

STUDI ANALISIS PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG 5 LANTAI DI SURABAYA AKIBAT BEBAN DINAMIS MENGGUNAKAN SHEARWALL

Ifarrel Rachmanda Hariyanto^{1*}, Budi Suswanto², Ahmad Basshofi Habieb², dan I Gusti Putu Raka²

¹ Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

² Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia³

*Ifarrelrh@its.ac.id

Abstrak: Penelitian ini menganalisis getaran struktural pada sebuah gedung lima lantai di Surabaya yang disebabkan oleh lalu lintas truk. Penelitian eksperimental dilakukan dengan menggunakan akselerometer untuk mengukur tingkat getaran. Frekuensi natural struktur awalnya tercatat 0,66 Hz dengan periode sebesar 1,51 s, melebihi ambang batas periode fundamental maksimum, yang menunjukkan potensi ketidaknyamanan bagi penghuni. Untuk mengurangi getaran ini, pemasangan saluran seperti U-Gutter diusulkan. Delapan alternatif perkuatan dievaluasi, dengan alternatif pertama, yang mencakup penambahan shear wall dan U-Gutter, dipilih sebagai solusi yang paling efisien. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kekakuan struktur yang signifikan, dengan frekuensi natural meningkat menjadi 0,855 Hz, atau peningkatan sebesar 29,55%. Selain itu, pemasangan U-Gutter berhasil mengurangi frekuensi getaran sebesar 66,54%. Perhitungan rinci menggunakan perangkat lunak SAP2000 mengonfirmasi bahwa struktur yang ada cukup aman untuk mendukung penambahan dinding geser yang dirancang dengan tulangan 2D16-100 mm. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi penambahan shear wall dan pemasangan U-Gutter efektif dalam mengurangi getaran struktural, meningkatkan performa bangunan, dan kenyamanan penghuni. .

Katakunci: Struktur, Getaran, Asesmen, Alternatif, Beban

Abstract: This study analyses the structural vibrations in a five-story building in Surabaya caused by passing trucks. Experimental research was conducted using accelerometers to measure the vibration levels. The building's natural frequency was initially analysed at 0.66 Hz with period of 1.51s, exceeding the maximum fundamental period threshold, indicating potential discomfort for the occupants. To mitigate these vibrations, the installation of U-Ditch was proposed. Eight reinforcement alternatives were evaluated, with the first alternative, involving the addition of shear walls and U-Ditch, selected as the most efficient solution. The results showed a significant increase in the building's stiffness, with the natural frequency rising to 0.855 Hz, a 29.55% increase. Additionally, the installation of U-Ditch reduced the vibration frequency by 52.25%, from 0.15507 mm/s to 0.0693 mm/s. Detailed calculations using SAP2000 confirmed that the existing structure is adequately safe to support the additional shear walls, designed with 2D16-100 mm reinforcement. This study concludes that the combination of shear wall installation and U-Ditch effectively reduces structural vibrations, improves building performance, and enhances occupant comfort.

Keywords: Structure, Vibration, Assessment, Alternative, Loads

PENDAHULUAN

Desain dan konstruksi bangunan merupakan elemen fundamental dalam perkembangan peradaban manusia, mencerminkan evolusi sosial, budaya, dan teknologi sepanjang sejarah (Sugiarto & Saripudin, 2024). Bangunan tidak hanya berfungsi sebagai tempat berlindung, tetapi juga sebagai simbol identitas dan kemajuan suatu masyarakat (Sugiarto & Saripudin, 2024). Dari struktur monumental seperti Piramida Giza hingga pencakar langit modern seperti Burj Khalifa, setiap era menghadirkan inovasi dalam arsitektur dan teknik sipil yang mencerminkan nilai dan aspirasi zamannya (Baraccani et al., 2020).

Namun, seiring dengan urbanisasi yang pesat dan peningkatan volume lalu lintas, tantangan baru muncul terkait dampak getaran yang ditimbulkan oleh kendaraan berat dan kereta api terhadap struktur

bangunan serta kenyamanan penghuni (Handayani et al., 2025; Erkal, 2019). Getaran yang dihasilkan dapat memengaruhi integritas struktural bangunan dan kesejahteraan penghuni (Connolly et al., 2014; Peris et al., 2016), menimbulkan masalah yang kompleks yang melibatkan dinamika struktur, propagasi gelombang melalui tanah, akustik, dan respons psikofisik individu (Adhidhuto et al., 2021).

Studi kasus yang menjadi fokus penelitian ini adalah gedung lima lantai di Surabaya yang mengalami getaran struktural berlebih akibat lalu lintas truk di sekitarnya (Tobing et al., 2023). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana tingkat getaran yang disebabkan lalu lintas jalan memengaruhi kerusakan struktural yang terjadi (Kouroussis et al., 2017). Pengukuran dilakukan menggunakan akselerometer untuk mendapatkan data empiris mengenai respons dinamis bangunan (Handayani et al., 2025; Qiu et al., 2023). Selanjutnya, analisis numerik dengan metode elemen hingga diterapkan untuk memahami perilaku struktural dan merancang alternatif perbaikan yang efektif (Baraccani et al., 2020).

Penentuan kekakuan bangunan menjadi aspek krusial dalam mengukur dampak getaran terhadap struktur (Kawecki & Stypula, 2013). Kekakuan yang memadai dapat mengurangi amplitudo getaran yang ditransmisikan ke dalam bangunan, sehingga mengurangi potensi kerusakan dan meningkatkan kenyamanan penghuni (Kamsuta et al., 2020). Oleh karena itu, evaluasi kekakuan struktur dan implementasi perbaikan yang tepat, seperti penambahan elemen struktural atau peredam getaran, menjadi fokus utama dalam upaya mitigasi dampak getaran (Sugiarto & Saripudin, 2024; Nursyamsu Asjuh, 2019).

Selain itu, penelitian ini mempertimbangkan aspek keberlanjutan dalam desain perbaikan struktur (Sugiarto & Saripudin, 2024). Pendekatan yang digunakan tidak hanya berorientasi pada peningkatan performa struktural, tetapi juga mempertimbangkan efisiensi energi dan penggunaan material yang ramah lingkungan (Ma et al., 2011). Hal ini sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan yang menekankan keseimbangan antara kebutuhan ekonomi, sosial, dan lingkungan. Material peredam getaran berkelanjutan seperti karet alami, gabus, dan bio-foam makin banyak dikembangkan sebagai alternatif ramah lingkungan (Kamsuta et al., 2020; Nursyamsu Asjuh, 2019).

Dengan menggabungkan metode eksperimental dan analisis numerik, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam memahami dan mengatasi dampak getaran lalu lintas pada bangunan (Kouroussis et al., 2017; Kawecki & Stypula, 2013). Hasil yang diperoleh diharapkan menjadi referensi bagi pengembangan pedoman desain dan perbaikan struktur bangunan di area dengan tingkat lalu lintas tinggi, khususnya di Indonesia (Adhidhuto et al., 2021; Tobing et al., 2023).

METODE

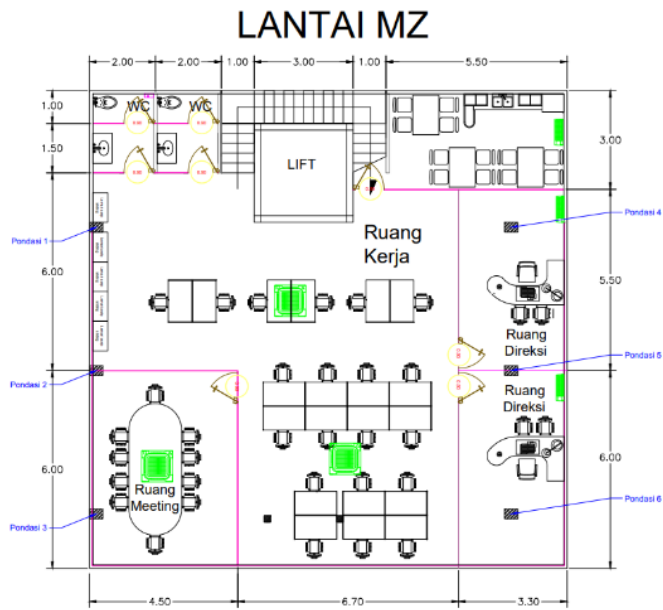
Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data terkait gedung eksisting, yang mencakup lokasi, alamat, dan dimensi bangunan. Setelah itu, dilakukan pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk menganalisis respons dinamis akibat beban yang disebabkan oleh lalu lintas truk.

I. Data Gedung Eksisting

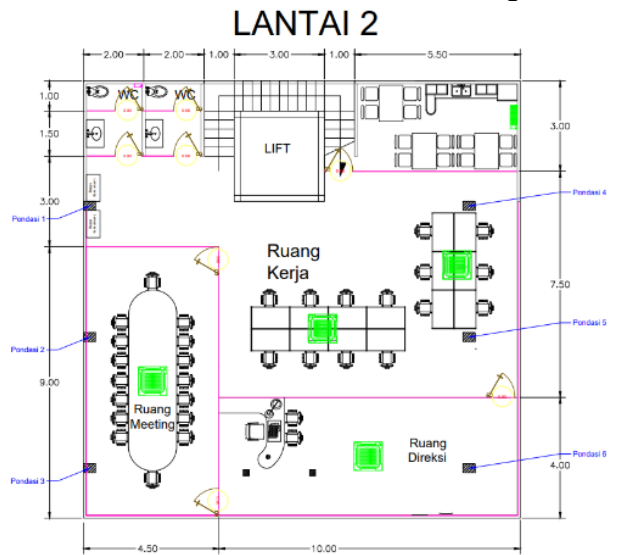
Data struktur eksisting Struktur Gedung 5 Lantai di Surabaya disajikan sebagai berikut:

- Lokasi Gedung = Surabaya
- Fungsi = Office
- Tipe Struktur = Reinforced Concrete
- Jumlah Lantai = 5 Story
- Dimensi = 14,5 m x 14,5 m
- Mutu Beton = 25 MPa (K-300)
- Mutu Baja = BJTP U24 and BJTP U39

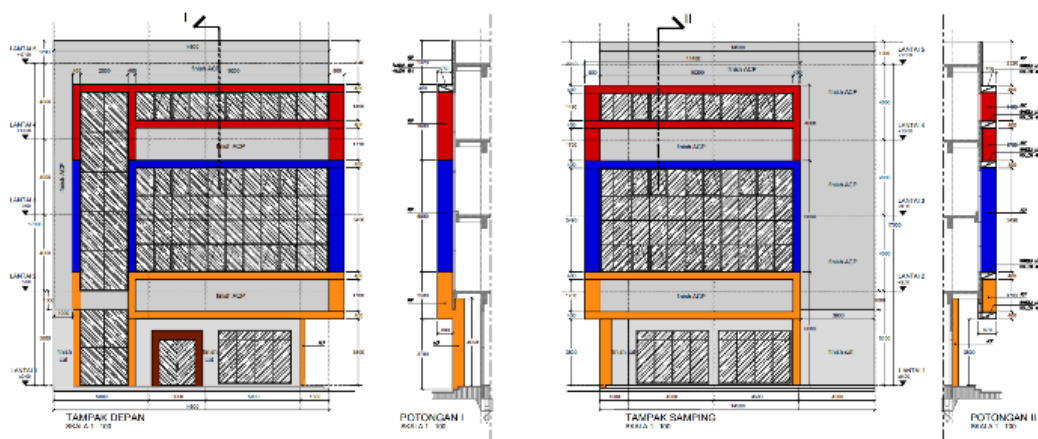
Gambar 1 hingga **Gambar 5** menunjukkan denah, tampak depan, tampak samping, serta detail kolom dan balok dari struktur gedung yang telah disiapkan.



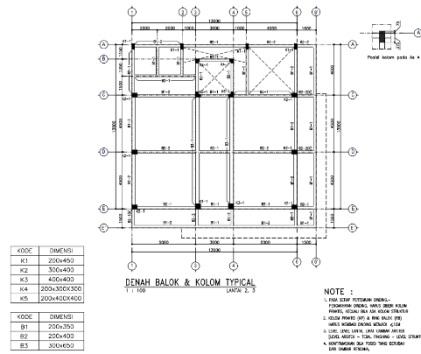
Gambar 1. Denah Lantai Mezzanin Struktur Gedung di Surabaya



Gambar 2. Denah Lantai 2 Struktur Gedung di Surabaya



Gambar 3. Tampak Depan dan Tampak Samping Struktur Gedung di Surabaya



Gambar 4. Denah Balok dan Denah Kolom

KODE KOLON	K1-1		K2-1		K3-1		K4-1		K5-1	
	UJUNG	TENGAH	UJUNG	TENGAH	UJUNG	TENGAH	UJUNG	TENGAH	UJUNG	TENGAH
DIMENSI	200 x 450	200 x 450	300 x 400	300 x 400	400 x 400	400 x 400	200x300x300	200x300x300	200 x 400 x 400	200 x 400 x 400
TUL.UTAMA	8 D13	8 D13	8 D16	8 D16	8 D16	8 D16	8 D13	8 D13	8 D16	8 D16
SENGKANG	#10-150	#10-200	#10-150	#10-200	#10-150	#10-200	#10-150	#10-200	#10-150	#10-200

KODE BALOK	B1-1		B1-2		B1-2(K)		B1-3(K)		B1-4		B2-1		B2-1/K	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	200 x 350	200 x 350	200 x 350	200 x 350	200 x 350	200 x 350	200 x 350	200 x 350	200 x 350	200 x 350	200 x 400	200 x 400	200 x 400	200 x 400
TUL. ATAS	2 D16	2 D16	3 D16	2 D16	3 D16	2 D16	4 D16	3 D16	5 D16	3 D16	3 D16	2 D16	3 D16	2 D16
TUL. SAMPING	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TUL. BAWAH	2 D16	2 D16	2 D16	3 D16	2 D16	2 D16	2 D16	3 D16	3 D16	3 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
SENGKANG	#8-100	#8-200	#8-100	#8-200	#8-100	#8-200	#8-75	#8-200	#8-100	#8-200	#8-100	#8-200	#8-100	#8-200

KODE BALOK	B2-2/K		B3-1		B3-2	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	200 x 400	200 x 400	300 x 450	300 x 450	300 x 450	300 x 450
TUL. ATAS	4 D16	2 D16	7 D16	4 D16	5 D16	3 D16
TUL. SAMPING	-	-	2 #10	2 #10	2 #10	2 #10
TUL. BAWAH	2 D16	2 D16	4 D16	7 D16	3 D16	7 D16
SENGKANG	#8-100	#8-200	#10-100	#10-150	#10-100	#10-150

Gambar 5. Detail Penulangan Balok dan Kolom

Bangunan struktur yang telah dibangun akan dianalisis menggunakan perangkat lunak Metode Elemen Hingga. Selanjutnya, analisis dinamis struktur akan dilakukan untuk menghitung perpindahan struktur yang terjadi akibat getaran dinamis dari lalu lintas.

II. Pengambilan data

Selanjutnya, beban lalu lintas dilakukan pemodelan pada SAP 2000 dengan melakukan pengujian secara langsung di lapangan menggunakan accelerometer. Pengujian dilakukan langsung dengan mengambil sampel getaran akibat beban truk yang mengakibatkan getaran berlebih pada struktur bangunan. Selanjutnya, beban akibat getaran tersebut diolah dan dimasukkan ke dalam pemodelan dengan metode Time History. Analisis time history ini membantu dalam memodelkan respons struktural selama durasi beban dinamis.

III. Pengolahan Data Accelerometer

Data yang diperoleh dengan menggunakan accelerometer kemudian diolah melalui beberapa langkah Filtering untuk menghilangkan noise yang tidak diinginkan, yang nantinya akan dikonversi menjadi time history input yang digunakan untuk menganalisis perubahan percepatan dari waktu ke waktu. Frekuensi Input Dominan yang diambil didapatkan dengan analisa FFT (Fast Fourier Transform), dimana percepatan yang didapatkan akan diolah meliputi tiga arah dominan yaitu arah X, Y, dan Z untuk mensimulasikan getaran lalu lintas.

IV. Kondisi Batas, Ukuran Mesh, dan Validasi Struktur Eksisting.

Pada pemodelan elemen hingga (FEM) yang dilakukan menggunakan SAP2000, kondisi batas dan ukuran mesh sangat penting untuk memperoleh hasil yang akurat. Kondisi batas yang diterapkan mencakup kondisi batas pada fondasi sesuai dengan gambar yang didapatkan yang terdiri dari denah, balok, dan kolom. Sedangkan ukuran mesh pada pemodelan diambil sebesar 0,5 meter terutama pada kondisi plat eksisting, balok, dan kolom untuk analisa yang diambil untuk memberikan keseimbangan antara akurasi dan waktu

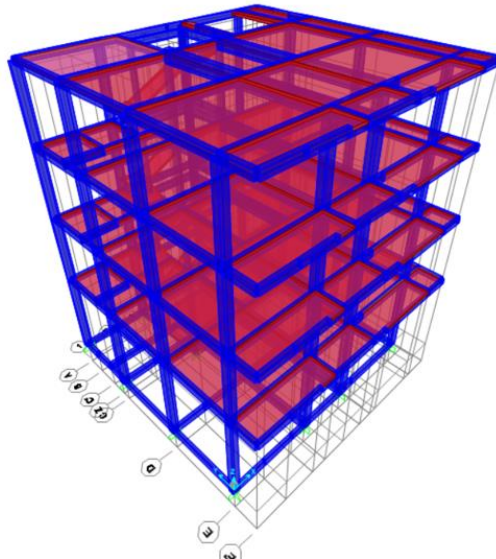
komputasi. Validasi untuk frekuensi diambil dari analisa FFT (Fast Fourier Transform), dimana output dari FFT adalah frekuensi dominan yang terjadi pada struktur utama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

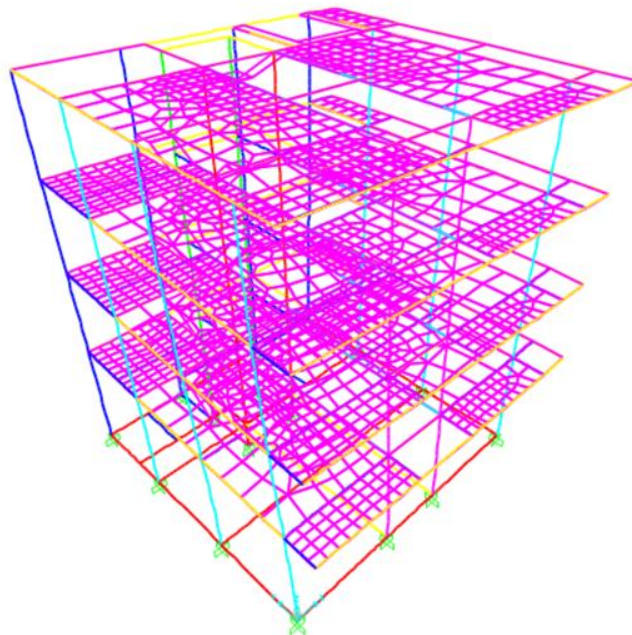
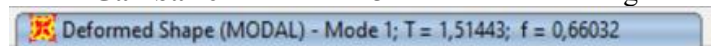
Hasil dan Pembahasan pada studi ini akan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu pemodelan struktur eksisting, analisa penggunaan U-Ditch untuk meredam getaran, dan mengevaluasi alternatif perencanaan perbaikan struktur.

I. Pemodelan Struktur Eksisting

Struktur eksisting dilakukan pemodelan ulang menggunakan SAP 2000, dimana tujuan dari pemodelan ulang ini adalah untuk menghitung frekuensi natural dan periode struktur. Beban yang dimasukkan antara lain Beban Hidup, Beban Mati, Beban Angin, dan Beban Gempa.



Gambar 6. Pemodelan 3-D Struktur Eksisting



Gambar 7. Frekuensi Natural dan Periode Struktur

Berdasarkan frekuensi natural dan periode struktur, dilakukan perbandingan sesuai dengan menghitung Periode Fundamental Pendekatan

$$T_a = C_t H_n^x \dots\dots\dots \text{pers.1}$$

dimana:

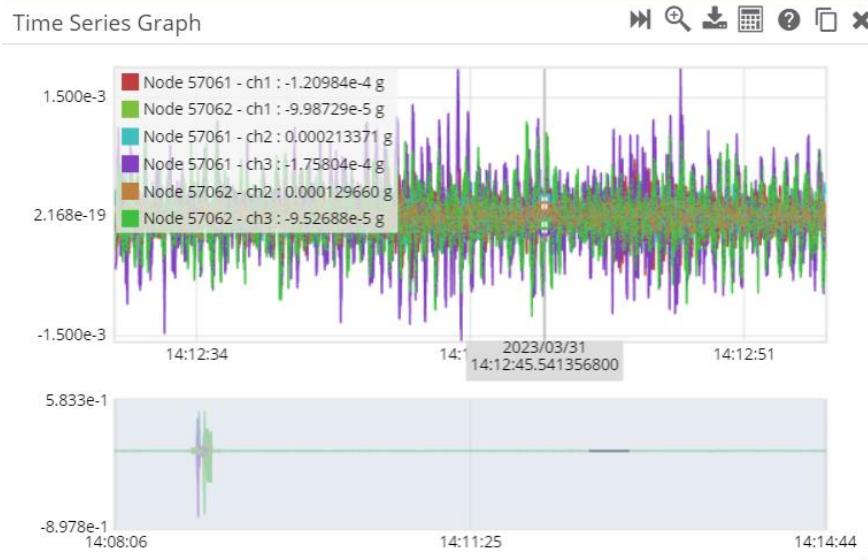
- Ta = periode fundamental
- Ct = koefisien periode pendekatan
- x = koefisien periode pendekatan
- h = ketinggian gedung

Dengan ketinggian gedung setinggi 16.5 meter, nilai Ct = 0.0466, dan x = 0.9 sesuai dengan SNI 1726:201x Tabel 18, didapatkan periode fundamental sebesar 0.68 s. Sedangkan nilai periode maksimum didapatkan dengan mengkalikan nilai periode fundamental dengan Cu sebesar 1.4 yang didapatkan nilai sebesar 0.95 s. Apabila dibandingkan dengan periode natural struktur, didapatkan bahwa periode struktur melebihi nilai batas periode fundamental maksimum yang mengindikasikan ketidaknyamanan penghuni akibat adanya beban getaran eksternal.

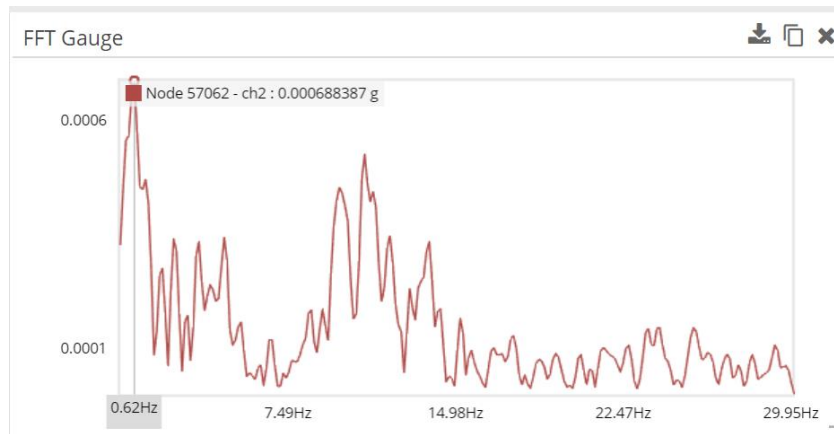
Validasi kondisi struktur eksisting dilakukan dengan menggunakan accelerometer untuk mendapatkan frekuensi natural struktur gedung akibat beban getaran lalu lintas yang terjadi. Dimana frekuensi natural diambil dengan menggunakan Fast Fourier Transform (FFT). Selain mendapatkan frekuensi natural, beban getaran yang didapatkan dimasukkan ke dalam pemodelan SAP 2000 untuk mendapatkan perbandingan simpangan untuk alternatif perbaikan struktur.



Gambar 8. Peletakkan Accelerometer untuk Pengambilan Data



Gambar 9. Hasil Pengujian Getaran Akibat Beban

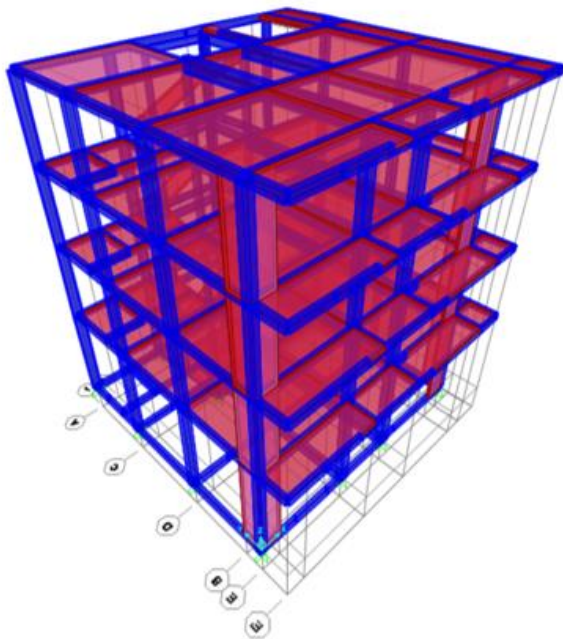


Gambar 10. Output Fast Fourier Transform (FFT)

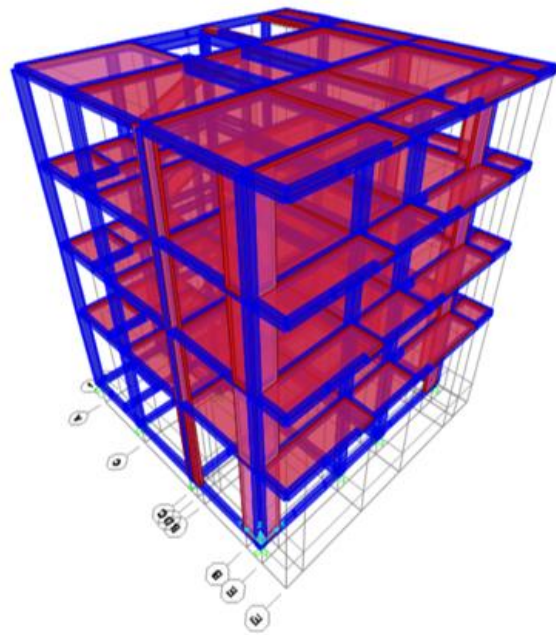
Berdasarkan analisa kondisi eksisting, didapatkan bahwa frekuensi natural struktur yang didapatkan dengan metode Fast Fourier Transform pada **Gambar 10** cukup mendekati frekuensi natural struktur pada **Gambar 7** dengan hasil pemodelan yaitu sebesar 0.62 Hz, sehingga dengan kondisi ini dapat dikatakan bahwa pemodelan sudah cukup mendekati kondisi eksisting.

II. Pemodelan Rencana Perbaikan Struktur

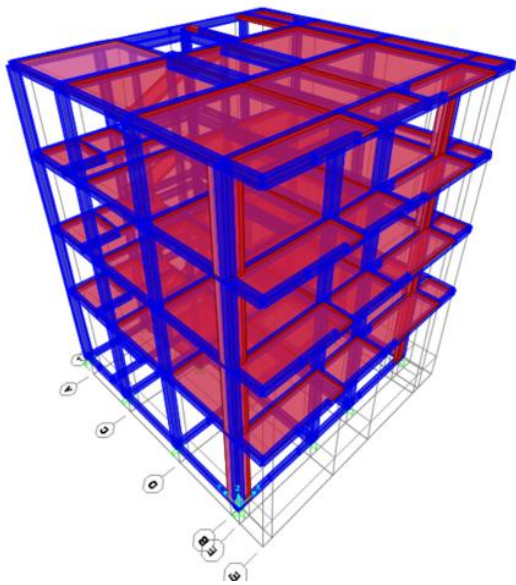
Berbagai macam alternatif yang direncanakan untuk dilakukan antara lain adalah menambahkan dinding geser, dan melakukan pembesaran kolom dan balok dengan pemodelan yang disajikan pada **Gambar 11** hingga **Gambar 18** sebagai berikut



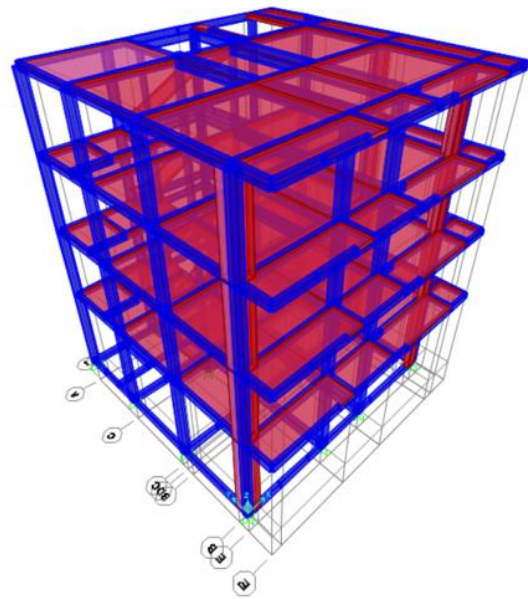
Gambar 11. Alternatif 1 Perkuatan Struktur



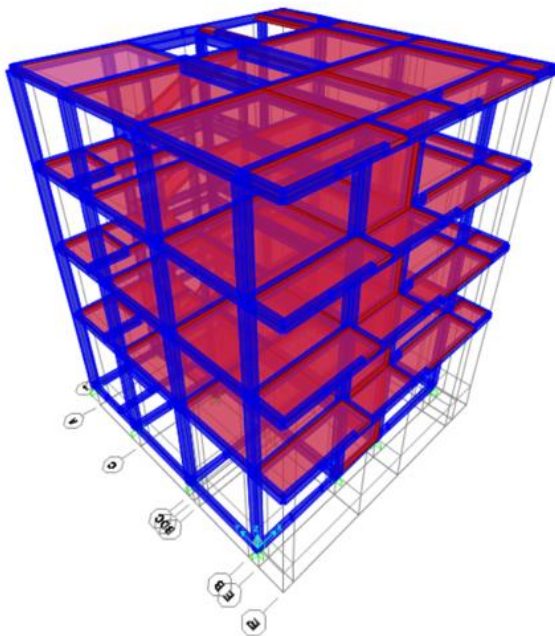
Gambar 12. Alternatif 2 Perkuatan Struktur



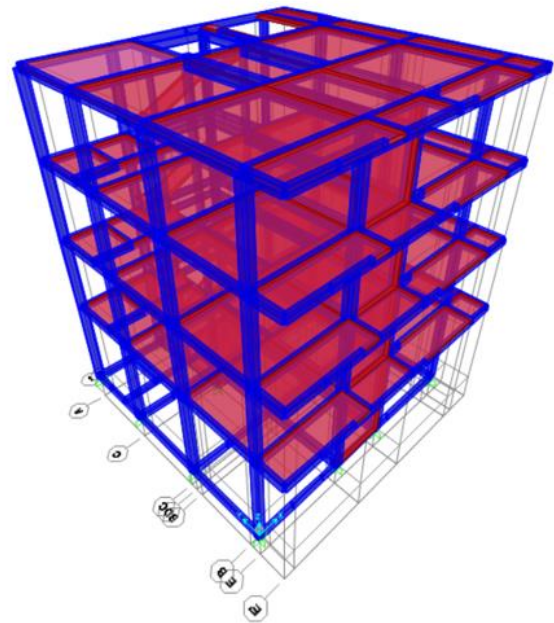
Gambar 13. Alternatif 3 Perkuatan Struktur



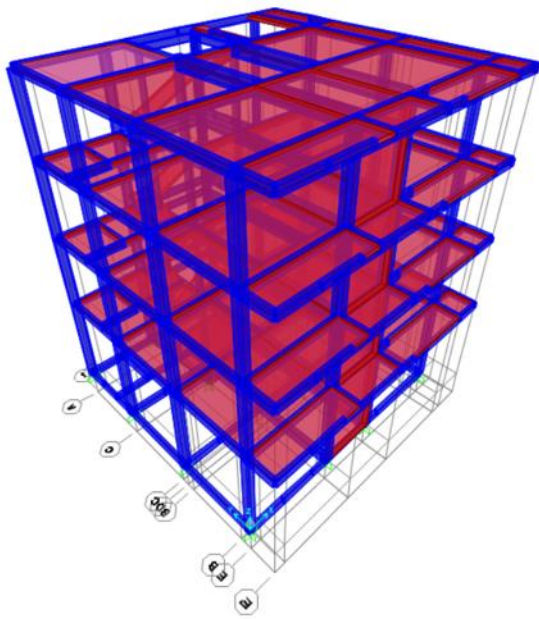
Gambar 14. Alternatif 4 Perkuatan Struktur



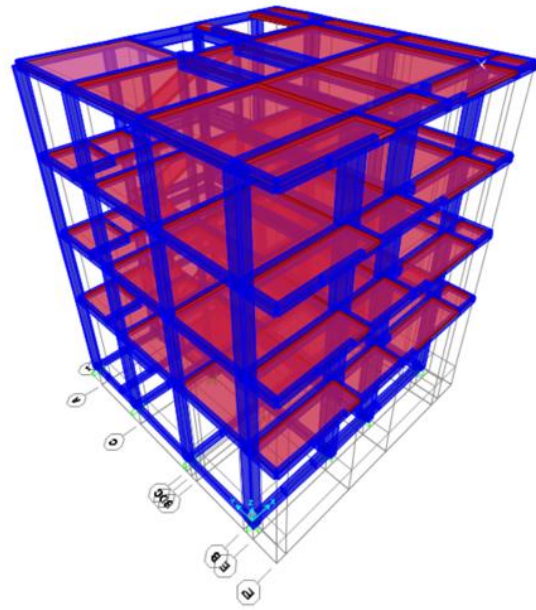
Gambar 15. Alternatif 5 Perkuatan Struktur



Gambar 16. Alternatif 6 Perkuatan Struktur



Gambar 17. Alternatif 7 Perkuatan Struktur



Gambar 18. Alternatif 8 Perkuatan Struktur

Hasil frekuensi natural untuk perbandingan alternatif perkuatan struktur direkapitulasi dan ditabelkan pada **Tabel 1** sebagai berikut

Tabel 1. Rekapitulasi Perkuatan Struktur

No.	Model Struktur	Frekuensi (Hz)	Perbandingan (%)
1	Struktur Eksisting	0,660	100,00
2	Alternatif 1	0,855	129,55
3	Alternatif 2	0,879	133,18
4	Alternatif 3	0,792	120,12
5	Alternatif 4	0,818	123,93
6	Alternatif 5	0,814	123,33
7	Alternatif 6	0,825	125,00
8	Alternatif 7	0,838	126,96
9	Alternatif 8	0,810	122,72

Setelah penambahan dinding geser, frekuensi struktur meningkat sebesar 29,55% untuk Konfigurasi Dinding Geser I, 33,18% untuk Konfigurasi Dinding Geser II, dan 20,12% untuk Konfigurasi Dinding Geser III. Sementara itu, untuk Konfigurasi Dinding Geser IV terjadi peningkatan sebesar 23,93%, dan untuk Konfigurasi V, VI, dan VII masing-masing terjadi peningkatan sebesar 23,33%, 25%, dan 26,96%. Pada Model 8 Penguatan Struktur, peningkatan frekuensi tercatat sebesar 22,72%. Seiring dengan meningkatnya frekuensi struktur, kekakuan struktur juga akan meningkat. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan dinding geser dan elemen struktur tambahan dapat meningkatkan kekakuan struktur berdasarkan analisis frekuensi.

III. Analisis Getaran Eksisting dengan Penambahan U-Ditch

Pada sub bab ini, dilakukan analisis getaran eksisting dengan penambahan U-Ditch, dimana berdasarkan penelitian oleh (Siswanto & Wicaksono, 2011), dilakukan uji eksperimental pengaruh getaran dengan variabel kecepatan kendaraan, jarak sumber dengan alat, dan lebar saluran. Didapatkan hasil dari pengujian eksperimental yang disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Tabulasi Rata rata Data Getaran, Kecepatan, Jarak dan Redaman

Data Survei	Titik Pengamatan	Getaran Rata-Rata	Kecepatan (km/jam)	Lebar Redaman (m)	Jarak (m)
-------------	------------------	-------------------	--------------------	-------------------	-----------

Minggu	1	0.2446	51.192	32	5
	1	0.2279	50.144	48	5
	1	0.2219	50.998	75	5
Senin	2	0.1702	51.192	32	15
	2	0.1592	50.144	48	15
	2	0.1546	50.995	75	15
Selasa	3	0.1195	51.192	32	25
	3	0.1119	50.144	48	25
	3	0.1082	50.988	75	25

Dimana lebar redaman adalah lebar saluran, kecepatan adalah kecepatan kendaraan. Dari **Tabel 2** tersebut dilakukan uji analisis regresi linear berganda dengan menggunakan software Minitab. Didapatkan persamaan regresi yang dapat dilihat pada **Gambar 20**.

C1 <input checked="" type="checkbox"/>	C2	C3	C4
Get (mm/s)	v (km/h)	h (cm)	Jarak (m)
0,2446	51,192	32	5
0,2279	50,144	48	5
0,2219	50,988	75	5
0,1702	51,192	32	15
0,1592	50,144	48	15
0,1546	50,988	75	15
0,1195	51,192	32	25
0,1119	50,144	48	25
0,1082	50,988	75	25

Gambar 19 Input data ke program bantu Minitab

Regression Equation

$$\text{Get (mm/s)} = -0,017 + 0,00578 v \text{ (km/h)} - 0,000357 h \text{ (cm)} - 0,005913 \text{ Jarak (m)}$$

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0074711	98,71%	97,94%	96,16%

Gambar 20 Persamaan dan Koefisien Minitab

Dari pemodelan minitab, didapatkan nilai R-Square, R-Square Adjusted, dan R-Square Prediction sudah bernilai cukup tinggi dengan angka mendekati 1, sehingga hasil eksperimental jurnal tersebut sudah bernilai cukup baik. Selanjutnya, persamaan regresi dimasukkan dalam perhitungan Microsoft excel dengan pengujian pertama tanpa menggunakan saluran (Lebar Saluran = 0 cm) dan menggunakan U-Ditch (Lebar Saluran = 240 cm), dengan asumsi kecepatan truk sebesar 40 km/jam, didapatkan hasil sebagai berikut:

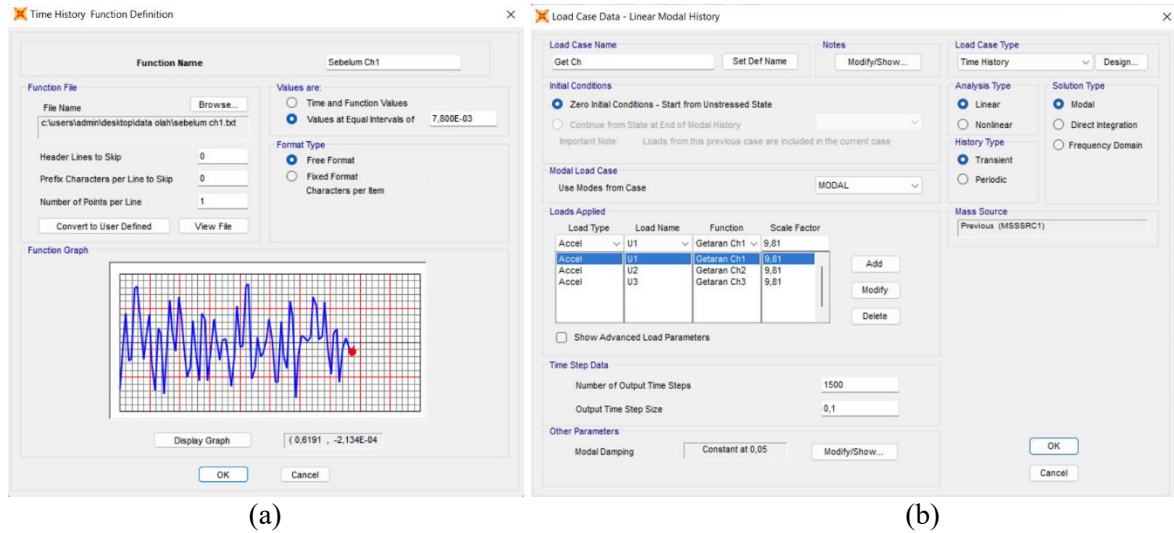
$$G = -0.017 + 0.00578 v - 0.000357 b - 0.005913 s \dots \dots \dots \text{pers.1}$$

dimana:

- G = getaran (mm/s)
- v = kecepatan (km/h)
- b = lebar saluran (cm)

s = jarak saluran ke titik tinjau (m)

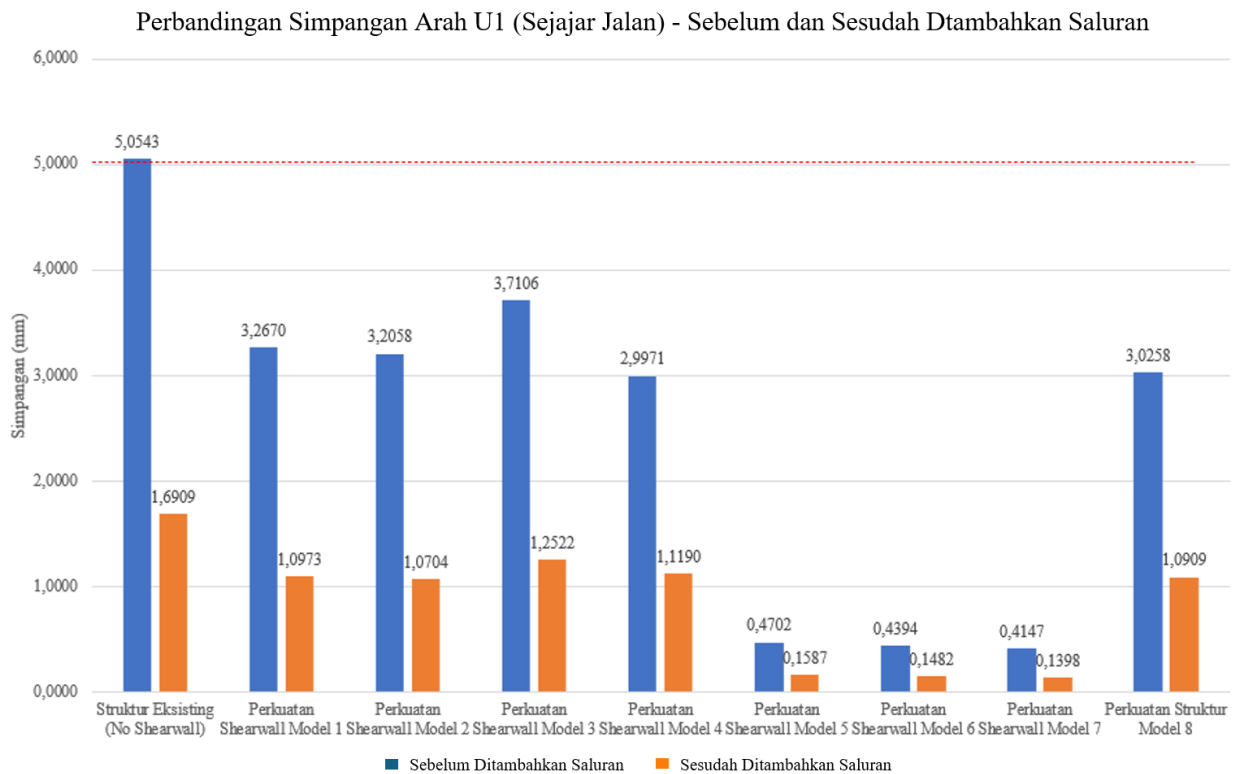
Dengan Persamaan 1 tersebut, dengan asumsi kecepatan laju kendaraan sebesar 40 km/jam didapatkan frekuensi awal tanpa saluran adalah sebesar 0.15507 mm/s, sedangkan setelah pemasangan U-Ditch dengan lebar 2.4 meter, didapatkan frekuensi sebesar 0.0693 mm/s atau terjadi pengurangan sebesar 52.25% dari frekuensi awal. Kemudian, dilakukan input beban ke pemodelan SAP 2000 yang dapat dilihat pada **Gambar 21** baik untuk frekuensi sebelum diberikan U-Gutter dan setelah diberikan U-Gutter yang akan dibandingkan simpangannya dimana pemasangan U-Gutter disajikan pada **Gambar 18**.



Gambar 21. Input Hasil Pengujian ke SAP 2000 (a) Input Time History Function (b) Input Beban Time History untuk Arah U1, U2, dan U3



Gambar 18. Pemasangan U-Gutter untuk mengurangi getaran yang terjadi



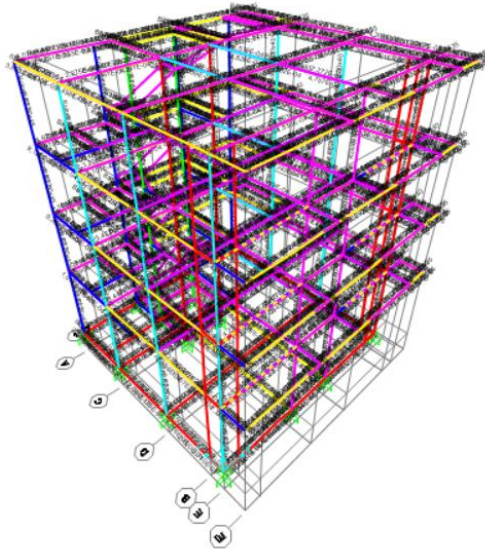
Gambar 22. Pemodelan Struktur Alternatif yang Digunakan

Frekuensi yang dimasukkan ke dalam gedung dikonversikan ke dalam simpangan yang akan dibandingkan untuk setiap kondisi baik untuk kondisi eksisting dan kondisi alternatif, dimana baik untuk simpangan struktur eksisting hingga perkuatan terjadi pengurangan simpangan akibat getaran setelah penambahan U-Gutter sebesar 66.54%. Dimana pemilik bangunan memilih Alternatif Pemilihan ke-1 yang mencakup pembuatan dinding geser karena tidak mengubah fungsi ruang dan biaya yang efisien. Dimana langkah berikutnya adalah menghitung struktur eksisting akibat beban dari dinding geser dan merancang penulangan dinding geser tersebut.

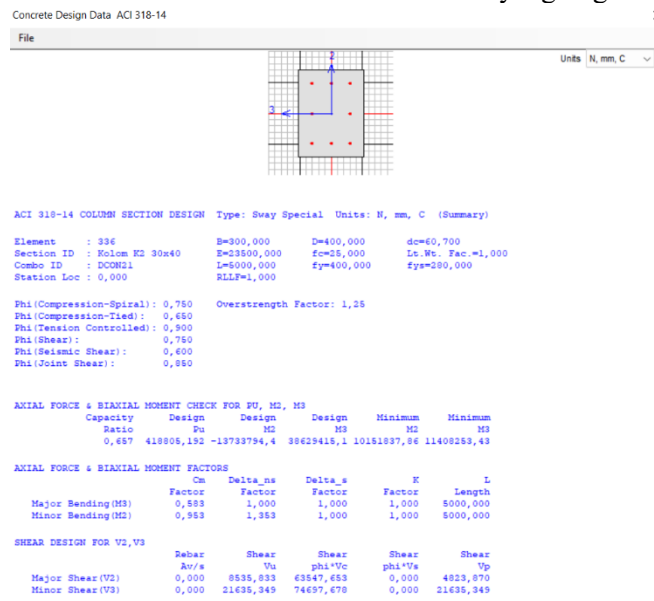
IV. Desain dan Evaluasi Struktur Eksisting

Pada tahap ini, evaluasi dilakukan terhadap struktur eksisting dengan fokus pada perhitungan penampang dan penulangan balok serta kolom yang ada, serta perencanaan penulangan untuk dinding geser yang diusulkan. Penghitungan ulang dilakukan untuk memastikan struktur mampu menahan beban mati dari pelaksanaan pengecoran dinding geser. Pemodelan dan evaluasi struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan metode finite element untuk mendapatkan hasil yang akurat. **Gambar 23** menunjukkan pemodelan struktur alternatif yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan struktur setelah penambahan dinding geser. Selanjutnya, **Gambar 24** menggambarkan kontrol struktur menggunakan SAP2000, yang memberikan gambaran lebih jelas tentang distribusi beban pada elemen struktural. **Gambar 25** menunjukkan kontur momen dengan pembebanan envelope yang terjadi pada struktur, dan **Gambar 26** menampilkan analisis penulangan yang dilakukan menggunakan SPColumn untuk memastikan ukuran dan penempatan tulangan pada dinding geser telah sesuai dengan kebutuhan perencanaan struktural. Tahap ini meliputi evaluasi struktur baik penampang dan penulangan balok dan kolom eksisting dan perencanaan penulangan dinding geser, dimana elemen tersebut akan dilakukan perhitungan ulang akibat beban mati dari pelaksanaan saat pengecoran dinding geser.

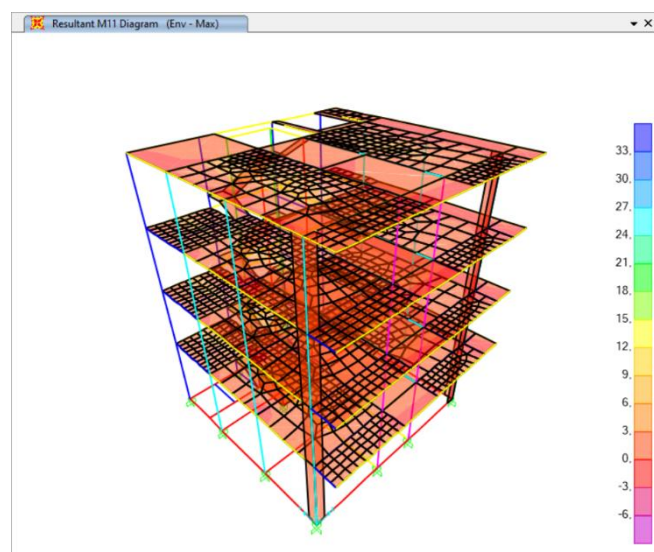
Evaluasi dilakukan dengan program finite element method dengan SAP 2000, dimana berdasarkan perhitungan dan evaluasi struktur eksisting, struktur masih kuat untuk menahan beban mati dan dinding geser secara aman. Berdasarkan analisa momen untuk perencanaan dinding geser dikategorikan aman dengan penggunaan tulangan 2D16 – 100 mm.



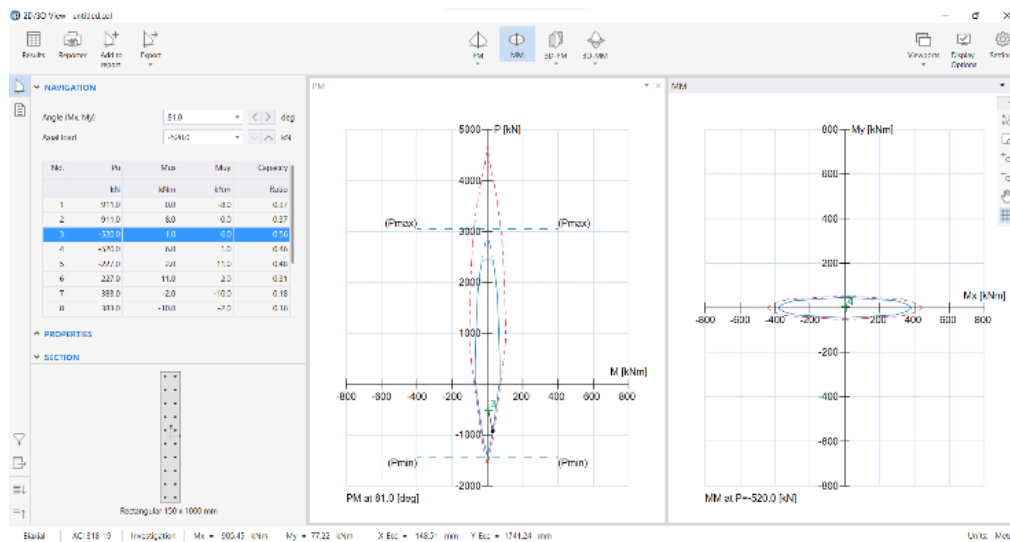
Gambar 23. Pemodelan Struktur Alternatif yang Digunakan



Gambar 24. Kontrol Struktur dengan SAP 2000



Gambar 25. Kontur Momen dengan pembebanan Envelope



Gambar 26. Analisa Penulangan dengan SPCOLUMN

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa getaran yang dihasilkan oleh lalu lintas truk memiliki dampak signifikan terhadap struktur gedung lima lantai di Surabaya. Frekuensi natural struktur eksisting yang dihitung menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT) adalah 0,66 Hz, yang melebihi periode fundamental maksimum (0,95 s), mengindikasikan potensi ketidaknyamanan penghuni akibat getaran eksternal. Penambahan shear wall pada struktur berhasil meningkatkan kekakuan secara signifikan, dengan frekuensi natural meningkat sebesar 29,55% untuk konfigurasi Shear Wall I dan hingga 33,18% untuk Shear Wall II, mencapai 0,855 Hz. Selain itu, penggunaan U-Gutter sebagai metode mitigasi getaran menunjukkan pengurangan getaran sebesar 52,25%, dari 0,15507 mm/s menjadi 0,0693 mm/s setelah pemasangan saluran dengan lebar 2,4 meter. Dari delapan alternatif perbaikan yang dianalisis, alternatif pertama, yang mencakup penambahan shear wall dan penggunaan U-Gutter, dipilih sebagai solusi yang paling efisien dan ekonomis, dengan peningkatan frekuensi dan pengurangan simpangan getaran sebesar 66,54%. Evaluasi terhadap struktur eksisting setelah penambahan shear wall menunjukkan bahwa struktur masih aman untuk menahan beban tambahan tanpa mengurangi integritasnya, dengan penggunaan tulangan 2D16-100 mm pada dinding geser yang cukup memenuhi syarat. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan shear wall dan penggunaan U-Ditch secara signifikan dapat meningkatkan kekakuan dan meredam getaran pada struktur

DAFTAR PUSTAKA

- Adhidhuto, L.S., Muhammad, R., Kurniawan, J., Santosa, P., & Priyanto, A. (2021). Respon Struktur Candi Mendut Terhadap Getaran Lalu Lintas. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*, 15(1), 35–51.
- Alfira, F.A., Khambali, K., Suprijandani, S., & Sari, E. (2023). Analysis Of Train Vibration And Noise On Population Subjective Complaints. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(1), 96–101.
- Baraccani, S., Azzara, R.M., Palermo, M., Gasparini, G., & Trombetti, T. (2020). Long-term seismometric monitoring of the two towers of Bologna (Italy): modal frequencies identification and effects due to traffic induced vibrations. *Frontiers in Built Environment*, 6, 85. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.539043>
- Connolly, D.P., Kouroussis, G., Woodward, P.K., Costa, P.A., Verlinden, O., & Forde, M.C. (2014). Field testing and analysis of high speed rail vibrations. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 67, 102–118. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2014.08.015>
- Erkal, A. (2019). Impact of Traffic-Induced Vibrations on Residential Buildings and Their Occupants in Metropolitan Cities. *Promet - Traffic&Transportation*, 31(3), 271–285. <https://doi.org/10.7307/ptt.v31i3.3000>

- Handayani, D., Musthofiah Hidayah Mahmudah, A., & Pangalapan Tua, P. S. (2025). Kajian Literatur Sistematis: Alat Pengukuran Intensitas Getaran Akibat Aktivitas Transportasi. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 11(01), 63–71. <https://doi.org/10.33506/rb.v11i01.3997>
- Kawecki, J., & Stypula, K. (2013). Designing roads near the buildings providing the necessary vibrational comfort for the residents. *Procedia Engineering*, 57, 549–556. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.070>
- Kamsuta, K., Irawanto, E., Rahmawati, H.V., & Widayanti, B.H. (2020). Efektivitas pembangunan rumah risha, rika dan riko (3R) bagi masyarakat terdampak gempa. *Jurnal Planoeearth*, 5(1), 20–24.
- Kouroussis, G., Mouzakis, H.P., & Vogiatzis, K.E. (2017). Structural impact response for assessing railway vibration induced on buildings. *Mechanics & Industry*, 18(8), 803. <https://doi.org/10.1051/meca/2017045>
- Ma, M., Markine, V., Liu, W.N., Yuan, Y., & Zhang, F. (2011). Metro train-induced vibrations on historic buildings in Chengdu, China. *Journal of Zhejiang University-Science A*, 12(10), 782–793. <https://doi.org/10.1631/jzus.A1000476>
- Nursyamsu Asjuh, L.B. (2019). Pengaruh penggunaan limbah karet ban bekas sebagai bahan tambah pada campuran Ac-Bc. *Repository Universitas Gajah Mada*.
- Peris, E., Woodcock, J., Sica, G., Sharp, C., Moorhouse, A.T., & Waddington, D.C. (2016). Guidance for new policy developments on railway noise and vibration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 85, 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.01.021>
- Qiu, Y., Zou, C., Wu, J., Shen, Z., & Zhong, Z. (2023). Building vibration measurements induced by train operation on concrete floor. *Construction and Building Materials*, 394, 132283. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132283>
- Sugiarto, A.R., & Saripudin, M. (2024). Integration of RISHA and Eco-Damper Prevents Earthquake Damage to Houses. *Semesta Teknika*, 27(2), 195–202. <https://doi.org/10.18196/st.v27i2.22940>
- Tobing, I.M., Fikri, F., & Siregar, A.M.R. (2023). Pengaruh Getaran Kereta Api Terhadap Bangunan yang Berdekatan dan Solusi (Studi Kasus: Jalur Kereta Api Natar-Panjang). *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 27(3), 1–5.

