

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

1.6 MODELISASI STRUKTUR

Penelitian menyeluruh mengenai identifikasi kerusakan pada struktur dengan menggunakan properti modal struktur seharusnya dilakukan dengan cara mengkombinasikan proses pengukuran dan analisa modelisasi. Sehingga dapat dilakukan pencocokkan antara besar tingkat kerusakan nyata pada suatu struktur yang rusak dan besar tingkat kerusakan berdasarkan analisa modelisasi identifikasi lokasi dan tingkat kerusakan pada struktur yang didasarkan atas data hasil pengukuran data modal. Sebagai contoh adalah gedung Hotel Van Nuys yang rusak akibat gempa *Northridge* 1994, secara global lokasi kerusakan pada gedung ini telah diketahui dan peneliti mencoba melakukan pengukuran properti modal gedung tersebut dengan menggunakan metode *ambient excitation vibration*.

Namun, pada kesempatan ini, penelitian hanya difokuskan untuk melakukan modelisasi struktur dalam kondisi tanpa kerusakan dan dalam beberapa kondisi dimana struktur mengalami kerusakan pada beberapa lokasi yang telah diketahui tanpa dilakukan pengukuran. Kemudian dengan metode identifikasi kerusakan yang diajukan oleh Ma Ge dan Eric M. Lui (2005), lokasi kerusakan dan besarnya tingkat kerusakan akan diidentifikasi. Dengan metode tersebut akan dilakukan beberapa simulasi untuk membuktikan bahwa metode yang diajukan benar mampu mengidentifikasi lokasi dan tingkat kerusakan, kemudian simulasi untuk melihat tingkat keakurasian metode tersebut terhadap perbedaan letak dan fungsi elemen struktur yang ditinjau, juga simulasi terhadap penambahan bentang dan tingkat pada sistem struktur dan yang terakhir adalah simulasi efek penggunaan pasangan data moda (data properti dinamik) yang berbeda untuk mengidentifikasi kerusakan suatu elemen dalam satu sistem struktur tertentu.

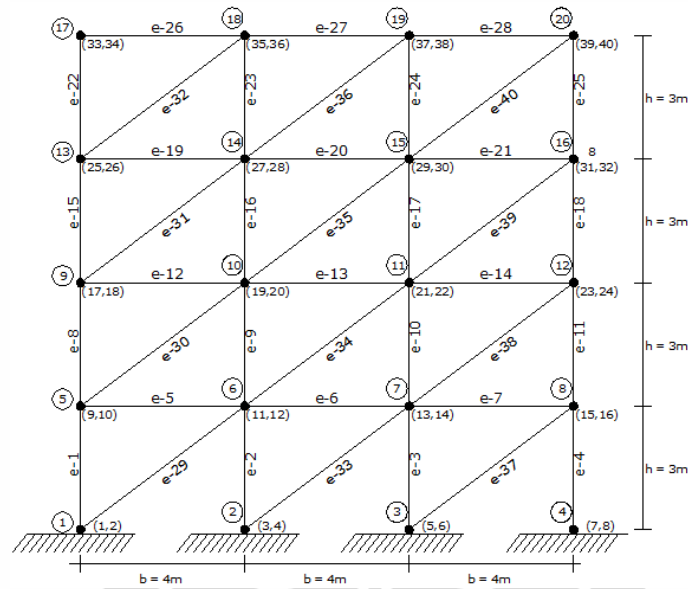
Secara umum, sesuai dengan penjelasan mengenai metode identifikasi kerusakan dengan menggunakan properti modal, terdapat satu sistem struktur yang berada pada dua kondisi, yaitu dengan dan tanpa kerusakan. Dengan

memodelkan sistem struktu dengan metode elemen hingga, properti dinamik (properti modal) sistem struktur tersebut baik dengan dan tanpa kerusakan dapat diketahui. Lalu dengan memanfaatkan properti dinamik pada kondisi dengan dan tanpa kerusakan, lokasi dan tingkat kerusakan dapat diketahui. Dimana pada penelitian ini kerusakan di-induksi (pengurangan kekakuan elemen) lalu kemudian proses identifikasi dilakukan sesuai dengan metode yang digunakan, lalu hasil identifikasi dibandingkan dengan letak dan tingkat kerusakan yang sebenarnya (induksi kerusakan). Dari sini kita dapat mengevaluasi tingkat simpangan (error) yang dihasilkan oleh perbedaan antara hasil metode identifikasi yang kita gunakan dengan kerusakan yang kita induksi.

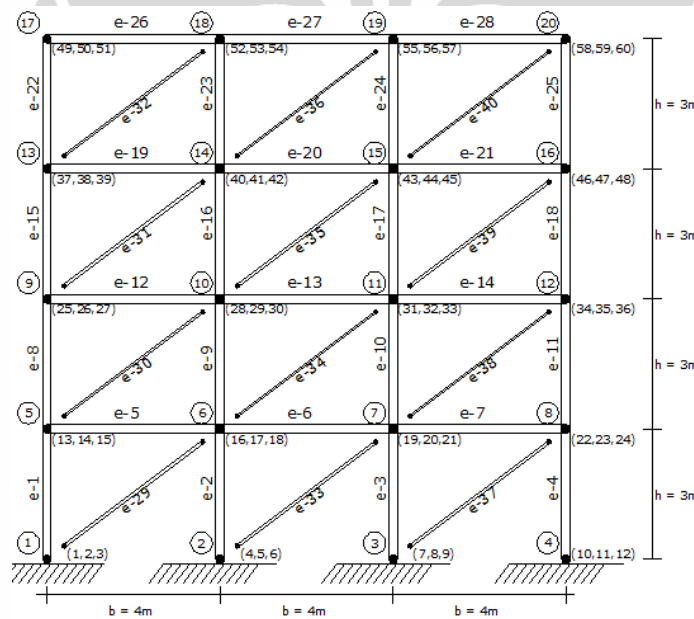
3.1.1 Modelisasi Struktur Dengan (*Damaged*) dan Tanpa Kerusakan (*Undamaged*)

Sistem struktur seperti disebutkan sebelumnya akan dimodelkan dengan menggunakan metode elemen hingga. Dimana pada sebagian besar kasus sistem struktur akan dimodelkan dengan menggunakan elemen rangka batang 2 dimensi, namun untuk beberapa kasus akan juga dilakukan pemodelan sistem struktur elemen hingga dengan penggunaan elemen portal 2 dimensi.

Pada penelitian ini, seluruh sistem struktur yang dibentuk dimodelkan dalam dua dimensi dan secara fungsi elemen penyusun struktur dibedakan kedalam kolom (elemen vertikal), balok (elemen horizontal) dan pengaku (elemen diagonal). Berikut adalah gambar contoh pemodelan sistem struktur yang dilakukan pada penelitian ini :



Gambar 9.-Struktur 3bentang 4tingkat – Rangka 2D



Gambar 10.- Struktur 3bentang 4tingkat – Portal 2D

Pada gambar diatas dapat kita lihat bahwa pada sistem struktur yang dimodelkan dengan elemen rangka, tiap nodal mengandung 2 DOF, berbeda dengan sistem struktur yang dimodelkan dengan elemen portal dimana tiap nodal mengandung 3 DOF. Kemudian untuk sistem struktur portal 2D, elemen diagonal akan tetap dimodelkan sebagai elemen rangka, dikarenakan diasumsikan elemen diagonal sebagai pengaku hanya berdeformasi secara aksial.

Tujuan dari pemodelan struktur tanpa kerusakan ini adalah mendefinisikan suatu sistem struktur acuan pada kondisi dimana struktur tersebut seakan-akan baru selesai melalui tahap konstruksi, sehingga diasumsikan tidak terdapat kerusakan pada struktur tersebut. Dari modelisasi ini, akan dilakukan analisa modal dimana dapat diekstraksi properti modal yang dibutuhkan untuk proses identifikasi kerusakan struktur, yaitu frekuensi natural dan moda getar beberapa moda.

Dikarenakan hanya diperlukan analisa modal, maka tidak diperlukan analisa pembebanan terhadap model struktur.

Kemudian pemodelan struktur dengan kerusakan (*damaged*), dilakukan dengan merubah hasil pemodelan struktur tanpa kerusakan dengan menginduksikan kerusakan dengan cara mengurangi kekakuan elemen-elemen tertentu. Cara yang dilakukan untuk mengurangi kekakuan elemen tersebut adalah dengan mengurangi luasan penampang untuk elemen rangka atau dengan mengurangi luasan penampang dan momen inersia penampang untuk elemen portal.

Pemodelan struktur dibantu dengan penggunaan piranti lunak pemrograman MATLAB R2009a. Dimana skrip pemrograman secara lengkap ditampilkan pada bagian lampiran.

3.1.2 Simulasi Yang Dilakukan

Telah disebutkan bahwa akan dilakukan tiga simulasi, yaitu sebagai berikut :

- 1) Simulasi identifikasi lokasi dan tingkat kerusakan pada suatu sistem struktur.
Pada simulasi ini kita akan meng-induksi kerusakan pada suatu sistem struktur, yaitu struktur 3-bentang, 4-tingkat yang dimodelkan sebagai rangka 2D. Akan di-identifikasi lokasi dan tingkat kerusakan untuk kerusakan 1 elemen dan kerusakan 2 elemen.
- 2) Simulasi identifikasi tingkat kerusakan berdasarkan lokasi dan fungsi elemen pada suatu sistem struktur.

Simulasi ini ditujukan untuk menunjukkan elemen mana yang memberikan hasil identifikasi terbaik (error minimum) apabila ditinjau berdasarkan letak

elemen tersebut dan juga fungsi elemen tersebut sebagai balok, kolom atau pengaku. Selain itu kita juga akan melihat apakah terdapat perbedaan apabila sistem struktur kita modelkan sebagai rangka 2D atau sebagai portal 2D.

Hal yang dilakukan adalah dengan menggunakan sistem struktur seperti pada gambar 9 dan 10. Lalu mengambil beberapa elemen berdasarkan letak (bawah-L, tengah-M, atas-U) dan fungsinya (V, H dan D). Berikut adalah elemen-elemen yang diambil :

- Kolom (V) : elemen 1 (VL), elemen 8 (VM) dan elemen 22 (VU).
- Balok (H) : elemen 5 (HL), elemen 12 (HM) dan elemen 26 (HU).
- Pengaku (D) : elemen 29 (DL), elemen 30 (DM) dan elemen 32 (DU).

Kerusakan yang di-induksi adalah berupa pengurangan kekakuan untuk elemen yang bersangkutan, dimana pengurangan kekakuan dilakukan secara berkala dari 2.5% hingga 40% dengan interval penambahan sebesar 2.5%.

Data modal yang digunakan adalah data modal awal, yaitu moda pertama dan kedua.

- 3) Simulai identifikasi tingkat kerusakan dengan memvariasikan penambahan bentang dan penambahan tingkat sistem struktur.

Cara pengambilan sampel elemen, sistem peng-induksian kerusakan dan penggunaan data modal pada simulasi ini relatif sama dengan simulasi 1, hanya saja pada simulasi ini kita hanya menggunakan sistem struktur rangka-2D serta variasi yang dititikberatkan adalah perubahan bentang dan perubahan tingkat sistem struktur. Jadi kita akan membandingkan hasil identifikasi (error identifikasi kerusakan) ekspansi sistem struktur secara horizontal (penambahan bentang) dengan ekspansi sistem struktur secara vertikal (penambahan tingkat). Berikut adalah variasi ekspansi sistem struktur yang akan diambil :

- Penambahan bentang
 - 1-bentang, 2-tingkat
 - 3-bentang, 2-tingkat
 - 8-bentang, 2-tingkat
 - 10-bentang, 2-tingkat
 - 12-bentang, 2-tingkat

- 14-bentang, 2-tingkat
 - Penambahan tingkat
 - 2-bentang, 1-tingkat
 - 2-bentang, 3-tingkat
 - 2-bentang, 8-tingkat
 - 2-bentang, 10-tingkat
 - 2-bentang, 12-tingkat
 - 2-bentang, 14-tingkat
- 4) Simulasi analisa penggunaan pasangan data moda yang berbeda untuk identifikasi kerusakan elemen tunggal

Pada simulasi ini kita kembali menggunakan sistem struktur pada gambar 9, yaitu sistem struktur rangka 2D 3-bentang 4-tingkat.

Elemen-elemen yang diambil untuk di-identifikasi adalah sebagai berikut :

- Kolom (V) : elemen 1 (VL), elemen 15 (VM) dan elemen 22 (VU).
- Balok (H) : elemen 5 (HL), elemen 19 (HM) dan elemen 26 (HU).
- Pengaku (D) : elemen 29 (DL), elemen 31 (DM) dan elemen 32 (DU).

Yang berbeda pada simulasi terakhir ini adalah kita diberikan 6 data modal (moda getar dan frekuensi natural) awal untuk meng-identifikasi lokasi dan tingkat kerusakan elemen tunggal. Sehingga yang akan kita lakukan adalah memasang-masangkan ke-6 data modal tersebut untuk tiap sampel elemen yang kita ambil, kemudian mencari pasangan data modal yang memberikan error minimum dan maksimum untuk induksi kerusakan 2.5%-40%. Hasil yang diharapkan adalah kita diharapkan dapat menentukan pemilihan pasangan data modal yang memberikan hasil identifikasi yang paling baik.

1.7 INPUT DATA

1.7.1 Dimensi Struktur

Sistem struktur pada penelitian ini berubah-ubah secara jumlah bentang dan tingkat. Namun ukuran panjang per-bentang dan tinggi per-tingkat selalu sama, yaitu $b = 4$ m untuk panjang per-bentang dan $h = 3$ m untuk tinggi per-tingkat.

Sistem struktur dalam penelitian ini merupakan kombinasi dari tiga tipe elemen, yaitu elemen vertikal (kolom), elemen horizontal (balok) dan elemen diagonal (pengaku). Panjang masing-masing tipe elemen adalah 4 m untuk balok, 3 m untuk kolom dan 5 m untuk pengaku.

Berikut adalah spesifikasi geometris elemen-elemen yang digunakan :

- Elemen vertikal (kolom) – W12 x 53
 $I_x = 1.773 \times 10^{-4} \text{ m}^4$
 $A = 0.001 \text{ m}^2$
- Elemen horizontal (balok) – W12 x 45
 $I_x = 1.46 \times 10^{-4} \text{ m}^4$
 $A = 8.516 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
- Elemen diagonal (pengaku) – W10 x 39
 $I_x = 8.74 \times 10^{-5} \text{ m}^4$
 $A = 7.419 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

1.7.2 Properti Material

Properties material struktur yang akan digunakan dalam pemodelan adalah:

1. Sifat material : linier-elastis-isotropis
2. Jenis material : baja
3. Massa jenis (ρ) : 7,85 ton/m³
4. Tegangan leleh (f_y') : 400 Mpa
5. Modulus elastisitas (E) : 200000 Mpa
6. Poisson's ratio (ν) : 0,3

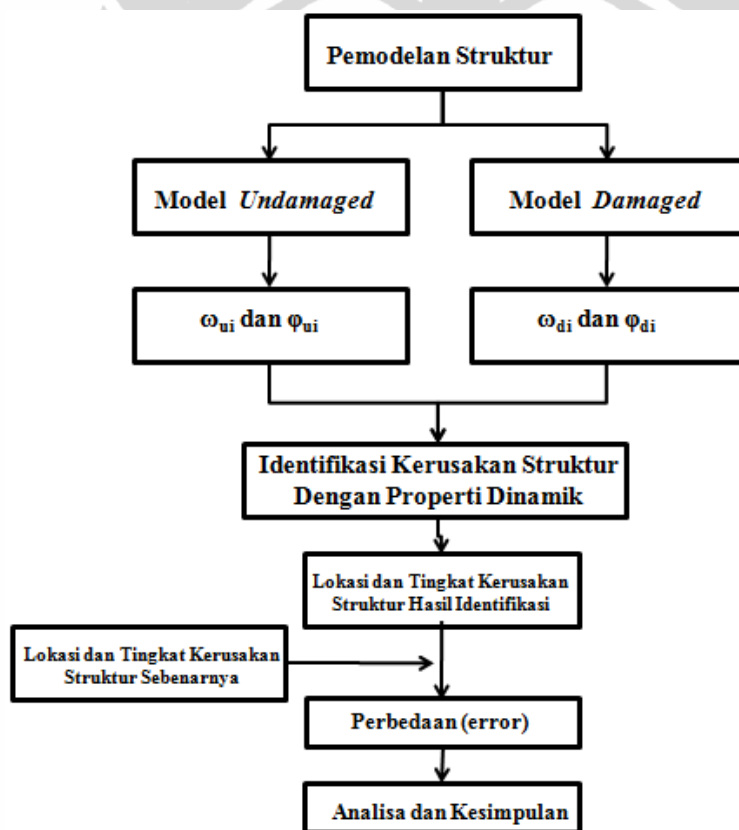
1.8 PROSEDUR ANALISA

Terdapat tiga simulasi besar pada penelitian ini, dimana untuk tiap simulasi dilakukan langkah-langkah repetitif untuk meng-identifikasi kerusakan pada suatu elemen pada suatu sistem struktur. Secara umum, untuk tiap proses identifikasi kerusakan, suatu sistem struktur dibedakan menjadi dua keadaan, yaitu tanpa (*undamaged*) dan dengan dengan kerusakan (*damaged*) yang

keduanya dimodelkan dengan menggunakan metode elemen hingga. Lalu dilakukan ekstraksi data modal untuk tiap keadaan. Hal yang dilakukan berikutnya adalah dengan mempergunakan data-data modal tersebut kedalam algoritma metode identifikasi lokasi dan tingkat kerusakan, sehingga output yang dihasilkan tentunya adalah lokasi kerusakan dan tingkat kerusakan yang terjadi.

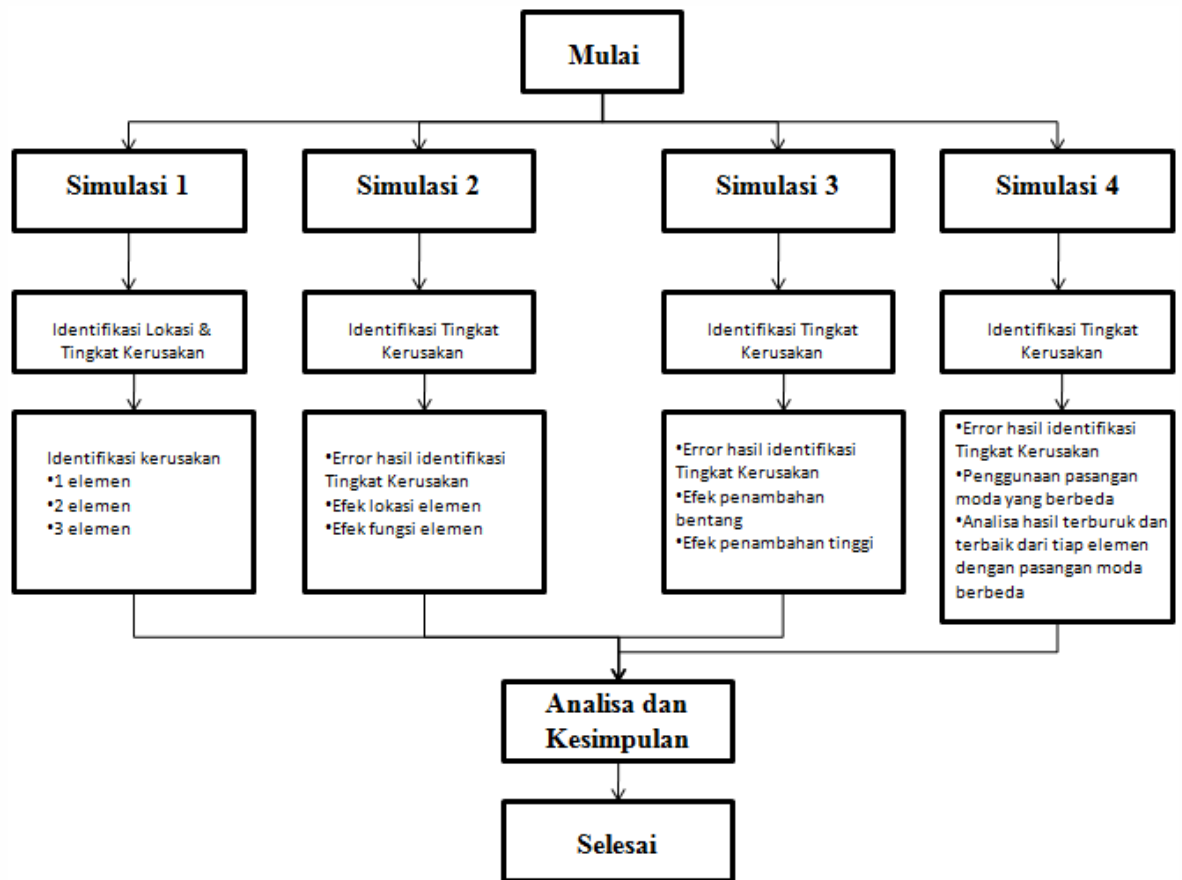
Kemudian, dikarenakan kerusakan yang terjadi adalah berdasarkan induksi, maka kita sebenarnya telah mengetahui dengan pasti lokasi dan tingkatan kerusakan tersebut. Sehingga kita mampu membandingkan hasil identifikasi dengan metode yang kita pilih dengan keadaan yang sebenarnya. Sebagai alat pengukur perbandingan tersebut adalah error identifikasi. Error (perbedaan) identifikasi inilah yang menjadi alat bagi kita untuk menghasilkan suatu analisa pada penelitian ini, untuk tiap simulasi yang kita lakukan.

Berikut adalah diagram alir global prosedur analisa untuk tiap proses identifikasi tingkat dan lokasi kerusakan pada penelitian ini:



Gambar 11. Diagram Alir Proses Identifikasi Lokasi dan Tingkat Kerusakan

Dan berikut adalah diagram alir yang menggambarkan secara global jalannya penelitian ini :



Gambar 12. Diagram Alir Penelitian