

PEMODELAN PERILAKU STRUKTUR BAJA AKIBAT BEBAN DINAMIK MENGUNAKAN MEJA GETAR

Pebri Antoni Candra¹, Reni Suryanita¹, Harnedi Maizir²

¹Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas
KM 12,5, Pekanbaru, 28293, Indonesia

²Jurusan Teknik Sipil STT Pekanbaru, Jalan Dirgantara, Pekanbaru, 28289, Indonesia

*Email: pebri.antoni1250@grad.unri.ac.id

Abstrak

Perilaku struktur akibat beban gempa menjadi kendala karena keterbatasan pengujian dengan skala asli dan gempa yang tidak setiap saat terjadi maka sering digunakan metode elemen hingga untuk mengetahui perilaku struktur, dengan adanya teknik similitude law dan meja getar memungkinkan menguji secara langsung perilaku struktur akibat beban dinamis, penelitian ini membandingkan perilaku struktur yaitu berupa perpindahan yang didapat dengan menggunakan software dan dengan menggunakan metode eksperimen. Model bangunan yang diuji merupakan bangunan baja dengan 9 lantai dimana diuji dengan menggunakan meja getar dengan frekuensi yang bervariasi dari 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 300 Hz untuk melihat perbedaan dari respon struktur. Dari frekuensi didapat nilai percepatan yang kemudian dijadikan gaya pada metode elemen hingga. Hasil menunjukkan pada uji eksperimen nilai perpindahan sebesar 0,155 mm, 1,099 mm, 0,199 mm, 1,367 mm dan 1,790 mm, untuk setiap frekuensi yang berbeda, sedangkan hasil dari metode elemen hingga sebesar 0,459 mm, 0,937 mm, 0,526 mm, 1,315 mm dan 0,636 mm. Semakin tinggi frekuensi yang diberikan pada struktur model maka perpindahan semakin besar. Hasil pengujian perpindahan pada model mendekati hasil metode elemen hingga pada frekuensi 150 Hz dan 250 Hz, sehingga pengujian dengan metode meja getar bisa jadi satu alternatif baru dalam menentukan perilaku struktur.

Kata kunci: Perilaku Struktur, Struktur Baja, Beban Dinamik, Meja Getar, Pemodelan

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu wilayah yang berpotensi tinggi mengalami bencana gempa bumi karena terletak pada pertemuan lempeng aktif di dunia yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Hindia-Australia, dan Lempeng Pasifik. Ketiga lempeng tersebut bergerak ke berbagai arah menyebabkan pembentukan patahan-patahan aktif baik di wilayah daratan maupun di dasar laut yang menjadi sumber timbulnya gempa bumi tektonik. (Farhan Harahap & Muhammad Fauzan, 2019), Perilaku struktur akibat gempa dapat diramalkan dengan analisis dinamik. Pada umumnya, analisis ini jauh lebih sederhana dan mampu menggambarkan bagaimana pola keruntuhan struktur akibat gempa. Namun, seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, pengujian eksperimental memiliki peranan penting dalam ilmu rekayasa struktur kegempaan. Salah satunya yaitu *shaking table test* yang merupakan teknik pendekatan eksperimental yang digunakan untuk menilai bagaimana perilaku struktur dalam merespon peristiwa gempa bumi. Pada alat ini, gempa bumi disimulasikan oleh seperangkat alat meja getar yang dibangkitkan oleh motor penggerak dengan frekuensi yang dapat diatur sehingga mengakibatkan meja bergetar pada arah lateral.

Menurut (Stiawan & Pawirodikromo, n.d.) nilai simpangan struktur akan meningkat dari tingkat yang paling rendah hingga tingkat yang paling tinggi, serta pengaruh kandungan frekuensi terhadap simpangan struktur bangunan yaitu gempa dengan kandungan frekuensi rendah memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap kerusakan struktur dikarenakan struktur bangunan yang ada bergetar dengan frekuensi yang rendah juga. Penelitian terdahulu sudah banyak mengkaji Pemodelan Struktur Portal Beton Bertulang terhadap Beban Dinamik menggunakan Meja Getar. (Patil & Bhanuse, 2020) melakukan pengujian meja getar untuk mengevaluasi kelayakan model prototip struktur baja dengan skala 1/20 terhadap beban seismik dengan variasi ketinggian dan massa pada struktur di atas

meja getar, dimana didapat hasil berupa rekaman percepatan, kecepatan, simpangan yang mendekati struktur prototif. (Konapure & Muddiddi, 2018), melakukan studi menggunakan meja getar untuk mempelajari bagaimana kinerja seismik pada portal beton untuk mengidentifikasi parameter struktur yang paling berpengaruh. Penelitian dilakukan secara analitik dan eksperimental dan kemudian hasilnya dibandingkan. Model prototip dari struktur beton ini terbuat dari baja yang ditentukan berdasarkan *Similitude Law*. Mengingat semakin banyaknya bangunan tinggi dan sering terjadi gempa di Riau, serta banyaknya kawasan di Indonesia yang mempunyai kondisi tanah lunak, juga pentingnya dampak yang ditimbulkan jika gempa terjadi, sehingga menarik untuk melakukan Penelitian eksperimental Simulasi bangunan tinggi di Riau, dalam hal ini perlu dilakukan studi kasus yang diwaliki bentuk bangunan Politeknik kesehatan Kementerian Kesehatan di Riau dengan menggunakan meja getar dengan penskalaan yang diatur dalam *similude metode* kemudian dibandingkan dengan mode yang terdapat dalam aplikasi *elemen hingga*.

2. METODOLOGI

2.1. Data Struktur Baja

Jenis propertis penampang balok, kolom dan plat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Parameter Struktur Prototip dan Model

Parameter Struktur	Prototip	Model
Material Struktur	Beton Bertulang	Baja Tulangan (sambungan las)
Tegangan Leleh (fy)	240 Mpa	240 Mpa
Tegangan Tarik (fu)	370 Mpa	370 Mpa
Kolom K1/ Balok B1/ Bresing (merah)	Beton 50 x 60	Baja Tulangan diameter 3,8 mm
Kolom K2/ Balok B2 (biru)	Beton 40 x 60	Baja Tulangan diameter 3,8 mm
Plat Lantai	Beton Bertulang	Tidak dimodelkan
Jumlah Lantai	10	10
Tinggi lantai 1-2-3-4-5	3,5 m, 4 m, 4 m, 4 m, 4 m	0,07 m, 0,08 m, 0,08 m, 0,08 m
Tinggi lantai 6-7-8-9-10	m	0,07 m, 0,08 m, 0,08 m, 0,08 m
Tinggi lantai 1-2-3-4-5	4 m, 4 m, 4 m, 4 m, 4 m	80 cm
Luas Bangunan	40 m	96 cm x 46 cm
	48 m x 23 m	

2.1.1. Tahapan Analisis

Pada penelitian ini dilakukan 3 tahapan analisis yaitu analisis modal, analisis *time history* menggunakan metode elemen hingga dan analisis eksperimental menggunakan meja getar. Analisis metode elemen hingga bertujuan untuk mengetahui bagaimana perilaku struktur portal ketika mengalami beban dinamik. Beban gempa yang diberikan berupa beban *time history* yang didapat dari hasil pengukuran pada model dengan menggunakan meja getar. Setelah dilakukan analisis metode elemen hingga kemudian dilanjutkan dengan analisis eksperimental. Pengujian eksperimental terhadap model portal baja yang telah diskalakan dengan diberikan beban periodik berupa getaran yang dihasilkan oleh meja getar. Hasil dari analisis eksperimental kemudian dibandingkan dengan hasil analisis menggunakan metode elemen hingga.

2.1.2. Analisis Modal pada Struktur

Analisis modal digunakan untuk menentukan bagaimana perilaku struktur ketika posisi kesetimbangannya terganggu akibat beban luar. Dengan adanya analisis modal, besarnya partisipasi massa struktur dalam menahan beban luar tersebut dapat diketahui. Sebagaimana yang diisyaratkan (SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Gempa Untuk Bangunan Gedung Dan Non Gedung, n.d.)

bahwa besarnya partisipasi massa rasio struktur minimal 90%. Jika rasio tersebut belum tercapai, maka jumlah ragam yang dianalisis harus ditambah sampai memenuhi syarat.

Nilai *Mass Participation Rasio* yang dihasilkan sudah memenuhi syarat yang ditentukan, yang mana persentase partisipasi bangunan terhadap menahan gaya dari luar $> 90\%$. Berikut disajikan hasil dari *Mass Participation Rasio* pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Analisis Modal *Mass Participation Rasio*

Output Case	Item Type	Item	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX		
MODAL	Acceleration	UY		
MODAL	Acceleration	UZ		

2.2. Analisis Dinamik

Analisis dinamik dilakukan untuk mengevaluasi struktur secara lebih akurat terhadap gaya gempa yang bekerja pada struktur. Selain itu, analisis dinamik dapat meramalkan bagaimana perilaku struktur akibat pengaruh gaya gempa. Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis. Pada cara elastis terdapat dua jenis analisis yaitu analisis respon spektra dan analisis *time history*. Pada analisis respon spektra, respon maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi diperoleh dari respon spektrum rencana.

Berikut ini adalah penjelasan tahap analisis dengan bantuan *software* elemen hingga:

1. Struktur portal baja dimodelkan dengan data material dan dimensi berdasarkan data desain struktur.
2. Struktur yang telah dimodelkan berdasarkan beban mati akibat berat sendiri struktur dianalisis menggunakan analisis modal dengan tujuan untuk mengetahui periode dan frekuensi alami struktur serta nilai *mass participation rasio*.
3. Berdasarkan hasil dari nilai percepatan yang didapat dari pengujian dengan meja getar kemudian di masukkan sebagai beban gempa pada model di *software* elemen hingga .
4. Menganalisis struktur portal baja terhadap beban gempa *time history* yang telah dihitung. Beban gempa yang diberikan berupa percepatan searah sumbu Y.
5. Menampilkan perilaku struktural akibat beban respon spektrum terhadap parameter perpindahan dan percepatan maksimum.

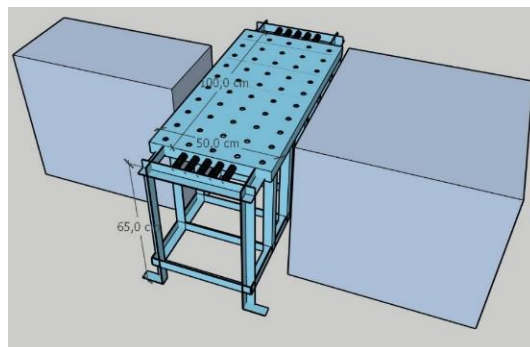
2.3. Analisis Shaking Table Test

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat meja getar di Laboratorium PT. Harista Karsa Mandiri, Pekanbaru. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

a. Alat – Alat Penelitian

• Meja Getar

Meja getar dibuat dari material baja yang berfungsi sebagai penghasil getaran. Periode dan frekuensi dari meja getar ini dapat diatur sesuai dengan kebutuhan pengujian.



Gambar 1. Meja Getar

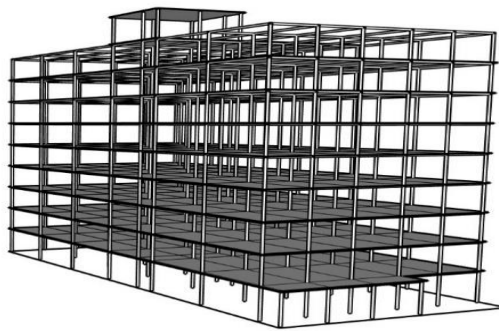
- *Physics Toolbox Suite*

Merupakan aplikasi android yang digunakan sebagai pengganti sensor percepatan pada pengujian meja getar. Berfungsi untuk mengukur dan menyesuaikan percepatan meja getar dengan percepatan batuan dasar yang telah direncanakan. Aplikasi ini digunakan dengan cara meletakkan android pada plat meja yang bergetar dan di *monitoring* pada layar android. Ketika mejar bergetar maka dengan otomatis sensor tersebut menghitung percepatan yang diberikan oleh meja getar.

- *Sensor Displacement Meter*

Sensor *Displacement Meter* merupakan salah satu perangkat yang terhubung ke meja gerat yang berfungsi sebagai sensor perpindahan. Sensor ini digunakan dengan meletakkan perangkat pada lantai model struktur sesuai dengan titik tinjau sehingga ketika meja bergetar maka diketahui perpindahan pada titik tersebut.

b. Bahan Penelitian

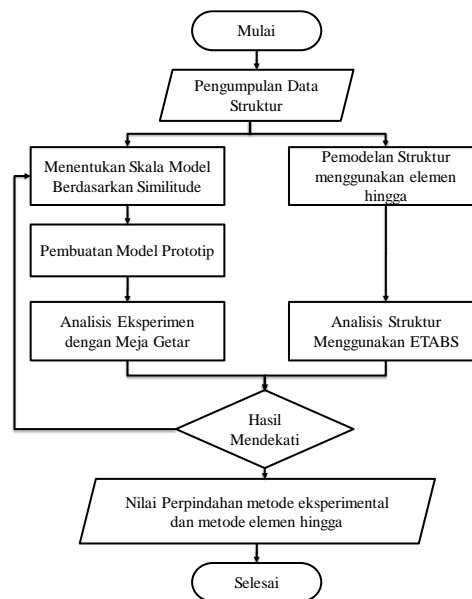


Gambar 2. Model terbuat dari besi diameter 3,8 mm.

Adapun tahapan penelitian menggunakan meja getar adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan skala berdasarkan *similitude law*
Model prototip dari struktur portal baja dihitung dan diskalakan berdasarkan *Similitude Law*. Skala model yang digunakan adalah 1/50 yang disesuaikan dengan ukuran meja getar.
2. Pembuatan model prototip
Model prototip terdiri Elemen kolom dan balok pada model diasumsikan dengan baja bulat.
3. Pengujian *shaking table test*
 - Model mini dari struktur diletakkan di atas meja getar kemudian diberi sambungan baut terhadap meja getar sebagai asumsi perletakan jepit.
 - Sebelum pengujian, perangkat android disiapkan sebagai alat sensor. Sensor percepatan diletakkan di permukaan meja getar dan sensor perpindahan diletakkan pada titik yang ditinjau.
 - Meja getar dihidupkan kemudian getaran yang diberikan diatur dan di *monitoring* pada sensor agar sesuai dengan frekuensi rencana
 - Kemudian nilai percepatan yang direkam dicatat dan dimasukkan kedalam metode elemen hingga untuk dijadikan Beban gempa..
 - Sensor perpindahan yang terletak di tiap lantai model diamati selama waktu yang diinginkan dan dicatat perpindahan maksimum yang terjadi selama diberikan percepatan gempa. Dari nilai perpindahan maksimum dapat dihitung simpangan antar lantai pada model prototip.
4. Membandingkan hasil analisis dan eksperimental

2.4. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Ekperimental pada lantai dasar

Respon dari Uji lantai dasar menggunakan meja getar dapat diketahui dengan menggunakan alat sensor akselerometer yang dipasang pada alat meja getar, kemudian diatur frekuensi sesuai rencana yaitu mulai dari 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz sampai dengan 300 Hz. Dari hasil pengujian, maka didapat nilai percepatan berdasarkan waktu yang kemudian di jadikan beban gempa *time history* pada metode elemen hingga.

3.2. Uji Numerik Nilai Perpindahan

Setelah dilakukan pengujian meja getar pada lantai dasar maka didapat nilai percepatan pada masing-masing frekuensi rencana, kemudian nilai-nilai tersebut dijadikan beban dinamik pada software elemen hingga. Sehingga didapat nilai perpindahan untuk titik tinjauan yang diinginkan.

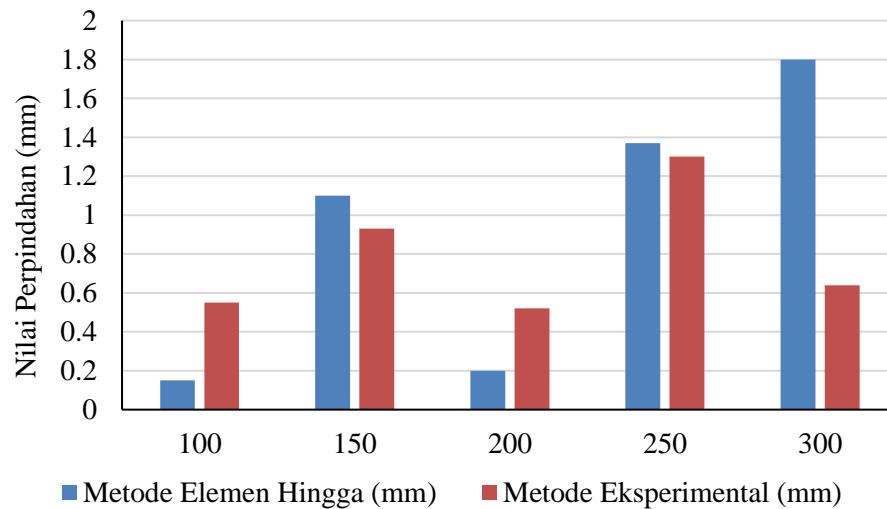
Hasil nilai perpindahan maksimal pada frekuensi 100 Hz didapat sebesar 0,549 mm, sedangkan pada frekuensi 150 Hz menghasilkan nilai sebesar 0,937, kemudian untuk nilai pada frekuensi 200 didapat sebesar 0,526 mm, berikutnya pada frekuensi 250 nilai perpindahan sebesar 1,350 mm, dan terakhir pada frekuensi 300 Hz nilai perpindahan sebesar 0,638 mm.

3.3. Uji Ekperimental Perpindahan

Respon Perpindahan pada titik yang ditinjau dilakukan dengan menggunakan alat sensor perpindahan. Hasil nilai perpindahan maksimal pada frekuensi 100 Hz didapat sebesar 0,155 mm, sedangkan pada frekuensi 150 Hz menghasilkan nilai sebesar 1,099, kemudian untuk nilai pada frekuensi 200 didapat sebesar 0,199 mm, berikutnya pada frekuensi 250 nilai perpindahan sebesar 1,367 mm, dan terakhir pada frekuensi 300 Hz nilai perpindahan sebesar 1,790 mm.

3.4. Pembahasan

Nilai perpindahan yang didapat dari hasil Pengujian dengan metode elemen hingga dan metode ekperimental disajikan dalam grafik dibawah ini.



Gambar 3. Nilai perpindahan dengan metode elemen hingga dan metode meja getar

Dari grafik diatas, hasil uji perpindahan dengan menggunakan metode elemen hingga hampir sama dengan metode eksperimental pada frekuensi 150 Hz dan 250 Hz, namun agak berbeda pada frekuensi yang terlalu rendah yaitu 100 Hz dan 250 dan 300 Hz.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pada frekuensi 100 Hz, didapat nilai perpindahan sebesar 0,115 mm dengan menggunakan metode ekperimental dan 0,459 mm untuk metode dengan menggunakan software. sedangkan untuk frekuensi 150 Hz, nilai perpindahan adalah 1,099 mm untuk pengujian eksperimental dan 0,937 mm untuk pengujian dengan menggunakan software, kemudian pada frekuensi 200 Hz, metode ekperimental menghasilkan perpindahan sebesar 0,199 mm sedangkan untuk hasil software adalah 0,526 mm. Selanjutnya pada frekuensi 250 Hz untuk pengujian ekperimental didapat nilai 1,367 mm sedangkan dengan menggunakan software didapat nilai 1,315 mm. Terakhir pada pengujian frekuensi 300 Hz didapat nilai 1,790 mm untuk pengujian eksperimental dan 0,636 mm dengan menggunakan metode elemen hingga. Semakin tinggi frekuensi yang diberikan pada stuktur model maka perpindahan semakin besar, hasil pengujian perpindahan pada model mendekati hasil hasil metode elemen hingga pada frekuensi 150 Hz dan 250 Hz, sehingga pengujian dengan metode meja getar bisa jadi satu alternatif baru dalam menentukan perilaku struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Farhan Harahap, M., & Muhammad Fauzan, dan. (2019). *Perilaku Dinamik pada Struktur Apartemen Metro Galaxy Park terhadap Beban Gempa (Dynamic Behavior of Metro Galaxy Park Apartment Structure Against Earthquakes)* (Vol. 04, Issue 03).
- Konapure, C. G., & Muddiddi, M. S. (2018). Determination of Time Period and Evaluation of Seismic Response of Framed Structure with Different Approaches. *International Research Journal of Engineering and Technology*. www.irjet.net
- Patil, A. E., & Bhanuse, M. M. (2020). Computational Engineering and Physical Modeling Seismic Analysis of Eccentric Steel Structure on a Shaking Table ARTICLE INFO ABSTRACT. *Computational Engineering and Physical Modeling*, 3(2), 1–11. <https://doi.org/10.22115/CEPM>

SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung. (n.d.).
Stiawan, Y. A., & Pawirodikromo, W. (n.d.). *Analisis Pengaruh Kandungan Frekuensi terhadap Respons Struktur Bangunan dengan Kekakuan Muto.*