

PROGRAM APLIKASI FEM UNTUK ANALISIS STRUKTUR RANGKA BAJA 2D

¹DINI EKA WATI, ²MOHAMMAD GHOZI

^{1,2}Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya
Jl. Ahmad Yani 114 Surabaya, Indonesia
e-mail: ¹ diniekawati@gmail.com, ²mghozi@ubhara.ac.id

ABSTRACT

Truss is the arrangement of elements that form triangles or triangular combinations thereby forming a stable frame structure. To get the optimal structure design required method of analysis and design of the right structure and easy. The node point equilibrium method and the cremona method are static methods used to analyze the truss structure, but it becomes quite complicated if the method is applied to an indeterminate static rod frame that is more complex because the displacement of a deformed node is difficult to obtain. The FEM application program is designed to facilitate the process of structural analysis using the finite element method. The FEM application program created using Visual Basic V.6.0 program will be used to analyze 5 models of 2D steel frame structure. The Models steel frame structure prepared will be analyzed using FEM application program. Results of the analysis will be compared with the results of the analysis using SAP2000 program to get the percentage comparison of the analysis results of both programs. Results of the analysis can be concluded that the structure analysis using FEM application program takes a shorter time than the program SAP2000. As well as the percentage comparison of the analysis results for joint displacement analysis on the X axis between 0% to 5.5482%, while on the Y axis between 0% to 5,5448%. For comparison of member force analysis results is 0%. For comparison of result of joint reaction analysis on X and Y axis is 0%. And for comparison result of member stress analysis is 0%.

Keywords: 2D steel frame, FEM application program, Finite Element Method, SAP2000, Truss structure, Visual Basic program.

ABSTRAK

Rangka batang merupakan susunan elemen yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga sehingga membentuk struktur rangka yang stabil. Untuk mendapatkan desain struktur yang optimal diperlukan metode analisis dan desain struktur yang tepat dan mudah. Metode keseimbangan titik simpul dan metode cremona merupakan metode statika yang pada umumnya digunakan untuk menganalisa struktur rangka batang, namun menjadi cukup rumit apabila metode ini diterapkan pada rangka batang statis tak tentu yang lebih kompleks karena perpindahan titik simpul yang telah berdeformasi cukup sulit untuk didapat. Di lain pihak metode elemen hingga dapat dengan mudah diaplikasikan pada struktur statis tertentu maupun statis tak tentu. Program aplikasi FEM dibuat untuk proses analisis struktur dengan menggunakan metode elemen hingga, menggunakan program Visual Basic V.6.0 kemudian akan digunakan untuk menganalisa 5 model struktur rangka baja 2D. Model struktur rangka baja yang sudah disiapkan akan dianalisa menggunakan program aplikasi FEM, dan kemudian hasil analisa tersebut akan dibandingkan dengan hasil analisa menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan prosentase perbandingan hasil analisa dari kedua program. Dari hasil analisa yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa analisa struktur menggunakan program aplikasi FEM memerlukan waktu yang lebih singkat daripada program SAP2000, serta prosentase perbandingan hasil analisisnya untuk analisa displacement joint pada sumbu X antara 0 % sampai dengan 5,5482 %, sedangkan pada sumbu Y antara 0 % sampai dengan 5,5448 %. Untuk perbandingan hasil analisa member force adalah 0%. Untuk perbandingan hasil analisa joint reaction pada sumbu X dan Y adalah 0 %. Dan untuk perbandingan hasil analisa member stress adalah 0 %.

Kata Kunci: Metode Elemen Hingga, Program Aplikasi FEM, program Visual Basic, Rangka baja 2D, SAP2000, Struktur rangka batang.

1. PENDAHULUAN

Rangka batang (truss) merupakan susunan elemen (batang) yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga sehingga membentuk struktur rangka yang stabil. Untuk mendapatkan desain struktur yang optimal diperlukan metode analisis dan desain struktur yang tepat dan mudah. Pada struktur rangka batang yang sederhana, analisa struktur dapat dilakukan dengan beberapa metode statika dasar, antara lain metode keseimbangan titik simpul dan metode potongan. Persoalan menjadi cukup rumit apabila metode tersebut diterapkan untuk menganalisis struktur statis tak tentu. Di sisi lain metode elemen hingga dapat dengan mudah diaplikasikan untuk menganalisis struktur statis tertentu maupun statis tak tentu, termasuk menghitung perpindahan titik simpul dan penurunan (Dapas, 2011).

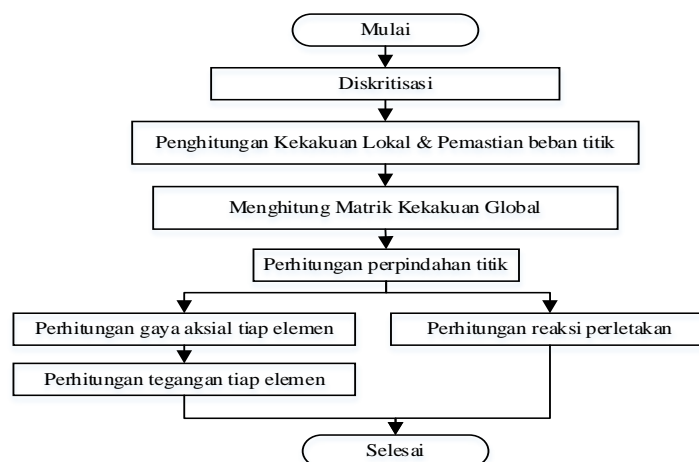
Metode Elemen Hingga (MEH) atau Finite Element Method (FEM) merupakan metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan structural. Konsep dari metode ini adalah dengan membagi objek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang berhingga (Bhafikatti, 2011). Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, FEM sudah banyak digunakan dalam suatu program. Program aplikasi FEM berfungsi untuk lebih memudahkan penyelesaian masalah struktur menggunakan metode elemen hingga. Program aplikasi FEM Ubhara dibuat menggunakan program Visual basic v 6.0. untuk kemudian dibandingkan hasil analisa dengan program SAP2000.

Penggunaan FEM yang digunakan oleh program FEM komersial dapat membantu dalam mencapai desain yang aman (Ghozi dkk, 2011). Program aplikasi FEM hanya dapat digunakan untuk membantu mendapatkan nilai gaya dalam dan defleksi pada analisa struktur dan diharapkan dapat digunakan untuk proses optimasi yang dilakukan secara berulang-ulang, juga belum diketahui perbedaan hasil analisa antara program aplikasi FEM dan program SAP2000. (Ghozi & Budiati, 2016). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana membuat program aplikasi FEM untuk analisa struktur rangka baja 2D dan bagaimana perbandingan angka defleksi, gaya dalam (*axial force*), reaksi pada joint, serta tegangan pada elemen pada program aplikasi FEM dan SAP2000. Hal ini bertujuan agar Universitas Bhayangkara Surabaya dapat memiliki program aplikasi FEM yang tidak berkendala dalam proses optimasi struktur yang dilakukan berulang-ulang.

2. TEORI

2.1 Metode Elemen Hingga

Berikut adalah proses analisa struktur truss baja 2D dengan menggunakan metode elemen hingga:



Gambar 1. Diagram alir Metode Elemen Hingga (Susatio, 2004).

Matriks kekakuan lokal untuk masing-masing elemen

$$[k] = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} c^2 & cs & -c^2 & -cs \\ cs & c^2 & -cs & -s^2 \\ -c^2 & -cs & c^2 & cs \\ -cs & -s^2 & cs & s^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan keterangan : [k] = matriks kekakuan lokal
 A = luas pengampang
 E = Modulus Elastisitas elemen
 L = panjang elemen

Setelah didapatkan nilai dari matriks kekakuan dari tiap-tiap elemen langkah selanjutnya adalah menggabungkan /asembli matriks kekakuan elemen-elemen tersebut menjadi satu matriks kekakuan struktur global.

$$[K] = [k]^{(1)} + [k]^{(2)} + \dots\dots + [k]^{(n)} \dots\dots\dots(2)$$

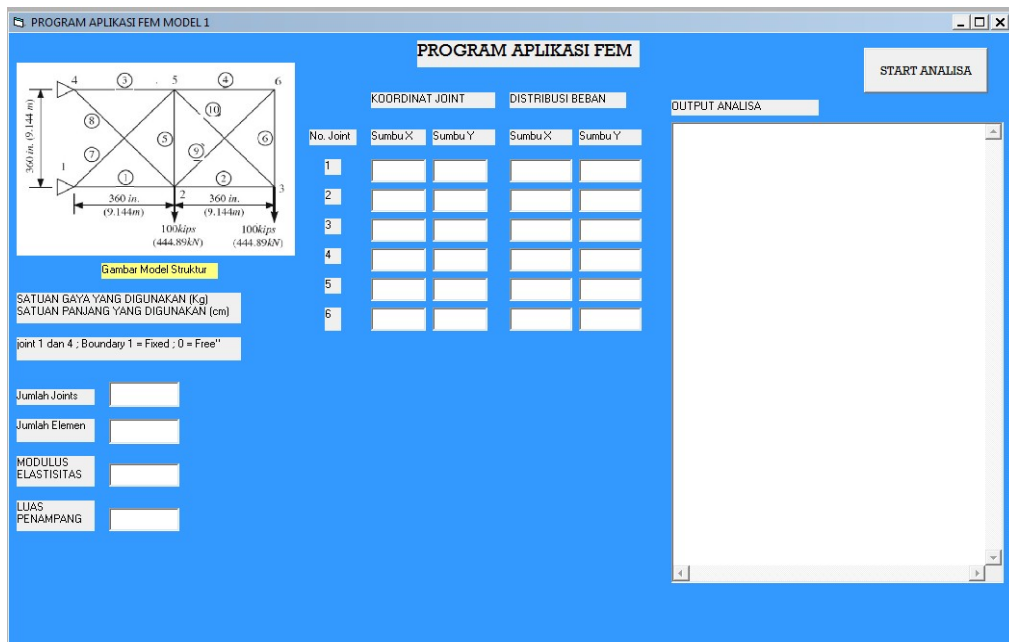
Selanjutnya adalah menghitung deformasi dari tiap-tiap titik nodal.

$$[d] = [K^{-1}] \cdot [F] \dots\dots\dots(3)$$

Menghitung gaya aksial pada elemen.

$$[f] = [k] \cdot [d] \dots\dots\dots(4)$$

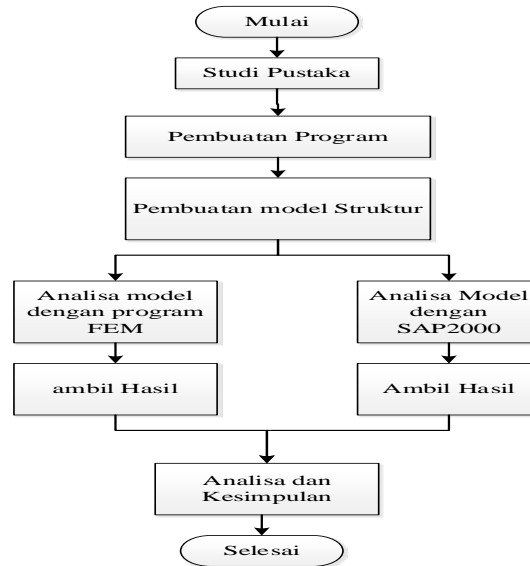
Program telah dibuat dengan menggunakan MS. Visual Basic 6.0 dengan tampilan yang terlihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Tampilan program FEM 2D (Wati, 2017).

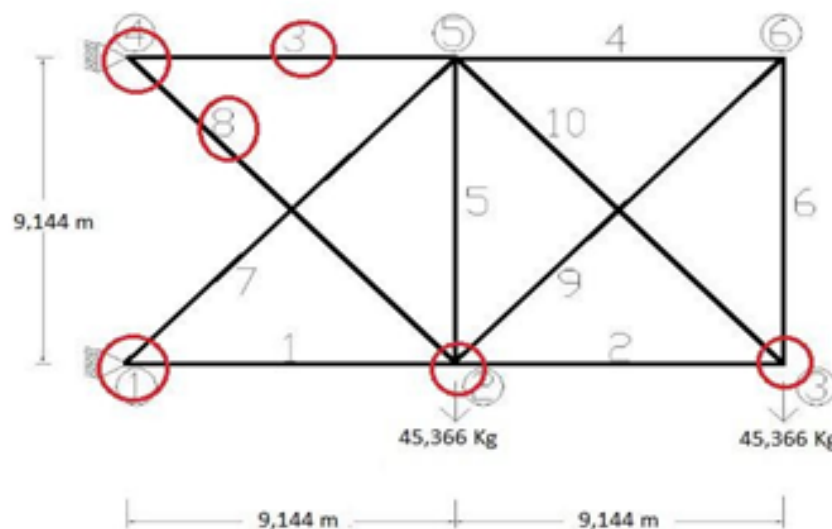
3. METODE

Penelitian dilakukan dengan beberapa langkah. Pertama adalah studi pustaka, pembuatan program, pembuatan model struktur, analisa model dengan program FEM dan SAP2000, ambil hasil, analisa dan kesimpulan. Langkah di atas disimpulkan dalam bagan alir seperti yang terlihat pada Gambar 3 di bawah ini.



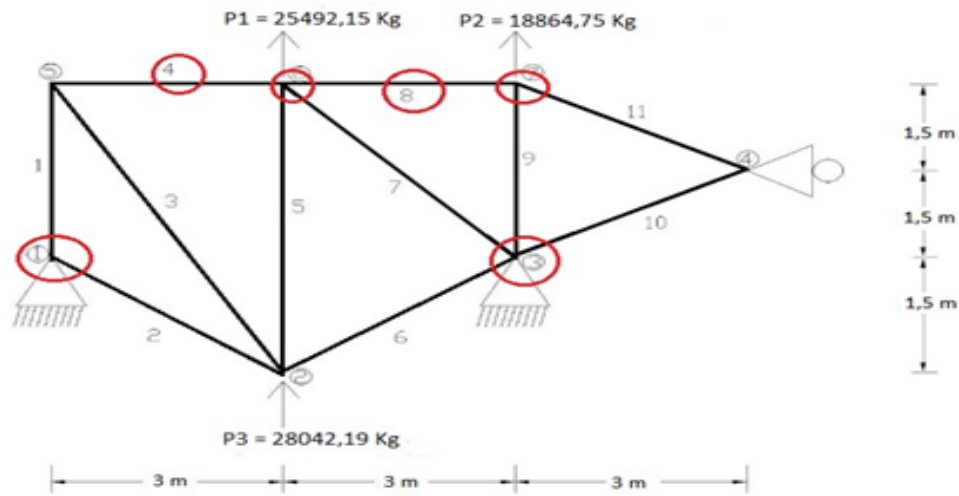
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

3.1 Model Struktur Rangka Baja 2D Yang Dianalisis.



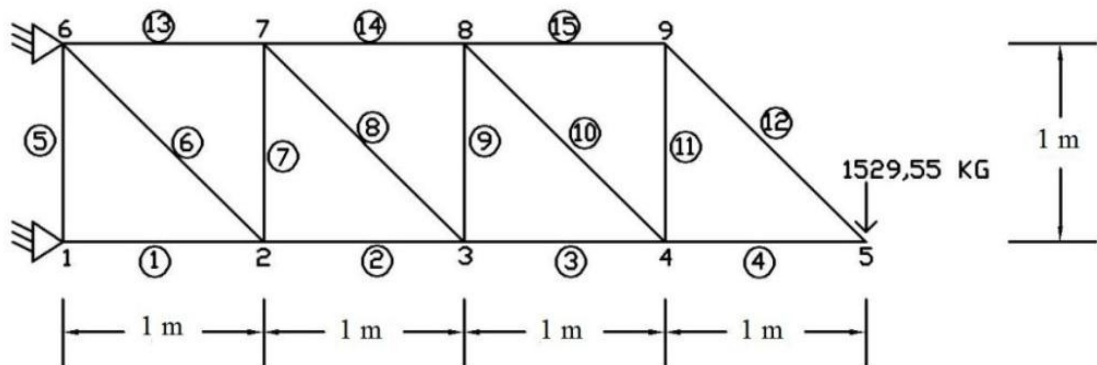
Gambar 4. Model pertama rangka batang 10 elemen. (Gen & Cheng, 1997)

Pada gambar model pertama seperti pada gambar 4 merupakan gambar rangka batang 2D dengan jumlah elemen 10 batang. Beban mati diberikan pada struktur tersebut pada joint 2 dan 3.



Gambar 5. Model kedua struktur rangka batang 2D (Soleman, 2011).

Pada gambar model kedua seperti pada gambar 5 merupakan gambar struktur rangka batang 2D dengan tiga gaya eksternal. Rangka batang tersebut sudah pernah dianalisis dengan menggunakan metode matriks. $E = 2000000 \text{ kg/cm}^2$ dan $A = \text{luas tipikal} = 15 \text{ cm}^2$.

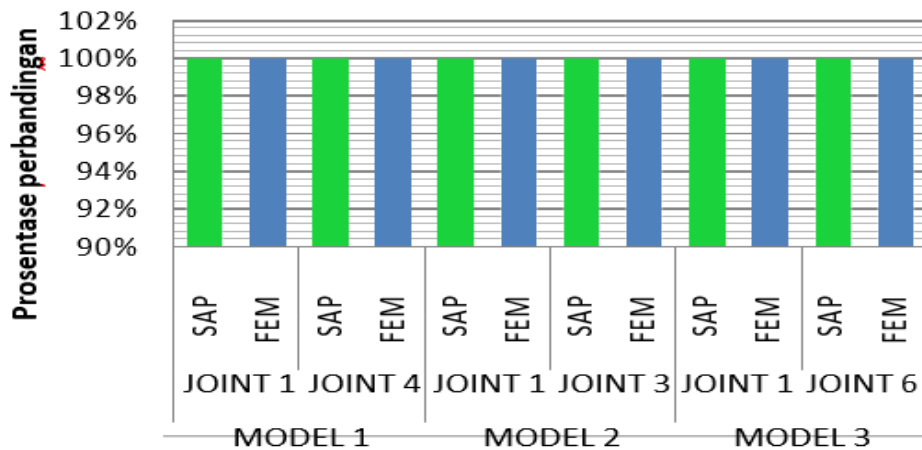


Gambar 6. Model ketiga struktur rangka batang 2D. (Alrasyid, H., dan Aji, P., 2011)

Pada model kelima struktur rangka batang 2D seperti pada gambar 7. struktur tersebut terdiri atas 15 elemen dengan memberikan gaya eksternal pada 1 titik struktur tersebut. $E = 2 \times 10^5$, $A_1 = 15 \text{ cm}^2$ dan $A_2 = 17 \text{ cm}^2$

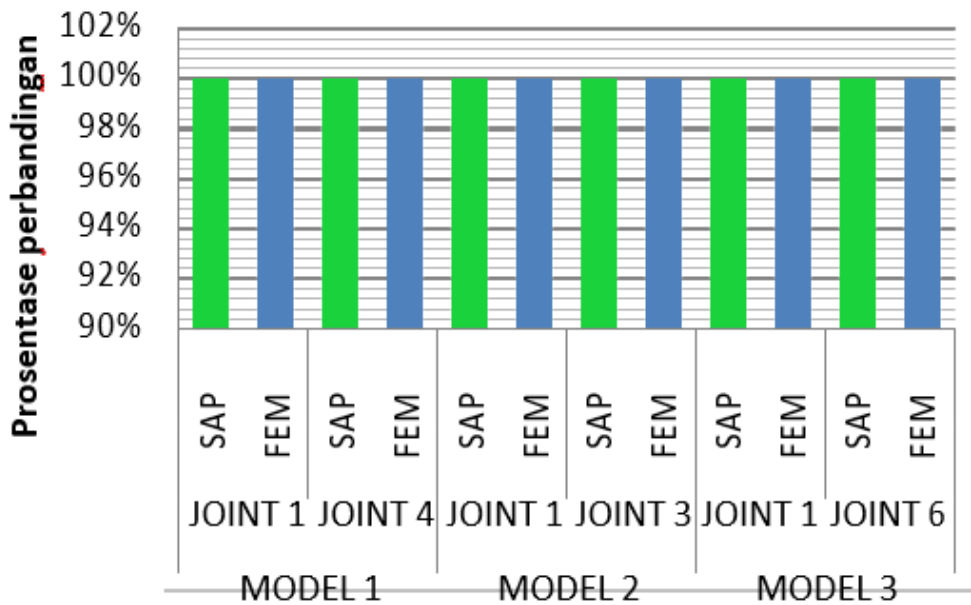
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa struktur terhadap ketiga model telah dilaksanakan dengan menggunakan program FEM dan SAP 2000. Hasil perbandingan dapat dilihat pada pembahasan di bawah ini.



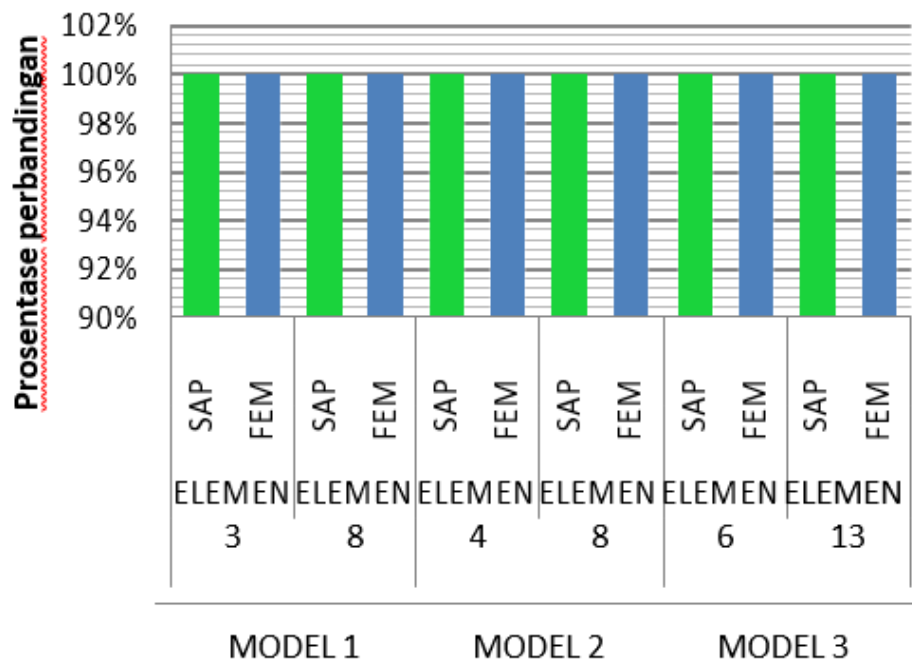
Gambar 7. Perbandingan reaksi pada sumbu X.

Dari gambar 7 diatas dapat diketahui selisih perbandingan hasil analisa joint reactiont pada sumbu X menggunakan program aplikasi FEM dan program SAP2000. Dari masing-masing model struktur hanya diambil 2 joint perletakkan yang akan dibandingkan pada grafik. Selisih perbandingan hasil analisisnya adalah 0 %.



Gambar 8. Perbandingan reaksi pada sumbu Y.

Dari gambar 8 diatas dapat diketahui selisih perbandingan hasil analisa joint reaction pada sumbu Y menggunakan program aplikasi FEM dan program SAP2000. Dari masing-masing model struktur hanya diambil 2 joint perletakkan yang akan dibandingkan pada grafik. Selisih perbandingan hasil analisisnya adalah 0 % (Wati, 2018).



Gambar 9. Perbandingan tegangan batang.

Dari gambar 9 diatas dapat diketahui selisih perbandingan hasil analisa member stress (tegangan elemen) menggunakan program aplikasi FEM dan program SAP2000. Dari masing-masing model struktur hanya diambil 2 elemen yang akan dibandingkan pada grafik. Selisih perbandingan hasil analisisnya adalah 0 % (Wati, 2018).

Program aplikasi FEM, setelah dilaksanakan, memerlukan waktu running program yang lebih singkat. Proses analisa struktur rangka baja 2D program aplikasi FEM memerlukan waktu antara 0,43 sampai dengan 0,57 detik. Program SAP2000 memerlukan waktu antara 12 detik sampai dengan 28 detik. Jadi program aplikasi FEM dengan Bahasa pemrograman VB 6.0 lebih cepat daripada SAP2000.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan :

1. Nilai rata-rata prosentase perbandingan hasil analisa antara program aplikasi FEM dengan program SAP2000 untuk analisa struktur rangka baja 2D adalah sebagai berikut :
 - Untuk analisa joint reaction, perbandingan hasil analisisnya sumbu X dan Y adalah 0%.
 - Untuk analisa tegangan, perbandingan hasil analisisnya adalah 0 %.
2. Program aplikasi FEM memerlukan waktu running program yang lebih singkat, karena dalam proses analisa struktur rangka baja 2D program aplikasi FEM memerlukan waktu antara 0,43 sampai dengan 0,57 detik. Sedangkan pada program SAP2000 memerlukan waktu antara 12 detik sampai dengan 28 detik.

Disarankan untuk melaksanakan penelitian dengan variasi pembebanan dan strategi pemrograman lainnya.

SAMPAIAN TERIMA KASIH

Artikel ini adalah bagian dari penelitian mandiri yang dilaksanakan di Fakultas Teknik Ubhara didasarkan atas Surat Tugas Dekan FT Nomor : Stugas /012A/ I/FT/2018. Terima kasih dihaturkan kepada Laboratorium T. Sipil Ubhara dan Mahasiswa Dini Eka Wati NIM 13042033.

REFERENSI

- Alrasyid, H., Aji, P. (2011). *Multi-Objective Two-Dimensional Truss Optimization by using Genetic Algorithm*. IPTEK, The Journal for Technology and Science, Vol. 22, No. 2, May 2011.
- Bhafikatti, S.S. (2005). *Finite Element Analysis*. New Age International. New Delhi
- Dapas, S.O. (2011). *Aplikasi Metode Elemen Hingga pada Analisis Struktur Rangka Batang*, Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.1 No.2, Juli 2011 ISSN 2087-9334 (156-160).
- Gen, M. & Cheng, R. (1997). *Evolutionary Algorithm and Engineering Design*. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc., New York
- Ghozi, M., Aji, P., Suprobo. P., (2011). *Evolutionary Parallel SAP2000 for Truss Structure Optimization*. International Journal of Academic Research Vol. 3. No.2, Part IV. Pp. 1140-1145.
- Ghozi, M. & Budiati, A., (2016). *Optimization System for Indonesian Steel Structure Using Genetic Algorithm and SNI 1726-2012*. International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973-4562, Volume 11, Number 14 (2016) pp 8318-8321.
- Ghozi, M., & Budiati, A. (2018). *Comparison of Genetic Algorithm and Harmony Search Method for 2D Geometry Optimization*. In MATEC Web of Conferences (Vol. 159, p. 01009). EDP Sciences. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815901009>.
- Soleman, Yoppy. (2011). *Analisis Struktur Rangka Batang 2D*. <https://id.scribd.com/doc/114251047/Analisis-Struktur-Rangka-Batang-2D-Stiffness-Matrix-Assemblage-by-Yoppy-Soleman>. Diakses 30 Nopember 2018.
- Susatio, Yerri. (2004). *Dasar-Dasar Metode Elemen Hingga*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Sugiharto, T. W. (2009). *Aplikasi Algoritma Genetik Untuk Optimasi Perencanaan Struktur Kuda-Kuda Baja Dua Dimensi*. Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Bhayangkara Surabaya.
- Tim Peneliti dan Pengembangan Wahana Komputer. (2001). *Pemrograman Visual Basic 6.0*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Wati, D.E., (2018), *Program Aplikasi FEM Untuk Menganalisa Struktur Rangka Baja 2D*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Bhayangkara Surabaya.