

# JuDiaTeks

Jurnal meDia Teknik Sipil

Vol. 3 No. 2 (November 2025)

Halaman 1 – 54

e-ISSN: 2987-2383

Halaman

Perbandingan Biaya Penggunaan Scaffolding Ringlock dan Scaffolding Frame Pada Pier Head  
(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Akses Tol Makassar New Port Tahap 1 & 2)

Hauris Haudiawan Yanwar, Mursalim dan Hendry Tanoto Kalangi

01-11

Analisis Derajat Kejenuhan dan Kontribusinya Terhadap Dampak Lingkungan Jl. Metro Tanjung Bunga, Kota Makassar

Hasanuddin, Vinsensia Paola Prattyni, Hendry Tanoto Kalangi, Franita Leonard dan Wahyuni

12-21

Prediksi Curah Hujan di Wilayah Makassar-Maros Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation

Shane Feehily Weng, Richard Frans, Vinsensia Paola Prattyni

22-33

Rekayasa Penguraian Kepadatan Lalu Lintas Pada Simpang Tanpa Sinyal

(Studi Kasus: Jalan Urip Sumoharjo, Jalan Gunung Bawakaraeng, Jalan Masjid Raya, dan Jalan Maccini Baru)

Juan Gilbert, Mursalim dan Hendry Tanoto Kalangi

34-44

Analisis Deformasi dan Gaya-Gaya Dalam Balok Transfer Pada Metode Konstruksi Bertahap Untuk Bangunan Gedung Tinggi

Dipasanto Aditung, Jonie Tanijaya dan Hendry Tanoto Kalangi

45-54



UNIVERSITAS ATMA JAYA MAKASSAR

*Integrity | Compassion | Excellence*

## DEWAN EDITOR

**Editor in Chief** : Vinsensia Paola Prattyni

**Editorial Asistant :**

1. Richard Frans, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Makassar
2. Indriaty Wulansari, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Makassar
3. Hendry Tanoto Kalangi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Makassar
4. Stevy Thioritz, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Makassar
5. Franita Leonard, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Makassar
6. Susanti Rahman, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Maluku Utara



# PERBANDINGAN BIAYA PENGGUNAAN SCAFFOLDING RINGLOCK DAN SCAFFOLDING FRAME PADA PIER HEAD (STUDI KASUS: PROYEK PEMBANGUNAN JALAN AKSES TOL MAKASSAR NEW PORT TAHAP 1 & 2)

Hauris Haudiawan Yanwar (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [haurisyanwar@gmail.com](mailto:haurisyanwar@gmail.com))

Mursalim (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [mursalimmuddin62@gmail.com](mailto:mursalimmuddin62@gmail.com))

Hendry Tanoto Kalangi (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [hkalangi73@gmail.com](mailto:hkalangi73@gmail.com))

Received: 28 Oktober 2025, Revised: 12 Desember 2025, Accepted: 12 Desember 2025

## ABSTRAK

Pemilihan jenis perancah yang tepat dapat berdampak signifikan pada biaya proyek, keamanan kerja dan waktu penyelesaian proyek. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis perbandingan biaya penggunaan scaffolding frame dan scaffolding ringlock pada pier head dalam Proyek pembangunan Jalan Akses Tol Makassar New Port tahap 1 dan 2, untuk memberikan rekomendasi yang tepat untuk proyek-proyek konstruksi serupa dimasa depan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa scaffolding ringlock dipilih karena kemudahan pemasangan dan fleksibilitasnya dalam menyesuaikan dengan bentuk proyek, meskipun harga sewanya lebih mahal daripada scaffolding frame tetapi bisa menghemat waktu dan biaya instalasi. Analisis perhitungan biaya menunjukkan bahwa penggunaan scaffolding ringlock adalah sebesar Rp 111.434.756,40 dengan waktu durasi instalasi 5 hari sedangkan scaffolding frame sebesar Rp 63.508.060,00 dengan waktu durasi selama 10 hari dan selisih biaya Rp 47.926.696,40 atau 43% dan selisih durasi instalasi adalah 5 hari atau 50%.

Kata kunci: Biaya, Durasi, Pier Head, Scaffolding Ringlock, Scaffolding Frame.

## ABSTRACT

*The selection of an appropriate scaffolding system can significantly influence project cost, work safety, and project completion time. Therefore, a comparative cost analysis between frame scaffolding and ringlock scaffolding was conducted for the pier head structure in the Makassar New Port Toll Access Road Construction Project Phase 1 and 2. This analysis aims to provide appropriate recommendations for the implementation of similar construction projects in the future. The results of the study indicate that the ringlock scaffolding system was selected due to its ease of installation and its flexibility in adapting to the geometry of the project structure. Although the rental cost of ringlock scaffolding is higher than that of frame scaffolding, it offers advantages in terms of installation efficiency, which can reduce overall time and labor costs. The cost analysis shows that the total cost of using ringlock scaffolding is IDR 111,434,756.40 with an installation duration of 5 days, while the use of frame scaffolding requires a total cost of IDR 63,508,060.00 with an installation duration of 10 days. The difference in cost between the two systems is IDR 47,926,696.40 (43%), while the difference in installation duration is 5 days (50%).* Keywords: bamboo, coarse aggregate, compressive strength of concrete.

Keywords: Cost, Duration, Pier Head, Scaffolding Ringlock, Scaffolding Frame.

## PENDAHULUAN

Pemilihan jenis perancah yang tepat dapat berdampak signifikan pada biaya proyek, keamanan kerja, dan waktu penyelesaian proyek. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis perbandingan biaya penggunaan scaffolding frame dan scaffolding ringlock pada pier head dalam proyek Pembangunan Jalan Akses Tol Makassar New Port tahap 1 dan 2. Dalam konteks proyek pembangunan jalan tol Makassar New Port, perbandingan biaya penggunaan scaffolding frame dan scaffolding ringlock sangat penting untuk menentukan metode yang paling efisien dan efektif. Biaya yang diperlukan untuk instalasi dan operasional perancah dapat mempengaruhi keseluruhan anggaran proyek, sedangkan waktu yang dibutuhkan dapat mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek.

## **Biaya**

Biaya dapat diartikan sebagai investasi modal yang dikeluarkan untuk menciptakan produk baik berupa barang maupun jasa. Pada pembangunan suatu proyek, biaya juga diperlukan untuk proses pembangunan, sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk perkiraan biaya yang dibutuhkan. Dalam estimasi biaya, ini adalah jumlah biaya yang diperkirakan diperlukan untuk suatu kegiatan berdasarkan informasi yang tersedia pada saat itu. Menyusun estimasi biaya melibatkan perhitungan dan proyeksi potensi biaya di masa depan, dengan cara menyusun rencana anggaran biaya (RAB).

## **Gambar Kerja**

Menurut Ir. Gatut Susanta (2021) dalam buku panduan lengkap menghitung biaya membangun rumah, gambar kerja harus dilengkapi dengan administrasi dan perhitungan yang detail. Gambar kerja berisi rencana teknis yang rinci dari sebuah bangunan, mulai dari lingkup umum hingga detail spesifik, dan berfungsi sebagai referensi untuk mewujudkan konsep desain menjadi bentuk fisik.

## **Volume Pekerjaan**

Menurut Ir. Gatut Susanta (2021) dalam buku panduan lengkap menghitung biaya membangun rumah, volume pekerjaan dihitung berdasarkan kuantitas atau unit yang terdiri dari serangkaian material yang telah menjadi satu kesatuan. Volume pekerjaan melibatkan penentuan total volume pekerjaan dalam satu unit atau sebagai pengukuran kubik dari pekerjaan tersebut. Oleh karena itu, volume (pengukuran kubik) suatu pekerjaan bukanlah volume sebenarnya, melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu unit.

## **Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)**

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan metode perhitungan biaya satuan konstruksi yang melibatkan perhitungan antara kebutuhan bahan bangunan, upah tenaga kerja, dan biaya peralatan dengan harga bahan bangunan, standar upah tenaga kerja, serta biaya sewa atau pembelian peralatan yang diperlukan untuk menyelesaikan satu unit pekerjaan konstruksi. Analisa harga satuan ini menjadi dasar penting dalam perencanaan anggaran biaya proyek konstruksi.

## **Harga Satuan Pekerja**

Menurut pendapat Nasrul (2013), harga satuan pekerjaan merupakan total biaya bahan dan upah tenaga kerja yang dihitung melalui analisis. Variasi harga satuan pekerjaan antar daerah disebabkan oleh perbedaan harga pasar bahan material dan upah tenaga kerja yang berlaku di masing-masing daerah. Oleh karena itu, setiap wilayah memiliki standar biaya konstruksi yang berbeda-beda meskipun jenis pekerjaannya sama. Penyesuaian harga satuan ini penting untuk menghasilkan estimasi biaya yang realistis dan sesuai dengan kondisi lokal. Dalam praktiknya, analisis harga satuan menjadi dasar utama dalam menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek konstruksi.

## **Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah dokumen yang mendetailkan seluruh biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek atau kegiatan. Dokumen ini mencakup biaya material, upah tenaga kerja, peralatan, serta biaya lain yang relevan dengan proyek tersebut. Dengan memiliki RAB yang terstruktur, kamu bisa mengontrol pengeluaran dan memastikan proyek berjalan sesuai rencana tanpa adanya biaya yang tidak terduga.

## **Pier Head**

*Pier Head* merupakan kepala pilar yang berguna sebagai penyangga yang berfungsi untuk menerima seluruh beban yang diberikan pada bangunan atas kemudian menyalurkannya ke pondasi. Secara umum, *pier head* adalah elemen struktural krusial yang harus dirancang dan dikerjakan dengan teliti karena berfungsi sebagai penopang utama beban struktur atas dan mempengaruhi keselamatan serta keawetan bangunan atau jembatan.



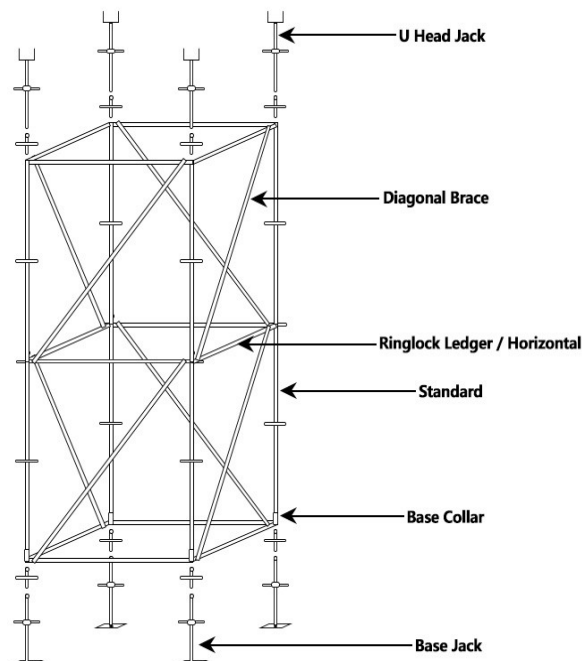
Gambar 1. 3D Pier Head

### Scaffolding (Perancah)

Perancah adalah struktur sementara yang digunakan dalam konstruksi bangunan untuk menyangga manusia dan material. Fungsi utamanya adalah memberikan akses yang stabil dan aman kepada pekerja konstruksi, memungkinkan mereka untuk bekerja dengan aman dan efektif. Perancah dapat dipasang dan dibongkar dengan cepat, menghemat biaya dan waktu, serta memberikan keselamatan yang optimal dengan memberikan pekerja platform yang stabil dan mengurangi risiko kecelakaan.

#### a. Scaffolding Ringlock

*Scaffolding ringlock* adalah sistem *scaffolding* modular yang digunakan secara luas dalam industri konstruksi. Sistem ini terdiri dari batang vertikal dengan *ring* terpasang di bagian tertentu, memungkinkan pemasangan dan penyesuaian yang cepat dan mudah. *Scaffolding ringlock* dikenal karena kualitasnya dalam mendukung beban berat dan memastikan keselamatan di tempat kerja. Komponen tambahan seperti *brackets* juga penting dalam mendukung dan mengatur *scaffolding*, sehingga memberikan struktur yang kuat dan stabil untuk para pekerja konstruksi.



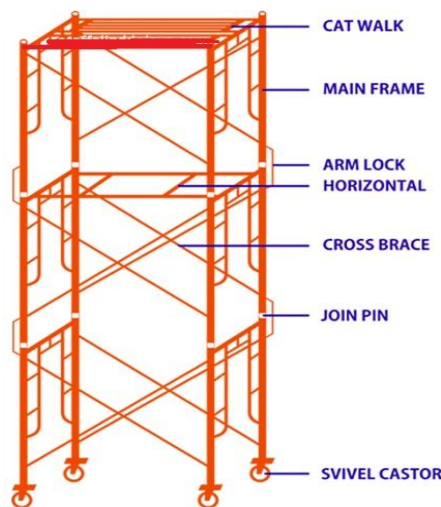
Gambar 2. Contoh 1 Scaffolding Ringlock



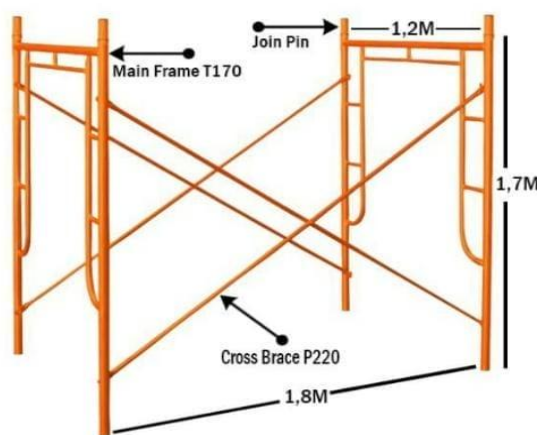
Gambar 3. Contoh 2 Scaffolding Ringlock

**b. Scaffolding Frame**

Perancah besi atau *scaffolding frame* adalah sistem perancah yang terdiri dari batang besi berbentuk pipa dan komponen lainnya. *Scaffolding* adalah struktur sementara yang dirancang untuk mendukung beban pekerja, material dan peralatan pada proyek konstruksi atau perawatan bangunan. *Scaffolding frame* berbeda dengan *scaffolding ringlock* karena keduanya memiliki definisi dan karakteristik berbeda. *Scaffolding frame* adalah istilah umum yang merujuk pada struktur sementara. Sedangkan *ringlock* adalah komponen yang lebih mudah dirakit dan bongkar yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan jenis proyek.

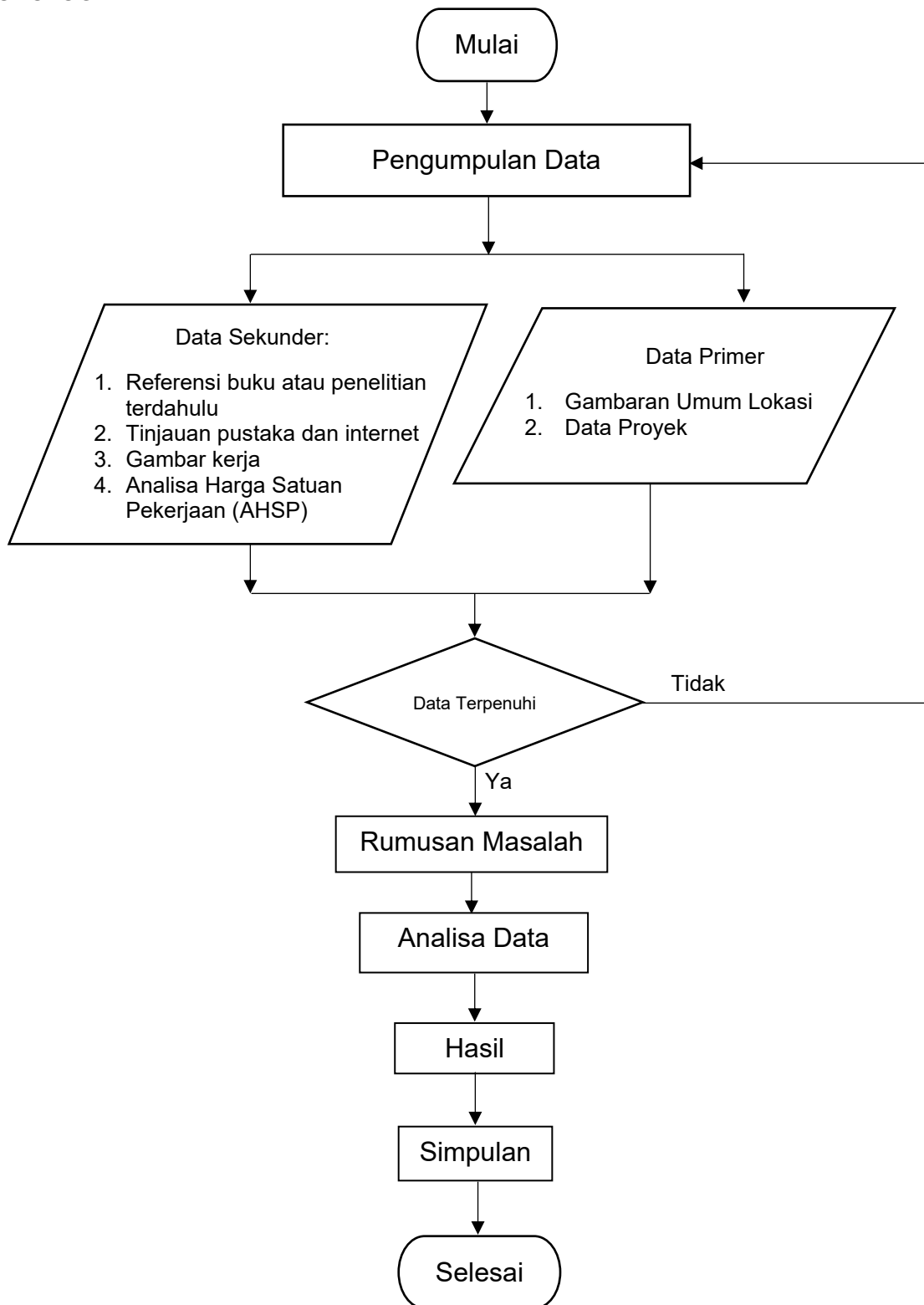


Gambar 4. Contoh 1 Scaffolding Frame



Gambar 5. Contoh 2 Scaffold

**METODOLOGI PENELITIAN**



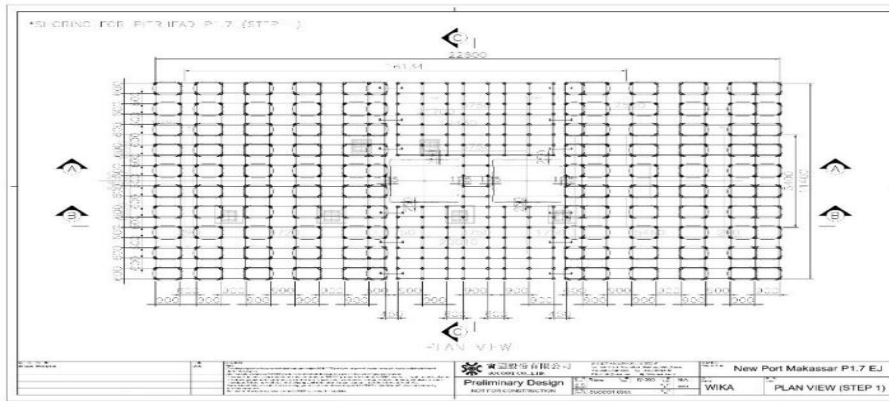
**Gambar 6.** Kerangka Pikir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Gambar kerja dan detail *scaffolding*

a. *Scaffolding Ringlock*

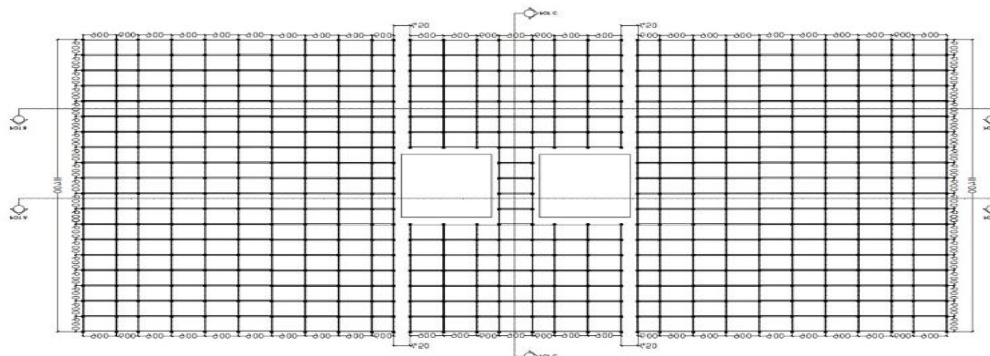
Berikut adalah gambar kerja dan detail *scaffolding ringlock*



**Gambar 7.** Denah Scaffolding Ringlock

**b. Scaffolding Frame**

Berikut adalah gambar kerja dan detail dari scaffolding frame:



**Gambar 8.** Denah Scaffolding Frame

**Harga Penyewaan**

**Tabel 1.** Daftar Harga Sewa Scaffolding Ringlock

No	Nama Barang	Harga Sewa Per pcs/ bln
1	Vertical w/o spigot (φ60.2mm 1.5m T:3.2mm)	Rp 26.200,13
2	Vertical (φ60.2mm 1.0m T:3.2mm)	Rp 20.842,25
3	Vertical (φ60.2mm 1.5m T:3.2mm)	Rp 29.461,08
4	Basic Socket (φ60.2mm 0.2m T:3.2mm)	Rp 7.209,18
5	Sub-Vertical 0.25m (φ60.2mm 0.25m T:3.2mm)	Rp 7.274,52
6	Sub-Vertical 0.5m ( φ60.2mm 0.5m T:3.2mm)	Rp 10.224,50
7	Horizontal ( φ48.4mm 0.6m T:2.3mm)	Rp 8.421,60
8	Horizontal ( φ48.4mm 1.5m T:2.3mm)	Rp 14.565,98
9	Diagonal 1.5m ( φ48.4mm 1.5 x 1.5m T:2.3mm)	Rp 19.710,90
10	Jack Base (φ48.2mm L:600mm T:5.0mm)	Rp 14.385,69
11	U-Head Jack (φ48.2mm L:600mm T:5.0mm)	Rp 17.466,35
12	Plank (265 x 1500mm)	Rp 25.758,48
13	Wide Plank ( 150 x 75 x 5 x 7mm L:3.0m)	Rp 198.323,84
14	Wide Plank ( 150 x 75 x 5 x 7mm L:6.0m)	Rp 396.647,68
15	Channal U (100 x 50 x 5 L:3)	Rp 118.167,39
16	Vertical (φ48.6mm 2.0m T:2.5mm)	Rp 26.446,97

No	Nama Barang	Harga Sewa Per pcs/ bln
17	Horizontal ( $\phi$ 42.7mm 1.2m T:2.3mm)	Rp 10.700,03
18	Horizontal ( $\phi$ 42.7mm 1.8m T:2.3mm)	Rp 14.374,80
19	Diagonal ( $\phi$ 42.7mm 1.2 x 2.0m T:2.3mm)	Rp 19.928,70
20	Diagonal ( $\phi$ 42.7mm 1.8 x 2.0m T:2.3mm)	Rp 21.977,23
21	Jack Base ( $\phi$ 38.5mm L:600mm T:4.0mm)	Rp 11.174,35
22	Stairs (W:0.53m x L:1.8m x H:1.0m)	Rp 72.743,99
23	Handrail ( $\phi$ 1-1/4" x T:1.7mm)	Rp 20.071,48
24	Deck (L1200xW400+H33120)	Rp 71.918,77
25	Top Platform (W:530 x L:1439mm)	Rp 80.200,01

(Sumber: PT. Dukung Tunggal Perkasa)

**Tabel 2.** Daftar Harga Sewa Scaffolding Frame

No	Nama Barang	Harga Sewa Per pcs/ bln
1	Main Type Frame 1.900	Rp 20.000
2	Main Type Frame 1.700	Rp 18.000
3	Main Type Frame 1.500	Rp 16.000
4	Stair Type Frame 1.200	Rp 15.000
5	Stair Type Frame 0.914	Rp 14.000
6	Cross Brace 1.93 / 2.00 / 2.20	Rp 7.000
7	Cat Walk 0.500	Rp 45.000
8	Stair Tangga 650	Rp 80.000
9	Jack Base 40cm	Rp 7.000
10	Jack Base 60cm	Rp 7.000
11	U-Head Base 40cm	Rp 7.000
12	U-Head Base 60cm	Rp 7.000
13	Joint Pin Standar	Rp 2.000
14	All Type Clamp	Rp 5.500
15	Sleeve Copleer Clamp	Rp 8.500
16	Pipa Support Ts-70/Ts-90	Rp 28.500
17	Pipa Galvanis 6m-1.5" tbl 2.5mm	Rp 60.000
18	Pipa Galvanis 5m-1.5" tbl 2.5mm	Rp 56.000
19	Pipa Galvanis 4m-1.5" tbl 2.5mm	Rp 47.000
20	Pipa Galvanis 3m-1.5" tbl 2.5mm	Rp 40.000
21	Pipa Galvanis 2m-1.5" tbl 2.5mm	Rp 25.000
22	Pipa Galvanis 1m-1.5" tbl 2.5mm	Rp 20.000
23	Pipa Galvanis 6m-1.5" tbl 2mm	Rp 45.000
24	Pipa Galvanis 4m-1.5" tbl 2mm	Rp 28.500
25	Pipa Galvanis 3m-1.5" tbl 2mm	Rp 21.500
26	Pipa Galvanis 2m-1.5" tbl 2mm	Rp 13.500
27	Pipa Galvanis 1m-1.5" tbl 2mm	Rp 9.500
28	Tie Rod 15/17 x 120	Rp 8.000
29	Tie Rod 15/17 x 150	Rp 9.000
30	Wing Nut 94	Rp 5.000
31	Roda Caster	Rp 80.000

No	Nama Barang	Harga Sewa Per pcs/ bln
32	Arm Lock	Rp 4.000
33	Metal Plank / Asiba 4m	Rp 60.000
34	Metal Plank / Asiba 2m	Rp 45.000

(Sumber: CV. Damai, Kota Makassar, Per 17 Okt 2024)

### Rencana Anggaran Biaya Penyewaan Scaffolding Ringlock dan Scaffolding Frame

Analisa perhitungan dilakukan berdasarkan volume kebutuhan scaffolding ringlock dan scaffolding frame pada struktur pier head.

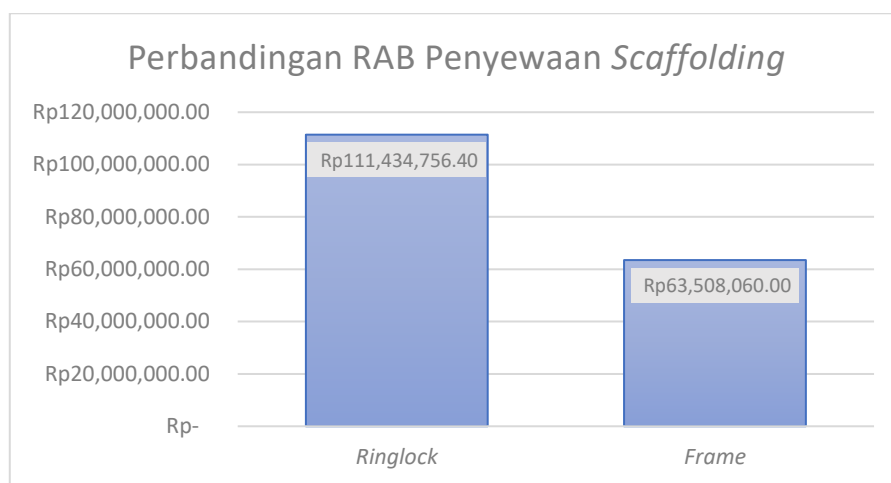
**Tabel 3.** Rencana Anggaran Biaya Penyewaan Scaffolding Ringlock

No	Item Scaffolding Ringlock	Quantity	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Vertical w/o spigot ( $\phi$ 60.2mm 1.5m T:3.2mm)	208	Pcs	26.200,00	5.449.627,04
2	Vertical ( $\phi$ 60.2mm 1.0m T:3.2mm)	166	Pcs	20.842,00	3.459.813,50
3	Vertical ( $\phi$ 60.2mm 1.5m T:3.2mm)	172	Pcs	29.461,00	5.067.305,76
4	Basic Socket ( $\phi$ 60.2mm 0.2m T:3.2mm)	208	Pcs	7.209,00	1.499.509,44
5	Sub-Vertical 0.25m ( $\phi$ 60.2mm 0.25m T:3.2mm)	150	Pcs	7.275,00	1.091.178,00
6	Sub-Vertical 0.5m ( $\phi$ 60.2mm 0.5m T:3.2mm)	102	Pcs	10.225,00	1.042.899,00
7	Horizontal ( $\phi$ 48.4mm 0.6m T:2.3mm)	668	Pcs	8.422,00	5.625.628,80
8	Horizontal ( $\phi$ 48.4mm 1.5m T:2.3mm)	826	Pcs	14.566,00	12.031.499,48
9	Diagonal 1.5m ( $\phi$ 48.4mm 1.5 x 1.5m T:2.3mm)	410	Pcs	19.711,00	8.081.469,00
10	Jack Base ( $\phi$ 48.2mm L:600mm T:5.0mm)	208	Pcs	14.386,00	2.992.223,52
11	U-Head Jack ( $\phi$ 48.2mm L:600mm T:5.0mm)	192	Pcs	17.466,00	3.353.539,20
12	Plank (265 x 1500mm)	196	Pcs	25.758,00	5.048.662,08
13	Wide Plank (150 x 75 x 5 x 7mm L:3.0m)	16	Pcs	198.324,00	3.173.181,44
14	Wide Plank (150 x 75 x 5 x 7mm L:6.0m)	32	Pcs	396.648,00	12.692.725,76
15	Channal U (100 x 50 x 5 L:3)	152	Pcs	118.167,39	17.961.443,28
16	Vertical ( $\phi$ 48.6mm 2.0m T:2.5mm)	160	Pcs	26.446,97	4.231.515,20
17	Horizontal ( $\phi$ 42.7mm 1.2m T:2.3mm)	130	Pcs	10.700,03	1.391.003,90
18	Horizontal ( $\phi$ 42.7mm 1.8m T:2.3mm)	200	Pcs	14.374,80	2.874.960,00
19	Diagonal ( $\phi$ 42.7mm 1.2 x 2.0m T:2.3mm)	60	Pcs	19.928,70	1.195.722,00
20	Diagonal ( $\phi$ 42.7mm 1.8 x 2.0m T:2.3mm)	60	Pcs	21.977,23	1.318.633,80
21	Jack Base ( $\phi$ 38.5mm L:600mm T:4.0mm)	40	Pcs	11.174,35	446.974,00
22	Stairs (W:0.53m x L:1.8m x H:1.0m)	60	Pcs	72.743,99	4.364.639,40
23	Handrail ( $\phi$ 1-1/4" x T:1.7mm)	60	Pcs	20.071,48	1.204.288,80
24	Deck (L1200xW400+H33120)	70	Pcs	71.918,77	5.034.313,90
25	Top Platform (W:530 x L:1439mm)	10	Pcs	80.200,01	802.000,10
<b>TOTAL</b>					<b>111.434.756,40</b>

**Tabel 4.** Rencana Anggaran Biaya Penyewaan Scaffolding Frame

No	Item Scaffolding Frame	Quantity	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Main Type Frame 1.700	912	Pcs	21.780,00	19.863.360,00
2	Main Type Frame 1.500	132	Pcs	19.360,00	2.555.520,00

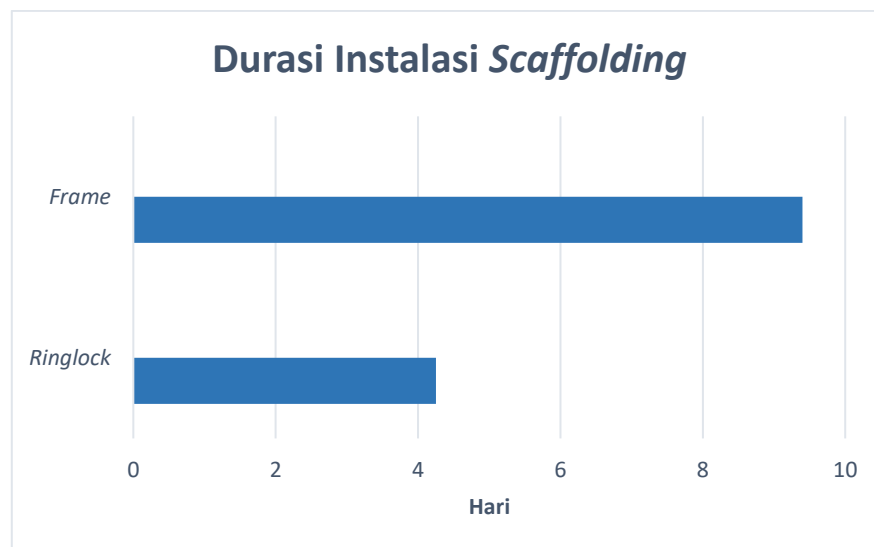
No	Item Scaffolding Frame	Quantity	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
3	Stair Type Frame 1.200	76	Pcs	16.500,00	1.379.400,00
4	Stair Type Frame 0.914	76	Pcs	15.400,00	1.287.440,00
5	Cross Brace 1.93	38	Pcs	7.700,00	321.860,00
6	Cross Brace 2	102	Pcs	7.700,00	863.940,00
7	Cross Brace 2.2	722	Pcs	7.700,00	6.115.340,00
8	Cat walk 0.5	152	Pcs	60.500,00	8.276.400,00
9	Stairs / Tangga 650	114	Pcs	108.900,00	11.035.200,00
10	Joint Pin Standar	960	Pcs	2.420,00	2.323.200,00
11	U-Head Jack 60cm	560	Pcs	8.470,00	4.743.200,00
12	Jackbase 60cm	560	Pcs	8.470,00	4.743.200,00
<b>Total</b>					<b>63.508.060,00</b>



Gambar 9. Diagram Perbandingan RAB Penyewaan Scaffolding

Dari hasil analisis perhitungan didapatkan total biaya *scaffolding ringlock* sebesar Rp 111.434.756,40 sedangkan *scaffolding frame* sebesar Rp 63.508.060,00 untuk harga sewa 1 bulan dengan selisih biaya Rp 47.926.696,40 atau 43%.

**Durasi Instalasi Scaffolding Ringlock dan Scaffolding Frame**



Gambar 10. Diagram Perbandingan Durasi Instalasi Scaffolding

Dari hasil analisis perhitungan didapatkan durasi *scaffolding ringlock* 4,25 hari sedangkan *scaffolding frame* selama 9,40 hari dengan selisih 5,15 hari atau 54,79%. Maka *scaffolding ringlock* lebih singkat atau hemat waktu dibandingkan *scaffolding frame*.

### Biaya Instalasi Scaffolding Ringlock dan Scaffolding Frame

Berikut hasil analisis data untuk biaya pemasangan *scaffolding* berdasarkan volume pekerjaan dan durasi pemasangan di lapangan.

**Tabel 5.** Biaya Instalasi *Scaffolding Ringlock*

No	Uraian	Durasi Instalasi (hari)	Jumlah Tenaga	Upah Harian (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Mandor	5	1	170.000	850.000
2	Tenaga Ahli	5	2	165.000	1.650.000
3	Tenaga Pendukung	5	2	125.000	1.250.000
<b>Total</b>					<b>3.750.000</b>

**Tabel 6.** Biaya Instalasi *Scaffolding Frame*

No	Uraian	Durasi Instalasi (hari)	Jumlah Tenaga	Upah Harian (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Mandor	10	1	170.000	1.700.000
2	Tenaga Ahli	10	2	165.000	3.300.000
3	Tenaga Pendukung	10	2	125.000	2.500.000
<b>Total</b>					<b>7.500.000</b>

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa data dan penelitian maka disimpulkan bahwa:

- Scaffolding ringlock* dipilih sebagai perancah *pier head* pada proyek pembangunan jalan akses tol Makassar *New Port* tahap 1 dan 2 berdasarkan hasil penelitian walaupun kedua perancah tersebut efisien untuk proyek dengan skala besar seperti ini tetapi *scaffolding ringlock* lebih mudah dipasang dan dapat disesuaikan dengan bentuk berbagai jenis proyek. Namun jika dibandingkan dengan harga sewa *scaffolding frame*, harga sewa *scaffolding ringlock* lebih mahal tetapi durasi instalasi *scaffolding ringlock* lebih cepat dibandingkan *scaffolding frame* sehingga bisa menghemat waktu dan biaya instalasi.
- Hasil analisis didapatkan rencana anggaran biaya penyewaan *scaffolding ringlock* sebesar Rp 111.434.756,40 (seratus sebelas juta empat ratus tiga puluh empat ribu tujuh ratus lima puluh enam empat puluh rupiah), sedangkan *scaffolding frame* sebesar Rp 63.508.060,00 (enam puluh tiga juta lima ratus delapan ribu enam puluh rupiah) untuk harga sewa 1 bulan dengan selisih biaya Rp 47.926.696,40 (empat puluh tujuh juta sembilan ratus dua puluh enam ribu enam ratus sembilan puluh enam empat puluh rupiah) atau 43%.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amal Fiza. 2021. *Analisa Waste Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Lean Project Management TUGAS AKHIR*.
- CV. DAMAI. 2025. *Daftar Harga Sewa Scaffolding*. Makassar: *Scaffolding Makassar*.
- Hasibuan, S.P Malayu. 2005. *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Edisi Revisi. Jakarta : Bumi Aksara.
- Kementrian PUPR. 2024. *Analisa Harga Satuan Pekerjaan*. Bidang Cipta Karya dan Perumahan.
- Kerzner, H. 1982. *Project Management For Executive*. Van Nostrand Reinhold Company.

- Ma'arif, Aziz. Nia Kartika dan Tahadjuddin. 2025. *Analisa Perbandingan Biaya Penggunaan Scaffolding ringlock dan Scaffolding frame Proyek Pembangunan MCC Room IPA Bekasi*. Jambi: Teknik Sipil, Universitas Batanghari.
- Mukomoko. 1987. *Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan*. Penerbit: Gaya Media Pratama, Jakarta.
- Nasrul. 2013. *Studi Analisa Harga Satuan Pekerjaan Beton dengan Metode BOW, SNI, dan Lapangan pada Proyek Irigasi Batang Anai II*. Padang: Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang.
- PT. Dukung Tunggal Perkasa. 2022. *Daftar Harga Sewa Ringlock*. Kelapa Gading: Jakarta Utara.
- PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. 2022. *Kontrak Sewa Ringlock*. Pasal 4: Harga Sewa Alat Berat.
- PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. 2022. *Gambar Kerja Ringlock dan Data Proyek*.
- Rafik Aunur, Rinova F. C. 2018. *Analisis Perbandingan Biaya Penggunaan Perancah Kayu Galam Dan Perancah Besi (Perancah)*. Jurnal Gradasi Teknik Sipil. (Online), Volume 2, No. 1. ([https://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/Teknik\\_Sipil/article/view/512/534](https://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/Teknik_Sipil/article/view/512/534), diakses 7 Maret 2024).
- Saputra, Deni Bagus, Vendie Abma. 2019. *Perbandingan Biaya Penggunaan Scaffolding (Steiger) dengan Perancah Konvensional (Bambu) Pekerjaan Struktur Pelat dan Balok Beton*. Yogyakarta: Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
- Soeharto I. 1997, *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Susanta Gatut. 2021. *Panduan Lengkap Menghitung Biaya Membangun Rumah*. Penerbit Griya Kreasi, Depok.
- Zahrona, Mhd. Rahman Rambe, Afniria Pakpahan. 2024. *Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Perancah Kayu (Konvensional) dan Perancah Besi (Scaffolding)*. Medan. Teknik Sipil. Universitas Graha Nusantara Padangsidempuan.

# ANALISIS DERAJAT KEJENUHAN DAN KONTRIBUSINYA TERHADAP DAMPAK LINGKUNGAN JL. METRO TANJUNG BUNGA, KOTA MAKASSAR

Hasanuddin (Politeknik Indonesia, Makassar, [hasanasis645@gmail.com](mailto:hasanasis645@gmail.com))

Vinsensia Paola Prattyni (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [vinsensia.sensi@gmail.com](mailto:vinsensia.sensi@gmail.com))

Hendry Tanoto Kalangi (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [hkalangi73@gmail.com](mailto:hkalangi73@gmail.com))

Franita Leonard (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [nitaa.8287@gmail.com](mailto:nitaa.8287@gmail.com))

Wahyuni (Universitas Bosowa, [wahyuni.chem@gmail.com](mailto:wahyuni.chem@gmail.com))

Received: 23 November 2025, Revised: 12 Desember 2025, Accepted: 12 Desember 2025

## ABSTRAK

Pertumbuhan Kota Makassar sebagai pusat aktivitas ekonomi dan pariwisata telah meningkatkan intensitas lalu lintas, khususnya pada koridor utama Jalan Metro Tanjung Bunga dan kawasan sekitarnya. Peningkatan volume kendaraan dan variasi kecepatan lalu lintas di ruas jalan tersebut menimbulkan dampak lingkungan berupa kebisingan yang berpengaruh terhadap kualitas hidup masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara volume kendaraan dan kecepatan lalu lintas dengan kontribusinya terhadap dampak lingkungan di Jalan Metro Tanjung Bunga.

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif dengan teknik *traffic counting* (pencacahan arus lalu lintas) yang dilaksanakan pada hari kerja dan hari libur, mulai pukul 07.00 WITA hingga 21.00 WITA. Data yang dikumpulkan meliputi volume kendaraan berdasarkan jenis, kecepatan rata-rata kendaraan, serta parameter lingkungan berupa tingkat kebisingan. Analisis dilakukan secara deskriptif untuk menggambarkan kondisi lalu lintas dan kondisi lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan nilai DS maksimum mencapai 0,40 pada puncak pagi kerja, dengan tingkat kebisingan rata-rata 46,6 dBA, nilai ini dapat memberikan gambaran empiris mengenai pola arus lalu lintas dan tingkat pencemaran di lokasi studi, serta menunjukkan kontribusi signifikan aktivitas transportasi terhadap dampak lingkungan. Temuan ini diharapkan menjadi dasar bagi pemerintah kota dan pemangku kepentingan dalam merumuskan kebijakan transportasi berkelanjutan yang mampu menekan dampak negatif lalu lintas terhadap lingkungan sekaligus mendukung mobilitas masyarakat di Kota Makassar.

Kata kunci : Volume Kendaraan, Kecepatan Lalu Lintas, Dampak Lingkungan, Kebisingan.

## ABSTRACT

*The growth of Makassar City as a center of economic and tourism activities has increased traffic intensity, particularly along the main corridor of Jalan Metro Tanjung Bunga and its surrounding areas. The rising vehicle volume and variations in traffic speed on this road have generated environmental impacts such as noise pollution, which affects the quality of life of nearby residents. This study aims to analyze the relationship between vehicle volume and traffic speed and their contribution to environmental impacts along Jalan Metro Tanjung Bunga.*

*The research employs a quantitative descriptive approach using traffic counting surveys conducted on both weekdays and weekends, from 07:00 WITA to 21:00 WITA. Data collected include vehicle volume by type, average traffic speed, and environmental parameters such as noise levels. The data were analyzed descriptively to illustrate traffic and environmental conditions.*

*The findings are expected to provide empirical insights into traffic flow patterns and pollution levels in the study area, highlighting the significant contribution of transportation activities to environmental impacts. These results are intended to serve as a foundation for policymakers and stakeholders in formulating sustainable transportation strategies that minimize negative environmental effects while supporting mobility in Makassar City.*

*Keywords: Vehicle Volume, Traffic Speed, Environmental Impact, Noise.*

## PENDAHULUAN

Perkembangan Kota Makassar sebagai salah satu pusat pertumbuhan ekonomi di kawasan timur Indonesia telah membawa dampak signifikan terhadap peningkatan aktivitas transportasi. Jalan Metro

Tanjung Bunga, yang menjadi salah satu koridor utama penghubung kawasan bisnis, permukiman, dan destinasi wisata, kini menghadapi tekanan lalu lintas yang semakin tinggi. Bertambahnya volume kendaraan di ruas jalan ini tidak hanya menimbulkan kemacetan, tetapi juga memunculkan variasi kecepatan yang berpengaruh terhadap kelancaran arus lalu lintas. Semakin tinggi volume kendaraan, semakin banyak sumber bunyi yang aktif secara bersamaan, demikian pula dengan kecepatan kendaraan yang fluktuatif (*stop and go*) menimbulkan bunyi lebih bising dibandingkan dengan arus lancar dengan kecepatan konstan.

Fenomena tersebut tidak dapat dilepaskan dari dampak lingkungan yang ditimbulkan. Aktivitas kendaraan bermotor menjadi salah satu sumber utama pencemaran udara, kebisingan, dan penurunan kualitas lingkungan di kawasan perkotaan. Kebisingan dapat disebabkan oleh berbagai hal. Dalam hal ini, menjelaskan bahwa pada umumnya kebisingan akibat lalu lintas dipengaruhi oleh jenis kendaraan, kecepatan kendaraan, jenis perkerasan jalan, kondisi geometrik jalan dan kondisi medan antara sumber bunyi ke penerima (Wilis, 2006). Pondanda (2024) meneliti keterkaitan antara derajat kejenuhan lalu lintas dengan tingkat kebisingan di Jalan Abd Silondae, Kota Kendari. Hasil kajian menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang sangat kuat antara derajat kejenuhan ( $D_j$ ) dan tingkat kebisingan lalu lintas ( $L_{eq}$ ), dengan nilai koefisien korelasi sebesar  $R = 0,741$ . Selain itu, analisis parsial mengungkapkan bahwa derajat kejenuhan memberikan kontribusi sebesar 54,9% terhadap variasi tingkat kebisingan. Kebisingan yang timbul, ditambah dengan ketidakstabilan kecepatan kendaraan, dapat menimbulkan ketidaknyamanan kepada masyarakat yang tinggal dekat dengan sumber bising dan dapat meningkatkan kadar polutan di udara. Kondisi ini tentu berimplikasi pada kesehatan masyarakat serta kualitas hidup warga yang bermukim di sekitar Jalan Metro Tanjung Bunga. Oleh karena itu, analisis terhadap volume kendaraan dan kecepatan lalu lintas menjadi penting untuk dilakukan. Data mengenai pola pergerakan kendaraan dapat memberikan gambaran empiris mengenai hubungan antara aktivitas transportasi dengan dampak lingkungan yang terjadi. Dengan memahami kontribusi volume dan kecepatan terhadap kebisingan, penelitian ini diharapkan mampu memberikan dasar bagi perumusan kebijakan transportasi yang lebih berkelanjutan.

Makassar sebagai kota pesisir dengan tingkat urbanisasi yang tinggi menghadapi tantangan besar dalam menjaga keseimbangan antara pembangunan dan kelestarian lingkungan. Fenomena peningkatan mobilitas masyarakat dan wisatawan telah menimbulkan tekanan lalu lintas yang signifikan. Meskipun terdapat kajian mengenai kapasitas jalan dan derajat kejenuhan (DS), serta penelitian mengenai kebisingan lalu lintas, belum banyak penelitian yang secara komprehensif mengintegrasikan DS, kecepatan kendaraan, dan kebisingan dalam satu kerangka analisis.

Penelitian ini hadir untuk memberikan masukan praktis bagi pemerintah kota, perencana transportasi, maupun masyarakat, agar dapat bersama-sama mengelola sistem transportasi yang tidak hanya mendukung mobilitas, tetapi juga menekan dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pijakan dalam merancang strategi pengelolaan transportasi yang ramah lingkungan dan berorientasi pada peningkatan kualitas hidup warga Kota Makassar.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan survei deskriptif dengan tujuan untuk menganalisis hubungan antara volume kendaraan, kecepatan lalu lintas, dan kontribusinya terhadap dampak lingkungan di kawasan Jalan Metro Tanjung Bunga, Kota Makassar. Survei arus lalu lintas dilakukan dengan metode *traffic counting* atau pencacahan arus kendaraan, baik pada hari kerja maupun hari libur, sehingga dapat menggambarkan variasi kondisi lalu lintas berdasarkan aktivitas masyarakat.

Pelaksanaan survei dimulai sejak pukul 07.00 WITA hingga 21.00 WITA, mencakup periode pagi, siang, dan malam hari. Lokasi pengamatan ditetapkan pada ruas Jalan Metro Tanjung Bunga dan Jalan Penghibur. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada tingginya intensitas lalu lintas serta peran strategisnya sebagai jalur penghubung kawasan bisnis, permukiman, dan wisata di Kota Makassar. Data yang dikumpulkan meliputi volume kendaraan, serta kecepatan kendaraan yang diukur menggunakan *speed gun*. Selain itu, dilakukan pula pengukuran dampak lingkungan berupa analisis parameter kebisingan yang didasarkan pada SNI 8427:2017 tentang pengukuran tingkat kebisingan lingkungan, dengan koordinat lokasi pengukuran kebisingan S: 05° 09' 19.7" E: 119° 24' 12.2". Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk menggambarkan kondisi lalu lintas dan lingkungan di lokasi penelitian.

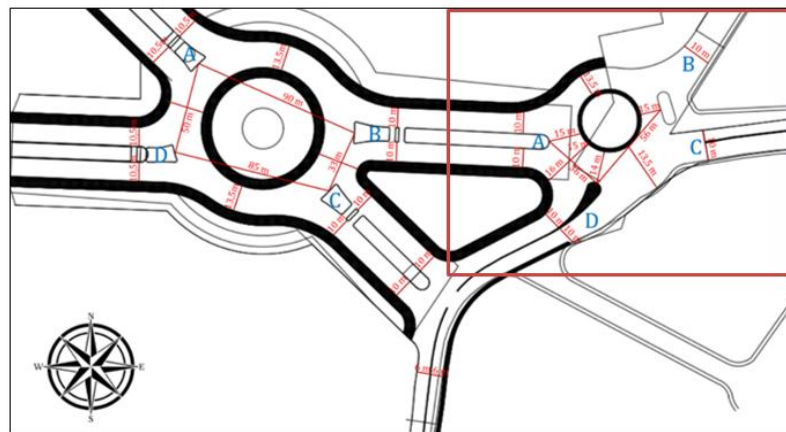
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Kondisi Geometrik Jaringan Jalan

Kondisi Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga di wilayah studi disajikan secara visual pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Rencana Situasi Jalan Metro Tanjung Bunga

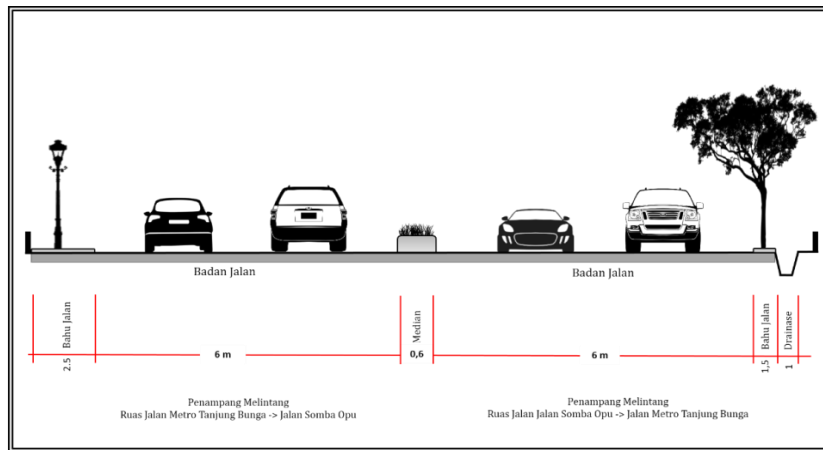


**Gambar 2.** Rencana Situasi Jalinan Bundaran Jalan Metro Tanjung Bunga

Secara keseluruhan luas Jalan Metro Tanjung Bunga memiliki kondisi geometrik jalan sebagai berikut:

Tipe ruas Jalan Metro Tanjung Bunga = 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 T).

- ✓ Lebar jalur lalu lintas Jalan Metro Tanjung Bunga = 12 meter
- ✓ Lebar jalur lalu lintas Jalan Metro Tanjung Bunga → Jalan Penghibur = 6 meter
- ✓ Lebar jalur lalu lintas Jalan Penghibur → Jalan Metro Tanjung Bunga = 6 meter
- ✓ Lebar Bahu Jalan Metro Tanjung Bunga → Jalan Penghibur = 2,5 m
- ✓ Lebar Bahu Jalan Penghibur → Jalan Metro Tanjung Bunga = 1,5 m
- ✓ Lebar median jalan = 0,6 m
- ✓ Lebar drainase = 1 m
- ✓ Kondisi medan = Datar



**Gambar 3.** Kondisi Geometrik Jalan Metro Tanjung Bunga

Gambar di atas memperlihatkan kondisi geometrik Jalan Metro Tanjung Bunga yang berada di lokasi studi di mana lebar jalan berukuran 6 meter untuk tiap sisi jalan dengan lebar drainase yaitu 1 m, bahu jalan 1,5 m dan median 0,6 meter dengan tipe jalan yaitu 4/2 T.

Pada arah pergerakan lalu lintas Jalan Metro Tanjung Bunga menuju Jalan Penghibur dan Jalan Penghibur menuju Jalan Metro Tanjung Bunga mendapatkan Nilai Kapasitas (C) untuk Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga untuk kedua arah masing-masing adalah 6.315 smp/jam.

**B. Volume Lalu Lintas**

Survei arus lalu lintas pada lokasi studi dilakukan dengan *survey traffic counting* (pencacahan arus lalu lintas) baik pada hari kerja maupun pada hari libur dengan waktu survei dimulai pukul 07.00 WITA – 21.00 WITA. Survei dilaksanakan pada ruas Jalan Metro Tanjung Bunga dan Jalan Penghibur, serta pada simpang utama (Simpang Somba Opu – Metro Tanjung Bunga – Haji Bau – Rajawali).

**1. Kondisi Arus Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga - Jalan Penghibur**

Berdasarkan hasil survei kondisi arus lalu lintas pada Jalan Metro Tanjung Bunga yang selanjutnya dilakukan pencacahan jumlah kendaraan yang melintas pada ruas Jalan Metro Tanjung Bunga dan Jalan Penghibur, maka dapat diperoleh gambaran volume arus lalu lintas baik yang mengarah ke Jalan Metro Tanjung Bunga maupun Jalan Penghibur sebagaimana tersaji pada Tabel 1 dan 2 serta Gambar 4.

**Tabel 1.** Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur

Interval Waktu		Hari Kerja	Hari Libur
		smp/jam	smp/jam
Pagi	07.00-08.00	2498.5	1564.3
	08.00-09.00	1579.5	1423.3
	09.00-10.00	621.7	1346.6
Siang	12.00-13.00	745.0	975.5
	13.00-14.00	1012.3	1075.4
	14.00-15.00	746.7	1063.6
Sore	15.00-16.00	835.8	1094.2
	16.00-17.00	1580.5	1745.1
	17.00-18.00	1652.8	2465.3
Malam	18.00-19.00	1495.2	1716.5
	19.00-20.00	1542.2	1977.1
	20.00-21.00	1305.7	1500.0
<b>Max</b>		<b>2498.5</b>	<b>2465.3</b>

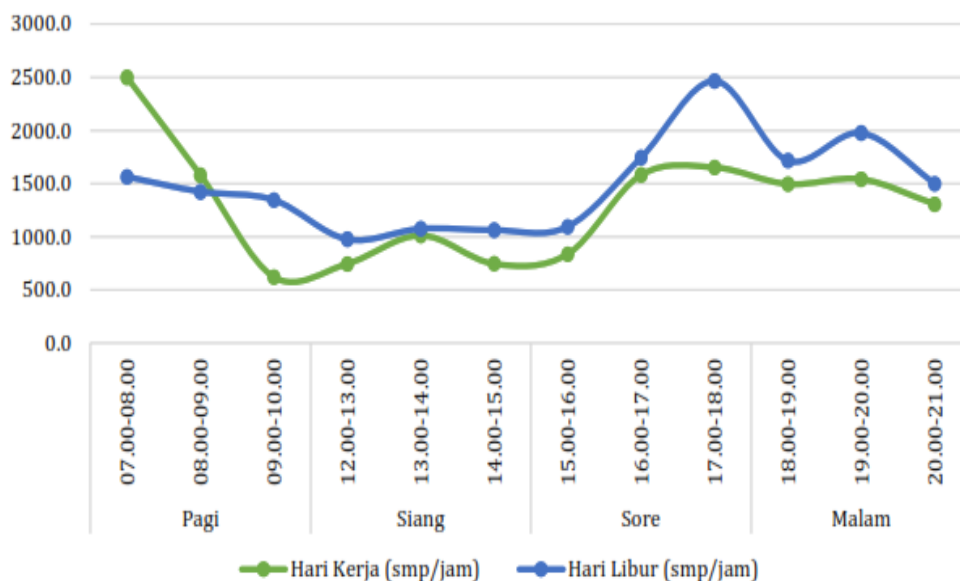
Sumber: Hasil Analisis Data 2025

**Tabel 2.** DS Waktu Puncak Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur

Interval Waktu	Volume Hari Kerja (smp/jam)	DS Hari Kerja	Volume Hari Libur (smp/jam)	DS Hari Libur
07.00–08.00	2498,5	0,40	1564,3	0,25
15.00–16.00	1652,8	0,26	2465,3	0,39
17.00–18.00	1452,2	0,23	1977,1	0,31
20.00–21.00	1504,5	0,24	1206,0	0,19
Maksimum	2498,5	0,40	2465,3	0,39

Sumber: Hasil Analisis Data 2025

Tabel 1 memperlihatkan bahwa volume lalu lintas pada Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur memiliki Hasil Konversi dalam satuan smp/jam dengan nilai maksimum sebanyak 2498 smp/jam untuk hari kerja dan 2465.3 smp/jam di hari libur dan tabel 2 menunjukkan DS untuk beberapa waktu puncak. Dalam lanskap urban Kota Makassar yang terus berkembang, Jalan Metro Tanjung Bunga menjadi nadi vital penghubung antara kawasan bisnis, permukiman, dan destinasi wisata. Melalui analisis derajat kejenuhan (DS), kita memperoleh gambaran yang lebih dalam mengenai ritme pergerakan kendaraan dan potensi dampaknya terhadap lingkungan. Dengan kapasitas jalan sebesar 6.315 smp/jam, nilai DS dihitung untuk setiap interval waktu, membandingkan kondisi hari kerja dan hari libur. Hasilnya menunjukkan bahwa lalu lintas di koridor ini belum mencapai titik jenuh, namun terdapat fluktuasi yang mencerminkan dinamika sosial dan mobilitas masyarakat. Pada pagi hari pukul 07.00–08.00 pada hari kerja mencatat DS tertinggi sebesar 0,40, menandakan arus mulai padat seiring dimulainya aktivitas kerja dan sekolah. Mesin kendaraan bekerja lebih intensif, dan potensi emisi gas buang meningkat. Sebaliknya, hari libur menunjukkan DS lebih rendah, mencerminkan suasana yang lebih tenang dan minim tekanan lalu lintas. Interval siang hari menunjukkan kestabilan lalu lintas, dengan DS berada di kisaran 0,12–0,17. Ini menjadi fase transisi antara mobilitas pagi dan sore, di mana aktivitas masyarakat tersebar lebih merata. Dampak lingkungan pada periode ini relatif rendah, memberikan ruang bagi kualitas udara untuk tetap terjaga dan tingkat kebisingan tidak melebihi baku mutu. Menjelang sore, terutama pukul 15.00–16.00, terjadi lonjakan DS pada hari libur hingga 0,39, mendekati kondisi padat. Hal ini mengindikasikan tingginya mobilitas masyarakat untuk kegiatan rekreasi, belanja, atau kunjungan keluarga. Hari kerja juga menunjukkan peningkatan, namun masih dalam batas wajar. Pukul 20.00–21.00 menjadi penutup hari dengan DS yang menurun kembali ke kisaran 0,19–0,24, baik pada hari kerja maupun hari libur. Lalu lintas mulai mereda, dan lingkungan memperoleh jeda dari intensitas kendaraan. Ini menjadi momen pemulihan kualitas udara dan kenyamanan akustik di kawasan sekitar meskipun Jalan Metro Tanjung Bunga belum mengalami kejenuhan ekstrem, terdapat pola-pola waktu yang perlu diantisipasi dalam perencanaan transportasi. Pagi hari kerja dan sore hari libur menjadi titik-titik kritis yang berpotensi meningkatkan emisi dan kebisingan. Berikut ini adalah grafik fluktuasi volume lalu lintas yang terjadi pada simpang mulai pukul 07.00 WITA sampai dengan 21.00 WITA.



**Gambar 4.** Fluktuasi Volume Lalu Lintas

C. Kecepatan Arus Lalu Lintas

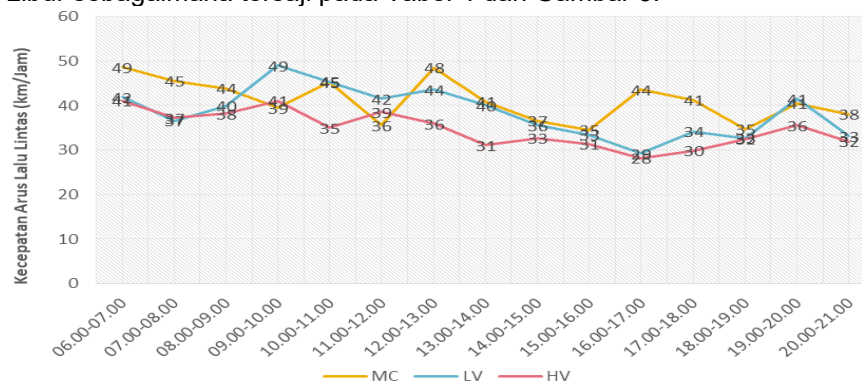
Berdasarkan hasil survei perekaman kondisi dan pengolahan data kecepatan tiap kendaraan pada ruas jalan Metro Tanjung Bunga dari masing-masing jenis kelompok kendaraan diperoleh dengan mengamati waktu tempuh kendaraan melewati batas jarak yang ditentukan yaitu 150 meter atau 0,15 km dan dengan mengambil sampel hari Kerja dan hari Libur. Gambaran kecepatan arus lalu lintas sebagaimana tersaji pada Tabel 3 dan Gambar 5.

**Tabel 3.** Kecepatan Tempuh Kendaraan Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur Pada Hari Kerja

Periode Waktu	Jarak (Km)	Kecepatan (Km/Jam)		
		MC	LV	HV
06.00-07.00	0.15	49	42	41
07.00-08.00	0.15	45	37	37
08.00-09.00	0.15	44	40	38
09.00-10.00	0.15	39	49	41
10.00-11.00	0.15	45	45	35
11.00-12.00	0.15	36	42	39
12.00-13.00	0.15	48	44	36
13.00-14.00	0.15	41	40	31
14.00-15.00	0.15	37	36	33
15.00-16.00	0.15	35	33	31
16.00-17.00	0.15	44	29	28
17.00-18.00	0.15	41	34	30
18.00-19.00	0.15	35	33	32
19.00-20.00	0.15	41	41	36
20.00-21.00	0.15	38	33	32
<i>Kec. Minimum</i>		35	29	28
<i>Kec. Maximum</i>		49	49	41
<i>Kec. Rata-rata</i>		41	38	35

Sumber: Hasil Analisis Data 2025

Hasil kecepatan arus lalu lintas kendaraan pada Ruas Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur Hari Kerja dengan nilai rata-rata sebesar 41 km/jam kendaraan bermotor (MC), 38 km/jam kendaraan ringan (LV) dan kendaraan berat (HV) 35 km/jam. Untuk nilai minimum pada kendaraan bermotor (MC) sebesar 35 km/jam, kendaraan ringan (LV) 29 km/jam, dan kendaraan berat (HV) 28 km/jam. Sedangkan untuk nilai maksimum kendaraan bermotor (MC) sebesar 49 km/jam, kendaraan ringan (LV) 49 km/jam, dan kendaraan berat (HV) 41 km/jam. Gambar 5 memperlihatkan kecepatan tempuh kendaraan pada Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur untuk tiga jenis kendaraan yaitu sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Kecepatan tertinggi untuk kendaraan bermotor (MC) terjadi pada jam 06.00-07.00 yaitu 49 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 14.00-15.00 dan 18.00-19.00 yaitu 35 km/jam. Untuk kendaraan ringan (LV) kecepatan tertinggi terjadi pada jam 09.00-10.00 yaitu 49 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 16.00-17.00 yaitu 29 km/jam. Kemudian untuk kendaraan berat (HV) kecepatan tertinggi terjadi pada jam 06.00-07.00 dan 09.00-10.00 yaitu 41 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 16.00-17.00 yaitu 28 km/jam. Adapun gambaran kecepatan arus lalu lintas Pada Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur Hari Libur sebagaimana tersaji pada Tabel 4 dan Gambar 5.



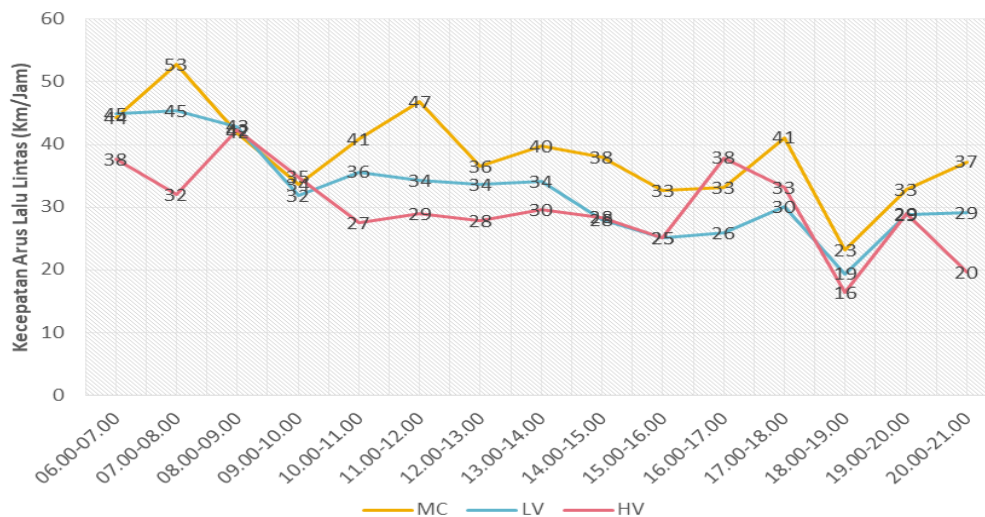
**Gambar 5.** Kecepatan Tempuh Kendaraan Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur Pada Hari Kerja

Hasil kecepatan arus lalu lintas kendaraan pada Ruas Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur Hari Libur dengan nilai rata-rata sebesar 38 km/jam kendaraan bermotor (MC), 33 km/jam kendaraan ringan (LV) dan kendaraan berat (HV) 30 km/jam. Untuk nilai minimum pada kendaraan bermotor (MC) sebesar 23 km/jam, kendaraan ringan (LV) 19 km/jam, dan kendaraan berat (HV) 16 km/jam. Sedangkan untuk nilai maksimum kendaraan bermotor (MC) sebesar 53 km/jam, kendaraan ringan (LV) 45 km/jam, dan kendaraan berat (HV) 42 km/jam.

**Tabel 4.** Kecepatan Tempuh Kendaraan Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur Pada Hari Libur

Periode Waktu	Jarak (Km)	Kecepatan (Km/Jam)		
		MC	LV	HV
06.00-07.00	0.15	44	45	38
07.00-08.00	0.15	53	45	32
08.00-09.00	0.15	42	43	42
09.00-10.00	0.15	34	32	35
10.00-11.00	0.15	41	36	27
11.00-12.00	0.15	47	34	29
12.00-13.00	0.15	36	34	28
13.00-14.00	0.15	40	34	30
14.00-15.00	0.15	38	28	28
15.00-16.00	0.15	33	25	25
16.00-17.00	0.15	33	26	38
17.00-18.00	0.15	41	30	33
18.00-19.00	0.15	23	19	16
19.00-20.00	0.15	33	29	29
20.00-21.00	0.15	37	29	20
<i>Kec. Minimum</i>		23	19	16
<i>Kec. Maximum</i>		53	45	42
<i>Kec. Rata-rata</i>		38	33	30

Sumber: Hasil Analisis Data 2025



**Gambar 6.** Kecepatan Tempuh Kendaraan Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur Pada Hari Libur

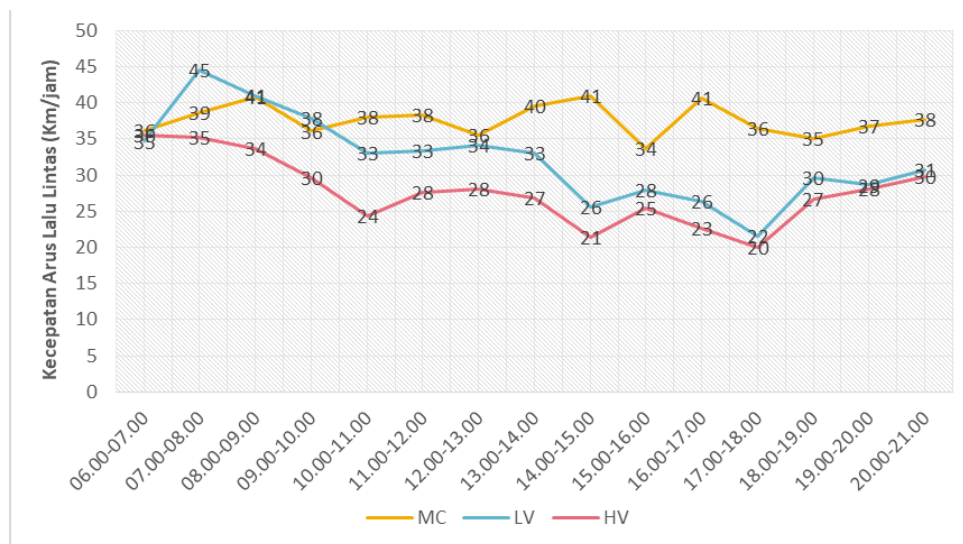
Gambar 6 memperlihatkan kecepatan tempuh kendaraan pada Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur untuk tiga jenis kendaraan yaitu sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Kecepatan tertinggi untuk kendaraan bermotor (MC) terjadi pada jam 07.00-08.00 yaitu 53 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 18.00-19.00 yaitu 23 km/jam. Untuk kendaraan ringan (LV) kecepatan tertinggi terjadi pada jam 06.00-07.00 dan 07.00-08.00 yaitu 45 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 18.00-19.00 yaitu 19 km/jam. Kemudian untuk kendaraan berat (HV) kecepatan tertinggi terjadi pada jam 08.00-09.00 yaitu 42 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 18.00-19.00 yaitu 16 km/jam.

**Tabel 5.** Kecepatan Tempuh Kendaraan Ruas Jalan Penghibur – Jalan Metro Tanjung Bunga Pada Hari Kerja

Periode Waktu	Jarak (Km)	Kecepatan (Km/Jam)		
		MC	LV	HV
06.00-07.00	0.15	36	35	36
07.00-08.00	0.15	39	45	35
08.00-09.00	0.15	41	41	34
09.00-10.00	0.15	36	38	30
10.00-11.00	0.15	38	33	24
11.00-12.00	0.15	38	33	28
12.00-13.00	0.15	36	34	28
13.00-14.00	0.15	40	33	27
14.00-15.00	0.15	41	26	21
15.00-16.00	0.15	34	28	25
16.00-17.00	0.15	41	26	23
17.00-18.00	0.15	36	22	20
18.00-19.00	0.15	35	30	27
19.00-20.00	0.15	37	29	28
20.00-21.00	0.15	38	31	30
<i>Kec. Minimum</i>		34	22	20
<i>Kec. Maximum</i>		41	45	36
<i>Kec. Rata-rata</i>		38	32	28

Sumber: Hasil Analisis Data 2025

Hasil kecepatan arus lalu lintas kendaraan pada Ruas Jalan Penghibur – Jalan Metro Tanjung Bunga Hari Kerja dengan nilai rata-rata sebesar 38 km/jam kendaraan bermotor (MC), 32 km/jam kendaraan ringan (LV) dan kendaraan berat (HV) 28 km/jam. Untuk nilai minimum pada kendaraan bermotor (MC) sebesar 34 km/jam, kendaraan ringan (LV) 22 km/jam, dan kendaraan berat (HV) 20 km/jam. Sedangkan untuk nilai maksimum kendaraan bermotor (MC) sebesar 41 km/jam, kendaraan ringan (LV) 45 km/jam, dan kendaraan berat (HV) 36 km/jam.



**Gambar 7.** Kecepatan Tempuh Kendaraan Ruas Jalan Penghibur – Jalan Metro Tanjung Bunga Pada Hari Kerja

Gambar di atas memperlihatkan kecepatan tempuh kendaraan pada Ruas Jalan Penghibur – Jalan Metro Tanjung Bunga untuk tiga jenis kendaraan yaitu sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Kecepatan tertinggi untuk kendaraan bermotor (MC) terjadi pada jam 08.00-09.00, 14.00-15.00 dan 16.00-07.00 yaitu 41 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 15.00-16.00 yaitu 34 km/jam. Untuk kendaraan ringan (LV) kecepatan tertinggi terjadi pada jam 07.00-08.00 yaitu 45 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 17.00-18.00 yaitu 22 km/jam. Kemudian untuk kendaraan berat (HV) kecepatan tertinggi terjadi pada jam 06.00-07.00 yaitu 36 km/jam,

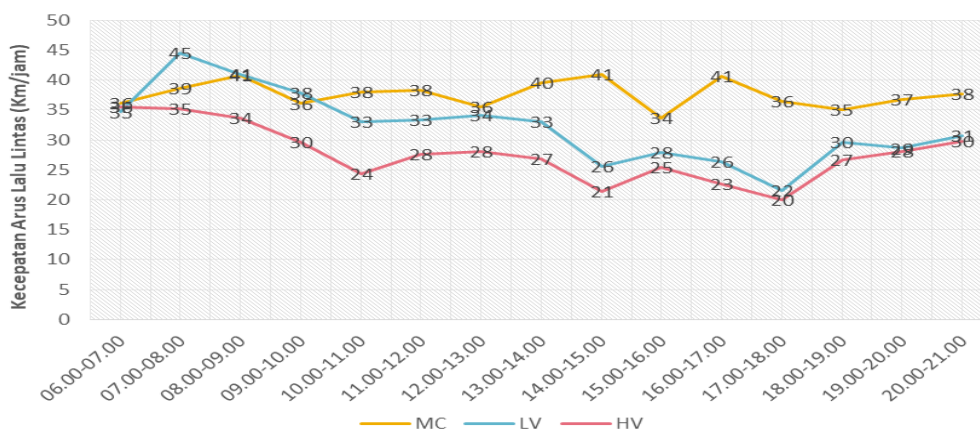
sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 17.00-18.00 yaitu 20 km/jam. Adapun gambaran kecepatan arus lalu lintas Pada Ruas Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur Hari Libur sebagaimana tersaji pada Tabel 6 dan Gambar 8.

**Tabel 6.** Kecepatan Tempuh Kendaraan Ruas Jalan Penghibur – Jalan Metro Tanjung Bunga Pada Hari Libur

Periode Waktu	Jarak (Km)	Kecepatan (Km/Jam)		
		MC	LV	HV
06.00-07.00	0.15	49	35	33
07.00-08.00	0.15	36	36	32
08.00-09.00	0.15	41	38	26
09.00-10.00	0.15	38	36	40
10.00-11.00	0.15	42	38	31
11.00-12.00	0.15	47	36	26
12.00-13.00	0.15	40	34	25
13.00-14.00	0.15	40	35	26
14.00-15.00	0.15	35	31	25
15.00-16.00	0.15	38	34	30
16.00-17.00	0.15	32	24	29
17.00-18.00	0.15	43	32	27
18.00-19.00	0.15	32	29	27
19.00-20.00	0.15	32	32	32
20.00-21.00	0.15	35	31	20
<i>Kec. Minimum</i>		32	24	20
<i>Kec. Maximum</i>		49	38	40
<i>Kec. Rata-rata</i>		39	33	29

Sumber: Hasil Analisis Data 2025

Hasil kecepatan arus lalu lintas kendaraan pada Ruas Jalan Penghibur – Jalan Metro Tanjung Bunga Hari Kerja dengan nilai rata-rata sebesar 39 km/jam kendaraan bermotor (MC), 33 km/jam kendaraan ringan (LV) dan kendaraan berat (HV) 29 km/jam. Untuk nilai minimum pada kendaraan bermotor (MC) sebesar 32 km/jam, kendaraan ringan (LV) 24 km/jam, dan kendaraan berat (HV) 20 km/jam. Sedangkan untuk nilai maksimum kendaraan bermotor (MC) sebesar 49 km/jam, kendaraan ringan (LV) 38 km/jam, dan kendaraan berat (HV) 40 km/jam.



**Gambar 8.** Kecepatan Tempuh Kendaraan Ruas Jalan Penghibur – Jalan Metro Tanjung Bunga Pada Hari Libur

Gambar 8 memperlihatkan kecepatan tempuh kendaraan pada Ruas Jalan Penghibur – Jalan Metro Tanjung Bunga untuk tiga jenis kendaraan yaitu sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Kecepatan tertinggi untuk kendaraan bermotor (MC) terjadi pada jam 06.00-07.00 yaitu 49 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 16.00-17.00, 18.00-19.00 dan 19.00-20.00 yaitu 32 km/jam. Untuk kendaraan ringan (LV) kecepatan tertinggi terjadi pada jam 08.00-09.00 dan 10.00-11.00 yaitu 38 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 16.00-17.00 yaitu 24

km/jam. Kemudian untuk kendaraan berat (HV) kecepatan tertinggi terjadi pada jam 09.00-10.00 yaitu 40 km/jam, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada jam 20.00-21.00 yaitu 20 km/jam.

#### D. Tingkat Kebisingan

Kualitas lingkungan bising atau kebisingan di sekitar lokasi studi pada siang dan malam sebagaimana ditunjukkan dalam tabel di bawah. Pada kebisingan siang-malam (24 jam) berada pada 46.6 dBA. Sumber utama kebisingan kumulatif ini adalah dari bunyi kendaraan bermotor, di samping suara manusia dan aktivitasnya serta suara pepohonan karena hembusan angin. Kebisingan tersebut telah masih di bawah baku mutu yang ditetapkan untuk Kawasan Permukiman (55 dBA) dan Kawasan Bisnis (70) dBA berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan, tetapi nilai kebisingan tersebut perlu tetap dipantau agar tidak melebihi baku mutu sehingga tidak memberi pengaruh buruk terhadap kesehatan masyarakat yang beraktivitas atau bermukim di sekitar lokasi sumber bising. Kebisingan akan berkurang dengan bertambahnya jarak sumber dan keberadaan penghalang, seperti dinding bangunan, pepohonan dan lainnya. Terdapat perbedaan tingkat kebisingan pada siang dan malam hari karena umumnya aktivitas manusia dilakukan pada siang hari. Skala lingkungan kualitas bising di klasifikasi berdasarkan rentang nilai bising untuk permukiman berdasarkan Pusat Kajian Konservasi Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup Indonesia (2009). Skala Sangat Baik: < 20 dBA, Baik 21 - 55 dBA, Sedang 56-70 dBA, Buruk 71-80 dBA dan Sangat Buruk > 80 dBA.

### KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkap dinamika lalu lintas pada koridor strategis Jalan Metro Tanjung Bunga – Jalan Penghibur di Kota Makassar, dengan menyoroti hubungan antara derajat kejenuhan, kecepatan arus lalu lintas, dan tingkat kebisingan. Berdasarkan hasil survei analisis, diperoleh nilai derajat kejenuhan tertinggi tercatat pada pagi hari kerja (07.00-08.00) sebesar 0,40 dan sore hari libur (15.00-16.00) sebesar 0,39. Rata-rata kecepatan kendaraan pada hari kerja MC 41 km/jam, LV 38 km/jam, HV 35 km/jam, rata-rata kecepatan kendaraan pada hari libur lebih rendah, MC 38 km/jam, LV 33 km/jam, HV 30 km/jam. Fluktuasi kecepatan menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara jam sibuk dan jam lengang, dengan kecenderungan penurunan kecepatan pada periode padat. Rata-rata tingkat kebisingan berada pada nilai 46,6 dBA, yang dominan berasal dari pergerakan kendaraan. Peningkatan volume kendaraan berkontribusi pada naiknya SD dan menurunkan kecepatan rata-rata, yang secara kumulatif meningkatkan kebisingan. Kondisi volume tinggi ditambah dengan kecepatan rendah (*stop and go*) menghasilkan kebisingan lebih besar dibandingkan arus lancar dengan kecepatan konstan. Kontribusi lalu lintas terhadap kebisingan masih kecil sehingga dampak lingkungan relatif rendah. Meskipun belum mencapai tingkat kejenuhan ekstrem, pola pergerakan kendaraan menunjukkan potensi peningkatan kebisingan pada jam-jam tertentu, terutama saat mobilitas masyarakat meningkat. Pengukuran kebisingan meskipun berada di bawah ambang batas baku mutu, namun tren lalu lintas yang padat tetap perlu diwaspadai sebagai faktor pemicu degradasi lingkungan di masa mendatang. Adapun rekomendasi praktis yang dapat dilakukan seperti manajemen lalu lintas jam puncak, buffer vegetasi peredam kebisingan dan kebijakan transportasi berkelanjutan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Pd T-19-2004-B). 2004. Survei Pencacah Lalu Lintas dengan Cara Manual.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesian (MKJI).
- Direktorat Jenderal Bina Marga Nomor 01. 1990. Panduan Survei dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas. [8] Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48.1996. Baku Tingkat Kebisingan.
- Pondanda, A., Lakawa, I., Ilham, V.A. 2024. Hubungan Derajat Kejenuhan Dengan Tingkat Kebisingan Lalu Lintas (Studi Kasus: Jalan Abd Silondae Kota Kendari). *Skripsi*. Universitas Sulawesi Tenggara.
- Wilis, Galuh Renggani. 2006. Analisa Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Di Jalan Raya Ditinjau Dari Baku Tingkat Yang Diijinkan. Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti: Tegal.

# PREDIKSI CURAH HUJAN DI WILAYAH MAKASSAR-MAROS MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN METODE *BACKPROPAGATION*

Shane Feehily Weng (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [shaneweng256@gmail.com](mailto:shaneweng256@gmail.com))

Richard Frans (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [richardfrans.rf@gmail.com](mailto:richardfrans.rf@gmail.com))

Vinsensia Paola Prattyni (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [vinsensia.sensi@gmail.com](mailto:vinsensia.sensi@gmail.com))

Received: 23 November 2025, Revised: 12 Desember 2025, Accepted: 12 Desember 2025

## ABSTRAK

Curah hujan merupakan salah satu faktor penting dalam berbagai sektor seperti pertanian, pengelolaan air, dan mitigasi bencana hidrometeorologi. Pola curah hujan yang tidak menentu dan bersifat nonlinier menjadikan metode statistik konvensional kurang efektif dalam melakukan prediksi yang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi curah hujan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) dengan metode *Backpropagation* berbasis MATLAB, dan menganalisis akurasi serta performa model dalam memprediksi curah hujan berdasarkan data historis. Model jaringan yang dibangun memiliki arsitektur 4–12–1, dengan empat neuron pada lapisan input, dua belas neuron pada lapisan tersembunyi, dan satu *neuron* pada lapisan *output*. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model dengan data curah hujan bulanan memiliki performa yang baik dengan nilai Koefisien Korelasi (R) sebesar 0,84729 dan nilai MSE sebesar  $1,22330 \times 10^{-2}$ . Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Backpropagation* mampu memberikan hasil prediksi curah hujan bulanan yang akurat dan dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perencanaan serta pengelolaan sumber daya air di wilayah Makassar dan Maros.

Kata kunci: Curah hujan, Jaringan Saraf Tiruan, *Backpropagation*, MATLAB.

## ABSTRACT

*Rainfall is one of the most important factors in various sectors such as agriculture, water resource management, and hydrometeorological disaster mitigation. The irregular and nonlinear characteristics of rainfall patterns render conventional statistical methods less effective in producing accurate predictions. This study aims to develop a rainfall prediction model using an Artificial Neural Network (ANN) with the Backpropagation method implemented in MATLAB, and to analyze the accuracy and performance of the model in predicting rainfall based on historical data. The constructed network model employs a 4–12–1 architecture, consisting of four neurons in the input layer, twelve neurons in the hidden layer, and one neuron in the output layer. The training results indicate that the model trained with monthly rainfall data demonstrates good performance, achieving a Correlation Coefficient (R) of 0.84729 and a Mean Squared Error (MSE) value of  $1.22330 \times 10^{-2}$ . These findings suggest that the Backpropagation method is capable of providing accurate monthly rainfall predictions and can be utilized as a decision-support tool in planning and managing water resources in the Makassar and Maros regions.*

*Keywords: Rainfall, Artificial Neural Network, Backpropagation, MATLAB.*

## PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan indikator cuaca yang sangat penting dalam bidang pertanian, pengelolaan sumber daya air, perencanaan kota, serta mitigasi bencana seperti banjir dan tanah longsor. Di Sulawesi Selatan, khususnya wilayah Makassar dan Maros, pola curah hujan cenderung fluktuatif dan dipengaruhi oleh berbagai faktor iklim seperti musim, suhu, kelembaban, penyinaran matahari, kecepatan angin, serta kondisi geografis (BMKG, 2024). Ketidakpastian pola hujan tersebut menyulitkan perencanaan, sehingga diperlukan model prediksi yang akurat untuk mendukung pengambilan keputusan.

Metode statistik konvensional seperti regresi linear dan deret waktu telah banyak digunakan, namun memiliki keterbatasan dalam menangkap hubungan nonlinier dan dinamika kompleks antar variabel iklim. Selain itu, beberapa penelitian terdahulu masih terbatas pada penggunaan variabel tunggal, periode data yang relatif singkat, serta evaluasi model yang belum komprehensif, khususnya untuk wilayah Makassar dan Maros.

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI), khususnya *Artificial Neural Network* (ANN), menawarkan pendekatan yang lebih adaptif dalam memodelkan pola nonlinier. Dengan dukungan MATLAB dan *toolbox Neural Network*, pengembangan model dapat dilakukan secara sistematis dan efisien. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model prediksi curah hujan di Makassar dan Maros menggunakan ANN berbasis multivariat di MATLAB. Kontribusi penelitian ini terletak pada penggunaan beberapa variabel iklim sebagai input, proses pelatihan dan pengujian yang terstruktur, serta evaluasi kinerja model yang komprehensif untuk meningkatkan akurasi prediksi.

## METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini berisikan subjek penelitian, teknik pengumpulan data, lokasi penelitian, teknik pengumpulan data dan teknik analisis data. Secara sederhana, bagian ini menjelaskan bagaimana data-data diperoleh dan dihasilkan pada suatu penelitian yang dilakukan.

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yaitu dilakukan pengumpulan data dan dianalisis untuk mengukur variabel dan hubungannya menggunakan aplikasi perangkat lunak MATLAB untuk membangun model dan mengevaluasi performa model prediksi curah hujan

### Data dan Sumber Data Penelitian

Data yang digunakan adalah data historis curah hujan bulanan dari tahun 2014 hingga 2024 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) wilayah Makassar dan Maros.

### Hipotesis Penelitian

Secara umum, diasumsikan bahwa model Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) dengan metode *Backpropagation* mampu memprediksi curah hujan bulanan di wilayah Makassar–Maros dengan tingkat akurasi yang baik. Hal ini didasarkan pada kemampuan ANN dalam mempelajari hubungan nonlinier antara variabel-variabel meteorologis yang kompleks. Adapun fungsi aktivasi yang digunakan yaitu fungsi aktivasi sigmoid dengan rumus sebagai berikut.

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (1)$$

Di mana:

- $x$  = nilai input
- $e$  = bilangan eksponensial ( $\approx 2.718$ )
- $\sigma(x)$  = output antara 0 dan 1

Secara khusus, diasumsikan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara suhu udara, kelembaban udara, penyinaran matahari, dan kecepatan angin terhadap nilai curah hujan bulanan. Model ANN *Backpropagation* diharapkan dapat mengenali pola dan keterkaitan antara keempat parameter tersebut dengan curah hujan, sehingga mampu menghasilkan prediksi yang mendekati data aktual. Data curah hujan yang memiliki nilai nol akan dikeluarkan dan tidak dipakai karena data yang akan dihitung hanya data yang memiliki curah hujan (terjadi hujan pada bulan itu). Dikeluarkannya nilai nol juga karena dapat mengganggu proses pembelajaran jaringan.

Selain itu, hasil pelatihan jaringan diharapkan menghasilkan nilai *Mean Square Error* (MSE) yang rendah serta koefisien korelasi (R) yang tinggi, yang menunjukkan bahwa model memiliki performa prediksi yang baik dan dapat digunakan sebagai pendekatan dalam memprediksi curah hujan.

### Langkah Penelitian

Langkah-langkah untuk melakukan prediksi pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### a. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada penelitian ini berupa data historis curah hujan harian selama 10 tahun mulai dari 2014 sampai dengan 2024 yang disediakan oleh tiga Stasiun BMKG yaitu Stasiun Meteorologi (BMKG) Paotere, Stasiun Klimatologi Sulawesi Selatan dan Stasiun Meteorologi Klas I Hasanuddin Makassar.

#### b. Pra-Pemrosesan Data

Setelah dilakukan pengumpulan, data dikategorikan berdasarkan masing-masing data. Variabel curah hujan akan menjadi variabel Y (*output*) dan suhu, kelembaban, penyinaran matahari serta kecepatan angin akan menjadi variabel X (*input*).

Kemudian data curah hujan yang memiliki nilai 0 akan dikeluarkan dan tidak dipakai. Dikeluarkannya nilai nol ini karena nilai nol dapat mengganggu proses pembelajaran jaringan.

**Tabel 1.** Format data curah hujan bulanan tahun 2014 hingga 2024

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Penyinaran Matahari (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)
2014	Januari	16.8	26.7	89.0	2.5	3.2
	Februari	11.0	27.2	86.1	4.6	2.5
	Maret	10.0	27.6	85.6	5.4	2.1
	April	4.7	28.1	84.1	6.2	2.0
	Mei	3.3	28.5	80.8	6.7	1.9
	Juni	1.9	27.2	79.2	5.7	1.8
	Juli	1.0	27.5	78.5	7.6	1.9
	Agustus	0.2	27.4	75.8	7.5	2.1
	Nopember	3.0	28.7	78.1	7.5	2.2
	Desember	12.1	27.4	85.0	5.2	2.4

### c. Mengeluarkan Data *Outlier*

Siombing (2022) menjelaskan data *outlier* merupakan data-data yang bobotnya bisa didefinisikan sebagai bobot menyimpang terlalu jauh dari data-data yang lain. Hal ini nantinya dapat menyebabkan data yang ada tidak terdistribusi secara normal. Digunakan salah satu metode untuk mengeluarkan data *outlier* ini yaitu metode *Z-score* yang merupakan ukuran statistik yang digunakan untuk menentukan seberapa jauh suatu nilai data menyimpang dari rata-ratanya dalam satuan simpangan baku. Secara matematis, rumus *Z-score* cukup sederhana:

$$Z_i = \frac{X_i - \bar{X}}{s} \quad (2)$$

Dengan keterangan:

$Z_i$ : nilai *Z-score* dari data ke- $i$ ,

$X_i$ : nilai data ke- $i$ ,

$\bar{X}$ : rata-rata (*mean*) dari keseluruhan data,

$s$ : simpangan baku (*standard deviation*) dari data.

Rentang *Z-score* yang digunakan adalah -3 sampai dengan 3 yang didasarkan pada prinsip distribusi normal (*Gaussian Distribution*), dimana sekitar 99,7% dari seluruh data akan berada dalam rentang tersebut. Ghazali (2018) mengatakan untuk sampel yang lebih besar (lebih dari 80), standar skor dinyatakan *outlier* apabila nilainya berada pada kisaran 3 ke atas.

### d. Normalisasi Data

Normalisasi data ini dilakukan untuk menyamakan ukuran nilai dari tiap data agar bobot datanya menjadi lebih seimbang. Dalam penelitian ini digunakan teknik normalisasi *min-max* berjarak antara 0 sampai 1. Digunakan *range* 0 sampai 1 karena menurut Chamidah (2012), fungsi sigmoid yang biasanya digunakan dalam *backpropagation* akan membawa nilai *input* dengan range yang tak terbatas ke nilai *output* yang terbatas, yaitu dalam range 0 sampai 1. Menurut Han, et al. (2011), normalisasi data teknik *min-max* merupakan transformasi linier dari data asli.

Persamaan normalisasi data *min-max* dapat dilihat pada persamaan 3.

$$v'_i = \frac{v_i - \min_A}{\max_A - \min_A} (\text{new\_max}_A - \text{new\_min}_A) + \text{new\_min}_A \quad (3)$$

Di mana :

$v$  : nilai normal

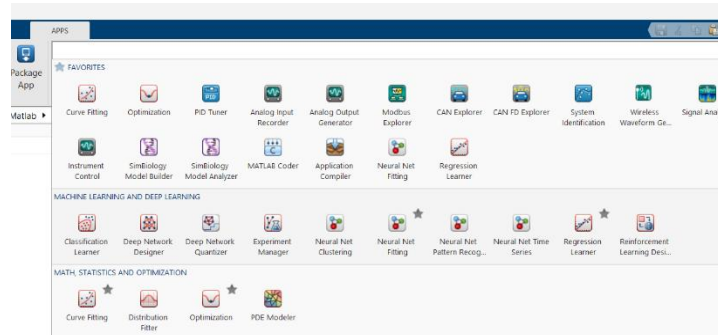
- A : variabel
- $min_A$  : nilai minimum pada variabel
- $max_A$  : nilai maksimum pada variabel
- $new\_min_A$  : nilai minimum baru pada nilai normal
- $new\_max_A$  : nilai maksimum baru pada nilai normal

Lalu untuk melakukan denormalisasi nantinya, dapat dilihat pada persamaan 4 berikut.

$$v_i = \frac{v_i - new\_min_A}{(new\_max_A - new\_min_A)} (max_A - min_A) + min_A \tag{4}$$

**e. Desain, *Network training* dan Pengujian model ANN**

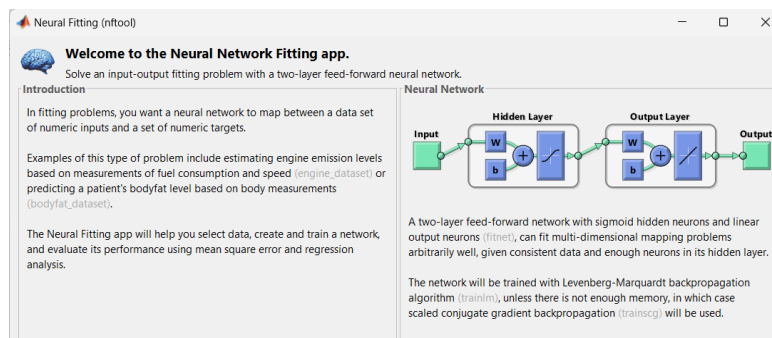
Pada langkah ini, dilakukan pemodelan arsitektur ANN dengan menggunakan MATLAB. Buka aplikasi MATLAB, kemudian pilih *apps* dan pilih *neural net fitting*.



Sumber: MATLAB R2021a

**Gambar 1.** Tampilan menu *apps* pada MATLAB

Setelah itu, akan muncul tampilan dari program *neural net fitting* seperti pada gambar 2.



Sumber: MATLAB R2021a

**Gambar 2.** App *Neural Net Fitting*

**f. Validasi Kinerja**

Perlu dilakukan validasi kinerja pada jaringan yang telah dijalankan karena dalam pengukuran prediksi, tidak ada yang dapat menyentuh hingga 100%. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode perhitungan untuk mengetahui tingkat kesalahan yang terjadi.

**(i) Rata-rata Kuadrat Kesalahan (*Mean Square Error = MSE*)**

Voni (2016), menyebutkan bahwa *mean square error* dihitung dari penjumlahan kuadrat semua kesalahan prediksi pada setiap periode dan membaginya dengan jumlah periode peramalan. Rumus dari MSE ini dapat dilihat pada persamaan 5.

$$MSE = \frac{(A_t - F_t)^2}{n} \tag{5}$$

Di mana :

$A_t$  : Nilai curah hujan aktual  
 $F_t$  : Nilai hasil prediksi curah hujan  
 $n$  : jumlah data

(ii) **Rata-rata presentase kesalahan absolut (*Mean Absolute Presentage Error = MAPE*)**

Voni (2016) juga menyebutkan MAPE merupakan perhitungan yang membandingkan presentase perbedaan nilai rata-rata absolut antara nilai yang diprediksi dengan nilai aktual yang persamaannya dapat dilihat pada persamaan 6 berikut.

$$MAPE = \left( \frac{1}{n} \right) \left| \frac{F_t - A_t}{A_t} \right| \quad (6)$$

Di mana :

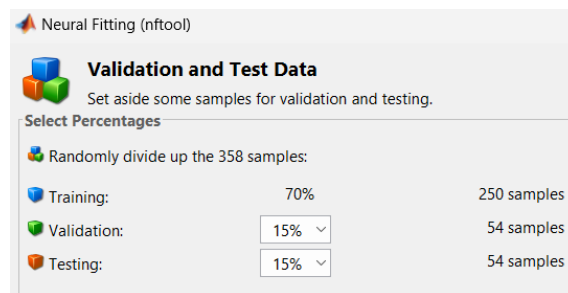
$A_t$  : Nilai curah hujan aktual  
 $F_t$  : Nilai hasil prediksi curah hujan  
 $n$  : jumlah data

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisikan hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan analisa data yang dilakukan beserta dengan pembahasannya secara ilmiah. Hasil penelitian yang diperoleh harus dijelaskan secara detail terkait dengan mengapa hal tersebut bisa terjadi secara saintifik atau mengapa hubungan antara variabel-variabel yang terdapat pada hasil penelitian bisa sedemikian.

### Deskripsi Data

Data yang diambil untuk dijadikan variabel yaitu curah hujan (mm), suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ), kelembaban (%), penyinaran matahari (jam) dan kecepatan angin (m/s) dari tahun 2014 sampai dengan 2024. Total data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 358 untuk masing-masing variabel, yang dibagi menjadi tiga yaitu data *network training* sebanyak 70%, data validasi 15% dan data tes sebanyak 15%.

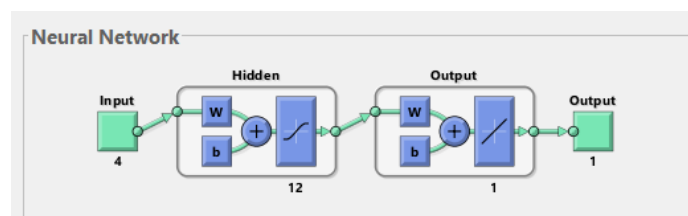


Sumber: MATLAB R2021a

Gambar 3. Rasio pembagian data *training*, *validation* dan *testing*

### A. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Model dari jaringan saraf tiruan yang digunakan adalah *multilayer perceptron (MLP)* dengan metode *backpropagation* yang terdiri dari *Input layer* sebanyak 4 *neuron*, *hidden layer* dengan jumlah 12 *neuron* dan *output layer* sebanyak 1 *neuron* yang akan menjadi prediksi curah hujan.



Sumber: MATLAB R2021a

Gambar 4. Arsitektur jaringan saraf tiruan

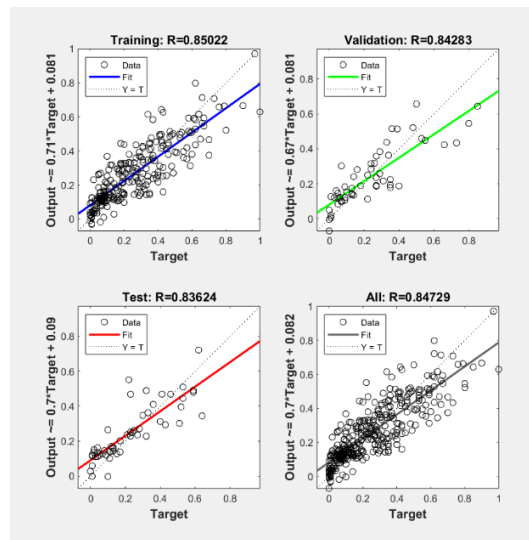
### B. Hasil *Network training*, Pengujian dan Validasi Model

Setelah konfigurasi dari jaringan telah selesai, selanjutnya dilakukan *network training*, validasi dan pengujian pada model jaringan yang sudah dibentuk. Pada *network training* jaringan, digunakan algoritma *network training Levenberg-Marquardt*. *Network training* dilakukan pada dua data curah hujan yaitu curah hujan bulanan yang hasilnya dapat dilihat di halaman selanjutnya.

1. Prediksi Curah Hujan Bulanan

Beberapa hasil dari prediksi curah hujan bulanan Output yang diteliti dapat dilihat sebagai berikut.

(i) Analisis Regresi (*Regression Plot*)

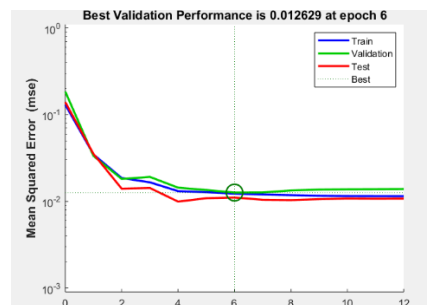


Sumber: MATLAB R2021a

Gambar 5. Hasil plot regresi bulanan

Seperti yang dapat dilihat pada gambar 5, Koefisien (R) untuk data *training* sebesar R =0,85022, data validasi R = 0,84283, data testing R =0,83624 dan data keseluruhan sebesar R = 0,84729. Plot regresi ini memperlihatkan bahwa Sebagian besar titik data yang digunakan mendekati garis ideal (Y = T), walaupun masih ada juga titik data yang tersebar disekitar garis ideal.

(ii) Kinerja Jaringan Selama *Network Training*



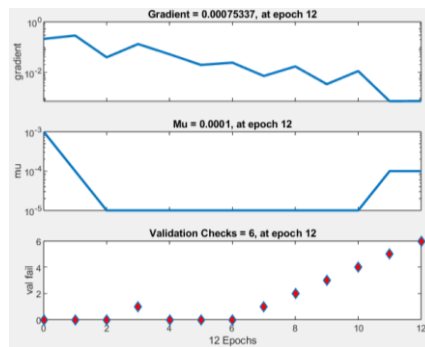
Sumber: MATLAB R2021a

Gambar 6. Grafik kinerja jaringan bulanan

Berdasarkan gambar 6, terlihat bahwa nilai *error* (MSE) mengalami penurunan pada awal *network training* hingga mencapai kestabilan pada sekitar *epoch* ke-6. Pada titik tersebut, diperoleh nilai *best validation performance* sebesar 0,012629. Hal ini menunjukkan bahwa model mencapai kemampuan generalisasi terbaiknya pada *epoch* ke-6. Setelah itu, nilai *error* pada data validasi mulai meningkat, sehingga *network training* dihentikan secara otomatis untuk mencegah *overfitting*.

(iii) Status *Network training* (*Training State*)

Hasil *network training* pada gambar 7 menunjukkan bahwa pada *epoch* ke-12, nilai *gradient* akhir adalah 0.0075337. Nilai ini menandakan bahwa pembaruan bobot jaringan masih terjadi, namun perubahannya sudah relatif kecil. Parameter mu konvergen pada nilai 0.0001, yang menandakan algoritma *Levenberg-Marquardt* mampu menyesuaikan parameter optimasi dengan baik. Selain itu, jumlah *validation checks* mencapai angka 6 pada *epochs* ke 12, sehingga *network training* berhenti karena kinerja pada data validasi tidak lagi mengalami perbaikan.



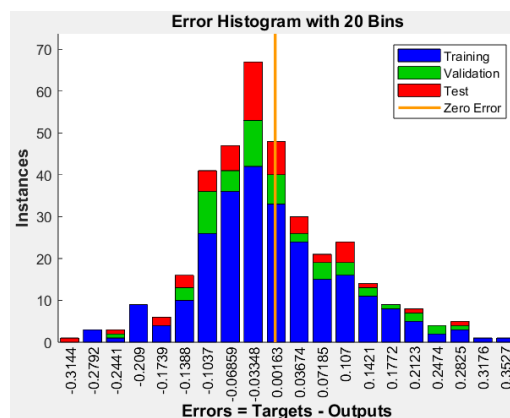
Sumber: MATLAB R2021a

Gambar 7. Grafik status *network training* bulanan

Dengan kondisi ini, dapat disimpulkan bahwa proses *network training* berhenti pada saat yang tepat untuk mencegah jaringan mengalami *overfitting* sekaligus memastikan model tetap mampu melakukan generalisasi.

(iv) **Distribusi Error (Error Histogram)**

*Error histogram* adalah grafik batang yang menunjukkan distribusi *error* antara nilai prediksi jaringan (Y) dengan nilai target aktual (T). Pada histogram *error*, sebagian besar kesalahan prediksi terdistribusi di sekitar nilai nol, dengan mayoritas *error* berada dalam rentang -0,1 hingga 0,1.

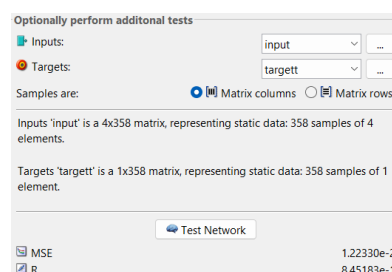


Sumber: MATLAB R2021a

Gambar 8. Grafik distribusi *error* bulanan

(v) **Evaluasi Jaringan (Evaluate Network)**

Secara keseluruhan, hasil evaluasi jaringan menunjukkan nilai MSE sebesar  $1,22330 \times 10^{-2}$  dengan koefisien korelasi (R) sebesar 0,84518.



Sumber: MATLAB R2021a

Gambar 9. Evaluasi jaringan bulanan

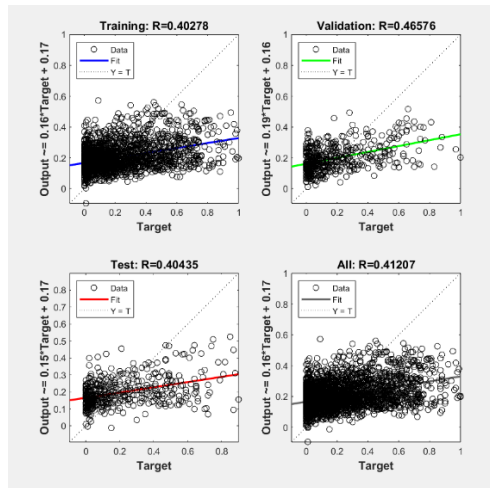
Hasil ini memperkuat bahwa jaringan yang dibangun dapat melakukan prediksi curah hujan bulanan dengan tingkat akurasi yang cukup baik, serta mampu menangkap pola hubungan antara data masukan dan data target dengan cukup efektif.

## 2. Prediksi Curah Hujan Harian

Sebagai pembandingan, dilakukan juga prediksi curah hujan harian. Data curah hujan harian memiliki tingkat fluktuasi yang tinggi karena sangat dipengaruhi oleh variabel atmosfer jangka pendek seperti perubahan suhu, tekanan udara, arah angin, dan kelembaban. Kondisi tersebut menyebabkan pola data harian menjadi lebih kompleks dan sulit dikenali oleh jaringan.

Diharapkan dari hasil perbandingan ini dapat diketahui bahwa data bulanan cenderung menghasilkan nilai kesalahan yang lebih kecil dan korelasi yang lebih tinggi dibandingkan data harian, karena pola hujan bulanan lebih mudah dipelajari oleh jaringan. Data yang akan digunakan sebanyak 3219 data variabel, yang hasilnya dapat dilihat pada poin berikut.

### (i) Analisis Regresi (*Regression Plot*)



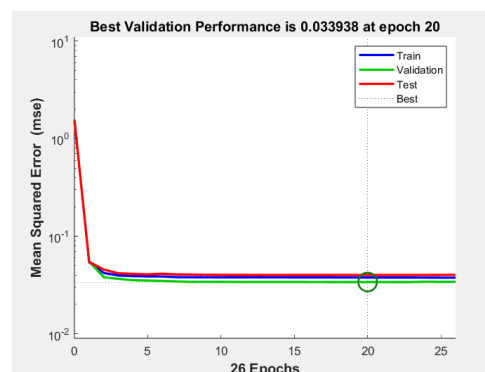
Sumber: MATLAB R2021a

**Gambar 10.** Grafik analisis regresi harian

Analisis regresi yang ditunjukkan pada gambar 10, menghasilkan nilai koefisien korelasi (R), di mana data *network training*, R = 0,40278, Data validasi, R = 0,46576, data pengujian, R = 0,40435 dan nilai keseluruhan, R = 0,41207.

Nilai R yang relatif rendah (sekitar 0,37– 0,43) menunjukkan bahwa hubungan antara data aktual dan hasil prediksi belum terlalu kuat. Hal ini terlihat pula pada grafik regresi, di mana banyak titik data masih menyebar cukup jauh dari garis ideal (Y = T). Dengan kata lain, model belum mampu menangkap pola data secara optimal.

### (ii) Kinerja Jaringan Selama *Network training* (*Performance Plot*)



Sumber: MATLAB R2021a

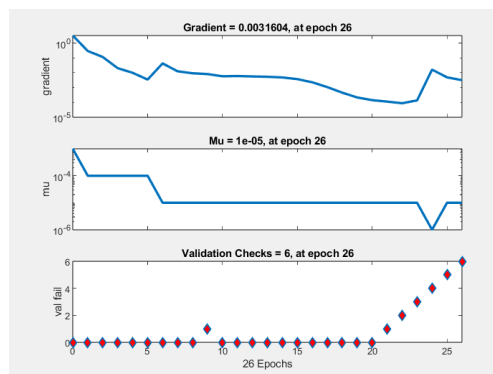
**Gambar 11.** Grafik Kinerja Jaringan Harian

Grafik *performance plot* pada gambar 15 menunjukkan bahwa nilai *Mean Squared Error* (MSE) turun dengan cepat pada *epoch* awal, kemudian menjadi relatif stabil pada *epoch* berikutnya. Nilai *best validation performance* diperoleh sebesar 0,033938 pada *epoch* ke-20.

Penurunan *MSE* yang signifikan pada awal pelatihan menandakan bahwa bobot-bobot jaringan berhasil menyesuaikan diri dengan pola data masukan. Stabilitasnya nilai *MSE* setelah *epoch* ke-20 menunjukkan bahwa jaringan telah mencapai titik konvergensi, sehingga peningkatan jumlah *epoch* selanjutnya tidak memberikan peningkatan akurasi yang berarti.

(iii) **Status Network Training (Training State)**

Hasil *training state* pada gambar 16 di mana *gradient* terakhir bernilai 0,0031604 pada *epoch* ke-26, menandakan bahwa pembaruan bobot jaringan sudah sangat kecil dan proses pembelajaran hampir mencapai kestabilan.  $\mu$  ( $\mu$ ) bernilai konstan pada  $1e-05$ , menunjukkan bahwa algoritma *Levenberg-Marquardt* sudah menyesuaikan parameter optimasi dengan baik dan stabil. *Validation checks* mencapai angka 6 pada *epoch* ke-26, yang berarti *network training* dihentikan karena kinerja validasi tidak lagi menunjukkan peningkatan setelah beberapa iterasi.



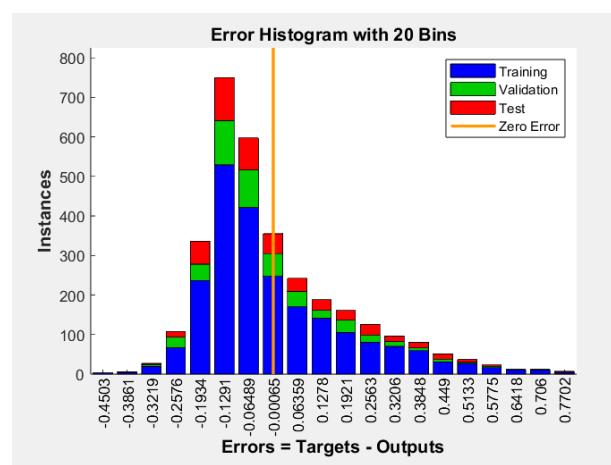
Sumber: MATLAB R2021a

**Gambar 12. Grafik Status Network Training Harian**

Dengan kondisi ini, dapat disimpulkan bahwa proses *network training* berhenti pada saat yang tepat untuk mencegah jaringan mengalami *overfitting* sekaligus memastikan model tetap mampu melakukan generalisasi.

(iv) **Distribusi Error (Error Histogram)**

Histogram *error* memperlihatkan bahwa sebagian besar kesalahan prediksi terdistribusi di sekitar nilai nol, dengan mayoritas *error* berada pada rentang -0,2 hingga 0,2. Dari rentang nilai tersebut, dapat dilihat bahwa terjadi penyimpangan prediksi cukup jauh dari nilai aktual jika dibandingkan dengan distribusi *error* bulanan.



Sumber: MATLAB R2021a

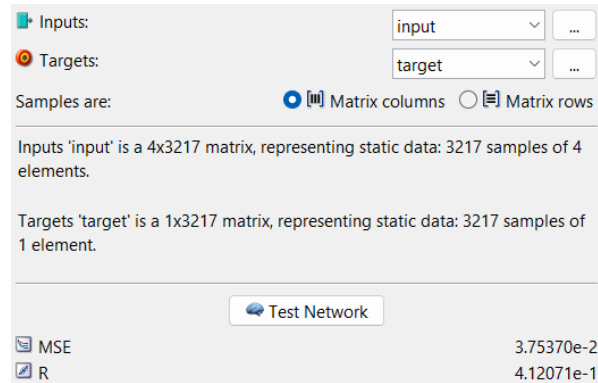
**Gambar 13. Grafik Distribusi Error Harian**

Distribusi *error* yang tidak sepenuhnya simetris ini mengindikasikan bahwa proses pelatihan jaringan saraf tiruan belum sepenuhnya optimal dalam mengenali pola data secara menyeluruh. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh karakteristik data yang sangat bervariasi

atau parameter pelatihan yang belum tepat, seperti jumlah neuron tersembunyi, *learning rate*, maupun rasio pembagian data pelatihan dan validasi.

(v) **Evaluasi Jaringan (*Evaluate Network*)**

Hasil evaluasi jaringan menunjukkan bahwa model menghasilkan nilai MSE sebesar 0,0375 dengan koefisien korelasi keseluruhan (R) sebesar 0,41207. Nilai ini memperlihatkan bahwa tingkat akurasi prediksi masih tergolong rendah.



Sumber: MATLAB R2021a

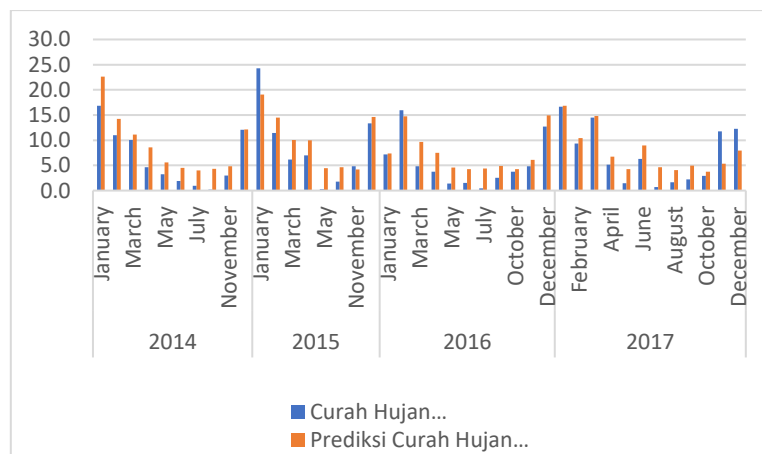
**Gambar 14. Evaluasi Jaringan Harian**

Dengan demikian, jaringan saraf tiruan pada konfigurasi ini belum mampu memodelkan pola curah hujan bulanan secara akurat, dan diperlukan penyesuaian lebih lanjut seperti memperbesar jumlah *neuron*, menambah data latih, atau mencoba algoritma optimasi lain.

**3. Hasil Prediksi Curah Hujan Bulanan (Bulanan)**

Setelah melalui proses *network training* jaringan saraf tiruan dan evaluasi model, diperoleh *output* berupa curah hujan prediksi yang dapat langsung dibandingkan hasilnya dengan curah hujan aktual bulanan. Hasil yang masih dalam bentuk data normalisasi diubah Kembali dengan melakukan denormalisasi data menggunakan persamaan (3). Untuk perbandingan antara curah hujan aktual bulanan dan curah hujan prediksi bulanan dapat dilihat pada gambar

Secara visual, batang berwarna oranye (hasil prediksi) sering kali berada di bawah batang biru (data aktual), yang menunjukkan bahwa model cenderung melakukan *underestimation*, yaitu memprediksi nilai curah hujan lebih rendah daripada nilai sebenarnya.



**Gambar 15. Grafik Perbandingan Curah Hujan Aktual dengan Prediksi**

Meskipun demikian, secara keseluruhan pola pergerakan antara keduanya masih searah, menandakan bahwa model telah berhasil menangkap sebagian besar tren umum curah hujan meskipun dengan akurasi yang belum tinggi.

**Tabel 2.** Perbandingan curah hujan actual dan prediksi

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)	Prediksi Curah Hujan (mm)	RMSE
2014	Januari	16.8	17.87	0.06
	Februari	11.0	14.81	0.20
	Maret	10.0	9.92	0.01
	April	4.7	7.41	0.14
	Mei	3.3	5.28	0.11
	Juni	1.9	4.09	0.12
	Juli	1.0	3.12	0.11
	Agustus	0.2	2.85	0.14
	Nopember	3.0	4.67	0.09
	Desember	12.1	13.22	0.06

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian mengenai prediksi curah hujan menggunakan jaringan saraf tiruan (ANN) dengan algoritma backpropagation, disimpulkan bahwa:

1. Model ANN dengan arsitektur 4-12-1 berhasil memprediksi curah hujan dengan akurasi yang cukup tinggi ( $R = 0,84729$ ), mampu mengenali hubungan nonlinier antara variabel input (suhu, kelembaban, penyinaran matahari, dan kecepatan angin) terhadap curah hujan. Proses pelatihan menunjukkan MSE terbaik 0,01223 dan korelasi kuat ( $R = 0,845$ ), dengan konvergensi yang efisien tanpa overfitting.
2. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk menambah data historis curah hujan, menggabungkan model hibrida dengan teknik lain, dan menerapkan deep learning seperti CNN atau RNN untuk meningkatkan ketepatan dan kompleksitas prediksi curah hujan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Z. I., Nur, I. M., & Fauzi, F. (2020). Artificial Neural Network Untuk Memprediksi Curah Hujan Di Kota Padang Dengan Metode Backpropagation dan Adaline.
- Aprianto, R., & Puspitasari, P. (2020). Prediksi Curah Hujan Bulanan Tahun 2020 Kabupaten Sumbawa Menggunakan Artificial Neural Network (ANN) Back Propagation. *Prosiding Seminar Nasional IPPeMas 2020 Inovasi Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat dalam Menunjang Era Industri 4.0*, 622–628.
- Apriyanto, A., Fitriyanto, S., & Nufus, H. (2024). Analisis Pola Musim Hujan dan Kemarau Berdasarkan Prediksi Curah Hujan Tahun 2024 Menggunakan *Artificial Neural Network (ANN)* di Kabupaten Sumbawa. *Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 16(1), 25–32.
- Astutik, V. T. (2017). *Peramalan Runut Waktu Curah Hujan Menggunakan Metode" SVR-ANT CO"*
- Basha, C. Z., Bhavana, N., & Bhavya, P. (2020, July). Rainfall prediction using machine learning & deep learning techniques. In *2020 international conference on electronics and sustainable communication systems (ICESC)* (pp. 92-97). IEEE.
- Chamidah, N., & Salamah, U. (2012). Pengaruh normalisasi data pada jaringan syaraf tiruan *backpropagasi gradient descent adaptive gain (BPGDAG)* untuk klasifikasi. *ITSMART: Jurnal Teknologi dan Informasi*, 1(1), 28-33.
- Darma, S., & Firzada, F. (2024). Pemanfaatan Algoritma Levenberg-Marquardt untuk Analisis Prediksi Presentase Penduduk yang Melakukan Pengobatan Sendiri. *Journal of computer system and informatics* 6(1), 386-395.
- Dzulkarnain, A., & Ma'ady, M. N. P. (2024). Teori dan Penerapan Backpropagation Neural Networks untuk Internet of Things: Online dan Batch Mode. *Jurnal SISFO Inspirasi Profesional Sistem Informasi* 11(1), 25-38

- Fitriyanti. (2022). Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dalam Prediksi Curah Hujan Bulanan di Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 11(1), 44–55.
- Frans, R., & Arfiadi, Y. (2024). PREDIKSI KUAT TEKAN BETON BERDASARKAN JARINGAN SARAF TIRUAN DAN MODEL REGRESI LINEAR BERGANDA. *Jurnal Konstruksi Teknik Sipil*, 1(3), 278-284.
- Gavin, H. P. (2019). The Levenberg-Marquardt algorithm for nonlinear least squares curve-fitting problems. *Department of Civil and Environmental Engineering Duke University August*, 3, 1-23.
- Ghozali, I. (2001). Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Han, J., Pei, J., & Tong, H. (2022). *Data mining: concepts and techniques*. Morgan kaufmann.
- Haykin, S. (1994). *Neural networks: a comprehensive foundation*. Prentice hall PTR.
- Herdhyanti, A., Muflikhah, L., & Cholissodin, I. (2022). Prediksi Curah Hujan dengan Empat Parameter menggunakan Backpropagation (Studi Kasus: Stasiun Meteorologi Ahmad Yani). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(12), 5862-5870
- Kusumadewi, S. (2004). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Graha Ilmu.
- Li, M. (2024). Comprehensive review of backpropagation neural networks. *Academic Journal of Science and Technology*, 9(1), 150-154.
- Parmar, A., Mistree, K., & Sompura, M. (2017, March). Machine learning techniques for rainfall prediction: A review. In *International conference on innovations in information embedded and communication systems* (Vol. 3, p. 6).
- Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Makassar. 2022. *Pedoman Penulisan Tugas Akhir (Skripsi)*. Universitas Atma Jaya, Makassar.
- Rácz, A., Bajusz, D., & Héberger, K. (2021). Effect of dataset size and train/test split ratios in QSAR/QSPR multiclass classification. *Molecules*, 26(4), 1111.
- Rojas, R. (1996). The backpropagation algorithm. In *Neural networks: a systematic introduction* (pp. 149-182). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Sihombing, P. R., Suryadiningrat, S., Sunarjo, D. A., & Yuda, Y. P. A. C. (2023). Identifikasi Data Outlier (Pencilan) dan Kenormalan Data Pada Data Univariat serta Alternatif Penyelesaiannya. *Jurnal Ekonomi Dan Statistik Indonesia*, 2(3), 307-31.
- Sinaga, D. (2020). Jaringan Saraf Tiruan Infeksi Mata Dengan Menggunakan Metode Berarsitektur Multi Layer Perceptron. *Jdan teknologi ilmiah (INTI) Jurnal Majalah Ilmiah Informasi*, 7(2), 189-192.
- Sutikno, I., Sukmawati, N. E., Priyo, S. S., Helmie, A. W., Indra, W., Nurdin, B., & Diah, P. D. (2016). Backpropagation dan Aplikasinya. *Ilmu Komput. Stud. Kasus dan Apl*, 135-146.
- Tjolleng, A. (2017). *Pengantar Pemrograman Matlab*. Elex Media Komputindo.
- Wijaya, A. H. (2019). Artificial Neural Network Untuk Memprediksi Beban Listrik dengan Menggunakan metode Backpropagation (Studi Kasus PT. PLN Regional Sumatera Barat). *Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 5(2), 61-70.
- Yoranda, D. H., Furqon, M. T., & Data, M. (2018). Prediksi Intensitas Curah Hujan Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(10), 3793-3801.

# REKAYASA PENGURAIAN KEPADATAN LALU LINTAS PADA SIMPANG TANPA SINYAL (STUDI KASUS: JALAN URIP SUMOHARJO, JALAN GUNUNG BAWAKARAENG, JALAN MASJID RAYA, DAN JALAN MACCINI BARU)

Juan Gilbert (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [juangilbert3500@gmail.com](mailto:juangilbert3500@gmail.com))  
Mursalim (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [mursalimmuddin62@gmail.com](mailto:mursalimmuddin62@gmail.com))  
Hendry Tanoto Kalangi (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [hkalangi@gmail.com](mailto:hkalangi@gmail.com))

Received: 28 Oktober 2025, Revised: 12 Desember 2025, Accepted: 12 Desember 2025

## ABSTRAK

Kepadatan lalu lintas pada simpang tanpa sinyal seringkali menyebabkan kemacetan dan menurunkan kinerja jaringan transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang persimpangan agar panjang antrian kendaraan dapat berkurang. Studi kasus dilakukan pada simpang Jalan Urip Sumoharjo, Jalan Gunung Bawakaraeng, Jalan Masjid Raya dan Jalan Maccini Baru. Jenis penelitian ini bersifat studi kasus dengan menggunakan metode kuantitatif. Penelitian dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan untuk mengumpulkan data geometrik persimpangan, volume lalu lintas, dan kecepatan lalu lintas. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan *software Vissim* dapat membantu merancang pengurangan kepadatan lalu lintas pada simpang tanpa sinyal. Ditemukan bahwa kepadatan lalu lintas yang tinggi, terutama pada jam puncak sore (menggunakan jalan masuk SPBU) adalah *Queue Counter 1* (Jalan Masjid Raya-Jalan Urip Sumoharjo) sepanjang 167 m dan pada *Queue Counter 2* (Jalan Masjid Raya-Jalan Gunung Bawakaraeng) sepanjang 262 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tipe jalan dari 4/2 D menjadi 6/2 D dapat mengurangi panjang antrian kendaraan. Dengan menggunakan fitur *Queue Counter* dalam *Software Vissim* adalah *Queue Counter 1* (Jalan Masjid Raya-Jalan Urip Sumoharjo) sepanjang 108 m dan pada *Queue Counter 2* (Jalan Masjid Raya-Jalan Gunung Bawakaraeng) sepanjang 182 m. Solusi ini dapat membantu mengurai kepadatan lalu lintas dan meningkatkan kinerja jaringan transportasi di daerah tersebut.

Kata Kunci: rekayasa lalu lintas, simpang tanpa sinyal, *software vissim* dan panjang antrian

## ABSTRACT

*Traffic density at junctions without signal often causes congestion and lowers the performance of the transportation network. This research aims to design intersections so that the length of vehicle queues can be reduced. The case study was conducted at the intersection of Urip Sumoharjo Street, Gunung Bawakaraeng Street, Masjid Raya Street and Maccini Baru Street. This type of research is a case study using methods namely quantitative. The research was carried out with direct observation in the field to collect geometric data of intersections, traffic volume, and traffic speed. The results of the analysis show that the use of vissim software can help design the reduction of traffic density at intersections without signal. It was found that the high traffic density, especially at peak hours in the afternoon (using the gas station entrance) is Queue Counter 1 (Masjid Raya Street-Urip Sumoharjo Street) as long as 167m and in Queue Counter 2 (Masjid Raya Street-Gunung Bawakaraeng Street) as long as 262m. Research results show that changing the road type from 4/2 D to 6/2 D can reduce the length of the vehicle queue. By using the Queue Counter feature in Vissim Software, Queue Counter 1 (Masjid Raya Street-Urip Sumoharjo Street) is 108m and Queue Counter 2 (Jalan Masjid Raya-Jalan Gunung Bawakaraeng) is 182m. This solution can help analyze traffic density and improve the performance of the transportation network in the area.*

*Keywords: traffic engineering, intersection without signal, vissim software and queue length*

## PENDAHULUAN

Kepadatan lalu lintas di daerah perkotaan dikarenakan semua kegiatan yang dilakukan oleh masyarakat selalu menggunakan kendaraan ditambah lagi dengan meningkatnya jumlah populasi. Fungsi utama dari sebuah persimpangan adalah memungkinkan perpindahan atau perubahan arah dalam perjalanan. Persimpangan memegang peranan penting dalam jaringan jalan raya, karena efektivitasnya, keselamatan, laju, biaya operasional, serta kapabilitas jalan raya sangat dipengaruhi oleh bagaimana persimpangan

tersebut dirancang dan diatur. Variasi kecepatan dan pola pergerakan dari berbagai jenis angkutan menimbulkan gangguan di simpang jalan, seperti terjadinya penundaan yang signifikan, yang akhirnya menyebabkan kemacetan. Selain itu, keberadaan lingkungan komersial serta hambatan samping di sekitar persimpangan turut memperburuk kondisi tersebut.

### Karakteristik Lalu Lintas

#### 1) Parameter Makroskopis

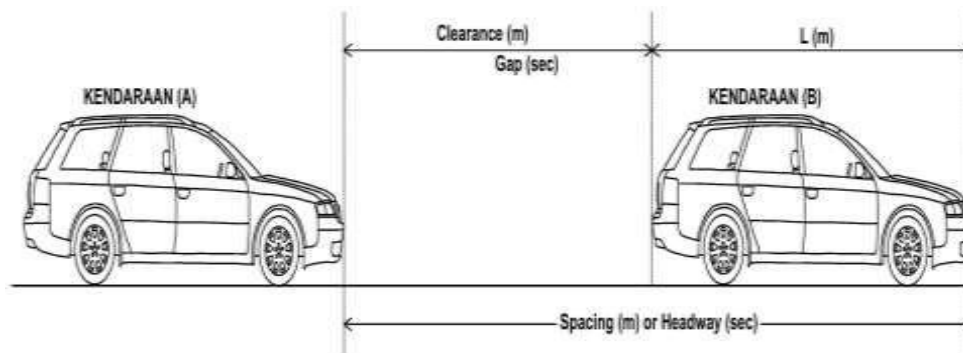
Parameter makroskopis adalah parameter yang menunjukkan arus lalu lintas sebagai suatu kesatuan (*system*), memberikan gambaran umum tentang cara kerja sistem. Parameter makroskopis terbagi menjadi tiga yaitu:

- a) Volume Kendaraan Lalu Lintas;
- b) Kecepatan Lalu Lintas;
- c) Kepadatan lalu Lintas.

#### 2) Parameter Mikroskopis

Pendekatan lalu lintas secara mikroskopis adalah parameter yang mencirikan perilaku setiap kendaraan dalam arus lalu lintas yang saling mempengaruhi. Memahami parameter-parameter ini sangat penting untuk mengevaluasi respon kendaraan dalam berlalu lintas di jalan raya, serta untuk merancang strategi pengelolaan lalu lintas yang lebih efektif.

- a) *Spacing & Headway*;
- b) *Lane Occupancy*;
- c) *Clearance & Gap*;



Gambar 1. Sketsa *Spacing and Headway* dan *Clearance and Gap*

### Simpang

Berdasarkan MKJI (1997), adalah daerah pertemuan dua atau lebih ruas jalan, bergabung, berpotongan atau bersilang. Untuk mengendalikan konflik ini ditetapkan aturan lalu lintas untuk menetapkan siapa saja yang mempunyai hak terlebih dahulu untuk menggunakan persimpangan tersebut.

### Kemacetan Lalu Lintas

Menurut MKJI (1997), kemacetan adalah kondisi di mana arus lalu lintas yang melewati suatu ruas jalan melebihi kapasitas yang direncanakan, sehingga kecepatan kendaraan mendekati 0 km/jam dan menyebabkan antrian. Saat kemacetan terjadi, derajat kejenuhan pada ruas jalan akan mencapai lebih dari 0,5. Ketika arus lalu lintas mendekati kapasitas, kemacetan mulai muncul dan semakin meningkat ketika kendaraan bergerak sangat berdekatan satu sama lain. Kemacetan ini dapat muncul akibat peningkatan jumlah kendaraan yang melebihi kapasitas jalan, yang sering kali disebabkan oleh berbagai faktor.

### Volume Lalu Lintas

Menurut PKJI (2023), nilai volume lalu lintas ( $Q$ ) mencerminkan komposisi lalu lintas dengan menyatakan volume atau arus dalam satuan mobil penumpang (*smp*). Semua nilai arus lalu lintas, baik per arah maupun total, dikonversi menjadi satuan mobil penumpang dengan menggunakan ekuivalensi mobil penumpang (*EMP*) yang diturunkan secara empiris.

- 1) Mobil Penumpang (MP) meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobus, *pick-up*, dan truk kecil.
- 2) Kendaraan Sedang (KS) meliputi: truk dan bus.
- 3) Sepeda motor (SM) meliputi: kendaraan bermotor roda 2 dan 3

4) Kendaraan tak bermotor (KTB) meliputi: kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan termasuk sepeda, becak, kereta kuda dan gerobak/kereta dorong. Untuk nilai ekivalensi mobil penumpang (emp) jalan kota dan bukan jalan kota dapat kita lihat perbandingannya pada tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1.** Ekivalen Kendaraan Ringan untuk Tipe Jalan 2/2TT

Tipe Jalan	Arus Lalu Lintas Total Dua Arah (Kend/jam)	EMP		
		KS	SM	
			Lebar Jalur Lalu Lintas, $L_{Jalur}$	
			$\leq 6m$	$> 6m$
2/2TT	$< 1800$	1,3	0,5	0,4
	$\geq 1800$	1,2	0,35	0,25

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

**Tabel 2.** Ekivalen Kendaraan Ringan untuk Jalan Terbagi dan Satu Arah

Tipe Jalan	Volume Lalu Lintas per Lajur (kend/jam)	EMP	
		KS	SM
4/2-T atau 2/1T	$< 1050$	1,3	0,40
	$\geq 1050$	1,2	0,25
6/2-T atau 3/1	$< 1100$	1,3	0,40
8/2-T atau 4/1	$\geq 1100$	1,2	0,25

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

**Kinerja Ruas Jalan**

Menurut MKJI, (1997) pengukuran yang dilakukan untuk menilai apakah suatu ruas jalan berfungsi dengan baik atau tidak biasanya dikenal sebagai kinerja ruas jalan. Banyak faktor yang berdampak pada penilaian tingkat pelayanan ruas jalan, di antaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Hambatan Samping;
- 2) Penetapan Kapasitas;
- 3) Kapasitas dasar ( $C_0$ );
- 4) Faktor Penyesuaian (FC);
- 5) Derajat Kejenuhan.

**Simulasi Lampu Lalu Lintas Berbasis PTV Vissim**

1) *PTV Vissim*

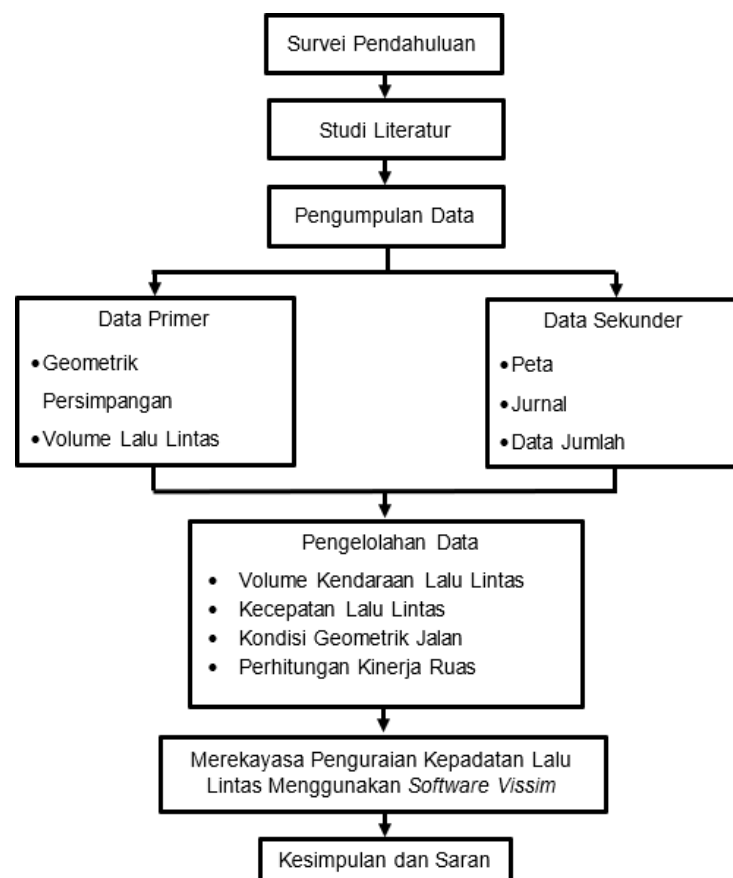
*Vissim* adalah perangkat lunak simulasi lalu lintas yang dirancang untuk berbagai keperluan rekayasa lalu lintas, perencanaan transportasi, pengaturan waktu sinyal, angkutan umum, serta perencanaan kota. Pengguna *Vissim* dapat memodelkan berbagai perilaku pengguna jalan dan konfigurasi geometrik dalam sistem transportasi. Dengan ini, *Vissim* mendukung analisis mendalam terhadap interaksi antar pengguna jalan dan membantu dalam perencanaan infrastruktur transportasi yang lebih efisien.



**Gambar 2.** Contoh Model Simulasi Lalu Lintas Vissim secara Visual

- 2) Jenis, Kelas dan Kategori Kendaraan  
*Vissim* menyediakan enam kelas dan kategori kendaraan yang mencakup *Car*, *HGV*, *Bus*, *Tram*, *Pedestrian*, dan *Bike*. Dengan demikian, jenis kendaraan yang ada di lapangan sejalan dengan yang tersedia di *Vissim*, memungkinkan simulasi lalu lintas yang realistis dan sesuai dengan kondisi nyata.
- 3) Parameter Kalibrasi *Vissim*  
Menurut Saputra (2016), di dalam program *PTV Vissim* terdapat berbagai parameter bawaan yang digunakan sebagai dasar untuk memilih sejumlah patokan yang memenuhi karakteristik jalan raya yang bervariasi di Indonesia. Pemilihan parameter ini bertujuan agar pemodelan yang dihasilkan dapat mencerminkan kondisi nyata di lapangan.
- 4) Kecepatan Terhadap Kendaraan  
Kecepatan kendaraan dalam *Vissim* didefinisikan sebagai jarak yang dapat ditempuh oleh kendaraan pada suatu ruas jalan dalam satuan waktu tertentu. Dalam perangkat lunak ini, distribusi kecepatan setiap jenis kendaraan dapat disesuaikan dengan situasi yang realistis memakai cara menginput informasi laju angkutan terendah dan tertinggi, serta jumlah yang sebanding. Selain itu, *Vissim* juga memungkinkan penyesuaian akselerasi dan deselerasi angkutan untuk meningkatkan efisiensi setiap macam angkutan yang dimodelkan.
- 5) Panjang Antrian  
Menurut Irawan dan Putri (2015), panjang antrian adalah jumlah kendaraan yang terakumulasi di salah satu cabang persimpangan akibat adanya gangguan. Pengukuran kepadatan antrean mulai digaris berhenti pada setiap ruas jalan sampai angkutan yang paling belakang yang terhenti pada barisan angkutan.
- 6) Konsepsi Kalibrasi dan Validasi Model Simulasi  
Menurut Irawan dan Putri (2015), kalibrasi dalam *Vissim* adalah proses untuk menentukan nilai-nilai parameter yang sesuai agar model dapat mereplikasi kondisi lalu lintas dengan seakurat mungkin. Proses ini dilakukan dengan mengacu pada perilaku pengemudi dan merujuk pada penelitian sebelumnya yang mengkaji kalibrasi serta validasi model simulasi menggunakan perangkat lunak *PTV Vissim*.

## METODOLOGI PENELITIAN

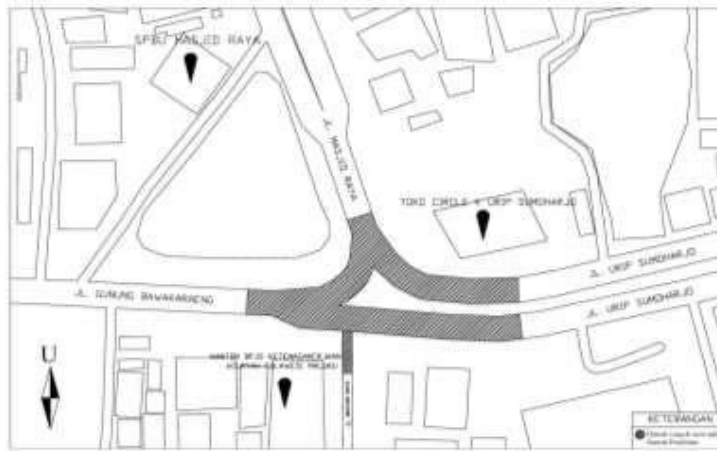


**Gambar 3.** Prosedur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

## 1. Objek Pengamatan

Pengamatan ini dilakukan untuk mengumpulkan data mengenai rekayasa penguraian kepadatan lalu lintas di persimpangan Jalan Urip Sumoharjo, Jalan Masjid Raya, Jalan Maccini Baru dan Jalan Gunung Bawakaraeng di kota Makassar, Kecamatan Bontoala, Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 4. Tampak Atas Lokasi Penelitian

## a. Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas dapat dilihat pada tabel dibawah, sebagai berikut:

Tabel 3. Volume Lalu Lintas

Nama Jalan	Jam Puncak (smp/jam)		
	Pagi	Siang	Sore
Jl. Masjid Raya	2665	1969	2950
Jl. Urip Sumoharjo (B-T)	1735	1157	1880
Jl. Urip Sumoharjo (T-B)	2031	1266	2232
Jl. Gunung Bawakaraeng	3281	2297	3726
Jl. Maccini Baru	714	397	828

## b. Kecepatan Lalu Lintas

Hasil dari data kecepatan lalu lintas dan rata-rata kecepatan volume lalu lintas dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4. Data Kecepatan Sepeda Motor

No	Panjang (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan (km/jam)
1	100	32	3,13	11,25
2	100	25	4,00	14,40
3	100	33	3,03	10,91
4	100	42	2,38	8,57
5	100	40	2,50	9,00
6	100	32	3,13	11,25
7	100	30	3,33	12,00
8	100	47	2,13	7,66
9	100	39	2,56	9,23
10	100	40	2,50	9,00
Rata-Rata			2,87	10,33

Tabel 5. Data Kecepatan Mobil Penumpang

No	Panjang (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan (km/jam)
1	100	50	2,00	7,20
2	100	39	2,56	9,23
3	100	39	2,56	9,23
4	100	59	1,69	6,10
5	100	56	1,79	6,43
6	100	46	2,17	7,83
7	100	42	2,38	8,57
8	100	59	1,69	6,10
9	100	61	1,64	5,90
10	100	72	1,39	5,00
<b>Rata-Rata</b>			<b>1,99</b>	<b>7,16</b>

Tabel 6. Data Kecepatan Kendaraan Sedang

No	Panjang (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan (km/jam)
1	100	55	1,82	6,55
2	100	58	1,72	6,21
3	100	44	2,27	8,18
4	100	62	1,61	5,81
5	100	46	2,17	7,83
6	100	49	2,04	7,35
7	100	66	1,52	5,45
8	100	62	1,61	5,81
9	100	45	2,22	8,00
10	100	72	1,39	5,00
<b>Rata-Rata</b>			<b>1,84</b>	<b>6,62</b>

Tabel 7. Data Kecepatan Kendaraan Tak Bermotor

No	Panjang (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan (km/jam)
1	100	51	1,96	7,06
2	100	61	1,64	5,90
3	100	68	1,47	5,29
4	100	63	1,59	5,71
5	100	52	1,92	6,92
6	100	55	1,82	6,55
7	100	65	1,54	5,54
8	100	61	1,64	5,90
9	100	72	1,39	5,00
10	100	75	1,33	4,80
<b>Rata-Rata</b>			<b>1,63</b>	<b>5,87</b>

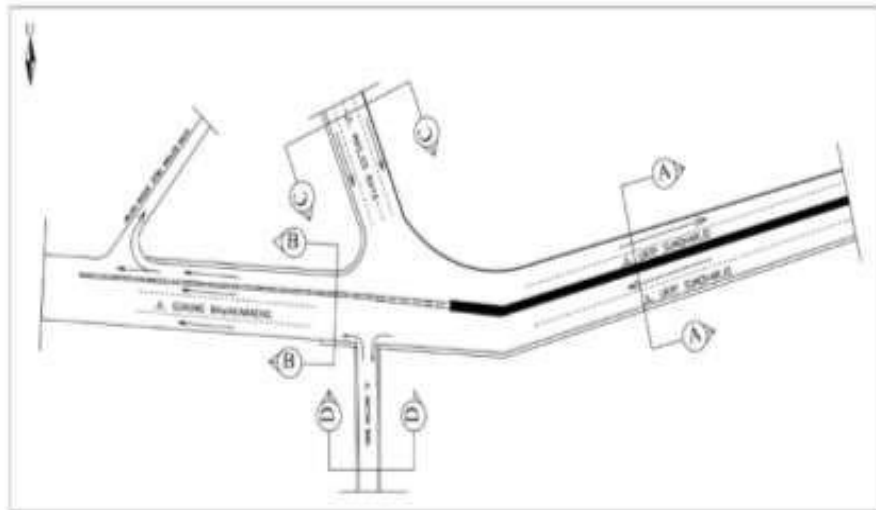
c. **Kondisi Eksisting**

Kondisi eksisting sangat memengaruhi perancangan simpang tak bersinyal. Data yang diperoleh selama 14 hari pengamatan menunjukkan nilai kapasitas (C) yang berbeda-beda di setiap ruas jalan yang diamati.

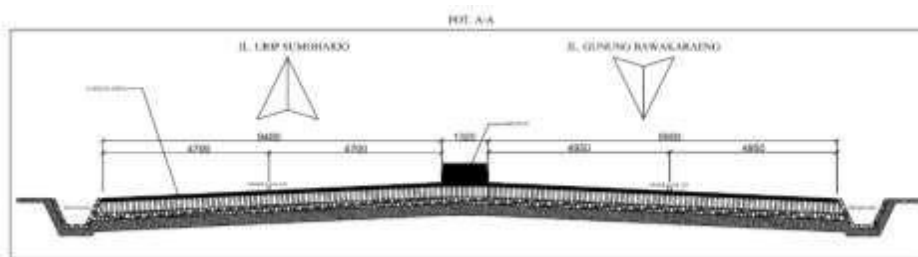
2. Rekayasa Persimpangan  
 a. Hasil Rekayasa PTV Vissim  
 1) Rekayasa Alternatif 1

Tabel 14. Hasil Simulasi pada Rekayasa Alternatif 1

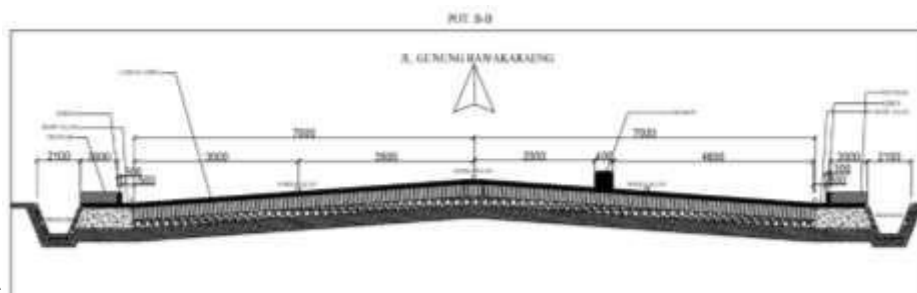
Fase	Jenis Kendaraan				Total
	SM	MP	KS	KTB	
1	5092	1596	44	24	6756
2	3808	1332	36	28	5204
3	1144	304	12	16	1472
<b>Queue Counter</b>		<b>Panjang Kemacetan (m)</b>			
Queue Length 1		157 m			
Queue Length 2		229 m			



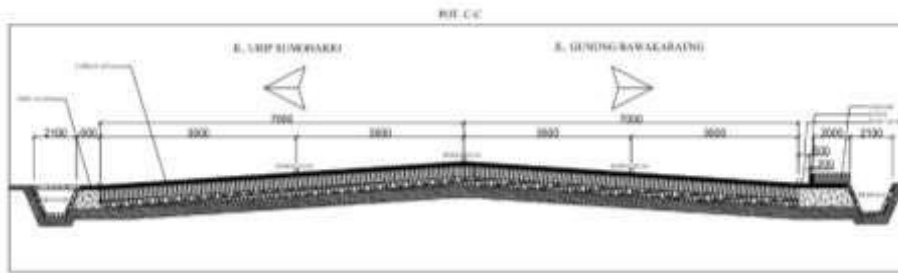
Gambar 10. Sketsa Rekayasa Alternatif 1



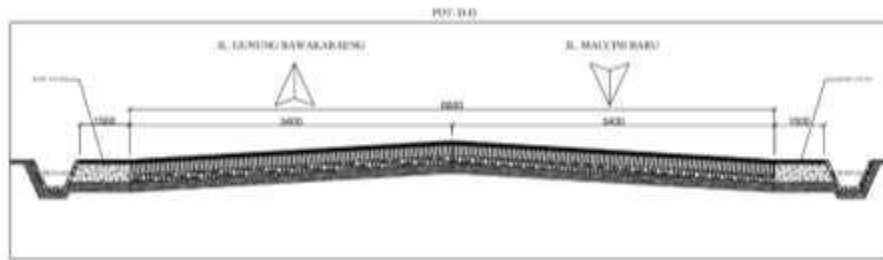
Gambar 11. Tampak Potongan A-A Rekayasa Alternatif 1



Gambar 12. Tampak Potongan B-B Rekayasa Alternatif 1



Gambar 13. Tampak Potongan C-C Rekayasa Alternatif 1

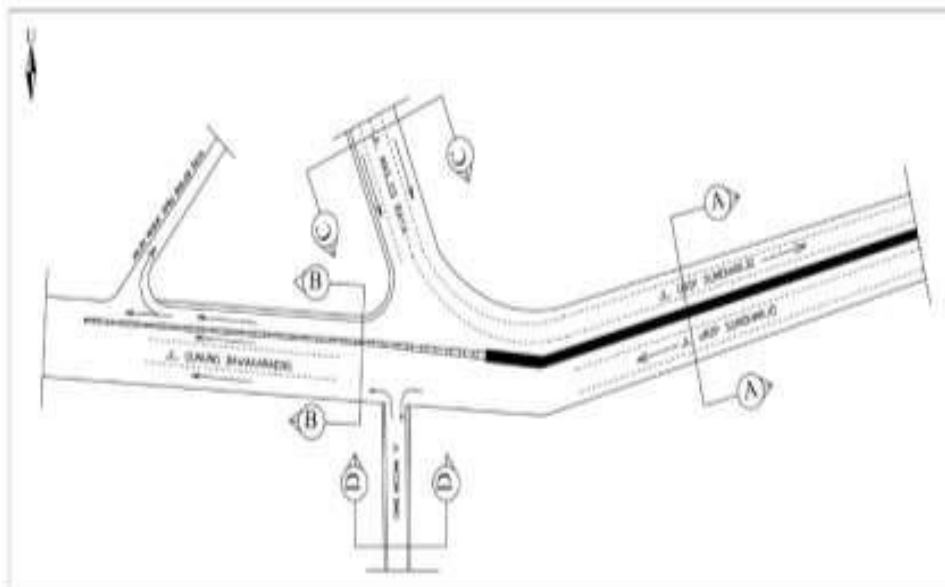


Gambar 14. Tampak Potongan D-D Rekayasa Alternatif 1

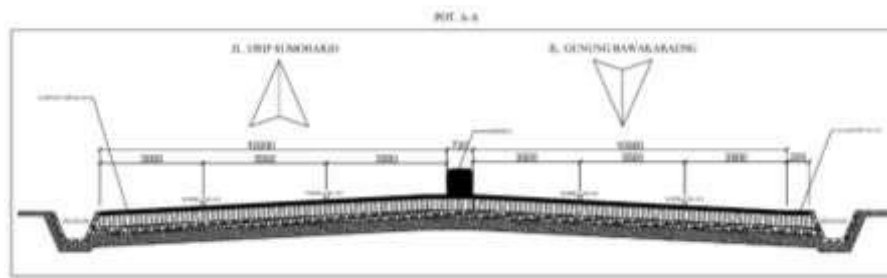
2) Rekayasa Alternatif 2

Tabel 15. Hasil Simulasi pada Rekayasa Alternatif 2

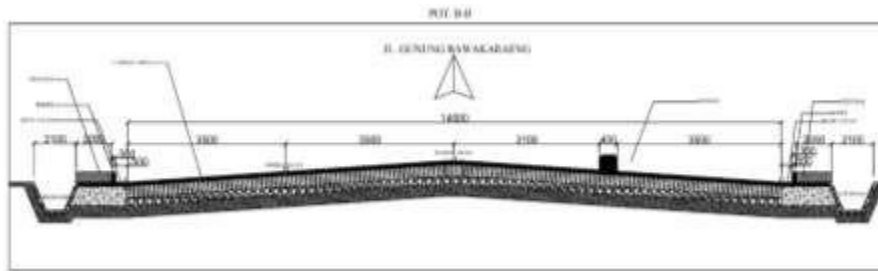
Fase	Jenis Kendaraan				Total
	SM	MP	KS	KTB	
1	5092	1596	44	24	6756
2	3808	1332	36	28	5204
3	1144	304	12	16	1472
<b>Queue Counter</b>			<b>Panjang Kemacetan (m)</b>		
Queue Length 1			108 m		
Queue Length 2			182 m		



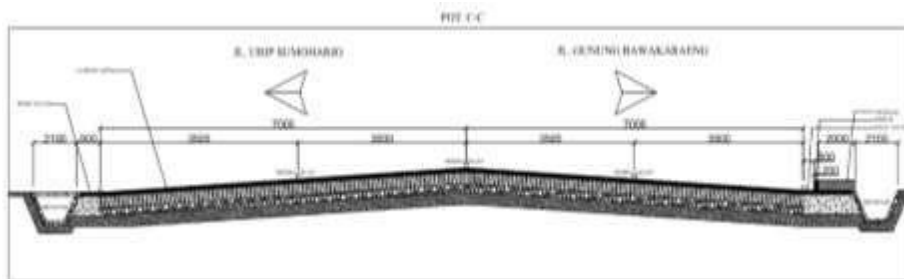
Gambar 15. Sketsa Rekayasa Alternatif 2



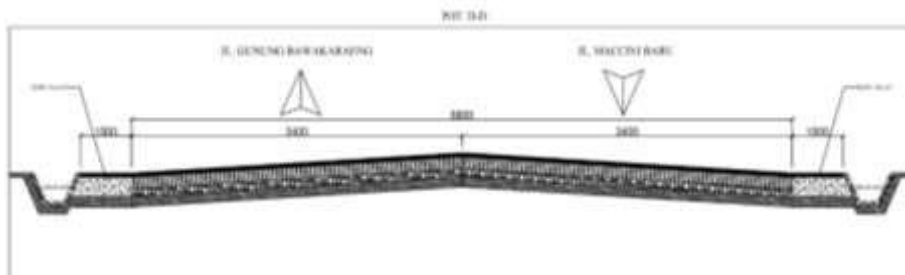
Gambar 16. Tampak Potongan A-A Rekayasa Alternatif 2



Gambar 17. Tampak Potongan B-B Rekayasa Alternatif 2



Gambar 18. Tampak Potongan C-C Rekayasa Alternatif 2



Gambar 19. Tampak Potongan D-D Rekayasa Alternatif 2

3) Hasil Kalibrasi dan Validasi Model *Vissim*

Tabel 16. Kalibrasi Software *Vissim*

Parameter		
<i>Following</i>	<i>Default</i>	<i>Trial</i>
<i>Number of interaction object</i>	4	7
<i>Number of interaction vehicle</i>	99	10
<i>Car Following Model</i>		
	<i>Default</i>	<i>Trial</i>
<i>Average standstill distance (SM &amp; KTB)</i>	2	0,30
<i>Additive part of safety distance (SM &amp; KTB)</i>	2	0,45

<i>Multiplic part of safety distance (SM &amp; KTB)</i>	3	0,60
<i>Average standstill distance (MP)</i>	2	0,35
<i>Additive part of safety distance (MP)</i>	2	0,50
<i>Multiplic part of safety distance (MP)</i>	3	0,75
<i>Average standstill distance (KS)</i>	2	0,45
<i>Additive part of safety distance (KS)</i>	2	0,60
<i>Multiplic part of safety distance (KS)</i>	3	1
<b>Lane Change</b>	<b>Default</b>	<b>Trial</b>
<i>Max. deceleration</i>	4 - 3	0,8 - 0,6
<i>1m/s2 per distance</i>	100 - 100	10 - 5
<i>Accepted deceleration</i>	1 - 1	0,50 - 0,50
<i>Min. clearance (front/rear)</i>	0,50	1,20
<i>Safety distance reduction factor</i>	0,60	1
<i>Max. deceleration for cooperative breaking</i>	3	0,45
<b>Lateral</b>	<b>Default</b>	<b>Trial</b>
<i>Observe adjacent lane</i>	Off	On
<i>Consider next turn</i>	Off	On
<i>Overtake same lane (left &amp; right)</i>	Off	On
<i>Distance standing (SM &amp; KTB)</i>	0,20	0,15
<i>Distance driving (SM &amp; KTB)</i>	1	0,45
<i>Distance standing (MP)</i>	0,20	0,35
<i>Distance driving (MP)</i>	1	0,50
<i>Distance standing (KS)</i>	0,20	0,45
<i>Distance driving (KS)</i>	1	0,60

Rumus GEH dapat dilihat dalam persamaan berikut:

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observasi})^2}{0,5 \times (q_{simulated} + q_{observasi})}} \dots\dots\dots 3$$

Keterangan:

- $q_{simulated}$  : Data Simulasi
- $q_{observasi}$  : Data Observasi

Rumus MAPE dilihat dalam persamaan pada halaman berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|}{n} \times 100\% \dots\dots\dots 4$$

Keterangan:

- $A_t$  : Data Simulasi
- $F_t$  : Data Observasi
- $n$  : Jumlah Data

**Tabel 17.** Hasil Uji Validasi *GEH* dan *MAPE*

<b>Parameter</b>	<b>Observasi</b>	<b>Model Vissim</b>	<b>Geh</b>	<b>Mape</b>
Volume	13436	13021	3,61	3,09%
Kecepatan	7,49	4,87	1,05	34,98%



Gambar 20. Perbandingan Data Observasi dan Simulasi

Tabel 18. Perbandingan Antara Hasil Eksisting dan Rekayasa Alternatif

Permodelan	Queue Counter	
	Queue Length 1	Queue Length 2
Eksisting Sore (+)	167m	262m
Rekayasa Alternatif 1	157m	229m
Rekayasa Alternatif 2	108m	182m

**SIMPULAN**

Hasil penelitian yang telah dilakukan pada persimpangan tak bersinyal Jalan Masjid Raya, Jalan Urip Sumoharjo, Jalan Gunung Bawakaraeng dan Jalan Maccini Baru maka dapat disimpulkan:

- b. Berdasarkan data yang dikumpulkan di lapangan dan hasil simulasi, panjang antrian yang diperoleh dari fitur *Queue Counter* dalam perangkat lunak *Vissim* pada jam puncak sore (menggunakan jalan masuk SPBU) adalah 167 meter pada *Queue Counter* 1 dan 262 meter pada *Queue Counter* 2.
- c. Berdasarkan perhitungan dari rekayasa alternatif 1, yaitu pelebaran jalan dan perpanjangan median, panjang antrian terpendek yang ditunjukkan oleh fitur *Queue Counter* dalam perangkat lunak *Vissim* adalah 157 meter pada *Queue Counter* 1 dan 229 meter pada *Queue Counter* 2.
- d. Berdasarkan perhitungan dari rekayasa alternatif 2, yaitu perubahan tipe jalan dari 4/2 D menjadi 6/2 D dan perpanjangan median, panjang antrian terpendek yang ditunjukkan oleh fitur *Queue Counter* dalam perangkat lunak *Vissim* adalah 108 meter pada *Queue Counter* 1 dan 182 meter pada *Queue Counter* 2.
- e. Solusi rekayasa alternatif kedua dinilai paling efektif dalam menangani kemacetan lalu lintas pada persimpangan tak bersinyal dibandingkan dengan rekayasa alternatif lainnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Fonso, Robin. 2022. *Rekayasa Penguraian Kepadatan Lalu Lintas Pada Persimpangan*. Skripsi, Universitas Atma Jaya Makassar.
- Hobbs, F. D. 1995. *Perencanaan dan teknik lalu lintas*, edisi kedua. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Irawan, M. Z., dan Putri, N. H. 2015. *Kalibrasi VISSIM Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta)*. Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda, Yogyakarta.
- Irwanto, Dwychy. 2023. *Rekayasa Penguraian Kepadatan Lalu Lintas Pada Simpang Tiga Tak Bersinyal*. Skripsi, Universitas Atma Jaya Makassar.
- Khisty, C. J. dan Lall, B.K. 2015. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi, Edisi Ketiga*. Erlangga, Jakarta.
- Morlock, E. K. 1998. *Pengantar teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga, Jakarta.
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14. 2006. *Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Di Jalan*.
- Prima, J. Rmadhona. Tsaqif, N, I. Dika Prasetyo. 2019. *Aplikasi Permodelan Lalu Lintas PTV Vissim 9.0*. UII Press Yogyakarta.
- Saodang, Hamirhan 2004. *Konstruksi Jalan Raya Buku 1 Geometrik Jalan*, Nova, Bandung.
- Saputra, M. A. 2016. *Evaluasi Kinerja Simpang Empat Palembang*. Palembang.
- Sugiyanto, G. 2011. *Permodelan Biaya Kemacetan Pengguna Mobil Pribadi Di Kawasan Pusat Perkotaan*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods)*. Bandung. Alfabeta.
- Sukirman, S. 1994. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Nova. Bandung.
- Tamin, C. Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi Kedua, Penerbit ITB, Bandung.
- Winarto. 2016. *Analisis Simpang Bersinyal menggunakan Software VISSIM*. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

# ANALISIS DEFORMASI DAN GAYA-GAYA DALAM BALOK TRANSFER PADA METODE KONSTRUKSI BERTAHAP UNTUK BANGUNAN GEDUNG TINGGI

Dipasanto Aditung (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [dipasanto.mks96@gmail.com](mailto:dipasanto.mks96@gmail.com))

Jonie Tanijaya (Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, [jonie.tanijaya@gmail.com](mailto:jonie.tanijaya@gmail.com))

Hendry Tanoto Kalangi (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [hkalanqi73@gmail.com](mailto:hkalanqi73@gmail.com))

Received : 29 Oktober 2025, Revised : 13 Desember 2025, Accepted : 13 Desember 2025

## ABSTRAK

Metode konstruksi bertahap digunakan untuk merencanakan urutan pelaksanaan konstruksi serta menganalisis pengaruhnya terhadap kinerja struktur bangunan. Penelitian ini mengkaji pengaruh penggunaan balok transfer terhadap deformasi dan gaya dalam pada gedung bertingkat tinggi dengan membandingkan metode konvensional dan metode konstruksi bertahap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan defleksi maksimum pada bangunan tanpa balok transfer sebesar 92%, sedangkan pada bangunan dengan balok transfer sebesar 169%. Peningkatan momen maksimum masing-masing sebesar 54% dan 66%, gaya normal maksimum sebesar 42% pada kedua model, serta gaya geser sebesar 50% pada bangunan tanpa balok transfer dan 61% pada bangunan dengan balok transfer. Secara umum, bangunan dengan balok transfer mengalami peningkatan defleksi dan gaya dalam yang lebih besar dibandingkan bangunan tanpa balok transfer.

Kata Kunci: Metode Konstruksi Bertahap, gedung bertingkat tinggi, balok transfer, deformasi, gaya-gaya dalam

## ABSTRACT

*The construction sequence analysis method is used to plan the order of construction and evaluate its effects on the structural performance of buildings. This study investigates the influence of transfer beams on deformation and internal forces in high-rise buildings by comparing the conventional method with the staged construction method. Structural modeling was carried out using ETABS software with load data and load combinations based on SNI 1727:2020 and response spectrum analysis based on SNI 1726:2019. The results show that the maximum deflection increased by 92% in buildings without transfer beams and by 169% in buildings with transfer beams. The maximum moment increased by 54% and 66%, respectively. The maximum normal force increased by 42% in both models, while the shear force increased by 50% in buildings without transfer beams and by 61% in buildings with transfer beams. Overall, buildings with transfer beams experience greater increases in deflection and internal forces compared to buildings without transfer beams.*

*Keywords: Construction Sequence Analysis, highrise building, transfer beam, deformation, internal forces*

## PENDAHULUAN

Metode analisis struktur konvensional umumnya mengasumsikan bahwa struktur telah selesai dibangun dan semua beban bekerja secara bersamaan. Asumsi ini dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam memprediksi deformasi dan distribusi gaya dalam, terutama pada bangunan tinggi yang kompleks dan memiliki elemen seperti balok transfer. Oleh karena itu, analisis metode konstruksi bertahap diperlukan untuk menggambarkan perilaku struktur secara lebih realistis selama proses pembangunan hingga kondisi akhir. Metode ini memperhitungkan akumulasi deformasi dan perubahan gaya pada setiap tahap konstruksi. Penelitian yang secara khusus membahas pengaruh balok transfer dalam metode konstruksi bertahap terhadap deformasi dan gaya dalam masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan balok transfer pada gedung bertingkat tinggi beton bertulang dengan menggunakan metode konstruksi bertahap.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Pemodelan Struktur Gedung dan Penentuan Pembebanan

Tahap awal penelitian ini adalah merancang dua model gedung bertingkat tinggi, yaitu model dengan balok transfer dan model tanpa balok transfer. Kedua model kemudian dimodelkan menggunakan ETABS v20 dengan memasukkan elemen struktur seperti kolom, balok, dan pelat lantai. Setelah model selesai, ditentukan jenis beban dan kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisis.

**Input Simulasi Konstruksi Bertahap (Construction Sequence Analysis)**

Selanjutnya, metode konstruksi bertahap akan diaktifkan menggunakan ETABS 20 untuk mensimulasikan proses pengerjaan elemen-elemen struktural. Tahapan yang akan dilakukan dalam simulasi ini berupa setiap penambahan lantai gedung.

**Analisis Hasil Simulasi**

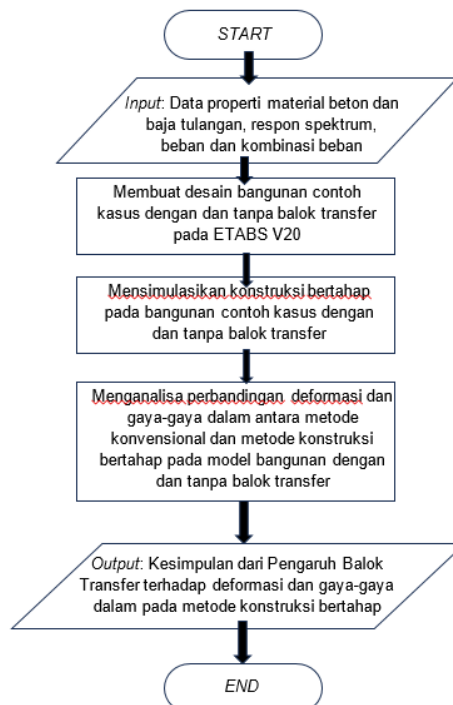
Setelah proses simulasi, langkah berikutnya adalah menganalisis hasil yang diperoleh dari aplikasi perangkat lunak ETABS v20. Beberapa hal yang akan dianalisis meliputi:

- 1) Distribusi beban maksimum pada elemen struktur dengan metode konvensional dan metode konstruksi bertahap pada model bangunan dengan dan tanpa penggunaan balok transfer pada bangunan.
- 2) Gaya-gaya dalam maksimum pada elemen struktur dengan metode konvensional dan metode konstruksi bertahap pada model bangunan dengan dan tanpa penggunaan balok transfer.

**Evaluasi Hasil Analisis**

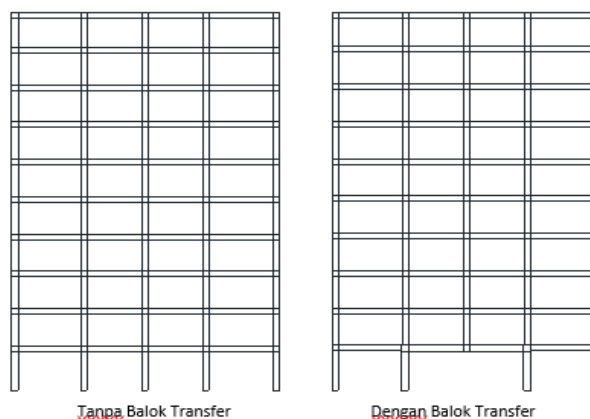
Setelah analisis selesai, hasil simulasi dievaluasi untuk membandingkan deformasi dan gaya-gaya dalam maksimum antara metode konvensional dan metode konstruksi bertahap pada bangunan dengan dan tanpa balok transfer..

**Diagram Alir Penelitian**



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

**Tampak Depan Bangunan Contoh**



**Gambar 2.** Tampak Depan Bangunan Contoh

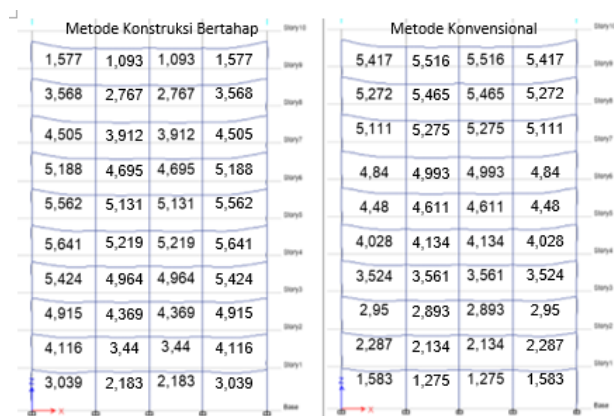
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Defleksi**

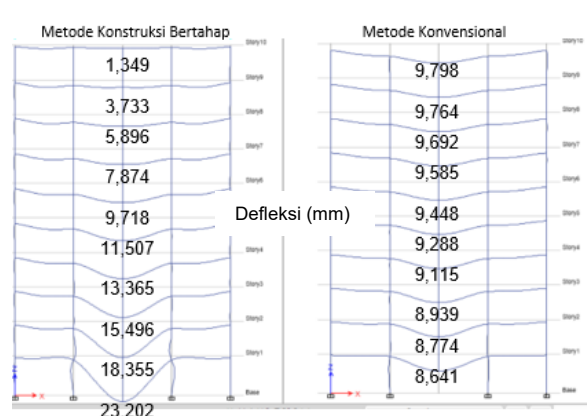
Berdasarkan Tabel 1, pada bangunan tanpa balok transfer, defleksi hasil analisis metode konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan metode konvensional. Defleksi pada balok B38 dan B39 meningkat sebesar 71%, sedangkan pada balok B37 dan B40 meningkat sebesar 92%. Namun, mulai dari balok lantai 8 terjadi penurunan defleksi pada metode konstruksi bertahap. Penurunan terbesar terjadi pada balok atap B38 dan B39 dengan persentase sebesar 80%.

Berdasarkan Tabel 2, pada bangunan dengan balok transfer, defleksi hasil metode konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan metode konvensional. Peningkatan deformasi terbesar terjadi pada Joint 1 sebesar 169%. Namun, mulai dari Joint 7 terjadi penurunan defleksi, dengan penurunan terbesar pada Joint 10 sebesar 86%.

Hasil analisis menunjukkan bahwa bangunan dengan balok transfer mengalami perubahan defleksi (peningkatan maupun penurunan) dengan persentase lebih besar dibandingkan bangunan tanpa balok transfer.



**Gambar 3.** Defleksi Bangunan Tanpa Balok Transfer



**Gambar 4.** Defleksi Bangunan Dengan Balok Transfer

**Tabel 1.** Defleksi Maksimum Contoh Bangunan Tanpa Balok Transfer

No.	Lantai	Kode Elemen	Defleksi Maksimum(mm)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	2	B37	3,039	1,583	92%
2	2	B38	2,183	1,275	71%
3	2	B39	2,183	1,275	71%
4	2	B40	3,039	1,583	92%
5	3	B37	4,116	2,287	80%
6	3	B38	3,44	2,134	61%
7	3	B39	3,44	2,134	61%
8	3	B40	4,116	2,287	80%
9	4	B37	4,915	2,95	67%
10	4	B38	4,369	2,893	51%
11	4	B39	4,369	2,893	51%
12	4	B40	4,915	2,95	67%
13	5	B37	5,424	3,524	54%
14	5	B38	4,964	3,561	39%
15	5	B39	4,964	3,561	39%
16	5	B40	5,424	3,524	54%
17	6	B37	5,641	4,028	40%
18	6	B38	5,219	4,134	26%
19	6	B39	5,219	4,134	26%
20	6	B40	5,641	4,028	40%
21	7	B37	5,562	4,48	24%
22	7	B38	5,131	4,611	11%
23	7	B39	5,131	4,611	11%
24	7	B40	5,562	4,48	24%
25	8	B37	5,188	4,84	7%
26	8	B38	4,695	4,993	-6%
27	8	B39	4,695	4,993	-6%
28	8	B40	5,188	4,84	7%
29	9	B37	4,505	5,111	-12%
30	9	B38	3,912	5,275	-26%
31	9	B39	3,912	5,275	-26%
32	9	B40	4,505	5,111	-12%
33	10	B37	3,568	5,272	-32%
34	10	B38	2,767	5,465	-49%
35	10	B39	2,767	5,465	-49%
36	10	B40	3,568	5,272	-32%
37	Atap	B37	1,577	5,417	-71%
38	Atap	B38	1,093	5,516	-80%
39	Atap	B39	1,093	5,516	-80%
40	Atap	B40	1,577	5,417	-71%

**Tabel 2.** Defleksi Maksimum Contoh Bangunan Dengan Balok Transfer

No.	Nama Joint	Defleksi Maksimum(mm)		Perbandingan
		Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	Joint 1	23,202	8,641	169%
2	Joint 2	18,355	8,774	109%
3	Joint 3	15,496	8,939	73%
4	Joint 4	13,365	9,115	47%
5	Joint 5	11,507	9,288	24%
6	Joint 6	9,718	9,448	3%
7	Joint 7	7,874	9,585	-18%
8	Joint 8	5,896	9,692	-39%
9	Joint 9	3,733	9,764	-62%
10	Joint 10	1,349	9,798	-86%

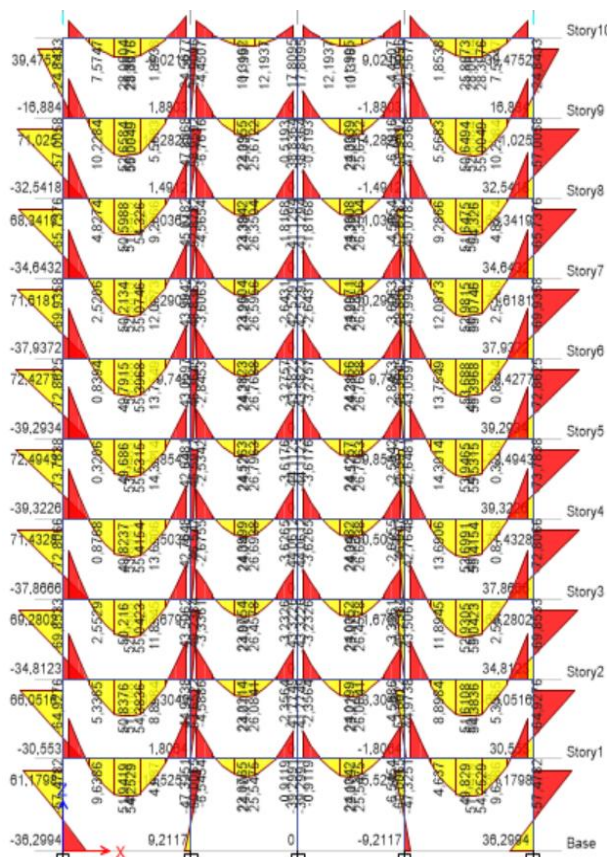
**Gaya-Gaya Dalam**

**1. Momen**

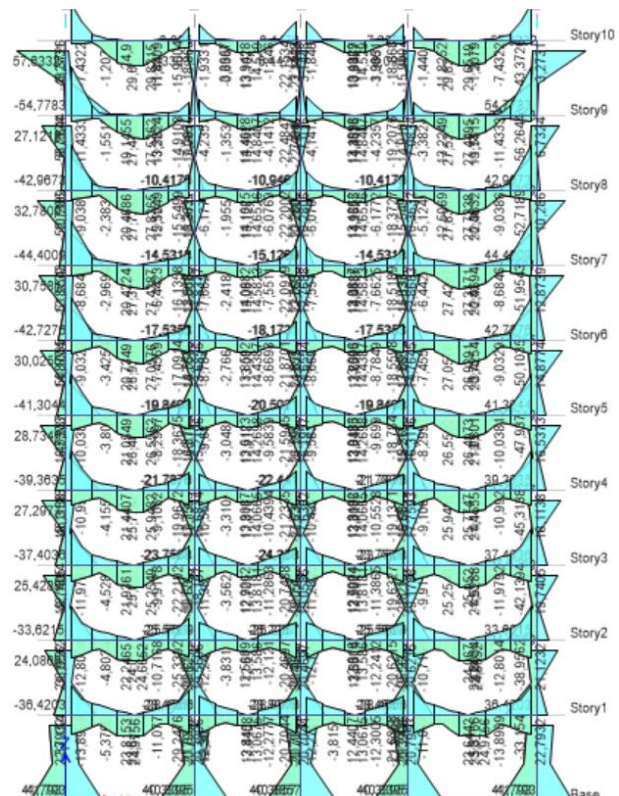
Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 3**, dapat dilihat bahwa pada contoh bangunan tanpa balok transfer, momen maksimum yang terjadi pada metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan dari metode konvensional. Momen maksimum pada balok B37 dan B38 yang dianalisis dengan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan sebesar 45% dan 54% dari metode konvensional. Namun, pada balok atap terjadi penurunan defleksi yang terjadi pada metode konstruksi bertahap. Persentase penurunan defleksi terbesar terjadi pada balok B37 dengan persentase penurunan sebesar 40% dari metode konvensional.

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 4**, dapat dilihat bahwa pada contoh bangunan dengan balok transfer, momen maksimum yang terjadi pada metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan. Momen maksimum pada balok transfer BT pada metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan sebesar 66% dibandingkan dengan momen maksimum yang diperoleh melalui analisis menggunakan metode konvensional. Namun, pada balok atap terjadi penurunan defleksi yang terjadi pada metode konstruksi bertahap. Penurunan defleksi yang terjadi pada balok atap B38 adalah sebesar 56% dibandingkan dengan hasil dari metode konvensional.

**Momen Maksimum (kNm)**



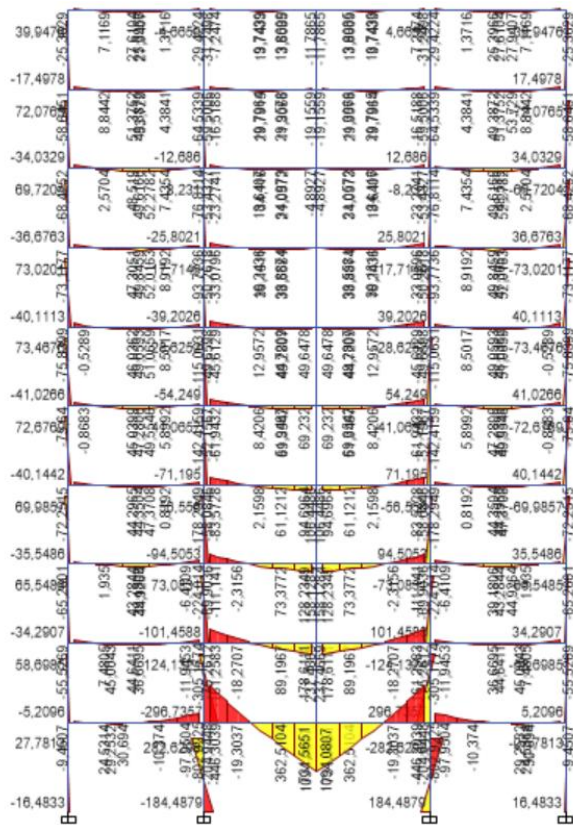
**Gambar 5.** Momen Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Tanpa Balok Transfer



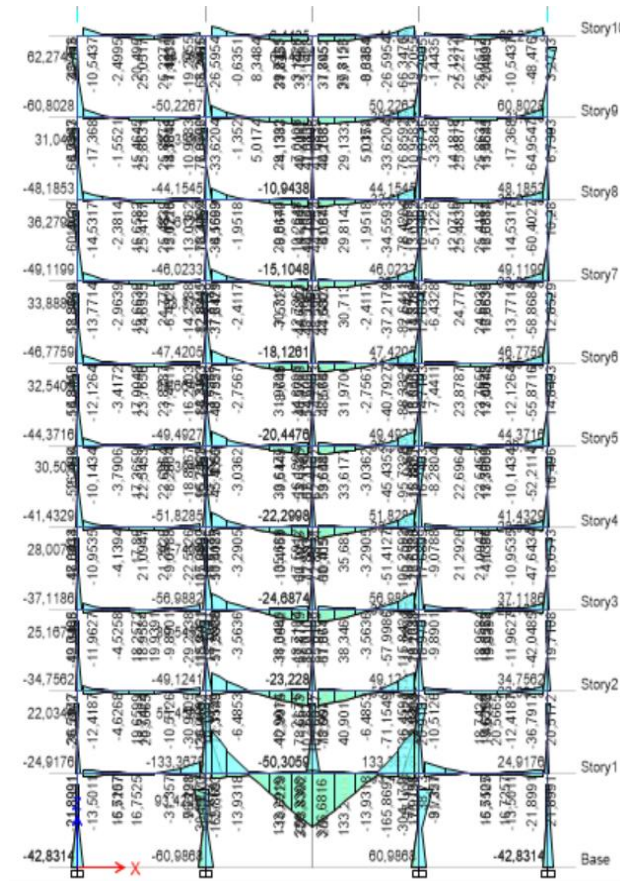
**Gambar 6.** Momen Metode Konvensional Bangunan Tanpa Balok Transfer

**Tabel 3.** Momen Maksimum Contoh Bangunan Tanpa Balok Transfer

No.	Lantai	Kode Elemen	Momen Maksimum (kN-m)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	1	KA.3	61,1798	41,793	32%
2	1	KC.4	9,2117	40,3395	-77%
3	2	B37	60,0065	33,154	45%
4	2	B38	47,3521	21,6368	54%
5	2	KA.3	66,0516	36,4203	45%
6	2	KC.4	13,3049	6,9375	48%
7	3	B37	64,9276	38,9562	40%
8	3	B38	44,9738	20,2132	55%
9	3	KA.3	69,2802	33,621	51%
10	3	KC.4	11,6797	3,4092	71%
11	4	B37	69,8533	42,1394	40%
12	4	B38	43,5062	20,7488	52%
13	4	KA.3	71,4328	37,4036	48%
14	4	KC.4	10,5039	2,0415	81%
15	5	B37	72,8066	45,3138	38%
16	5	B38	42,7648	21,2335	50%
17	5	KA.3	72,4943	39,3635	46%
18	5	KC.4	9,8543	0,7869	92%
19	6	B37	73,7838	47,937	35%
20	6	B38	44,1123	21,5945	51%
21	6	KA.3	72,4277	41,3044	43%
22	6	KC.4	9,742	0,9242	91%
23	7	B37	72,8625	50,1035	31%
24	7	B38	43,5822	21,8701	50%
25	7	KA.3	71,6181	42,7276	40%
26	7	KC.4	10,2905	1,9183	81%
27	8	B37	69,9358	51,9543	26%
28	8	B38	43,9942	22,0919	50%
29	8	KA.3	68,3419	44,4009	35%
30	8	KC.4	11,0362	2,6948	76%
31	9	B37	65,7376	52,7189	20%
32	9	B38	45,0782	22,2002	51%
33	9	KA.3	71,025	42,9673	40%
34	9	KC.4	14,282	3,5201	75%
35	10	B37	58,9592	56,2644	5%
36	10	B38	47,8368	22,4847	53%
37	10	KA.3	39,4752	57,6332	-46%
38	10	KC.4	9,0219	7,3303	19%
39	Atap	B37	30,9096	43,3728	-40%
40	Atap	B38	24,5677	22,1534	10%



**Gambar 7.** Momen Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Dengan Balok Transfer



**Gambar 8.** Momen Metode Konvensional Bangunan Dengan Balok Transfer

**Tabel 4.** Momen Maksimum Contoh Bangun Dengan Balok Transfer

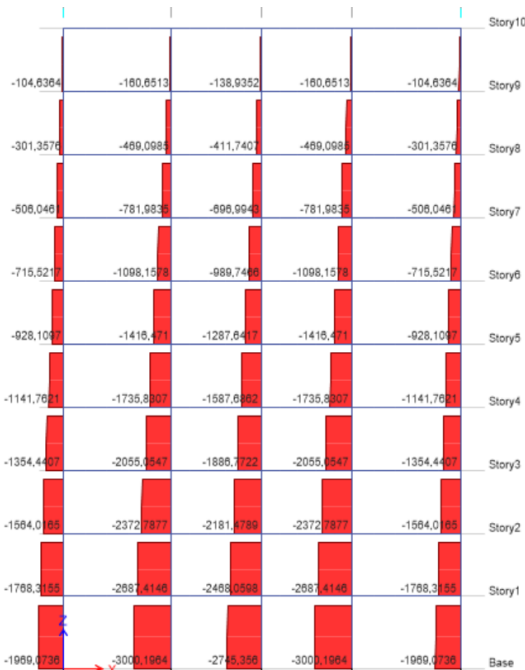
No.	Lantai	Kode Elemen	Momen Maksimum (kN-m)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	1	KA.3	27,7813	42,8314	-54%
2	1	KA.4	282,6298	93,4299	67%
3	2	B37	204,9448	76,198	63%
4	2	BT	1094,0807	376,6816	66%
5	2	KA.3	58,6985	24,9176	58%
6	2	KC.4	296,7357	133,3678	55%
7	3	B37	101,4588	36,7917	64%
8	3	B38	305,1774	136,4591	55%
9	3	KA.3	65,5485	34,7562	47%
10	3	KC.4	101,4588	49,1241	52%
11	4	B37	94,5053	42,0485	56%
12	4	B38	224,014	115,8421	48%
13	4	KA.3	69,9852	37,1186	47%
14	4	KC.4	94,5053	56,9882	40%
15	5	B37	72,2515	47,6434	34%
16	5	B38	178,2949	105,2592	41%
17	5	KA.3	72,6769	41,4329	43%
18	5	KC.4	71,195	51,8285	27%
19	6	B37	75,64	52,2114	31%
20	6	B38	142,4159	95,7328	33%
21	6	KA.3	73,4676	44,3716	40%
22	6	KC.4	54,249	49,4927	9%
23	7	B37	75,8399	55,8716	26%
24	7	B38	115,0631	88,3321	23%
25	7	KA.3	73,0201	46,7759	36%
26	7	KC.4	39,2026	47,4205	-21%
27	8	B37	73,1177	58,8684	19%
28	8	B38	93,7736	82,6411	12%
29	8	KA.3	69,7204	49,1199	30%
30	8	KC.4	25,8021	46,0233	-78%
31	9	B37	68,4252	60,4027	12%
32	9	B38	76,8114	78,4204	-2%
33	9	KA.3	72,0765	48,1853	33%
34	9	KC.4	12,686	44,1545	-71%
35	10	B37	59,5006	65,9547	-11%
36	10	B38	64,5339	76,8592	-19%
37	10	KA.3	39,9476	62,2743	-56%
38	10	KC.4	4,6659	50,2267	-91%
39	Atap	B37	31,2498	48,476	-55%
40	Atap	B38	29,4224	66,3476	-56%

2. Gaya Normal

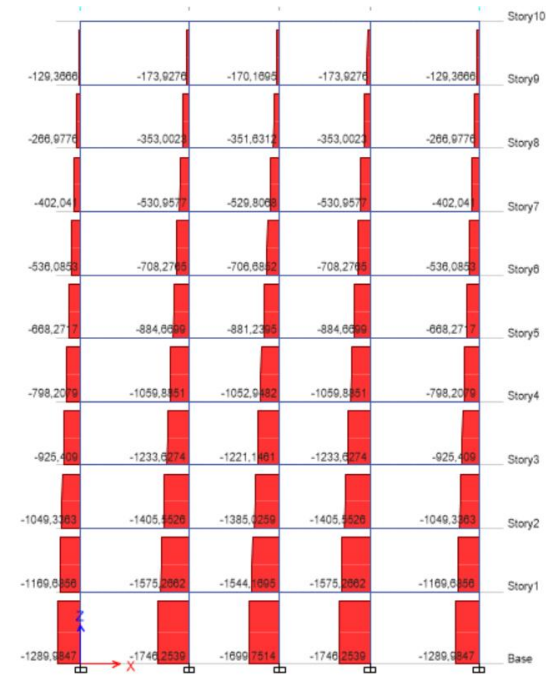
Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 5**, gaya normal yang terjadi pada contoh bangunan tanpa balok transfer pada metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan dari metode konvensional. Peningkatan gaya normal terbesar terjadi pada tingkat 1 Kolom KC.4 dengan persentase peningkatan gaya normal sebesar 42% dari gaya normal pada metode konvensional. Namun, pada tingkat 10 Kolom KA.3 metode konstruksi bertahap terjadi penurunan gaya normal sebesar 24% dari gaya normal pada metode konvensional.

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 6**, dapat dilihat bahwa pada contoh bangunan dengan balok transfer, gaya normal yang terjadi pada metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan. Gaya normal pada tingkat 1 kolom KA.4 yang dianalisis dengan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan sebesar 42% dibandingkan dengan gaya normal yang diperoleh melalui analisis metode konvensional. Namun, pada kolom tingkat 10 terjadi penurunan gaya normal yang terjadi pada metode konstruksi bertahap. Penurunan gaya normal yang terjadi pada kolom tingkat 10 KA.3 dan KC.4 adalah sebesar 26% dibandingkan dengan hasil dari metode konvensional.

Gaya Normal (kN)



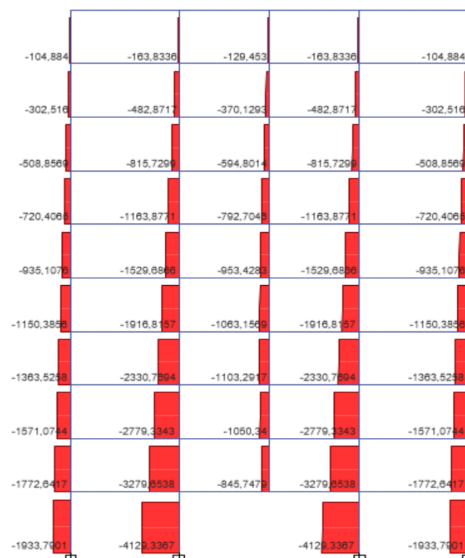
Gambar 9. Gaya Normal Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Tanpa Balok Transfer



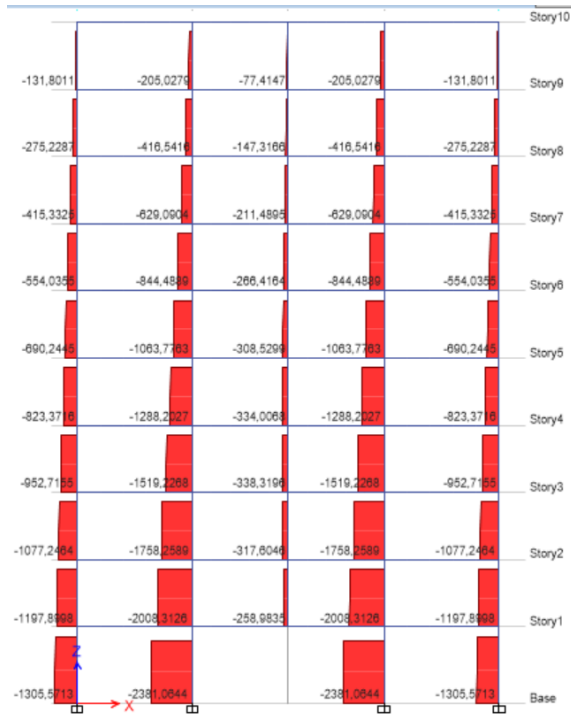
Gambar 10. Gaya Normal Metode Konvensional Bangunan Tanpa Balok Transfer

Tabel 5. Gaya Normal Maksimum Contoh Bangunan Tanpa Balok Transfer

No.	Lantai	Kode Elemen	Gaya Normal Maksimum(kN)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	1	KA.3	1969,0736	1289,9847	34%
2	1	KC.4	3000,1964	1746,2539	42%
3	1	KC.5	2745,356	1699,7514	38%
4	2	KA.3	1768,3155	1169,6856	34%
5	2	KC.4	2687,4146	1575,2882	41%
6	2	KC.5	2468,0598	1544,1695	37%
7	3	KA.3	1564,0165	1049,3363	33%
8	3	KC.4	2372,7877	1405,5526	41%
9	3	KC.5	2181,4789	1385,0259	37%
10	4	KA.3	1354,4407	925,409	32%
11	4	KC.4	2055,0547	1233,6274	40%
12	4	KC.5	1886,7722	1221,1461	35%
13	5	KA.3	1141,7621	798,2079	30%
14	5	KC.4	1735,8307	1059,8851	39%
15	5	KC.5	1587,6862	1052,9482	34%
16	6	KA.3	928,1097	668,2717	28%
17	6	KC.4	1416,471	884,6699	38%
18	6	KC.5	1287,6417	881,2395	32%
19	7	KA.3	715,5217	536,0853	25%
20	7	KC.4	1098,1578	708,2765	36%
21	7	KC.5	989,7466	706,6852	29%
22	8	KA.3	506,0461	402,041	21%
23	8	KC.4	781,9835	530,9577	32%
24	8	KC.5	696,9943	529,8068	24%
25	9	KA.3	301,3574	266,9776	11%
26	9	KC.4	469,0985	353,0023	25%
27	9	KC.5	411,7407	351,6312	15%
28	10	KA.3	104,6364	129,3666	-24%
29	10	KC.4	160,6513	173,9276	-8%
30	10	KC.5	138,9352	170,1695	-22%



Gambar 11. Gaya Normal Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Dengan Balok Transfer



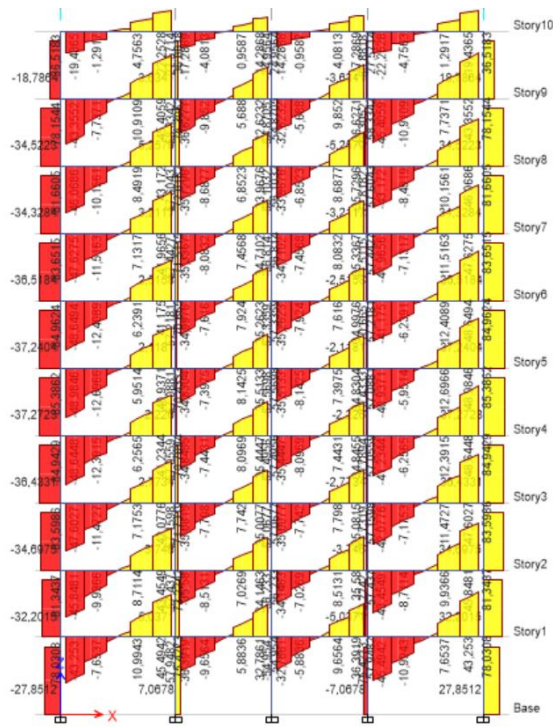
Gambar 12. Gaya Normal Metode Konvensional Bangunan Dengan Balok Transfer

Tabel 6. Gaya Normal Contoh Bangunan Dengan Balok Transfer

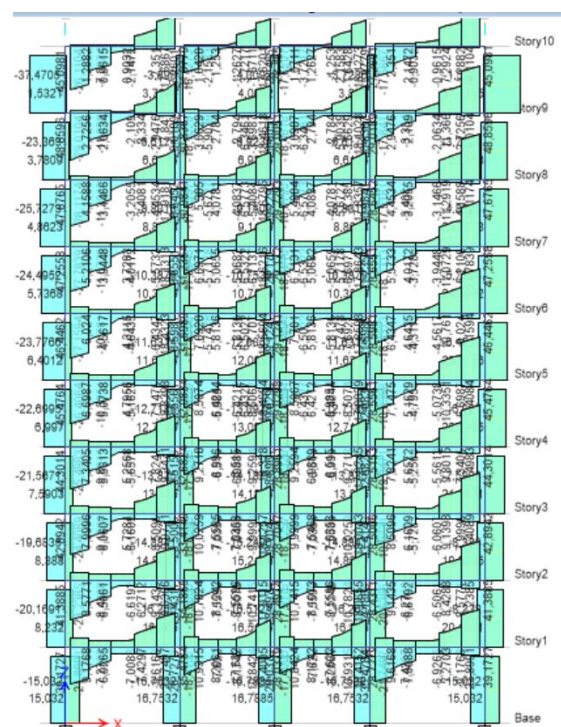
No.	Lantai	Kode Elemen	Gaya Normal Maksimum(kN)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	1	KA.3	1933,7901	1305,5713	32%
2	1	KA.4	4129,3367	2381,0644	42%
3	2	KA.3	1772,6417	1197,8998	32%
4	2	KC.4	3279,6538	2008,3126	39%
5	2	KC.5	845,7479	258,9835	69%
6	3	KA.3	1571,0744	1077,2464	31%
7	3	KC.4	2779,3343	1758,2589	37%
8	3	KC.5	1050,34	317,6046	70%
9	4	KA.3	1363,5258	952,7155	30%
10	4	KC.4	2330,7694	1519,2268	35%
11	4	KC.5	1103,2917	338,3196	69%
12	5	KA.3	1150,3856	823,3716	28%
13	5	KC.4	1916,8157	1288,2027	33%
14	5	KC.5	1063,1569	334,0068	69%
15	6	KA.3	935,1076	690,2445	26%
16	6	KC.4	1529,6866	1063,7763	30%
17	6	KC.5	953,4283	308,5299	68%
18	7	KA.3	720,4065	554,0355	23%
19	7	KC.4	1163,8771	844,4889	27%
20	7	KC.5	792,7046	266,4164	66%
21	8	KA.3	508,8569	415,3325	18%
22	8	KC.4	815,7299	629,0904	23%
23	8	KC.5	594,8014	211,4895	64%
24	9	KA.3	302,516	275,2287	9%
25	9	KC.4	482,8717	416,5416	14%
26	9	KC.5	370,1293	147,3166	60%
27	10	KA.3	104,884	131,8011	-26%
28	10	KC.4	163,8336	205,0279	-25%
29	10	KC.5	129,453	77,4147	40%

3. Gaya Geser

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 7, dapat dilihat bahwa pada contoh bangunan tanpa balok transfer, gaya geser yang terjadi bila ditinjau dengan menggunakan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan. Gaya geser pada balok lantai 2 B37 dan B38 yang dianalisis dengan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan sebesar 50% dibandingkan dengan gaya geser yang diperoleh melalui analisis metode konvensional. Namun, pada balok atap B37 dan B38 terjadi penurunan gaya geser yang terjadi pada metode konstruksi bertahap dengan persentase sebesar 22% dan 3% dari gaya geser pada metode konvensional.



Gambar 13. Gaya Geser Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Tanpa Balok Transfer

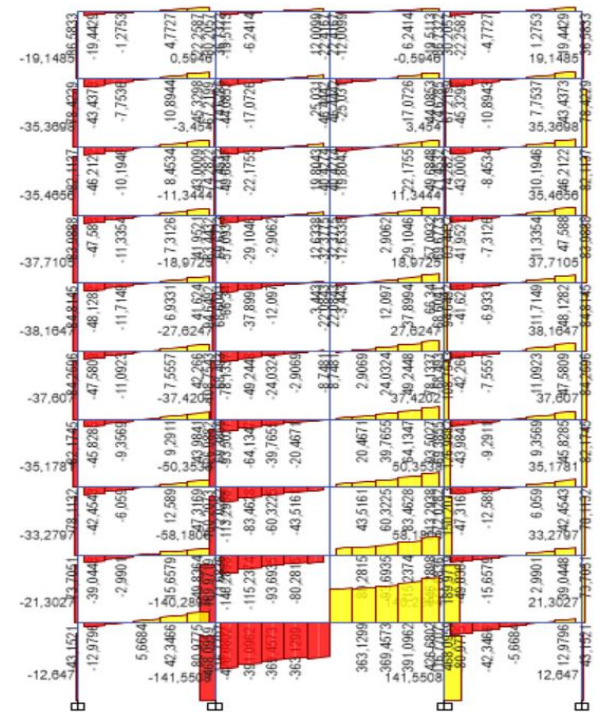


Gambar 14. Gaya Geser Metode Konvensional Bangunan Tanpa Balok Transfer

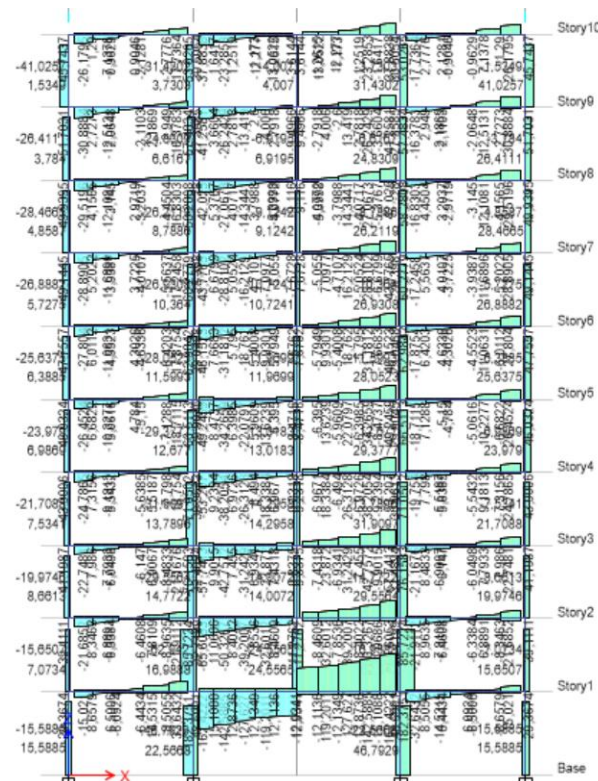
Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 8**, dapat dilihat bahwa pada contoh bangunan dengan balok transfer, gaya geser yang terjadi bila ditinjau dengan menggunakan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan. Gaya geser pada balok transfer BT yang dianalisis dengan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan sebesar 61% dibandingkan dengan gaya geser yang diperoleh melalui analisis menggunakan metode konvensional. Namun, pada balok atap B37 dan B38 terjadi penurunan gaya geser yang terjadi pada metode konstruksi bertahap dengan persentase sebesar 25% dan 76% dari gaya geser pada metode konvensional.

**Tabel 7.** Gaya Geser Maksimum Contoh Bangunan Tanpa Balok Transfer

No.	Lantai	Kode Elemen	Gaya Geser (kN)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	2	B37	78,0308	39,1727	50%
2	2	B38	57,9842	28,7279	50%
3	3	B37	81,3437	41,3885	49%
4	3	B38	57,437	28,4974	50%
5	4	B37	83,5986	42,8942	49%
6	4	B38	57,1598	28,7047	50%
7	5	B37	84,9429	44,3014	48%
8	5	B38	57,4956	28,8961	50%
9	6	B37	85,3862	45,4764	47%
10	6	B38	57,5698	29,0298	50%
11	7	B37	84,9624	46,4462	45%
12	7	B38	57,3359	29,1241	49%
13	8	B37	83,6515	47,2558	44%
14	8	B38	57,4427	29,172	49%
15	9	B37	81,6605	47,6765	42%
16	9	B38	57,6043	29,2293	49%
17	10	B37	78,1544	48,8596	37%
18	10	B38	58,3342	29,0189	50%
19	Atap	B37	36,8818	45,0981	-22%
20	Atap	B38	27,5714	28,455	-3%



**Gambar 15.** Gaya Geser Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Dengan Balok Transfer



**Gambar 16.** Gaya Geser Metode Konvensional Bangunan Dengan Balok Transfer

**Tabel 8.** Gaya Geser Contoh Bangunan Dengan Balok Transfer

No.	Lantai	Kode Elemen	Gaya Geser (kN)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	2	B37	116,7707	48,5991	58%
2	2	BT	468,0959	182,3751	61%
3	3	B37	73,7051	39,1111	47%
4	3	B38	189,9719	85,7224	55%
5	4	B37	78,1132	41,1987	47%
6	4	B38	150,2073	76,1583	49%
7	5	B37	82,1745	43,9006	47%
8	5	B38	126,9882	71,0502	44%
9	6	B37	84,2596	46,0324	45%
10	6	B38	108,7543	66,5113	39%
11	7	B37	84,8145	47,7557	44%
12	7	B38	94,6492	62,9842	33%
13	8	B37	83,9888	49,1445	41%
14	8	B38	83,4432	60,2779	28%
15	9	B37	82,1137	49,9395	39%
16	9	B38	74,2822	58,2808	22%
17	10	B37	78,4229	51,7031	34%
18	10	B38	67,2199	57,4834	14%
19	Atap	B37	36,7322	45,7437	-25%
20	Atap	B38	30,2057	53,0265	-76%

## KESIMPULAN

### 1. Defleksi Maksimum

Persentase peningkatan defleksi maksimum terbesar pada contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 92%, sedangkan persentase peningkatan defleksi maksimum terbesar yang terjadi pada contoh bangunan dengan balok transfer adalah 169%.

Persentase penurunan defleksi maksimum terbesar pada contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 80%, sedangkan persentase penurunan defleksi maksimum terbesar yang terjadi pada contoh bangunan dengan balok transfer adalah 86%.

Peningkatan dan penurunan defleksi pada contoh bangunan dengan balok transfer memiliki nilai persentase yang lebih besar dibandingkan dengan pada contoh bangunan tanpa balok transfer.

### 2. Gaya-Gaya Dalam

#### a. Momen

Persentase peningkatan momen maksimum yang terjadi pada balok lantai 2 contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 54%, sedangkan persentase peningkatan momen maksimum yang terjadi pada balok transfer BT contoh bangunan dengan balok transfer adalah 66%.

Persentase penurunan momen maksimum terbesar yang terjadi pada contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 29%, sedangkan persentase penurunan momen maksimum terbesar yang terjadi pada contoh bangunan dengan balok transfer adalah 56%.

Peningkatan dan penurunan momen maksimum pada contoh bangunan dengan balok transfer memiliki nilai persentase yang lebih besar dibandingkan dengan pada contoh bangunan tanpa balok transfer.

#### b. Gaya Normal

Persentase peningkatan gaya normal terbesar yang terjadi pada kolom tingkat 1 contoh bangunan tanpa balok transfer bila ditinjau dengan metode konstruksi bertahap adalah 42% dari peninjauan dengan metode konvensional. Sedangkan, Persentase peningkatan gaya normal terbesar yang terjadi pada kolom tingkat 1 contoh bangunan dengan balok transfer bila ditinjau dengan metode konstruksi bertahap adalah 42% dari peninjauan dengan metode konvensional.

Persentase penurunan gaya normal terbesar pada contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 24% dari metode konvensional, sedangkan persentase penurunan gaya normal terbesar pada contoh bangunan dengan balok transfer adalah 26% dari metode konvensional.

Peningkatan dan penurunan gaya normal pada contoh bangunan dengan balok transfer memiliki nilai persentase yang lebih besar dibandingkan dengan pada contoh bangunan tanpa balok transfer.

#### c. Gaya Geser

Pada contoh bangunan tanpa balok transfer, pada balok lantai 2, gaya geser yang ditinjau dengan metode konstruksi bertahap terjadi peningkatan dengan persentase sebesar 50% dari peninjauan dengan metode konvensional. Sedangkan, pada contoh bangunan dengan balok transfer, persentase peningkatan yang terjadi adalah 61%.

Persentase penurunan gaya geser terbesar pada contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 22%, sedangkan persentase penurunan gaya geser terbesar pada contoh bangunan dengan balok transfer adalah 76%.

Peningkatan dan penurunan gaya geser pada contoh bangunan dengan balok transfer memiliki nilai persentase yang lebih besar dibandingkan dengan pada contoh bangunan tanpa balok transfer.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. M., & Moon, K. S. (2007). *Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects*. *Architectural Science Review*, 50(3), 205–223.
- Asroni, A. (2013). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Chakrabarti, S. C., Nayak, G. C., & Agarwala, S. C. (2022). *Construction Sequence Analysis of Multi Storey Setback Building*. *Revista de la Construcción*, 21(2), 288–302.
- Choi, H. K., Lee, Y. S., & Park, J. H. (2016). *Time-Dependent Behavior of Transfer Structures in High-Rise Buildings*. *Engineering Structures*, 113, 102–115.
- Computers and Structures, Inc. (CSI). (2020). *ETABS V20 Documentation – Staged Construction*. Walnut Creek, CA: CSI.
- Computers and Structures, Inc. (CSI). (2021). *ETABS V20 – Structural Analysis and Design Software Manual*. Walnut Creek, CA: CSI.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2007). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (SNI 2847:2019)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Kim, S. Y., & Kim, H. J. (2009). *Effects of Construction Sequences on The Behavior of High-Rise Buildings*. Journal of Constructional Steel Research, 65(2), 398–408.
- Lestari, D. (2021). *Evaluasi Kinerja Struktur dengan Metode Construction Sequence Analysis pada Bangunan 20 Lantai* (Skripsi Sarjana, Universitas Negeri Semarang).
- Nasution, A., & Yulinda, R. (2021). *Pengaruh Metode Construction Sequence Analysis Terhadap Hasil Perencanaan Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Software ETABS*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, 10(2), 88–95.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2016 tentang Pedoman Teknis Bangunan Gedung Hijau*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Setiawan, A., & Putra, H. (2020). *Analisis Pengaruh Urutan Konstruksi Terhadap Respons Struktur Gedung Bertingkat*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 6(2), 113–120.
- Singh, M., Singh, R., & Yadav, A. (2023). *Study and Comparison of Conventional Analysis with Construction Sequence Analysis Using ETABS*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 11(9), 239–243.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2019. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan non-Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727:2020. (2020). *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sutrisno, H. (2019). *Analisis Kinerja Transfer Beam pada Struktur Gedung Hotel dengan Variasi Beban Vertikal*. Jurnal Konstruksia, 6(1), 45–52.
- Wankhede, D. G., & Joshi, M. M. (2018). *Staged Construction Analysis for Multistoried Building by Using ETABS*. International Journal of Research in Advent Technology (IJRAT), Special Issue CONVERGENCE 2018, 12–15.
- Wirawan, I. P. A. P., Tubuh, I. K. D. K., & Wiryadi, I. G. G. (2025). *Analisis Konstruksi Bertahap pada Struktur Rangka dengan Dinding Pengisi Berlubang*. Jurnal Ilmiah Kurva Teknik, 14(1), 75–83.
- Zhang, L., Wang, Q., & Chen, Y. (2015). *Comparative Study of Structural Responses With and Without Construction Sequence Analysis*. Structural Design of Tall and Special Buildings, 24(5), 367–379