



ISSN 2654-4482
(media online)

Jurnal

PROYEK TEKNIK SIPIL

JPTS	Vol 9	No 1	Hal 1-72	Semarang, Maret 2026
------	-------	------	----------	----------------------

ISSN 2654-4482
(media online)

JURNAL

PROYEK TEKNIK SIPIL

Volume 9 Nomor 1 Maret 2026

Ketua Editor
(Editor in Chief) : Asri Nurdiana, ST, MT

Dewan Editor
(Editorial Board) : Prof. Ir. Mochamad Agung Wibowo, M.M., M.Sc., Ph.D.
Bagus Hario Setiadji, S.T., M.T., Ph.D.
Ir. Purwanto, M.T., M.Eng.
Helen Gianditha Wayangkau, ST, MT
Amanatullah Savitri, ST, M.Eng
Tri Sudiby, S.T., M.Sc.

Sekretariat Redaksi
(Managing Editor) : Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., Ph.D
Shifa Fauziyah, ST, MT

Layout Redaksi
(Layout Editor) : Shifa Fauziyah, ST, MT

Jurnal Proyek Teknik Sipil (Potensi) diterbitkan sejak 2018, dengan frekuensi 2 kali dalam satu tahun (Maret dan September). Redaksi Menerima karangan ilmiah tentang hasil-hasil penelitian dan survei yang erat kaitannya dengan bidang teknik sipil. Submit artikel dilakukan melalui online Journal System (OJS) dengan alamat <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/potensi>.

Penerbit :
Departemen Sipil dan Perencanaan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Alamat Redaksi/Penerbit:
Departemen Sipil dan Perencanaan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Email : potensi@live.undip.ac.id
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang, Kode Pos 50275
Telp. 081802444085

JURNAL PROYEK TEKNIK SIPIL

Volume 9 Nomor 1 Maret 2026

DAFTAR ISI

1. Perencanaan Ulang Jembatan Jetak Bojonegoro Menggunakan Struktur PCI – Girder dan Penerapan Building Information Modelling (BIM) 5D
Ivory Quthub Manar, Siti Husnul Hotimah, Asri Nurdiana, Bambang Setiabudi
..... 1-17
2. Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna Jasa Terhadap Pelayanan dan Fasilitas Transportasi Bus Si Tayo (Studi Kasus: Koridor 1 Poris Plawad – Jatake)
Aldi ansyah.....18-29
3. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Imam Bonjol – Jl. Gunung Sopotan Kecamatan Denpasar Barat
Putu Arya Alit Kamboja30-39
4. Analisa *Highest And Best Use pada Vacant Land* di KM 6,5 Jalan Soekarno-Hatta Balikpapan
aftonado Situmorang, Rifqi Dhani Hariyanto, Agung Prabowo, Oryza Lhara Sari..... 40-47
5. Perencanaan Ulang Jembatan STA 14+633 – 14+750 pada Proyek Pembangunan Jalan dan Jembatan Lot 1B Brumbunm Bantai Sine Kabupaten Tulungagung dengan implementasi BIM 5D
Dimas Fernanda Bagus Dwi Prastiyo, Muhamad Irsyad Cesianto, Asri Nurdiana, Bambang Setiabudi
..... 48-57
6. Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Baku Pemanfaatan Bendungan Ameroro Kabupaten Konawe
Kiki Iqrayanti58-66
7. Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan Surface Distress Index (SDI) Jalan Imam Bonjol-Tangerang
Rizki Hidayatullah67-72

© 2026, JPTS, ISSN 2654-4482. All rights reserved.



Perencanaan ulang Jembatan Jetak Bojonegoro menggunakan struktur PCI – Girder dan penerapan *Building Information Modelling* (BIM) 5D

Ivory Quthub Manar^a, Siti Husnul Hotimaha^a, Asri Nurdiana^a, Bambang Setiabudia^a

^a Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Indonesia

Corresponding Author:

Email: potensi@live.undip.ac.id

Keywords:

BIM, Bridge, Microsoft Project, Autodesk Revit, Autodesk Navisworks

Received :

Revised :

Accepted :

Abstract: *The Jetak Bridge in Bojonegoro, originally a Steel Box Girder type, was redesigned using a Precast Concrete I-Girder (PCI-Girder) system to improve safety and serviceability. The new design applies BIM 5D for integrated analysis, covering structural calculation, 3D modelling, scheduling, and cost estimation. Structural planning refers to SNI 1725:2016 and related standards. The redesigned bridge has a 50 m span and 19.3 m width, supported by PCI-Girders and pile foundations. Analysis results confirm that the structure meets strength, stability, and serviceability requirements. The BIM 5D workflow produced reliable outputs for quantity take-off, cost, and project duration. The estimated construction cost is IDR 30.36 billion with a duration of 40 weeks. This study highlights that BIM 5D enhances accuracy, transparency, and efficiency in bridge planning and implementation.*

Copyright © 2026 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Jembatan berperan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan distribusi barang. Pemilihan sistem bentang dan metode konstruksi menjadi faktor kunci efektivitasnya. Salah satu alternatif yang banyak digunakan ialah *Precast Concrete I-Girder* (PCI-Girder), dengan keunggulan mutu beton terkontrol, percepatan konstruksi, serta kemampuan menjangkau bentang menengah–panjang.

Seiring kemajuan teknologi, *Building Information Modeling* (BIM) hadir sebagai pendekatan terintegrasi yang mencakup pemodelan 3D, waktu (4D), dan biaya (5D), sehingga perencanaan lebih efisien, akurat, dan transparan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengkaji redesain Jembatan Jetak di Kabupaten Bojonegoro menggunakan struktur PCI-Girder berbasis BIM 5D, mencakup analisis struktur, pemodelan digital, serta integrasi jadwal dan biaya.

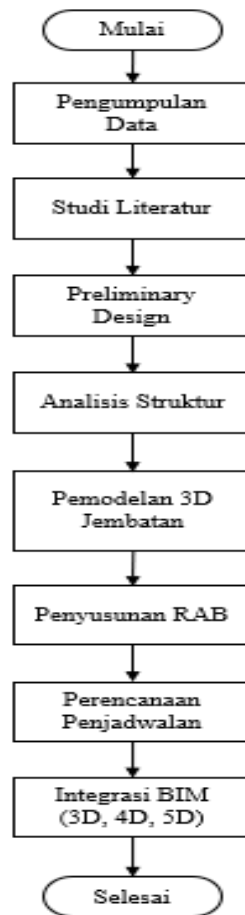
2. DATA DAN METODE

Gambaran Proyek dan Data Teknis

Proyek Penggantian Jembatan Jetak di Kabupaten Bojonegoro merencanakan ulang jembatan eksisting tipe Steel Box Girder dengan bentang 50 m dan lebar 19,5 m. Perubahan dilakukan untuk meningkatkan kapasitas dan kenyamanan, termasuk penyesuaian dimensi serta sistem struktur. Desain baru memiliki lebar 19,3 m dengan bahu 2 m, lajur 3,5 m dan 2,75 m per arah, serta trotoar 1,4 m di kedua sisi. Struktur utama diganti menjadi PCI-Girder setinggi 2,1 m dengan bentang 50 m dan panjang elemen 50,8 m. Konfigurasi dan sistem baru ini diharapkan meningkatkan kapasitas, mempermudah konstruksi, dan sesuai standar geometrik serta kebutuhan lalu lintas terkini.

Alur Tahapan Perencanaan

Metodologi yang digunakan dalam perencanaan ulang Jembatan Jetak berbasis *Building Information Modeling* (BIM) 5D disusun secara sistematis dan digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

Acuan Regulasi dan Standar Teknis

Perencanaan ulang Jembatan Jetak mengacu pada standar nasional untuk menjamin keamanan, fungsionalitas, dan keandalan struktur. Acuan yang digunakan antara lain: SNI 1725:2016 tentang pembebanan jembatan, SNI 2833:2016 tentang pembebanan gempa, SNI T-12-2004 tentang struktur beton jembatan, SNI 1729:2015 tentang spesifikasi baja struktural, serta SNI 8460:2017 tentang perencanaan geoteknik fondasi. Dengan dasar tersebut, perencanaan mencakup struktur utama, pondasi, hingga elemen pelengkap, sehingga kinerja jembatan sesuai ketentuan nasional.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Struktur Atas

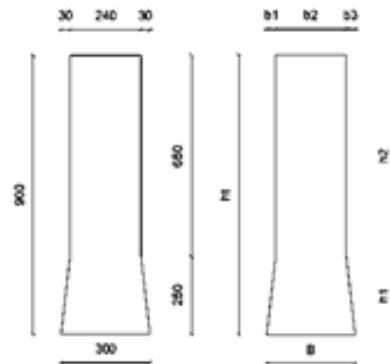
Struktur atas Jembatan Jetak menyalurkan beban lalu lintas ke struktur bawah melalui sistem PCI-Girder setinggi 2,1 m dengan bentang 50,8 m yang menopang pelat lantai kendaraan. Beban mati tambahan berasal dari parapet beton sebagai penghalang pejalan kaki, railing baja *hollow* untuk keselamatan, serta lampu PJU sebagai fasilitas penunjang.

Parapet

Parapet sebagai penjaga utama area pedestrian direncanakan parameter materialnya sebagai berikut:

- | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| a) Kuat tekan beton rencana, | f_c' | = 25 MPa |
| b) Berat jenis beton, | γ_{beton} | = 25 kN/m ³ |
| c) Kuat leleh baja tulangan, | f_y | = 420 MPa |
| d) Kuat tarik maksimum baja tulangan, | f_u | = 540 MPa |

Lalu, adapun parameter dimensi pada struktur dengan direncanakan selimut beton 40 mm dan tinggi efektif 847,5 mm dengan panjang tinjauan per 1 meter. Adapun desain parapet ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Parapet

Beban tumbukan kendaraan terhadap parapet, direncanakan terhadap kriteria Kinerja 4 pada SNI 1725:2016 pasal 11, yakni gaya tumbukan horizontal (P) sebesar 220 kN. Dengan asumsi titik aplikasi tumbukan (h) kendaraan atau *bumper* truk mengenai pada parapet yakni 0,75 meter.

- a) Momen *ultimate* terjadi = $P \times h \times$ faktor pembebanan KUAT I = $220 \times 0,75 \times 1,8$ = 297 kNm
 b) Geser *ultimate* terjadi = $P \times$ faktor pembebanan KUAT I = $220 \times 1,8$ = 396 kN

Luas tulangan pokok yang diperlukan adalah 2830,65 mm² dengan diameter tulangan yang digunakan adalah D25 dengan jarak 150 mm. Untuk tulangan susut direncanakan 50% dari tulangan pokok. Kemudian, kapasitas geser menunjukkan hasil memenuhi dari geser *ultimate* yang terjadi ($\phi V_c = 706,25$ kN) sehingga tidak diperlukan tulangan geser tambahan.

Railing

Railing profil tabung persegi (HSS) dengan dimensi 100 x 100 x 5 mm dan mutu baja 240 MPa juga direncanakan sebagai pengaman dari area pedestrian dengan titik peletakan adalah paling ujung dari jembatan. Tiang utama dari railing dirancang mampu menahan beban hidup sebesar 250 kg dengan panjang antar segmen yakni 1,25 meter, ini melebihi dari yang disyaratkan menurut SNI 1725:2016 (sebesar 1kN/m).

- a) Momen *ultimate* terjadi, M_u = 0,97 kNm
 b) Geser *ultimate* terjadi, V_u = 3,08 kN

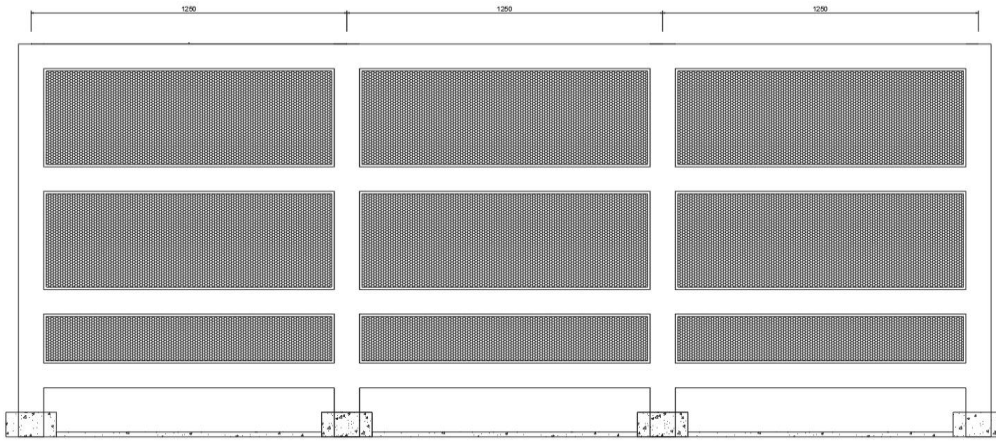
Menurut AISC 360-16, untuk profil tabung persegi (HSS) atau hollow $\lambda_p = 1.12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ dan $\lambda_r = 1.4 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$, hasil menunjukkan penampang kompak dengan hasil $b/t < \lambda_p$. Lalu, hasil momen dan geser nominal dari profil adalah sebagai berikut:

- a) Momen nominal berdasarkan penampang penuh yang mengalami plastis (yield) secara menyeluruh, $M_{n1} = 14,44$ kNm
 b) Momen nominal berdasarkan lateral-torsional buckling (kapasitas momen nominal dikalikan faktor penguatan (*overstrength*)), $M_{n2} = 18,29$ kNm.
 c) Geser nominal (V_n) adalah 273,6 kN

Nilai "Mn" digunakan yang paling terkecil yakni sebesar 14.44 kNm karena penampang lebih dulu mencapai kapasitas plastis sebelum efek penguatan plastis berlaku. $\phi M_n = 0.9 \times M_n = 13$ kNm $> M_u = 0,97$ kNm (**aman**). Untuk $\phi V_n = 0,75 \times V_n = 205,20$ kN $> V_u = 3,08$ kN (**aman**). Kontrol lendutan (δ) dan tegangan (σ) sebagai berikut:

- a) $\delta_{\text{terjadi}} = 0,003$ m dengan $\delta_{\text{izin}} = 0.0042$ (**aman**)
 b) $\sigma_{\text{terjadi}} = 19,1$ MPa dengan $\sigma_{\text{izin}} = 144$ MPa (**aman**)

Adapun desain *railing* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Railing

Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU)

Direncanakan lampu PJU bertata letak 1 sisi jalan per-jalur pulang/pergi dengan tinggi tiang 8 meter dan jarak antar tiang adalah 7 meter. Data lainnya yang dibutuhkan untuk perhitungan *lumens* adalah sebagai berikut:

- a) Nilai luminasi, E = 13 lux
- b) Lebar 1 jalur, B = 8,4 meter
- c) Sudut penerangan lampu = 13°
- d) *Overhung* lampu = 1,5 meter

Koefisien bagian:

$$\text{Arah ke jalan, } HS = \frac{\text{lebar 1 jalur} - \text{overhung}}{h_{\text{tiang}}} = \frac{8,4 - 1,5}{8} = 1$$

$$\text{Arah ke pedestrian, } SS = \frac{\text{overhung}}{h_{\text{tiang}}} = \frac{1,5}{8} = 0,2$$

Koefisien utilisasi cahaya baik ke arah jalan (HS) maupun pedestrian (SS) merupakan parameter penting dalam desain pencahayaan luar ruang. Gambar 4 merupakan grafik yang mengacu pada referensi IESNA (*Illuminating Engineering Society of North America*), memperlihatkan pengaruh rasio lebar jalan terhadap tinggi tiang (*Street Width / Mounting Height*) terhadap distribusi cahaya.

Dengan mengetahui nilai koefisien ini, efisiensi pencahayaan dapat dianalisis sesuai kebutuhan visual pengguna jalan dan pejalan kaki. Dari kurva di bawah ini diperoleh $U_1 = 0,3$ (arah jalan) dan $U_2 = 0,05$ (arah pedestrian), sehingga $U = U_1 + U_2 = 0,35$. Sehingga perhitungan *lumens* dapat dilanjutkan sebagai berikut:

$$E = \frac{F \times U \times M \times K}{B \times S}$$

Keterangan,

M : Faktor utama = 75%

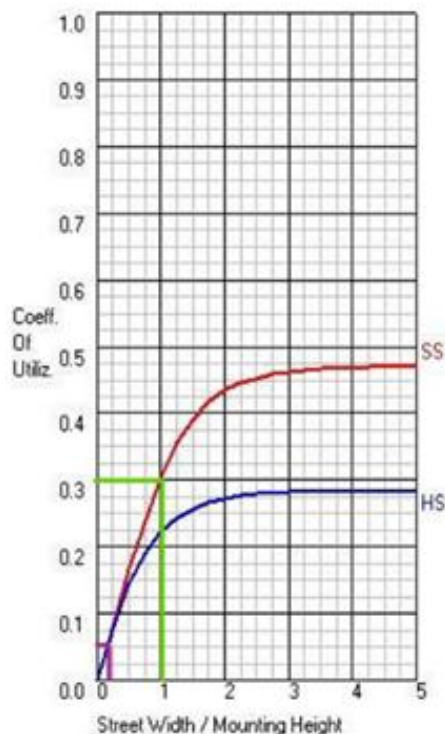
K : Koefisien flux lampu menyala = 75%

$$13 = \frac{F \times 0,35 \times 75\% \times 75\%}{8,4 \times 8}$$

$$13 = \frac{0,197 \times F}{67,2}$$

$$F = 4437,34 \text{ lumens,}$$

Cek syarat batas minimum lumens/watt, mengacu pada Spesifikasi Khusus Interim: Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS) yakni sebesar 130 lumens/watt. Maka, daya = $\frac{F}{130} = \frac{4437,34}{130} = 34,1 \approx 35$ watt



Gambar 4. Grafik IESNA

Pelat Lantai

Struktur pelat lantai Jembatan Jetak direncanakan sebagai berikut:

- a) Tebal pelat lantai jembatan, $t_{slab} = 0.30$ m
- b) Tebal lapisan aspal, $t_{aspal} = 0.05$ m
- c) Tinggi muka air genangan, $t_{air} = 0.05$ m
- d) Jarak antar girder, $s = 1.85$ m
- e) Lebar total melintang jembatan, $B = 19.30$ m
- f) Bentang jembatan (tumpuan-tumpuan), $L = 50.00$ m
- e) Kuat tekan beton rencana, $fc' = 35$ MPa
- f) Berat jenis beton, $\gamma_{beton} = 25$ kN/m³
- g) Kuat leleh baja tulangan, $fy = 420$ MPa
- h) Kuat tarik maksimum baja tulangan, $fu = 540$ MPa

Berdasarkan perhitungan beban-beban yang ada serta disesuaikannya dengan SNI 1725:2015. Tabel 1 adalah rekapitulasi komponen beban pada pelat lantai.

Tabel 1. Rekapitulasi Komponen Beban Pada Pelat Lantai

No	Komponen Beban	Kode	Arah Beban	Hasil	Satuan
1	Beban mati sendiri pelat lantai	MS	Q (merata)	7.5	kN/m
2	Beban mati tambahan				
	Lapisan aspal	MA	Q (merata)	1.1	kN/m
	Air genangan	MA	Q (merata)	0.49	kN/m
	Parapet/dudukan PJU	MA	P (terpusat)	6.75	kN
	Tiang PJU + lampu	MA	P (terpusat)	0.88	kN
	Railing	MA	P (terpusat)	1.07	kN
3	Beban transien				
	Beban lalu lintas akibat truk "T"	TT	P (terpusat)	157.5	kN
	Beban khusus akibat pejalan kaki	TP	Q (merata)	5.5	kN/m
	Beban angin pada kendaraan	EWL	P (terpusat)	6.76	kN/m

Tahap berikutnya adalah proses pemodelan dan penempatan beban pada struktur menggunakan SAP2000. Setiap komponen beban yang telah direkap akan diinput dan diaplikasikan pada wilayah struktur yang relevan, baik secara merata pada area pelat maupun terpusat pada titik-titik tertentu,

sesuai dengan karakteristik bebannya. Untuk pengaplikasian beban lalu lintas akibat truk "T" digunakan 2 model seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Analisa Struktur Model I

Hasil: Momen tumpuan sebesar 41,63 kNm dan momen lapangan 43,05 kNm



Gambar 6. Analisa Struktur Model II

Hasil: Momen tumpuan sebesar 41,68 kNm dan momen lapangan 43,04 kNm

Dari kedua model pengaplikasian beban lalu lintas akibat truk "T" sehingga didapatkan momen tumpuan $M_{MAX} = 43.50$ kNm (model I) dan momen lapangan $M_{MAX} = 43.05$ kNm (model II). Hasil total momen tumpuan dan lapangan dari seluruh beban yang ada kemudian dilakukan pemfaktoran pembebanan sesuai dengan SNI 1725:2016. Untuk penulangan digunakan pemfaktoran pembebanan kuat I. Dihasilkan sebagai total momen seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Total Momen *Ultimate* Kondisi Tumpuan dan Lapangan pada Pelat Lantai

Komponen Beban	Kode	Momen	Momen	Fk	Mu	Mu Lapangan
		Tumpuan (kNm)	Lapangan (kNm)		Tumpuan (kNm)	(kNm)
	a	b	c	d	e = b x d	f = c x d
Beban mati sendiri pelat lantai	MS	6.58	1.49	1.3	8.55	1.9
Lapisan aspal	MA	0.39	0.27	2	0.78	0.54
Air genangan	MA	0.43	0.10	2	0.86	0.20
Parapet	MA	0.51	0.13	2	1.02	0.26
Tiang PJU + lampu	MA	0.07	0.02	2	0.14	0.04
Railing	MA	1.31	0.33	2	2.62	0.66
Beban lalu lintas akibat truk "T"	TT	41.68	43.04	1.8	75.02	77.47
Beban khusus akibat pejalan kaki	TP	4.83	1.21	1.8	8.69	2.18
Beban angin pada kendaraan	EWL	6.41	6.3	-	0.00	0.00
Jumlah					97.70	83.29

Kuat I menghasilkan momen maksimum yang dijadikan acuan untuk menentukan kebutuhan tulangan lentur.

- a) Momen ultimit tumpuan = 97.70 kNm, untuk penulangan lentur negatif
- b) Momen ultimit lapangan = 83.29 kNm, untuk penulangan lentur positif

Dengan direncanakan selimut beton pelat lantai sebesar 50 mm, tebal efektif 242 mm dan panjang tinjauan per-satu meter maka perencanaan penulangan dihasilkan seperti yang pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

No.	Arah Penulangan	Profil Tulangan	Luas Tulangan
1	Penulangan tumpuan		
	Tulangan lentur negatif	D16-150 mm	As = 1258,40 mm ²
	Tulangan susut negatif	D13-150 mm	As' = 50% x As
2	Penulangan lapangan		
	Tulangan lentur positif	D16-150 mm	As = 1341 mm ²
	Tulangan susut positif	D13-150 mm	As' = 50% x As

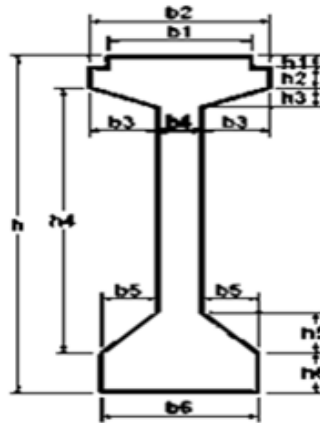
PCI Girder

Perhitungan dimulai dengan menentukan data dimensi PCI-Girder yang digunakan sebagai elemen utama struktur. Dimensi ini mencakup lebar dan tinggi penampang pada tiap bagian, serta tinggi total

girder. Data awal ini menjadi dasar dalam analisis kapasitas struktur seperti yang disajikan pada Tabel 4, sedangkan geometri PCI Girder ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 4. Data Dimensi PCI-Girder

Kode	Lebar (m)	Kode	Tebal (m)
b1	0,064	h1	0,07
b2	0,8	h2	0,13
b3	0,3	h3	0,12
b4	0,2	h4	1,65
b5	0,25	h5	0,25
b6	0,7	h6	0,25
h			2,1



Gambar 7. Geometri PCI-Girder

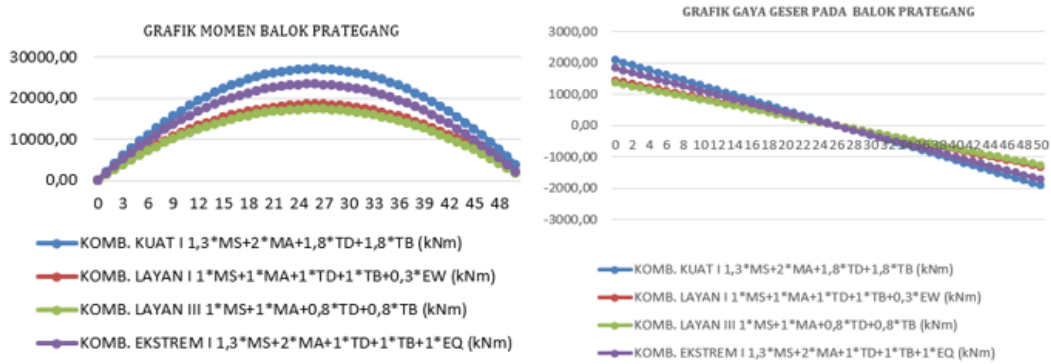
Direncanakan PCI Girder bentang total 50,8 meter dengan parameter mutu material sebagai berikut:

- Kuat tekan beton (f_c') sebesar 50 MPa
- Kuat tekan beton pada keadaan awal/saat transfer (f_c'') sebesar 40 MPa
- Tegangan izin beton saat penarikan, untuk tekan $0,60 * f_c'$ dan tarik $0,5 * \sqrt{f_c'}$
- Tegangan izin beton pada keadaan akhir, untuk tekan $0,60 * f_c'$ dan tarik $0,5 * \sqrt{f_c'}$
- Strands tipe uncirated 7 wire strands ASTM A - 416 grade 270 dengan tegangan leleh 1580 MPa dan kuat tarik 1860 MPa. Adapun hasil rekapitulasi momen gaya geser pada balok prategang disajikan pada Tabel 5.

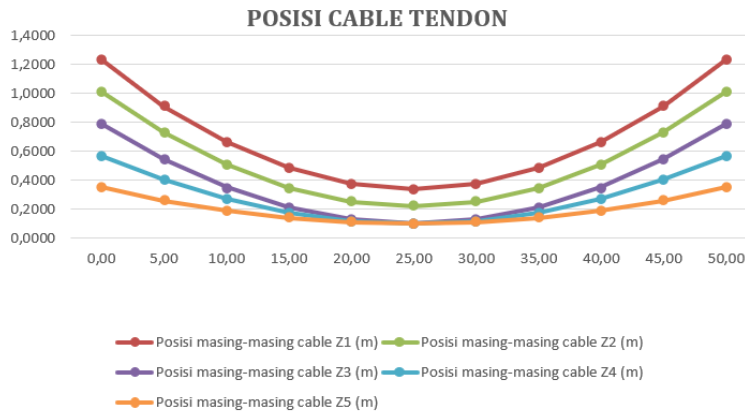
Tabel 5. Hasil resume momen dan gaya geser pada balok prategang

Jenis Beban	Kode Beban	Q	P	M
		(kN/m)	(kN)	(kNm)
Balok prategang	Balok	19,19	-	-
Berat pelat	Pelat	13,88	-	-
Berat sendiri	MS	38,70	-	-
Mati tambahan	MA	2,94	-	-
Lajur "D"	TD	13,32	81,4	-
Gaya rem	TB	-	-	77,81
Angin	EW	1,01	-	-
Gempa	EQ	8,214	-	-

Grafik momen dan geser ditampilkan untuk memperlihatkan distribusi gaya sepanjang bentang girder akibat kombinasi pembebanan. Hasil ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan kebutuhan tendon prategang dan posisi kabel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Grafik Momen dan Geser



Gambar 9. Denah Tendon dan Posisi Cable

Perencanaan posisi kabel dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan momen yang harus ditahan. Selain itu, dihitung pula akumulasi kehilangan prategang akibat friksi, pemendekan elastis, dan relaksasi tendon. Hasil menunjukkan kehilangan berada dalam batas aman. Adapun akumulasi kehilangan prategang disajikan pada Tabel 6.

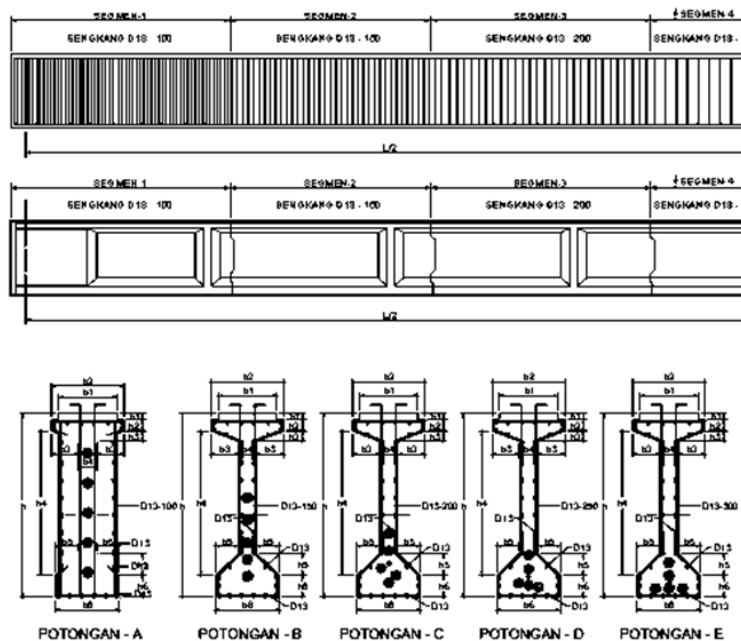
Tabel 6. Akumulasi Kehilangan Prategang

Gaya	kN	Kehilangan Prategang	%UTS
Pj	14852,54	Anchorage Friction	74,07%
Po	14406,96	Jack Friction	71,85%
Px	14062,48	Elastic Shortening	70,13%
Pi	13954,29	Relaxation of Tendon	69,59%
Peff	13677,53		68,21%
Kehilangan Prategang Total =			11,12%

Dari Tabel 6 rekapitulasi dan akumulasi kehilangan prategang, hasil menunjukkan kehilangan prategang berada dibawah dari perkiraan rencana awal yakni sebesar 15% (aman). Sebagai langkah akhir, dilakukan perencanaan jarak tulangan geser (sengkang) berdasarkan hasil analisis gaya geser pada tiap titik sepanjang bentang. Rekapitulasi jarak sengkang ditampilkan untuk memastikan kapasitas geser girder terpenuhi seperti yang disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 11 merupakan desain tulangan dan jarak sengkang PCI-Girder.

Tabel 7. Rekapitulasi Jarak Sengkang PCI-Girder

X (m)	Jarak Sengkang D13			X (m)	Jarak Sengkang D13		
	Tinjauan Geser I	Tinjauan Geser II	Jarak		Tinjauan Geser I	Tinjauan Geser II	Jarak
0	70	70	100	26	3423965	3136492	300
1	95	94	100	27	679745	622686	300
2	125	122	100	28	113158	103672	300
3	161	155	150	29	44348	40639	300
4	204	195	200	30	23308	21365	300
5	256	243	200	31	14214	13035	300
6	317	300	300	32	9477	8696	300
7	391	368	300	33	6702	6153	300
8	480	450	300	34	4938	4538	300
9	586	548	300	35	3750	3449	300
10	715	666	300	36	2911	2680	300
11	872	810	300	37	2298	2119	300
12	1065	988	300	38	1838	1697	300
13	1306	1209	300	39	1484	1372	300
14	1610	1488	300	40	1206	1117	300
15	2001	1846	300	41	985	915	300
16	2513	2316	300	42	807	751	300
17	3202	2947	300	43	662	617	200
18	4156	3821	300	44	542	508	300
19	5531	5081	300	45	443	416	300
20	7613	6988	300	46	361	340	300
21	10982	10074	300	47	292	277	200
22	16965	15555	300	48	235	224	200
23	29167	26733	300	49	186	179	200
24	60516	55449	300	50	146	141	150
25	189595	173691	300				



Gambar 11. Desain Tulangan dan Jarak Sengkang PCI-Girder

Diafragma

Dimensi diafragma dirincikan sebagai berikut dengan catatan lebar dari diafragma merupakan panjang segmental (S):

- a) Diafragma tengah direncanakan tebalnya sebesar 20 cm dengan tinggi 165 cm dan lebarnya 165 cm. Banyak diafragma tengah adalah 9 buah x 7 baris sehingga total kebutuhan diafragma tengah adalah 63 buah.
- b) Diafragma ujung direncanakan tebalnya sebesar 40 cm dengan tinggi 190 cm dan lebarnya 125 cm. Banyak diafragma ujung adalah 9 buah x 2 bagian sehingga total kebutuhan diafragma ujung adalah 18 buah.

Diafragma pada jembatan dihitung hanya berdasarkan beban sendiri karena fungsinya sebagai elemen pengaku, bukan pemikul beban lalu lintas. Sehingga diketahui berat sendiri (QMS) diafragma adalah sebagai berikut:

- a) Diafragma tengah = $0,2 \times 1,65 \times \text{Berat jenis beton} = 8,25 \text{ kN/m (merata)}$
- b) Diafragma ujung = $0,4 \times 1,9 \times \text{Berat jenis beton} = 19,00 \text{ kN/m (merata)}$

Gaya geser *ultimate* (Vu) dapat ditentukan dengan rumus $0,5 \times \text{QMS} \times S \times \text{Faktor KUAT I}$, sedangkan momen *ultimate* ditentukan dengan rumus $1/12 \times \text{QMS} \times S^2 \times \text{Faktor KUAT I}$. Adapun rekapitulasi geser dan momen ultimate pada diafragma disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Geser dan Momen *Ultimate* pada Diafragma

Tipe	Geser Ultimate, Vu (kN)	Momen Ultimate, Mu (kNm)
Diafragma Tengah	8,85	2,43
Diafragma Ujung	15,44	3,22

Direncanakan selimut beton kedua tipe diafragma sebesar 40 mm dengan tebal efektif sebesar 1602 mm untuk diafragma tengah 1849 mm untuk diafragma ujung. Dihasilkan kebutuhan tulangan yang diperlukan sebagai berikut (tebal diafragma menjadi lebar tinjauan) seperti yang disajikan pada Tabel 9.

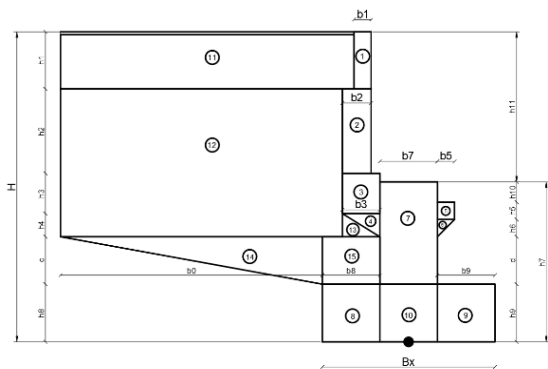
Tabel 9. Rekapitulasi Kebutuhan dan Profil Tulangan Diafragma

Tipe	Luas Tulangan Perlu (As)	Jumlah Tulangan	Tahanan Geser
Diafragma Tengah	1069,2	6 D16	Mencukupi
Diafragma Ujung	2470,3	8 D22	Mencukupi

3.2. Struktur Bawah

Abutment

Abutment direncanakan untuk menahan beban vertikal, horizontal, serta momen dari berbagai kombinasi beban, dengan pengecekan stabilitas terhadap guling, geser, dan eksentrisitas. Adapun geometri abutment ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Geometri *Abutment*

Tabel 10. Dimensi *Abutment* A1 & A2 Jembatan Jetak

NOTASI	(m)	NOTASI	(m)
h1	0,990	b0	4,550
h2	1,462	b1	0,300
h3	0,700	b2	0,500
h4	0,400	b3	0,650
h5	0,300	b5	0,300
h6	0,300	b7	1,000
h7	2,773	b8	1,000
h8	1,000	b9	1,000
h9	1,000	H	5,375
h10	0,350	Bx	3,000
h11	2,600	By	19,300
c	0,823		
d	0,823		

- a) Tebal *wing wall*, $hw = 0,60 \text{ m}$
b) Panjang melintang bersih *backfill abutment*, $Ba = By - (2 * 0,6) = 18,10 \text{ m}$

Direncanakan bahan timbunan dan/atau *backfill abutment* dengan data berikut:

- a) Material = Granular (non-kohefif)
b) Sudut geser, $\phi = 35^\circ$
c) Kohesi, $c = 0,00 \text{ kPa}$
d) Berat jenis, $\gamma_{\text{tanah}} = 17,00 \text{ kN/m}^3$

Tabel 11 adalah hasil resume gaya vertikal, gaya horizontal dan momen akibat aksi atau beban yang ada pada *abutment*.

Tabel 11. Resume Gaya Vertikal, Horizontal dan Momen yang Diterima *Abutment*

Kode	Vertikal		Horizontal		Momen	
	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	
Berat Sendiri Struktur Atas	MS					
- Beton pracetak	4874,26			0,00		
- Beton cor di tempat	4816,57			0,00		
Berat Sendiri Struktur Bawah	MS					
- Beton pracetak	0,00			0,00		
- Beton cor di tempat	4722,93			-3903,70		
Beban Mati Tambahan	MA	1076,18		0,00		
Tekanan Tanah	TA		2915,29		3189,08	
Beban Lajur	TD	3535,95		0,00		
Beban Pedestrian	TP	140,00		0,00		
Gaya Rem	TB		125,00		896,88	
Temperatur	TG		604,20		671,88	
Beban Angin pada Struktur	EWS	77,18		88,20	0,00	1171,88
Beban Angin pada Kendaraan	EWL			22,05		172,54
Beban Gempa Arah Vertikal	EQv	1076,70			0,00	
Beban Gempa Arah Horizontal	EQh		2321,51	2067,20	4116,03	3665,15
Tekanan Tanah Dinamis	TTEQ		2750,39		9855,56	
Gesekan	BF		1189,38		3428,97	

Tabel 12 merupakan rekapitulasi kombinasi beban tak terfaktorkan atau beban real yang diterima *pilecap* (eksentrisitas = 0)

Tabel 12. Rekapitulasi Kombinasi Beban Tak Terfaktorkan Pada *Pilecap*

Keadaan Batas	Vertikal	Horisontal		Momen	
	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
Kuat I	19165,89	4833,86	0,00	4283,10	0,00
Kuat III	15567,11	4708,86	88,20	3386,22	1171,88
Ekstrem I	20242,59	9301,56	2067,20	17582,81	3665,15
Daya Layan I	19243,06	4833,86	110,25	4283,10	1344,42

Tabel 13 merupakan hasil pengecekan stabilitas abutment terhadap guling pada arah memanjang jembatan (eksentrisitas ujung *pilecap* arah x)

Tabel 13. Hasil Cek Stabilitas Abutment Terhadap Guling Arah X

Keadaan Batas	Penahan	Pengguling	SF	Keterangan
	ΣM_w (kN.m)	ΣM_x (kN.m)		
a	b	c	e = b/c	f
Kuat I	-41051,23	4283,10	9,584	OK, SF > 1,5
Kuat III	-31126,17	3386,22	9,192	OK, SF > 1,5
Ekstrem I	-34395,39	17582,81	1,956	OK, SF > 1,5
Daya Layan I	-29398,67	4283,10	6,86	OK, SF > 1,5

Tabel 14 merupakan hasil pengecekan stabilitas abutment terhadap guling pada arah melintang jembatan (eksentrisitas $\frac{1}{2}$ * lebar abutment)

Tabel 14. Hasil Cek Stabilitas Abutment Terhadap Guling Arah Y

Keadaan Batas	Penahan	Pengguling	SF	Keterangan
	ΣM_w (kN.m)	ΣM_y (kN.m)		
a	b	c	e = b/c	f
Kuat I	209466,74	-	-	$M_y = 0$
Kuat III	145615,49	1171,88	124,26	OK, SF > 1,5
Ekstrem I	166647,53	3665,15	45,47	OK, SF > 1,5
Daya Layan I	147108,77	1344,42	109,42	OK, SF > 1,5

Tabel 15 merupakan hasil pengecekan stabilitas abutment terhadap geser pada arah memanjang jembatan

Tabel 15. Hasil Cek Stabilitas Abutment Terhadap Geser Arah X

Keadaan Batas	Gaya Real/Tak Terfaktor			SF (tanah eksisting)	Keterangan
	ΣP (kN)	ΣH_P (kN)	ΣT_x (kN)		
a	b	$c = b * B_x * B_y + \Sigma P * \tan \Phi$	d	e = c/d	f
Kuat I	19165,89	13420,10	4833,86	2,78	OK, SF > 1,5
Kuat III	15567,11	10900,21	4708,86	2,31	OK, SF > 1,5
Ekstrem I	20242,59	14174,01	9301,56	1,52	OK, SF > 1,5
Daya Layan I	19243,06	13474,14	4833,86	2,79	OK, SF > 1,5

Tabel 16 merupakan hasil pengecekan stabilitas abutment terhadap geser pada arah melintang jembatan

Tabel 16. Hasil Cek Stabilitas Abutment Terhadap Geser Arah Y

Keadaan Batas	Gaya Real/Tak Terfaktor			SF (tanah eksisting)	Keterangan
	ΣP (kN)	ΣHP (kN)	ΣTy (kN)		
a	b	$c = b * B_x * B_y + \Sigma P * \tan \Phi$	d	$e = c/d$	f
Kuat I	19165,89	13420,10	-	-	$T_y = 0$
Kuat III	15567,11	10900,21	123,48	88,28	OK, SF > 1,5
Ekstrem I	20242,59	14174,01	2067,20	6,86	OK, SF > 1,5
Daya Layan I	19243,06	13474,14	48,51	277,76	OK, SF > 1,5

Eksentrisitas (e) $\leq B/6$, dengan $B = B_y$ untuk cek arah Y dan L untuk cek arah X

ex $\leq L/6$
 $\leq 8,33$

ex $\leq B_y/6$
 $\leq 3,22$

Cek eksentrisitas arah X

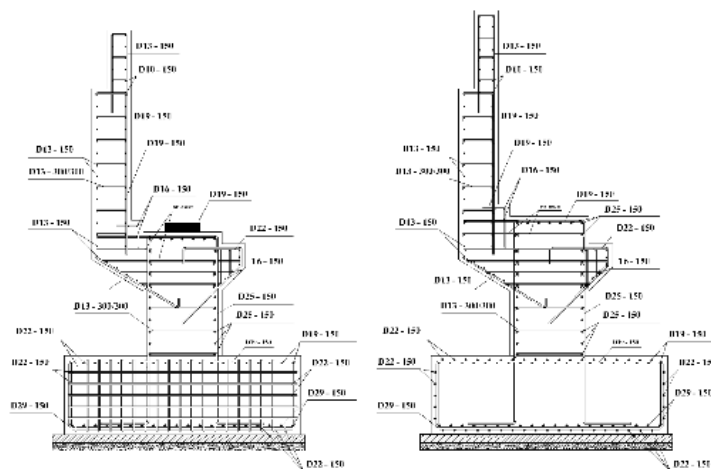
$L = 50 \text{ m}$

ex = $M_x \text{ Resultan Daya Layan I} / P \text{ Daya Layan I}$
 $= 4421,89 / 19189,04$
 $= 0,23 \leq 8,33 \text{ (aman)}$

Cek eksentrisitas arah Y

$L = 50 \text{ m}$

ey = $M_y \text{ Resultan Daya Layan I} / P \text{ Daya Layan I}$
 $= 524,10 / 19189,04$
 $= 0,03 \leq 3,22 \text{ (aman)}$



Gambar 13. Penulangan Abutment

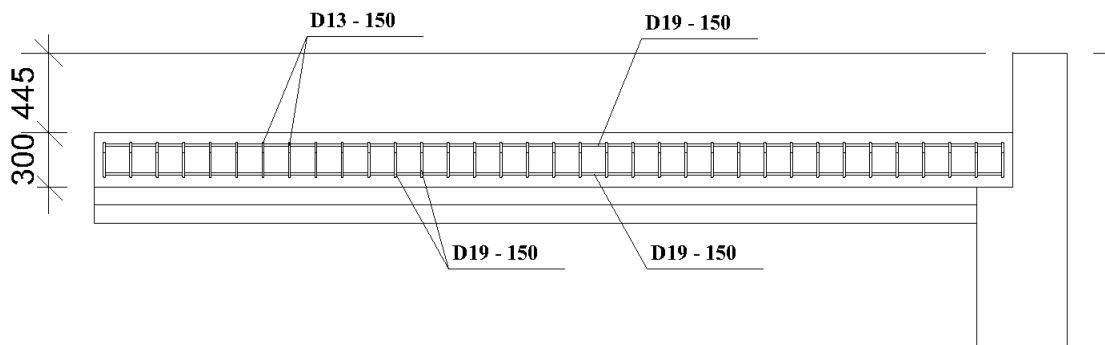
Pelat Injak

Pelat injak diperhitungkan sebagai elemen struktural yang menyalurkan beban kendaraan melalui lapisan perkerasan menuju tanah dasar. Perencanaan dilakukan dengan mempertimbangkan tebal lapisan, penyebaran beban roda, serta kapasitas beton dan tulangan, sehingga kebutuhan penulangan dapat ditentukan secara tepat sejak tahap awal perhitungan. Pelat injak direncanakan setebal 200 mm dengan lapis tambahan diatas pelat injak (agregat kelas A, AC-Base, AC-BC, AC-WC) setebal 442,5 – 690 mm. Beban hidup berupa beban roda gandar oleh truk (beban T_{TT}) yang besarnya 250 kN dan akibat faktor pembesaran 1+DLA menjadi 350 kN.

- a) Lebar bidang kontak roda truk (b) = 500 mm
- b) Lebar bidang kontak roda truk + tebal lapis tambahan (b') = $b + 442,5 = 942,5 \text{ mm}$
- c) Lebar penyebaran terpusat = $b' / 2 = 471,25 \text{ mm}$

Momen maksimum yang terjadi dihitung dengan $T_{TT}/2 \times [1-(r \times \sqrt{2} / \lambda)^{0.6}]$. dengan λ adalah radius kekuatan pelat yang telah dihitung sebesar 0,669. Sehingga momen maksimum = 20,232 kNm. Momen *ultimate* = KTT x Mmaks = 1,8 x 20,232 = 36,42 kNm

Dihasilkan perencanaan penulangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Detail Pelat Injak

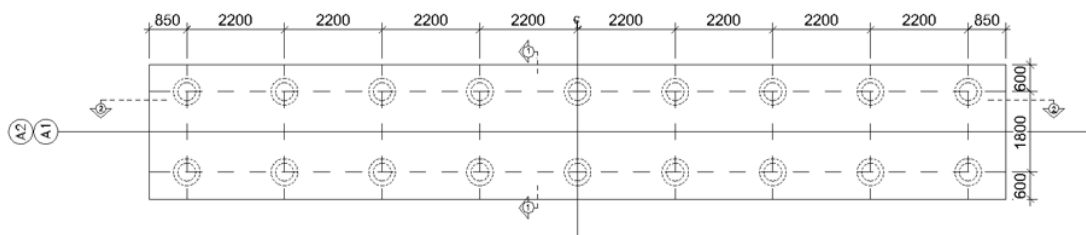
Fondasi Tiang Pancang (Spun Pile)

Direncanakan fondasi tiang pancang tipe spun pile dengan diameter Ø600mm akibat Daya Dukung Tanah (DDT) tidak memenuhi dan dinyatakan memerlukan fondasi dalam. Dari perhitungan kapasitas tahan ujung tiang didapatkan nilai daya dukung *ultimate* tiang sebesar 7352,38 kN. Dengan ketentuan *Safety Factor* (SF) = 3, maka daya dukung izin tiang (Qall') = 7352,38/3 = 2450,79 kN.

Tabel 17. Penentuan Jumlah Tiang Minimum Terhadap Beban Terfaktor

Keadaan Batas	Ultimit Terfaktor		Pu'	Qall	n tiang
	P (kN)	Tx (kN)	Pu + Tx (kN)	(kN)	Pu'/Qall
Kuat I	26804,29	5058,48	31862,77	2450,79	13,001
Kuat III	20295,62	4833,48	25129,11	2450,79	10,253
Ekstrem I	22367,06	9942,88	32309,94	2450,79	13,183
Daya Layan I	19189,04	4531,76	23720,80	2450,79	9,679

N tiang terbesar adalah 13,183 atau dapat digenapkan ke 14 buah tiang fondasi. Akan tetapi kebutuhan termasuk kategori minimum sehingga dibentuk konfigurasi 18 buah tiang seperti yang disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Denah Konfigurasi Pondasi Spun Pile

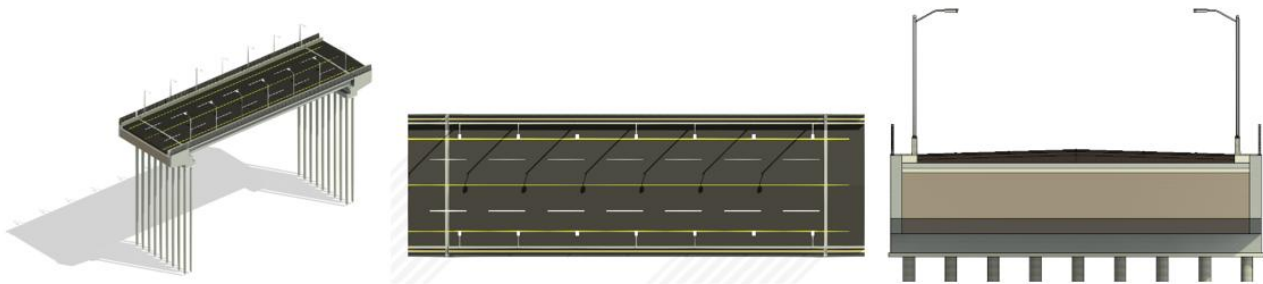
Tabel 18. Kontrol Gaya Dalam Satu Tiang Pancang Pengkombinasian Kuat I

Pile	x	y	x^2	y^2	Mx	My	P	Qall	CEK
					Mx x x1 Σxi^2	My x y1 Σyi^2	p/n + Mx1 + My1		
1	8,8	1	77,44	1	251,23	203,62	1697,46	2450,79	OK
2	6,6	1	43,56	1	188,42	203,62	1634,66	2450,79	OK
3	4,4	1	19,36	1	125,61	203,62	1571,85	2450,79	OK
4	2,2	1	4,84	1	62,81	203,62	1509,04	2450,79	OK

Pile	x	y	x ²	y ²	Mx		My		P		Qall	CEK
					Mx x x1	Σxi ²	My x y1	Σyi ²	p/n + Mx1 + My1			
5	0	1	0	1	0,00		203,62		1446,23		2450,79	OK
6	2,2	1	4,84	1	62,81		203,62		1509,04		2450,79	OK
7	4,4	1	19,36	1	125,61		203,62		1571,85		2450,79	OK
8	6,6	1	43,56	1	188,42		203,62		1634,66		2450,79	OK
9	8,8	1	77,44	1	251,23		203,62		1697,46		2450,79	OK
10	8,8	1	77,44	1	251,23		203,62		1697,46		2450,79	OK
11	6,6	1	43,56	1	188,42		203,62		1634,66		2450,79	OK
12	4,4	1	19,36	1	125,61		203,62		1571,85		2450,79	OK
13	2,2	1	4,84	1	62,81		203,62		1509,04		2450,79	OK
14	0	1	0	1	0,00		203,62		1446,23		2450,79	OK
15	2,2	1	4,84	1	62,81		203,62		1509,04		2450,79	OK
16	4,4	1	19,36	1	125,61		203,62		1571,85		2450,79	OK
17	6,6	1	43,56	1	188,42		203,62		1634,66		2450,79	OK
18	8,8	1	77,44	1	251,23		203,62		1697,46		2450,79	OK
			Σ 580,8	18								

Pemodelan BIM 3D

Hasil dari perhitungan dan analisa struktur yang telah dilakukan dimodelkan menjadi 3D. Hasil dari 3D ini memberi output terkait besaran kuantitas/volume pekerjaan yang ada pada proyek.



Gambar 16. Pemodelan 3D Redesain Jembatan Jetak

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya atau RAB dihitung berdasarkan volume dai Revit dan mengacu pada Harga Satuan Pekerjaan (HSP) Konstruksi Bina Marga dan Peraturan Wali Kota Semarang tahun 2025 dengan nilai PPN 12% sehingga didapatkan total kontrak pembangunan struktur hasil *redesign* sebesar Rp30.364.124.000,00. Adapun rencana anggaran biaya disajikan pada Tabel 19.

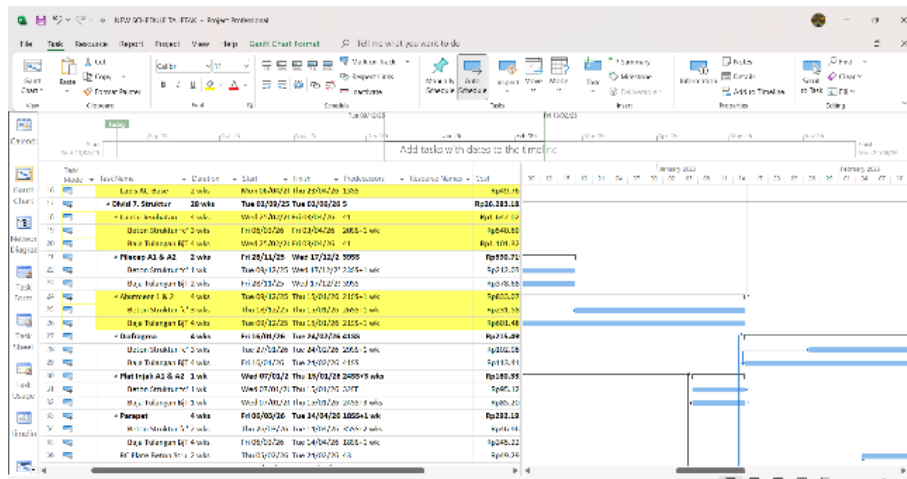
Tabel 19. Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya		
No. Divisi		Jumlah Harga Pekerjaan (Rp.)
I	Umum	Rp73.041.736,32
II	Drainase	Rp0,00
III	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	Rp257.705.171,70
IV	Pekerjaan Preventif	Rp0,00
V	Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen	Rp21.713.341,83
VI	Perkerasan Aspal	Rp384.865.546,72
VII	Struktur	Rp26.283.182.937,96
VIII	Rehabilitasi Jembatan	Rp0,00

Rencana Anggaran Biaya		
No. Divisi		Jumlah Harga Pekerjaan (Rp.)
IX	Pekerjaan Harian dan Lain-Lain	Rp90.316.876,82
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)	Rp27.110.825.611
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 12% x (A)	Rp3.253.299.073
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	Rp30.364.124.685
	DIBULATKAN	Rp30.364.124.000,00
Terbilang: Tiga puluh miliar tiga ratus enam puluh empat juta seratus dua puluh empat ribu rupiah.		

Penjadwalan Proyek (BIM 4D)

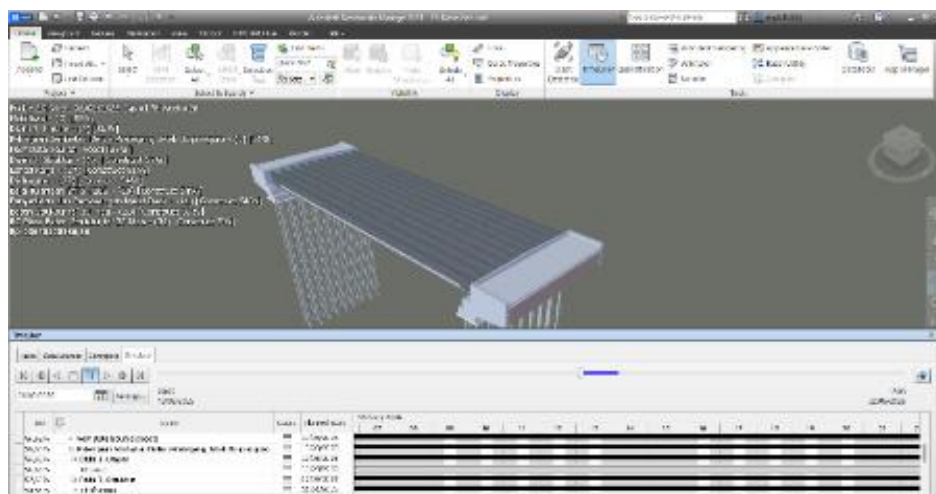
Hasil dari perencanaan ulang penjadwalan Jembatan Jetak Bojonegoro didapatkan durasi pekerjaan selama 40 minggu (10 bulan). Adapun hasil penjadwalan proyek ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Hasil Penjadwalan Proyek Redesain Jembatan Jetak

Penjadwalan Proyek (BIM 5D)

Mengintegrasikan model 3D, RAB dan penjadwalan menggunakan Autodesk Naviswork untuk mendapatkan simulasi peaksanaan proyek sesuai dengan penjadwalan dan RAB yang direncanakan. Simulasi 5D ini akan memberi gambaran rinci terkait keberjalanan proyek terhadap durasi dan biaya pelaksanaan dari awal hingga akhir pelaksanaan proyek. Adapun bentuk model pengintegrasian BIM ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Bentuk Model Pengintegrasian BIM 5D

4. KESIMPULAN

Perencanaan ulang Jembatan Jetak Bojonegoro dari struktur *Steel Box Girder* menjadi PCI-Girder berbasis BIM 5D telah memenuhi aspek kekuatan, kestabilan, dan kelayakan sesuai standar yang berlaku. Penerapan BIM 5D terbukti meningkatkan akurasi perhitungan volume, biaya, serta integrasi jadwal, dengan hasil total biaya konstruksi sebesar Rp30,36 miliar dan durasi pelaksanaan 40 minggu. Desain ulang ini menunjukkan bahwa penggunaan PCI-Girder yang dipadukan dengan BIM 5D dapat menghasilkan perencanaan jembatan yang lebih efektif, efisien, dan aplikatif untuk mendukung pembangunan infrastruktur.

REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI T-12-2004: Perencanaan struktur beton untuk jembatan. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 1729:2015: Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016a). SNI 1725:2016: Beban minimum untuk perancangan jembatan. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016b). SNI 2833:2016: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 8460:2017: Perencanaan geoteknik fondasi. Jakarta: BSN.
- American Institute of Steel Construction. (2016). Specification for structural steel buildings (ANSI/AISC 360-16). Chicago, IL: AISC.
- Illuminating Engineering Society of North America. (n.d.). The lighting handbook. New York, NY: IESNA.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). Spesifikasi Khusus Interim: Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS). Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Pemerintah Kota Semarang. (2025). Peraturan Wali Kota Semarang tentang Harga Satuan Pekerjaan (HSP) Konstruksi. Semarang: Pemkot Semarang.

Analisis tingkat kepuasan pengguna jasa terhadap pelayanan dan fasilitas transportasi bus Si Tayo (studi kasus: koridor 1 Poris Plawad – Jatake)

Aldiansyah^{a*}, Reni Karno Kinasih^a

^a Universitas Mercu Buana, Indonesia

Corresponding Author:

Email:

reni.karno@mercubuana.ac.id

Keywords:

Bus Si Tayo, CSI, IPA, Servqual

Received :

Revised :

Accepted :

Abstract: *Based on previous studies and preliminary surveys of the Si Tayo Bus Corridor 1, it is known that several service aspects are still not in line with user expectations. Therefore, it is necessary to conduct an assessment to identify which performance indicators should be prioritized for improvement and to evaluate the current level of user satisfaction. This research employs the Importance-Performance Analysis (IPA), Customer Satisfaction Index (CSI), and SERVQUAL methods. In addition, a verification of the existing conditions in the field was also conducted. The data were collected using a Google Form questionnaire consisting of 15 service indicators categorized into the five SERVQUAL dimensions. A total of 100 valid responses were obtained and subsequently analyzed using the three methods. The results of the study indicate that there are two service indicators requiring immediate improvement, namely "bus arrivals and departures according to schedule" and "responsiveness of staff to passenger complaints." Furthermore, it was found that the current user satisfaction level is 80.14%, which falls into the "satisfied" category. Field observations also confirmed that there are still two service indicators not meeting the expected standards, namely "bus arrivals and departures according to schedule" and the availability of real-time service information accessible to users.*

Copyright © 2026 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Transportasi adalah pemindahan manusia atau barang dengan menggunakan wahana yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Transportasi memiliki peran penting dalam kehidupan manusia, baik sebagai fasilitator interaksi antarindividu maupun sebagai sarana untuk memudahkan pengiriman barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Diana et al., 2021). Seiring dengan perkembangan zaman dan meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan akan sistem transportasi yang efisien dan nyaman semakin meningkat.

Salah satu bentuk transportasi publik yang banyak dikembangkan di berbagai kota di Indonesia adalah Bus Rapid Transit (BRT). Sistem BRT dipandang sebagai solusi yang relatif murah dibandingkan transportasi berbasis rel, serta fleksibel dalam melayani rute perkotaan dengan jarak menengah hingga jauh (Rahmawati & Nugroho, 2021). Pemerintah Kota Tangerang menghadirkan layanan BRT Tangerang untuk mendukung kebutuhan mobilitas masyarakat, sekaligus sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap kendaraan pribadi.

Namun demikian, dalam operasionalnya masih terdapat berbagai kendala yang perlu diperhatikan. Koridor 1 (Jatake–Plawad) sebagai jalur utama BRT Tangerang menghadapi sejumlah masalah pelayanan. Beberapa permasalahan yang kerap ditemui berdasarkan tulisan dari Putra dan Rachmawati (2020) antara lain keterlambatan kedatangan bus, keterbatasan jumlah armada yang beroperasi dibandingkan dengan jumlah penumpang, serta kondisi fasilitas halte yang dinilai kurang nyaman. Permasalahan tersebut menimbulkan keluhan dari pengguna dan berpengaruh terhadap kepuasan mereka terhadap layanan yang diberikan (Putra & Rachmawati, 2020).

Fenomena ini menunjukkan adanya kesenjangan (gap) antara harapan pengguna dengan kualitas layanan yang mereka rasakan. Harapan masyarakat terhadap transportasi publik umumnya cukup

tinggi, sehingga ketika kinerja layanan tidak sepenuhnya memenuhi ekspektasi, maka muncul ketidakpuasan. Jika kondisi ini tidak segera diatasi, dikhawatirkan minat masyarakat terhadap penggunaan transportasi publik akan terus menurun dan beralih kembali ke kendaraan pribadi, yang pada akhirnya dapat memperburuk kemacetan serta dampak lingkungan di wilayah Tangerang.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu penelitian yang mampu mengukur dan menganalisis kualitas pelayanan BRT Tangerang, khususnya pada Koridor 1 (Jatake-Plawad). Penelitian ini menggunakan pendekatan SERVQUAL, *Importance Performance Analysis* (IPA), dan *Customer Satisfaction Index* (CSI). *Service Quality* SERVQUAL digunakan untuk melihat kesenjangan antara harapan dan persepsi pengguna (Parasuraman et al., 1988), IPA digunakan untuk menentukan indikator pelayanan yang menjadi prioritas perbaikan, sedangkan CSI memberikan gambaran tingkat kepuasan pengguna secara menyeluruh (Lupiyoadi, 2014).

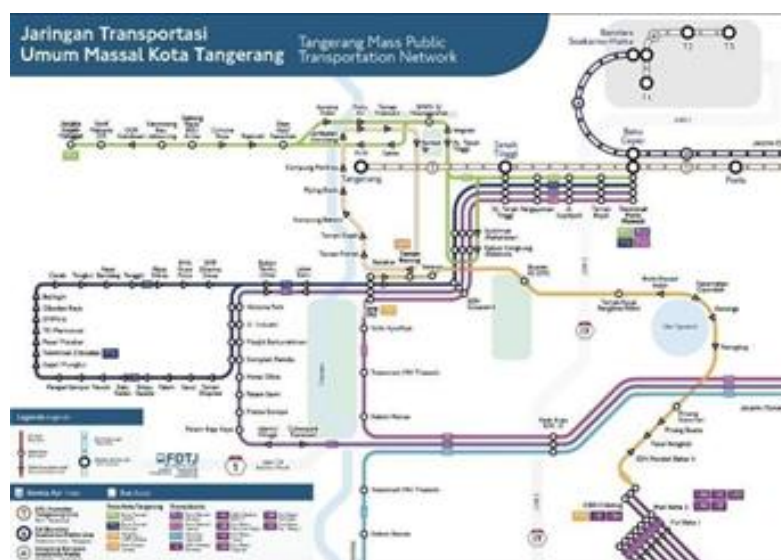
Melalui kombinasi ketiga metode tersebut diharapkan diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kualitas pelayanan BRT Tangerang Koridor 1, sekaligus rekomendasi perbaikan yang tepat. Dengan adanya penelitian ini, pihak penyelenggara diharapkan dapat meningkatkan kinerja pelayanan sehingga mampu memenuhi ekspektasi pengguna, menarik lebih banyak masyarakat untuk menggunakan transportasi publik, serta mendukung terciptanya sistem transportasi perkotaan yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan. Penelitian ini menjadi penting untuk mengevaluasi sejauh mana tingkat kepuasan pengguna terhadap pelayanan dan fasilitas yang disediakan oleh Bus Si Tayo, terutama pada rute Koridor 1 (Poris Plawad – Jatake).

2. DATA DAN METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kepuasan pengguna jasa terhadap pelayanan dan fasilitas transportasi Bus Si Tayo. Metode yang digunakan adalah *Importance Performance Analysis* (IPA) dan *Customer Satisfaction Index* (CSI) untuk menganalisis atribut – atribut layanan yang dinilai oleh pengguna. Penelitian dilakukan pada rute koridor 1 Bus Si Tayo, yaitu Poris Plawad – Jatake, Kota Tangerang. Pengumpulan data dilakukan pada tiga hari yang berbeda, yaitu Senin, Rabu dan Sabtu, dan dilakukan dalam tiga waktu berbeda :

- Pagi hari : pukul 07.00 – 09.00 WIB
- Siang hari : pukul 11.00 – 13.00 WIB
- Sore hari : pukul 16.00 – 18.00 WIB

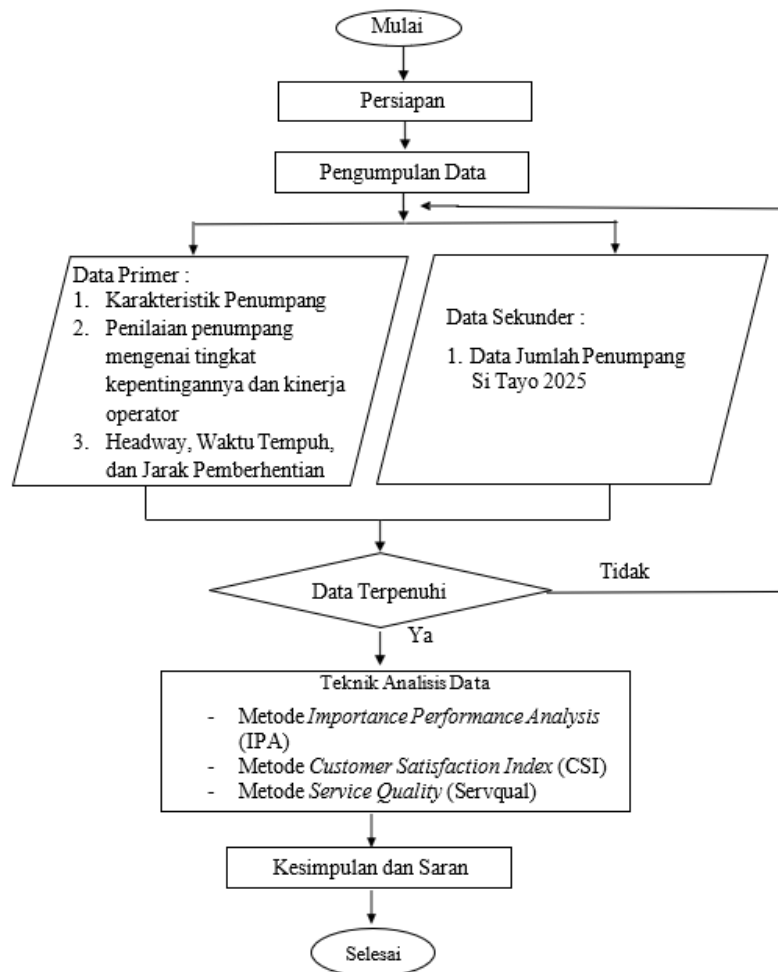
Tujuan pemelihan waktu ini adalah untuk mendapatkan persepsi dari pengguna jada pada jam sibuk dan jam normal agar data yang dikumpulkan mewakili kondisi aktual di lapangan. Gambar 1 menunjukkan rute koridor 1 Bus Si Tayo, yaitu Poris Plawad – Jatake.



Gambar 1. Lokasi Rute Angkutan Perkotaan Bus Tayo Koridor 1 (Google, 2025)

Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian yang dibuat agar penelitian terstruktur dan tidak terjadi perulangan yang tidak perlu. Pada diagram alir terlihat langkah-langkah yang ditempuh adalah tahap

persiapan pengumpulan data, setelah data lengkap, kemudian diolah dengan metode IPA, CSI dan Servqual, untuk selanjutnya ditarik kesimpulan dan saran.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui tiga teknik utama, yaitu observasi, kuesioner, dan dokumentasi. Teknik – teknik ini dipilih untuk memperoleh informasi yang akurat dan komprehensif mengenai persepsi pengguna Bus Si Tayo terhadap pelayanan dan fasilitas yang tersedia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kesesuaian antara kepuasan yang dirasakan oleh pengguna Bus Si Tayo dengan fasilitas dan pelayanan yang mereka harapkan. Tingkat kepuasan tersebut diukur berdasarkan ketersediaan berbagai fasilitas yang ada di dalam Bus Si Tayo serta kualitas pelayanan yang diberikan selama pengguna berada di dalam bus. Untuk mengetahui sejauh mana *performance* (kinerja) pelayanan dan fasilitas Bus Si Tayo memenuhi *importance* (tingkat kepentingan/harapan) pengguna, penelitian ini dilakukan menggunakan metode survei wawancara. Pengumpulan data dilakukan melalui instrumen kuesioner yang disusun secara sistematis guna memperoleh informasi yang relevan dan akurat dari para responden.

1) Metode IPA

a) Analisis Tingkat Kesesuaian

Analisis tingkat kesesuaian dilakukan dengan membandingkan skor Kinerja operator (X) terhadap skor Kepentingan pengguna (Y) untuk masing-masing atribut pelayanan. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pelayanan yang diterima pengguna telah sesuai dengan harapan mereka. Hasil analisis ini selanjutnya akan digunakan untuk menentukan urutan prioritas perbaikan terhadap atribut-atribut yang dinilai penting, tetapi belum memenuhi ekspektasi pengguna. Tingkat kesesuaian dihitung dengan cara yang dicontohkan berikut ini:

Sebagai contoh, pada atribut nomor 1, nilai kinerja (X) sebesar 407 dan nilai kepentingan (Y) sebesar 414 maka tingkat kesesuaian atribut tersebut dapat dihitung sebagai berikut:
Atribut No 1. Bus terlihat bersih dan terawat. Tabel 1 adalah rekapitulasi tingkat kesesuaian dengan metode Importance Performan Analysis (IPA).

$$\begin{aligned} Tki &= \frac{X_i}{Y_i} \times 100 \% \\ &= \frac{407}{414} \times 100 \% \\ &= 98,3\% \end{aligned}$$

Tabel 1. Tingkat Kesesuaian Kuesioner Kualitas Pelayanan

No	Atribut Pelayanan	Total Skor		Tingkat Kesesuaian (%)
		Kinerja (X)	Keputusan (Y)	
<i>Tangibles</i> (Bukti fisik)				
1	Bus terlihat bersih dan terawat	407	414	98,3
2	Halte/tempat tunggu terlihat rapi dan bersih	424	448	100
3	Petugas memakai seragam dan terlihat profesional	419	438	95
<i>Reliability</i> (Keandalan)				
4	Bus datang dan berangkat sesuai jadwal	282	410	68,78
5	Rute dan tujuan bus sesuai informasi	421	436	96,55
6	Bus tidak sering mogok atau rusak di perjalanan	424	422	100
<i>Responsiveness</i> (Daya tanggap)				
7	Petugas tanggap dengan keluhan penumpang	281	400	70,25
8	Petugas membantu penumpang yang kesulitan	419	432	97
<i>Assurance</i> (kepastian)				
9	Merasa aman saat di dalam bus	406	441	92
10	Petugas bus sopan dan dapat dipercaya	430	441	97,5
11	Adanya informasi layanan secara real-time yang bisa dipantau oleh pengguna	427	404	94,61
12	Informasi layanan mudah dipahami oleh penumpang	430	427	99,3
<i>Empathy</i> (Empati)				
13	Petugas memperhatikan kebutuhan penumpang	428	410	95,79
14	Pelayanan khusus disediakan bagi lansia, anak-anak, dan penyandang disabilitas	441	423	96
15	Waktu operasional sesuai dengan kebutuhan masyarakat	438	413	94,3
Rata-rata Tingkat Kesesuaian				93,03

b) Analisis Diagram Kartesius

Selanjutnya, diperlukan perhitungan untuk memperoleh nilai rata-rata dari setiap atribut Kinerja (X) dan Kepentingan (Y). Nilai-nilai ini digunakan sebagai Langkah awal untuk menentukan titik perpotongan (*cut-off point*) yang berfungsi sebagai garis pembagi dalam diagram Kartesius. Adapun perhitungan rata-rata kepentingan dan kinerja dilakukan sebagai berikut, sekali lagi atribut no.1 sebagai contoh hitung. Tabel 2 menyajikan nilai rata-rata tingkat kepentingan dan kinerja untuk masing-masing atribut pelayanan.

Rata - rata Kepentingan (X)

$$\begin{aligned} (X) &= \frac{\text{Total skor } X_i}{\text{jumlah responden}} \\ &= \frac{407}{100} \\ &= 4,07 \end{aligned}$$

Rata - rata Kinerja (Y)

$$(Y) = \frac{\text{Total skor } Y_i}{\text{jumlah responden}}$$

$$= \frac{414}{100} = 4,14$$

Tabel 2. Nilai Rata – Rata Atribut Kuesioner

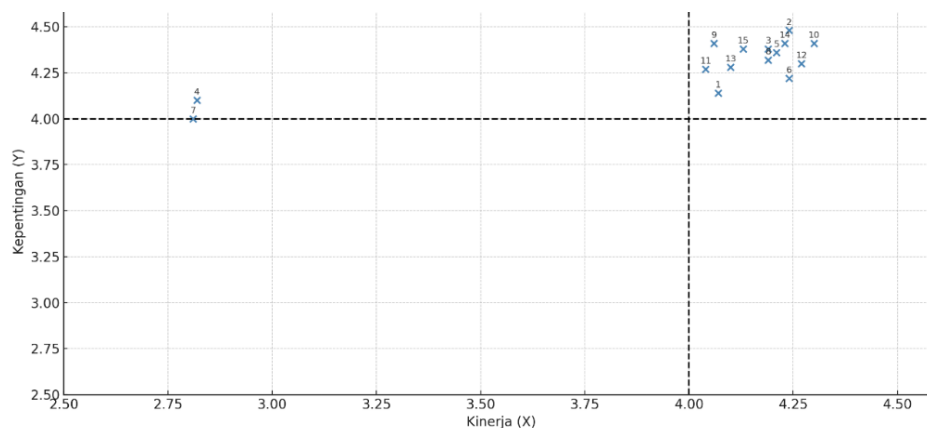
No	Atribut	Rata – Rata Tingkat Kinerja (X)	Rata – Rata Tingkat Kepentingan (Y)
1	Bus terlihat bersih dan terawat	4,07	4,14
2	Halte/tempat tunggu terlihat rapih dan bersih	4,24	4,48
3	Petugas memakai seragam dan terlihat profesional	4,19	4,38
4	Bus datang dan berangkat sesuai jadwal	2,82	4,1
5	Rute dan tujuan bus sesuai informasi	4,21	4,36
6	Bus tidak sering mogok atau rusak di perjalanan	4,24	4,22
7	Petugas tanggap dengan keluhan penumpang	2,81	4
8	Petugas membantu penumpang yang kesulitan	4,19	4,32
9	Merasa aman saat didalam bus	4,06	4,41
10	Pertugas bus sopan dan dapat dipercaya	4,3	4,41
11	Adanya informasi layanan secara real-time yang bisa dipantau oleh pengguna	4,04	4,27
12	Informasi layanan mudah dipahami oleh penumpang	4,27	4,3
13	Petugas memperhatikan kebutuhan penumpang	4,1	4,28
14	Pelayanan khusus disediakan bagi lansia, anak-anak, dan penyandang disabilitas	4,23	4,41
15	Waktu operasional sesuai dengan kebutuhan masyarakat	4,13	4,38
Total		59,9	60,36

Nilai rata-rata total dari masing-masing variabel digunakan untuk menentukan titik perpotongan garis X dan Y dalam diagram Kartesius, yang berfungsi sebagai acuan untuk mengelompokkan atribut ke dalam empat kuadran. Perhitungan titik perpotongan tersebut dilakukan sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{K} = \frac{59,9}{15} = 3,99 \approx 4,0$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y}{K} = \frac{60,36}{15} = 4,02 \approx 4,0$$

Setelah titik-titik potong untuk pembagi kuadran diketahui, langkah selanjutnya adalah menempatkan setiap atribut pada diagram kartesius, seperti pada Gambar 3.

**Gambar 3.** Hasil Pengolahan Data SPSS, 2025

c) Kuadran 1 (Prioritas Utama)

Atribut dalam kuadran ini dianggap sangat penting oleh pengguna, namun kinerjanya masih rendah, sehingga perlu mendapatkan perhatian dan perbaikan segera. Adapun Tabel 3 merupakan atribut kuadran I

Tabel 3. Atribut Kuadran I, Prioritas Utama

Kuadran I (Fokus Perbaikan)	
No	Atribut
1	Bus datang dan berangkat sesuai jadwal
2	Petugas tanggap dengan keluhan penumpang

d) Kuadran II (Pertahankan Prestasi)

Atribut ini penting bagi pengguna dan telah dilaksanakan dengan baik. Upaya perlu dilakukan untuk mempertahankan kualitas layanan pada atribut ini. Tabel 4 adalah atribut - atribut atau pernyataan yang berada pada Kuadran II.

Tabel 4. Atribut Kuadran II, Pertahankan Prestasi

Kuadran II (Pertahankan Prestasi)	
No	Atribut
1	Bus terlihat bersih dan terawat
2	Halte/tempat tunggu terlihat rapih dan bersih
3	Petugas memakai seragam dan terlihat profesional
5	Rute dan tujuan bus sesuai informasi
6	Bus tidak sering mogok atau rusak di perjalanan
8	Petugas membantu penumpang yang kesulitan
9	Merasa aman saat didalam bus
10	Merasa aman saat didalam bus
11	Adanya informasi layanan secara <i>real-time</i> yang bisa dipantau oleh pengguna
12	Informasi layanan mudah dipahami oleh penumpang
13	Petugas memperhatikan kebutuhan penumpang
14	Pelayanan khusus disediakan bagi lansia, anak-anak, dan penyandang disabilitas
15	Waktu operasional sesuai dengan kebutuhan masyarakat

e) Kuadran III (Prioritas Rendah)

Atribut dalam kuadran ini dianggap kurang penting oleh pengguna dan kinerjanya juga rendah, sehingga peningkatannya tidak menjadi prioritas mendesak. Pada penelitian ini, tidak ada atribut yang jelas masuk kuadran III.

f) Kuadran IV (Berlebihan)

Atribut yang berada di kuadran ini adalah atribut yang memiliki tingkat kinerja yang tinggi namun memiliki tingkat kepentingan yang rendah. Atribut yang berada di kuadran ini dapat dilakukan efisiensi apabila ditemukan terdapat kinerja yang sia - sia yang seharusnya tidak perlu dilakukan. Tidak ada atribut dalam Kuadran IV ini.

2. Metode CSI

Customer Satisfaction Index (CSI) adalah metode analisis yang digunakan untuk mengukur tingkat kepuasan pelanggan terhadap kinerja suatu Perusahaan atau lembaga. Dalam konteks ini, CSI digunakan untuk mengevaluasi kepuasan penumpang terhadap pelayanan Bus Tayo Koridor 1.

Perhitungan CSI didasarkan pada dua komponen utama:

Mean Satisfaction Score (MSS) atau rata-rata skor kinerja (X)

Mean Importance Score (MIS) atau rata-rata skor kepentingan (Y)

Nilai MSS dan MIS dihitung dari hasil kuesioner terhadap masing-masing atribut pelayanan.

Berikut ini disajikan Tabel 5 yang memuat nilai rata-rata MSS (X) dan MIS (Y) untuk masing-masing atribut.

Tabel 5. Nilai Rata – Rata MSS (X) dan MIS (Y)

	<i>Mean Satisfaction Score (X)</i>		<i>Mean Importance Score (Y)</i>
X1	4,07	Y1	4,14
X2	4,24	Y2	4,48
X3	4,19	Y3	4,38
X4	2,82	Y4	4,1
X5	4,21	Y5	4,36
X6	4,24	Y6	4,22
X7	2,81	Y7	4
X8	4,19	Y8	4,32
X9	4,06	Y9	4,41
X10	4,3	Y10	4,41
X11	4,04	Y11	4,27
X12	4,27	Y12	4,3
X13	4,1	Y13	4,28
X14	4,23	Y14	4,41
X15	4,13	Y15	4,38
Jumlah	59,9	Jumlah	60,36

Selanjutnya, untuk memperoleh nilai *Customer Satisfaction Index* (CSI), dilakukan perhitungan *Weight Factor* (WF), *Weight Score* (WS) = WF × MSS_i, *Weight Total* (WT), dan terakhir CSI, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Weight Factor (WF)} &= \frac{MIS_i}{\sum MIS} \times 100 \\ &= \frac{4,14}{60,36} \times 100 \\ &= 6,86 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan mencari nilai *Weight Score* (WS) atribut No. 1

$$\begin{aligned} \text{Weight Score (WS)} &= \text{WF} \times \text{MSS} \\ &= 6,86 \times 4,07 \\ &= 27,92 \end{aligned}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk seluruh atribut, dan hasil akhirnya digunakan untuk memperoleh nilai CSI secara keseluruhan, yang menggambarkan tingkat kepuasan penumpang terhadap kualitas pelayanan Bus Tayo Koridor 1.

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai Wf, Ws, WT dan CSI

No Atribut	<i>Weight Factor (WF)</i>	<i>Weight Score (WS)</i>
1	6,86	27,92
2	7,42	31,46
3	7,26	30,42
4	6,79	19,15
5	7,22	30,40
6	6,99	29,64
7	6,63	18,63
8	7,16	30,00
9	7,31	29,68

10	7,31	31,43
11	7,07	28,56
12	7,12	30,40
13	7,10	29,11
14	7,31	30,92
15	7,26	29,98
Weight Total (WT)		400,7
Nilai Customer Satisfaction Index (CSI) =		
$(WT/n) \times 100\% = 400,7/5 \times 100\% = 80,14\%$		

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai CSI sebesar 80,14% menunjukkan bahwa tingkat kepuasan pelanggan terhadap kualitas pelayanan Bus Tayo Koridor 1 berada pada rentang 66% – 80,99%, yang termasuk dalam kategori “Puas”.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa secara umum, pelanggan merasa puas terhadap layanan yang diberikan. Namun demikian, masih terdapat ruang untuk peningkatan, terutama pada atribut-atribut dengan skor kinerja rendah, agar pelayanan dapat mencapai kategori “Sangat Puas” (CSI \geq 81%).

1. Metode SERVQUAL

Setelah dilakukan analisis IPA dan CSI, selanjutnya dilakukan pengukuran kesenjangan (gap) antara harapan dan persepsi (kinerja) pengguna terhadap kualitas pelayanan Bus Tayo Koridor 1 Kota Tangerang. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan metode SERVQUAL (*Service Quality*), yang dikembangkan oleh Parasuraman, Zeithaml, dan Berry. Model ini menilai kualitas layanan berdasarkan lima dimensi utama: *Tangibles* (bukti fisik), *Reliability* (keandalan), *Responsiveness* (ketanggapan), *Assurance* (jaminan), dan *Empathy* (empati).

Analisis SERVQUAL dilakukan dengan membandingkan antara nilai rata-rata persepsi pengguna (X) dan nilai rata-rata harapan pengguna (Y) pada setiap atribut pelayanan. Data dikumpulkan melalui kuesioner yang disebarluaskan kepada 100 responden, masing-masing menilai 15 atribut pelayanan berdasarkan skala Likert 1–5.

a) Penghitungan Nilai Kinerja (Persepsi)

Nilai persepsi diperoleh berdasarkan jawaban responden terhadap tingkat kepuasan yang dirasakan.

Contoh perhitungan untuk atribut X1 adalah sebagai berikut:

$$\sum Xi = (\sum SS \times 5) + (\sum S \times 4) + (\sum CS \times 3) + (\sum TS \times 2) + (\sum STS \times 1)$$

$$\sum Xi = (35 \times 5) + (49 \times 4) + (7 \times 3) + (6 \times 2) + (3 \times 1)$$

$$\sum Xi = 407$$

$$\bar{Xi} = \frac{407}{100}$$

$$\bar{Xi} = 4,07$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh rata-rata tingkat kinerja untuk atribut pertama sebesar 4,07. Prosedur serupa dilakukan untuk seluruh 15 atribut. Rekapitulasi hasil tingkat kinerja dari masing-masing atribut ditampilkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Bobot Variabel Kinerja Menurut Responden

Pernyataan Atribut	Tingkat Kinerja (X)					Jumlah	Bobot	Rata - Rata Nilai Kepentingan
	STS	TS	N	S	SS			
X1	3	6	7	49	35	100	407	4.07
X2	0	0	2	72	26	100	424	4.24
X3	0	3	6	60	31	100	419	4.19
X4	26	24	9	24	17	100	282	2.82
X5	1	3	4	58	34	100	421	4.21
X6	1	2	7	52	38	100	424	4.24
X7	21	33	6	24	16	100	281	2.81
X8	0	4	8	53	35	100	419	4.19
X9	1	6	5	62	26	100	406	4.06

Pernyataan Atribut	Tingkat Kinerja (X)					Jumlah	Bobot	Rata - Rata Nilai Kepentingan
	STS	TS	N	S	SS			
X10	0	0	3	64	33	100	430	4.30
X11	2	8	4	56	30	100	404	4.04
X12	1	2	5	53	39	100	427	4.27
X13	0	6	7	58	29	100	410	4.10
X14	0	2	3	65	30	100	423	4.23
X15	1	4	4	63	28	100	413	4.13

b) Penghitungan Nilai Harapan (Kepentingan)

Nilai harapan menunjukkan tingkat kepentingan atau ekspektasi pengguna terhadap pelayanan yang ideal. Contoh perhitungan untuk atribut Y1:

$$\sum yi = (\sum SS \times 5) + (\sum S \times 4) + (\sum CS \times 3) + (\sum TS \times 2) + (\sum STS \times 1)$$

$$\sum yi = (28 \times 5) + (63 \times 4) + (4 \times 3) + (5 \times 2) + (0 \times 1)$$

$$\sum yi = 414$$

$$\bar{y}_i = \frac{414}{100}$$

$$\bar{y}_i = 4,14$$

Nilai rata-rata harapan untuk seluruh atribut ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Bobot Variabel Kepentingan Menurut Responden

Pernyataan Atribut	Tingkat Kepentingan (Y)					Jumlah	Bobot	Rata - Rata Nilai Kepentingan
	STS	TS	N	S	SS			
Y1	0	5	4	63	28	100	414	4.14
Y2	0	0	2	48	50	100	448	4.48
Y3	0	0	4	54	42	100	438	4.38
Y4	0	12	9	36	43	100	410	4.10
Y5	0	1	6	49	44	100	436	4.36
Y6	0	2	7	58	33	100	422	4.22
Y7	1	11	15	33	40	100	400	4.00
Y8	0	1	7	51	41	100	432	4.32
Y9	0	1	9	38	52	100	441	4.41
Y10	0	0	4	51	45	100	441	4.41
Y11	0	4	8	45	43	100	427	4.27
Y12	0	0	8	54	38	100	430	4.30
Y13	0	4	7	46	43	100	428	4.28
Y14	0	0	5	49	46	100	441	4.41
Y15	0	1	8	43	48	100	438	4.38

c) Penghitungan GAP (Kesenjangan Pelayanan)

Nilai gap (SQ) menunjukkan selisih antara nilai kinerja (X) dan harapan (Y). Gap dihitung dengan rumus 2.13

Contoh penghitungan gap untuk atribut pertama:

$$SQ_i = \bar{X}_i - \bar{y}_i$$

$$SQ_i = \text{Nilai gap atribut ke-i}$$

$$\bar{X}_i = 4,07$$

$$\bar{y}_i = 4,14$$

$$SQ_i = 4,07 - 4,14 = -0,07$$

Hasil lengkap penghitungan gap untuk seluruh atribut dapat dilihat pada Tabel 9. Gap bernilai negatif menunjukkan bahwa harapan lebih tinggi dibanding nilai persepsi, yang berarti kualitas layanan pada atribut tersebut (belum memenuhi harapan).

Tabel 9. Nilai Rata - Rata GAP Terhadap Kualitas Pelayanan

Atribut Pelayanan	Kinerja Pelayanan (X)		Kepentingan Pelayanan (Y)		Nilai GAP
	Bobot Kinerja	Rata - Rata Kinerja	Bobot Kepentingan	Rata - Rata Kepentingan	
1	407	4.07	414	4.14	-0.07
2	424	4.24	448	4.48	-0.24
3	419	4.19	438	4.38	-0.19
4	282	2.82	410	4.10	-1.28
5	421	4.21	436	4.36	-0.15
6	424	4.24	422	4.22	0.02
7	281	2.81	400	4.00	-1.19
8	419	4.19	432	4.32	-0.13
9	406	4.06	441	4.41	-0.35
10	430	4.30	441	4.41	-0.11
11	404	4.04	427	4.27	-0.23
12	427	4.27	430	4.30	-0.03
13	410	4.1	428	4.28	-0.18
14	423	4.23	441	4.41	-0.18
15	413	4.13	438	4.38	-0.25
Jumlah		59.9		64.46	

Penghitungan Kualitas Pelayanan Berdasarkan Dimensi Servqual Gap. Perhitungan rata - rata jawaban antara harapan/kepentingan pengguna mengenai pelayanan jasa terhadap kenyataan pelayanan yang dirasakan oleh pelanggan berdasarkan lima dimensi *Service Quality* yang terdiri dari : *Tangibles* (Bukti Fisik). *Reliability* (Keandalan). *Assurance* (Jaminan). *Empathy* (Empati) dan *Responsiveness* (Daya Tanggap).

Perhitungan rata - rata jawaban responden per dimensi nilai Servqual Gap untuk kinerja (X) dan (Y) dihitung sebagai berikut:

- a. Nilai Kinerja (Persepsi)

$$XD_1 = \frac{4.07 + 4.24 + 4.19}{3}$$

$$XD_1 = 4.17$$

- b. Nilai Kepentingan (Harapan)

$$YD_1 = \frac{4.14 + 4.48 + 4.38}{3}$$

$$YD_1 = 4.33$$

- c. Nilai Gap

$$GAP_1 = XD_1 - YD_1 = 4.17 - 4.33 = -0.16$$

- d. Indeks Kualitas Pelayanan

$$Q1 = 4.17/4.33 = 0.96$$

Tabel 10. Rekapitulasi dari perhitungan poin a sampai dengan d untuk setiap dimensi pelayanan

Dimensi Pelayanan	Atribut Pelayanan	Jumlah Rata - Rata kinerja	Jumlah Rata - rata kepentingan	Nilai Kinerja Pelayanan (X)	Nilai Kepentingan Pelayanan (Y)	Nilai GAP	Kualitas Pelayanan (Q)
<i>Tangibles</i> (Bukti Fisik)	7 - 8	7.00	8.32	3.50	4.16	-	0.84
<i>Reliability</i> (Keandalan)	1 - 3	12.5	13.00	4.17	4.33	-	0.96
<i>Responsiveness</i> (Daya Tanggap)	13 - 15	12.46	13.07	4.15	4.36	-	0.95
<i>Assurance</i> (Jaminan)	4 - 6	11.27	12.68	3.76	4.23	-	0.89

Dimensi Pelayanan	Atribut Pelayanan	Jumlah Rata - Rata kinerja	Jumlah Rata - rata kepentingan	Nilai Kinerja Pelayanan (X)	Nilai Kepentingan Pelayanan (Y)	Nilai GAP	Kualitas Pelayanan (Q)
<i>Empathy</i> (Empati)	9 - 12	16.67	17.39	4.17	4.35	-0.18	0.96

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.21. diketahui bahwa seluruh dimensi memiliki nilai gap negatif. yang menunjukkan bahwa pelayanan belum sepenuhnya memenuhi harapan pengguna. Dimensi dengan kesenjangan terbesar adalah *tangibles* (bukti fisik) dengan gap sebesar -0.66 yang mengindikasikan perlunya peningkatan dalam aspek fisik layanan seperti fasilitas bus, kebersihan, dan kenyamanan.

Sebaliknya dimensi dengan kesenjangan terkecil adalah *reliability* (keandalan) dengan nilai gap sebesar -0.16, yang menunjukkan bahwa aspek keandalan layanan seperti ketepatan waktu dan keakuratan informasi relatif paling mendekati harapan pengguna.

Meski seluruh nilai indeks kualitas (Q) masih berada di bawah angka 1, nilainya mendekati 1, yang mengindikasikan bahwa kualitas pelayanan secara umum sudah berada pada tingkat yang cukup memadai. Namun, untuk mencapai layanan yang optimal dan berorientasi pada kepuasan pelanggan perlu dilakukan peningkatan kualitas secara berkelanjutan terutama pada dimensi yang memiliki gap terbesar.

Hasil Analisis dengan Menggunakan 3 (tiga) metode. penelitian ini menemukan bahwa ke tiga metode yang digunakan. yakni IPA, CSI dan Servqual diketahui menghasilkan luaran yang sesuai (sinkron), bahwa menurut IPA ada 2 indikator yang harus segera diperbaiki, yakni indikator nomor 4 (Bus datang dan berangkat sesuai dengan jadwal) dan nomor 7 (Petugas tanggap dengan keluhan penumpang) sementara itu hasil dari metode CSI dengan persentase kepuasan sebesar 80.14% diketahui bahwa *Weight Factor* (WF) indikator no 2 dan 4 mempunyai nilai WF terendah yakni sebesar 6.79 dan 6.63. dan hasil dari Servqual memperkuat temuan dari ke dua metode sebelumnya. Servqual menemukan bahwa ke dua indikator ini mempunyai nilai gap tertinggi yakni -1.28 dan -1.19. Namun, ketiga metode ini adalah hasil penilaian pengguna atau masyarakat, sehingga perlu dilakukan penilaian dari seorang pengamat transportasi untuk menilai kondisi di lapangan.

Hasil dari pengamatan (*expert judgement*) menemukan bahwa indikator nomor 4 (Bus datang dan berangkat sesuai Jadwal) memang belum sesuai, karena pada saat pemeriksaan ada Bus yang datang dan berangkat tidak sesuai jadwal. Namun, berdasarkan pengamatan di lapangan, indikator nomor 7 (Petugas tanggap dengan keluhan penumpang), terlihat sudah sesuai. Pengamat mengambil kesimpulan indikator nomor 7 sudah sesuai, karena pada saat survey, petugas dengan sigap membantu penumpang disabilitas untuk naik ke dalam bus dan selalu membantu mencarikan tempat duduk bagi penumpang prioritas. Pengamatan dilakukan terhadap 5 bus, dan semua petugas di bus yang lain pun mempunyai karakter yang sama.

Justru indikator lain yang diketahui tidak sesuai saat pemeriksaan di lapangan adalah indikator nomor 11 yakni adanya informasi layanan secara *real-time* yang bisa dipantau oleh pengguna. Penumpang belum bisa mendapat informasi secara real time bus yang ditunggu untuk ditumpangi sudah sampai di mana, atau berapa lama lagi tiba di halte tempat mereka menunggu. Hal ini membuat dimensi kepastian menjadi tidak terpenuhi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Faktor pelayanan yang menjadi prioritas untuk diperbaiki pada Bus Si Tayo Koridor 1 (Poris Plawad – Jatake) adalah atribut-atribut yang ini. tergolong dalam Kuadran I (Prioritas Utama) berdasarkan analisis metode IPA. Atribut tersebut adalah:
 - a) Bus datang dan berangkat sesuai dengan jadwal
 - b) Petugas tanggap dengan keluhan penumpang

Kedua atribut ini memiliki tingkat kepentingan yang tinggi, namun tingkat kinerjanya masih rendah, sehingga perlu menjadi fokus utama dalam strategi perbaikan pelayanan.

- 2) Tingkat kepuasan pengguna terhadap pelayanan Bus Si Tayo Koridor 1 tergolong dalam kategori “puas” berdasarkan hasil analisis *Customer Satisfaction Index* (CSI) yang memperoleh skor sebesar 80.14%. Skor ini berada dalam rentang 66%–80.99% yang menunjukkan bahwa secara umum penumpang merasa cukup puas dengan layanan yang diberikan meskipun masih terdapat ruang untuk peningkatan.
- 3) 13 indikator pelayanan dari total 15 indikator terperiksa dari Bus Si Tayo Koridor 1 telah sesuai dengan 5 dimensi Servqual. Dua indikator yang belum sesuai adalah. Bus datang dan berangkat sesuai jadwal dan Informasi layanan mudah dipahami oleh penumpang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada seluruh responden serta pihak-pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, dan kontribusi dalam proses penelitian ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- R Algifari. (2019). Mengukur Kualitas Pelayanan dengan Indeks Kepuasan Metode Importance Performance Analysis (IPA) dan Model Kano (Edisi Revi). BPFE-YOGYAKARTA.
- Arifin. A.. & Widyaningsih. N. (2021). Analisis Kinerja dan Kepuasan Pelayanan Terhadap Moda Transportasi Microtrans Jak Lingko (Puri Kembangan - Kalideres). *Jurnal Sosial Teknologi*. 1(5). 410–418. <https://doi.org/10.59188/journalsostech.v1i5.55>
- Amsal. (2018). Kebijakan Pengembangan Transportasi Perkotaan. INDOCAMP.
- Ariga. W.. & Bastian. E. (2020). Tinjauan Kinerja Pelayanan Angkutan Umum PO Karya Abadi R Batusangkar-Bukittinggi. *Rang Teknik Journal*. 3(2). 155–161.
- Aprilianti. M. A. (2024, April 23). *Bus Tayo Kota Tangerang bakal terintegrasi dalam 5 tahun*. IDN Times Banten. <https://banten.idntimes.com/news/banten/maya-aulia-aprilianti-1/bus-tayo-kota-tangerang-bakal-terintegrasi-dalam-5-tahun>
- Diana. A.. Nuryani. & Waskito. (2021). Peranan Trans Jateng Kendala Terhadap Perubahan Sosial Masyarakat Kabupaten Kendal. *Indonesia Journal of Geography Education*. 2(1). 19–28.
- Firdaus. R.. Wahyuni. A.. & Tistogondo. J. (2021). Analisis Tingkat Kepuasan Konsumen Terhadap Kualitas Layanan Bus Rapid Transit. Surabaya. *Jurnal Media Informasi Teknik Sipil UNIJA*. 9(1). 47–56.
- Lim. A. L. (2019). Analisis Kinerja Angkutan Umum Oplet di Pontianak. *MABIS-Jurnal Ilmiah Fakultas Ekonomi Dan Bisnis Universitas Widya Dharma Pontianak*. 10(2). 75.
- Nagy. S.. & Csiszár. C. (2020). The quality of smart mobility: A systematic review. In *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport* (Vol. 109). <https://doi.org/10.20858/sjsuts.t.2020.109.11>
- Nur. N. K.. Rangan. P. R.. & Mahyuddin. (2021). Sistem Transportasi. In *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*. (Vol. 1. Issue 69).
- Pemerintah Kota Tangerang. (2024, Januari 8). *Bus Tayo. angkutan kartun yang jadi kenyataan di Kota Tangerang*. Tangerangkota.go.id. <https://tangerangkota.go.id/berita/detail/33625/bus-tayo-angkutan-kartun-yang-jadi-kenyataan-di-kota-tangerang>
- Pemerintah Kota Tangerang. (2024, Juli 8). *Bus Tayo kian diminati masyarakat Kota Tangerang. layani 474.301 penumpang di semester 1 2024*. Tangerangkota.go.id. <https://www.tangerangkota.go.id/berita/detail/44209/bus-tayo-kian-diminati-masyarakat-kota-tangerang-layani-474-301-penumpang-di-semester-1-2024>

Evaluasi kinerja simpang bersinyal Jl. Imam Bonjol – Jl. Gunung Sopotan Kecamatan Denpasar Barat

I Putu Arya Alit Kamboja^{a*}, Dewa Ayu Nyoman Sriastuti^a, I Gusti Agung Gede Nodya Dharmastika^a

^a Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Warmadewa

Corresponding Author:

Email: aryaalit333@gmail.com

Keywords:

Congestion, intersection performance, signalized

Received :

Revised :

Accepted :

Abstract: *Transportation plays an important role in supporting community activities, both in individual mobility and in the process of distributing goods. In general, transportation activities are never separated from the problem of traffic congestion that generally occurs in urban areas, especially at road intersections that are the meeting point of vehicle flows from various directions. In Denpasar City, the growth rate of vehicles continues to increase reaching around 10-12% per year. This is very unbalanced with the available road capacity, causing congestion, especially in commercial areas. The Imam Bonjol - Gunung Sopotan intersection is one of the signalized intersections known to experience traffic congestion due to non-optimal signal timing. The survey results show that the redlight duration is too long causing queues of vehicles, especially during peak hours because the area is a commercial area with high activity. This study aims to evaluate the performance of the intersection and plan more effective signal timings to improve optimal traffic flow at the intersection.*

Copyright © 2026 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan masyarakat modern, transportasi memainkan peran yang sangat penting dalam memfasilitasi aktivitas masyarakat, baik mobilitas individu maupun pendistribusian barang. Menurut Khaerat Nur et al. (2021), transportasi merupakan kegiatan yang bertujuan untuk memindahkan, mengangkut, atau mengalihkan manusia maupun barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Saat ini, peran transportasi semakin penting, yang secara tidak langsung berdampak pada peningkatan volume pergerakan di berbagai jaringan jalan. Dampak tersebut terjadi sebagai akibat peningkatan mobilitas masyarakat serta pertumbuhan jumlah moda transportasi yang lebih cepat dibandingkan dengan perkembangan infrastruktur dan fasilitas lalu lintas yang tersedia (Markus, Tjitra Handayani, & Astutik, 2023). Sejalan dengan hal tersebut, ketidaksesuaian yang terjadi tentunya dapat menyebabkan permasalahan lalu lintas salah satunya kemacetan (Ariawan et al., 2024). Lokasi kemacetan umumnya terjadi pada persimpangan yang menjadi titik sentral kemacetan lalu lintas khususnya pada jam sibuk (*peak hour*) di hari kerja maupun hari libur karena banyaknya pergerakan arus lalu lintas (Supriyanto, Pranoto, & Prabandari, 2025).

Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan (Khisty & Kent Lall, 2003). Persimpangan harus dirancang dengan hati-hati, dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas (Khisty & Kent Lall, 2003). Persimpangan merupakan salah satu elemen penting yang perlu diperhatikan dalam upaya memperlancar arus lalu lintas di kawasan perkotaan. Kinerja simpang yang baik dapat mendukung terciptanya sistem transportasi yang lancar dan sesuai dengan harapan. Kinerja sebuah persimpangan dapat diukur dari tundaan dan kapasitas persimpangan. Dimana tundaan pada persimpangan adalah total waktu dari hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan saat melewati suatu persimpangan (Alvian Ariesta, Sugiarto Waloejo, & Widyawati Agustin, 2020). Besarnya tundaan dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya pengaturan waktu sinyal yang tepat pada lampu lalu lintas.

Kota Denpasar mengalami laju pertumbuhan kendaraan yang cukup tinggi, dimana kondisi ini memberikan dampak langsung terhadap kinerja infrastruktur transportasi, khususnya pada titik-titik simpang bersinyal. Berdasarkan survei pendahuluan, pada simpang Jalan Imam Bonjol – Jalan Gunung

Soputan ditemukan adanya ketidakseimbangan durasi siklus sinyal lalu lintas, dimana sinyal merah berlangsung lebih lama dibandingkan sinyal hijau pada setiap lengan simpang. Ketidakseimbangan ini mengakibatkan antrean kendaraan yang cukup panjang dan kepadatan lalu lintas, terutama pada jam-jam sibuk, mengingat tingginya aktivitas komersial di kawasan tersebut.

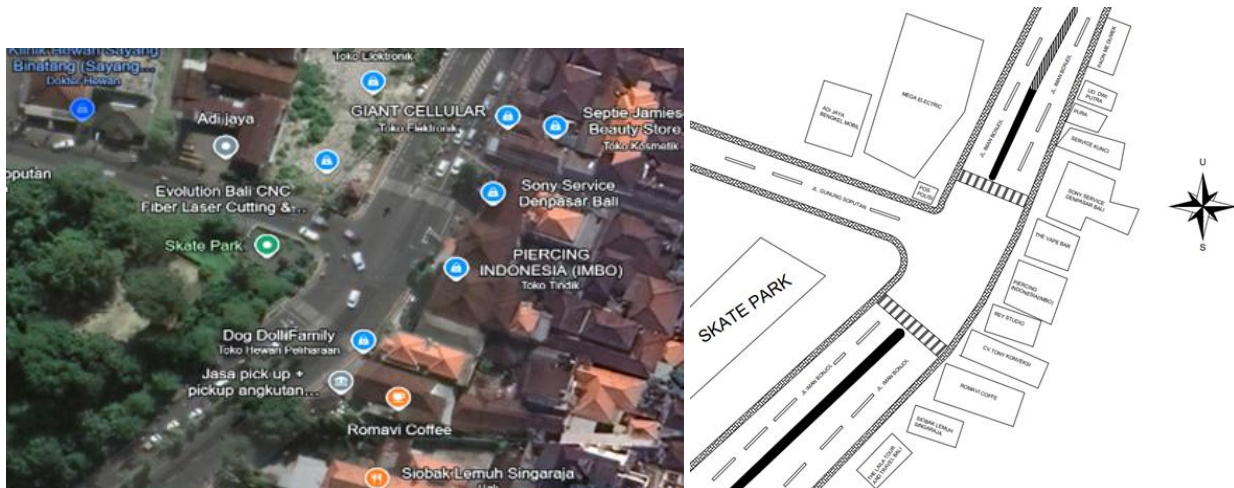
Penelitian terkait kinerja simpang bersinyal telah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti sebelumnya. Salah satunya penelitian oleh Hendratma, Sriastuti, & Eryani (2024) yang menganalisis kinerja simpang bersinyal pada simpang Jalan Imam Bonjol – Jalan Sunset Road, akibat pengaturan waktu sinyal dan waktu siklus yang kurang optimal. Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan waktu siklus dan waktu sinyal dapat menghasilkan pengaturan sinyal yang lebih efisien dengan tingkat pelayanan meningkat ke kategori B. Penelitian serupa dilakukan oleh Widana Negara, Karnata Mataram, & Premana Sigraha (2017) pada simpang Jalan Raya Tuban–Jalan Satria–Jalan Raya Kuta. Berdasarkan hasil analisis dengan beberapa alternatif, diperoleh bahwa *resetting* lampu lalu lintas dengan teknik multi program menghasilkan tingkat pelayanan yang lebih baik yaitu C-F. Penelitian lainnya dilakukan oleh Warianti, Windari, & Sari (2024) pada simpang Jalan TB Simatupang – Jalan Condet, Jakarta. Hasil analisis menunjukkan bahwa pelebaran pada masing-masing pendekatan menjadi solusi terbaik, dengan peningkatan tingkat pelayanan dari kategori F (sebelum pelebaran) menjadi D (setelah pelebaran). Sementara itu, Basuki, M, & Subagio (2024) melakukan penelitian pada simpang Jalan Kallmamtan – Jalan Bali – Jalan Maluku – Jalan Raya Kuningan. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi pengaturan ulang sinyal dan pelarangan belok kanan merupakan alternatif yang paling efektif, dengan peningkatan tingkat pelayanan menjadi kategori C.

Berdasarkan hal tersebut, permasalahan yang terjadi pada area persimpangan memerlukan adanya upaya untuk membenahi pengaturan lalu lintas agar bisa mengoptimalkan dan meningkatkan kinerja simpang. Hal yang sama juga terjadi pada simpang Jalan Imam Bonjol – Jalan Gunung Soputan, yang memerlukan penanganan untuk meningkatkan kelancaran arus lalu lintas di kawasan tersebut. Penelitian ini difokuskan untuk menilai kinerja operasional simpang bersinyal pada persimpangan Jalan Imam Bonjol – Jalan Gunung Soputan saat ini, dan merumuskan perencanaan siklus sinyal lalu lintas yang optimal pada simpang tersebut sesuai dengan peraturan PKJI 2023.

2. DATA DAN METODE

Lokasi penelitian

Lokasi persimpangan yang akan ditinjau berlokasi di Jalan Imam Bonjol – Jalan Gunung Soputan, Kota Denpasar, Kecamatan Denpasar Barat, Provinsi Bali seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Pengumpulan data primer

- a) Kondisi geometrik persimpangan jalan
Pengumpulan data mengenai kondisi fisik simpang Jalan Imam Bonjol – Jalan Gunung Soputan dengan melakukan pengukuran langsung terhadap beberapa elemen geometrik, seperti lebar jalan

utama, lebar jalur belok, bahu jalan, ukuran lajur kendaraan, serta dimensi trotoar yang tersedia di sekitar simpang.

- b) Volume lalu lintas
Data volume kendaraan dikumpulkan melalui survei lapangan yang dilakukan di lokasi simpang Jalan Imam Bonjol - Jalan Gunung Sopotan, Denpasar Barat, Bali. Survei ini bertujuan untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melintasi masing-masing pendekatan simpang selama periode tertentu.
- c) Durasi pengaturan lampu lalu lintas
Data mengenai pengaturan waktu sinyal lalu lintas diperoleh melalui pengamatan langsung di lokasi simpang. Penghitungan dilakukan dengan menggunakan stopwatch untuk mencatat lama waktu masing-masing fase sinyal (merah, kuning, hijau) pada tiap arah pendekatan.
- d) Hambatan samping
Data mengenai hambatan samping diperoleh dengan mencatat berbagai aktivitas yang dapat mengganggu kelancaran lalu lintas, seperti jumlah pejalan kaki yang melintas, kendaraan yang berhenti atau parkir di tepi jalan, kendaraan tidak bermotor, serta kendaraan yang masuk dan keluar dari lahan di sekitar simpang selama waktu pengamatan.

Pengumpulan data sekunder

- a) Data jumlah penduduk
Informasi mengenai jumlah penduduk Kota Denpasar, khususnya wilayah Denpasar Barat tahun 2023, diperoleh melalui data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Denpasar. Data tersebut dimanfaatkan sebagai dasar perhitungan dalam menentukan faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs).
- b) Peta lokasi penelitian pada Jl. Imam Bonjol – Gunung Sopotan Denpasar Barat, Provinsi Bali

Kapasitas dan derajat kejenuhan persimpangan

Kapasitas lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah maksimum arus kendaraan yang dapat dilayani secara berkelanjutan dalam kondisi tertentu (PKJI, 2023). Pada simpang bersinyal, kapasitas dihitung untuk masing-masing pendekatan atau untuk kelompok lajur dalam satu pendekatan, sesuai dengan formula yang ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \quad \text{Pers 1)}$$

Keterangan:

- C = kapasitas simpang APILL dalam SMP/jam
 J = arus jenuh dalam SMP/jam
 W_H = total waktu hijau dalam siklus, dalam detik
 s = waktu siklus, dalam detik

Untuk derajat kejenuhan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$D_j = \frac{q}{C} \quad \text{Pers 2)}$$

Dengan:

- D_j = derajat kejenuhan
 C = kapasitas segmen jalan, dalam SMP/jam
 q = volume lalu lintas, dalam SMP/jam

Perilaku Lalu-Lintas

- a) Panjang Antrian
Panjang antrian adalah banyaknya kendaraan yang berada pada persimpangan tiap jalur saat nyala lampu merah (PKJI, 2023). Perhitungan rata-rata panjang antrian berdasarkan PKJI (2023) dilakukan sesuai persamaan berikut.

Untuk derajat kejenuhan (DS) ≤ 0,5 seperti yang disajikan pada Persamaan 3.

$$NQ_1 = 0,25 \times s \times \left[(DJ - 1) + \sqrt{(DJ - 1)^2 + 8 \frac{DJ - 0,5}{s}} \right] \quad \text{Pers 3)}$$

Untuk derajat kejenuhan (DS) > 0,5 seperti yang disajikan pada Persamaan 4.

$$NQ_1 = 0 \quad \text{Pers 4)}$$

Panjang antrian (PA) dihitung dengan mengalikan jumlah kendaraan satuan mobil penumpang (Nq) dengan luas area rata-rata yang dibutuhkan oleh satu unit kendaraan (20 m²), kemudian dibagi dengan lebar jalur masuk (m), sebagaimana dinyatakan dalam Persamaan 5.

$$P_A = NQ \times 20 / L_M \quad \text{Pers 5)}$$

b) Kendaraan Henti

Angka Henti (RKH) pada setiap pendekatan didefinisikan sebagai rata-rata jumlah pemberhentian per kendaraan satuan mobil penumpang (SMP), termasuk pemberhentian berulang selama berada dalam antrian. Nilai RKH ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 6.

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \quad \text{Pers 6)}$$

c) Tundaan

Tundaan merupakan selisih waktu tempuh yang dibutuhkan oleh kendaraan saat melewati persimpangan dibandingkan dengan waktu tempuh pada lintasan yang tidak memiliki persimpangan. Nilai tundaan ini dihitung berdasarkan Persamaan 7.

$$T = T_{LL} + T_G \quad \text{Pers 7)}$$

Dimana:

T_{LL} = Tundaan lalu lintas
 T_G = Tundaan Geometrik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data geometrik persimpangan

Hasil survei geometrik yang dilakukan pada simpang Jalan Imam Bonjol – Jalan Gunung Soputan, Denpasar Barat, Bali, disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Geometrik Simpang

No.	Kaki Persimpangan	Kode	Lebar Rata-Rata (m)	Jumlah Lajur Pada Pendekatan	Lebar W/masuk (m)	Lebar W/Keluar (m)	Lebar Trotoar (m)
1	Jl. Raya Imam Bonjol (Pendekatan Selatan)	A	15	2	7.5	7.5	1.5
2	Jl. Raya Gunung Soputan (Pendekatan Barat)	B	7	2	3.5	3.5	1.35
3	Jl. Raya Imam Bonjol (Pendekatan Utara)	C	15	2	7.5	7.5	1.5

Data waktu sinyal

Adapun data waktu siklus pada simpang tiga Jln. Imam Bonjol – Jln. Gunung Soputan, Denpasar Barat ini yang diperoleh melalui survei di lapangan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Waktu Sinyal Eksisting

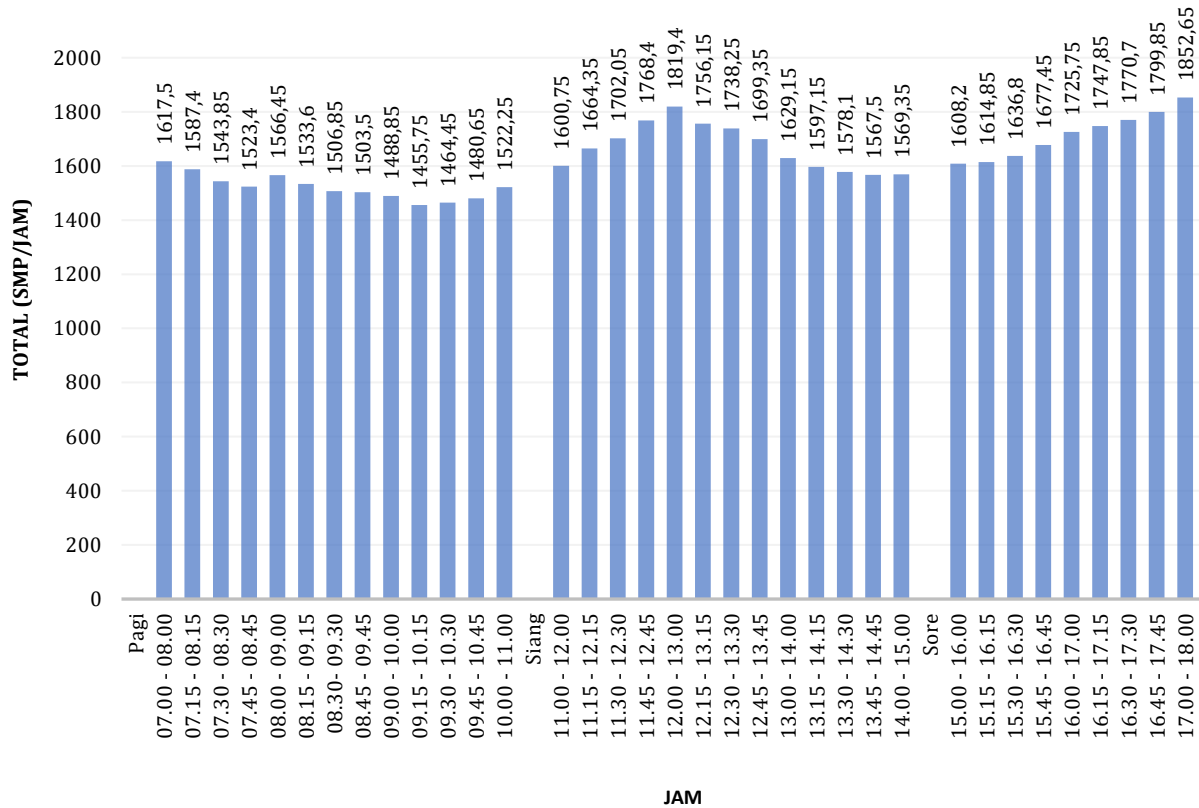
No	Fase/ Pendekat	Waktu Hijau (detik)	Waktu Kuning (detik)	Waktu Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)
1	Jl. Raya Imam Bonjol (Pendekatan Selatan)	75	3	124	198

2	Jl. Raya Gunung Soputan (Pendekatan Barat)	90	3	109
3	Jl. Raya Imam Bonjol (Pendekatan Utara)	15	3	184

Analisis volume lalu lintas

Hasil analisis jumlah volume lalu lintas smp/jam pada persimpangan Jalan Imam Bonjol – Jalan Gunung Soputan dapat dilihat pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4**.

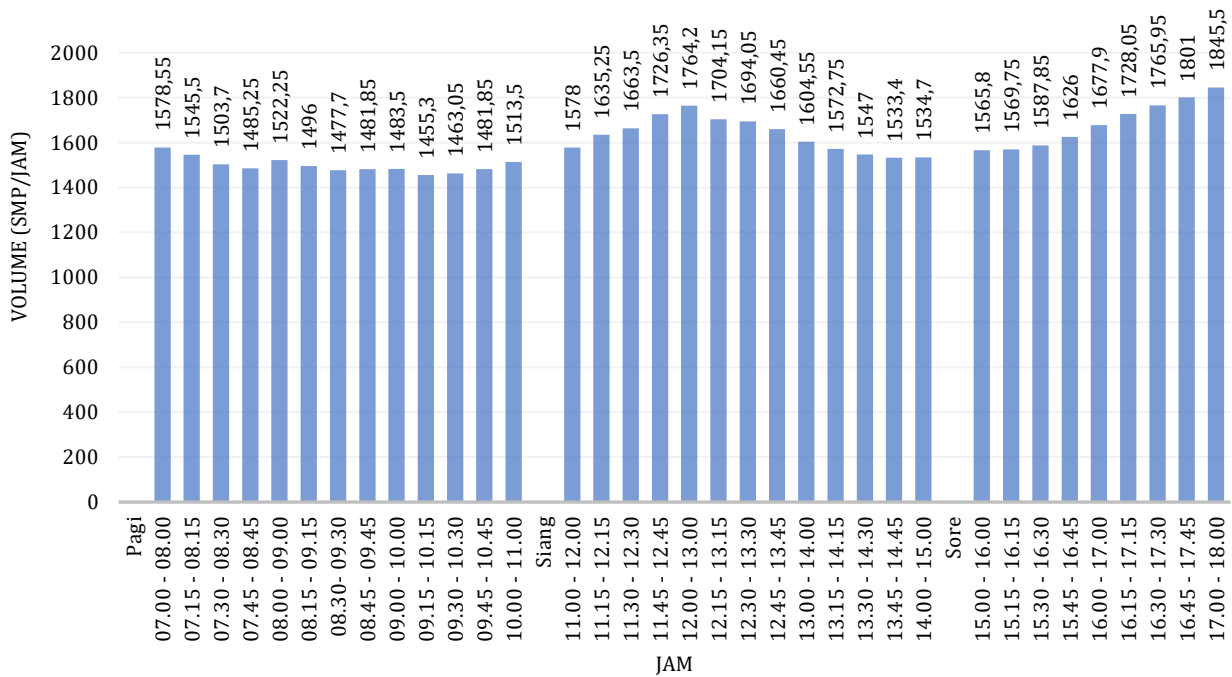
TOTAL (SMP/JAM) SENIN 9 JUNI 2025



Gambar 2. Rekapitulasi volume lalu lintas hari senin

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan fluktuasi rekapitulasi volume lalu lintas pada hari senin dengan hasil pada pagi hari jam 07.00-08.00 dengan nilai sebesar 1617,5 smp/jam, pada siang hari jam 12.00-13.00 dengan nilai sebesar 1819,4 smp/jam, dan fluktuasi tertinggi terjadi pada sore hari jam 17.00-18.00 dengan nilai sebesar 1852,65 smp/jam.

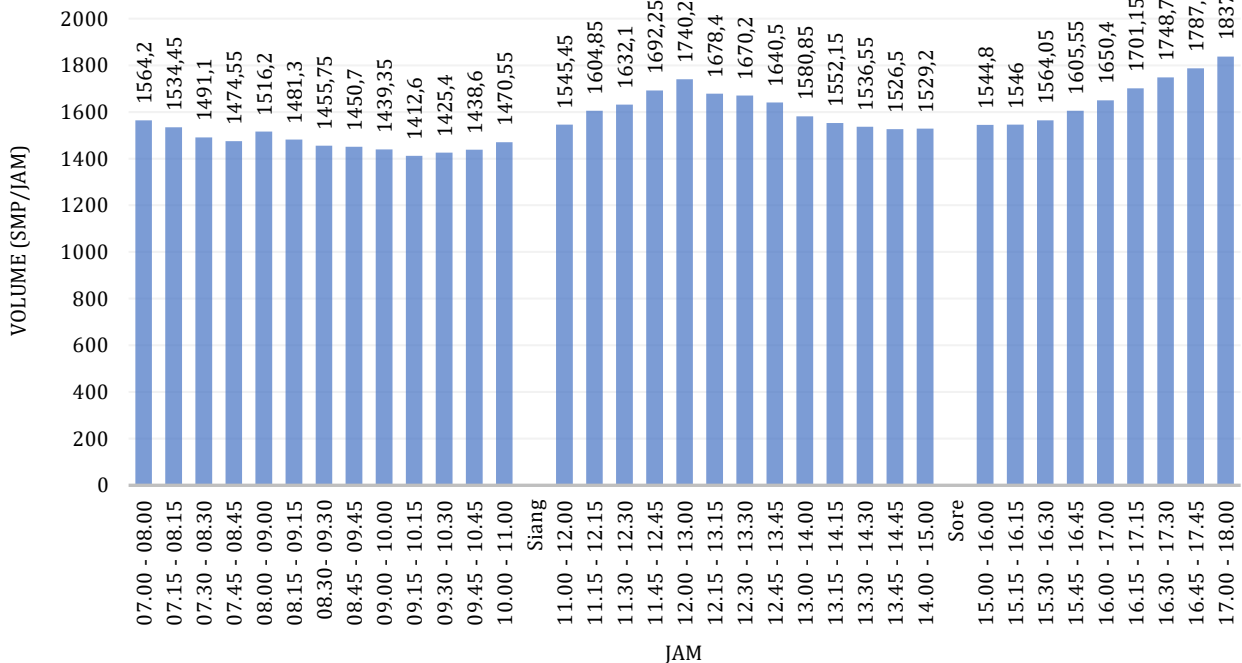
TOTAL (SMP/JAM) SABTU 14 JUNI 2025



Gambar 3. Rekapitulasi volume lalu lintas hari sabtu

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan fluktuasi rekapitulasi volume lalu lintas pada hari sabtu dengan hasil pada pagi hari jam 07.00-08.00 dengan nilai sebesar 1578,55 smp/jam, pada siang hari jam 12.00-13.00 dengan nilai sebesar 1764,2 smp/jam, dan fluktuasi tertinggi terjadi pada sore hari jam 17.00-18.00 dengan nilai sebesar 1845,5 smp/jam.

TOTAL (SMP/JAM) MINGGU 15 JUNI 2025

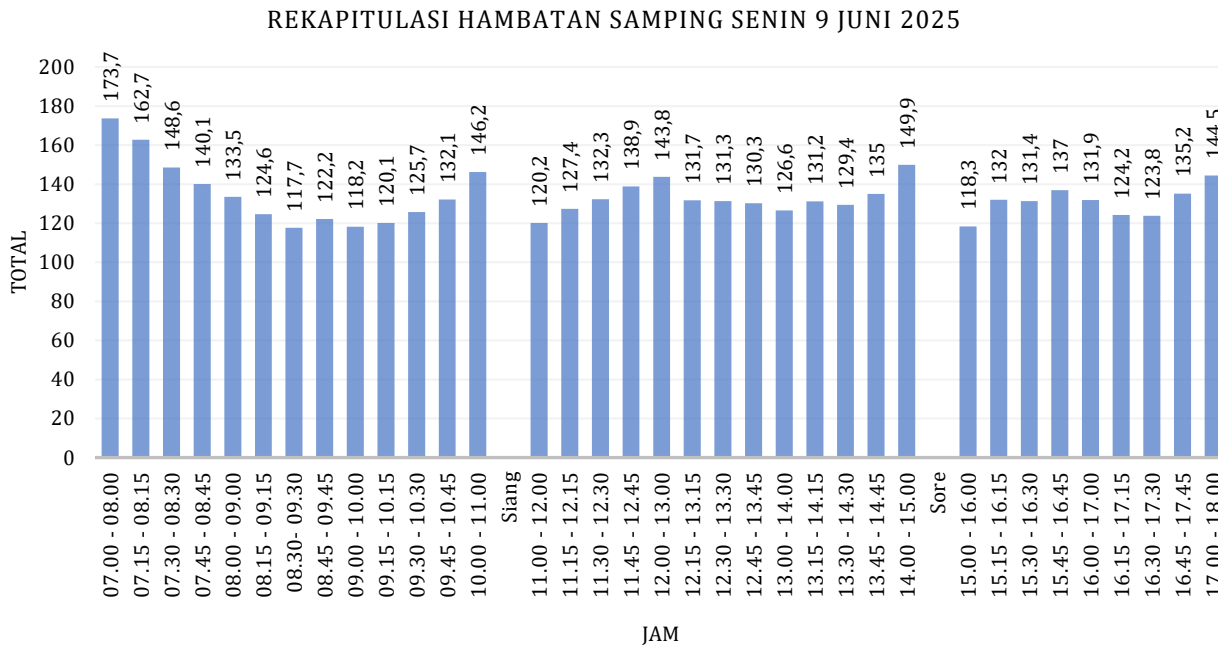


Gambar 4. Rekapitulasi volume lalu lintas hari minggu

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan fluktuasi rekapitulasi volume lalu lintas pada hari minggu dengan hasil pada pagi hari jam 07.00-08.00 dengan nilai sebesar 1564,2 smp/jam, pada siang hari jam 12.00-13.00 dengan nilai sebesar 1740,2 smp/jam, dan fluktuasi tertinggi terjadi pada sore hari jam 17.00-18.00 dengan nilai sebesar 1837,95 smp/jam.

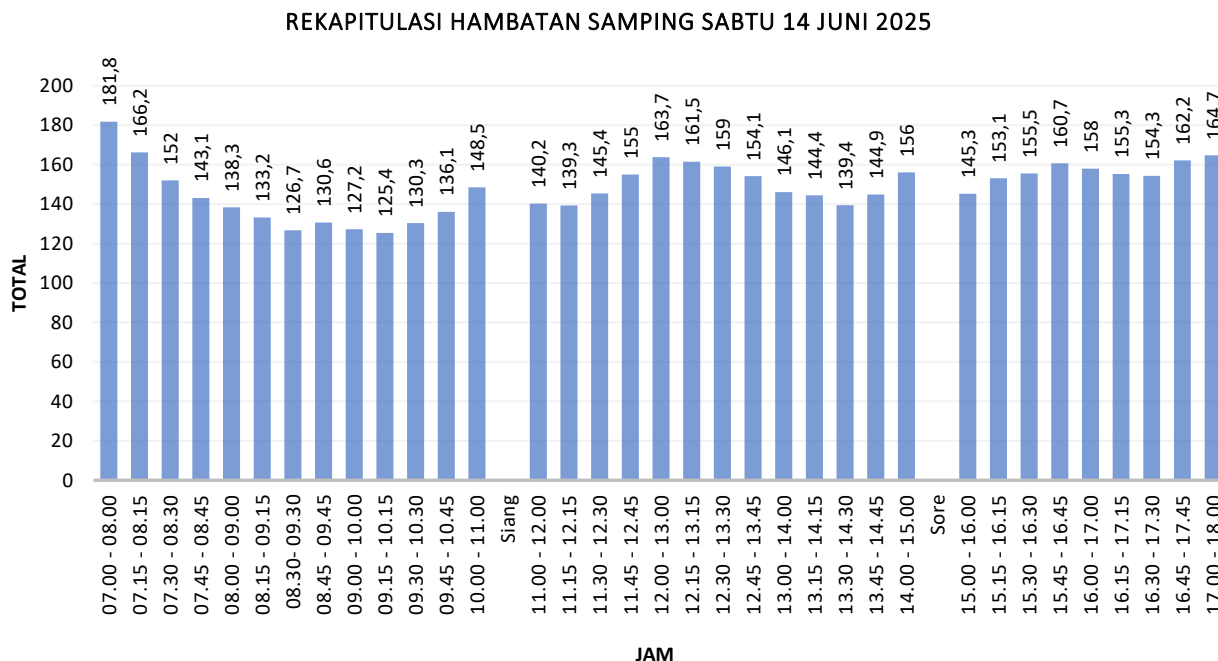
Analisis hambatan samping

Volume hambatan samping diperoleh dari akumulasi jumlah kendaraan yang keluar-masuk lahan di sekitar simpang, kendaraan yang berhenti atau parkir, pejalan kaki atau penyebrang jalan, serta kendaraan lambat pada setiap lengan simpang. Hasil analisis terhadap hambatan samping tersebut disajikan dalam **Gambar 5**.



Gambar 5. Rekapitulasi hambatan samping hari senin

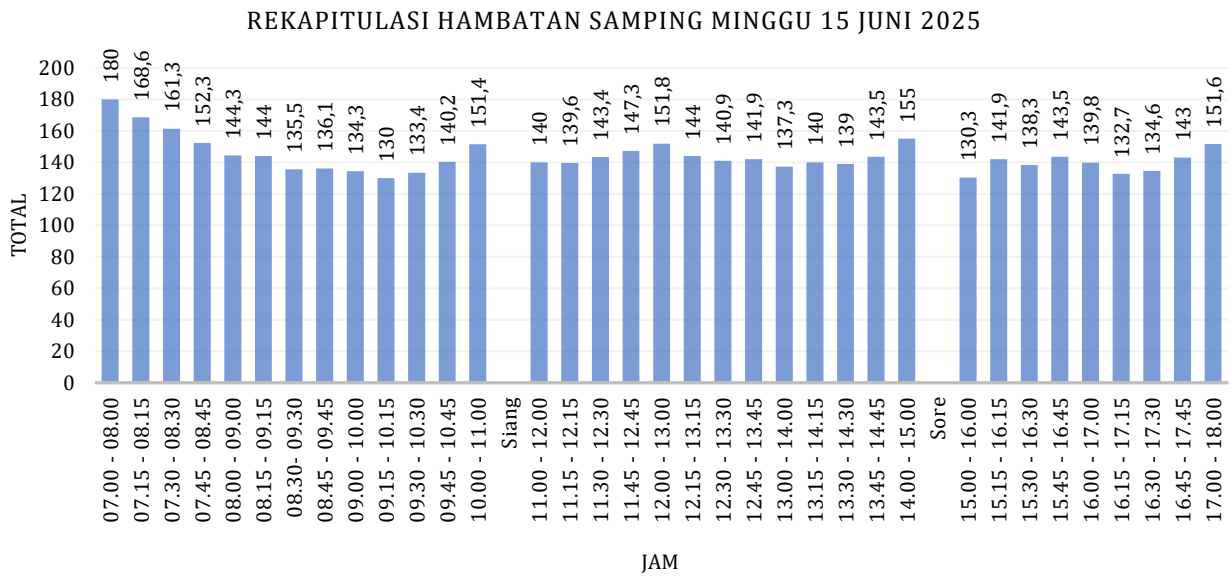
Berdasarkan pada Gambar 5, terlihat adanya fluktuasi nilai hambatan samping yang terekam pada hari Senin. Pada pagi hari (07.00–08.00), nilai hambatan samping tercatat sebesar 173,7. Selanjutnya, pada siang hari (14.00–15.00), nilai tersebut menurun menjadi 149,9, dan terus mengalami penurunan pada sore hari (17.00–18.00) dengan nilai sebesar 144,5.



Gambar 6. Rekapitulasi hambatan samping hari sabtu

Gambar 6 menunjukkan adanya variasi nilai hambatan samping yang terjadi pada hari sabtu. Pada periode pagi (07.00–08.00), nilai hambatan samping tercatat sebesar 181,8. Nilai tersebut mengalami

penurunan pada siang hari (12.00–13.00) menjadi 163,7, kemudian sedikit meningkat kembali pada sore hari (17.00–18.00) dengan nilai sebesar 164,7.



Gambar 7. Rekapitulasi hambatan samping hari minggu

Gambar 7 memperlihatkan adanya perbedaan jumlah hambatan samping pada hari Minggu. Nilai tertinggi tercatat pada pagi hari pukul 07.00–08.00 sebesar 180. Angka tersebut menurun pada siang hari (pukul 14.00–15.00) menjadi 155, dan kembali mengalami penurunan pada sore hari pukul 17.00–18.00 dengan nilai sebesar 151,6.

Analisis kinerja simpang bersinyal pada jam puncak

Penilaian terhadap kinerja operasional simpang bersinyal dilakukan mengacu pada metode yang ditetapkan dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Data yang digunakan berasal dari jam puncak tertinggi, yakni pada hari Senin pukul 17.00–18.00 WITA, dengan volume lalu lintas tercatat sebesar 1852,64 smp/jam. Hasil analisis selengkapnya disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis kinerja simpang bersinyal

Analisis kinerja	Pendekat U	Pendekat S	Pendekat B
Tipe pendekat	Terlindung/P	Terlindung/P	Terlindung/P
Lebar efektif	7,50 m	5,00 m	3,50 m
Arus Jenuh Dasar	4500 smp/jam	3000 smp/jam	2100 smp/jam
Faktor hambatan samping (F_{HS})			0,94
Faktor Ukuran Kota (F_{UK})			0,94
Faktor penyesuaian kelandaian (FG)			1,00
Faktor penyesuaian parkir (FP)	1,02	0,79	0,67
Faktor penyesuaian belok kiri (FBKi)			0,92
Faktor penyesuaian belok kanan (FBKa)			1,14
Arus jenuh	4532 (smp/jam hijau)	2444 (smp/jam hijau)	1933 (smp/jam hijau)
Kapasitas	343 smp/jam	926 smp/jam	879 smp/jam
Derajat kejenuhan	0,86	0,86	0,87
Panjang antrian	73 m	238 m	322 m
Rasio kendaraan henti	1,015 stop/smp	0,880 stop/smp	0,868 stop/smp
Tundaan lalu lintas rata-rata (T_{LL})	114,1	66,3	59,5
Tundaan geometrik (T_G)	4,0 det/smp	3,9 det/smp	4,3 det/smp
Tundaan Rata – Rata (D)	118,1 det/smp	70,2 det/smp	63,8 det/smp

Hasil analisis menunjukkan nilai derajat kejenuhan dari ketiga pendekat pada jam puncak melebihi batas ideal (0,85) menurut PKJI 2023. Ini menunjukkan bahwa simpang mengalami kejenuhan lalu lintas, sehingga perlu dilakukan evaluasi rekayasa lalu lintas.

Analisis kinerja simpang bersinyal jika dilakukan perubahan waktu sinyal

Analisis performa simpang bersinyal dengan perubahan waktu sinyal didasarkan pada data lalu lintas tertinggi yang terjadi saat jam puncak sore, yaitu antara pukul 17.00 - 18.00 WITA, dengan volume mencapai 1852,64 smp per jam. Adapun hasil analisis disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4 .Hasil analisis kinerja simpang bersinyal setelah perubahan waktu sinyal

Analisis kinerja	Pendekat U	Pendekat S	Pendekat B
Tipe pendekat	Terlindung/P	Terlindung/P	Terlindung/P
Lebar efektif	7,50 m	5,00 m	3,50 m
Arus Jenuh Dasar	4500 smp/jam	3000 smp/jam	2100 smp/jam
Faktor hambatan samping (F_{HS})			0,94
Faktor Ukuran Kota (F_{UK})			0,94
Faktor penyesuaian kelandaian (FG)			1,00
Faktor penyesuaian parkir (FP)	1,2	0,79	0,67
Faktor penyesuaian belok kiri (FBKi)			0,92
Faktor penyesuaian belok kanan (FBKa)			1,14
Arus jenuh	5439 (smp/jam hijau)	2933 (smp/jam hijau)	2320 (smp/jam hijau)
Kapasitas	362 smp/jam	981 smp/jam	939 smp/jam
Derajat kejenuhan	0,81	0,81	0,81
Panjang antrian	40 m	120 m	162 m
Rasio kendaraan henti	1,077 stop/smp	0,894 stop/smp	0,873 stop/smp
Tundaan lalu lintas rata-rata (T_{LL})	58,5	34,2	30,7
Tundaan geometrik (T_G)	4,1 det/smp	3,9 det/smp	4,3 det/smp
Tundaan Rata - Rata (D)	62,5 det/smp	38 det/smp	35 det/smp

Berdasarkan hasil perhitungan kinerja simpang setelah dilakukan perubahan waktu sinyal, diketahui bahwa nilai derajat kejenuhan (DJ) yang diperoleh sebesar 0,81. Nilai tersebut berada di bawah 0,85 sesuai standar PKJI 2023 ($0,81 < 0,85$), sehingga simpang Jalan Imam Bonjol - Jalan Gunung Sopotan dapat dinyatakan telah memenuhi standar kinerja simpang bersinyal seperti yang disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Rekapitulasi kinerja simpang bersinyal sebelum perubahan waktu sinyal

SIMPANG APILL					TUNDAAAN								TUNDAAAN			
PANJANG ANTRIAN					Jumlah kendaraan antri (smp)								Tundaan			
Jumlah kendaraan TERHENTI					Waktu siklus :								Tundaan			
Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam q	Kapasitas smp / jam c	Derajat Kejenuhan DJ	Rasio Hijau RH	NQ_1	NQ_2	Total NQ_1+NQ_2	NQ_{MAX} gambar 5-9	Panjang Antrian (m) Panjang	Rasio Kendaraan Terhenti stop/smp RKH	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam NKH	Tundaan lalu lintas rata-rata det/smp TL	Tundaan geo-metrik rata-rata det/smp TG	Tundaan rata-rata det/smp T=TL+TG	Tundaan total smp.det T x q	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	
U	294	343	0.855	0.08	2.3	16.0	18.2	27.2	73	1.015	298	114.1	4.0	118.1	34676	
S	797	926	0.860	0.38	2.5	40.4	42.9	59.6	238	0.880	701	66.3	3.9	70.2	55926	
B	762	879	0.868	0.45	2.7	37.8	40.4	56.4	322	0.868	662	59.5	4.3	63.8	48647	
LTOR(semua)	0											0.0	6.0	6.0	0	
Arus total. Q tot.										Total :	1661			Total :	139250	
Arus kor. Q kor.	2146									Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp :	0.77			Tundaan simpang rata-rata(det/smp) :	64.88	

Tabel 6. Rekapitulasi kinerja simpang bersinyal setelah perubahan waktu sinyal

SIMPANG APILL PANJANG ANTRIAN JUMLAH KENDARAAN TERHENTI TUNDAAN					Tanggal : 9 Juni 2025			Ditangani oleh : I Putu Anya Alit Kamboja							
					Kota : Denpasar										
					Simpang : Jalan Iman Bonjol - Gunung Sopotan			Periode :							
					Waktu siklus :										
Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam q	Kapasitas smp / jam C	Derajat Kejenuhan DJ	Rasio Hijau RH	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang Antrian (m)	Rasio Kendaraan Terhenti stop/smp RKH	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam NKH	Tundaan			
					NQ ₁	NQ ₂	Total NQ= NQ ₁ +NQ ₂	NQ _{MAX} gambar 5-9				Tundaan lalu lintas rata-rata det/smp TL	Tundaan geometrik rata-rata det/smp TG	Tundaan rata-rata det/smp T=TL+TG	Tundaan total smp.det T x q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
U	294	362	0.812	0.07	1.6	7.5	9.0	15.2	40	1.077	316	58.5	4.1	62.5	18360
S	797	981	0.812	0.33	1.6	18.7	20.3	30.0	120	0.894	712	34.2	3.9	38.0	30297
B	762	939	0.812	0.40	1.6	17.4	19.0	28.3	162	0.873	666	30.7	4.3	35.0	26648
LTOR(semua)	0											0.0	6.0	6.0	0
Arus total. Q.tot.										Total :	1694			Total :	75305
Arus kor. Q.kor.	2146									Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp :	0.79			Tundaan simpang rata-rata(det/smp) :	35.09

4. KESIMPULAN

Hasil analisis yang diperoleh dari perhitungan menunjukkan bahwa kinerja simpang pada hari senin diperoleh nilai pada jam puncak sore, derajat kejenuhan (DJ) sebesar 0,86 pada pendekat utara, 0,86 pada pendekat selatan, dan 0,87 pada pendekat barat. Dimana hasil tersebut melebihi 0,85. Nilai tundaan (T) 118,1 det/smp pendekat utara, 70,2 det/smp pendekat selatan, 63,8 det/smp pendekat barat, dan nilai panjang antrian (PA) untuk pendekat utara 73 m, pendekat selatan 238 m, pendekat barat 322 m. Berdasarkan hasil perhitungan analisis kinerja setelah dilakukan perubahan waktu sinyal. Perubahan waktu sinyal di lakukan pada Jalan Imam Bonjol - Jalan Gunung Sopotan, diperoleh nilai derajat kejenuhan (DJ) di setiap pendekat sebesar $0,81 < 0,85$, nilai tundaan (T) 62,5 det/smp pendekat utara, 38 det/smp pendekat selatan, 35 det/smp pendekat barat, dan nilai panjang antrian (PA) untuk pendekat utara 40 m, 120 m pendekat selatan, 162 m pendekat barat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dan memberikan dukungan selama proses penelitian berlangsung.

REFERENSI

Alvian Ariesta, M., Sugiarto Waloejo, B., & Widyawati Agustin, I. (2020). Evaluasi Kinerja Persimpangan Bersinyal Jl. Jend. Ahmad Yani Kota Bekasi, 9, 139–146.

Ariawan, I. M. A., Suweda, I. W., Delima, N. P., Yogeswari Saraswati, N. P. D., Kwintaryana Winaya, P., & Taliarosa, N. L. D. L. (2024). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Raya Canggus - Jl. Raya Kerobokan - Jl. Gunung Sanghyang, Denpasar. *Jurnal Spektran*, 12(2), 59–68. doi:10.24843/SPEKTRAN.2024.v12.i02.p01

Basuki, D. H., M, A., & Subagio, U. (2024). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Di Jalan Kalimantan - Jalan Bali -Jalan Maluku - Jalan Raya Kuningan, Sananwetan Kota Blitar, 5(2), 214–218. Retrieved from <http://joss-mrk.polinema.ac.id/>

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). PKJI 2023.

Hendratma, D., Sriastuti, D. A. N., & Eryani, I. G. A. P. (2024). Evaluasi Perencanaan Pengendalian Simpang Pada Simpang Bersinyal Jl. Sunset Road - Jl. Iman Bonjol, Kabupaten Badung, Bali. *Jurnal Teknik Gradien*, 16(01), 36–45. Retrieved from <http://www.ojs.unr.ac.id/index.php/teknikgradien>

Khaerat Nur, N., Rangan, R. P., Mahyuddin, Miswar Tumpu, H. H., Sugiyanto, G., Ahmad, L. E. R. S. N., & Rosyida, E. E. (2021). *Sistem Transportasi*. (R. Watrionthos & J. Simarmata, Eds.) (1st ed.). Yayasan Kita Menulis.

Khisty, C. J., & Kent Lall, B. (2003). *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*. (L. Simarmata, Ed., F. Miro, Trans.). Jakarta: Penerbit Erlangga.

Markus, H., Tjitra Handayani, A., & Astutik, H. P. (2023). Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus Simpang Magelang dan Selokan Mataram Yogyakarta), 796–801. Retrieved from <http://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII>

Supriyanto, B., Pranoto, & Prabandari, C. (2025). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Galunggung-Jalan Bondowoso-Jalan Raya Tidar Dengan Menggunakan Program Ptv Vissim 9.0, 8(2), 371–382.

Warianti, K., Windari, A. C., & Sari, R. N. (2024). Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Jalan Tb Simatupang - Jalan Condet). *JOURNAL OF RESEARCH AND INOVATION IN CIVIL ENGINEERING AS APPLIED SCIENCE (RIGID)*, 3(2), 83–87.

Widana Negara, I. N., Karnata Mataram, I. N., & Premana Sigraha, I. N. P. (2017). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Raya Tuban - Jalan Satria - Jalan Raya Kuta), 21, 52–61.

Analisis *highest and best use* pada *vacant land* di KM 6,5 jalan Soekarno-Hatta Balikpapan

Raftonado Situmorang^{a*}, Rifqi Dhani Hariyanto^a, Agung Prabowo^a, Oryza Lhara Sari^a

^a Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia

Corresponding Author:

Email:

raftonado.situmorang@lecturer.itk.ac.id**Keywords:**

HBU, Hotel Property, Property Alternative, Property Valuation, Vacant Land

Abstract: *Analysis of Highest and Best Use of Vacant Land at Soekarno-Hatta Kilo 6.5 Balikpapan City. The use of land as a building or property must be analyzed to get the maximum profit from the building. There is a vacant land located at Jalan Soekarno-Hatta Kilo 6.5 with an area of 9,500 m² and located in the northern part of Balikpapan City. However, this vacant land is only used as a night market, whereas vacant land has a high probability to be renewed. Highest and Best Use analysis is conducted in order to get the probability of suitable property type based on the highest and best land value. This analysis uses four aspects that must be analyzed, namely physically possible to be established, legally permitted, economically feasible, and has the highest possible productivity. Determination of property alternatives begins with the distribution of questionnaires involving several stakeholders. In the results of the questionnaire, alternative properties were obtained, namely residential properties, hotels and apartments. Physical aspects consist of land location, land shape and size, public facilities and accessibility to the land location. Legal aspect consists of zoning and building code which refers to the regulation of Balikpapan City Regional Spatial Plan and One Map One Data website. Financial aspect consists of investment cost, property income, property expenditure, money flow in and out, and Net Present Value. In the aspect of maximum productivity, it is obtained that the hotel property provides the highest land value of Rp. 36,560,342 from the initial land price of Rp. 5,000,000 and provides a land productivity of 631%. It can be concluded that the hotel property alternative is a suitable property to be built on this land.*

Copyright © 2026 POTENSI-UNDIP

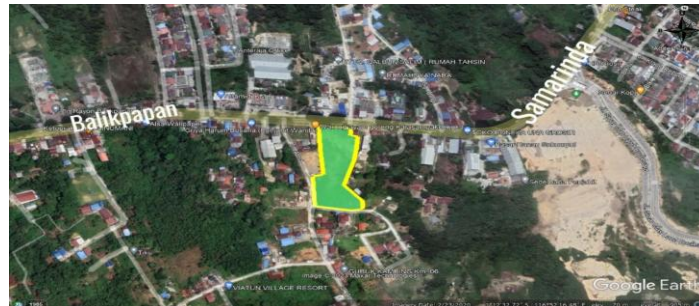
1. PENDAHULUAN

Kota Balikpapan ialah kota besar terdekat dari Ibu Kota Negara Nusantara. Jarak tempuh Ibu Kota Negara Nusantara ke Kota Balikpapan kurang lebih sepanjang 50 KM atau jika diasumsikan dengan waktu perjalanan memakai jalur tol, sekitar 30 menit untuk sampai ke Ibu Kota Negara Nusantara. Potensi ini menimbulkan permintaan yang tinggi terhadap lahan di kota Balikpapan. Tercatat hingga bulan Januari di tahun 2022, lahan di Kota Balikpapan meningkat hingga 500 persen dari harga awal. Di sisi lain, terdapat lahan di Kota Balikpapan masih berupa tanah kosong, tidak memiliki peruntukan secara maksimal hingga menjadi lahan mangkrak karena terdapat bangunan setengah jadi di lahan tersebut. Oleh karenanya, penggunaan lahan harus dimanfaatkan seoptimal mungkin agar dapat menjadi nilai investasi yang profit.

Optimalisasi dalam menggunakan lahan dilakukan untuk mengetahui probabilitas jenis bangunan yang terbaik. Metode yang dipakai untuk menilai probabilitas terbaik dari sebuah lahan kosong ialah *Highest and Best Use* (HBU). HBU merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui nilai terbaik dan tertinggi dari sebuah properti atau jenis bangunan yang diizinkan secara legal, mampu didirikan secara fisik, layak untuk dibangun secara finansial, dan mempunyai produktivitas paling tinggi (The Appraisal Institute, 2001). Metode ini akan digunakan untuk menganalisis dan mengetahui nilai lahan paling tinggi pada sebuah lahan kosong setelah didirikan suatu jenis bangunan.

Peneliti mengambil studi kasus di jalan Soekarno-Hatta Kilo 6,5 karena letak lahan kosong ini berada di jalan arteri primer yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai properti komersial atau residensial. Adapun detail lokasi yaitu pada sebuah lahan mangkrak di Kota Balikpapan, tepatnya di jalan

Soekarno-Hatta Kilo 6,5, dengan total lahan sebesar 9.500 m² dan total harga yang ditawarkan oleh pemilik lahan sebesar 47,5 Miliar rupiah. Lahan tersebut ialah lahan milik bapak Sumardjo. Lahan ini direncanakan untuk disewakan oleh pemilik lahan. Pada kondisi terkini, lahan kosong ini digunakan sebagai pasar malam. Namun, dari hasil observasi lapangan, optimalisasi penggunaan lahan kosong ini belum bisa direalisasikan. Padahal letak lahan yang berada di Balikpapan Utara tepatnya di Jalan Soekarno-Hatta Kilo 6,5 ini berpotensi besar untuk dikembangkan seperti yang ditunjukkan pada **Error! Reference source not found.**



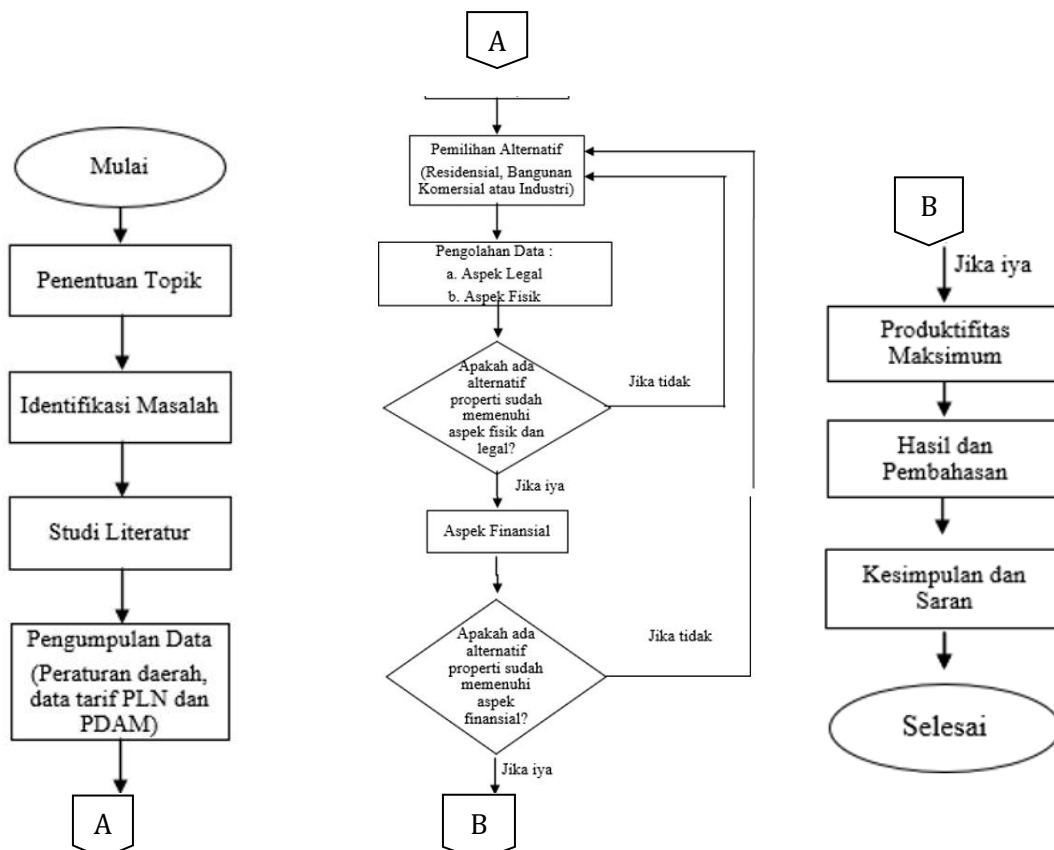
Gambar 1. Letak Lokasi Penelitian (Google Earth, 2024)

Oleh karenanya, diperlukan analisa HBU untuk mendapatkan penggunaan terbaik dan paling tinggi untuk lahan kosong ini. Beberapa aspek akan diperhitungkan pada analisa ini meliputi memungkinkan untuk dibangun secara fisik, secara hukum diizinkan, secara ekonomi layak, dan mempunyai produktivitas setinggi mungkin (produktivitas maksimum) (Prawanto, 2012). Dimana setelah melakukan analisa tersebut dapat diperoleh suatu alternatif properti yang dapat mengembangkan lahan tersebut yang kemudian akan diberikan penilaian lahan yang paling tinggi.

2. DATA DAN METODE

Diagram Alir

Pada penelitian ini, digunakan diagram alir untuk memudahkan proses pengerjaan penelitian. Berikut adalah tahapan yang dilakukan pada penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian**Tahapan Analisis**

Beberapa tahapan dalam analisis HBU adalah sebagai berikut:

- 1) Penentuan Alternatif Properti
Penentuan alternatif dilakukan sebelum analisa pada aspek legal terhadap sebuah properti. Penentuan alternatif pada penelitian ini berupa kuesioner pilihan alternatif properti yang akan dibangun di lahan objek penelitian, dengan tujuan untuk memperluas pilihan yang ada, dan selanjutnya di kurasi pada aspek legal. *Stakeholder* yang dipilih untuk mengisi kuesioner pemilihan alternatif antara lain *owner*, masyarakat sekitar yang terdampak, dan pihak pemerintah.
- 2) Aspek Legal
Aspek legal terbagi ke dalam dua poin, yakni *zoning* dan *building code*. *Zoning* meliputi aturan yang berlaku pada wilayah atau kota dari lokasi lahan yang akan diteliti, seperti Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) di Kota Balikpapan. *Building Code* meliputi batasan yang diizinkan oleh pemerintah setempat seperti Koefisien Dasar Bangunan (KDB), Koefisien Lantai Bangunan (KLB), Ketinggian Maksimal Bangunan, Garis Sempadan Bangunan (GSB), dan Koefisien Daerah Hijau (KDH)
- 3) Aspek Fisik
Pada aspek fisik, ada ketentuan-ketentuan yang diamati seperti lokasi, bentuk dan ukuran lahan, fasilitas umum, dan aksesibilitas (Prawoto,2003)
- 4) Aspek Finansial
Kelayakan pada aspek finansial dihitung dengan cara menganalisis *cash flow* yang berupa biaya investasi, pendapatan dan pengeluaran (Juwana, 2005). Selanjutnya di berikan analisis *Net Present Value* dengan syarat $NPV > 0$ agar alternatif properti yang diajukan dapat dikatakan layak dibangun,
- 5) Produktifitas Maksimum
Nilai lahan dapat diketahui melalui nilai properti yang direduksi terhadap nilai bangunan. Nilai properti diperoleh dari Terminal Value pada end-year investasi yang didapatkan dari *ratio Net Operating Income (NOI)* dengan *Capitalization Rate*. Nilai suatu bangunan bisa didapatkan dari perhitungan investasi objek bangunan. Selanjutnya, bangunan yang memiliki kenaikan nilai lahan paling tinggi dapat dikatakan memiliki produktifitas maksimum.

Data Penelitian

Pada penelitian ini, ada dua jenis data yang digunakan, yaitu data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan langsung pada objek yang ditinjau dengan metode observasi dan pemberian kuesioner, sedangkan data sekunder merupakan data secara lisan maupun tulisan seperti dokumen yang didapatkan secara tidak langsung dari objek yang ditinjau. Indikator variabel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator Variabel Penelitian

No.	Variabel	Jenis Data	Metode
1	Penentuan Alternatif Properti	Primer dan Sekunder	Observasi langsung di lapangan dan pemberian kuesioner
2	Aspek Legal	Sekunder	Perwali Kota Balikpapan No. 3 Tahun 2021 tentang Garis Sempadan, Perwali No. 22 Tahun 2021 tentang Zonasi, Perda No. 12 Tahun 2012 tentang RTRW Kota Balikpapan, Perda No. 3 tentang Bangunan Gedung, <i>Website One Map One Data</i>
3	Aspek Fisik	Primer	Observasi langsung dan wawancara
4	Aspek Finansial	Primer dan Sekunder	Investasi, perbandingan data properti sejenis, PLN dan PDAM
5	Produktivitas Maksimum	Primer	Perhitungan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek penelitian yang akan diteliti adalah sebuah lahan kosong yang berada di Kota Balikpapan, tepatnya berada di Jalan Soekarno-Hatta Kilo 6.5, Kecamatan Balikpapan Utara. Menurut Peraturan Daerah Kota Balikpapan Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), jalan Soekarno-Hatta kilo 6.5 termasuk ke dalam jaringan jalan arteri primer. Jaringan jalan arteri primer merupakan jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Definisi lain dari jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan antara satu kota dengan kota lainnya dengan lalu lintas tinggi. Jalan Soekarno-Hatta berada di Kecamatan Balikpapan Utara, Kota Balikpapan. Menurut *One Map One Data*, lokasi penelitian yang berada di Kecamatan Balikpapan Utara merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kota Balikpapan, dengan peruntukkan fungsi sebagai pusat perdagangan dan jasa skala kota dan zona perumahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Lokasi penelitian ditinjau menggunakan *one map one data*

Pemilihan Alternatif

Pembagian kuesioner telah dilakukan kepada para stakeholder. Kuesioner dibagikan kepada Bapak Sumardjo selaku *owner* lahan kosong, beberapa masyarakat yang memiliki usaha dan tinggal di sekitar lahan kosong, dan pihak pemerintah dari PUPR Kota Balikpapan. Jumlah minimal responden yang digunakan ialah sebanyak 5 responden (Rasyid & Utomo, 2013). Namun pada penelitian ini digunakan sebanyak 10 responden dengan mempertimbangkan masyarakat sekitar atau yang terdampak di sekitar lokasi penelitian atas pembangunan alternatif properti yang dipilih. Hasil dari pembagian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Pembagian Kuesioner

No	Jenis Properti	Jumlah Pemilih
1	Hotel	7
2	Apartemen	7
3	Perkantoran	5
4	Pertokoan	5
5	Perumahan	9
6	Minimarket	3
7	Rumah Sakit	2
8	Fasilitas Umum (Sekolah, dll.)	5

Selanjutnya dilakukan uji *mean*, untuk mengurasi hasil dari pemilihan alternatif yang ada. Uji mean dilakukan dengan menjumlahkan alternatif properti dengan pemilih paling banyak dan paling sedikit, yang selanjutnya dibagi dua. Hasil yang didapatkan untuk uji mean ialah 5.5. Oleh karena itu, alternatif properti dengan nilai di bawah 5.5 tidak lolos, dan dengan nilai di atas 5.5 yakni perumahan dengan nilai 9, hotel dan apartemen dengan masing-masing pilihan dengan nilai 7, lolos ke aspek legal.

Aspek Legal

Aspek legal meliputi zoning dan building code. Sesuai dengan zoning Kota Balikpapan, alternatif properti perumahan, hotel dan apartemen sesuai dengan peraturan yang ada di Kota Balikpapan, sehingga akan dianalisis lebih dalam pada persyaratan building code. Lokasi penelitian yang berada di Jl. Soekarno-Hatta Kilo 6.5, Kelurahan Batu Ampar, dengan total luas lahan sebesar 9.500 m² menurut Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) terletak di Bagian Wilayah Perencanaan atau BWP II dengan Sub BWP Batu Ampar dengan kode A.1, memiliki persyaratan sesuai dengan propertinya adalah sebagai berikut.

- 1) GSB untuk perumahan minimal 2 meter, dan samping minimal 1 meter. Untuk hotel dan apartemen minimal 20 meter, samping minimal 1 meter dan belakang minimal 1 meter.
- 2) Koefisien Dasar Bangunan (KDB) ialah 70% Sehingga luas dasar bangunan maksimum ialah 6650 m²
- 3) Koefisien Daerah Hijau (KDH) untuk perumahan minimal 30%, dan untuk hotel dan apartemen minimal 15%

$$\text{Luas Dasar Hijau} = \text{KDH} \times \text{Luas Lahan}$$

$$= 30\% \times 9500 \text{ m}^2 = 2850 \text{ m}^2$$

$$= 15\% \times 9500 \text{ m}^2 = 1425 \text{ m}^2$$

Sehingga, luas dasar hijau untuk perumahan sebesar 2850 m², dan untuk hotel dan apartemen sebesar 1425 m².

- 4) Koefisien Lantai Bangunan (KLB) untuk perumahan ialah 2.1, dan untuk hotel dan apartemen ialah 9.0

$$\text{Luas Lantai Bangunan} = \text{Luas Lahan} \times \text{KLB}$$

$$= 9500 \text{ m}^2 \times 2.1 = 19950 \text{ m}^2$$

$$= 9500 \text{ m}^2 \times 9 = 85500 \text{ m}^2$$

Sehingga, luas bangunan yang dapat dibangun untuk perumahan ialah 19950 m², dan untuk hotel dan apartemen ialah 85500 m².

- 5) Ketinggian maksimum yang diizinkan untuk perumahan ialah 12 meter, dan untuk hotel dan apartemen adalah 65 meter

Aspek Fisik

Aspek fisik terdiri dari Lokasi lahan, fasilitas umum dan ukuran dan bentuk lahan. Lahan objek penelitian terletak di jalan Soekarno-Hatta Kilo 6.5 dengan fungsi jalan sebagai jalan arteri primer. Berdasarkan lokasi lahan, lahan ini mudah untuk diakses dengan letak yang strategis, sehingga lahan ini cocok untuk dikembangkan menjadi properti apa saja dengan menyesuaikan peraturan yang berlaku pada wilayah ini.

Ketersediaan Publik/Fasilitas Umum di objek penelitian ini, telah tersedia jaringan dan saluran air, kabel aliran listrik, kabel telepon menandakan bahwa utilitas yang terdapat di lokasi penelitian ini terjangkau dan difasilitasi dengan baik. Luas lahan objek penelitian adalah 9500 m² dengan bentuk trapesium sembarang. Luasan ini cukup besar dan cocok untuk dibangun dengan jumlah ruang yang banyak dengan bangunan yang luas. Setelah dilakukan aspek fisik, selanjutnya dilakukan aspek finansial dengan alternatif properti perumahan, hotel dan apartemen.

Aspek Finansial

Aspek finansial meliputi biaya investasi, biaya pendapatan, biaya pengeluaran dan arus kas pada masing-masing alternatif properti. Biaya investasi terdiri atas penjumlahan antara biaya pekerjaan standar dan non-standar. Biaya pekerjaan standar mengacu kepada Harga Satuan Pembangunan Gedung Negara (HSBGN) yang selanjutnya dikali dengan inflasi dari tahun 2017-2023 yang bernilai 21,13 % (Bank Indonesia, 2024). Sehingga didapatkan biaya pembangunan properti perumahan sebesar Rp. 6.940.749/m² dan properti hotel dan apartemen sebesar Rp. 8.127.823/m². Biaya pekerjaan non-standar mengacu kepada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2016. Biaya ini bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel 3. Biaya Investasi

Perumahan	Hotel	Apartemen
Rp128.369.152.755	Rp291.344.660.173	Rp411.332.656.864

Biaya pendapatan terdiri atas biaya penjualan rumah selama 3 tahun dan *service charge* untuk properti perumahan, biaya sewa kamar dan sewa ruang usaha atau ruang rapat untuk properti hotel dan biaya sewa kamar untuk properti apartemen. Adapun total proyeksi biaya pendapatan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Total Proyeksi Biaya Pendapatan

Tahun	Perumahan	Hotel	Apartemen
2024	Rp75.218.400.000	Rp129.406.712.400	Rp101.925.154.440
2025	Rp39.053.484.000	Rp131.736.033.223	Rp110.419.217.496
2026	Rp40.229.805.960	Rp134.107.281.821	Rp112.075.505.758
2027	Rp680.317.747	Rp136.521.212.894	Rp113.756.638.345
2028	Rp707.530.457	Rp138.978.594.726	Rp115.462.987.920
2029	Rp735.831.675	Rp141.480.209.431	Rp117.194.932.739
2030	Rp765.264.942	Rp144.026.853.201	Rp118.952.856.730
2031	Rp795.875.540	Rp146.619.336.559	Rp120.737.149.581
2032	Rp827.710.562	Rp149.258.484.617	Rp122.548.206.825
2033	Rp860.818.984	Rp151.945.137.340	Rp124.386.429.927
2034	Rp895.251.744	Rp154.680.149.812	Rp126.252.226.376

Biaya pengeluaran untuk perumahan meliputi biaya operasional dan pemeliharaan, untuk properti hotel dan apartemen mencakup biaya operasional berupa biaya air, listrik, gaji karyawan dan pemeliharaan seperti yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Total proyeksi biaya pengeluaran

Tahun	Perumahan	Hotel	Apartemen
2024	Rp166.320.000	Rp20.552.364.182	Rp19.600.585.997
2025	Rp259.459.200	Rp21.669.593.015	Rp21.407.565.920
2026	Rp359.783.424	Rp22.192.349.666	Rp21.936.188.487
2027	Rp374.174.761	Rp22.729.824.095	Rp22.481.040.755
2028	Rp389.141.751	Rp23.282.493.550	Rp23.042.698.186
2029	Rp404.707.421	Rp23.850.852.360	Rp23.621.758.150
2030	Rp420.895.718	Rp24.435.412.585	Rp24.218.840.794
2031	Rp437.731.547	Rp25.036.704.689	Rp24.834.589.928
2032	Rp455.240.809	Rp25.655.278.239	Rp25.469.673.960
2033	Rp473.450.441	Rp26.291.702.627	Rp26.124.786.860
2034	Rp492.388.459	Rp26.946.567.829	Rp26.800.649.165

Arus kas didapat dari hasil pengurangan biaya pendapatan dengan biaya pengeluaran. *Net Present Value* dihitung dengan mengalikan arus kas bersih dengan discounted factor untuk mengubah nilai di masa depan dengan nilai sekarang (Prawoto, 2015). Setelah mendapat arus kas, dihitung *Net Present Value* menggunakan Persamaan 1.

Net Present Value = Arus Kas Bersih x Discount Factor

Pers. 1)

Apabila *Net Present Value* lebih besar dari 0 maka investasi untung dan layak dilanjutkan, sedangkan jika *Net Present Value* kurang dari 0, maka bisa disimpulkan investasinya rugi sehingga tidak layak untuk dilanjutkan. *Discount factor* didapat menggunakan Persamaan 2.

$$\text{Discount Factor} = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

Dimana: i = discount factor

t = waktu dalam tahun

Pers. 2)

MARR (*Minimum Attractive Rate of Return*) dihitung dari akumulasi antara *safe rate* dan tingkat risiko. Berdasarkan suku bunga bank di tahun 2024, didapat *safe rate* sebanyak 3,60% dengan tingkat risiko diasumsikan sama dengan *safe rate* yakni 3,60%. Sehingga didapat nilai MARR sebanyak 7,2%. Dari uji kelayakan finansial dengan melihat arus kas pada masing-masing properti, hotel dan apartemen lolos pada aspek finansial karena mempunyai NPV lebih dari 0. adapun analisis kelayakan finansial disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Kelayakan Finansial

Keterangan	Alternatif Properti		
	Perumahan	Hotel	Apartemen
Investasi	Rp128.369.152.755	Rp240.522.298.500	Rp392.292.137.500
Pendapatan/tahun	Rp895.251.744	Rp118.567.751.904	Rp93.771.142.085
Pengeluaran/tahun	-Rp492.388.459	-Rp14.374.156.700	-Rp14.952.798.954
NPV	Rp3.843.422.518	Rp669.322.662.441	Rp331.798.802.827
Kesimpulan	Layak	Layak	Layak

Produktifitas Maksimum

Kenaikan nilai lahan ditentukan oleh properti yang telah di analisa. Capital rate diperoleh sebanyak 7,2%. Nilai lahan awal per meter persegi didapat dari pembagian nilai lahan dengan ukuran lahan. Nilai lahan dari pemilik lahan sebesar Rp. 47.500.000.000 dengan ukuran lahan sebesar 9.500 m². Untuk perhitungan nilai properti bisa dilihat di bawah dan produktivitas maksimum dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Produktifitas Maksimum Properti

Keterangan	Perumahan	Hotel	Apartemen
Nilai Properti	Rp5.595.323.397	Rp638.667.909.912	Rp690.635.952.856
Nilai Bangunan	Rp128.369.152.755	Rp291.344.660.173	Rp411.332.656.864
Nilai Lahan	-Rp122.773.829.358	Rp347.323.249.739	Rp279.303.295.992
Nilai Lahan/m ²	-Rp12.923.561	Rp36.560.342	Rp29.400.347
Nilai Lahan Awal/m ²	Rp5.000.000	Rp5.000.000	Rp5.000.000

Dari alternatif properti yang telah dianalisis produktivitasnya, alternatif properti hotel memberikan produktivitas tertinggi yaitu Rp. 36.560.342 dari nilai lahan awal Rp5.000.000 dengan produktivitas sebesar 631%. Sehingga, alternatif properti hotel menjadi properti dengan nilai terbaik dan tertinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis highest and best use pada penelitian ini, didapat beberapa kesimpulan, yaitu:

- 1) Alternatif properti yang ditentukan berdasarkan analisis aspek fisik, legal dan finansial adalah properti perumahan, hotel, dan apartemen
- 2) Nilai produktivitas maksimum dari nilai terbaik pada objek penelitian ini ialah sebesar 631% dengan nilai awal lahan
- 3) Jenis properti terbaik dari hasil analisis HBU pada objek penelitian ini adalah properti hotel

REFERENSI

- Akmaluddin, A., dan Utomo, C. (2013), "Analisa Highest and Best Use (HBU) pada Lahan Jl. Gubeng Raya No. 54 Surabaya", *Jurnal Teknik POMITS*, Vol. 2, No. 1.
- Anggrawati, B., dan Utomo, C. (2013), "Analisa Penggunaan Lahan Kawasan Komersial Perumahan CitraRaya Surabaya dengan Metode Highest and Best Use", *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 2, No. 2.
- Budi, F.P., dan Putra, I.N.D.P. (2021), "Analisis Highest And Best Use Pada Lahan Kosong di Kawasan Perumahan Samudra Residence Brondong Lamongan.", *Jurnal Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, Vol. 6, No. 1, hal. 1-11.

- Badan Pusat Statistik. (2024), "Upah Minimum Kota Balikpapan Tahun 2014-2024"
- Colliers, (2023), "Surabaya & Jakarta Property Market Report", Colliers Internasional, Surabaya
- Fardiany, F.V., dan Utomo, C. (2014), "Analisa Highest and Best Use Pada Lahan Kosong Di Jemur Gayungan II Surabaya.", *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 3, No. 2, hal. C-61-C63.
- Hidayati, dan Harjanto. (2003) *Konsep Dasar Penilaian Properti*. BPFE : Yogyakarta
- Ilmiahwan, K.G. (2016), "Analisa Highest And Best Use (Hbu) Pada Lahan Lamongan Plaza", Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya Surabaya.
- Juwana, J. (2005), "Panduan Sistem Bangunan Tinggi Untuk Arsitek dan Praktisi Bangunan", Erlangga, Jakarta
- Kevin, dan Utomo, C. (2017), "Analisa Highest And Best Use Pada Lahan Di Jalan Tenggilis Timur 7 Surabaya", Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya Surabaya.
- Mubayyinah, M., dan Utomo, C. (2012), "Analisa Highest and Best Use (HBU) Lahan "X" untuk Properti Komersial.", *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 1 No. 1.
- Mulyana, E.W., (2012), "Penentuan Penggunaan Lahan Kosong Dengan Analisis Highest And Best Use (HBU)", *Fakultas Ekonomi Bisnis UGM*, hal. 1-14.
- Nasution, A.S.H., Sukaria.S., Hilma, T. (2020), "The Highest and Best Use Analysis in PT Cukat Trengginas Arians Land (Case Study: Vacant Land on Flamboyan Street Medan)", *International Journal of Research and Review*, Vol. 7, No. 2, hal. 1-6.
- Prawoto, A. (2012), *Teori dan Praktek Penilaian Properti Edisi Kedua*, BPFE : Yogyakarta
- Prawoto, A. (2015), *Teori dan Praktek Penilaian Properti Edisi Ketiga*, BPFE : Yogyakarta
- Rasyid, T.D.A., dan Utomo, C. (2013), "Analisa Highest and Best Use (HBU) pada Lahan Bekas SPBU Biliton Surabaya", *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 2, No. 2
- Satiti, Retno. (2011), *Analisa Highest and Best Use Pada Lahan Trillium Office and Residence- Surabaya*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Surabaya.
- Soemarso S. R. (2004), *Akuntansi Suatu Pengantar*, Buku satu, Edisi lima, Jakarta
- Sunariyah, (2004), *Pengantar Pengetahuan Pasar Modal*, Yogyakarta, UPP AMP YKPN.
- The Appraisal Institute. (2001), *The Appraisal of Real Estate*, 12th Edition, Chicago, Illinois.
- Utami, N.P.K., dan Utomo, C. (2015), "Analisa Highest and Best Use (HBU) Pada Lahan Kosong di Kawasan Wisata Ubud", *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 4, No. 1.

Perencanaan ulang jembatan STA 14+633 - 14+750 pada proyek pembangunan jalan dan jembatan Lot 1B Brumbunm Bantai Sine kabupaten Tulungagung dengan implementasi BIM 5D

Dimas Fernanda Bagus Dwi Prastiyo^a, Muhamad Irsyad Cesianto^a, Asri Nurdiana^a, Bambang Setiabudia^a

^a Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur

Corresponding Author:

Email:

raftonado.situmorang@lecturer.itk.ac.id

Keywords:

Autodesk, building information, mododelling bridge, Naviswork, revit

Abstract: *The planning of bridge infrastructure using Building Information Modeling (BIM) technology provides an integrated and efficient approach in modern construction projects. This study aims to redesign the bridge at Sta 14+633-14+750 in the Lot 1B Brumbun-Pantai Sine Road and Bridge Construction Project, Tulungagung Regency, by implementing 5D BIM. The methodology includes structural analysis of the superstructure and substructure in accordance with applicable standards, three-dimensional (3D) modeling using Autodesk Revit, construction scheduling simulation (4D), and cost estimation integration (5D) using Autodesk Navisworks. The results show that the implementation of BIM 5D produces a digital model that integrates three-dimensional modeling (3D), construction scheduling (4D), and cost estimation (5D). The outputs include detailed 2D Detail Engineering Design (DED) drawings, 3D visualization models, construction schedule simulations, and cost estimation models. In addition, BIM-based integration improves coordination accuracy, reduces potential design conflicts, and enhances project efficiency in terms of time and cost. This study contributes by demonstrating the practical application of BIM 5D in bridge planning and offering a more effective approach for integrating design, scheduling, and budgeting processes in infrastructure projects.*

Copyright © 2026 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi perlu didukung oleh perkembangan infrastruktur, terutama di kota-kota besar, meliputi pembangunan gedung, jalan, jembatan, pelabuhan, irigasi, dan fasilitas pendukung lainnya. Jembatan adalah struktur penting yang dibangun untuk melintasi rintangan seperti sungai, jurang, rel kereta, atau jalan raya. Sebagai bagian vital dari infrastruktur transportasi darat, jembatan berperan menghubungkan antarwilayah serta mendukung perkembangan ekonomi, sosial, budaya, dan pariwisata suatu daerah (Apriliani dkk., 2020).

Seiring perkembangan zaman dan teknologi, kebutuhan akan inovasi yang efisien dari segi waktu, biaya, dan ketepatan kerja menjadi prioritas utama. Dalam bidang konstruksi, hal ini terlihat pada visualisasi perencanaan dan perancangan proyek, di mana pemodelan bangunan yang akurat dapat diwujudkan melalui teknologi *Building Information Modeling* (BIM). BIM adalah metode kerja berbasis pemodelan 3D digital yang memuat informasi terintegrasi untuk koordinasi, simulasi, dan visualisasi. Teknologi ini memudahkan kolaborasi semua pihak terkait, sehingga membantu pemilik dan penyedia jasa dalam merancang, membangun, hingga mengelola bangunan secara lebih efisien (Sangadji dkk., 2019). *Building Information Modeling* (BIM) mewakili peralihan dari praktik desain dua dimensi tradisional, karena model dikembangkan melalui kombinasi pemodelan grafis 3D, pemodelan waktu 4D, dan pemodelan biaya 5D (Somnath dkk., t.t.).

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh masih terbatasnya penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 5D pada perencanaan jembatan, khususnya dalam integrasi antara analisis struktur, pemodelan tiga dimensi, penjadwalan, dan estimasi biaya dalam satu sistem yang terkoordinasi. Pada praktiknya, perencanaan jembatan masih sering dilakukan secara terpisah antar tahapan, sehingga berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian data, kurang optimalnya koordinasi, serta inefisiensi dalam waktu dan

biaya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan ulang jembatan beton prategang STA 14+633–14+750 pada proyek pembangunan jalan dan jembatan Lot 1B Brumbun–Pantai Sine Kabupaten Tulungagung dengan mengintegrasikan analisis struktur, pemodelan 3D menggunakan Autodesk Revit, penjadwalan proyek (4D), serta estimasi biaya (5D) dalam satu sistem berbasis BIM.

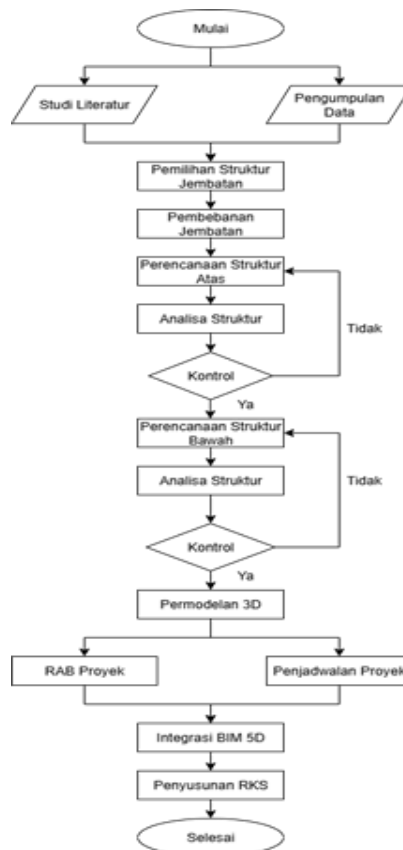
2. DATA DAN METODE

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari pihak kontraktor proyek pembangunan Jalan dan Jembatan Lot 1B Brumbun–Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung, yang meliputi gambar Detail Engineering Design (DED) berupa gambar denah, potongan melintang, potongan memanjang, serta detail elemen struktur jembatan seperti girder, pelat lantai, abutment, dan pilar yang digunakan sebagai acuan dalam proses perencanaan ulang. Selain itu, data primer juga mencakup data tanah berupa parameter geoteknik seperti nilai daya dukung tanah, jenis tanah, dan kedalaman lapisan tanah yang digunakan dalam perencanaan struktur bawah. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari studi literatur dan regulasi yang relevan, meliputi data lalu lintas sebagai dasar pembebanan jembatan, data material seperti kuat tekan beton dan mutu baja tulangan, serta standar dan peraturan perencanaan jembatan yang berlaku sebagai acuan dalam analisis dan perancangan struktur.

Metode

Metode yang digunakan dalam perencanaan ini ditunjukkan dalam diagram alir seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Adapun Peraturan yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu SNI 1725-2016 tentang pembebanan jembatan, SNI 2833-2016 tentang perencanaan jembatan terhadap beban gempa, RSNI T-12-2004 tentang perencanaan struktur beton jembatan, panduan praktis perencanaan teknis jembatan No.06/SE/Db/2021.

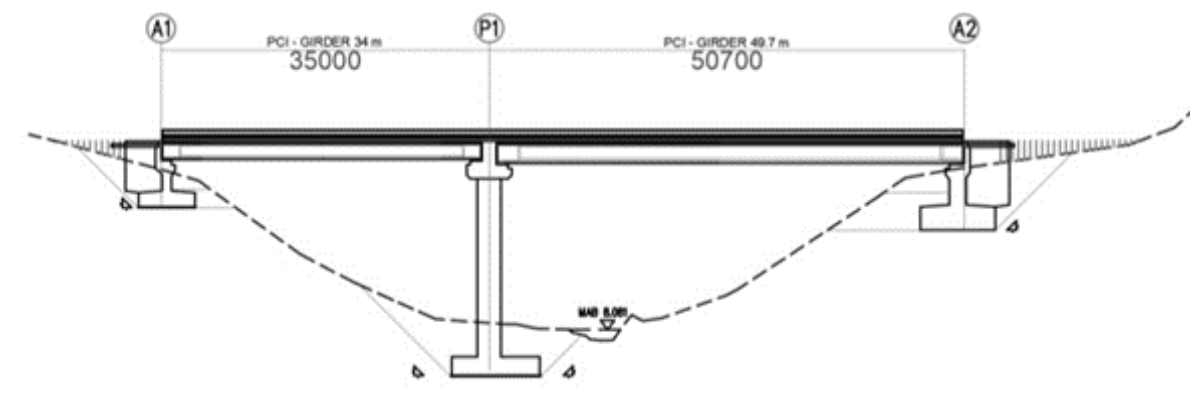


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemodelan jembatan

Pada perencanaan ini dimodelkan jembatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan awal jembatan

Untuk permodelan awal jembatan direncanakan sebagai berikut.

- 1) Panjang total jembatan 85,7m (2 Span)
 - a. Span A1-P1 35m, dipakai *PC-I* Girder tinggi 1,7 m bentang 34 m dengan *CTC* 1,85m sebanyak 5 buah dan 9 buah diafragma
 - b. Span P1-A2 50,7m, dipakai *PC-I* Girder tinggi 2,1 m bentang 49,7 m dengan *CTC* 1,85m sebanyak 5 buah dan 9 buah diafragma
- 2) Lebar jembatan adalah 9,4 m terdiri dari dua jalur dan dua lajur dengan lebar satu jalur 3,5 m tanpa median
- 3) Tinggi abutment A1 7,01m, tinggi abutment A2 9,51m, tinggi pilar P1 25,02 m

Pemilihan sistem struktur jembatan menggunakan *PCI* girder didasarkan pada pertimbangan efisiensi struktur serta kesesuaian terhadap bentang yang direncanakan. *PCI* girder merupakan salah satu tipe balok beton prategang yang umum digunakan pada jembatan dengan bentang menengah karena memiliki kapasitas menahan beban yang tinggi serta mampu mengurangi lendutan struktur dibandingkan dengan beton bertulang konvensional. Pada bentang A1-P1 sepanjang 35 m dan bentang P1-A2 sepanjang 50,7 m, penggunaan *PCI* girder dengan tinggi masing-masing 1,7 m dan 2,1 m dinilai optimal untuk memenuhi kebutuhan kekuatan dan kekakuan struktur. Pemilihan tinggi girder yang berbeda pada setiap bentang dilakukan untuk menyesuaikan panjang bentang dan beban yang bekerja, sehingga diperoleh desain yang lebih efisien secara struktural.

Jarak antar girder (*CtC*) sebesar 1,85 m dipilih untuk memastikan distribusi beban yang merata pada pelat lantai serta meningkatkan stabilitas struktur. Selain itu, penggunaan diafragma pada setiap bentang berfungsi sebagai pengaku lateral yang meningkatkan kekakuan sistem dan memastikan kerja sama antar girder dalam menahan beban. Secara keseluruhan, sistem struktur *PCI* girder yang digunakan memberikan keunggulan dalam hal efisiensi material, kemudahan pelaksanaan konstruksi melalui metode precast, serta kinerja struktural yang baik terhadap beban lalu lintas dan beban lingkungan.

Analisis struktur

Pada perencanaan struktur atas jembatan, jenis pembebanan yang diperhitungkan meliputi hal-hal berikut.

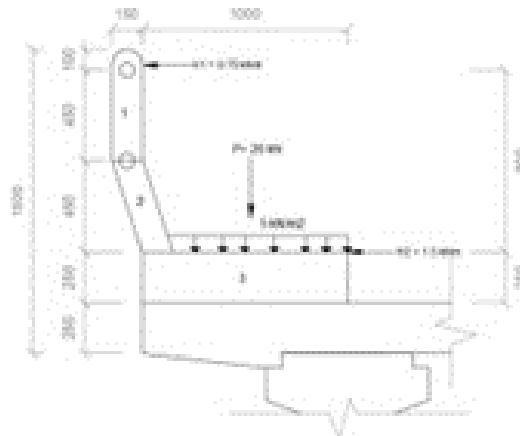
- 1) Berat mati sendiri
- 2) Berat mati tambahan
- 3) Beban lalu lintas (Beban D dan Beban T)
- 4) Gaya rem
- 5) Beban angin
- 6) Beban pengaruh temperatur
- 7) Beban gempa

Bahan struktur atas

Mutu beton	K-350
Kuat tekan beton	$f_c' = 29,05 \text{ MPa}$
Modulus elastik	$E_c = 25332 \text{ MPa}$
Angka poisson	$\nu = 0,2$
Modulus geser	$G = 10555 \text{ Mpa}$
Koefisien muai panjang untuk beton	$\alpha = 0,00001 \text{ } ^\circ\text{C}$
Mutu baja :	
Baja tulangan,	U-42
Tegangan leleh baja,	420 MPa
<i>Specific gravity</i> :	
Berat beton bertulang	$W_c = 25 \text{ kN/m}^3$
Berat beton tidak bertulang	$W_c' = 24 \text{ kN/m}^3$
Berat aspal	$W_a = 22 \text{ kN/m}^3$
Berat air	$W_w = 9,8 \text{ kN/m}^3$

Barrier dan trotoar

Pemodelan *barrier* dan trotoar ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Barrier dan trotoar

Jarak antar railing = 2m

Pembebanan barrier dan trotoar:

- Beban mati sendiri barrier dan trotoar, = 6,67 kN/m
- Beban hidup horizontal pada railing (H1), = 0,75 kN
- Beban hidup horizontal pada kerb (H2), = 1.5 kN
- Beban hidup vertikal terpusat (P), = 20 kN
- Beban hidup vertikal merata ($q \cdot b_2$), = 5 kN

Momen yang terjadi:

- Momen *ultimate* rencana (M_u), = 19,61 kNm

Penulangan trotoar:

- Tulangan Lentur digunakan Tulangan D-13 300 mm
- Tulangan Bagi digunakan Tulangan D-10 300 mm

Pelat lantai

Analisa beban di pelat lantai"

- Berat sendiri (MS) = 6,25 kN/m
- Beban mati tambahan (MA) = 1,59 kN/m
- Beban Truk "T" (TT) = 263,25 kN
- Beban angin (EW) = 6,76 kN/m
- Pengaruh Temperatur = 12,50 oC

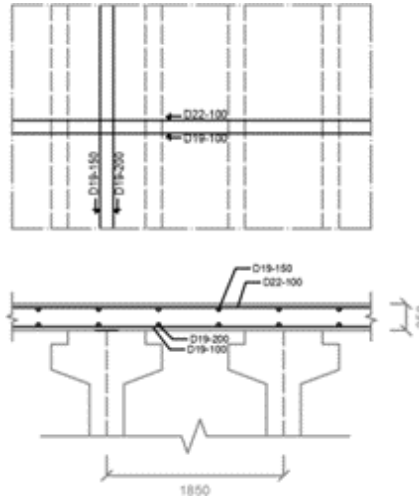
- Beban Terpusat Barrier dan trotoar (WBR) = 13,33 kN

Momen yang terjadi:

- Momen Ultimit pelat lantai arah negatif = 175,437 kNm
- Momen Ultimit pelat lantai arah positif = 155,089 kNm

Penulangan Pelat Lantai:

- Arah negatif : tulangan lentur digunakan D19-100mm tulangan bagi digunakan D19-200mm
 - Arah positif : tulangan lentur digunakan D19-100mm tulangan bagi digunakan D19-200mm
- Adapun penulangan pelat lantai ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Penulangan pelat lantai

PC-I Girder

Perencanaan PC-I Girder ini mengacu pada parameter spesifikasi produk yang ditetapkan oleh PT. Adhi Persada Beton, dengan detail sebagai berikut:

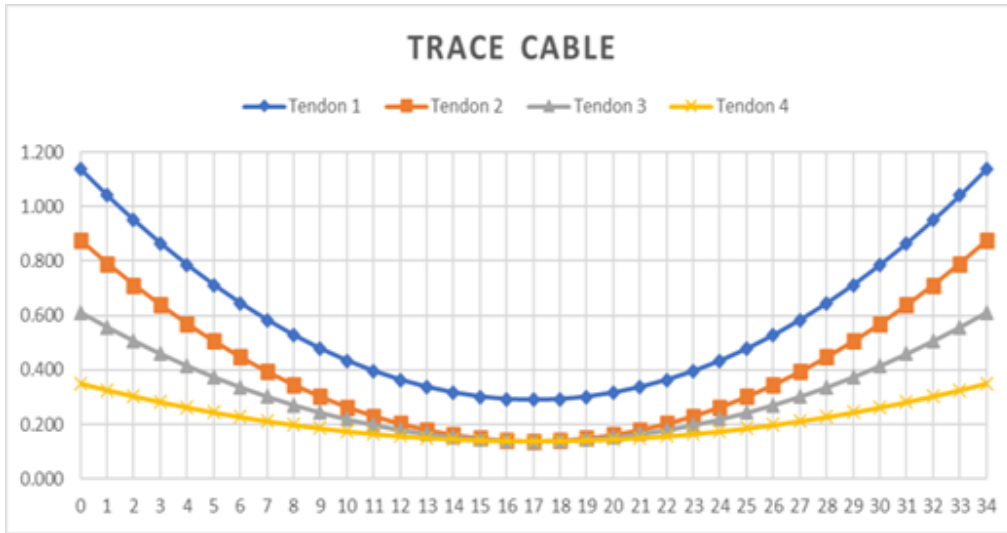
PC-I girder H 1,7m

- Mutu beton prategang = K-500 ($f_c' 41,5 \text{ Mpa}$)
- Modulus Elastisitas beton = 30277.6 MPa
- Jarak antar girder = 1850 mm
- Strand = *Uncoate 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270 (VSL Standart)*

Perencanaan gelagar dilakukan dengan mempertimbangkan dua kondisi, yaitu non-komposit dan komposit, untuk menentukan besaran komponen gelagar. Selanjutnya, dilakukan analisis beban untuk memperoleh rekapitulasi nilai momen dan gaya geser yang timbul akibat berbagai beban yang bekerja. Adapun rekapitulasi momen dan gaya geser pada balok prategang disajikan pada Tabel 1. Sedangkan, setelah dilakukan perhitungan diperoleh koordinat tendon seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 1. Rekapitulasi momen dan gaya geser pada balok prategang

No	Jenis beban	Kode beban	Q (kN/m)	P (kN)	M (kNm)	Keterangan
1	Bera balok prategang	balok	17.090	-	-	Beban merata Q balok
2	Berat pelat	pelat	11.563	-	-	Beban merata Q pelat
3	Berat sendiri	MS	34.451	-	-	Beban merata Q MS
4	Beban mati tambahan	MA	2.942	-	-	Beban merata Q MA
5	Lajur "D"	TD	13.93	126.91	-	Beban Q TD dan PTD
6	Gaya rem	TB	-	-	145.06	Beban merata Q TB
7	Angin	EW	1.006	-	-	Beban merata Q EW
8	Gempa	EQ	3.739	-	-	Beban merata Q EQ

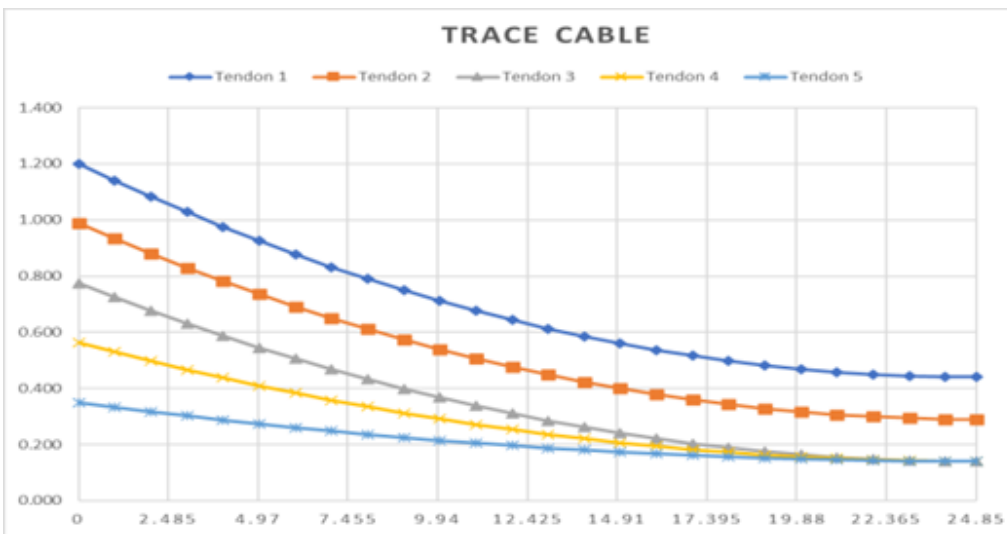


Gambar 5. Koordinator tendon H 1,7 m

PC-I girder H 2,1m

- Mutu beton prategang = K-800 (f_c' 66.40Mpa)
- Modulus Elastisitas beton = 38298.51MPa
- Jarak antar girder = 1850 mm
- Strand = *Uncoate 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270 (VSL Standart)*

Perencanaan gelagar dilakukan dengan mempertimbangkan dua kondisi, yaitu non-komposit dan komposit, untuk menentukan besaran komponen gelagar. Selanjutnya, dilakukan analisis beban untuk memperoleh rekapitulasi nilai momen dan gaya geser yang timbul akibat berbagai beban yang bekerja. Adapun setelah dilakukan perhitungan diperoleh koordinat tendon seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Sedangkan posisi tendon ditunjukkan pada Gambar 7.



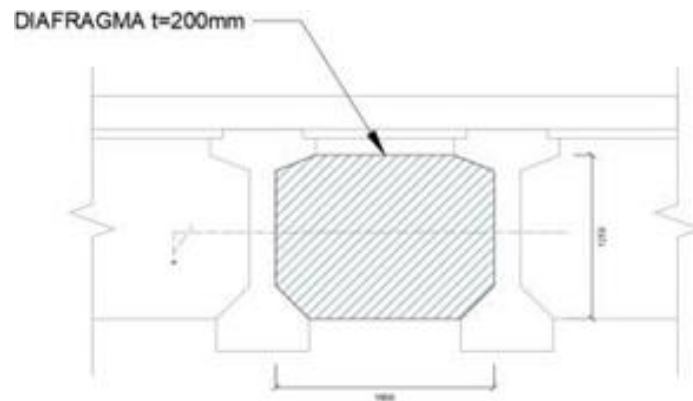
Gambar 6. Koordinat tendon H 2,1 m



Gambar 7. (a) Posisi tendon di tumpuan, (b) posisi tendon di tengah bentang

Diafragma

Pada perencanaan diafragma di rencanakan diafragma ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diafragma bentang 34 m

Diafragma direncanakan hanya sebagai pengaku sehingga beban yang dihitung hanya beban mati.

Diafragma untuk PC-I girder bentang 34m

Beban mati sendiri = 61.875 kN/m

Momen arah X = 0.5371 kNm

Momen arah Y = 0.4851 kNm

Digunakan tulangan arah X D14-200 mm

Digunakan tulangan arah Y D14-200 mm

Diafragma direncanakan hanya sebagai pengaku sehingga beban yang dihitung hanya beban mati sendiri.

Diafragma untuk PC-I girder bentang 34m

Beban mati sendiri = 81.675 kN/m

Momen arah X = 0.3594 kNm

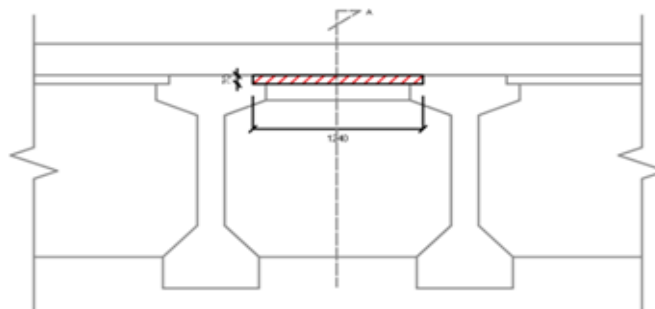
Momen arah Y = 0.5227 kNm

Digunakan tulangan arah X D14-200 mm

Digunakan tulangan arah Y D14-200 mm

Depth slab

Pada perencanaan ini di rencanakan *Depth slab* seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. *Depth slab*

Depth slab di rencanakan untuk mampu menahan beban sendiri dan beban pelat lantai di atasnya.

Beban mati sendiri *Depth Slab* = 2.60 kN/m

Beban mati tambahan = 15.68 kN/m

Beban hidup merata saat pemasangan $q = 1$ kN/m

Momen ultimit pada *Depth Slab*

- Momen arah X = 0.563 kNm

- Momen arah Y = 0.378 kNm

Digunakan tulangan

- Tulangan arah X D10-300

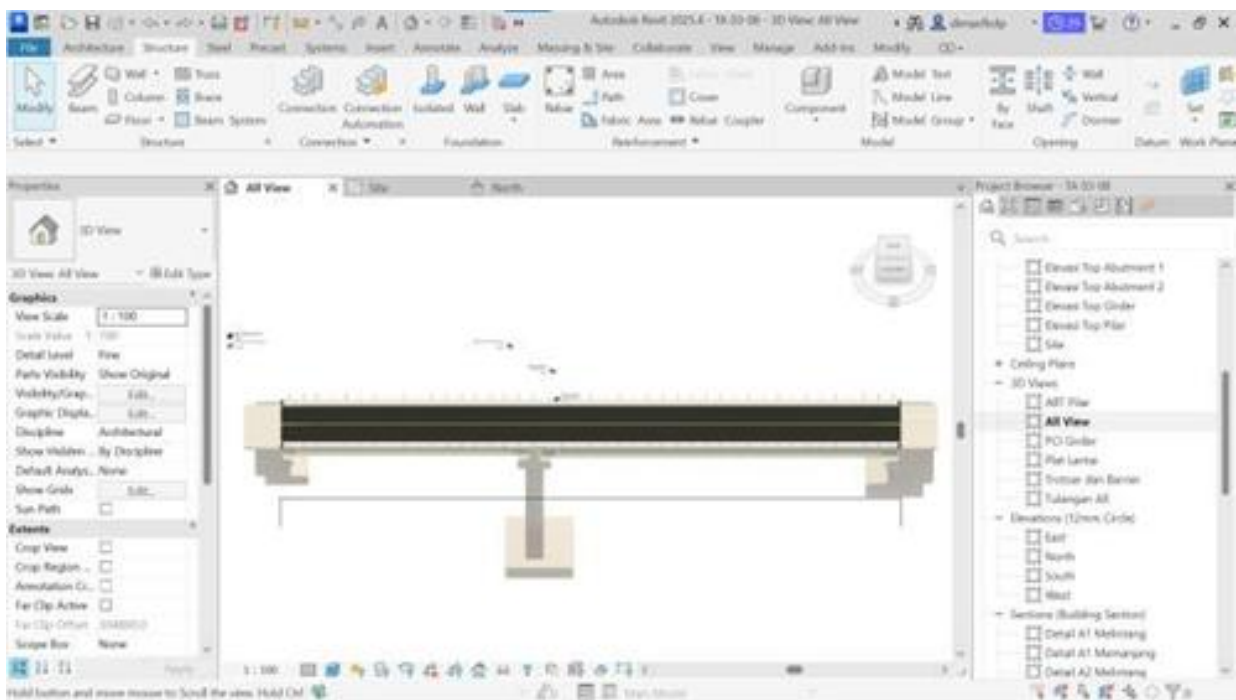
- Tulangan arah Y

3.2. Pemodelan 3D dengan Revit

Pemodelan tiga dimensi menggunakan Autodesk Revit tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi, tetapi juga sebagai sarana integrasi data antar elemen struktur. Setiap komponen struktur seperti girder, pelat lantai, abutment, dan pilar dimodelkan secara parametrik, sehingga perubahan pada satu elemen akan secara otomatis memperbarui elemen lainnya. Hal ini meningkatkan akurasi koordinasi desain dan mengurangi potensi kesalahan akibat ketidaksesuaian antar gambar. Selain itu, penggunaan BIM memungkinkan dilakukannya identifikasi potensi konflik (*clash detection*) antar elemen struktur maupun dengan elemen lainnya sebelum tahap konstruksi.

Dengan adanya deteksi dini terhadap konflik tersebut, perbaikan desain dapat dilakukan lebih awal sehingga dapat meminimalkan risiko perubahan di lapangan yang berpotensi menambah waktu dan biaya proyek. Dari sisi efisiensi, pemodelan berbasis BIM mempermudah proses perencanaan karena data volume pekerjaan (*quantity take-off*) dapat diperoleh secara otomatis dari model yang telah dibuat.

Hal ini mempercepat proses penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) serta meningkatkan akurasi perhitungan. Dengan demikian, penerapan BIM dalam perencanaan jembatan mampu meningkatkan efisiensi waktu, biaya, dan kualitas hasil perencanaan. Struktur hasil analisis perhitungan kemudian dimodelkan menggunakan Revit dengan tampilan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pemodelan 3D jembatan

3.3. Rencana anggaran biaya

Setelah pemodelan tiga dimensi (3D) selesai dilakukan, data *quantity take-off* yang diperoleh dari Autodesk Revit digunakan sebagai acuan utama untuk perhitungan volume masing-masing pekerjaan. Dalam proses penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB), perencana mengidentifikasi dan menyusun seluruh item pekerjaan yang berkaitan dengan pelaksanaan proyek secara sistematis. Adapun hasil rencana anggaran biaya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rencana anggaran biaya

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)
1	Umum	Rp134,248,880
2	Drainase	Rp 0
3	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	Rp101,529,501
4	Pelebaran Preventif	Rp 0
5	Pekerasan Berbutir Dan Perkerasan Beton Semen	Rp9,283,264
6	Perkerasan Aspal	Rp91,288,276
7	Struktur	Rp12,747,362,588
8	Rehabilitasi Jembatan	Rp 0
9	Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain-Lain	Rp5,093,676
10	Pekerjaan Pemeliharaan Kinerja	Rp 0
Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk biaya umum dan keuntungan)		Rp 13,088,806,184
PPN 12 %		Rp 1,570,656,742
Jumlah harga total pekerjaan (termasuk biaya umum dan PPN 12%)		Rp 14,659,462,000
<i>Terbilang : Empat Belas Milyar Enam Ratus Lima Puluh Sembilan Juta Empat Ratus Enam Puluh Dua Ribu Rupiah</i>		

3.4. Penjadwalan proyek

Setelah melakukan perhitungan dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB), tahapan selanjutnya adalah perencanaan penjadwalan proyek. Penjadwalan proyek dilakukan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Project*. Metode CPM digunakan untuk mengidentifikasi jalur kritis yang menentukan durasi total proyek, sehingga aktivitas yang berada pada jalur kritis harus diselesaikan tepat waktu agar tidak terjadi keterlambatan keseluruhan proyek. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh durasi pekerjaan selama 48 minggu dengan bobot pekerjaan tertinggi terjadi pada minggu ke-29 hingga minggu ke-31 yaitu sebesar 3,77 %.

3.5. Integrasi BIM 5D dengan Naviswork Autodesk

Integrasi model 3D, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan penjadwalan proyek dilakukan menggunakan Autodesk Navisworks untuk menghasilkan simulasi proyek berbasis BIM 5D. Proses integrasi diawali dengan mengimpor model tiga dimensi hasil pemodelan dari Autodesk Revit ke dalam Navisworks, kemudian dilakukan proses linking antara elemen model dengan data penjadwalan dari Microsoft Project serta data biaya dari RAB. Setiap elemen struktur seperti girder, pelat lantai, abutment, dan pilar dihubungkan dengan aktivitas pekerjaan dan komponen biaya yang sesuai sehingga terbentuk keterkaitan antara model, waktu, dan biaya. Selanjutnya dilakukan simulasi progres proyek (4D simulation) yang menggambarkan tahapan pelaksanaan konstruksi secara bertahap sesuai dengan jadwal yang telah disusun. Simulasi ini memungkinkan visualisasi urutan pekerjaan dari awal hingga akhir proyek, sehingga memudahkan dalam memahami alur konstruksi serta mengidentifikasi potensi keterlambatan.

Dari sisi 5D, integrasi dengan data biaya memungkinkan pemantauan perkembangan biaya proyek secara dinamis seiring dengan progres pekerjaan. Dengan demikian, perubahan pada jadwal atau volume pekerjaan akan secara langsung mempengaruhi estimasi biaya, sehingga memudahkan dalam pengendalian biaya dan waktu secara bersamaan. Penerapan BIM 5D melalui Autodesk Navisworks memberikan keunggulan dalam meningkatkan akurasi perencanaan, transparansi progres proyek, serta efisiensi dalam pengambilan keputusan, karena seluruh informasi proyek terintegrasi dalam satu model digital yang komprehensif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan ulang jembatan STA 14+633–14+750 pada Proyek Jalan dan Jembatan Lot 1B Brumbun–Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung, dapat disimpulkan bahwa penerapan Building

Information Modeling (BIM) 5D mampu mengintegrasikan proses perencanaan struktur, pemodelan tiga dimensi, penjadwalan, serta estimasi biaya dalam satu sistem yang terkoordinasi.

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa desain struktur jembatan dengan sistem PCI girder mampu memenuhi kebutuhan kekuatan dan kekakuan pada bentang yang direncanakan, dengan total panjang jembatan 85,7 m yang terbagi menjadi dua bentang. Pemodelan tiga dimensi menggunakan Autodesk Revit menghasilkan representasi struktur yang detail dan akurat, serta mempermudah proses koordinasi antar elemen desain. Dari sisi biaya, diperoleh total Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp14.659.462.000, dengan komponen terbesar pada pekerjaan struktur. Sementara itu, hasil penjadwalan proyek menggunakan metode Critical Path Method (CPM) menunjukkan durasi pelaksanaan selama 48 minggu dengan distribusi bobot pekerjaan yang terencana. Integrasi model 3D, biaya, dan penjadwalan melalui Autodesk Navisworks memungkinkan visualisasi progres proyek secara menyeluruh serta memberikan kemudahan dalam pengendalian waktu dan biaya. Dengan demikian, penerapan BIM 5D terbukti memberikan keunggulan dalam meningkatkan efisiensi perencanaan, akurasi data, serta kualitas pengambilan keputusan dibandingkan metode konvensional.

REFERENSI

- Apriliani, R., dkk. (2020). Peran Infrastruktur Jembatan dalam Pengembangan Wilayah. *Jurnal Infrastruktur dan Bangunan*, 6(2), 115-124.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. Jakarta: BSN.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Kementerian PUPR.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2021). Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan (06/SE/Db/2021). Kementerian PUPR.
- Sangadji, A., dkk. (2019). Implementasi Building Information Modeling (BIM) dalam Perencanaan Konstruksi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13(1), 45-52.
- Somnath, P., dkk. (t.t.). *Building Information Modeling: Concepts and Applications*. [Artikel/ebook].

Analisis kebutuhan dan ketersediaan air baku pemanfaatan bendungan Ameroro kabupaten Konawe

Kiki Iqrayanti^a, La Ode Muhammad Nurrahmad Arysad^a

^a Program Studi Magister Rekayasa, Universitas Halu Oleo, Indonesia

Corresponding Author:

Email: kiraya.iqra@gmail.com

Keywords:

Ameroro dam, clean water, water demand

Received :

Revised :

Accepted :

Abstract: *The availability of clean water is a basic necessity that must be sustainably fulfilled in line with population growth and regional development. Konawe Regency has significant water resource potential, one of which is the Ameroro Dam, which is planned as a raw water supply source with a capacity of 511 liters per second. This study aims to analyze the demand and availability of raw water from the Ameroro Dam in meeting clean water needs in the planned service area covering ten sub-districts up to the year 2044. The analysis results indicate that the population in the study area increased from 134,078 people in 2024 to 154,581 people in 2044. The peak-hour clean water demand in 2044 is estimated at 509.302 liters per second. A comparison between water demand and raw water availability shows that the capacity of the Ameroro Dam is still sufficient to meet the clean water needs of the planned service area until the end of the planning period. The findings of this study are expected to serve as a basis for planning, development, and sustainable management of clean water supply systems in Konawe Regency.*

Copyright © 2026 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan berperan besar dalam menunjang kesehatan, kesejahteraan, serta aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat. Ketersediaan air bersih yang cukup, berkualitas, dan berkelanjutan menjadi salah satu indikator keberhasilan pembangunan suatu wilayah. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya aktivitas pembangunan, kebutuhan air bersih terus mengalami peningkatan sehingga pengelolaannya perlu direncanakan secara matang dan berkesinambungan.

Kabupaten Konawe memiliki potensi sumber daya air yang cukup besar, baik yang bersumber dari air permukaan maupun air tanah. Namun, pemanfaatan sumber air baku yang ada belum berjalan secara optimal. Berbagai permasalahan masih dihadapi, antara lain kerusakan daerah aliran sungai akibat aktivitas pembalakan liar, keterbatasan sarana dan prasarana pengolahan air, serta tingginya biaya operasional sistem penyediaan air minum yang berdampak pada kualitas dan kontinuitas pelayanan air bersih kepada masyarakat.

Pembangunan Bendungan Ameroro memberikan peluang strategis sebagai sumber air baku yang berkelanjutan dengan kapasitas 511 liter/detik, selain berfungsi sebagai penyedia air irigasi. Keberadaan bendungan ini diharapkan mampu mendukung pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat Kabupaten Konawe dalam jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan analisis kebutuhan dan ketersediaan air baku Bendungan Ameroro untuk mengetahui sejauh mana kapasitas air yang tersedia mampu memenuhi kebutuhan air bersih di daerah layanan rencana pada masa mendatang.

2. DATA DAN METODE

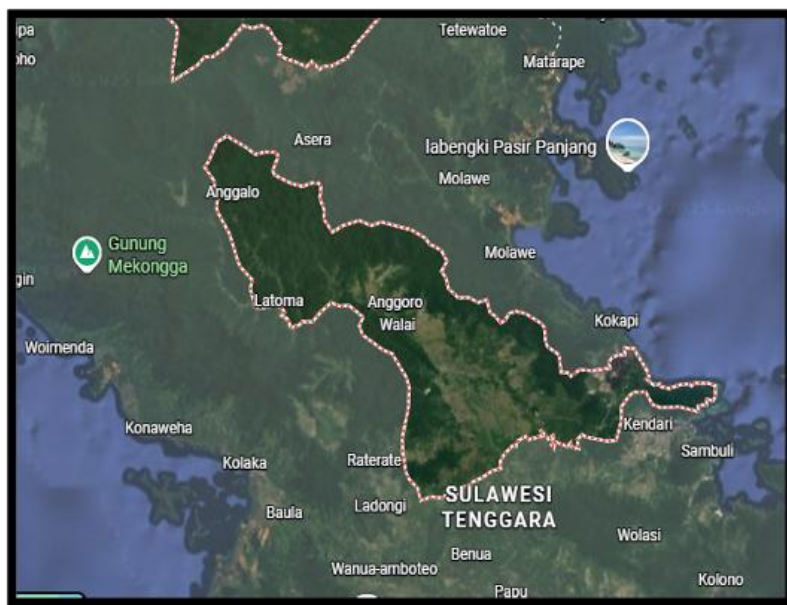
Lokasi penelitian

Kabupaten Konawe dengan ibu kota Unaaha dan secara geografis terletak dibagian selatan katulistiwa yang melintang dari utara ke selatan antara 121^o15' dan 123^o bujur timur.

Adapun batas wilayah dibagi sebagai berikut.

Utara : Provinsi Sulawesi Tengah
 Timur : Kota Kendari
 Selatan : Kabupaten Konawe Selatan
 Barat : Kabupaten Kolaka

Permukaan tanah pada umumnya bergunung dan berbukit yang diapit dataran rendah yang sangat potensial untuk pengembangan sector pertanian. Kabupaten Konawe mempunyai beberapa sungai besar yang cukup potensial untuk pengembangan pertanian, irigasi dan pembangkit tenaga listrik seperti Sungai Konawehea dan Sunga Lahumbuti. Adapun gambaran kabupaten Konawe ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kabupaten Konawe

Metode

A) Analisis proyeksi jumlah penduduk

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada masa mendatang pada masing-masing zona perlu terlebih dahulu diperhatikan keadaan pertumbuhan penduduk yang ada pada saat ini. Adapun analisis yang dapat dilakukan antara lain sebagai berikut.

- 1) Perhitungan rata-rata pertumbuhan penduduk Kabupaten Konawe dengan daerah layan rencana yaitu Kecamatan Lambuya, Uepai, Onempute, Puriala, Unaaha, Tongauna, Tongauna Utara, Wawotobi, Wonggeduku dan Pondidaha sampai dengan tahun rencana berdasarkan jumlah dan pedatan penduduk di wilayah tersebut.
- 2) Memprediksi atau memproyeksi jumlah penduduk penduduk Kabupaten Konawe dengan daerah layan rencana yaitu Kecamatan Lambuya, Uepai, Onempute, Puriala, Unaaha, Tongauna, Tongauna Utara, Wawotobi, Wonggeduku, Pondidaha dengan menggunakan metode pilihan yang menghasilkan koefisien korelasi terbesar antara perhitungan metode aritmatik, metode geometrik, dan metode eksponensial.

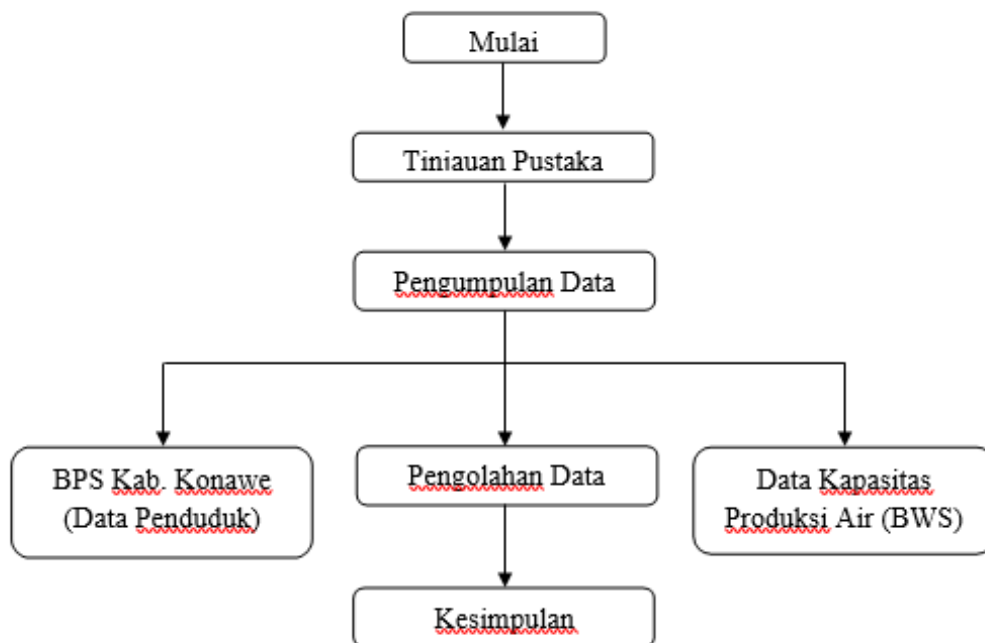
B) Analisis kebutuhan air bersih

Dalam menentukan jumlah air bersih yang akan digunakan untuk keperluan domestic dan yang lainnya yang memerlukan air dilakukan perkiraan yang mendekati besarnya kebutuhan sehari-hari. Besarnya kebutuhan air yang dibutuhkan dalam perhitungan perkiraan berdasarkan kondisi

penduduk dan perkembangannya. Dalam analisis kebutuhan air ini di hitung berdasarkan Kriteria Perencanaan Direktorat Jenderal Cipta Karya Dinas Pekerjaan Umum untuk masing-masing kategori baik kota maupun desa. Adapun dalam menentukan perhitungan kebutuhan air adalah sebagai berikut.

- 1) Menentukan dasar-dasar perhitungan
 - a. Jumlah penduduk di wilayah penelitian
 - b. Jumlah pengguna air bersih
 - c. Jumlah ketersediaan air bersih
 - d. Jumlah kesediaan di wilayah setempat
- 2) Perhitungan jumlah kebutuhan air bersih
 - a. Kebutuhan domestik
 - b. Kebutuhan non domestik
 - c. Kebutuhan air bersih total
 - d. Kehilangan air
 - e. Kebutuhan rata-rata
 - f. Kebutuhan air maksimum dan jam puncak

Adapun bagan alir penelitian disajikan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis proyeksi jumlah penduduk

Untuk mengetahui kebutuhan air bersih pada masa mendatang pada setiap wilayah perlu terlebih dahulu diperhatikan keadaan penduduk yang ada pada saat ini dan proyeksi jumlah penduduk pada masa mendatang. Dalam perencanaan proyeksi jumlah penduduk ini direncanakan sampai 20 tahun yang akan datang dihitung dari 2025 sampai tahun 2044. Data jumlah penduduk masing-masing Kecamatan yang masuk dalam daerah layan rencana Air Baku Bendungan Ameroro Kabupaten Konawe dari tahun 2021 sampai tahun 2024.

- 1) Data penduduk

Adapun data penduduk Kabupaten Konawe untuk 10 Kecamatan daerah layan rencana Air Baku Bendungan Ameroro Kabupaten Konawe dari tahun 2021 sampai tahun 2024 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data penduduk kabupaten Konawe tahun 2021-2024

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk				
		2020	2021	2022	2023	2024
1	Lambuya	7.637	7.638	7.843	7.786	7.897
2	Uepai	14.659	14.433	14.977	14.512	14.835
3	Puriala	9.388	9.306	9.711	9.555	9.730
4	Onembute	7.277	7.258	7.532	7.560	7.648
5	Unaaha	25.868	26.179	26.867	24.439	24.776
6	Tongauna	11.109	11.017	11.315	11.201	11.343
7	Tongauna Utara	6.820	6.872	7.058	7.031	7.212
8	Wawotobi	23.497	16.622	16.987	22.608	22.839
9	Wonggeduku	13.926	13.910	14.286	13.959	14.210
10	Pondidaha	12.998	12.984	13.522	13.265	13.588
Total		133.179	126.219	130.098	131.916	134.078

2) Data pertumbuhan penduduk

Adapun data penduduk Kabupaten Konawe untuk 10 Kecamatan daerah layan rencana Air Baku Bendungan Ameroro Kabupaten Konawe dari tahun 2021 sampai tahun 2024 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase pertumbuhan penduduk tahunan

No.	Kecamatan	Persentase Pertumbuhan Penduduk Tahunan (%)					Rata-rata (r)
		2020	2021	2022	2023	2024	
1	Lambuya	-	0,01	2,68	-0,73	1,43	0,85
2	Uepai	-	-1,54	3,77	-3,10	2,23	0,34
3	Puriala	-	-0,87	4,35	-1,61	1,83	0,93
4	Onembute	-	-0,26	3,78	0,37	1,16	1,26
5	Unaaha	-	1,20	2,63	-9,04	1,38	-0,96
6	Tongauna	-	-0,83	2,70	-1,01	1,27	0,53
7	Tongauna Utara	-	0,76	2,71	-0,38	2,57	1,42
8	Wawotobi	-	-29,26	2,20	33,09	1,02	1,76
9	Wonggeduku	-	-0,11	2,70	-2,29	1,80	0,52
10	Pondidaha	-	-0,11	4,14	-1,90	2,43	1,14

3) Proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk

Untuk perhitungan proyeksi jumlah penduduk masing-masing Kecamatan dengan kriteria pemilihan metode menggunakan uji korelasi dari menggunakan Excel Korelasi.

Contoh perhitungan :

Diketahui: jumlah penduduk Kecamatan Lambuya tahun 2020 berjumlah 7.637 Jiwa dengan pertumbuhan penduduk sebesar 0,85%.

a. Metode Geometrik

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

Dengan :

P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun periode

P_o = Jumlah penduduk pada awal proyeksi

r = Rata-rata persentase pertambahan penduduk tiap tahun

n = Tahun Data

$$P_0 = 7.637 (1 + (0,85\%))^0 = 7.637 \text{ Jiwa}$$

$$P_1 = 7.638 (1 + (0,85\%))^1 = 7.702 \text{ Jiwa}$$

$$P_2 = 7.532 (1 + (0,85\%))^2 = 7.659 \text{ Jiwa}$$

$$P_3 = 7.786 (1 + (0,85\%))^3 = 7.984 \text{ Jiwa}$$

$$P_4 = 7.897 (1 + (0,85\%))^4 = 8.165 \text{ Jiwa}$$

b. Metode Aritmatik

$$P_n = P_0 (1 + r \cdot n)$$

Dengan :

P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun periode

P_0 = Jumlah penduduk pada awal proyeksi

r = Rata-rata persentase pertambahan penduduk tiap tahun

n = Tahun Data

$$P_0 = 7.637 (1 + (0,85\%) \times 0) = 7.637 \text{ Jiwa}$$

$$P_1 = 7.638 (1 + (0,85\%) \times 1) = 7.702 \text{ Jiwa}$$

$$P_2 = 7.532 (1 + (0,85\%) \times 2) = 7.660 \text{ Jiwa}$$

$$P_3 = 7.786 (1 + (0,85\%) \times 3) = 7.985 \text{ Jiwa}$$

$$P_4 = 7.897 (1 + (0,85\%) \times 4) = 8.168 \text{ Jiwa}$$

c. Metode Eksponensial

$$P_n = P_0 \times e^{(r \times n)}$$

Dengan :

P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun periode

P_0 = Jumlah penduduk pada awal proyeksi

r = Rata-rata persentase pertambahan penduduk tiap tahun

n = Tahun Data

$$P_0 = 7.637 \times 2,718^{(0,85\% \times 0)} = 7.637 \text{ Jiwa}$$

$$P_1 = 7.638 \times 2,718^{(0,85\% \times 1)} = 7.703 \text{ Jiwa}$$

$$P_2 = 7.532 \times 2,718^{(0,85\% \times 2)} = 7.660 \text{ Jiwa}$$

$$P_3 = 7.786 \times 2,718^{(0,85\% \times 3)} = 7.986 \text{ Jiwa}$$

$$P_4 = 7.897 \times 2,718^{(0,85\% \times 4)} = 8.169 \text{ Jiwa}$$

d. Uji Korelasi

Nilai koefisien korelasi dapat dihitung dengan bantuan *Microsoft Excel "Correl"*. Dimana nilai korelasi (c) yang mendekati nilai $c=1$ atau $c=-1$ di gunakan. Adapun hasil uji korelasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji korelasi

Tahun	Tahun Ke-n	R (%)	Jumlah Statistik	Hasil Perhitungan		
				Geomatrik	Aritmatika	Eksponensial
2020	0	0,85	7.637	7637,00	7637,00	7637,00
2021	1	0,85	7.638	7702,85	7702,85	7703,11
2022	2	0,85	7.532	7659,89	7660,43	7660,97
2023	3	0,85	7.786	7984,30	7985,99	7986,83
2024	4	0,85	7.897	8165,18	8168,61	8169,75
TOTAL				0,9543531	0,9541223	0,9538945

Tabel 3 menerangkan bahwa koefisien korelasi yang paling mendekati angka 1 adalah proyeksi dengan menggunakan metode geometrik, maka untuk proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Lambuya ditentukan dengan menggunakan metode geometrik. Untuk perhitungan penentuan metode yang akan digunakan untuk proyeksi jumlah penduduk tiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Metode proyeksi jumlah penduduk

No	Kecamatan	Kesimpulan
1	Lambuya	Geomatik

2	Uepai	Geomatik
3	Puriala	Geomatik
4	Onembute	Geomatik
5	Unaaha	Eskponensial
6	Tongauna	Geomatik
7	Tongauna Utara	Geomatik
8	Wawotobi	Geomatik
9	Wonggeduku	Geomatik
10	Pondidaha	Geomatik

4) Proyeksi jumlah penduduk

Tabel 5 menerangkan jumlah penduduk pengguna air bersih. Pada tahun 2044 total jumlah penduduk sebesar 154.581 jiwa. Maka berdasarkan kriteria perencanaan air bersih 10 Kecamatan di Kabupaten Konawe termasuk dalam kategori “Kota Sedang” dengan jumlah penduduk berkisar 100.000 – 500.000 jiwa.

Tabel 5. Proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk

No.	Kecamatan	r	Jumlah Penduduk				
			2024 0	2029 5	2034 10	2039 15	2044 20
1	Lambuya	0,85	7.897	8.238	8.594	8.965	9.352
2	Uepai	0,34	14.835	15.087	15.343	15.603	15.868
3	Puriala	0,93	9.730	10.189	10.669	11.173	11.699
4	Onembute	1,26	7.648	8.143	8.670	9.232	9.829
5	Unaaha	-0,96	24.776	23.613	22.505	21.448	20.441
6	Tongauna	0,53	11.343	11.649	11.964	12.287	12.619
7	Tongauna Utara	1,42	7.212	7.737	8.300	8.904	9.553
8	Wawotobi	1,76	22.839	24.923	27.198	29.681	32.389
9	Wonggeduku	0,52	14.210	14.586	14.973	15.370	15.777
10	Pondidaha	1,14	13.588	14.382	15.223	16.113	17.054
Total			134.078	138.548	143.438	148.774	154.581

Analisis kebutuhan air bersih

Pada Penelitian ini memprediksi kebutuhan air bersih pada 20 tahun ke depan tepatnya pada tahun 2044 mencakup sector domestic dan sector non-domestic pada 10 Kecamatan daerah layan rencana Air Baku Bendungan Ameroro Kabupaten Konawe. Berdasarkan tabel kriteria perencanaan air bersih menurut Direktorat Jendral Cipta KARYa Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2000, 10 Kecamatan daerah layan renncana Air Baku Bendungan Ameroro Kabupaten Konawe berdasarkan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2044 sebesar 155.300 jiwa sehingga masuk kategori seperti yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria perencanaan air bersih

Uraian	100.000 s/d 500.000
	Sedang
Konsumsi Unit Sambungan Rumah (KU SR)	130 l/org/hari
Konsumsi Unit Hidran Umum (KU HU)	30 l/org/hari
Cakupan Pelayanan Sambungan Rumah (CPSR)	80%
Cakupan Pelayanan Hidran Umum (CP HU)	20%
Faktor Hari Maksimum (1,2 – 1,5)	1.25
Faktor Jam Puncak (1,5-2,0)	1.55

1) Prediksi kebutuhan air bersih domestik dan non domestik

Dalam perencanaan perhitungan kebutuhan air, perlu di analisis kebutuhan air domestik dan non-Domestic, karena sama-sama membutuhkan infrastruktur air bersih. Kebutuhan air bersih domestic mencakup Sambungan Rumah (SR) dan kebutuhan Hidran Umum (HU). Pada Tabel 7 berikut, dapat dilihat Proyeksi Kebutuhan Air Domestik & Non-Domestik Kabupaten Konawe Tahun 2044. Adapun untuk menghitung kebutuhan air domestik digunakan Persamaan 1.

$$qD = JP \times (pl\%) \times S \quad \text{Pers 1)}$$

Keterangan:

- qD = Kebutuhan air domestic (liter/orang/ hari)
 JP = Jumlah penduduk saat ini (jiwa)
 Pl% = Persentase pelayanan yang akan dilayani
 S = Standar kebutuhan air rata-rata

Sedangkan untuk mendapatkan kebutuhan air non domestik digunakan Persamaan 2.

$$qnD = (nD\%) \times qD \quad \text{Pers 2)}$$

Keterangan:

- qnD = Kebutuhan air non domestik (liter/orang/ hari)
 nD% = Persentase kebutuhan air non domestik
 qD = Kebutuhan air domestik (liter/org/hari)

setelah dilakukan perhitungan terkait dengan kebutuhan air domestik dan non domesti maka didapatkan rekapitulasi proyeksi kebutuhan air domestik dan non domestik seperti yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Proyeksi kebutuhan air domestik dan non domestik tahun 2024 – 2044

Tahun	Tahun Ke-n	Jumlah Penduduk Jiwa	Jumlah Pemakaian SR l/d	Jumlah Pemakaian HU l/d	Kebutuhan Air Domestik l/d	Kebutuhan Air Non Domestik l/d
		a	b=ax130x80%	c=ax30x20%	d=b+c	e=dx20%
2024	0	134.078	139,441	8,045	147,486	29,497
2029	5	138.548	144,090	8,313	152,403	30,481
2034	10	143.438	149,176	8,606	157,782	31,556
2039	15	148.774	154,725	8,926	163,651	32,730
2044	20	154.581	160,764	9,275	170,039	34,008

2) Prediksi kebutuhan air rata-rata

Adapun untuk menghitung kebutuhan air total menggunakan Persamaan 3.

$$qT = qD + qnD \quad \text{Pers 3)}$$

Dengan:

- qT = Kebutuhan air total (liter/orang/ hari)
 qD = Kebutuhan air domestik (liter/org/hari)
 qnD = Kebutuhan air domestik (liter/org/hari)

Adapun untuk menghitung kehilangan air menggunakan Persamaan 4.

$$qHL = qT \times (Kt\%) \quad \text{Pers 4)}$$

Dengan:

- qHL = Kebocoran atau kekurangan air
 qT = Kebutuhan air total (liter/hari)
 Kt% = Persentase kebocoran atau kehilangan air

Adapun untuk menghitung kebutuhan air rata-rata menggunakan Persamaan 5.

$$qRH = qHL + qT$$

Pers 5)

Dengan:

qRH = Kebutuhan air rata-rata

qT = Kebutuhan air total (liter/hari)

qHL = Kebocoran atau kehilangan air (liter/hari)

setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan kebutuhan air rata-rata seperti yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kebutuhan air rata-rata tahun 2024 – 2044

Tahun	Tahun Ke-n	Kebutuhan Air Domestik	Kebutuhan Air Non Domestik	Kehilangan Air	Kebutuhan Air Rata-Rata
		l/d $d=b+c$	l/d $e=dx20\%$	l/d $f=(d+e)x20\%$	l/d $g=dxexf$
2024	0	147,486	29,497	35,397	212,380
2029	5	152,403	30,481	36,577	219,460
2034	10	157,782	31,556	37,868	227,207
2039	15	163,651	32,730	39,276	235,658
2044	20	170,039	34,008	40,809	244,857

3) Kebutuhan air harian maksimum dan jam puncak

Adapun untuk menentukan kebutuhan air maksimum digunakan Persamaan 6

$$qm = qRH \times F$$

Pers 6)

Keterangan:

qRH = Kebutuhan air rata-rata

qm = Kebutuhan air maksimum (liter/hari)

F = Faktor hari maksimum (1,2-1,5)

Adapun untuk menentukan kebutuhan air pada jam puncak digunakan Persamaan 7.

$$qp = qm \times F$$

Pers 7)

Keterangan:

qp = Kebutuhan air pada jam puncak (liter/hari)

qm = Kebutuhan air maksimum (liter/hari)

F = Faktor hari maksimum (1,5-2,0)

Adapun setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan kebutuhan air harian maksimum dan jam puncak tahun 2024 – 2044 seperti yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Kebutuhan air harian maksimum dan jam puncak 10 kecamatan di kabupaten Konawe tahun 2024-2044

Tahun	Tahun Ke-n	Kebutuhan Air Rata-Rata	Kebutuhan Harian Maksimum	Kebutuhan Air pada Jam Puncak
		l/d $g=dxexf$	l/d $h=gx1,3$	l/d $i=hx1,6$
2024	0	212,380	276,093	441,749
2029	5	219,460	285,298	456,477
2034	10	227,207	295,368	472,590
2039	15	235,658	306,355	490,168
2044	20	244,857	318,314	509,302

Dengan membandingkan kebutuhan air bersih 10 Kecamatan daerah layan rencana Air Baku Bendungan Ameroro Kabupaten Konawe pada tahun 2044 sebesar 509,302 lt/det apabila di bandingkan dengan kapasitas Air Baku Bendungan Ameroro Kabupaten Konawe sebesar 511 lt/det menunjukkan bahwa jumlah ketersediaan Air Baku Bendungan Ameroro saat ini (511 lt/det > 509,302 lt/det) mampu memenuhi kebutuhan daerah layan rencana sampai tahun 2044.

4. KESIMPULAN

Dari tahun 2024-2044 jumlah kebutuhan air bersih terus mengalami peningkatan kenaikan ini sejalan dengan terus bertambahnya jumlah penduduk tiap tahun. Jumlah penduduk pada saat perencanaan tahun 2024 sebanyak 134.078 jiwa sedangkan pada saat akhir waktu rencana tahun 2044 jumlah penduduk bertambah menjadi 154.581 jiwa. Kebutuhan air rata-rata pada saat perencanaan tahun 2024 sebanyak 212,380 liter/detik sedangkan pada saat akhir waktu rencana 2044 kebutuhan air rata-rata meningkat menjadi 244.857 liter/detik. Kebutuhan air harian maksimum dengan menggunakan nilai koefisien sebesar 1,25 pada saat perencanaan tahun 2024 sebesar 276,093 liter/detik sedangkan pada saat akhir waktu rencana tahun 2044 bertambah menjadi 318,314 liter/detik. Kebutuhan air pada jam puncak pada saat perencanaan tahun 2024 sebesar 441,749 liter/detik sedangkan pada saat akhir waktu rencana tahun 2044 bertambah menjadi 509,302 liter/detik. Ketersediaan air dari sumber mata air Baku Bendungan Ameroro masih mampu mencukupi kebutuhan air daerah layan hingga 2044. Hal ini dibuktikan dengan debit sumber ($Q_s=511$ lt/det) > lebih kebutuhan ($Q_b = 509,302$ lt/det).

REFERENSI

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Konawe. (2021). *Kabupaten Konawe dalam angka 2021*. Unaaha: BPS Kabupaten Konawe.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Konawe. (2022). *Kabupaten Konawe dalam angka 2022*. Unaaha: BPS Kabupaten Konawe.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Konawe. (2023). *Kabupaten Konawe dalam angka 2023*. Unaaha: BPS Kabupaten Konawe.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Konawe. (2024). *Kabupaten Konawe dalam angka 2024*. Unaaha: BPS Kabupaten Konawe.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum. (2000). *Kriteria perencanaan sistem penyediaan air bersih*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata ruang air*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Mays, L. W. (2011). *Water resources engineering* (2nd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Permen PUPR Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016. (2016). *Penyelenggaraan sistem penyediaan air minum*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Suripin. (2004). *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Widodo, S., & Nugroho, Y. S. (2018). Analisis kebutuhan air bersih berbasis proyeksi penduduk. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(2), 85–94.

Analisis kerusakan jalan menggunakan metode *pavement condition index* (PCI) dan *surface distress index* (SDI) jalan Imam Bonjol, Tangerang

Rizki Hidayatullah ^{a*}, Sylvia Indriany ^a

^a Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia

Corresponding Author:

Email:

rizkihidayatullah451@gmail.com**Keywords:**

PCI, SDI, PKJI 2023, ASTM D6433-18

Received :

Revised :

Accepted :

Abstract: Roads are one of the most important land transportation infrastructures that social and economic activities. Road damage reduces the level of service, increases transportation costs, and poses accident risks. This study aims to analyze the road condition, traffic volume, and maintenance strategy on Imam Bonjol Street, Tangerang, using the Pavement Condition Index (PCI), Surface Distress Index (SDI), and PKJI 2023 guidelines. The results show that the average PCI value is 58,07 (Poor category), with 75% of road segments in Poor condition, 20% Fair, and 5% Very Poor. The SDI values range from 0-55, indicating good to moderate condition. Traffic volume analysis reveals the dominance of passenger cars and motorcycles with peak flows in the morning and evening. Recommended maintenance strategies include structural rehabilitation for severely damaged segments, overlay for moderate damage, and routine maintenance for still-serviceable sections. These findings are expected to provide a basis for prioritizing road maintenance effectively and efficiently.

Copyright © 2026 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan memiliki peranan vital dalam mendukung kelancaran arus barang dan manusia. Kerusakan jalan menyebabkan terganggunya mobilitas, peningkatan biaya transportasi, serta risiko kecelakaan. Ruas Jalan Imam Bonjol-Tangerang merupakan jalan arteri utama dengan volume lalu lintas tinggi karena terhubung dengan pintu tol, kawasan permukiman, universitas, rumah sakit, pusat perbelanjaan. Sebagai jalur distribusi kendaraan kapasitas besar dari pabrik-pabrik sekitar, ruas jalan ini mengalami beban lalu lintas yang signifikan sehingga menimbulkan berbagai kerusakan seperti retakan, lubang, dan penurunan permukaan jalan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan melalui survei lapangan dengan menggunakan instrument berupa alat tulis, formulir kerusakan jalan, alat ukur, serta kamera untuk dokumentasi. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei langsung di ruas Jalan Imam Bonjol sepanjang 2 km yang dibagi menjadi 20 segmen, meliputi identifikasi jenis, ukuran dan tingkat kerusakan jalan, volume lalu lintas berdasarkan klasifikasi kendaraan, serta data geometric jalan. Data sekunder diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Tangerang dan Badan Pusat Statistik. Analisis dilakukan dengan metode *Pavement Condition Index* (PCI) untuk menilai kondisi perkerasan berdasarkan jenis dan tingkat kerusakan, serta *Surface Distress Index* (SDI) dengan parameter luas retak, lebar retak, jumlah dan kedalaman bekas roda. Data yang diperoleh kemudian diolah melalui tingkat jalan dan menentukan strategi pemeliharaan yang sesuai. Adapun pembagian segmen jalan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian Segmen Jalan

Segmen	Stationing	Segmen	Stationing
1	0+000 s/d 0+100	11	1+000 s/d 0+100
2	0+100 s/d 0+200	12	1+100 s/d 1+200
3	0+200 s/d 0+300	13	1+200 s/d 1+300
4	0+300 s/d 0+400	14	1+300 s/d 1+400
5	0+400 s/d 0+500	15	1+400 s/d 1+500
6	0+500 s/d 0+600	16	1+500 s/d 1+600
7	0+600 s/d 0+700	17	1+600 s/d 1+700
8	0+700 s/d 0+800	18	1+700 s/d 1+800
9	0+800 s/d 0+900	19	1+800 s/d 1+900
10	0+900 s/d 1+000	20	1+900 s/d 2+000

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survei dilapangan terdapat 2 tipe perkerasan (*Rigid* dan *Flexible*) untuk dianalisis menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) dan *Surface Distress Index* (SDI), maka didapat data kerusakan jalan sebagai contoh pada segmen STA 0+000-0+100 yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis Kerusakan dilapangan

STA	JENIS KERUSAKAN	KODE	UKURAN KERUSAKAN		T	A	KELAS KERUSAKAN
			P	L			
STA 0+000- 0+100	Alligator Cracking	1	4	3,6	-	14,4	L
	Alligator Cracking	1	3,8	3,4	-	12,92	L
	Tambalan (<i>Patching</i>) m ²	11	1,6	2,45	-	3,92	L
	Tambalan (<i>Patching</i>) m ²	11	13,2	3,4	-	44,88	L
	Tambalan (<i>Patching</i>) m ²	11	11,9	3,4	-	40,39	M
	Tambalan (<i>Patching</i>) m ²	11	13	3	-	39	M
	Retak Blok (<i>Block Cracking</i>) m ²	3	6	3,2	-	19,2	M
	Retak Blok (<i>Block Cracking</i>) m ²	3	9	3,4	-	30,6	L
	Retak Blok (<i>Block Cracking</i>) m ²	3	7,4	3,4	-	25,16	M
	Lubang (<i>Potholes</i>) m ³	13	1,35	0,3	0,7	0,28	M

Berdasarkan hasil survei lapangan yang mengacu pada ASTM D6433-18 dari setiap segmen yang diteliti pada sepanjang Jalan Imam Bonjol, ditemukan beberapa jenis kerusakan pada permukaan jalan. Yang paling banyak ditemui adalah kerusakan umum seperti retak memanjang dan melintang (*Longitudinal/Transversal Cruck*), lubang (*Potholes*), tambalan (*Patching*), retak blok (*Block Cracking*) dan retak kulit buaya (*Alligator Cracking*). Setelah didapat data kerusakan jalan lalu dihitung masing-masing segmen nilai *density*, *deduct value*, *CDV* yang kemudian didapat hasil akhir nilai PCI. Tabel 3 merupakan nilai *density*, dan *deduct value*.

Tabel 3. Nilai *Density*, dan *Deduct Value* PCI STA 0+000-0+100

Segmen	Jenis Kerusakan	Kode	Kelas Kerusakan	Density (%)	Deduct Value
SI	Patching and Transverse Cracking	11	L	6.1	12
	Patching and Transverse Cracking	11	M	9.93	30
	Block Cracking	3	L	3.8	5
	Block Cracking	3	M	5.5	11
	Potholes	13	M	0.03	9
	Alligator Cracking	1	M	3.4	32

Dari Tabel 3 adalah hasil nilai PCI *density*, dan *deduct value* pada perkerasan *flexible*. Ada 14 segmen yang dihitung PCI dengan perkerasan *flexible* dan 6 segmen perkerasan *rigid*. Adapun hasil nilai PCI *density*, dan *deduct value* Perkerasan *rigid* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Density*, dan *Deduct Value* PCI STA 0+600-0+700

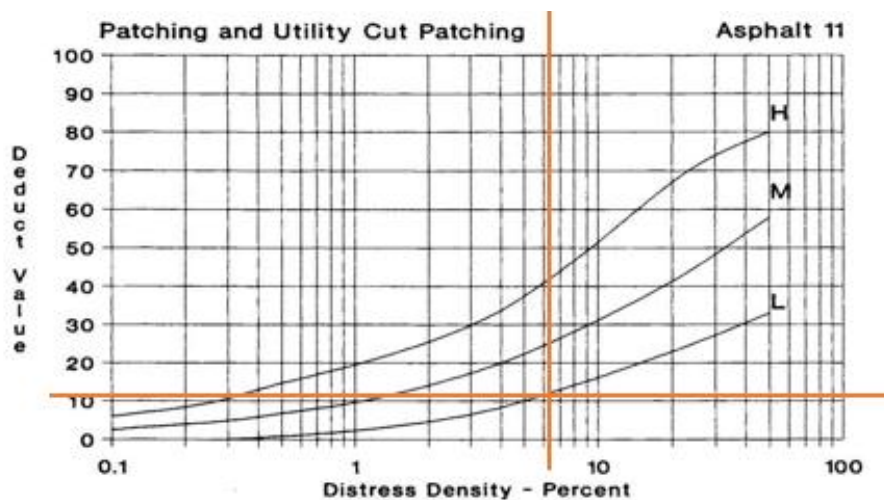
Segmen	Kode Kerusakan	Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Jumlah Slab	Density (%)	Deduct Value
S7	34	Severity Punchout	M	4	10	21
	29	Patching (Large)	M	9	22,5	15
	28	Linear Cracking	L	11	27,5	12
	28	Linear Cracking	M	3	7,5	8
	23	Dividen Slab	M	9	22,5	28

Dari Tabel 4 adalah hasil nilai PCI *density*, dan *deduct value* pada perkerasan *Rigid*. Untuk menentukan nilai *density*, dan *deduct value* menggunakan Persamaan 1.

$$Density = Ad/As \times 100\%$$

Pers 1)

Sedangkan mencari nilai *deduct value* hanya memploting nilai *density* ke dalam grafik, sebagai contoh dibawah ini mencari *deduct value* pada segmen STA 0+000-0+100 dikerusakan *Patching and Transverse Cracking* (11 L) dapat dilihat pada Gambar 1.



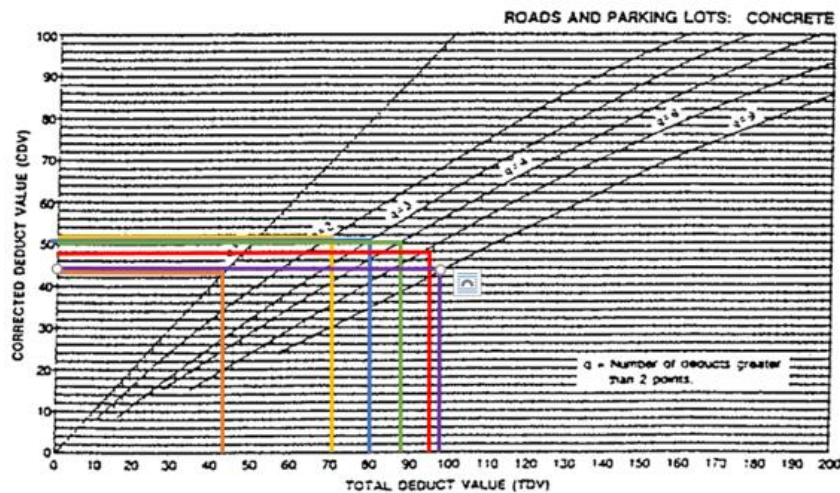
Gambar 1 Nilai *Deduct Value* *Patching and Transverse Cracking*

Kemudian tentukan nilai *Total Deduct Value* (TDV) dan *Corrected Deduct Value* (CDV), mencari *Total Deduct Value* (TDV) dengan cara akumulasi dari seluruh nilai DV, atau jumlah total dari individual *Deduct Value* Menggunakan Persamaan 2.

$$Mi = 1 + (9/98) * (100 - HDVi)$$

Pers. 2)

Sedangkan mencari nilai CDV hanya memploting total nilai *Deduct Value* ke dalam grafik, sebagai contoh dibawah ini mencari CDV pada segmen STA 0+000-0+100 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Nilai Pengurangan *Total Deduct Value* (TDV) & *Corrected Deduct Value* (CDV)

Hasil nilai CDV dibuatkan kedalam tabel yang dimana nilai CDV tertinggi akan di kurangkan dengan 100 dan hasil nilainya menjadi nilai PCI. Dibawah ini tabel CDV segmen STA 0+000-0+100 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Pengurangan *Total Deduct Value* (TDV) & *Corrected Deduct Value* (CDV)

#	Nilai Pengurang (<i>Deduct Value</i>)						Total	q	CDV
1	32	30	12	11	9	5	99	6	44
2	32	30	12	11	9	2	96	5	48
3	32	30	12	11	2	2	89	4	50
4	32	30	12	2	2	2	80	3	51
5	32	30	2	2	2	2	70	2	52
6	32	2	2	2	2	2	42	1	43

Langkah berikutnya menentukan kondisi PCI, dengan menggunakan Persamaan 3.

$$PCI = 100 - CDV \text{ maks}$$

Pers. 3)

Berdasarkan ASTM D6433-18, segmen STA 0+000-0+100 dengan nilai 48 masuk kedalam kategori *Very Poor*, bisa dilihat pada gambar 3 standar PCI ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Pavement Condition Index* (PCI) *Rating Scale*

Persentase PCI dari 20 segmen yang paling banyak tingkat kerusakan adalah *Poor* terdapat 15 segmen, sedangkan *Fair* terdapat 4 segmen dan *Very Poor* terdapat 1 Segmen. Berikut adalah Tabel 6 persentase tingkat kerusakan.

Tabel 6. Persentase Tingkat Kerusakan 20 Segmen

No	Kategori	Jumlah Segmen	Presentase tiap kondisi (%)
1	Fair	4	20
2	Poor	15	75
3	Very Fair	1	5
Total Segmen		20	100

Selanjutnya, metode SDI digunakan untuk mengevaluasi tingkat kerusakan permukaan jalan dengan mengidentifikasi kerusakan seperti retak, lubang, tambalan dan pelepasan butir yang masing-masing diberi bobot sesuai dampaknya terhadap kenyamanan dan keselamatan lalu lintas. Nilai SDI yang diperoleh pada setiap segmen jalan memberikan gambaran kondisi perkerasan sekaligus menjadi dasar penentuan prioritas perbaikan serta strategi pemeliharaan jalan yang lebih efektif dan berkelanjutan. berikut menghitung metode SDI seperti yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan SDI 1 – SDI 4 pada STA 0+000-0+100

Segmen	STA	Data Kerusakan				Kategori Nilai SDI			
		Retak (%)	Retak (mm)	Lubang	Rutting	SDI - 1	SDI - 2	SDI - 3	SDI - 4
1	STA 0+000-0+100	12,7	13,8	1	0	20	40	55	55

Berikut perhitungan nilai SDI 1 sampai SDI 4 pada Segmen 1 ;

Luas Retak = 12,7%

Lebar Retak = 13800 mm

Lubang = 1/100

Bekas Roda (*Rutting*) = 0

a. SDI - 1

Luas retak = 12,7%, maka termasuk dalam kategori <10% dengan nilai SDI-1 = 20

b. SDI - 2

Lebar retak 13800 mm, maka termasuk kategori lebar >3 mm.

SDI - 2 = SDI - 1 x 2

= 20 x 2

= 40

c. SDI - 3

Jumlah lubang = 1, maka termasuk dalam kategori <10/100 meter

SDI - 3 = SDI - 2 + 15

= 40 + 15

= 55

d. SDI - 4

Bekas roda (*Rutting*) = 0, maka termasuk dalam kategori tidak ada.

SDI - 4 = SDI - 3 + 0

= 55 + 0

= 55

Perbandingan kondisi jalan metode PCI dan SDI, metode PCI dan SDI merupakan dua pendekatan yang umum digunakan dalam penilaian kondisi jalan. PCI menekankan evaluasi kerusakan struktural dengan skala kuantitatif 0-100, sehingga mampu memberikan gambaran detail mengenai tingkat kerusakan perkerasan. Sebaliknya, SDI lebih sederhana karena menilai kerusakan permukaan yang terlihat, seperti tambalan atau retakan kecil dan hasilnya dikategorikan dalam kondisi baik sedang atau buruk. Dengan demikian, PCI lebih akurat untuk analisis teknis, sementara SDI lebih oraktis

untuk penilaian cepat. Perbandingan hasil kedua metode ini pada setiap segmen jalan disajikan dalam tabel 8 sebagai dasar analisis kondisi perkerasan.

Tabel 8. Perbandingan Kondisi Jalan Metode PCI dan SDI

Segmen	STA	PCI		SDI	
		Nilai	Kondisi	Nilai	Kondisi
1	STA 0+000-0+100	48	Very Poor	55	Sedang
2	STA 0+100-0+200	70	Fair	15	Baik
3	STA 0+200-0+300	59	Poor	25	Baik
4	STA 0+300-0+400	74	Fair	0	Baik
5	STA 0+400-0+500	51	Poor	20	Baik
6	STA 0+500-0+600	50	Poor	35	Baik
10	STA 0+900-1+000	58	Poor	30	Baik
11	STA 1+000-1+100	64	Fair	20	Baik
12	STA 1+100-1+200	58	Poor	20	Baik
14	STA 1+300-1+400	56	Poor	10	Baik
15	STA 1+400-1+500	67	Fair	20	Baik
16	STA 1+500-1+600	56	Poor	25	Baik
17	STA 1+600-1+700	56	Poor	12.5	Baik
18	STA 1+700-1+800	56	Poor	25	Baik

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis PCI dan SDI pada ruas jalan Imam Bonjol, diperoleh nilai rata-rata PCI sebesar 58,07 dengan kategori Poor. Dari 20 segmen jalan, 75% termasuk kategori Poor, 20% Fair dan 5% Very Poor. Nilai SDI berkisar antara 0-55 dengan kerusakan terparah pada STA 0+000-0+100 (SDI 55) dan teringan pada STA 0+300-0+400 (SDI 0).

REFERENSI

- ASTM D 6433. (2011). *D 6433 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. 04.03, 1-48.
- AASHTO. 1993. *AASHTO Guide For Design of Pavement Structure*. Washington, D.C.2001 : ASSHTO
- Aptarila, G., Lubis, F., & Saleh, A. (2020). Analisa Kerusakan Jalan Metode SDI Taluk Kuantan – Batas Provinsi Sumatera Barat. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 195203.
- Bina Marga. 2024. *Manual Desain Perkerasan Jalan*.
- Bina Marga. 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan*.
- Bina Marga Direktorat Jendral. (2023). Panduan Kapasitas Jalan Indonesia. *Panduan Kapasitas Jalan Indonesia*, 68.
- Marga, B. (2011). Manual Kontruksi dan Bangunan No. 001-01/BM/2011 Tentang Survei Kondisi Jalan Untuk Pemeliharaan Rutin. "Kementri. Pekerja. Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 001 (2011): 1-134.
- Setiaputri, H. A., Isradi, M., Rifai, A. I., Mufhidin, A., & Prasetijo, J. (2021). *Analysis Of Urban Road Damage With Pavement Condition Index (PCI) And Surface Distress Index (SDI) Methods*. *Adri International Journal Of Sciences, Engineering and Technology*, 6(1), 10-19.
- Wiro, W., Erwan, K., & Kadarini, S. N (2022). Analisis Kerusakan Perkerasan Dengan Metode Surface Distress Index (SDI) dan Perencanaan Perbaikan Jalan. (Studi Kasus: Ruas Jalan Sidas-Simpang Tiga). *JeLAST : Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 9(3).