghancuran batu oleh stone crusher dan dapat dimanfaatkan untuk campuran beton [6]

## **Tinjauan pustaka**

### **Beton Ringan**

Beton normal merupakan bahan yang cukup berat, dengan berat sendiri mencapai 2400 Kg/m<sup>3</sup>. Untuk mengurangi beban mati pada suatu struktur beton maka telah banyak dipakai jenis beton ringan. Menurut SNI 03-2847-2002, beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1900 Kg/m<sup>3</sup>.

### **Beton ramah lingkungan serta ekonomis**

Beton ramah lingkungan atau beton hijau green concrete didefinisikan sebagai beton yang menggunakan bahan limbah sebagai salah satu komponennya, atau proses produksinya tidak menyebabkan kerusakan lingkungan [7].

### **Sement Portland**

Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan, yang digiling bersama bahan utamanya. Bahan utama penyusun semen adalah Kapur (CaO), Silika (SiO<sub>2</sub>), dan Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Fungsi utama semen pada beton adalah mengikat butir – butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga – rongga udara diantara butir – butir agregat.

### **Abu Sekam Padi**

Sekam padi merupakan produk limbah pertanian yang diproduksi dalam jumlah besar secara global setiap tahunnya. Sekam padi banyak ditemukan di tempat penggilingan padi, dan produksinya cukup besar sekitar 20% sampai 30% dari berat padi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2021, jumlah produksi gabah kering di Indonesia adalah 54,42 juta ton. Abu sekam padi yang akan digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.



**Gambar 1. Abu Sekam Padi**

Pada penelitian ini digunakan abu sekam padi berwarna putih keabu – abuan yang berarti proses Abu sekam padi mengandung silika sebanyak 87% - 97% berat kering setelah mengalami pembakaran sempurna.

### **Agregat Halus (Serbuk Bata Ringan)**

Bata ringan adalah bata berpori dengan berat jenis lebih ringan dari bata merah, yaitu 600 – 1600 Kg/m<sup>3</sup> tergantung mixed design komposisi campuran [8]. Pada era saat ini bata ringan banyak digunakan masyarakat sebagai bahan konstruksi bangunan sebagai pengganti bata merah, karena pada pengaplikasian bata ringan tersebut lebih mudah dan praktis dalam menghemat material dan efisiensi waktu pengerjaan

### **Agregat Halus (Abu Batu)**

Abu batu merupakan hasil penggerusan dari produksi batu pecah. Abu batu merupakan abu yang mengandung banyak silika, besi, dan kapur walaupun dalam kadar yang rendah. Dari setiap daerah komposisi abu batu digunakan dalam adukan beton terutama untuk memperbaiki sifat dari beton [9]. Abu batu mengandung senyawa silika yang sangat halus yang bersifat amorf sehingga mampu mengeras bila dicampur dengan semen. Senyawa yang terjadi antara silika amorf dan kapur adalah senyawa silikat kalsium yang sukar larut dalam air. Agregat halus yang akan digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2.



**Gambar 2.** Abu batu

### **Air**

Air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton adalah sebagai berikut : Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan merusak mengandung oli, asam, garam, bahan organik, atau bahan – bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menganalisis secara langsung dan objektif dengan menghasilkan suatu analisa mengenai inovasi beton ringan mutu tepat 30 Mpa ramah lingkungan dengan menggunakan abu sekam padi [10], serbuk bata ringan dan abu batu. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan studi pustaka dan penelitian eksperimen di laboratorium. Teknik ini bertujuan untuk mencari data – data yang relevan dengan jenis penelitian yang akan dilaksanakan. Selain itu, data yang didapat dari studi pustaka akan membantu bagi penulis untuk memperluas wawasan dalam menyelesaikan penelitian. Setelah melakukan studi pustaka mengenai inovasi beton ringan mutu tepat 30 mpa ramah lingkungan dengan menggunakan abu sekam padi, serbuk bata ringan, di laboratorium. Penelitian dilanjutkan dengan menghitung Gravity Spesific material, Chemical Elemen Analysis. Beberapa mix design dibuat dan diuji untuk mengetahui w/c optimum dan kadar abu sekam padi, serbuk bata ringan, dan optimum agar mencapai berat beton ringan, kuat tekan dan slump test yang diharapkan pengujian ini dilakukan menggunakan silinder 15 x 30 cm tiap mix design. Setelah mendapatkan mix design yang optimal, lalu hasil pengujian berat beton ringan, slump test, dan kuat tekan. Konsep inovasi pada penelitian ini menggunakan abu sekam padi sebesar 10% sebagai substitusi semen, serbuk bata ringan sebesar 75% sebagai substitusi agregat halus, dan 25% sebagai substitusi agregat halus.

### **Benda uji**

Benda uji yang digunakan adalah silinder 15 x 30 cm dan di uji kuat tekan pada umur 14 dan 28 hari. Jumlah sampel yang di buat adalah 3 silinder sampel untuk masing-masing umur beton, sehingga total jumlah sampel adalah 6 silinder sampel.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Data Uji Material**

#### **Semen**

- a. Semen yang digunakan adalah semen PCC Tiga Roda
- b. Gravity Spesific : 3,15 gr/cm<sup>3</sup>.

#### **Abu Sekam Padi**

Kandungan senyawa abu sekam padi selengkapnya disajikan pada tabel 1 sebagai berikut :

**Tabel 1.** Hasil Uji Handheld XRF Kandungan Senyawa Abu Sekam Padi

Element		Conc. [%]	Stddev. [%]
Magnesium Oxide	MgO	0.54	0.32
Silicon Oxide	SiO <sub>2</sub>	71.08	0.49
Phosphorus	P	0.38	0.02
Sulfur	S	0.09	0.01

Element		Conc. [%]	Stddev. [%]
Potassium Oxide	K <sub>2</sub> O	1.73	0.02
Calcium	Ca	1.18	0.01
Titanium	Ti	0.02	0.00
Manganese	Mn	0.15	0.01
Iron	Fe	0.41	0.01
Copper	Cu	0.01	0.00
Zinc	Zn	0.03	0.00
Strontium	Sr	0.01	0.00
Magnesium Oxide	MgO	0.54	0.32

### Serbuk Bata Ringan

- Bata ringan yang digunakan dari limbah dari pabrik bata ringan daerah Wonogiri, Jawa Tengah.
- Berat Jenis  
 Berat jenis Bulk : 1.415 gr/cm<sup>3</sup>  
 Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) : 1.510gr/cm<sup>3</sup>  
 Berat jenis semu : 1.564 gr/cm<sup>3</sup>
- Penyerapan : 6.686 %
- Analisis saringan

Adapun hasil uji analisis saringan serbuk bata ringan ditunjukkan pada tabel 2.

**Tabel 2.** Analisis Saringan Agregat Halus (Serbuk Bata Ringan)

Ukuran No.	Lubang ayakan (mm)	Berat tertahan (gram)	Persen berat tertahan (%)	Persen berat tertahan kumulatif (%)	Persen berat lolos kumulatif (%)
16	1.2	0	0	0	0
20	0.85	0	0	0	0
30	0.6	0	0	0	100
50	0.3	67	33.5	33.5	66.5
100	0.15	89	44.5	78	22
200	0.075	38	9	97	3
Pan		6	3	100	0
Total		200	100	309	
<b>Modulus Halus Butir (MHB)</b>				<b>3.284</b>	

### Abu Batu

Abu batu yang digunakan adalah abu batu dari Sragen, Jawa Tengah.

- Berat Jenis  
 Berat jenis Bulk : 2.267 gr/cm<sup>3</sup>. Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) : 2.326 gr/ cm<sup>3</sup>. Berat jenis semu : 2.408 gr/ cm<sup>3</sup>
- Penyerapan : 2.567 %
- Kadar lumpur : 2.437 %
- Analisis saringan

Hasil uji analisis saringan abu batu ditunjukkan pada tabel 3.

**Tabel 3.** Analisis Saringan Agregat Halus (Abu Batu)

Ukuran No.	Lubang ayakan (mm)	Berat tertahan (gram)	Persen berat tertahan (%)	Persen berat tertahan kumulatif (%)	Persen berat lolos kumulatif (%)
16	1.2	0	0	0	0
20	0.85	0	0	0	0
30	0.6	0	0	0	100
50	0.3	251	50.2	50.2	49.8
100	0.15	158	36.1	18.8	18.2
200	0.075	73	14.6	96.4	3.6
Pan		18	3.6	100	0
Total		500	100	328	
<b>Modulus Halus Butir (MHB)</b>				<b>3.284</b>	

### Split Berpori

- Abu batu yang digunakan adalah abu batu dari Sragen, Jawa Tengah.
- Berat Jenis  
Berat jenis Bulk : 1.915 gr/cm<sup>3</sup>. Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) : 2.000gr/cm<sup>3</sup>. Berat jenis semu : 2.093gr/cm<sup>3</sup>
- Penyerapan : 4.463%
- Ukuran split bepori yang digunakan 20 mm

### Mix Design

Perencanaan Mix Design beton mengacu pada SNI 7656-2012. Dengan rencana kuat tekan beton ringan yaitu 30 MPa dengan rencana umur 28 hari. Hasil analisis mix design ditunjukkan pada tabel 4 sebagai berikut.

**Tabel 4.** *Mix Design*

Water Binder				
Slump Test				
Material	Berat jenis	Persentase (%)	Berat (m <sup>3</sup> )	Silinder 1
Kadar udara	0	19.51	340	2.343
sement	3150	2.17	37.78	0.260
Abu sekam padi	1212	19.51	170	1.172
Air	1000	19.51	1.51	0.010
Sika Visconcrete 1003	1000	17.71	309	2.127
Bata ringan	1510	35.15	613	4.223
Abu Batu	2326	19.51	272	1.877
<b>Total</b>			<b>1743</b>	

### Uji Mutu Beton

Hasil uji kuat tekan beton pad umur 14 dan 28 hari di tunjukkan pada tabel 5 dan tabel 6 sebagai berikut :

**Tabel 5.** Hasil uji tekan beton umur 14 hari

No. sampel	Berat beton (kg)	Bacaan Dial (kN)	Hasil kuat tekan umur 14 hari	Rata-rata (Mpa)
1	9.560	470	26.6	26.12
2	9.525	450	25.46	

No. sampel	Berat beton (kg)	Bacaan Dial (kN)	Hasil kuat tekan umur 14 hari	Rata-rata (Mpa)
3	9.545	465	26.31	

**Tabel 6.** Hasil uji tekan beton umur 28 hari

No. sampel	Berat beton (kg)	Bacaan Dial (kN)	Hasil kuat tekan umur 14 hari	Rata-rata (Mpa)
1	9.195	540	30.56	
2	9.280	530	29.99	30.75
3	9.340	560	31.69	

Berdasarkan hasil pengujian pada umur 28 hari menghasilkan kuat tekan rata-rata 30.75 Mpa artinya masih lebih besar dibandingkan dengan beton konvensional 30 Mpa. Berat beton inovasi juga lebih ringan dibandingkan dengan beton konvensional yang bisa mencapai rata-rata 9.680 kg dengan ukuran silinder yang sama.

#### Rencana Anggaran Biaya

Perbandingan harga beton ringan inovasi dan beton ringan tanpa inovasi dapat menghemat biaya sebesar Rp. 142,818.54 atau 16 % lebih ekonomis. Adapun perbandingan harganya ditunjukkan pada tabel 7 sebagai berikut. Harga dasar bahan yang digunakan adalah pada wilayah surakarta.

**Tabel 7.** Perbandingan Rencana Anggaran Biaya

No.	Material	Harga satuan (Rp)	RAB Beton Inovasi		RAB Beton Konvensional			
			Volume	sat	Harga 1 m <sup>3</sup>	Volume	sat	Harga 1 m <sup>3</sup>
1	Air	Rp. 50,00	170	lt	Rp. 50,00	170	lt	Rp. 8.880
2	Semen	Rp. 1.325.000	340	kg	Rp. 1.325.000	410	kg	Rp. 543.250
3	Abu Sekam Padi	Rp. 50,00	37.78	kg	Rp. 50,00	-	kg	-
4	Pasir	Rp. 158.000	308.69	kg	Rp. 158.000	813	kg	Rp. 128.466
5	Abu Batu	Rp. 120.000	613	kg	Rp. 120.000	-	kg	-
6	Serbuk Bata Ringan	Rp. 100.000	-	kg	Rp. 100.000	-	kg	-
7	Split Berpori	Rp. 150.000	272.34	kg	Rp. 150.000	-	kg	-
8	Batu Apung	Rp. 172.000	-	kg	Rp. 172.000	172	kg	Rp. 29.584
9	Sika Visconcrete 1003	Rp. 80.000	1.51	lt	Rp. 80.000	2.22	lt	Rp. 177.600
<b>Total</b>					<b>Rp. 744.961.94</b>			<b>Rp. 887.780, 48</b>
<b>Selisih</b>					<b>Rp. 142.818.54</b>			

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Abu sekam padi dapat digunakan sebagai material substitusi semen karena mengandung senyawa yang ada dalam semen, kandungan terbesarnya yaitu silika (silicone oxide) sebesar 71.08 %.
- Beton Inovasi dengan limbah abu sekam padi, serbuk bata ringan dan abu batu pada penelitian ini lebih ringan daripada beton ringan tanpa inovasi.
- Beton Inovasi dengan limbah abu sekam padi, serbuk bata ringan dan abu batu pada penelitian ini lebih hemat sebesar Rp. 142,818.54 atau 16 % lebih ekonomis

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ACI, "Cement\_and\_Concrete\_Terminology," vol. 19, 2000.
- [2] SNI 03 – 2847 - 2002, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung," Bandung, 2002.
- [3] D. E. Dixon *et al.*, "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91) Chairman, Subcommittee A," 1991.
- [4] P. A. Handayani, E. Nurjanah, and W. D. P. Rengga, "PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI MENJADI SILIKA GEL," *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, vol. 3, no. 2, Dec. 2014, doi: 10.15294/jbat.v3i2.3698.
- [5] B. Demirel, "The effect of the using waste marble dust as fine sand on the mechanical properties of the concrete," 2010. [Online]. Available: <http://www.academicjournals.org/IJPS>
- [6] B. Zamzam Nurjaman, E. Walujodjati, and J. Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut Jl Mayor Syamsu No, "Pengaruh Penggunaan Agregat Abu Batu Sebagai Pengganti Agregat Halus Alami Terhadap Sifat-Sifat Beton." [Online]. Available: <http://jurnal.sttgarut.ac.id/>
- [7] K. H. Obla, "What Is Green Concrete ?," 2009. [Online]. Available: [www.astm.org](http://www.astm.org).
- [8] T. Mulyono, "TEKNOLOGI BETON," 2015. [Online]. Available: <http://www.unj.ac.id>
- [9] T. R. Raswitaningrum, R. Fajar, and A. Setiawan, "Pengaruh Abu Batu Terhadap Kuat Tekan Beton Pasca Pembakaran," 2019.
- [10] R. S. Bie, X. F. Song, Q. Q. Liu, X. Y. Ji, and P. Chen, "Studies on effects of burning conditions and rice husk ash (RHA) blending amount on the mechanical behavior of cement," *Cem Concr Compos*, vol. 55, pp. 162–168, 2015, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2014.09.008.

## THE PERFORMANCE AND THE INFLUENCE OF PHYSICAL INFRASTRUCTURES ON THE PLANT PRODUCTIVITY: A CASE STUDY APPROACH

\*Muhamad Hendrie Soesanto<sup>1</sup>, S. Imam Wahyudi<sup>2</sup>, M. Faiqun Ni'am<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

<sup>\*)</sup> Email : muhendries@gmail.com

### ABSTRACT

*Irrigation System Performance Index (ISPI) is often used as a parameter in making decisions about the use of irrigation canals. The increase in rice production is dependent on a good condition of physical infrastructures, including the main building, the carrier canal and the buildings on the carrier canal. Performance assessment of Physical Infrastructure and Plant Productivity in Sungapan irrigation area of Pemalang Regency indicated that the physical infrastructure performance in 2012 - 2022 was 38.42%, increasing 3.22%. While the performance assessment of Plant Productivity was 14.96%, increasing 2.99%. Based on the multiple regression analysis using simultaneous test (F), the Physical Infrastructure component was indicated to influence the plant productivity. Meanwhile, based on the partial test (t), the physical infrastructure component partially did not have a significant influence on the plant productivity.*

**Keyword:** ISPI, Physical Infrastructure, Plant Productivity, F test, t test

### ABSTRAK

Indeks Kinerja Sistem Irigasi (ISPI) sering digunakan sebagai parameter dalam pengambilan keputusan penggunaan saluran irigasi. Peningkatan produksi beras tergantung pada kondisi infrastruktur fisik yang baik, antara lain bangunan utama, saluran pembawa dan bangunan di atas saluran pembawa. Penilaian kinerja Prasarana Fisik dan Produktivitas Tanaman di daerah irigasi Sungaipan Kabupaten Pemalang menunjukkan bahwa kinerja prasarana fisik tahun 2012 – 2022 sebesar 38,42%, meningkat 3,22%. Sedangkan penilaian kinerja Plant Productivity sebesar 14,96% meningkat 2,99%. Berdasarkan analisis regresi berganda dengan uji simultan (F), komponen Infrastruktur Fisik diindikasikan berpengaruh terhadap produktivitas tanaman. Sedangkan berdasarkan uji parsial (t), komponen infrastruktur fisik secara parsial tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas tanaman

**Kata kunci:** ISPI, Prasarana Fisik, Produktivitas Tanaman, Uji F, Uji t

## 1. INTRODUCTION

### Baground

Irrigation is an effort to provide, regulate and dispose of irrigation water to support agriculture. Irrigation is divided into various types, such as surface irrigation, swamp irrigation, underground water irrigation, pump irrigation, and pond irrigation [1]. Operations in accordance with their designation such as regulating the irrigation water and its disposal in addition to maintaining the irrigation channels in order that they continuously function optimally are needed. Evaluation results of irrigation system performance describe condition and characteristics of an irrigation system. The results of this evaluation can also be a parameter in making decisions about the use of irrigation canals. There are several aspects to consider in evaluating performance of irrigation systems, for example, level of adequacy and accuracy of water supply, irrigation efficiency, condition and function of drainage system, etc.[2]. Main indicators in performance evaluation of irrigation systems include physical infrastructure, plant productivity, supporting facilities, personnel organization, documentation, and condition of Association of Farmers Using Water. Success of irrigated areas in increasing the productivity of rice is basically supported by the condition of physical infrastructures which includes main buildings, canal and buildings on the canal. Sungapan Irrigation Area, Pemalang Regency with a total irrigation area of 7,086 ha became the location of the present study. The performance assessment and the analysis of the relationship between the Physical Infrastructure and the Plant Productivity on the effectiveness of the irrigation maintenance would be the focus of the study.[3]

Research question is how the performance of the Physical Infrastructure and the Plant Productivity in 2012 – 2022. Does the physical infrastructure have an influence on the plant productivity in Sungapan irrigation area. Objectives and significance of the study is to find out the performance, and the performance trends, in addition to the influence/relationship between the physical infrastructure and the plant productivity in Sungapan irrigation area from 2012 to 2022. From the study, the data collected would not only provide benefits in the form of the actual information related to the condition of the irrigation system, but also provide an input to the management regarding the operational plans and maintenance efforts of the Irrigation Area. Limitation of the study is was conducted in Sungapan irrigation area, Pemalang Regency. The performance appraisal analysis in the present study was carried out based on the Physical Infrastructure and the Plant Productivity indicators from the secondary data from 2012 to 2021 and the primary data for 2022.

## Literature Review

### General Description

Irrigation area is a place to receive water from irrigation networks. The irrigation networks consist of canals, buildings, and auxiliary buildings. These infrastructures are a unit needed to provide, distribute, share, use, and dispose irrigation water [1], [4]. The irrigation system includes irrigation infrastructure, irrigation water, irrigation management, human resource, and irrigation management institutions [5]. Sungapan irrigation area has an area of irrigation service of 7,086 Ha with the water sources coming from Waluh River through Sungapan dam. Shown in figure 1.



**Figure 1.** GIS map of Sungapan irrigation area

Sungapan dam divides the water flow for irrigation into; (1) to the right with 2 (two) intake gates in which these are Simangu primary canals with a service area of 1,689.292 Ha; and (2) to the left to Grogek primary canals with 4 (four) intake gates to irrigate an irrigation area of 5,396.708 Ha [6]

### Irrigation System Performance Index (ISPI)

Irrigation System Performance Index (hereinafter called ISPI) is a value which indicates the performance of the irrigation system. It is also the evaluation results of the performance indicators of the irrigation system which include physical infrastructure, plant productivity, supporting facilities, personnel organization, documentation, and condition of Association of farmers using water. See table 1. below for details.

**Table 1.** Table of the Maximum Index of Irrigation Network Performance Assessment [7]

No.	Work indicators	Index of maximum condition (%)
1.	Physical Infrastructure	45
2.	Plant Productivity	15
3.	Supporting facilities	10
4.	Personnel Organization	15
5.	Documentation	5
6.	Condition of Association of farmers using water	10

### Evaluation of the Physical Infrastructure Performance and Plant Productivity

#### a. Physical infrastructure

The physical infrastructure of the irrigation network consists of buildings and irrigation canals with indicators including the main building, carrier canals, buildings on the carrier canals, drainage canals, inspection roads, offices, official residence, and the warehouse infrastructure.

#### b. Plant Productivity

Plant productivity is the ability of plant to grow and produce in one plant cycle. It is influenced by the fulfillment of water needs for irrigation, plant area, and rice productivity with indicators ranging from the fulfillment of the irrigation water (Factor K), the realization of the plant area, to the rice plant productivity.

**Determination of Assessment Weight**

Determination of performance evaluation criteria on the aspects of physical infrastructure and plant productivity was carried out by referring to the maximum weight of the assessment for each aspect. See Table 2. for the indicators.

**Table 2.** Maximum Weight of the Indicators on the Physical Infrastructure and Plant Productivity[8]

No.	Aspects	Maximum Weight Value
1	Physical Infrastructure	45
	- Main building	13
	- Carrier canals	10
	- Buildings on the carrier canals	9
	- Communication tools	4
	- Inspection roads	4
	- Offices, official residence and warehouse	5
2	Planting Productivity	15
	- Fulfilment to the need for irrigation water (factor k)	9
	- Actual condition of planting area	4
	- Productivity of rice planting	2

**Data Analysis Method with Multiple Linear Regression**

Multiple linear regression analysis was conducted not only to find out the relationship between the independent variable (Physical Infrastructure) and the dependent variable (Plant Productivity), but also to find out whether the independent variable had a positive or negative relationship to the dependent variable. In addition, this analysis was also intended to predict the value of the dependent variable, if the value of the independent variable increased or decreased. The following is the formula for multiple linear regression analysis:

$$Y = a + b1X1 + b2X2 + b3X3 \tag{1}$$

with:

- Y = dependent variable
- a = constant
- b1, b2, b3 = regression coefficient value
- x1, x2, x3 = independent variable

**Hypothesis test**

This study used the Partial Test (t-test) and Simultaneous Test (F-Test) to test the hypotheses.

- a. Partial test (t test) was conducted to test the effect of each independent variable used in this study on the dependent variable partially by formulating hypotheses H0 and H1, determining a significant level of 5% (0.05), comparing the significant level ( $\alpha = 0.05$ ) with a significant level of t which was identified directly, and comparing t-count with t-table.
- b. Simultaneous test (F test) was conducted to see the effect of all independent variables at the same time on the dependent variable by formulating hypotheses H0 and H1 for each group, determining the significant level of 5% (0.05), and comparing the significant level ( $\alpha = 0.05$ ) with the significant level of F which was directly recognized, in addition to comparing F count with F table.

**2. RESEACH METHOD**

This reseach have several step stars from literature review, data collection (primary and secondary data), physical infrastructure and plat productivity performance assessment, make variable determination, definition of multiple linier regression, make hypothesis testing, doing simulation test dan partial test, make conclusion and suggestion.

**Types of data**

Data of the study consist of primary and secondary data. Primary data refers to data from a survey on the preparation stage for the irrigation asset management (IAM), ISPI (E-Management of Irrigation System Assets and Performance), and the real need for the operation and maintenance of Sungapan irrigation area collected from BBWS Pemali Juana in

2022. Secondary data in the present study include the Maps of Sungapan Irrigation Areas, the schema data on building and Sungapan Irrigation Networks obtained from the Compilation Report of irrigation asset management (IAM), ISPI (E-Management of Irrigation System Assets and Performance), and the real need for the operation and maintenance of Sungapan irrigation area in 2022, in addition to the Calculation data for the Irrigation System Performance Index from Balai PSDA Pemali Comal (Center for Member Resource Development of Pamali Comal) in the years of 2012 to 2021.

### Procedure of the study

The following are the stages in this research:

- a. Field survey to determine the condition of Sungapan irrigation network in 2022.
- b. Secondary data collection for ISPI assessment of Sungapan irrigation area in 2012 to 2021 from Dinas PSDA Pemali Comal (the Office for Member Resource Development of Pamali Comal), and the compilation report of Irrigation Asset Management (IAM), ISPI (E-Management of Irrigation System Assets and Performance).
- c. Analysis of the Physical Infrastructure and Plant Productivity in Sungapan irrigation area from the years of 2012 to 2022 was carried out in the following way:
  - Assessing the aspects of the physical infrastructure, including the main building, carrier canal, buildings on the carrier canal, exhaust canal and its building, inspection road, office, and the official residence, as well as the warehouse.
  - Assessing the aspect of plant productivity which consists of fulfillment to the need for irrigation water (factor k), actual condition of plant area, and the productivity of rice plant.
  - Analyzing the effect of the component performance of the Physical Infrastructure which ranges from the influence of the main building, the canal, the buildings on the canal to the plant productivity. The analysis was carried out using the multiple linear regression methods.
  - Conducting a Hypothesis Test to determine the effect of the Independent Variable (Physical Infrastructure) on the Dependent variable (Plant Productivity) in Sungapan irrigation area.

## 3. RESULT AND DISCUSSION

### Physical Infrastructure Performance Assessment

The assessment was carried out by tracing the irrigation network from Sungapan dam to the last building in the secondary canal. The assessment was carried out on the components of the physical infrastructure with a reference to the assessment indicators such as the main building, carrier canal, buildings on the carrier canal, exhaust canal and its buildings, inspection roads, official offices, official residence, and warehouse infrastructure with the results as presented in Table 3. The assessment refers to the Technical Guidelines for the Asset Management and Irrigation System Performance, the module for the Irrigation System Performance Index, and the Main Building in 2019.

**Table 3.** Performance Assessment of the Physical Infrastructure of Sungapan Irrigation Area in 2022

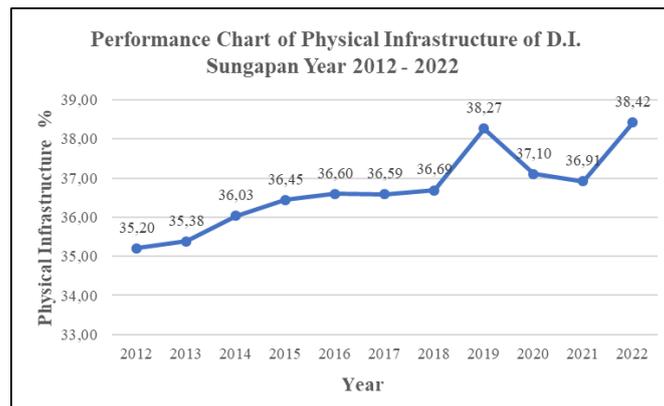
Description (1)	Final Value [%] (2)	Part of Value [%] (3)	Condition Index	
			Existing (%) (4)	Maximum (%) (5)
Physical Infrastructure	38,42	100	85,38	45
1. Main building	11,52	100	88,62	13
2. Carrier canals	8,50	100	85,00	10
3. Buildings on the carrier canals	7,67	100	85,19	9
4. Communication tools	3,40	100	85,00	4
5. Inspection roads	3,21	100	80,25	4

The following are the table 4 and the figure 2 of the recapitulation results between the assessment data in 2022 and the secondary data of performance appraisal from the year of 2012 to 2022.

**Table 4.** The Physical Infrastructure Performance of Sungapan irrigation area in 2012 to 2022

Years	Physical Infrastructure (%)
2012	35,20
2013	35,38
2014	36,03
2015	36,45
2016	36,60
2017	36,59
2018	36,69
2019	38,27
2020	37,10
2021	36,91
2022	38,42

Figure 2 explains that the performance of the Physical Infrastructure of Sungapan irrigation area from 2012 - 2019 had increased by 3.07%. In 2020 – 2021 there was a decrease in value of 1.36% due to the damage in the water cushion, drain gate, and the sedimentation in the main canal. Improvements had also been made in 2022 to the physical infrastructure components including the water cushion to right drain, the dam gatehouse, and the mud bag. In addition, some other improvements were also carried out through bridge repairs, installation of signs, normalization of Simangu Main Canal, and Grogek Main Canal, as well as repairs to the dam guardhouse. Therefore, the performance of Physical Infrastructure increased by 1.51% to 38.42%.



**Figure 2.** Graph of the Physical Infrastructure performance of Sungapan Irrigation Area in 2012 to 2022

### Plant Productivity Performance Assessment

Plant productivity consists of the fulfillment of the irrigation water components (Factor K), the realization of plant area and productivity of the rice plant. The assessment was carried out by adding up the performance of these components as presented in Table 5 below.

**Table 4.** The Performance Assessment of Plant Productivity in Sungapan Irrigation Area in 2022

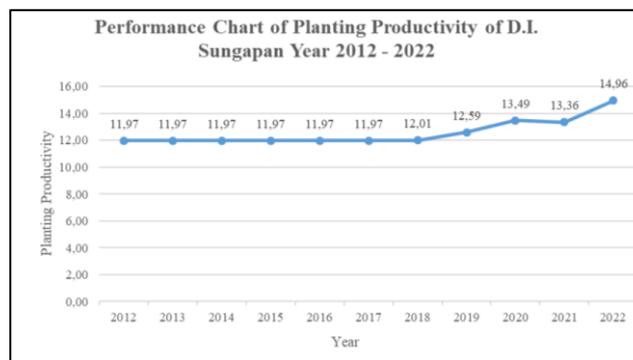
Description	Final Value [%]	Part of Value [%]	Condition Index	
			Existing (%)	Maximum (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Plan productivity	14,96	100	88,93	15
1. Fulfilment to the need for irrigation water (factor k)	9	100	100	9
2. Realization of planting area				
3. Rice planting productivity	8,50	100	85,00	10

The following are the table 4 and fig. 3 of the performance evaluation results of the Plant Productivity in Sungapan Irrigation Area in 2012 – 2022.

**Table 4.** The Performance Assessment of Plant Productivity in Sungapan Irrigation Area in 2022

Years	Physical Infrastructure (%)
2012	11,97
2013	11,97
2014	11,97
2015	11,97
2016	11,97
2017	11,97
2018	12,01
2019	12,59
2020	13,49
2021	13,36
2022	14,96

Figure 3 explains that the Plant Productivity of Sungapan Irrigation Area in 2012 - 2017 did not experience a significant change. In 2018 – 2020, there was an increase of 1.52%. In 2021, there was a decrease of 0.13% due to damage to several components of the Physical Infrastructure. However, the performance has increased by 1.60% after the improvement in 2022.



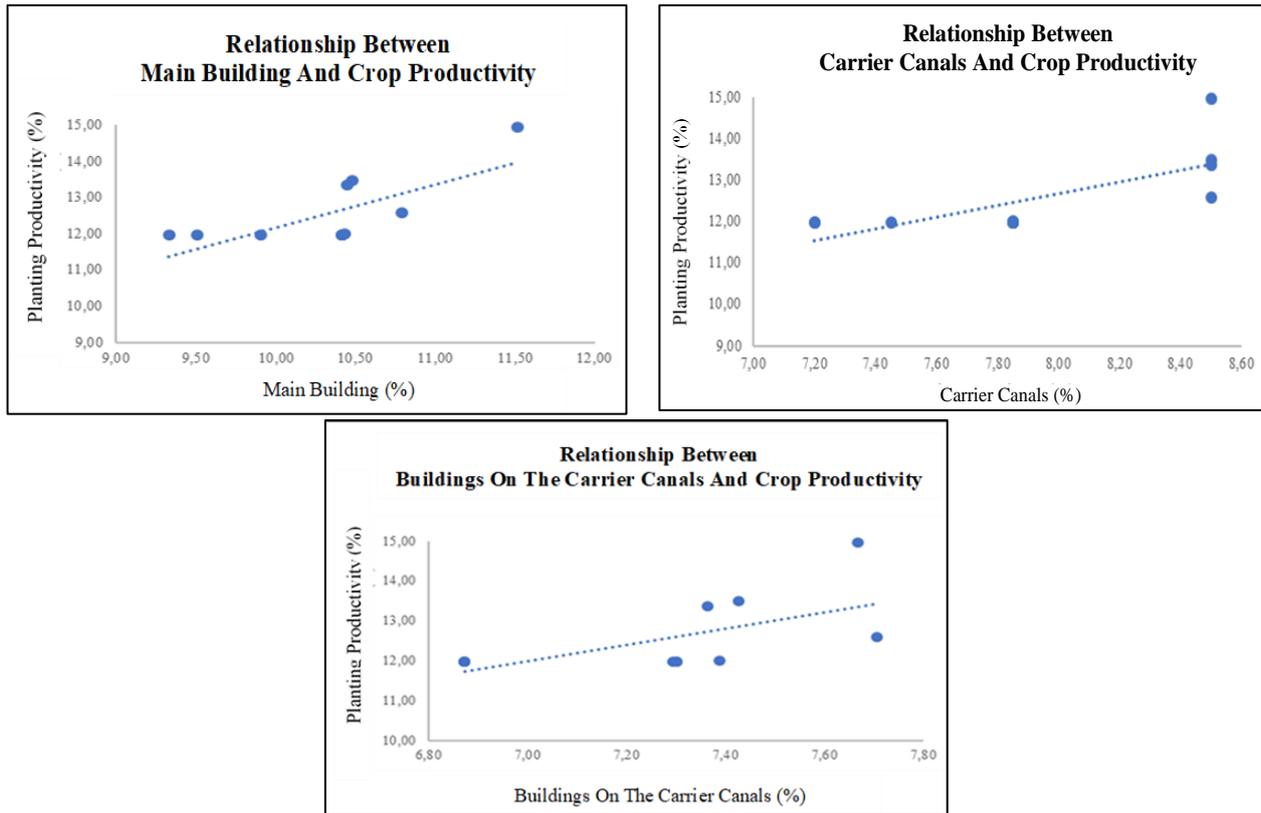
**Figure 3.** Graph of the Plant Productivity Performance in Sungapan Irrigation Area in 2012 – 2022

### **Influence/ Relationship between Physical Infrastructure and Plant Productivity in Sungapan Irrigation Area**

Based on the performance assessment between the Physical Infrastructure and the Plant Productivity, an analysis was conducted to determine the significant level of the influence among these components. Analysis was conducted using the multiple linear regression analysis.[9]

### **Correlation Analysis**

Correlation analysis was carried out to determine the pattern of the relationship between independent variable (the Main Building, Carrier Canal, and Carrier Building) and the dependent variable (Plant Productivity). See Figure 4 for details.



**Figure 4.** Scatter Plot Graph of the Physical Infrastructure and the Plant Productivity

Correlation Analysis in Figure 4. explained, there has a positive and significant relationship between the Main Building and the Plant Productivity. This positive and significant relationship is indicated by a sharp increase in graphs. The relationship between Buildings on the Carrier Canal and Carrier Canal with Plant Productivity shows a positive but not significant relationship. This appears from the absence of a sharp increase in the graph.

**Multiple Linear Regression Analysis**

Multiple Linear Regression Analysis was carried out (1) to determine the relationship between the independent variables such as the main building (X1), the canal (X2), and the building on the canal (X3), and the dependent variable (Plant Productivity) (Y); (2) to find out whether the independent variable was positively or negatively related, and (3) to predict the value of the dependent variable if the value of the independent variable increased or decreased. The analysis was carried out using the SPSS 26 application. See Table 5. for detail result of the analysis.

**Table 5.** Results of the Multiple Linear Regression Analysis

Model	Coefficients <sup>a</sup>		
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients
	B	Std. Error	Beta
(Constant)	8.707	6.551	
X1 (Main building)	1.515	.893	.918
1 X2 (Carrier canals)	1.800	.972	.938
X3 (Buildings on the carrier canals)	3.582	2.240	1.083

a. Dependent Variable: Y (Plant Productivity)

The following is the obtained linear regression model.

$$Y = 8,707 + 1,515 X_1 + 1,8 X_2 + 3,582 X_3$$

Which means the variable of Plant Productivity would be worth 8.707, assuming there was no influence from the independent variable. An increase in one unit of the Main Building variable would increase the Plant Productivity variable by 1.515; An increase in one unit of Carrier Channel variable would increase the Plant Productivity variable by 1,800; and an increase in one unit of Carrier Canal Building variable would increase the Plant Productivity variable by 3.582.

### Hypothesis Test

Hypothesis testing is used not only to determine the influence of the independent variables on the dependent variable either partially or simultaneously, but also to determine how much influence these independent variables had in the regression model. The hypothesis of this study states that the condition of the physical infrastructure of the Irrigation Area (main building, conveyance and buildings on the conveyance) has a good effect on the increasing plant productivity around the Irrigation Area. Analysis of this study was carried out using the multiple linear regression analysis tests based on the results of the simultaneous test, the hypothesis test (F test), and the partial test (t test).[10]

- **Simultaneous Test (Uji F)**

Simultaneous tests were conducted to determine the influence of several independent variables simultaneously on one dependent variable.

**Table 6.** Results of the Simultaneous test

		ANOVA <sup>a</sup>				
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6.637	3	2.212	5.128	.035 <sup>b</sup>
	Residual	3.020	7	.431		
	Total	9.656	10			

a. Dependent Variable: Y (Plant Productivity)

b. Predictors: (Constant), X3 (Buildings on the carrier canals), X2 (Carrier canals), X1 (Main Building)

From the calculation results of the simultaneous test (See Table 4.6.), a significant F value of 0.035, smaller than  $\alpha$  (0.05) was obtained. F count (5.128) in this case is known to be greater than F table (4.066). Therefore, H0 is rejected and H1 is accepted. It means there is a simultaneously significant influence of the Main Building, Carrier Canal, and the Carrier Building on the Plant Productivity.

- **Partial Test (t-test)**

The Partial test was conducted to determine the influence of each independent variable on the dependent variable partially. The Partial test can be carried out through t test by comparing between the value of Significance t and the value of  $\alpha$  (alpha) = 0.05, and also t\_count and t\_table

**Table 7.** The Partial Test Results

		Coefficients <sup>a</sup>		
Model		t	Sig.	
1	(Constant)	1.329	.226	
	X1 (Main Building)	1.697	.134	
	X2 (Carrier canals)	1.853	.106	
	X3 (Buildings on the carrier canals)	1.599	.154	

a. Dependent Variable: Y (Plant Productivity)

From the results of the partial test in Table 7., the following results are obtained:

- The significant value of the influence of the Main Building variable (0.134) is greater than  $\alpha$  (0.05), and the  $t_{count}$  (1.697) is smaller than  $t_{count}$  (2.364). Therefore, the hypothesis  $H_0$  is accepted with a conclusion, the Main Building variable does not have a significant influence on the Plant Productivity.
- The significant value of the influence of the Carrier Channel variable (0.106) is greater than  $\alpha$  (0.05), and the value of  $t_{count}$  (1.853) is smaller than  $t_{count}$  (2.364). Therefore, the hypothesis  $H_0$  is accepted with a conclusion, the carrier channel variable does not have a significant influence on the plant productivity.
- The significant value of the influence of the Main Canal Building variable (0.154) is greater than  $\alpha$  (0.05), and the value of  $t_{count}$  (1.599) is smaller than  $t_{count}$  (2.364). Therefore, the hypothesis  $H_0$  is accepted with a conclusion, the Main Canal Building variable does not have a significant influence on the Plant Productivity.

#### 4. CONCLUSIONS

In 2022, the performance assessment of the Physical Infrastructure of Sungapan irrigation area is 38.42% and the performance assessment of the Plant Productivity is 14.96% with the Trend of the Physical Infrastructure Performance Assessment in 2012 - 2022 increasing of 3.22%, and the trend of the Plant Productivity Performance in 2012 – 2022 increasing by 2.99%. Based on the Simultaneous Test (F Test), the Physical Infrastructure (the Main Building, the Carrier Canal, and the Building of Carrier Canal) simultaneously influenced the Plant Productivity. Based on the Partial Test (t Test), the Physical Infrastructure Components (the Main Building, the Carrier Canal and Building of Carrier Canal) partially do not have a significant influence on the Plant Productivity in each component.

#### REFERENCES

- [1] Kementerian PUPR, “PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT REPUBLIK INDONESIA,” 2015.
- [2] M. Satria Sebayang and A. Putra Munir, “EVALUASI KINERJA OPERASI DAN PEMELIHARAAN SISTEM IRIGASI MEDAN KRIO DI KECAMATAN SUNGGAL KABUPATEN DELI SERDANG (The Operation Work Evaluation and Maintenance of Medan Krio Irrigation System in Sunggal District Deli Serdang Regency),” 2014.
- [3] Hariyanto, “ANALISIS PENERAPAN SISTEM IRIGASI UNTUK PENINGKATAN HASIL PERTANIAN DI KECAMATAN CEPU KABUPATEN BLORA,” *RICE*, vol. 02, pp. 29–34, 2012.
- [4] “PermenPUPR23-2015 - Lamp.3”.
- [5] “PermenPUPR23-2015 - Lamp.2”.
- [6] I. Suryanti, P. I. Dianti Putri, and M. W. Jayantari, “Penilaian Kinerja dan Penyusunan AKNOP Embung di Provinsi Bali,” *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, Apr. 2022, doi: 10.38043/telsinas.v5i1.3694.
- [7] “PermenPUPR23-2015 - Lamp.1”.
- [8] T. Prayogo, S. Wahyuni, and M. Iqbal, “A Study of Irrigation Performance Index and Real Cost Value of Irrigation Operations and Maintenance in Surak Irrigation Area,” *Civil and Environmental Science*, vol. 004, no. 01, pp. 030–042, Apr. 2021, doi: 10.21776/ub.civense.2021.00401.4.
- [9] M. Nugroho, “Evaluasi Kinerja Sistem Irigasi Daerah Irigasi Van Der Wijck Dengan Menggunakan Fuzzy Set Theory. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia,” *Universitas Islam Indonesia*, 2018.
- [10] C. Mubarak and G. D. Asfari, “PENILAIAN KINERJA IRIGASI BERDASARKAN PENDEKATAN PERMEN PUPR NO.12/PRT/M/2015 DAN METODE MASSCOTE DENGAN EVALUASI RAPID APPRAISAL PROCEDURE (RAP) DI DAERAH IRIGASI Studi Kasus : Glapan-Jawa Tengah.”

## ANALISA PENGENDALIAN MUTU PROYEK GUDANG PT SANTOS JAYA ABADI MENGUNAKAN PROCESS DECISION PROGRAM CHART METHOD

\*Yohanes Usman Nandyanto<sup>1</sup>, Michella Beatrix<sup>2</sup>, Masca Indra Triana<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945, Kota Surabaya

\*) Email: yohanesnandyanto@gmail.com

### ABSTRACT

*Construction projects are growing wider and more complex in terms of physical and cost. In practice, a project has limited resources in people, materials, costs, or tools. Construction project must have quality control to guarantee safety worker. However, even though technical specifications have been prepared, deviations in quality during construction project implementation always occur, so that the quality of the resulting building does not comply with the quality requirements that have been set and causes the low quality of human resources in the construction world. Factors causing quality control in this study can directly or indirectly affect the project. This research began with data collection through the process decision program chart method and questionnaire method, distributed to project warehouse PT Santos Jaya Abadi, with the respondents from project managers to workers. Furthermore, the collected data/questionnaires were analyzed using the Process Decision Program Chart dan Microsoft Excel. The analysis quality control and analysis risk show that quality control have a effective and well implemented in project construction, with the result in structure work such as beam work and column work have the same percentage of 76% and floor plate work has a percentage of 72%. While on structure work such as beam has risk level value 7.49, column structure work with a value of 7.42, floor plate structure work with a value of 6.43.*

**Keyword:** *quality control, analysis risk, process decision program chart*

### ABSTRAK

Proyek konstruksi semakin berkembang dan semakin kompleks dalam hal fisik dan biaya. Pada praktiknya, sebuah proyek memiliki sumber daya yang terbatas dalam hal manusia, material, biaya, atau peralatan. Proyek konstruksi harus memiliki pengendalian mutu untuk menjamin keselamatan pekerja. Namun, meskipun spesifikasi teknis telah disusun, penyimpangan mutu pada saat pelaksanaan proyek konstruksi selalu terjadi, sehingga kualitas bangunan yang dihasilkan tidak sesuai dengan persyaratan mutu yang telah ditetapkan dan menyebabkan rendahnya kualitas sumber daya manusia dalam dunia konstruksi. Faktor-faktor penyebab pengendalian mutu dalam penelitian ini secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi proyek. Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data melalui metode process decision program chart dan metode kuesioner yang disebarakan pada proyek gudang PT Santos Jaya Abadi, dengan responden manajer proyek hingga pekerja. Selanjutnya data kuesioner yang terkumpul dianalisis dengan menggunakan *Process Decision Program Chart* dan *Microsoft Excel*. Hasil analisis pengendalian mutu dan analisa risiko menunjukkan bahwa pengendalian mutu sudah efektif dan diterapkan dengan baik pada proyek konstruksi, dengan hasil pada pekerjaan struktur seperti pekerjaan balok dan kolom memiliki persentase yang sama yaitu 76% dan pekerjaan plat lantai memiliki persentase 72%. Sedangkan pada pekerjaan struktur balok memiliki nilai tingkat risiko 7,49, pekerjaan struktur kolom dengan nilai 7,42, pekerjaan struktur pelat lantai dengan nilai 6,43.

**Kata kunci:** *pengendalian mutu analisa resiko, process decision program chart*

### 1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi semakin berkembang dan semakin kompleks dalam hal fisik dan biaya. Dalam praktiknya, sebuah proyek memiliki sumber daya yang terbatas dalam hal orang, material, biaya, atau alat. Hal ini membutuhkan manajemen proyek dari tahap awal proyek hingga tahap penyelesaian proyek. Dengan meningkatnya kompleksitas proyek dan sumber daya yang semakin langka, maka peningkatan sistem manajemen proyek yang unggul dan terintegrasi juga diperlukan. Seiring dengan pesatnya perkembangan dunia konstruksi saat ini, persaingan dalam dunia konstruksi juga semakin ketat sehingga jaminan dan kontrol terhadap mutu dituntut semakin tinggi. Salah satu bentuk realisasi dalam menghadapi persaingan dan untuk memenuhi tuntutan tersebut adalah dengan menyiapkan sistem penjaminan mutu. Penjaminan mutu merupakan langkah sistematis yang diperlukan untuk memberikan keyakinan bahwa hasil pekerjaan yang akan diwujudkan dapat memenuhi standar yang diinginkan. Pengendalian mutu merupakan kegiatan yang meliputi pemantauan, pemeriksaan, dan pengujian untuk mengendalikan dan memastikan bahwa mutu bahan, metode pelaksanaan, dan hasil pekerjaan proyek telah sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan.

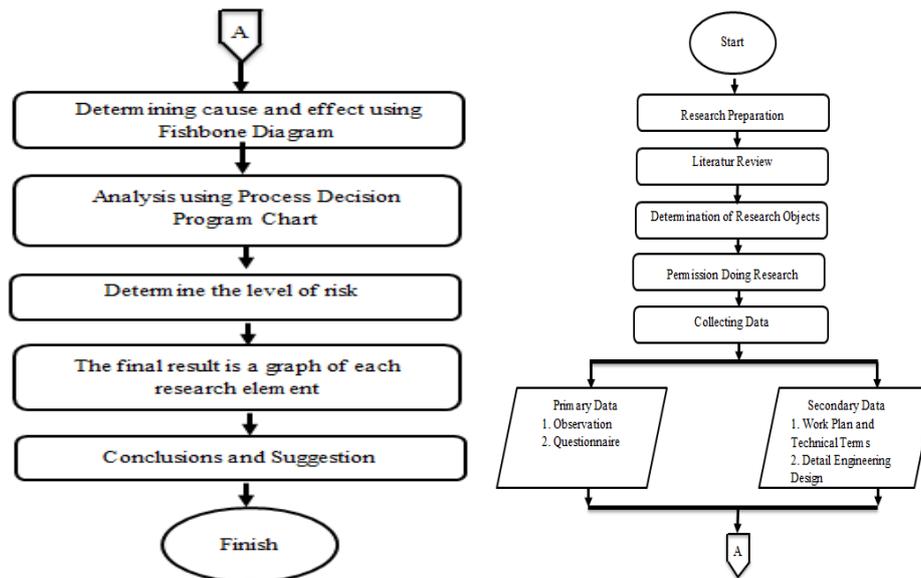
Dalam pelaksanaan pengendalian mutu, sering kali terdapat beberapa kendala. Hal ini menyebabkan keterlambatan dalam pelaksanaan proyek konstruksi yang berdampak pada pencapaian kinerja proyek. Faktor internal ataupun faktor eksternal dapat menyebabkan terjadinya hambatan atau kendala tersebut. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, pengendalian mutu sangat diperlukan agar proyek yang dilaksanakan dapat berjalan dengan baik sesuai dengan rencana.

Pengendalian mutu adalah suatu sistem manajemen yang mengikutsertakan seluruh lapisan pekerja pada semua tingkatan dengan menerapkan konsep pengendalian mutu dan metode statistik untuk memperoleh kepuasan pelanggan dan karyawan. metode yang digunakan dalam pengendalian mutu tergantung dari jenis proyek dan ketelitian yang diinginkan [3]. Ada tiga metode yang sering dijumpai pada proyek konstruksi instalasi yaitu pengecekan, inspeksi, pengujian. Dalam pengendalian mutu ada beberapa resiko yang perlu dianalisa. Pekerjaan struktur terdiri dari kolom, balok, dan plat lantai. Dalam setiap pekerjaan terdiri dari tiga item yaitu tulangan, bekisting, dan pengecoran. Analisis risiko sangat diperlukan dalam setiap proyek konstruksi agar keselamatan pekerja dapat terjamin. Penerapan analisis risiko untuk mengurangi kecelakaan kerja yang timbul akibat kurangnya perencanaan.

Kemudian data diolah melalui *software Microsoft Excel*. Alasan pengendalian mutu dan analisa risiko yang telah dilakukan perlu dievaluasi adalah karena dalam proyek konstruksi pengendalian merupakan suatu proses yang telah dicapai. Perbaikan dan evaluasi pekerjaan perlu dilakukan agar pengendalian mutu dapat dijadikan sebagai langkah evaluasi terhadap kinerja yang telah dilakukan dalam melakukan pengendalian mutu. Pengendalian mutu pada proyek biasanya dilakukan dengan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan tanda centang pada *check sheet* tertentu untuk mengevaluasi langkah manajemen proses mutu yang akan terjadi atau spesifikasi dan kriteria yang telah dipilih. Sehingga sebuah proyek yang akan dikerjakan memiliki target tertentu untuk mencapai mutu proyek sesuai dengan yang direncanakan.

## 2. METODE

### Bagan Alir



Gambar 1. Bagan Alir

### Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif, yaitu menggambarkan, meneliti, dan menjelaskan sesuatu yang diteliti apa adanya, serta membuat kesimpulan dari fenomena yang dapat diamati dengan menggunakan angka-angka. Terdapat dua jenis data dalam penelitian ini. Pertama adalah data primer yang merupakan sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumbernya. Kemudian data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara. Data primer dalam penelitian ini berupa observasi dan kuesioner. Data sekunder dalam penelitian ini berupa rencana kerja dan syarat-syarat teknis.

### Populasi

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas objek atau subjek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya [4]. Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pekerja konstruksi pada proyek pembangunan PT Santos Jaya Abadi.

**Sampel**

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut, sampel yang diambil dari populasi harus betul-betul representatif atau mewakili populasi yang diteliti [5]. Sampel adalah sebagian atau wakil populasi yang akan diteliti [6]. Dalam menentukan sampel, penulis menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu. Teknik *purposive sampling* dipilih karena responden yang dijadikan sampel telah memiliki kriteria yang sesuai dengan penelitian ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Rumus Slovin} &= \frac{N}{1+N(e^2)} \\
 &= \frac{35}{1+35(0,2^2)} \\
 &= \frac{35}{1+1,4} \\
 &= 14,58 \text{ orang}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Peneliti membulatkan jumlah responden menjadi 15 orang.

**Teknik Pengumpulan Data**

Pada tahap ini, data yang dibutuhkan untuk analisis dan pembuatan laporan penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan dalam tahap pengumpulan data adalah hasil observasi langsung dan kuesioner kepada pihak terkait untuk mengetahui tingkat risiko yang dapat menyebabkan pengendalian mutu pada pelaksanaan pekerjaan struktur kurang optimal. Kuesioner merupakan informasi yang diperoleh dengan cara mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian dengan cara bertanya langsung kepada pekerja konstruksi di gudang konstruksi proyek PT Santos Jaya Abadi dan melakukan pengisian data melalui kuesioner yang disebarakan kepada pekerja konstruksi.

**Process Decision Program Chart**

*Process Decision Program Chart* adalah diagram untuk memetakan rencana kegiatan beserta situasi yang mungkin terjadi sehingga *Process Decision Program Chart* tidak hanya dibuat untuk menyelesaikan suatu masalah akhir tetapi juga untuk menanggulangi kejutan-kejutan risiko yang mungkin terjadi. Dengan kata lain, *Process Decision Program Chart* digunakan untuk merencanakan skenario. Jika dalam situasi tertentu terjadi masalah, kita telah merencanakan bagaimana kemungkinan masalah tersebut akan diselesaikan sehingga kita telah siap untuk menanganinya.

**Analisa Level Resiko**

Analisis risiko adalah menentukan besarnya risiko yang tercermin dari kemungkinan dan tingkat keparahannya. Analisis risiko adalah peluang suatu kejadian yang dapat berdampak pada suatu objek [7]. Penilaian risiko dimaksudkan untuk menentukan besarnya probabilitas suatu risiko dari kemungkinan terjadinya, tingkat keparahan atau konsekuensinya.

Probability	Consequence				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

**Gambar 2.** Penilaian Level Resiko

Cara yang sederhana adalah dengan membuat peringkat risiko seperti contoh di atas di mana peringkat kemungkinan dan tingkat keparahan diberi nilai antara 1-5. Nilai risiko dapat diperoleh dengan mengganti nilai kemungkinan dengan nilai dampak, yaitu antara 1-25. Dari gambar di atas dapat dibuat peringkat risiko, misalnya: Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan tabel yang diperoleh dari penyebaran kuesioner untuk kebutuhan penelitian. Sedangkan data dianalisis berdasarkan *Risk Rating*. Untuk menentukan penilaian risiko dengan terlebih dahulu memperkirakan nilai konsekuensi dan peluang. Nilai risiko dapat dihitung secara manual, berdasarkan rumus Dampak x Probabilitas untuk mendapatkan skor untuk analisis penilaian risiko.

**Analisa Keberhasilan Pengendalian Mutu**

Manajemen risiko dari AS/NZS 4360 memiliki standar yang telah digunakan sebelumnya untuk memberikan gambaran umum tentang metode manajemen risiko spesifik untuk proyek-proyek rekayasa bersamaan. Selain itu kita memiliki kebebasan untuk menggunakan aturan mana yang digunakan untuk menentukan kategori risiko dari suatu proyek konstruksi. Kriteria interpretasi skor berdasarkan jawaban responden dapat ditentukan sebagai berikut: skor maksimum untuk setiap kuesioner adalah 5 dan skor minimum adalah 1, atau berkisar antara 1% hingga 100% [8]. Kemudian rentang antar skor adalah 19%. Sehingga diperoleh kriteria sebagai berikut.

**Tabel 1. Penilaian Pengendalian Mutu**

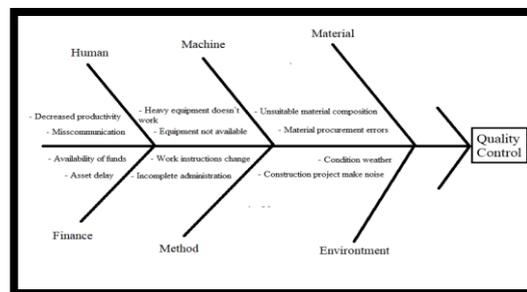
Presentase	Kategori
1% - 20%	Sangat Tidak Efektif
21% - 40%	Tidak Efektif
41% - 60%	Sedang
61% - 80%	Efektif
81% - 100%	Sangat Efektif

Interpretasi skor ini diperoleh dengan cara membandingkan skor item dampak yang diperoleh berdasarkan jawaban responden dibagi dengan skor maksimal jawaban kemudian dikalikan 100%

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Diagram Fishbone**

*Fishbone diagram* atau diagram sebab akibat menunjukkan hubungan antara masalah yang dihadapi dengan kemungkinan penyebab dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Identifikasi risiko yang mungkin terjadi pada suatu kegiatan proyek konstruksi merupakan hal yang vital dalam pengendalian mutu proyek konstruksi. Teknik yang digunakan dalam identifikasi risiko antara lain dengan diskusi, observasi, wawancara, informasi historis, dan lain-lain.

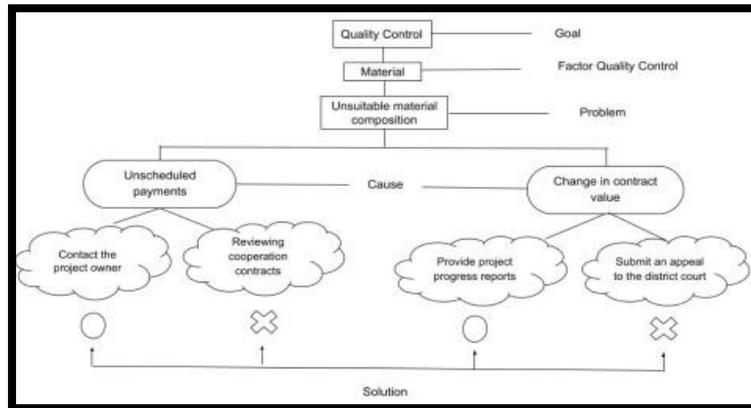


**Gambar 3. Diagram Fishbone**

Setelah mengetahui jenis-jenis masalah yang terjadi, maka perlu dilakukan tindakan perbaikan untuk mencegah timbulnya masalah atau kecelakaan kerja yang serupa. Hal yang penting untuk dilakukan dan ditelusuri adalah mencari penyebab terjadinya kecacatan. Sebagai alat bantu untuk menemukan penyebab terjadinya cacat tersebut digunakan diagram sebab akibat atau disebut dengan fishbone diagram.

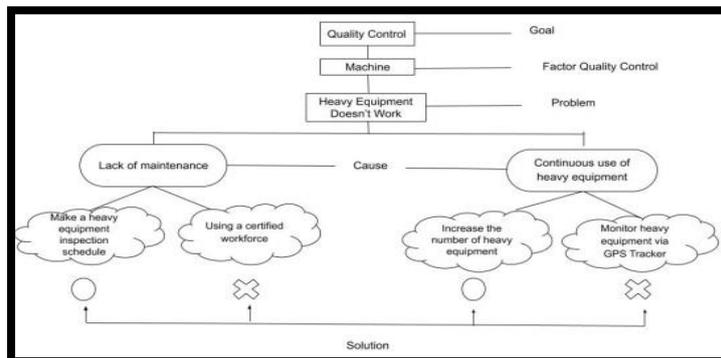
**Process Decision Program Chart**

*Process decision program chart* pada penelitian ini diintegrasikan dengan tahapan fishbone diagram. *Process decision program chart* membantu perusahaan untuk menghindari faktor-faktor yang tidak terduga dan mengidentifikasi apakah solusi yang telah dirumuskan dapat diterapkan di perusahaan. *Process decision program chart* diperoleh dengan melakukan wawancara dan *brainstorming* dengan manajer *quality control* proyek pembangunan gudang PT Santos Jaya Abadi. Terdapat enam faktor yang peneliti temukan dari fishbone diagram, kemudian untuk memecahkan masalah yang ditemukan menggunakan *process decision program chart*. Faktor-faktor tersebut adalah material, mesin, manusia, lingkungan, metode, dan keuangan.



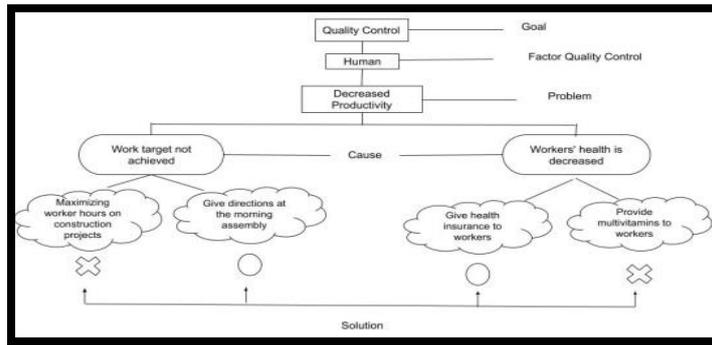
**Gambar 4.** *Process Decision Program Chart Material*

Pada pembangunan gudang PT Santos Jaya Abadi, faktor material ditemukan beberapa masalah pada *fishbone diagram*, kemudian setelah dilakukan pembahasan faktor komposisi material yang tidak sesuai menjadi masalah yang diambil oleh peneliti untuk selanjutnya diaplikasikan pada metode *process decision program chart*. Kemudian ditemukan faktor penyebab masalah komposisi yaitu pembayaran yang tidak sesuai jadwal dan perubahan nilai kontrak. Pembayaran yang tidak sesuai jadwal dikarenakan kemajuan pekerjaan yang belum terpenuhi sehingga dana belum dapat diberikan akibatnya mempengaruhi komposisi yang tidak sesuai standar namun masih aman dalam proses pembangunan. Selain itu faktor lain yang mempengaruhi adalah perubahan nilai kontrak, masalah ini terjadi karena kurang tepatnya pemilihan kontrak proyek konstruksi. Kemudian ditemukan solusi yang dapat diterapkan dari kedua penyebab masalah yang terjadi, yaitu menghubungi pemilik proyek dan memberikan laporan kemajuan proyek konstruksi. Kedua solusi ini merupakan pilihan yang rasional dan dapat diterapkan dalam proyek konstruksi in



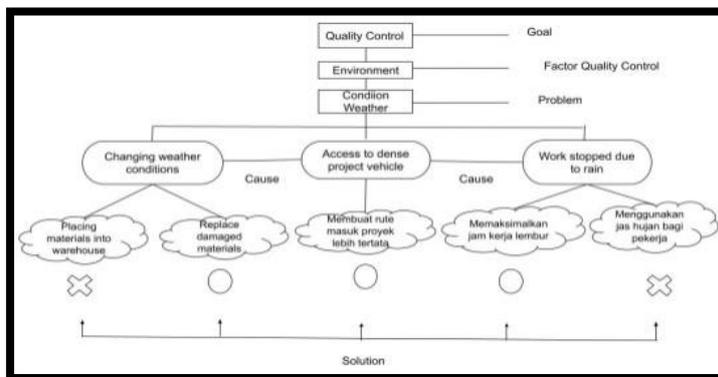
**Gambar 5.** *Process Decision Program Chart Mesin*

Pada pembangunan gudang PT Santos Jaya Abadi, faktor mesin ditemukan beberapa masalah pada *fishbone diagram*, kemudian setelah dilakukan pembahasan faktor alat berat yang tidak berfungsi dengan baik menjadi masalah yang diambil oleh peneliti untuk diaplikasikan lebih lanjut pada metode *process decision program chart*. Kemudian ditemukan bahwa faktor penyebab masalah tersebut adalah kurangnya perawatan dan penggunaan alat berat yang terus menerus. Kurangnya perawatan dapat disebabkan karena alat berat yang akan digunakan tidak dilakukan pengecekan secara berkala. Selain itu, alat berat yang digunakan tidak dioperasikan dengan tenaga kerja yang terampil sehingga ketika alat berat tersebut rusak masih tetap digunakan sehingga ketika alat berat tersebut rusak pekerjaan menjadi tertunda karena tidak adanya alat berat yang dapat dioperasikan. Maka solusi yang dapat diterapkan dari kedua penyebab masalah yang terjadi adalah dengan membuat jadwal pengecekan alat berat dan menambah jumlah alat berat. Pembuatan jadwal pengecekan dapat mengurangi terjadinya kerusakan yang lebih parah dari alat berat yang sedang digunakan. Kemudian penambahan alat berat dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan dan target pekerjaan proyek konstruksi. Dengan adanya penambahan alat berat, maka alat berat dapat digunakan sesuai dengan kemampuannya dan terhindar dari kerusakan.



Gambar 6. Process Decision Program Chart Manusia

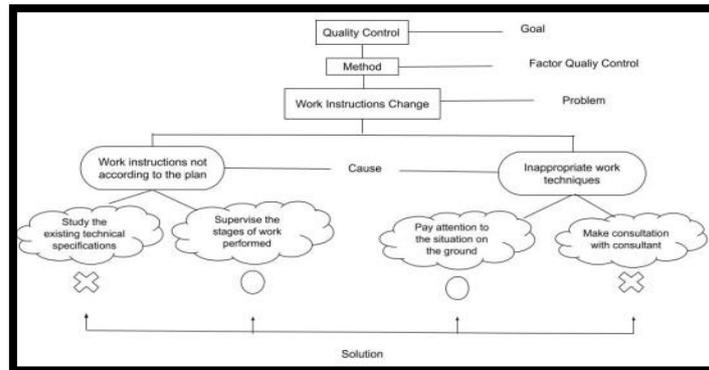
Pada pembangunan gudang PT Santos Jaya Abadi pada faktor manusia ditemukan beberapa masalah pada *fishbone diagram*, kemudian setelah membahas faktor produktivitas yang menurun menjadi masalah yang diambil oleh peneliti untuk diaplikasikan lebih lanjut pada metode *process decision program chart*. Kemudian ditemukan bahwa faktor penyebab menurunnya produktivitas pekerja adalah target kerja yang tidak tercapai dan kesehatan pekerja yang menurun. Pada setiap proyek konstruksi, pasti ada target kerja yang harus dicapai setiap harinya, minggunya, atau perbulannya. Ketika target kerja tidak dapat tercapai, maka diperlukan evaluasi agar target yang belum tercapai tersebut dapat terpenuhi. Kemudian penyebab yang kedua adalah kesehatan kerja yang menurun, setiap pekerja pasti memiliki kondisi fisik yang berbeda-beda. Pekerja yang sehat dan dalam kondisi prima dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja sehingga keberhasilan target kerja dapat dicapai baik secara harian, mingguan ataupun bulanan. Kemudian ditemukan solusi yang dapat diterapkan dari kedua penyebab masalah yang terjadi, yaitu memaksimalkan jam kerja para pekerja pada proyek konstruksi dan memberikan jaminan kesehatan pada pekerja. Kedua solusi ini dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas pekerja berdasarkan faktor penyebab yang telah ditemukan.



Gambar 7. Process Decision Program Chart Lingkungan

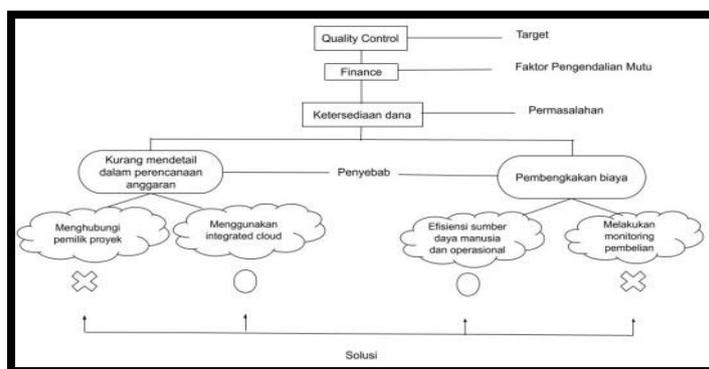
Pada pembangunan gudang PT Santos Jaya Abadi pada faktor lingkungan ditemukan beberapa masalah pada *fishbone diagram*, kemudian setelah membahas faktor kondisi cuaca menjadi masalah yang diambil oleh peneliti untuk selanjutnya diaplikasikan pada metode *process decision program chart*. Kemudian ditemukan permasalahan yang terjadi yaitu material berkurang, akses kendaraan proyek yang padat, dan pekerjaan terhenti karena hujan, ketiga permasalahan ini terjadi karena pekerjaan dilakukan pada musim hujan. Pada awalnya material yang didatangkan sudah sesuai dengan perjanjian, namun pada pelaksanaan proyek konstruksi material berkurang karena hujan terutama pada material pasir, semen, dan agregat. Masalah kedua terjadi karena area proyek konstruksi terletak di daerah padat kendaraan karena merupakan jalan utama dan dilewati kendaraan besar setiap harinya, lamanya waktu tunggu masuk kendaraan proyek menyebabkan terganggunya aktivitas di jalan raya, Kemudian masalah ketiga adalah pekerjaan terhenti karena hujan, pekerjaan terhenti karena para pekerja kesulitan melakukan pekerjaan terutama pada bagian struktur, jarak pandang para pekerja menjadi berkurang jika pekerjaan tetap dilanjutkan maka akan menimbulkan resiko kecelakaan kerja. Pada permasalahan kedua, solusi yang dapat diberikan adalah akses menuju proyek konstruksi dibuat lebih teratur dengan memiliki akses masuk dan akses keluar dengan rute yang berbeda. Kemudian pekerjaan yang terhenti karena cuaca merupakan hal yang diluar kendali, pihak proyek konstruksi tidak ingin para pekerja tetap bekerja

ketika hujan turun meskipun para pekerja sudah dilengkapi dengan alat pelindung diri, disisi lain kontraktor juga harus mencapai target dalam kemajuan pembangunan. Sehingga solusi yang dapat diambil adalah dengan memaksimalkan jam lembur terutama pada saat cuaca cerah agar progres pekerjaan dapat tercapai.



**Gambar 8.** *Process Decision Program Chart Metode*

Pada pembangunan gudang PT Santos Jaya Abadi, faktor metode ditemukan beberapa permasalahan pada *fishbone diagram*, kemudian setelah membahas faktor instruksi kerja menjadi topik yang diambil oleh peneliti untuk diterapkan lebih lanjut pada metode *process decision program chart*. Kemudian ditemukan bahwa permasalahan yang terjadi adalah instruksi kerja yang tidak sesuai dengan perencanaan dan teknik kerja yang tidak sesuai. Instruksi kerja tidak sesuai dengan perencanaan dikarenakan ketika di lapangan terdapat beberapa hal yang berada di luar kendali manusia. Salah satunya adalah faktor lahan yang akan dibangun gudang. Lahan yang akan digunakan memerlukan penanganan terlebih dahulu sebelum pembangunan dilakukan. Kemudian masalah kedua adalah teknik kerja yang tidak sesuai. Dalam hal ini, kontraktor melakukan penyesuaian kondisi di lapangan dengan kontrak yang ada. Setiap perubahan akan menimbulkan sesuatu yang berbeda dengan perencanaan, jika penyesuaian dilakukan dengan asal-asalan, maka akan menimbulkan masalah pada saat gudang digunakan. Setelah melakukan diskusi, peneliti menemukan dua solusi yang dipilih yaitu, pada masalah instruksi kerja yang tidak sesuai dengan perencanaan maka perlu dilakukan pengawasan terhadap pekerjaan yang dilakukan. Apabila dilakukan peninjauan ulang, maka pembangunan proyek konstruksi tersebut diperkirakan tidak akan selesai sesuai dengan target yang ada dalam kontrak. Setelah para pekerja mengetahui permasalahan yang ada, maka kontraktor dapat melaporkannya kepada pemilik dan apabila terdapat ketidaksesuaian yang menghambat proses pembangunan gudang, maka harus diambil keputusan atau alternatif lain secara cepat dan tepat agar pembangunan tetap berjalan. Kemudian solusi untuk masalah teknik pekerjaan yang tidak sesuai adalah dengan berkonsultasi dengan konsultan. Perubahan pekerjaan yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis perlu dikonsultasikan agar perubahan yang dilakukan masih dalam batas aman dan tidak membahayakan pekerja.



**Gambar 9.** *Process Decision Program Chart Keuangan*

Pada pembangunan gudang PT Santos Jaya Abadi, faktor uang ditemukan beberapa masalah pada *fishbone diagram*, kemudian setelah membahas mengenai ketersediaan dana, topik tersebut diambil oleh peneliti untuk diaplikasikan lebih lanjut pada metode *process decision program chart*. Kemudian ditemukan bahwa permasalahan yang terjadi adalah kurang detailnya perencanaan anggaran dan pembengkakan biaya. Ketersediaan dana menjadi salah satu faktor agar

proyek dapat berjalan dengan baik dan pekerja merasa terjamin. Dana yang ada dapat digunakan untuk pembelian material, sewa alat berat, operasional pekerja, dan lain-lain. Selain penyebab kurang detailnya perencanaan anggaran, penyebab lainnya dari masalah yang ada adalah pembengkakan biaya proyek yang mempengaruhi ketersediaan dana proyek konstruksi. Apabila dalam suatu proyek konstruksi terjadi pembengkakan biaya, maka kontraktor akan mengalami kerugian, hal ini terjadi karena kontraktor harus mengeluarkan biaya diluar kontrak yang telah disepakati. Kemudian peneliti menemukan dua solusi yang dipilih yaitu, kurang detailnya dalam melakukan perencanaan anggaran dengan solusi menggunakan *integrated cloud* yang saling berhubungan. Salah satu *integrated cloud* yang dapat digunakan adalah *google spreadsheet*. Media ini membantu dalam perencanaan anggaran biaya dapat dilakukan dengan baik. Kemudian untuk masalah pembengkakan biaya, ditemukan solusi yaitu efisiensi sumber daya manusia dan operasional. Dalam sebuah proyek seringkali dijalankan oleh terlalu banyak sumber daya manusia yang sebenarnya tidak terlalu dibutuhkan. Semakin banyak penggunaan sumber daya manusia yang tidak diperlukan berarti semakin banyak dana proyek yang dihabiskan. Biaya operasional yang dikeluarkan dalam pelaksanaan sebuah proyek juga menjadi indikator yang harus Anda perhitungkan. Beberapa biaya operasional yang dapat diefisienkan adalah biaya transportasi, telepon, gaji karyawan, administrasi dan pengarsipan.

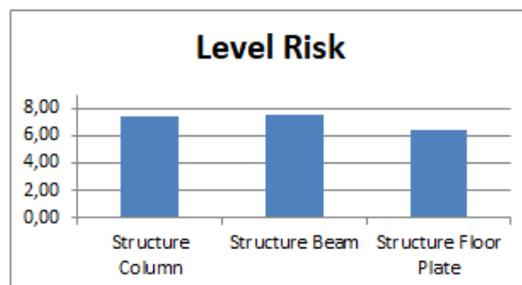
### Analisa Resiko

Penilaian risiko berasal dari kuesioner yang telah disebarkan kepada para pekerja pada proyek konstruksi tersebut. Pekerjaan struktur yang dilakukan adalah pembesian, pembesian, dan pengecoran. Tingkat risiko diperoleh dari penilaian kemungkinan dikalikan dengan kemungkinan dampak. Tingkat risiko yang diperoleh akan digunakan untuk kategori risiko pada setiap pekerjaan.

**Tabel 2.** Penilaian Tingkat Resiko

No	Pekerjaan Struktur	Level Resiko
1	Pembesian Kolom	6,91
2	Pembekestingan Kolom	6,82
3	Pengecoran Kolom	8,54
4	Pembesian Balok	7,13
5	Pembekestingan Balok	7,72
6	Pengecoran Balok	7,62
7	Pembesian Plat Lantai	5,93
8	Pembekestingan Plat Lantai	4,88
9	Pengecoran Plat Lantai	8,49

Pada penentuan analisis risiko, penilaian tertinggi adalah pekerjaan pengecoran kolom dengan tingkat risiko 8,54 dan merupakan kategori risiko sedang, kemudian untuk pembekestingan plat lantai memiliki tingkat risiko terendah yaitu 4,88 dengan kategori risiko rendah



**Gambar 10.** Level Resiko Pekerjaan Struktur

Pelaksanaan pekerjaan yang ada pada proyek pembangunan gudang PT Santos Jaya Abadi menunjukkan bahwa pekerjaan plat lantai memiliki tingkat risiko paling rendah dengan 6,43, pekerjaan plat lantai menerapkan manajemen mutu dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi dan rencana kerja sehingga pengaruh kegagalan dan penyimpangan pengendalian mutu dapat dihindari. Hasil untuk kolom dan balok berada pada kategori risiko sedang, walaupun memiliki kategori risiko yang

lebih tinggi dari plat lantai bukan berarti menyatakan hasil pelaksanaan pekerjaan tersebut tidak baik tetapi akan lebih baik lagi sehingga pelaksanaannya dapat mengurangi risiko kegagalan atau penyimpangan pengendalian mutu. Nilai untuk kolom 7,42 dan untuk balok 7,49.

### Analisa Keberhasilan Pengendalian Mutu

**Tabel 3.** Pelaksanaan Pengendalian Mutu

No	Indikator	Presentase	Keterangan
	Pembesian Kolom	79%	Efektif
1	Pembekestingan Kolom	69%	Efektif
	Pengecoran Kolom	79%	Efektif
	Pembesian Balok	80%	Efektif
2	Pembekestingan Balok	76%	Efektif
	Pengecoran Balok	72%	Efektif
	Pembesian Plat Lantai	67%	Efektif
3	Pembekestingan Plat Lantai	63%	Efektif
	Pengecoran Plat Lantai	85%	Sangat Efektif
	Rata-rata	74%	Efektif

Dalam menentukan apakah pengendalian mutu yang dilakukan berhasil atau tidak berdasarkan penilaian dampak. Pekerjaan pengecoran plat lantai memiliki persentase terbaik dengan nilai 85%, sedangkan pekerjaan decking plat lantai memiliki persentase terendah yaitu 63%.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap pengendalian mutu pada Proyek Pembangunan Gudang PT Santos Jaya Abadi, diperoleh kesimpulan bahwa pelaksanaan proses pekerjaan struktur secara keseluruhan telah berhasil diarahkan, dilaksanakan, dan dikendalikan seluruh rangkaian kegiatannya secara optimal. Berdasarkan penilaian yang telah dilakukan pada pekerjaan struktur balok, kolom, dan plat lantai. Pada pekerjaan balok dan pekerjaan kolom memiliki persentase yang sama yaitu 76% dengan kategori efektif karena berada pada rentang nilai 61% - 80%. Pada pekerjaan pelat lantai memiliki persentase 72% dalam kategori efektif karena berada pada rentang nilai 61% - 80%. Dan selanjutnya dari analisis risiko pada proyek pembangunan gudang PT Santos Jaya Abadi untuk tingkat risiko tertinggi didapatkan bahwa pekerjaan struktur balok memiliki tingkat risiko tertinggi dengan nilai 7,49 dengan kategori sedang karena berada pada rentang nilai 5,00 - 9. Kemudian dari hasil analisis risiko pada proyek pembangunan gudang PT Santos Jaya Abadi untuk tingkat risiko tertinggi didapatkan bahwa pekerjaan struktur balok memiliki tingkat risiko tertinggi dengan nilai 7,49 dengan kategori sedang karena berada pada rentang nilai 5,00 - 9,99, kemudian tingkat risiko selanjutnya adalah pekerjaan struktur kolom dengan nilai 7,42 dengan kategori sedang karena berada pada rentang nilai 5,00 - 9,99, dan tingkat risiko terendah adalah pekerjaan struktur plat lantai dengan nilai 6,43 dengan kategori sedang karena berada pada rentang nilai 5,00 - 9,99.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alkinid, et al. (2018). *Identifikasi dan Analisis Pengendalian Risiko Pada Proses Continuous Pickling Line dengan Metode Risk Assessment Berdasarkan AS/NZS 4360:2004 di Proyek XYZ*. Universitas Islam Indonesia.
- [2] Angelia, Mediyanti.(2020). *7 New Quality Tools*. Sekolah Tinggi Manajemen Industri Jakarta.
- [3] Anindita, et al. (2019), *Analisis Risiko Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Hotel di Bali*, Jurnal Spektran Vol 7 No 2. Universitas Udayana.
- [4] F. Tamim and A. Ismail, "Analisis Manajemen Risiko dan Pengendalian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada Pekerjaan Power House," J. Konstr., vol. 18, no. 1, pp. 1– 10, 2020, doi: 10.33364/konstruksi/v.18-1.772.
- [5] George et al. (2020). *Dasar-Dasar Manajemen, (Principles of Management)*, Penerbit Bumi Aksara, Jakarta.
- [6] Ghozali, Imam. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.Semarang.
- [7] Gunawan, M.A. (2019). *Evaluasi Pengendalian Mutu pada Pelaksanaan Pembangunan Gedung Delapan Lantai*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.

- [8] H. B. Başağa, B. A. Temel, M. Atasoy, and İ. Yıldırım, “A study on the effectiveness of occupational health and safety trainings of construction workers in Turkey,” *Saf. Sci.*, vol. 110, no. October 2017, pp. 344–354, 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2018.09.002.

## ANALISIS PERBAIKAN DAN BIAYA PERKERASAN JALAN (Studi Kasus Jalan Pati – Gabus)

\*Bariq Al Salam<sup>1</sup>, Kartono Wibowo<sup>2</sup>, Soedarsono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Sultan Agung, Semarang

\*Email: bariqalsalam9@gmail.com

### ABSTRACT

Highways are one of the important facilities and infrastructure for the achievement of an activity, so a good road pavement design is a must. The existence of highways is very necessary for the need for transportation facilities that can reach remote areas. The increase in traffic volume will result in a decrease in service caused by a decrease in road capacity, in line with the results of the survey/identification conducted, road damage is currently occurring in several areas, especially the Pati-Gabus road section, Pati Regency, which causes considerable losses, especially for road users, such as congestion, traffic accidents, long travel time and others. Therefore, this research was conducted with the aim of finding alternative pavement designs on the Pati-Gabus road section, and calculating the estimated costs required for pavement repairs. In this study using data obtained through field surveys which are primary data and data collection from the Highways Field of Pati Regency which is secondary data. The results of the study using the Surface Distress Index (SDI) method found that the damage at STA 0+000 to 0+200 was moderately damaged and at STA 0+200 – 1+000 it was lightly damaged and the type of repair was appropriate by looking at the conditions on the Pati road section. -Cork is at STA 0+000 to 1+000 using overlay requires a budget of IDR 2,600,000,000, while at STA 1+000 to STA 2+600 it is heavily damaged and must use rigid pavement requiring budget of IDR 6,341,000,000.

**Keywords:** Road damage, Road repair, Pavement costs

### ABSTRAK

Jalan raya merupakan salah satu sarana dan prasarana yang penting bagi tercapainya suatu kegiatan, sehingga desain perkerasan jalan yang baik adalah salah satu keharusan. Keberadaan jalan raya sangat diperlukan untuk kebutuhan sarana transportasi yang dapat menjangkau daerah-daerah terpencil. Pertambahan volume lalu lintas akan mengakibatkan penurunan layanan yang diakibatkan oleh menurunnya kapasitas jalan, sejalan dengan hasil survei/identifikasi yang dilakukan, kerusakan jalan yang terjadi di beberapa daerah saat ini khususnya ruas jalan Pati-Gabus Kabupaten Pati yang menyebabkan kerugian yang cukup besar terutama bagi pengguna jalan, seperti terjadinya kemacetan, kecelakaan lalu lintas, waktu tempuh yang lama dan lain-lain. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mencari alternatif desain perkerasan pada ruas jalan Pati-Gabus, dan menghitung estimasi biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan perkerasan. Pada penelitian ini menggunakan data-data yang diperoleh melalui survey lapangan yang merupakan data primer dan pengumpulan data dari Bidang Bina Marga Kabupaten Pati yang merupakan data sekunder. Hasil penelitian dengan menggunakan metode *Surface Distress Index* (SDI) mendapati bahwa kerusakan pada STA 0+000 sampai 0+200 mengalami kerusakan sedang dan pada STA 0+200 – 1+000 mengalami rusak ringan dan jenis perbaikan yang sesuai dengan melihat kondisi diruas jalan Pati-Gabus adalah pada STA 0+000 sampai 1+000 menggunakan lapis tambah (*overlay*) membutuhkan anggaran sebesar Rp 2.600.000.000, sedangkan pada STA 1+000 sampai STA 2+600 mengalami kerusakan berat dan harus menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) membutuhkan anggaran sebesar Rp 6.341.000.000.

**Kata Kunci:** Kerusakan jalan, Perbaikan jalan, Biaya perkerasan

## 1. PENDAHULUAN

Desain perkerasan jalan yang baik sangat penting karena jalan raya merupakan salah satu infrastruktur penting yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan. (Wiemitoro dan Wilis 2020). Sebagaimana dikemukakan (Hendarsin 2000: 1) adanya jalan raya penting untuk dipergunakan oleh media transportasi untuk menunjang ekonomi karena semakin banyak orang yang menggunakan transportasi untuk sampai ke pelosok daerah. Jalan dengan struktur perkerasan yang kokoh diharapkan dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi penggunanya selain lokasi penghubung. Untuk menghindari kerusakan sebelum umur rencana yang diperkirakan tercapai, pengawasan dan pemeliharaan jalan eksisting secara terus menerus harus dilakukan selain pembangunan jalan baru. (Ana Fu'ana, 2018). Dikarenakan seiring dengan berjalannya waktu dan masa layanan, pada akhirnya kondisi jalan akan mengalami penurunan, baik ditinjau dari tingkat pelayanan maupun kondisi strukturnya.

Kerusakan jalan merupakan suatu kejadian yang mengakibatkan suatu perkerasan jalan menjadi tidak sesuai dengan bentuk perkerasan aslinya, sehingga dapat menyebabkan perkerasan jalan tersebut menjadi rusak, baik secara struktural maupun fungsional. (Yoder, 1975). Sesuai dengan Manual Pedoman Pemeliharaan Jalan, Retakan, distorsi, cacat permukaan, keausan, kegemukan, dan penurunan bekas penanaman utilitas adalah enam kategori rusaknya jalan yang tercantum dalam No. 04/SE/Db/2017 (2017, Dirjen Bina Marga). Ada beberapa cara dalam penanganan kerusakan jalan yaitu, Penanganan kerusakan jalan pada lapisan lentur menggunakan metode perbaikan standar,

perbaikan jalan dengan Overlay, dan metode perbaikan jalan dengan Rigid Pavement (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017).

Dalam penelitian ini Sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berbasis visual yang dikenal dengan metode *Surface Distress Index* (SDI) dapat dijadikan acuan dalam upaya pemeliharaan. Jalan yang perlu disurvei harus dibagi menjadi beberapa segmen sebelum metode SDI dapat digunakan di lapangan. Dengan menjumlahkan semua nilai kerusakan perkerasan jalan yang diketahui, maka nilai kondisi jalan ditentukan berdasarkan nilai masing-masing jenis kerusakan yang ditemukan. Semakin tinggi angka kerusakan kumulatif, semakin buruk kondisi jalan sehingga memerlukan pemeliharaan yang lebih baik. (Yastawan et al., 2021). Skala kinerja jalan yang disebut *Surface Distress Index* (SDI) berasal dari pengamatan visual kerusakan jalan berbasis lapangan. Kondisi retak permukaan jalan (luas total dan lebar retak rerata), kerusakan lain (jumlah lubang per 200 m panjang jalan), dan bekas roda/rutting (kedalaman) merupakan faktor yang mempengaruhi indeks SDI.

Berdasarkan hasil survei/identifikasi yang dilakukan, kerusakan jalan yang terjadi di beberapa daerah saat ini khususnya ruas jalan Pati-Gabus dengan volume lalu lintas yang cukup tinggi sehingga membutuhkan perhatian lebih karena di ruas ini sering dijumpai kemacetan dan kerusakan perkerasan disebabkan gangguan cuaca yang tidak menentu yang ada di Kabupaten Pati maupun dari kendaraan dengan angkutan barang yang berlebih. Berdasarkan hasil laporan kajian pustaka didapatkan bahwa kerusakan yang terjadi diruas jalan Pati-Gabus mengalami kerusakan dengan luas retak diatas 10% sehingga perlu dilakukan perbaikan lapis tambah (*Overlay*) maupun perkerasan kaku (*Rigid Pavement*). Oleh karna itu penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mencari alternatif desain perkerasan pada ruas jalan Pati-Gabus, dan menghitung estimasi biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan perkerasan.

## 2. METODE

### Lokasi penelitian

Lokasi penelitian yang dijadikan objek penelitian ini adalah Ruas Jalan Pati - Gabus dengan panjang jalan 2,6 km. Berdasarkan klasifikasi menurut fungsi jalan, ruas jalan Pati-Gabus dikategorikan jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 mm, ukuran paling tinggi 3.500 mm dan muatan sumbu terberat 8 ton.

### Metode analisis data

Setelah mendapatkan data primer dan sekunder kemudian mengkombinasikan data-data yang diperoleh dari instansi terkait untuk mengidentifikasi jenis kerusakan jalan dan menentukan desain perbaikan yang tepat. Setelah mendapatkan desain perkerasan yang dikehendaki, maka dapat dilanjutkan dengan analisa perhitungan biaya. Berikut merupakan tabel teknik analisa data

**Tabel 1.** Teknik Analisis Data

No	Pembahasan	Metode	Data yang diperlukan		Cara memperoleh data
			Primer	Sekunder	
1	Kondisi Jalan	Survey dengan menggunakan metode SDI	1. Jenis kerusakan jalan 2. Foto dokumentasi selama survey	-	Survey Kerusakan jalan
2	Teknik peningkatan dan penanganan jalan	MDPJ No. 04/SE/Db/2017	-	1. Data LHR 2. Data CBR 3. Data lendutan	Data dari Bidang Bina Marga Kabupaten Pati
3	Analisa biaya	Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum 2022	-	Harga upah, bahan, dan alat	Satuan harga barang dan jasa Kab. Pati

### Tahapan Penelitian

Adapun urutan Tahapan penelitian ini meliputi:

1. Survey pendahuluan,
2. Pengumpulan data primer (Survey Kondisi Jalan) dan Sekunder (LHAR, CBR, Lendutan, Harga satuan)
3. Metode analisis Kerusakan: Metode SDI
4. Analisis Desain Perkerasan (Perbaikan dengan metode *Overlay* dan Perbaikan dengan metode *Rigid Pavement*)
5. Analisis Biaya
6. Hasil analisis dan biaya
7. Kesimpulan dan saran

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengumpulan data primer

Data primer merupakan data yang didapatkan melalui survey secara langsung dilapangan yang mana dilaksanakan pada tanggal 29 Juli 2022 pada Ruas Jalan Pati – Gabus yang mempunyai lebar 4,5 m sampai 6 m, terdiri dari 1 lajur 2 arah yang mana pada STA 0+000 – STA 2+600 ruas jalannya terdapat kerusakan-kerusakan pada bagian permukaan aspal. Berdasarkan hasil survey yang telah dilakukan, maka didapatkan data sebagai berikut:

**Tabel : 2.** Kondisi ruas jalan Pati-Gabus

STA		Panjang Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Lebar Retak (mm)	Bekas Roda (cm)	Jumlah Lubang
Dari	Ke					
0	200	200	6,00	4	< 1	12
200	400	200	5,00	>5	2	11
400	600	200	5,00	>5	2	15
600	800	200	6,00	>5	2	17
800	1000	200	4,50	>5	2	37
1000	1200	200	4,50	4	> 3	56
1200	1400	200	6,00	>5	> 3	51
1400	1600	200	6,00	>5	2	55
1600	1800	200	6,00	>5	> 3	53
1800	2000	200	6,00	>5	2	51
2000	2200	200	6,00	4	2	54
2200	2400	200	6,00	>5	2	55
2400	2600	200	6,00	>5	2	52

Sumber : Survey ruas jalan Pati-Gabus, 2022.

#### Pengumpulan data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan data dari instansi yang berkepentingan dalam hal ini Bidang Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Pati. Data sekunder yang diperlukan yaitu data lalu lintas harian rata-rata, hasil tes cbr lapangan, data lendutan dan harga satuan pekerjaan.

#### Analisis data

Data-data yang telah diperoleh dari hasil survey lapangan maupun diperoleh dari Bidang Bina Marga Kabupaten Pati dianalisis hingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian.

### Kondisi ruas jalan pati-gabus

Untuk mengetahui kondisi ruas jalan Pati-Gabus ditentukan dengan menggunakan metode SDI (Surface Distress Index). Metode SDI merupakan penilaian kondisi jalan secara visual melalui survey kondisi jalan yang menghasilkan nilai SDI. Berikut didapatkan hasil nilai SDI berdasarkan data survey yang telah dilakukan.

**Tabel 3.** Perhitungan nilai SDI.

STA		Retak Luas	Retak Lebar	Jumlah Lubang	Bekas Roda	Nilai SDI	Keterangan
Dari	Ke	(1)	(2)	(3)	(4)		
0	200	20	20	95	98	98	Sedang
200	400	20	40	115	125	125	Rusak Ringan
400	600	20	40	115	125	125	Rusak Ringan
600	800	20	40	115	125	125	Rusak Ringan
800	1.000	20	40	115	125	125	Rusak Ringan
1.000	1.200	20	20	245	265	265	Rusak Berat
1.200	1.400	40	80	305	325	325	Rusak Berat
1.400	1.600	40	80	305	315	315	Rusak Berat
1.600	1.800	20	40	265	285	285	Rusak Berat
1.800	2.000	40	40	265	275	275	Rusak Berat
2.000	2.200	20	40	265	275	275	Rusak Berat
2.200	2.400	20	40	265	275	275	Rusak Berat
2.400	2.600	20	40	265	275	275	Rusak Berat

Sumber : Analisis data primer, 2022.

Berikut contoh perhitungan nilai *Surface Distress Index* (SDI) per STA mengambil unit sampel ruas Jalan Pati – Gabus pada STA 0+200 – STA 0+400.

#### 1. Menentukan Luas Retak (SDI1)

Perhitungan SDI1 dilakukan pada tiap interval 200 m, maka untuk interval jarak tersebut persentase total luas retak yang terjadi pada lapis perkerasan yang di dapat dari survei di lapangan. Nilai total luas retak dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$\% \text{Luas retak} = \frac{P. \text{Retakan} \times L. \text{Retakan}}{P. \text{STA} \times L. \text{Jalan}} \times 100 \quad (1)$$

Jadi total luas retakan yaitu 23,84% Berdasarkan persyaratan SDI, Karena luasan retak 23,84% maka masuk dalam penilaian S 10-30%, sehingga diperoleh nilai SDI1 = 20

#### a) Lebar Retak (SDI2)

Diketahui pada tabel 2 lebar retak pada STA 0+200 – STA 0+400 yaitu >5 mm, maka berdasarkan persyaratan SDI termasuk kedalam kategori sedang, sehingga diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} \text{SDI2} &= \text{SDI1} \times 2 \\ &= 20 \times 2 = 40 \end{aligned}$$

#### b) Jumlah Lubang (SDI3)

Diketahui pada tabel 2 jumlah lubang pada STA 0+200 – STA 0+400 sebanyak 11 lubang, maka termasuk kedalam kategori jumlah lubang 10-50/200 meter, sehingga diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} \text{SDI3} &= \text{SDI2} + 75 \\ &= 40 + 75 = 115 \end{aligned}$$

#### c) Dalam Bekas Roda (SDI4)

Diketahui pada tabel 2 kedalaman bekas roda pada STA 0+200 – STA 0+400 yaitu 2 cm, maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} \text{SDI4} &= \text{SDI3} + 5 \times X \text{ (dengan } X=2) \\ &= 115 + (5 \times 2) = 125 \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan Persyaratan SDI, maka kondisi jalan pada STA 0+200 – STA 0+400 termasuk dalam kondisi rusak ringan.

**Jenis perbaikan di ruas jalan pati-gabus**

Kategori jenis kerusakan jalan ditentukan dengan metode perhitungan nilai SDI. Analisa perhitungan nilai SDI pada STA 0+000 - STA 0+200 mengalami kerusakan sedang, pada STA 0+200 - STA 1+000 mengalami kerusakan ringan, dan pada STA 1+000 - STA 2+600 mengalami kerusakan berat. Maka dapat diambil langkah perbaikan ruas jalan Pati-Gabus pada STA 0+000 - STA 1+000 menggunakan jenis perbaikan lapis tambah (*overlay*), sedangkan pada STA 1+000 - STA 2+600 menggunakan jenis perbaikan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Berikut perhitungan perencanaan perbaikan *overlay* dan *rigid pavement*.

**Perencanaan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*)**

Terdapat beberapa tahapan dalam merencanakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu menganalisis data lalu lintas, menentukan struktur pondasi, menentukan tebal perkerasan kaku, serta perhitungan dowel dan tie bar.

**Analisis lalu lintas**

Analisis Lalu Lintas dilakukan sebelum perencanaan perkerasan dan desain tebal perkerasan. Untuk perkerasan kaku maka dilakukan perhitungan kumulatif jumlah kelompok sumbu kendaraan berat yang melewati ruas jalan Pati-Gabus sesuai dengan umur rencana (20 tahun). Untuk menganalisis lalu lintas ruas jalan Pati-Gabus dapat dilihat pada tabel 4.2.

Setelah dilakukan analisis lalu lintas maka dapat dilakukan pemilihan tipe perkerasan, tipe perkerasan dilakukan dengan acuan perhitungan CESA4 (Cumulative Equivalent Standart Axle) pangkat 4, seperti tabel dibawah ini :

**Tabel 4.** Perhitungan CESA<sub>4</sub>.

No	Jenis Kendaraan	LHR 2022	LHR 2025	LHR 2027	VDF 4 Beban Aktual	VDF 4 Normal	ESA4 ('25 - '27)	ESA4 ('27 - '45)
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Kendaraan Ringan	5730	6352,9534	6805,4425	-	-	-	-
2	5B	42	46,566151	49,882825	1	1	16999,61944	164353,4894
3	6A	134	148,5682	159,14996	0,55	0,55	29830,28458	288401,2421
4	6B	249	276,07075	295,73389	5,3	4	534152,3279	3897525,606
							CESA4 ('25 - '45)	4931262,569

sumber: Analisis data, 2022.

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai CESA<sub>4</sub> dengan umur rencana 20 tahun adalah 4.931.262,569 yang selanjutnya akan dianalisis dengan menggunakan Tabel 4.11 sesuai dengan Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017.

**Tabel 5.** Pemilihan tipe perkerasan.

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 - 0,5	0,1 - 4	> 4 - 10	> 10 - 30	> 30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR ≥ 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A		1,2	-	-	-

Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi 2017

Tabel 5 dengan nilai CESA<sub>4</sub> sebesar 4.931.262,569 dianalisis dengan tabel 6 sehingga termasuk dalam kategori struktur perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR ≥ 2,5%), maka dapat diambil kesimpulan bahwa tipe perencanaan menggunakan jenis perkerasan kaku. Untuk menentukan tebal perkerasan kaku maka perlu dilakukan perhitungan kumulatif jumlah kelompok sumbu kendaraan yang mana disajikan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 6.** Perhitungan kumulatif jumlah kelompok sumbu kendaraan niaga.

No.	Jenis Kendaraan	LHR 2022	LHR 2025	Kel. Sumbu	Kel. Sumbu 2025	Jumlah Kelompok Sumbu Kend. Niaga 2025 - 2045
0	1	2	3	4	5	6
1.	Bus Kecil (5A)	16	18	2	36	263675,6477
2.	Bus Besar (5B)	42	47	2	94	688486,4135
3.	Truk 2 Sumbu 4 Roda (6A)	134	149	2	298	2182648,417
4.	Truk 2 Sumbu 6 Roda (6B)	249	277	2	554	4057675,246
			Kumulatif Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga			3134816,479

Sumber : Analisis data, 2022

Dari Perhitungan Tabel 4.12, maka didapatkan Kumulatif Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Berat sebesar 3.134.816,479.

a. Struktur Fondasi (Lapisan Penopang)

Berdasarkan tabel 4.3, tabel 4.4 dan tabel 4.5 kondisi CBR di lapangan ditentukan dengan pengujian DCP dan hasil pengujian memenuhi spesifikasi yaitu > 6% dan di existing jalan sudah terdapat perkerasan lama, sehingga dalam hal ini tidak diperlukan lapis penopang.

b. Penentuan Tebal Perkerasan Kaku

Pada saat penentuan tebal perkerasan, acuan yang dipakai yaitu bagan desain 4 pada Manual Desain Perkerasan Bina Marga revisi 2017.

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat ( <i>overloaded</i> ) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

**Gambar 2.** Bagan desain perkerasan kaku dengan beban lalu lintas berat.

Dari Bagan desain diatas, dan dengan nilai kumulatif jumlah kelompok sumbu kendaraan berat sebesar 3.134.816,479 maka diperoleh hasil ketebalan sebagai berikut :

- Tebal Plat Beton : 265 mm (Dibulatkan 300mm)
- Lapis Fondasi LMC : 100 mm
- Lapis Drainase (LPA) : 150 mm
- Dowel : Perlu
- Tie Bar : Perlu

Pada perhitungan dowel dan tie bar tetap menggunakan Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003, sesuai yang tertulis pada Manual Desain Perkerasan Bina Marga revisi 2017.

**Tabel 7.** Ketentuan diameter dowel berdasarkan tebal plat beton.

No	Tebal Plat Perkerasan (mm)	Dowel		
		Diameter (mm)	Panjang (mm)	Jarak (mm)
1	150	19	450	300
2	175	25	450	300
3	200	25	450	300
4	225	32	450	300
5	250	32	450	300
6	275	32	450	300
7	300	38	450	300
8	325	38	450	300
9	350	38	450	300

Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003.*

Berdasarkan perhitungan tebal perkerasan kaku yaitu 300 mm, dapat dianalisis kedalam tabel 4.13 sehingga didapatkan diameter dowel 38 mm (polos) dengan panjang 450 mm, jarak 300 mm dan diameter tie bar 16 mm (ulir) dengan panjang 700 mm jarak 750 mm.

### Perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*)

Berdasarkan Tabel 4.6, untuk menentukan tebal lapis tambah diketahui data sebagai berikut.

$$\text{Drata-rata} = 1,1302 \text{ mm}$$

$$\text{Dwakil} = 1,3491 \text{ mm}$$

$$\text{SD} = 0,1327$$

$$\text{Drencana} = 22,208 \times \text{CESA} (-0,2307)$$

$$= 22,208 \times (4,9 \times 106) (-0,2307)$$

$$= 0,63 \text{ mm}$$

Maka dapat ditentukan tebal lapis tambah dihitung sebagai berikut:

$$H_o = \{ \text{Ln} (1,0364) + \text{Ln} (\text{Dwakil}) - \text{Ln} (\text{Drencana}) \} / 0,0597$$

$$= \{ \text{Ln} (1,0364) + \text{Ln} (1,3491) - \text{Ln} (0,63) \} / 0,0597$$

$$= 13,3 \text{ cm}$$

Dari hasil tersebut, tebal lapis tambah (*overlay*) yang digunakan adalah 13 cm yang terdiri dari AC-WC 5 cm dan AC-BC 8 cm sesuai dengan Tabel Desain Perkerasan Lentur – Aspal 04/SE/Db/2017, untuk lapis aus AC-WC yang diijinkan minimum 4 cm dan untuk lapis permukaan antara AC-BC diijinkan minimum 6 cm.

### Analisis biaya

Perencanaan lapis tambah (*overlay*) dilaksanakan di ruas jalan Pati-Gabus pada STA 0+000 – STA 1+000, sedangkan pada STA 1+000 - STA 2+600 dilaksanakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang mana perencanaan tersebut membutuhkan anggaran biaya. Besarnya biaya pelaksanaan suatu proyek dapat dihitung dari analisis harga satuan pekerjaan. Untuk melakukan analisis ini diperlukan harga satuan dasar tenaga, bahan, dan peralatan yang sesuai dengan kondisi di lokasi proyek.

**Tabel 8.** Rekapitulasi RAB perbaikan *overlay*

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)
1	Umum	32.000.000
2	Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)	48.300.000
7	Perkerasan Aspal	2.248.602.942
9	Pekerjaan Harian	34.612.579
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan ( termasuk Biaya Umum dan Keuntungan )	2.363.515.521
(B)	Pajak Pertambahan Nilai ( PPN ) = 10% x (A)	236.351.552
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	2.599.867.073
(D)	JUMLAH TOTAL DIBULATKAN	2.600.000.000
Terbilang: Dua Milyar Enam Ratus Juta Rupiah		

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 9.** Rekapitulasi RAB perbaikan *rigid pavement*.

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)
1	Umum	32.000.000
2	Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)	48.300.000
6	Perkerasan Berbutir	1.654.475.273
8	Struktur	4.517.461.403,22
9	Pekerjaan Harian & pekerjaan lain-lain	42.328.759
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan ( termasuk Biaya Umum dan Keuntungan )	6.294.565.435
(B)	Pajak Pertambahan Nilai ( PPN ) = 10% x (A)	629.456.543
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	6.924.021.978
(D)	JUMLAH TOTAL DIBULATKAN	6.925.000.000
Terbilang: Enam Milyar Sembilan Ratus Dua Puluh Lima Juta Rupiah		

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel diatas, setelah dilakukan analisa harga satuan pekerjaan *overlay* yang diperlukan sebesar Rp 2.600.000.000 (Dua Milyar Enam Ratus Juta Rupiah). Sedangkan untuk perbaikan *Rigid Pavement* dilakukan analisa harga satuan pekerjaan diperlukan sebesar Rp 6.925.000.000 (Enam Milyar Sembilan Ratus Dua Puluh Lima Juta Rupiah).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil analisis selama penelitian dilakukan, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Berdasarkan perhitungan nilai SDI kondisi ruas jalan Pati-Gabus pada STA 0+000 - 0+200 mengalami kerusakan sedang dengan nilai SDI 98, pada STA 0+200 - 1+000 mengalami kerusakan ringan dengan nilai SDI 125 dan Pada STA 1+000 sampai 2+600 mengalami kerusakan berat dengan nilai SDI lebih dari 150.
2. Jenis perbaikan yang sesuai dengan melihat kondisi diruas jalan Pati-Gabus adalah pada STA 0+000 sampai 1+000 menggunakan lapis tambah (*overlay*) karena berdasarkan perhitungan nilai SDI termasuk kedalam rusak ringan sehingga cukup menggunakan perbaikan *overlay*, adapun struktur perkerasan yang direncanakan untuk lapis tambah (*Overlay*) yaitu ACWC 5cm dan ACBC 8 cm, sedangkan pada STA 1+000 sampai STA 2+600 menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) karena berdasarkan perhitungan nilai SDI termasuk kedalam rusak berat sehingga perlu dilakukan perbaikan *rigid pavement*, adapun struktur perkerasan yang direncanakan untuk perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) yaitu tebal plat beton 30 cm, lapis LMC 10 cm, lapis pondasi agregat kelas A 15 cm, dowel polos 3,8 cm dengan jarak 30 cm, dan *tie bar* ulir 1,6 cm dengan jarak 75 cm.
3. Total biaya untuk merencanakan perbaikan jalan diruas jalan Pati-Gabus sepanjang 2600 meter dengan menggunakan jenis perbaikan lapis tambah (*overlay*) membutuhkan anggaran sebesar Rp 2.600.000.000, sedangkan untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) membutuhkan anggaran sebesar Rp 6.925.000.000.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ana Fu'ana. 2018. Analisis Perbaikan Perkerasan Pada Ruas Jalan Kedungcino-Bandengan Kecamatan Jepara Dengan Perkerasan Kaku. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). No. 02/M/BM/2017-Manual Desain Perkerasan Jalan. 02.
- [3] Hendarsin, Shirley L. 2000. Perencanaan Teknik Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum.
- [4] KemenPUPR. (2003). Pd-T-14-2003 : Pedoman Perkerasan Jalan Beton.
- [5] Pd T-14-2003, tentang perencanaan perkerasan jalan beton
- [6] Yastawan, I. N., Wedagama, D. M. P., & Ariawan, I. M. A. (2021). Penilaian Kondisi Jalan Menggunakan Metode Sdi (Surface Distress Index) Dan Inventarisasi Dalam Gis (Geographic Information System) Di Kabupaten Klungkung. Jurnal Spektran, 9(2), 181.
- [7] Wiemintoro, W., & Wilis, G. R. (2020). Tebal Perkerasan Lentur Jalan Dengan Menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987 Pada Ruas Jalan Banjaran

## **PENERAPAN JOB SAFETY ANALYSIS (JSA) DALAM MENGANALISA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PADA PROYEK PEMBANGUNAN**

\*Eko Muliawan Satrio<sup>1</sup> Kartono Wibowo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung, Kota Semarang

\*)Email: ekomsatrio@unissula.ac.id

### **ABSTRACT**

*In a development project there is Occupational Safety and Health (K3) both in planning, implementing and maintaining work. One of the efforts to reduce the risk and danger of work accidents is by applying safety management techniques, namely using Job Safety Analysis (JSA) to support safe and efficient work procedures. The purpose of this research is to analysis the implementation of Occupational Safety and Health (K3) implementation activities with the Job Safety Analysis (JSA) method. Collecting data in this study through the distribution of questionnaires, direct observations and interviews with contractors as service providers, construction management consultants, sub.contractors and foremen in the construction project of the Integrated Science Olympiad Laboratory of MAN 2 Kudus. Data analysis techniques using qualitative methods generally use tabulation of research characteristic through descriptive scales such as high, medium and low. The results of this research explain that the validity test of all variables in proven valid, while for the reliability test all variables are proven to be reliable and the value of the Relative Interest Index (IKR) data obtained with the "important" factor. So it can be concluded that the efforts to control Occupational Health and Safety (K3) on "important" projects are applied and affect project performance.*

**Keyword:** Occupational Health and Safety (K3), Job Safety Analysis (JSA), IKR

### **ABSTRAK**

Pada proyek pembangunan harus memperhatikan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) baik dalam perencanaan, pelaksanaan dan pemeliharaan pekerjaan. Salah satu upaya untuk mengurangi risiko dan bahaya terjadinya kecelakaan kerja dengan cara penerapan teknik manajemen keselamatan yaitu menggunakan Job Safety Analysis (JSA) untuk mendukung prosedur kerja yang aman dan efisien. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis penerapan kegiatan pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan metode Job Safety Analysis (JSA). Pengumpulan data dalam penelitian ini melalui penyebaran kuesioner, pengamatan langsung dan wawancara kepada kontraktor sebagai penyedia jasa, konsultan manajemen konstruksi, sub. kontraktor serta mandor di proyek pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus. Teknik analisis data menggunakan metode kualitatif pada umumnya menggunakan tabulasi sifat karakteristik penelitian melalui skala deskriptif seperti tinggi, sedang dan rendah. Hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa, uji validitas semua variabel terbukti valid sedangkan untuk uji reabilitas semua variabel terbukti realibel dan nilai Indeks Kepentingan Relative (IKR) data yang didapatkan dengan faktor "penting". Sehingga dapat disimpulkan upaya pengendalian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proyek "penting" diterapkan dan berpengaruh terhadap kinerja proyek.

**Kata Kunci:** Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), metode Job Safety Analysis (JSA), IKR

### **1. PENDAHULUAN**

Pada pelaksanaan proyek membutuhkan rencana kerja sebagai pedoman dalam kegiatan jadwal kerja sebagai pengatur urutan kerja, tenaga kerja ini sebagai orang pekerja dan rencana anggaran biaya sebagai jumlah biaya secara keseluruhan maupun biaya yang dirinci dalam proyek [1]. Tahap pelaksanaan dalam penyedia jasa konstruksi memerlukan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta metode pekerjaan yang digunakan untuk mencapai tujuan proyek pembangunan [2]. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan upaya pencegahan maupun perlindungan bagi setiap para pekerja yang berhubungan dengan penggunaan alat kerja, bahan baku dan proses produksi atau proses pengerjaan di lingkungan tempat kerja untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja [3]. Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam kegiatan konstruksi pembangunan, upaya untuk menciptakan suasana lingkungan kerja yang aman, nyaman dan sehat bagi tenaga kerja [4].

Salah satu upaya untuk mengurangi risiko dan bahaya terjadinya kecelakaan kerja dengan cara penerapan teknik manajemen keselamatan yaitu menggunakan Job Safety Analysis (JSA) untuk mendukung prosedur kerja yang aman dan efisien [5]. Job Safety Analysis (JSA) adalah sebagai sarana untuk meninjau metode dan mengidentifikasi praktik kerja yang tidak aman serta mengambil tindakan korektif [6].

## 2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian proyek pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus terletak di Jalan Prambanan Kidul, Kudus, Jawa Tengah yang berada di depan Asrama Madrasah Aliyah Negeri 2 Kudus. Di bawah ini merupakan peta yang menunjukkan lokasi penelitian :



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian [7].

Secara umum, Kabupaten Kudus berlokasi di Jawa Tengah yang terbagi menjadi 9 kecamatan, 123 desa dan 9 kelurahan. Selain itu, Kabupaten Kudus dikenal sebagai penghasil rokok serta sejarahnya yang tidak lepas dari Sunan Kudus dan Sunan Muria. Adanya bangunan peninggalan dari Sunan Kudus berupa Masjid Menara Kudus yang sampai saat ini menjadi ikonik Kabupaten Kudus. Letak garis astronomis antara 1100 36' dan 1100 50' Bujur Timur dan 60 51' dan 70 16' Lintang Selatan. Batas administrasi wilayah terdiri dari sebelah Utara : Kabupaten Jepara, Timur : Kabupaten Pati, Selatan : Kabupaten Grobogan dan Kabupaten Demak, Barat : Kabupaten Demak [8].

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari wawancara dan penyebaran kuesioner. Wawancara yang bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus dan data sekunder diperoleh dari penyebaran kuesioner bertujuan memberikan pertanyaan yang telah diajukan yang nantinya dibandingkan antara sistem Job Safety Analysis (JSA) dengan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta kontraktor di lapangan.

Data yang diperoleh dari hasil wawancara dan penyebaran kuesioner dari beberapa *stake holder* yang ada pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus, kemudian dianalisis dengan cara membandingkannya pada buku pedoman. Data sekunder dalam penelitian ini meliputi rencana pelaksanaan metode Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), pengumpulan kajian literatur yang diperoleh sesuai dengan ketentuan yang telah dikeluarkan Job Safety Analysis (JSA). Teknik analisis data menggunakan metode kualitatif pada umumnya menggunakan tabulasi sifat karakteristik penelitian melalui skala deskriptif seperti tinggi, sedang dan rendah. Hasil dari analisis kualitatif berbentuk matriks risiko dengan dua parameter yaitu peluang dan akibat.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Validitas Data

Uji validitas digunakan untuk mengukur valid atau tidaknya suatu kuesioner [9]. Uji validitas dapat diperoleh dengan melihat  $r$  hitung dan  $r$  tabel, maka pertanyaan tersebut dapat dikatakan valid. Berikut ini tabel yang menunjukkan uji validitas lebih detail:

**Tabel 1.** Hasil Uji Validitas

Variabel	Item	R Hitung	R Tabel	Keterangan
Analisis Perencanaan K3	X1	0,637	0,334	Valid
	X2	0,457	0,334	Valid
	X3	0,618	0,334	Valid
	X4	0,498	0,334	Valid
	X5	0,679	0,334	Valid

	X6	0,650	0,334	Valid
	X7	0,685	0,334	Valid
	X8	0,666	0,334	Valid
	X9	0,579	0,334	Valid
	X1	0,681	0,334	Valid
	X2	0,643	0,334	Valid
	X3	0,805	0,334	Valid
	X4	0,732	0,334	Valid
	X5	0,809	0,334	Valid
Analisis	X6	0,349	0,334	Valid
Pelaksanaan K3	X7	0,345	0,334	Valid
	X8	0,363	0,334	Valid
	X9	0,590	0,334	Valid
	X10	0,736	0,334	Valid
	X11	0,630	0,334	Valid
	X12	0,719	0,334	Valid
Analisis	X1	0,590	0,334	Valid
Pemeriksaan dan	X2	0,815	0,334	Valid
Tindakan	X3	0,615	0,334	Valid
Perbaikan K3	X4	0,704	0,334	Valid
	X5	0,715	0,334	Valid

Berdasarkan hasil pada tabel di atas, hasil uji validitas menunjukkan nilai  $r$  hitung untuk semua variabel penelitian >  $r$  tabel (0,344). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa data kuesioner tersebut valid.

### Hasil Uji Reabilitas

Uji reliabilitas dapat digunakan sebagai alat ukur suatu kuesioner yang indikatornya dari variable [10]. Kuesioner dikatakan reliabel apabila jawaban seseorang terhadap pertanyaan yaitu konsisten atau stabil. Sedangkan ntuk dapat mengukur reliabilitas dapat digunakan uji *statistic Alpha cronbach*. Suatu variabel dikatakan reliabel apabila memberikan nilai *Alpha cronbach* lebih dari 0,60.

**Tabel 2.** Hasil Uji Reliabilitas

Variabel	Cronbach	Keterangan
Analisis Perencanaan K3	0,776	Reliabel
Analisis Pelaksanaan K3	0,836	Reliabel
Analisis Pemeriksaan dan Tindakan Perbaikan K3	0,722	Reliabel

Berdasarkan hasil pada tabel di atas, hasil uji reliabilitas menunjukkan nilai *Alpha Cronbach* instrument untuk semua variabel penelitian memiliki nilai *Alpha Cronbach* > 0,60. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa instrumet pada penelitian ini adalah reliabel dan layak untuk digunakan.

### Analisis Data Kuesioner Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan Indeks Kepentingan Relatif (IKR)

Berikut contoh perhitungan Indeks Kepentingan Relatif (IKR) menggunakan Persamaan 2, sebelumnya harus mencari bobot menggunakan Persamaan. 1 terlebih dahulu dapat dilihat pada Table 3.

**Tabel 3.** Contoh Perhitungan Indeks Kepentingan Relatif

Penilaian Kepentingan				Jumlah
ST	TS	S	S	Responden
-	3	22	10	35

keterangan :

- STS : Sangat Tidak Setuju
- TS : Tidak Setuju
- S : Setuju
- SS : Sangat Setuju

- PK : Penilaian Kuesioner
- B : Bobot
- IKR : Indeks Kepentingan Relatif

$$\begin{aligned} &\text{Jumlah penilaian kuesioner} \\ &= (TS \times 2) + (S \times 3) + (SS \times 4) \\ &= (3 \times 2) + (22 \times 3) + (10 \times 4) \\ &= 112 \end{aligned}$$

$$\text{Bobot} = \frac{\text{Jumlah Penilaian Kuesioner}}{\text{Jumlah Responden}} \dots\dots\dots (1)$$

$$= \frac{112}{35} = 3,2$$

$$\text{IKR} = \frac{\text{Bobot}}{\text{Faktor Pertanyaan}} \dots\dots\dots (2)$$

$$= \frac{3,2}{4} = 0,8$$

Jadi nilai IKR pada pertanyaan 1 komitmen dan kebijakan K3 adalah 0,8. artinya IKR 0,8 – 0,99 maka penerapan dan kebijakan K3 pada lingkungan proyek pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus **sangat penting** dilakukan dan dilaksanakan dengan baik agar dapat mewajibkan keamanan dan keselamatan kerja di lingkungan proyek ataupun pengguna jalan lalu lintas yang melewati kawasan proyek tersebut.

### Analisis K3

Data yang diperoleh dari penyebaran kuesioner mengenai Analisis Perencanaan K3 untuk menentukan seberapa sangat penting atau penting dari analisa perencanaan K3, dapat dilihat lebih rinci pada Tabel 4 dibawah ini:

**Tabel 4.** Analisis Perencanaan K3

No	Perencanaan K3	IKR	Keterangan Kepentingan
1	Manajemen perusahaan bertanggungjawab atas kinerja K3	0,800	Sangat Penting
2	Manajemen perusahaan menyediakan anggaran dana yang diperlukan dibidang K3	0,793	Penting
3	Manajemen perusahaan menyediakan tenaga yang berkualitas dan sarana – sarana yang diperlukan dibidang K3	0,821	Sangat Penting
4	Penyediaan personil yang mempunyai kompetensi dalam melakukan identifikasi, penilaian dan pengendalian potensi bahaya di lingkungan kerja	0,814	Sangat Penting
5	Perusahaan melakukan penilaian kinerja dan tindak lanjut pelaksanaan K3	0,750	Penting
6	Perencanaan K3 tekoordinasi dengan baik	0,779	Penting
7	Perusahaan memiliki kebijakan tertulis tentang K3	0,786	Penting
8	Kebijakan K3 dikonsultasikan dengan tenaga kerja	0,800	Sangat Penting
9	Pengurus menjelaskan peraturan perundang – undangan persyaratan lainnya kepada pekerja	0,757	Penting
	Rata-rata	0,789	Penting

Dari analisa diatas diperoleh analisis perencanaan K3 pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus sangat penting sampai dengan Penting dilaksanakan dengan benar agar tercipta berjalan K3 dengan baik. Data yang diperoleh dari penyebaran kuesioner mengenai Analisis Pelaksanaan K3 untuk menentukan seberapa sangat penting atau penting dari analisa pelaksanaan K3 dapat dilihat pada Tabel 5. Dibawah ini:

**Tabel 5.** Analisis Pelaksanaan K3

No	Pelaksanaan K3	IKR	Keterangan Kepentingan
1	Pemeriksaan kesehatan pekerja secara berkala setiap tahun	0,793	Penting
2	Rambu – rambu mengenai keselamatan dipasang dengan jelas	0,807	
3	Pekerja diberi arahan tentang bagaimana menggunakan APD secara benar dan memelihara APD sehingga selalu dalam kondisi layak pakai	0,814	Sangat Penting

No	Pelaksanaan K3	IKR	Keterangan Kepentingan
4	Alat pelindung diri yang berkualitas telah disediakan	0,757	Penting
5	Sosialisasi informasi cara penggunaan bahan, alat dan mesin yang digunakan mengenai identifikasi, penilaian dan pengendalian risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja	0,75	Penting
6	Petugas yang kompeten telah mengidentifikasi dan menilai bahaya risiko K3 yang berkaitan dengan operasi	0,679	Penting
7	Pekerja selalu diberi arahan tentang bagaimana mengidentifikasi bahaya yang mengancam pada saat bekerja dan bagaimana mengantisipasi terjadinya insiden	0,657	Penting
8	Menyelenggarakan pelatihan sesuai kebutuhan program K3	0,664	Penting
9	Perusahaan memberikan reaksi yang cepat dan tepat terhadap kondisi yang menyimpang	0,779	Penting
10	Melakukan pengecekan alat kerja yang akan digunakan sebelum pekerjaan dimulai	0,771	Penting
11	Melakukan pengaturan lalu lintas saat pekerja berlangsung	0,757	Penting
12	Informasi K3 dikomunikasikan dengan tenaga kerja	0,764	Penting
	Rata-rata	0,749	Penting

Dari analisa pada Tabel 5 diperoleh Perencanaan K3 pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus adalah Penting dilaksanakan.

Selanjutnya data yang diperoleh dari penyebaran kuesioner mengenai Analisis Pemeriksaan dan Tindakan Perbaikan K3 untuk mengetahui seberapa sangat penting atau penting dari analisis pemeriksaan dan tindakan perbaikan K3, dapat dilihat lebih rinci pada Tabel 6 sebagai berikut:

**Tabel 6.** Analisis Pemeriksaan dan Tindakan Perbaikan K3

No	Pelaksanaan K3	IKR	Keterangan Kepentingan
1	Pengawasan yang dilakukan petugas berwenang untuk menjamin pekerjaan dilaksanakan secara aman dan mengikuti setiap prosedur kerja yang ditetapkan	0,736	Penting
2	Catatan inspeksi dan pemantauan terpelihara dengan baik	0,679	
3	Pelaporan informasi yang terkait dengan identitas sumber bahaya, kinerja K3 dan kecelakaan kerja	0,779	Penting
4	Mengawasi pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan SOP pelaksanaan program K3	0,757	Penting
5	Perbaikan dan pencegahan dilaksanakan berdasarkan hasil temuan	0,757	Penting
	Rata-rata	0,741	Penting

Dari analisa pada Tabel 6 diperoleh data mengenai Pemeriksaan dan Tindakan Perbaikan K3 pada Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus adalah Penting dilaksanakan agar tindakan perbaikan K3 terlaksana. Jadi secara keseluruhan Analisa Perencanaan K3, Pelaksanaan K3 serta Pemeriksaan dan Tindakan Perbaikan K3 penting dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dibahas pada bab – bab sebelumnya didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis pekerjaan yang menimbulkan potensi kecelakaan kerja berdasarkan metode Job Safety Analysis yaitu pekerjaan tanah, pekerjaan pasangan, pekerjaan beton, pekerjaan kusen dan daun pintu, pekerjaan rangka atap dan penutup atap, pekerjaan langit – langit, pekerjaan penutup lantai.
2. Tingkat kepentingan pada perencanaan kerja K3 pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus yaitu sebagai tingkat kategori “penting”, maka diperoleh nilai rata ratanya (mean) 0,789 dapat dilaksanakan pada proyek.
3. Tingkat kepentingan pada pelaksanaan kerja K3 pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus yaitu sebagai tingkat kategori “penting”, maka diperoleh nilai rata – ratanya (mean) 0,749 dapat diterapkan pada proyek.

4. Tingkat kepentingan pada pemeriksaan dan tindakan perbaikan K3 pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN 2 Kudus yaitu sebagai tingkat kategori “penting”, maka diperoleh nilai rata – ratanya (mean) 0,741 dapat diterapkan pada proyek .

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Umam, S. dan N. (2021). *Analisis Kinerja Waktu Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Performance Intensit*. 4(1).
- [2] Indriaty, J., Mandagi, A. R. J. M., Tjakra, J., & Sibi, M. (2014). Kajian Peranan Pengelola Proyek Dalam Menyelenggarakan Proyek Pada Tahap Pelaksanaan. *Jurnal Sipil Statik*, 2(2), 94–106.
- [3] Redjeki, S. (2016). *Kesehatan dan Keselamatan Kerja* (Pertama; Aris Suryana dan Adang Sutisno, ed.). Jakarta Selatan: Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia.
- [4] Fauzi, A. S. (2009). Job Safety Analysis Sebagai Langkah Awal Dalam Upaya Pencegahan Terjadinya Kecelakaan Akibat Kerja Di Area Attachment Fabrication PT. Sanggar Sarana Baja Jakarta Timur. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 23(1), 77–100. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.qref.2017.01.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024>
- [5] Hadi, S., & Anwar, S. (2018). Proyek Analisis Manajemen Pelaksanaan Proyek Pembangunan Laboratorium Fakultas Ekonomi UNSOED. *Konstruksi*, VII(2), 111–117.
- [6] Radite, P., & Fahma, F. (2015). Implementasi Metode Job Safety Analysis dan Risk Assessment di Gudang Bahan Baku PT. XYZ, tbk. *Prosiding Seminar Nasional Industrial Engineering Conference*, (2010), 137–142.
- [7] <https://web.man2kudus.sch.id/man-2-kudus-godigital/>
- [8] [https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten\\_Kudus](https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Kudus)
- [9] Azwar, Saifuddin, 1986. Reliabilitas dan Validitas. Yogyakarta : Penerbit Liberty
- [10] Sudipta, I. (2013). Studi Manajemen Proyek Terhadap Sumber Daya Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Pembangunan Villa Bali Air). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17(1), 73–83

## ANALISA PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU METODE KONSTRUKSI *TOP-DOWN* DAN *BOTTOM-UP* PADA PEKERJAAN BASEMENT GEDUNG TENTREM SEMARANG

\* Sabdo Tri Manggolo<sup>1</sup>, Antonius<sup>2</sup>, Kartono Wibowo<sup>3</sup>,  
<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang  
<sup>\*)</sup> Email: sabdomanggolo@gmail.com

### ABSTRACT

*Tentrem Semarang Building is one of the tallest buildings in Semarang with 4 basement floors and 17 top floors. The construction of basements in high-rise buildings is currently being carried out a lot, one of the factors is due to the limited land to be built, in general, the construction of basements is used for parking lots. The basement to be built has different depths and conditions, so it takes the right method according to the conditions in the field. There are 2 methods for implementing basement construction, namely bottom-up and top-down. In the basement structure work of the existing Tentrem Semarang Building construction project, the basement construction used the bottom-up construction method. In this study, the method will be modified using the top-down construction method. Information regarding work methods, worker productivity was obtained by interviewing field supervisors from the owner, interviews with supervisors from the main contractor and direct field observations. Calculation of costs and time is carried out by analyzing the capacity and productivity of labor and heavy equipment, comparing the normal time with the time after changes in construction methods. The results of the modification of the construction method using the top-down construction method for the basement structure of the Tentrem Semarang Building project took 510 days to complete and cost IDR 205,059,861,826. Whereas for the bottom-up method it takes 685 days with a total cost of IDR 253,609,405,225. The application of the Top-Down method to the implementation of the basement structure of the Tentrem Semarang building project is more effective and efficient than the implementation of the Bottom-Up method and produces a time effectiveness value of 25.55% and a cost efficiency of 19.14% compared to the Bottom-Up method.*

**Keyword:** *bottom-up, top-down, basement, implementation method, cost, time*

### ABSTRAK

Abstrak Gedung Tentrem Semarang merupakan salah satu gedung tinggi di Semarang dengan 4 lantai basement dan 17 lantai atas. Pembangunan basement pada gedung bertingkat saat ini sangat banyak dilakukan salah satu faktornya karena terbatasnya lahan yang akan dibangun, pada umumnya pembangunan basement difungsikan untuk lahan parkir. Basement yang akan dibangun memiliki kedalaman dan kondisi yang berbeda-beda, sehingga dibutuhkan metode yang tepat sesuai dengan kondisi di lapangan. Metode untuk pelaksanaan pembangunan basement terdapat 2 cara, yaitu bottom-up dan top-down. Pada pekerjaan struktur basement proyek pembangunan Gedung Tentrem Semarang eksisting pembangunan basement digunakan metode konstruksi bottom-up. Pada penelitian ini metode tersebut akan di modifikasi menggunakan metode konstruksi top-down. Informasi mengenai metode kerja, produktivitas pekerja ini didapat dengan wawancara pihak pengawas lapangan dari pihak owner, wawancara dengan supervisor dari kontraktor utama dan pengamatan langsung di lapangan. Perhitungan biaya dan waktu dilakukan dengan menganalisa kapasitas dan produktivitas tenaga kerja dan alat berat, membandingkan waktu normal dengan waktu setelah perubahan metode konstruksi. Hasil dari modifikasi metode konstruksi dengan menggunakan metode konstruksi top-down pada pekerjaan struktur basement proyek Gedung Tentrem Semarang ini membutuhkan waktu pelaksanaan selama 510 hari dan menghabiskan biaya sebesar Rp 205.059.861.826. Sedangkan untuk metode bottom-up dibutuhkan waktu selama 685 hari dengan total biaya Rp 253.609.405.225. Penerapan metode *Top-Down* pada pelaksanaan struktur basement proyek gedung Tentrem Semarang lebih *efektif dan efisien* dibanding pelaksanaan dengan metode *Bottom-Up* dan menghasilkan nilai *efektivitas* waktu sebesar **25,55%** dan *efisiensi* biaya **19,14%** dibanding metode *Bottom-Up*.

**Kata kunci:** *bottom-up, top-down, basement, metode pelaksanaan, biaya, waktu*

### 1. PENDAHULUAN

Mengingat pesatnya perkembangan bangunan basement/ bawah tanah disertai dengan semakin terbatasnya lahan, pekerjaan galian dalam di perkotaan menjadi semakin banyak dengan dimensi yang semakin besar maka mempertimbangkan dampak lingkungan selama proses konstruksi menjadi semakin penting. Penggalian yang dalam berdampak signifikan terhadap tekanan tanah dan berakibat pada deformasi tanah disekitarnya. Ketika pekerjaan galian basement dilakukan di tengah pemukiman, dekat dengan bangunan atau fasilitas bawah tanah maka memilih metode konstruksi yang tepat menjadi sangat penting untuk menjaga agar layanan dan fasilitas bangunan yang dekat dengan lokasi penggalian tidak terganggu.

Metode yang seringkali digunakan dalam pekerjaan basement adalah metode bottom-up yaitu dengan melakukan penggalian tanah sesuai dengan kedalaman rencana sekaligus pekerjaan perkuatan tebing galian baru dilakukan pekerjaan konstruksi pondasi sampai ke atap gedung.

Selain itu metode *top-down* juga sudah dikembangkan dan mulai diterapkan pada proyek konstruksi bangunan gedung. Pada metode *top-down* ini pekerjaan konstruksi slab, balok dan kolom pada basement dilakukan beriringan dengan galian,

sehingga slab pada basement skaligus berfungsi sebagai strutting/penahan tebing galian. Pada saat yang bersamaan pekerjaan struktur atas bisa dilakukan sehingga waktu pekerjaan bisa lebih singkat

Proyek Gedung Tentrem Semarang yang terletak di jalan Gajahmada Nomor 123 Semarang khususnya pada pekerjaan basement. Gedung Tentrem Semarang ini direncanakan memiliki 4 basement, 6 lantai podium dan 2 tower yang masing-masing tower terdiri dari 11 lantai. Lokasi proyek yang berada di tengah tengah pemukiman dan pusat kota membuat resiko terhadap bangunan sekitar pada saat pekerjaan galian menjadi sangat tinggi.

Pada proyek yang sekarang dengan metode pelaksanaan *bottom-up*, peneliti melihat ada beberapa kekurangan dari metode tersebut apabila dibandingkan dengan metode *Top Down* diantaranya :

1. Pekerjaan struktur basement baru bisa dimulai setelah semua pekerjaan persiapan terutama pekerjaan galian dan strutting horizontal selesai. Berbeda dengan metode Top Down pekerjaan struktur Basement 1 dapat langsung dikerjakan beriringan dengan galian basement 1 sampai basement 4 sehingga dapat memangkas waktu pekerjaan yang juga akan berpengaruh pada biaya pelaksanaan.
2. Pada Metode Bottom Up memerlukan Strutting baja horizontal sebanyak 4 *layer* berbeda dengan metode Top Down dengan memanfaatkan pekerjaan struktur yang mengikuti galian yang dapat berfungsi sekaligus sebagai penahan tebing Galian sehingga biaya pekerjaan strutting dapat di minimalkan.
3. Pada Metode Bottom-up kingpost yang tidak dijadikan kolom nantinya harus di bobok dan dibuang akantetapi pembobokan baru bisa dilakukan setelah struktur basement 4 sampai basement 1 selesai dikerjakan sehingga struktur basement dapat berfungsi sebagai pengganti strutting horizontal. Hal ini mengakibatkan pekerjaan pengecoran pelat dan balok basement harus di tinggal pada area kingpost sampai kingpost dapat di bobok sehingga menimbulkan banyak sekali lubang bekas kingpost pada pelat dan balok disetiap lantai Basement yang harus di selesaikan dan mengakibatkan beberapa masalah mutu yang di indikasi dapat menambah waktu dan biaya tambahan pada saat perapihan dan pemeliharaan cacat mutu.

Berdasarkan beberapa hal yang disebutkan di atas melatar belakangi peneliti untuk melakukan penelitian Pada pekerjaan basement Gedung tentrem Semarang. Peneliti akan membandingkan metode Bottom-up dengan metode *Top-down* apabila diterapkan di proyek Gedung Tentrem Semarang maka dibuatlah penelitian yang berjudul Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu Metode *Top-down* Dan Bottom up Pada Pekerjaan Basement Proyek Gedung Tentrem Semarang.

## **Tinjauan Pustaka**

### **Metode Bottom Up**

Pada metode bottom up, pekerjaan galian dilaksanakan terlebih dahulu bersamaan pekerjaan strutting sampai dengan kedalaman yang direncanakan barulah pekerjaan struktur bisa dikerjakan. Raft foundation dicor terlebih dahulu, kemudian struktur basement diselesaikan dari bawah ke atas. (Asiyanto, 2008).

Setelah pekerjaan sistem strutting selesai dan galian sudah sampai pada level dasar pondasi, pekerjaan konstruksi pondasi dimulai dan dilanjutkan dengan konstruksi kolom dan pelat pada setiap tingkat basement. Selain itu, konstruksi bangunan atas dimulai seperti pekerjaan konstruksi pada umumnya.

Sistem strutting tersebut digunakan sebagai penahan sementara retaining wall pada basement, dan akan digantikan oleh balok dan pelat lantai yang akan berfungsi sebagai penahan lateral permanen dinding tersebut.

### **Metode Top Down**

Pada metode konstruksi top down, pelaksanaan pekerjaan super struktur dilakukan beriringan dengan pekerjaan struktur basement yang dimulai dari atas ke bawah sampai pada basement paling bawah. Selama proses pekerjaan struktur basement, struktur plat dan balok di topang oleh king post. (Thompson, 2008).

Pekerjaan pengeboran dinding penahan tanah dikerjakan bersama dengan pekerjaan pengeboran pondasi bored pile. Sebelum melakukan pengeboran, *guide wall* harus disiapkan terlebih dahulu untuk jalur dinding penahan tanah yang akan dibuat. Setelah pelaksanaan dinding penahan tanah selesai, dilanjutkan dengan pembangunan dinding penahan tanah, tergantung dari jenis dinding penahan tanah yang digunakan dalam proyek. Selanjutnya pekerjaan bored pile dan king post dikerjakan, instal baja king post dilakukan setelah pengecoran bored pile selesai, king post dimasukkan kedalam lubang bored pile sesaat setelah pengecoran sebelum beton mulai mengeras.

Bila struktur lat dan balok telah selesai di cor selajutnya baja king post di cor dijadikan kolom permanen. Void sebagai akses galian lantai basement yang digunakan untuk pengangkutan tanah galian ditutup kembali (Chew Yit Lin, 2009)

## 2. METODE

Tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data (Primer dan Sekunder)
2. Analisa Metode Pelaksanaan (*Bottom-up dan Top-down*)
3. Analisa Waktu Pelaksanaan (*Bottom-up dan Top-down*)
4. Analisa Biaya Pelaksanaan (*Bottom-up dan Top-down*)
5. Analisa Perbandingan
6. Kesimpulan dan Saran

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Umum Proyek

Gedung Tentrem Semarang yang terletak di Jalan Gajahmada Semarang ini terdiri dari 4 lantai basement, 6 lantai podium, dan 11 lantai tower hotel dan 11 lantai tower apartemen. Luas total dari bangunan tersebut adalah 90,148 m<sup>2</sup> dan total tinggi bangunan 91.6 m (elv -15.00 s/d elv +76.60).

Elevasi galian basement pada proyek ini mencapai elevasi - 17.5 meter. Sistem galian tanah yang dilakukan adalah galian dengan penahan strutting Horizontal dikarenakan pekerjaan basement proyek ini dilakukan pekerjaan galian sampai kedalaman dasar pondasi dahulu, sehingga memerlukan dinding penahan tanah yang cukup kuat.

### Metode konstruksi *Bottom-Up*

Tahapan pelaksanaan metode konstruksi *bottom-up* pada pekerjaan basement *Proyek Gedung Tentrem Semarang* adalah sebagai berikut :

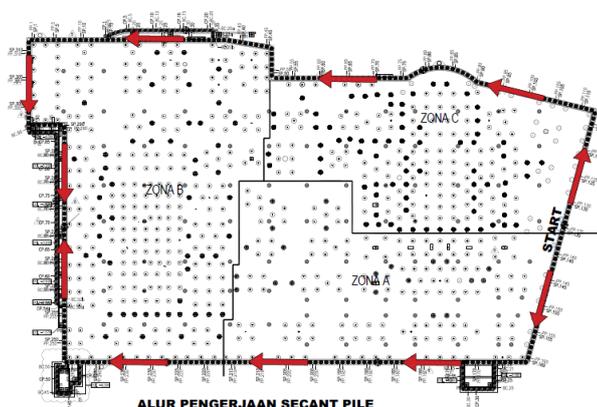
1. Pekerjaan Persiapan
2. Pekerjaan Dinding Penahan Tanah dan Borepile
3. Pekerjaan Capping Beam
4. Pekerjaan Dewatering
5. Pekerjaan Galian Basement dan Pekerjaan Strutting
6. Pekerjaan Pile cap dan Fondasi Raft
7. Pekerjaan Struktur Basement

### Pekerjaan dinding penahan tanah

Dinding Penahan Tanah yang Digunakan dalam proyek gedung Tentrem adalah *secant pile* yang terdiri dari *secondary pile* dan *primary pile*. Berikut adalah data teknis dari *secant pile* dan *primary pile* dari proyek gedung tentrem semarang

Ø tiang secondary pile	: 880 mm
Ø tiang primary pile	: 880 mm
Kedalaman	: 33 m

Alur pengerjaan dinding penahan tanah bisa dilihat pada gambar berikut :



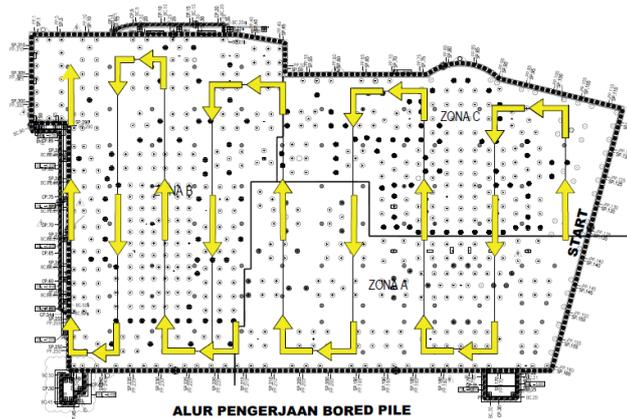
Gambar 1 alur pengerjaan secant pile

### Pekerjaan pondasi bored pile dan king post

Pada proyek pembangunan Gedung Tentrem Semarang direncanakan menggunakan pondasi 832 titik pile dengan rincian sebagai berikut :

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1. Bored Pile Ø 1000 mm panjang pile 23 m         | = 567 titik pile |
| 2. Bored Pile Ø 800 mm panjang pile 26 m          | = 19 titik pile  |
| 3. Bore Pile Tambahan Ø 1000 mm panjang pile 32 m | = 53 titik Pile  |
| 4. Bore Pile Tambahan Ø 1000 mm panjang pile 27 m | = 22 titik Pile  |
| 5. Bore Pile Tambahan Ø 1000 mm panjang pile 36 m | = 74 titik Pile  |
| 6. King Post Ø 800 mm panjang pile 25,5 m         | = 97 titik pile  |

Alur pengerjaan bored pile adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Alur pengerjaan bored pile

### Pekerjaan galian

Pekerjaan galian pada proyek dilakukan untuk pembangunan struktur Basement dan fondasi pile cap. Pekerjaan galian dilaksanakan setelah pekerjaan dinding penahan tanah dan bored pile selesai dilakukan. Adapun kedalaman galian yang dibutuhkan yaitu 17.7 m. Pekerjaan galian menggunakan metode open cut. Pada Proyek ini pekerjaan galian layer pertama dilakukan sampai elevasi -5.1 meter diikuti dengan pemasangan baja strutting pada elevasi -4.1 meter yang bertujuan untuk menambah kekuatan dinding penahan tanah dalam menahan beban horizontal dari tebing galian.

### Pekerjaan Pondasi Pile Cap

Pekerjaan struktur bawah gedung tentrem yang pertama dikerjakan adalah pekerjaan pondasi *pile cap*. Dengan ketebalan 2,5 m

### Pekerjaan struktur plat dan balok

Struktur plat basement pada proyek gedung tentrem Semarang menggunakan kombinasi struktur plat balok dan drop panel

### Metode Konstruksi Top Down

Dalam pelaksanaan metode *Top-Down* terdapat tahapan pekerjaan sebagai berikut:

1. Pekerjaan Persiapan
2. Pekerjaan *secant Pile* dan Pekerjaan *Bore pile* dan *install* baja *Kingpost*
3. Pekerjaan Capping Beam
4. Pekerjaan dewatering
5. Pekerjaan Galian Layer 1 – Pekerjaan Struktur Ground Floor
6. Pekerjaan Galian Layer 2 – Pekerjaan Struktur Basement 1
7. Pekerjaan Galian Layer 3 – Pekerjaan Struktur Basement 2
8. Pekerjaan Galian Layer 4 – Pekerjaan Struktur Basement 3
9. Pekerjaan Galian Layer 5 – Pekerjaan Struktur Basement 4 dan Pile cap

### Pekerjaan dinding penahan tanah

Dinding penahan tanah yang digunakan dalam metode *Top-Down* pada proyek tentrem direncanakan menggunakan *secant pile* dan *capping beam*, untuk proses dan urutan pekerjaan sama dengan metode *Bottom-up*

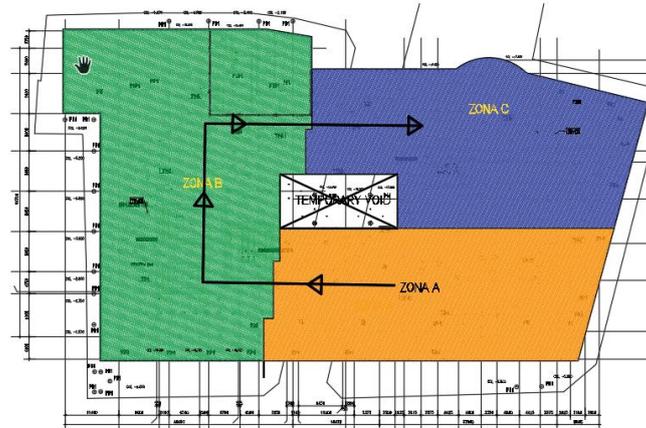
### Pekerjaan bored pile dan king post

Pada Metode Top-down pondasi bore pile yang digunakan sama dengan metode bottom-up hanya saja untuk pekerjaan kingpost pada metode top-down menggunakan baja H-Beam yang diposisikan pada setiap kolom yang nantinya berfungsi sebagai penopang plat lantai basement pada saat proses galian berlangsung. Rencana pekerjaan bored pile dan kingpost adalah sebagai berikut :

- |   |       |            |
|---|-------|------------|
| 1. Bored Pile Ø 1000 mm panjang pile 23 m         | = 567 | titik pile |
| 2. Bored Pile Ø 800 mm panjang pile 26 m          | = 19  | titik pile |
| 3. Bore Pile Tambahan Ø 1000 mm panjang pile 32 m | = 53  | titik Pile |
| 4. Bore Pile Tambahan Ø 1000 mm panjang pile 27 m | = 22  | titik Pile |
| 5. Bore Pile Tambahan Ø 1000 mm panjang pile 36 m | = 74  | titik Pile |
| 6. King Post H beam 400x400x21x21                 | = 150 | titik      |

### Pekerjaan Galian dan Struktur Plat Ground Floor

Setelah pekerjaan bored pile dan kingpost selesai selanjutnya dilakukan pekerjaan galian dan pekerjaan struktur pelat *ground floor* yang dibagi menjadi 3 zona dan dikerjakan berdasarkan urutan zona seperti gambar berikut :



**Gambar 3** Pembagian Zona Galian Basement dan Pekerjaan struktur Basement

Pekerjaan struktur pelat lantai *ground floor* dimulai dari zona A dengan uraian pekerjaan sebagai berikut:

### Pekerjaan Struktur Pelat Lantai Basement I, Basement II dan Basement III

Setelah beton pelat dan balok *ground floor* mencapai umur 7 hari maka bekisting dilepas mulai dari zona A untuk memulai pekerjaan struktur basement 1 dengan rincian pekerjaan sebagai berikut:

1. Pekerjaan galian pada zona A sampai elevasi dasar pelat lantai basement 1 yang berada pada elv - 5.23 .
2. Pelepasan bekisting GF zona B dilanjutkan galian sampai elevasi yang sama dengan zona A, bersamaan dengan pekerjaan galian zona B, pekerjaan bekisting, pembesian dan pengecoran zona A basement 1 dilakukan .
3. Setelah galian zona B selesai dilanjutkan dengan pekerjaan bekisting , pembesian dan pengecoran zona B, dalam waktu yang sama pekerjaan galian basement 1 zona C dilakukan.
4. Setelah pekerjaan galian basement 1 zona C selesai. Pekerjaan bekisting, pembesian dan Pengecoran B1 Zona C dilakukan.
5. Setelah pekerjaan Cor Basement 1 selesai dilakukan secara menyeluruh dilanjutkan pekerjaan galian dan pekerjaan struktur plat basement 2 sampai dengan basement 4 dengan alur pekerjaan yang sama.

### Pekerjaan Struktur Pelat lantai dan Pile Cap Basement IV

Pekerjaan struktur pelat dan pile cap basement 4 dilakukan setelah pekerjaan struktur plat lantai basement 3 selesai dilaksanakan. Tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Galian basement 4 zona A sampai pada kedalaman elv – 16,00 pada area plat dan elv -17,50 pada area Pile Cap.
2. Pekerjaan bobokan/pemotongan kepala bore pile sampai dengan elevasi dasar pile cap pada elv -17,50 dengan menyisakan tulangan yang nantinya berfungsi sebagai tulangan penyalur antara bore pile dan pile cap.
3. Pekerjaan dewatering terus dilakukan selama proses pekerjaan struktur basement untuk mengantisipasi genangan air pada area kerja,
4. Pengecoran lantai kerja dengan beton B0 setebal 50mm sebagai landasan pembesian pelat lantai dan pile cap,
5. Pembesian pelat lantai basement 4 dan pile cap,

6. Pengecoran

**Pekerjaan Kolom**

Pekerjaan kolom dimulai dari pekerjaan pembesian yang dapat dimulai pada saat pelat lantai selesai di cor dan stek kolom telah dipersiapkan pada saat pembesian dan pengecoran pelat lantai.

**Analisa Waktu**

Analisa waktu pekerjaan dilakukan untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dalam proyek konstruksi. Perhitungan waktu dilakukan dengan membagi volume dari masing masing pekerjaan dengan produktivitas pekerjaan .

**Tabel 1.** Produktivitas pekerjaan

No.	Uraian Pekerjaan	Produktivitas	Satuan
1	Striping / Perataan tanah / Pembersihan Lokasi	1630	m2/hari
2	Pengeboran Bored Pile	287	m'/hari
3	Pembesian Bored Pile	13.670	kg/hari
4	Pengecoran Bored Pile	133	m3/ hari
5	Instal Baja Kingpost	18.662	kg/hari
6	Bekisting Capping Beam	18	m2/hari
7	Besi Capping Beam	667	kg/hari
8	Beton Capping Beam	17	m3/ hari
9	Pekerjaan Galian	691,0	m3/hari
10	Bekisting plat lantai	560	m2/hari
11	Besi plat lantai	13.100	kg/hari
12	Pengecoran plat lantai	240	m3/hari
13	Bekisting kolom , core wall , tangga, dan Ramp	196	m2/hari
14	Besi kolom, core wall, tangga, dan Ramp	13.100	kg/hari
15	Pengecoran kolom , core wall , tangga, dan Ramp	192	m3/hari
16	Bobok kepala borepile	20	titik/hari
17	Lantai kerja tebal 5 cm pada 'bawah plat lantai B4, Pile Cap dan Balok BS-1	13	m3/hari
18	Bekisting batako pada pile cap	70	m2/hari
19	Bekisting Precast Pada Pile cap	53	m2/hari
20	Bekisting Biasa pada Capping Beam dan Retaining wall Luar	18	m2/hari
21	Bekisting fair face pada retaining wall	196	m2/hari
22	Pekerjaan Bobok Kepala Bored Pile	20	Titik/hari
23	Pekerjaan Bobok King Post	4	Titik/hari
24	Pekerjaan Pengecoran Lubang bekas King Post	10	Titik/hari

Dari hasil analisa menggunakan *microsoft project* didapatkan durasi pekerjaan pada metode *top down* adalah 510 hari dan pada metode *bottom up* adalah 685 hari.

**Analisa Biaya**

Analisa biaya dilakukan dengan mengalikan volume setiap pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan . Berdasarkan perhitungan didapatkan biaya konstruksi untuk pekerjaan struktur basement gedung tentrem dengan metode pelaksanaan *Top Down* adalah Rp Rp205.059.861.826 sedangkan pelaksanaan dengan *bottom up* adalah Rp 253.609.405.225.

**Analisa perbandingan**

Perbandingan biaya dan waktu pada metode *top-down* dan metode *bottom-up*.dapat dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut:

**Tabel 2.** Perbandingan Biaya dan pada metode top-down dan metode bottom-up

Metode	Biaya	Waktu
Metode Bottom Up	Rp 253.609.405.225	685
Metode Top Down	Rp 205.059.861.826	510
Selisih	Rp 48.549.543.399	175
Efisiensi dan Efektifitas	19,14%	25,55%

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu pelaksanaan pekerjaan struktur *basement* proyek gedung tentrem semarang dengan menerapkan metode konstruksi *Top-Down* adalah 510 hari sedangkan untuk metode *Bottom-Up* adalah 685 hari.
2. Biaya pelaksanaan pekerjaan struktur *basement* proyek gedung tentrem semarang dengan menerapkan metode konstruksi *Top-Down* adalah Rp 205.059.861.826 sedangkan untuk metode *Bottom-Up* adalah Rp 253.609.405.225.
3. Dari hasil penelitian, penerapan metode *Top-Down* pada pelaksanaan struktur basement proyek gedung Tentrem Semarang lebih *efektif dan efisien* dibanding pelaksanaan dengan metode *Bottom-Up*.
4. Penerapan metode *top-down* pada pelaksanaan struktur basement proyek gedung Tentrem Semarang menghasilkan *efektivitas* waktu sebesar **25,55%** dan *efisiensi* biaya **19,14%** dibanding metode *Bottom-Up*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Prawidiawati and C. B. Nurcahyo, "Analisa Perbandingan Metode Bottom-Up Dan Metode Top-Down Pekerjaan Basement Pada Gedung Parkir Apartemen Skyland City Education Park Bandung Dari Segi Biaya Dan Waktu," *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. D1–D5, 2015.
- [2] N. M. Sari, "Metode Pelaksanaan Pembangunan Proyek Apartemen One East Surabaya Dengan Metode Top-Down," p. 120, 2015, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/62829/>.
- [3] Ardy Lafiza, "Analisa Perbandingan Metode Top-Down Dan Bottom-Up Pada Hotel Analisa Perbandingan Metode Top-Down Dan Bottom-Up Pada Proyek Fave Hotel," 2017.
- [4] F. H. Al-matin, "Pelaksanaan Metode Top Down Dan Metode Bottom Up Pada Pekerjaan Basement Tower 1 Apartement Dharmahusada Lagoon Suarabaya," 2018.
- [5] S. S. Basarkar, M. Kumar, and B. G. M. P. R. Mutgi, "Emerging Trend in Deep Basement Construction : Top-Down Technique," pp. 1–11.
- [6] Asiyanto, *Metode Konstruksi Gedung Bertingkat*. Jakarta: UIP press, 2008.
- [7] Mistra, "Struktur dan Konstruksi Bangunan Tinggi Sistem Top and Down." Griya Kreasi, jakarta, 2012.
- [8] J. Thompson and C. Zadoorian, "A Case Study for Up-Down Design and Construction Methodology for a High-Rise Development in Los Angeles , California," pp. 1–8, 2008.
- [9] Anggraini dan Sridewi Frimansyah, "Metode Pelaksanaan Konstruksi Semi Top-Down dengan Secant Pile dan King Post IWF Pada Proyek gedung Perkantoran Sudirman 7.8 Jakarta," Politeknik Negeri Bandung., 2015.
- [10] Asiyanto, *Metode Konstruksi Dewatering*. Jakarta: UIP press, 2010.
- [11] I. Widiasanti and Lenggogeni, *Management Konstruksi*, 2nd ed. Bandung: PT REMAJA ROSDAKARYA, 2014.
- [12] D. S. Thorpe and E. P. Karan, "METHOD FOR CALCULATING SCHEDULE DELAY," no. January 2008, 2014, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/268200906\\_Method\\_for\\_calculating\\_schedule\\_delay\\_considering\\_wather\\_conditions](https://www.researchgate.net/publication/268200906_Method_for_calculating_schedule_delay_considering_wather_conditions).
- [13] H. Pratiwi . A, *Modul Kuliah Perencanaan, penjadwalan dan Pengendalian Proyek Konstruksi*, 2017th ed. UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG, 2017.
- [14] S. F. Rostiyanti, *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*, Edisi 2. Jakarta: PT Rineka Cipta, 2008.
- [15] f. fahadilah Remi, "Kajian Penyebab Cost Overrun Pada Proyek Konstruksi Gedung," *Jurnal Tek. Mesin*, vol. 6, 2017.
- [16] D. R. Hansen, M. M. Mowen, and L. Heitger, "Dasar-dasar akuntansi manajerial." Salemba Empat, Jakarta, 2017.