

Analisa Defleksi Struktur Tower Transmisi Menggunakan Metode Elemen Hingga

Erinofiardi, Hendra

Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

Jl. W.R. Supratman Kandang Limun Bengkulu

Telepon (0736) 344087, 22105 - 227

[E-mail: riyuno.vandi@yahoo.com](mailto:riyuno.vandi@yahoo.com)

Abstract

Tower is built by arranging space-truss system which can receive axial load in tension or compression. Design a tower must pay attention on loads that will be get, not only its death weight but also loads from surrounding, such as wind load, live load and earthquake load. Design a tower must consider those loads to prevent deflection and failure. Based on that needs, this research conduct design a tower 10 m high with assumption of wind load 1000 N by using Finite Element Method. The shape of tower is made in square and triangle. Maximum deflection happened on node 32 in square tower is 0.00114 m, while in triangle shape is only 0.00064 m on node 22.

Keywords: tower, wind load, finite element method, deflection.

PENDAHULUAN

Tower merupakan suatu struktur yang dibangun dari beberapa elemen yang mana susunannya disatukan diantara ujung-ujung elemen dalam bentuk 3 dimensi. Tower berfungsi sebagai bangunan penangkap sinyal elektromagnetik ataupun sebagai penyangga system kelistrikan. Stasiun televisi dan telekomunikasi serta perusahaan listrik menggunakan tower sebagai penghubung antara satu stasiun dengan stasiun lainnya. Bentuk tower yang digunakan ada beberapa macam seperti tower segitiga, empat persegi dan gabungan antara segitiga dan empat persegi serta penampang bulat. Dalam mendirikan suatu tower ada beberapa hal yang harus diperhatikan sehingga tower tersebut dapat bekerja dengan baik seperti beban yang bekerja pada tower, beban akibat pengaruh alam seperti gempa bumi, beban angin dan lain-lain. Untuk wilayah yang memiliki kondisi tanah yang stabil analisis tower dapat difokuskan hanya pada pengaruh beban angin dan berat batang tower sendiri dimana dengan mengetahui pengaruh dari beban tadi tower dapat dihindarkan dari kegagalan fungsinya.

Dalam studi ini akan dibahas pengaruh beban angin terhadap jenis tower yang dibangun yang mana struktur tower yang dirancang menggunakan elemen segitiga

dan empat persegi panjang. Tinggi tower divariasikan dan perhitungan dan analisisnya dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga. Beban angin yang terjadi diasumsikan sebesar 1000 N. Dari hasil analisis akan diperoleh bentuk dan nilai defleksi maksimum dan gaya yang bekerja pada tumpuan struktur tower.

DASAR TEORI

Beberapa penelitian telah mengkaji pengaruh angin terhadap suatu struktur menara atay tower seperti penelitian Sumargo, et.al (2008) dimana dihasilkan bahwa pengaruh angin sangat besar terhadap suatu rancangan kekuatan struktur tower [1]. Pengaruh tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan yaitu sebelum adanya beban angin nilai rasionya adalah sebesar 0.989 dan setelah diberi beban angin nilai rasionya meningkat menjadi 3.67. untuk mendapatkan struktur yang kuat dan kokoh maka nilai rasio yang diizinkan adalah kurang dari 1 [1].

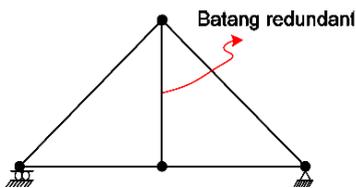
Penelitian lain menunjukkan bahwa pengaruh beban angin dapat dianalisis dengan menggunakan analisis statik [2] melalui pemograman SAP. Hasil didapat menunjukkan adanya sway atau simpangan sebesar $0,3040^{\circ}$ dimana nilai ini masih

dibawah nilai simpangan yang dipersyaratkan TIA/EIA-222-F Standard yaitu $0,5^\circ$ sehingga disimpulkan bahwa struktur tersebut cukup kuat untuk menahan beban angin jika mengacu pada TIA/EIA-222-F Standard. Selain itu juga diperoleh rasio tegangan yang terjadi pada rangka batang strukturyang mana nilainya lebih kecil daripada nilai rasio tegangan dari yang diizinkan oleh AISC-LRFD yaitu 1.

Truss (Rangka Batang)

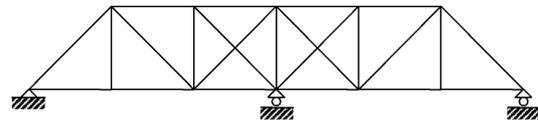
Struktur merupakan gabungan dari beberapa elemen lurus yang disambungkan pada titik perpotongannya. Dimana sambungan itu dibuat hanya dengan menggunakan pin. Penyambungan elemen sehingga membentuk suatu struktur dengan menggunakan pin ini dikenal *truss*. Karena hanya sambungan dengan pin maka pembebanan pada *truss* ini hanya terjadi pada sambungan dimana beban yang bekerja ini berupa gaya yang disebut dengan gaya aksial. Gaya aksial ini akan menimbulkan adanya tegangan dimana disebut juga dengan tegangan primer. Selain penyambungan dengan pin, *truss* juga disebut sebagai suatu struktur jika disambung dengan proses pengelasan dan keling dimana sambungan itu akan menemukan dua buah titik menjadi satu. Berbeda dengan pin, pada pengelasan tegangan yang muncul disebut dengan tegangan sekunder. [3][4]

Konstruksi dasar *truss* memiliki kedudukan yang stabil jika bentuk elemen pembangunnya berupa segitiga. Kedudukan yang stabil ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $n = 2j - 3$ dimana n adalah jumlah batang dan j adalah jumlah sambungan. Kelebihan dari nilai batang pada *tuss* akan menghasilkan suatu batang yang disebut dengan batang redundant. Gambar 1. menunjukkan bentuk kedudukan konstruksi *truss* yang stabil :



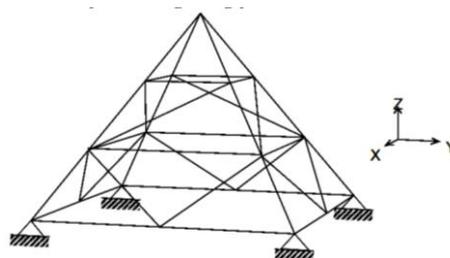
Gambar 1. Struktur Truss [4]

Untuk mendapatkan suatu struktur dua dimensi yang stabil, penggunaan elemen segitiga sangat cocok karena dengan elemen pembentuk segitiga maka setiap elemen hanya akan mengalami 2 gaya aksial yaitu tekan dan tarik. Gambar 2. menunjukkan bentuk struktur *truss* 2D yang stabil. Bentuk struktur segitiga yang sering dilihat dilapangan adalah struktur rangka jembatan, kuda-kuda penyangga atap bangunan dan struktur pada mesin perkakas elemen segitiga pada mesin perkakas dikenal dengan nama *ribbing*. Yang mana *ribbing* membuat struktur konstruksi mesin jadi kuat, ringan dan stabil.



Gambar 2. Truss 2D

Untuk konstruksi dengan elemen-elemen dalam bentuk 3 dimensi sambungan antara elemen tersebut dapat diasumsikan sebagai sambungan sendi sempurna. Gambar 2.3. menunjukkan bentuk sendi sempurna untuk sambungan elemen 3 dimensi. Pada elemen 3 dimensi beban dari luar yang bekerja pada titik-titik kecil elemen disebut dengan nodal akan berada dititik-titik nodal tersebut. Tumpuan lain seperti tumpuan sendi juga akan memiliki beban pada titik-titik nodalnya.



Gambar 3. Truss 3D

Menara Pemancar

Menara pemancar berguna untuk menerima dan meneruskan sinyal gelombang elektromagnetik yang diterima oleh stasiun pemancar atau penerima. Menara pemancar memiliki beberapa kedudukan yang berfungsi untuk menahan atau menjaga konstruksinya tetap berdiri dengan

baik. Jenis menara pemancar ada beberapa yaitu:

- a) *Self - Supporting Tower* yaitu menara yang berdiri sendiri tanpa ada hubungan dengan menara lain. Bentuk menara ini dapat dilihat pada Gambar 4.
- b) *Guyed Tower* adalah menara yang berfungsi sebagai penerus atau penghubung dengan menara lain dimana untuk menghubungkan menara lain digunakan kawat atau kabel penghubung. Fungsi menara ini hanya sebagai dudukan bagi kaber. Berbeda dengan *self-support tower*, menara ini tidak dapat memancarkan gelombang elektromagnetik secara sendiri. *Guyed Tower* banyak digunakan di perusahaan penyuplai listrik dan telekomunikasi .
 - *Monopole* merupakan menara yang ditanam didalam tanah dimana memiliki dua jenis yaitu ukuran yang sama dari atas sampai kebawah dan ukuran yang besar dari bawah dan kecil keatas (mengerucut).

Ketinggian menara pemancar ini biasanya mulai dari 10 – 120 meter. Ketinggian menara pemancar ditentukan oleh tingkat kebutuhan dan jangkauan terhadap sinyal yang diterima. Beberapa kegunaan menara pemancar komunikasi adalah menara pemancar untuk radio AM (Amplitudo Modulasi), radio FM (Frekuensi Modulasi), dan BTS (*Base Transmited Satellite*).



Gambar 4. Self - Supporting Tower

Beban pada Tower/Menara

Dalam merancang tower ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu beban mati, beban hidup, angin, beban gempa dan lain-lain.

Beban Mati

Beban mati merupakan beban yang dimiliki oleh tower berupa beban konstruksi sendiri dan material pendukungnya. Berat sendiri dipengaruhi oleh bentuk profil konstruksi sementara beban material pendukung berupa beban antenna, tangga dan tempat beristirahat bagi pekerja (bordes). Dalam merancang beban tangga harus mengikuti standar yaitu untuk menara tower dengan tinggi lebih dari 50 ft (15 meter) harus tersedia tangga sebagai tempat istirahat. Untuk jarak (spasi) antara anak tangga minimum 12 inci (30,48 cm) dan maksimum 16 inci (40,64 cm), serta mempunyai lebar bersih tangga minimum 12 inci (30,48 cm).

Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang diterima tower atau menara dari operator yang bekerja pada menara tersebut baik pada saat perawatan maupun perbaikan. Beban hidup untuk tangga tower harus mampu menahan 250 pounds (113,5 kg). Selain beban hidup yang bekerja pada tangga, beban hidup pada bordes juga diperhitungkan yaitu menahan beban hidup sebesar 500 pounds (227 kg).

Beban Angin

Beban angin merupakan beban alami yang akan selalu ada. Beban angin diperoleh dari tekanan udara yang ada disekeliling menara atau tower. Beban angin dipengaruhi oleh posisi dan tempat kedudukan tower. Untuk tower yang ada di daerah ketinggian dan pinggir pantai maka beban anginnya sangat besar dan sebaliknya untuk daerah rendah beban angin tidak terlalu besar. Beban angin akan semakin besar untuk posisi puncak tower atau dapat diasumsikan beban angin terpusat pada titik puncak tower. Dan kecepatan angin maksimum merupakan salah satu data input pada analisa struktur.

Jenis dan ukuran diameter antenna yang digunakan mempengaruhi beban angin yang bekerja pada antenna. Antena jenis *solid* memiliki beban angin yang lebih besar jika dibandingkan dengan antenna jenis *grid*. Jika diameter antenna yang digunakan semakin

besar maka beban angin yang diterima antena juga akan semakin besar.

Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban yang terjadi akibat adanya pergerakan tanah atau bumi disekitar konstruksi tower. Beban ini juga dapat dipengaruhi oleh pergerakan kendaraan berat yang melewati area tersebut. Interaksi tanah dengan struktur dan karakteristik respon struktur yang merupakan beban bagi struktur dapat diakibatkan oleh gempa. Beban gempa merupakan fungsi dari waktu, sehingga respon yang terjadi pada suatu struktur juga tergantung dari lamanya waktu pembebanan.

Kombinasi Beban Dan Analisis Beban Pada Struktur Menara Pemancar

Kombinasi beban yang ditinjau didasarkan pada pasal 6.2.2 SNI 03-1729-2002 dan berdasarkan beban-beban yang terjadi, memberikan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- 1,4 D(1)
- 1,2 D + 1,6 L (2)
- 1,2 D + ($\gamma_L L$ atau 0,8 W)(3)
- 1,2 D + 1,3 W + $\gamma_L L$ (4)

dimana :

- D = adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen pada tower, termasuk beban tangga, bordes, antena dan peralatan layan tetap
- L = adalah beban yang ditimbulkan oleh pekerja saat pelaksanaan konstruksi maupun saat pemeliharaan termasuk peralatan dan material.
- W = adalah beban angin.
- $\gamma_L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma_L = 1$ bila $L > 5$ kPa

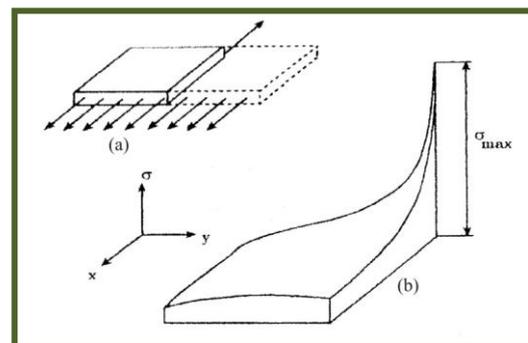
Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan suatu metode dalam menyelesaikan suatu model atau prototype produk. Penggunaan metode elemen hingga sangat membantu dalam perancangan dan mengurangi ongkos sehingga suatu produk dapat dihasilkan dengan mudah dan murah tanpa mengurangi fungsi dari produk tersebut. [5]

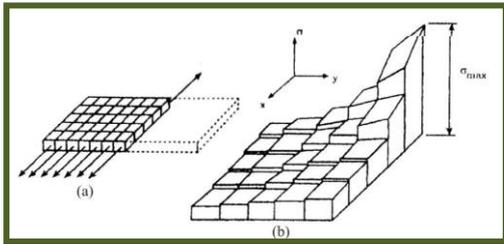
Pada metode elemen hingga pemodelan dilakukan dengan membagi model yang akan

dianalisis menjadi beberapa elemen dan menggunakan elemen tersebut sebagai dasar perhitungan dan analisis. Elemen-elemen pada metode elemen hingga terdiri dari beberapa nodal dimana semakin banyak nodal yang digunakan akan diperoleh hasil yang lebih presisi atau teliti, kendalanya adalah keterbatasan kapasitas mesin pengolah data.

Metode elemen hingga dapat digunakan untuk menganalisis data mengenai perubahan bentuk akibat deformasi, tegangan, tekanan, kecepatan fluida dan pengaruh temperature. Untuk melihat perubahan bentuk yang terjadi akibat deformasi dapat dilihat pada Gambar 5. Dimana pada gambar akan terlihat pengaruh gaya tarik akan dihasilkan tegangan maksimal yang terjadi sebelum material atau model yang dibuat mengalami kegagalan. Distribusi tegangan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 5. Dengan menggunakan metode elemen hingga akan mudah diketahui daerah yang mengalami beban atau tegangan maksimal sehingga model dapat dirancang dengan baik dan optimum. Hal ini disebabkan oleh pada elemen-elemennya dibagi menjadi bagian terkecil sehingga titik tegangan maksimal akan mudah diketahui. Titik atau posisi tegangan maksimal yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 6.

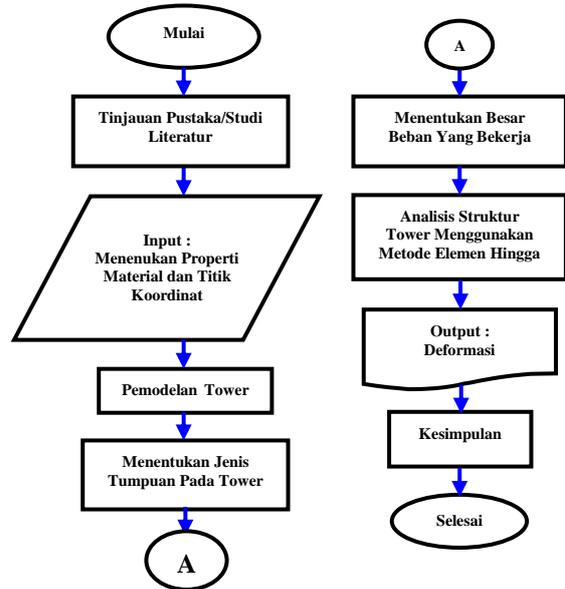


Gambar 5. Distribusi Tegangan pada lempengan yang ditarik



Gambar 6. Penyelesaian dengan metode elemen hingga

- Penyelesaian dengan metode elemen hingga sangat berbeda dengan metode numerik tetapi langkah-langkah analisisnya bisa sama. Dengan metode elemen hingga akan diperoleh hasil mendekati yang sebenarnya sementara dengan metode numerik hanya akan dihasilkan formulasi integral untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar dan fungsi-fungsi kontinu untuk pendekatan parameter-parameter yang belum diketahui.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Langkah penelitian dengan metode elemen hingga ini dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7 terlihat bahwa langkah awal dalam penelitian ini adalah memilih material dan jenis tower yang digunakan dilanjutkan dengan membuat model dan menentukan jenis tumpuan serta besar beban angin yang diberikan yaitu sebesar 1000N. Selanjutnya hasil yang diperoleh berupa deformasi yang terjadi dianalisis.

Spesifikasi Tower/Menara

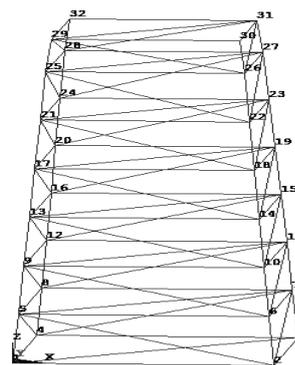
Pada penelitian ini, pemodelan strukturnya dilakukan dengan menggunakan bentuk konstruksi segitiga dan persegi empat. Dimensi/ukuran tinggi tower adalah 10 meter dan lebar dasar konstruksi adalah 5 meter.

Material yang digunakan untuk perancangan tower adalah baja dengan jenis *heavy duty*. Spesifikasi material ditunjukkan pada tabel 1..

Tabel 1. Material Properti

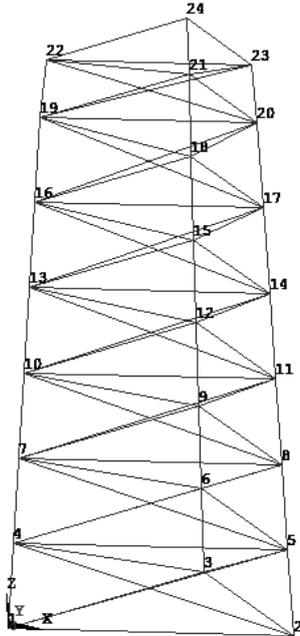
| No. | Material Properti | Nilai |
|-----|-------------------|-------|
| 1 | Young modulus | 70GPa |
| 2 | Poisson Ratio | 0.3 |

Gambar 8. menunjukkan dimensi dari konstruksi tower persegi empat yang memiliki ukuran tinggi (h) = 10 m, lebar bawah (l_1) = 5 m, lebar atas (l_2) = 3.6 m, dengan jumlah node = 32 dan jumlah elemen = 96.



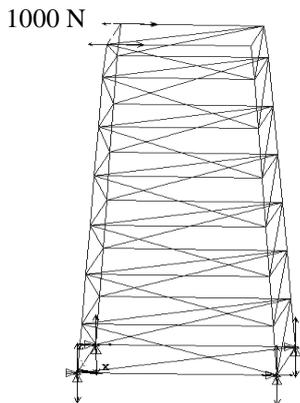
Gambar 8. Tower persegi empat 10 m

Gambar 9 menunjukkan dimensi dari konstruksi tower segitiga yang memiliki ukuran tinggi (h) = 10 m, lebar bawah (l_1) = 5 m, lebar atas (l_2) = 3.6 m dengan jumlah node = 24 dan jumlah elemen = 73.



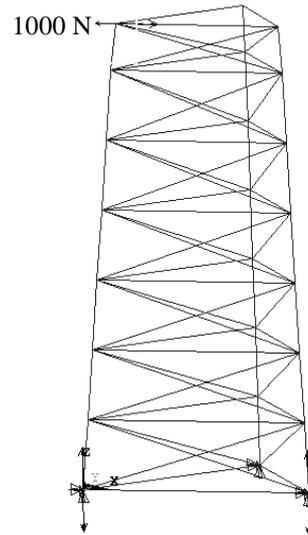
Gambar 9. Tower segitiga 10 m

Gambar 10. menunjukkan model untuk simulasi tower bentuk konstruksi empat persegi dengan tinggi 10 m. Tumpuan yang diberikan pada dasar konstruksi tower adalah tumpuan jepit, dan besar beban angin 1000 N.



Gambar 10. Simulasi Tower persegi empat 10 m

Simulasi tower untuk bentuk konstruksi segitiga dengan tinggi 10 m ditunjukkan oleh Gambar 3.5. Pada simulasi ini, tumpuan yang digunakan adalah tumpuan jepit dan besar beban angin yang diberikan diasumsikan 1000 N yang dibuat searah sumbu x.



Gambar 11. Simulasi Tower segitiga 10m

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemodelan

Pemodelan dan analisis tower pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga. Dimana hasil yang diperoleh adalah berupa nilai defleksi maksimum dan gaya yang bekerja pada tumpuan akibat pengaruh beban angin.

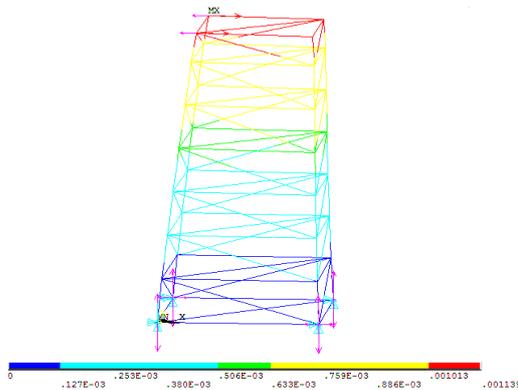
Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai defleksi maksimum terhadap sumbu x pada tower bentuk persegi empat dengan ketinggian 10 m terletak pada node 32 dengan nilai 0.00114 m, terhadap sumbu y sebesar 0.00009 m terletak pada node 30, dan terhadap sumbu z terletak pada node 23 dengan nilai -0.00011 m.

Tabel 2.. Gaya yang bekerja pada tower persegi empat dengan ketinggian 10 m

| NODE | Fx (N) | Fy (N) |
|------|--------|---------|
| 1 | 133.33 | 133.33 |
| 2 | 866.67 | -133.33 |
| 3 | 133.33 | 133.33 |
| 4 | 866.67 | -133.33 |
| 29 | -1000 | |
| 32 | -1000 | |

Selain defleksi yang terjadi akibat pembebanan terdapat juga gaya yang bekerja pada tumpuan tower, yang ditunjukkan oleh Tabel 1. Dimana pada tabel 2. terlihat besarnya gaya yang bekerja pada node 1 sebesar 133 N dan node 32 sebesar 1000 N.

Pada Gambar 12. terlihat bahwa defleksi paling besar terjadi pada daerah puncak tower yang ditunjukkan dengan warna merah. Nilai defleksi yang terjadi pada setiap node akan semakin kecil dan nol jika posisi node semakin ke bawah hingga pada tumpuan. Nilai defleksi pada setiap node dari posisi puncak sampai dengan bawah tower persegi dengan ketinggian 10 m dapat dilihat pada Tabel 2.

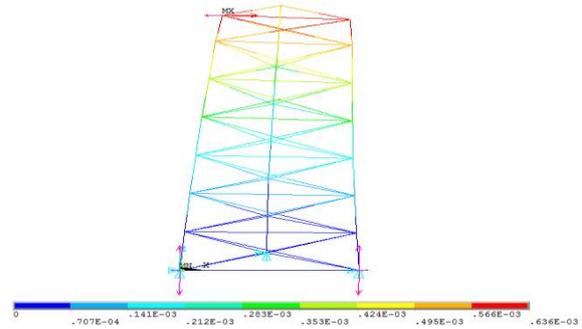


Nilai Defleksi (m)

Gambar 12. Hasil Pemodelan Tower Persegi Empat 10 m

Hasil pemodelan tower persegi empat dengan ketinggian 10 m menunjukkan bahwa ketinggian tower berbanding lurus dengan nilai defleksi, dimana semakin tinggi tower maka nilai defleksi juga akan semakin meningkat.

Nilai defleksi maksimum terhadap sumbu x pada tower bentuk segitiga dengan tinggi 10 m terletak pada node 22 dengan nilai 0.00064 m, terhadap sumbu y terletak pada node 22 dengan nilai -0.00007 m, dan terhadap sumbu z terletak pada node 20 dengan nilai -0.00013 m.



Nilai Defleksi (m)

Gambar 13.. Hasil Pemodelan tower segitiga 10 m

Tabel 3. Nilai Defleksi Tower pada setiap Node

| NODE | Nilai Defleksi sumbu x (UX) | Nilai Defleksi sumbu y (UY) | Nilai Defleksi sumbu z (UZ) |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 2 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 3 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 4 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 5 | 0.00007 | 0.00001 | 0.00004 |
| 6 | 0.00012 | 0.00001 | -0.00003 |
| 7 | 0.00007 | 0.00001 | -0.00004 |
| 8 | 0.00012 | 0.00001 | 0.00003 |
| 9 | 0.00022 | 0.00003 | 0.00007 |
| 10 | 0.00027 | 0.00003 | -0.00006 |
| 11 | 0.00022 | 0.00003 | -0.00007 |
| 12 | 0.00027 | 0.00003 | 0.00006 |
| 13 | 0.00038 | 0.00004 | 0.00009 |
| 14 | 0.00043 | 0.00004 | -0.00007 |
| 15 | 0.00038 | 0.00004 | -0.00009 |
| 16 | 0.00043 | 0.00004 | 0.00007 |
| 17 | 0.00055 | 0.00005 | 0.00010 |
| 18 | 0.00061 | 0.00005 | -0.00008 |
| 19 | 0.00055 | 0.00005 | -0.00010 |
| 20 | 0.00061 | 0.00005 | 0.00008 |
| 21 | 0.00074 | 0.00007 | 0.00011 |
| 22 | 0.00079 | 0.00007 | -0.00008 |
| 23 | 0.00074 | 0.00007 | -0.00011 |
| 24 | 0.00079 | 0.00007 | 0.00008 |
| 25 | 0.00093 | 0.00008 | 0.00011 |
| 26 | 0.00098 | 0.00008 | -0.00008 |
| 27 | 0.00093 | 0.00008 | -0.00011 |
| 28 | 0.00098 | 0.00008 | 0.00008 |
| 29 | 0.00109 | 0.00009 | 0.00009 |
| 30 | 0.00109 | 0.00009 | -0.00007 |
| 31 | 0.00109 | 0.00009 | -0.00009 |
| 32 | 0.00114 | 0.00009 | 0.00006 |
| Node | 32 | 30 | 23 |
| Nilai Max | 0.00114 | 0.00009 | -0.00011 |

Tabel 4. Gaya yang bekerja pada Tower Segitiga pada ketinggian 10 m

| NODE | Fx | Fy |
|------|--------|---------|
| 1 | 496.64 | 133.33 |
| 2 | 496.69 | -133.33 |
| 3 | 6.6667 | |
| 22 | -1000 | |

Pada Tabel 4. terlihat besar gaya yang bekerja pada tumpuan tower segitiga dengan ketinggian 10 m, dimana nilai gaya terbesar terdapat pada node 22 sebesar 1000 N.

Tabel 5. Nilai Defleksi Tower pada setiap Node

| NODE | Nilai Defleksi sumbu x (UX) | Nilai Defleksi sumbu y (UY) | Nilai Defleksi sumbu z (UZ) |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 2 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 3 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 4 | 0.00004 | -0.00001 | 0.00004 |
| 5 | 0.00004 | 0.00001 | -0.00004 |
| 6 | 0.00003 | 0.00000 | 0.00000 |
| 7 | 0.00011 | -0.00002 | 0.00007 |
| 8 | 0.00011 | 0.00002 | -0.00007 |
| 9 | 0.00008 | 0.00000 | 0.00000 |
| 10 | 0.00019 | -0.00002 | 0.00009 |
| 11 | 0.00019 | 0.00002 | -0.00009 |
| 12 | 0.00015 | 0.00000 | 0.00000 |
| 13 | 0.00029 | -0.00003 | 0.00011 |
| 14 | 0.00029 | 0.00003 | -0.00011 |
| 15 | 0.00023 | 0.00000 | 0.00000 |
| 16 | 0.00041 | -0.00004 | 0.00012 |
| 17 | 0.00041 | 0.00004 | -0.00012 |
| 18 | 0.00033 | 0.00000 | 0.00000 |
| 19 | 0.00053 | -0.00005 | 0.00013 |
| 20 | 0.00054 | 0.00005 | -0.00013 |
| 21 | 0.00043 | -0.0000001 | 0.00000 |
| 22 | 0.00064 | -0.00007 | 0.00012 |
| 23 | 0.00062 | 0.00006 | -0.00012 |
| 24 | 0.00050 | 0.00000 | 0.00000 |
| Node | 22 | 22 | 20 |
| Nilai | 0.00064 | -0.00007 | -0.00013 |

Sama seperti tower persegi empat, defleksi yang lebih besar terjadi pada daerah puncak tower segitiga, seperti terlihat pada

Gambar 13. Nilai defleksi akan semakin kecil hingga posisi node paling bawah.

Nilai defleksi setiap node pada tower segitiga dengan ketinggian 10 m dapat dilihat pada Tabel 5. Ketinggian pada tower segitiga juga berbanding lurus dengan defleksi, dimana nilai defleksi akan semakin besar jika ketinggian tower bertambah.

Pembahasan

Pemodelan dan simulasi pada tower dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga yaitu dengan membagi tower menjadi beberapa elemen dan node. Jenis tumpuan yang digunakan adalah jenis tumpuan jepit, dimana beban angin yang diberikan diasumsikan terpusat pada puncak tower sebesar 1000 N dalam arah sumbu x. Analisis pada tower dibuat dengan ukuran ketinggian yaitu 10 m. Hasil yang diperoleh dari pemodelan tower persegi empat dan segitiga menunjukkan bahwa nilai defleksi maksimum terjadi pada daerah puncak tower. Dan akibat pembebanan terdapat juga gaya yang bekerja pada tumpuan tower.

Nilai defleksi maksimum pada tower persegi empat dengan ketinggian 10 m terdapat pada node 32 sebesar 0.00114 m, terhadap sumbu y terdapat pada node 30 dengan nilai 0.00009 m dan terhadap sumbu z terdapat pada node 23 dengan nilai -0.00011 m. Nilai defleksi terhadap sumbu x lebih besar jika dibandingkan dengan sumbu y dan z. Hal ini disebabkan oleh beban angin yang searah dengan sumbu x dan kekakuan dalam arah sumbu y dan z lebih tinggi dibandingkan dalam arah sumbu x. Nilai defleksi pada node dipengaruhi oleh besarnya ketinggian tower dimana semakin tinggi tower maka nilai defleksi juga akan semakin besar. Ini disebabkan oleh luas area *truss* yang semakin kecil pada dimensi tower yang semakin tinggi.

Hasil analisis pada tower persegi empat dengan ketinggian 10 m berbeda dengan tower segitiga. Dimana nilai defleksi maksimum terhadap sumbu x pada tower segitiga terdapat pada node 22 sebesar 0.00064 m, terhadap sumbu y terdapat pada node 22 dengan nilai -0.00007 m dan terhadap sumbu z terdapat pada node 20 dengan nilai -0.00013 m. Beban angin yang

diasumsikan searah dengan sumbu x menyebabkan defleksi terhadap sumbu x lebih besar jika dibandingkan dengan sumbu y dan z. Nilai defleksi pada tower segitiga juga akan semakin besar jika dimensi tower segitiga semakin tinggi.

Perbandingan Hasil Analisis Tower Persegi Empat dengan Segitiga

Dari hasil pemodelan untuk analisis antara tower persegi empat dengan segitiga, terlihat bahwa nilai defleksi pada tower dengan bentuk segitiga lebih kecil bila dibandingkan dengan tower bentuk persegi empat. Hal ini dapat disebabkan oleh luas area *truss* pada tower segitiga lebih kecil daripada tower persegi empat. Sehingga beban yang terdistribusi pada tower segitiga lebih kecil dan menyebabkan defleksi yang terjadi juga lebih kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan struktur tower berbentuk segitiga dan persegi empat dengan ketinggian 10 m dengan menggunakan metode elemen hingga dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai defleksi maksimum terhadap sumbu x pada tower persegi empat terdapat pada node 32 sebesar 0.00114 m, terhadap sumbu y terdapat pada node 30 dengan besar 0.00008 m dan terhadap sumbu z terdapat pada node 23 sebesar -0.00011 m. Gaya yang bekerja terhadap sumbu x dan y pada node 1 dan 3 memiliki nilai yang sama yaitu 133.33 N, gaya yang bekerja pada node 2 dan 4 terhadap sumbu x adalah sebesar 866.67 N, terhadap sumbu y adalah sebesar -133.33 N dan gaya yang bekerja pada node 29 dan 32 adalah sebesar -1000 N.
2. Sedangkan nilai defleksi maksimum terhadap sumbu x pada tower segitiga terdapat pada node 22 dengan nilai 0.00064 m, terhadap sumbu y terletak pada node 22 dengan nilai -0.00007 m, dan terhadap sumbu z terletak pada node 20 dengan nilai -0.00013 m. Gaya yang bekerja terhadap sumbu x pada node 1 adalah 496.64 N, terhadap sumbu y 133.33 N, gaya pada node 2 terhadap sumbu x adalah 496.69 N, terhadap

sumbu y adalah -133.33 N, gaya pada node 3 terhadap sumbu x adalah 6.6667 dan gaya yang bekerja pada node 22 terhadap sumbu x adalah -1000 N.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumargo, Achmad Djihad, Iwan Setiawan, Dudi Arief Mulyadi, 2008, "Analisa Respon Struktur Menara Pemancar Tipe "Monopole" 120 M Akibat Beban Angin Rencana Dengan Periode Ulang 10 Tahunan Di Stasiun Badan Meteorologi Dan Geofisika Semarang", Jurnal Teknik Sipil Volume VIII Nomor 1, Semarang.
- [2] Triono Subagio dan Kori Effendi Mahmud, 2006, "Pengaruh Beban Angin Terhadap Struktur *Roof Top* Tower Telepon Seluler". Jurnal Teknik Sipil Volume III No 2, Universitas Negeri Semarang.
- [3] Beer, P.F., Johnston, Jr, E Russell, 1989, Mekanika untuk Insinyur "Statika", Erlangga, Ed. 4.
- [4] Finahari, N., 2006, Metode Elemen Hingga, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Widyagama, Malang.
- [5] Cook, Robert D., 1990, Konsep dan Aplikasi "Metode Elemen Hingga", Eresco Bandung.