

Analisa Bentuk Profil dan Dimensi *Supporting Profile* terhadap Defleksi dan Tegangan pada *Base Kondensor Unit*

Purna Anugraha Suarsana¹⁾ⁱⁱ, Ahmad Hanif Firdaus¹⁾, Ismi Choirotin¹⁾, Moch. Agus Choiron²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Master dan Doktoral Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya

²⁾Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
sempurna.suarsana@yahoo.co.id

Abstrak

Kondensor merupakan komponen dari sistem refrigrasi yang berfungsi untuk membuang kalor yang berasal dari dalam ruangan ke lingkungan sekitar. Salah satu elemen pada kondensor yang menerima pembebanan terbesar adalah *Supporting Profile*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa bentuk profil dan dimensi *Supporting Profile* terhadap defleksi dan tegangan pada *base kondensor unit*, sehingga dapat diprediksi desain *Supporting Profile* dengan tegangan dan defleksi minimal. Penelitian ini menggunakan metode Elemen Hingga dengan memanfaatkan *Software Ansys 14.5*. Material *Supporting Profile* yang digunakan adalah RSt37-2 (S235JRG2) yang diasumsikan memakai model material *linear isotropic hardening*. Tipe elemen yang digunakan dalam pemodelan ini adalah *beam*, 3D *node 189*. Pembebanan pada *Supporting Profile* berupa berat total dari unit kondensor, dimana berat total merupakan penjumlahan dari berat kering kondensor dengan berat *refrigerant* yang terdapat didalam kondensor. Variasi bentuk profil pada penelitian ini adalah; *C-Profile*, *I-Profile* dan *Box-Profile*. Variasi dimensi *Supporting Profile* yang digunakan meliputi tinggi, lebar dan tebal masing-masing adalah 60 x 40 x 3mm, 80 x 50 x 5mm, 100 x 50 x 3, 100 x 50 x 5mm dan 120 x 60 x 6mm. Hasil dari pemodelan dibandingkan dengan hasil analitis untuk memverifikasi pemodelan. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa tegangan dan defleksi terkecil terjadi pada *Supporting Profile* dengan bentuk *Box-Profile* dan dimensi profil 120 x 60 x 6mm.

Kata Kunci: *Supporting profile*, defleksi, tegangan, bentuk profil, dimensi

Abstract

The condenser is a component of a refrigeration system that serves to throw heat from indoors to the surrounding environment. One element of the condenser which receives the largest load is *Supporting Profile*. This research aims to analyze the profile's shape and supporting profile's dimensions to deflection and stress at base of condenser unit, so it can be predicted supporting profile's design with minimum stress and deflection. This study uses Finite Element method by utilizing Ansys 14.5 software. The material of supporting profile was RSt37 - 2 (S235JRG2) which assumed as linear isotropic hardening material. The type of elements used in this modeling is *beam* , 3D *node 189*. The load of supporting profile is the total weight of the condenser unit , which is the sum of the total dry weight of the the condenser and the weight of refrigerant contained in the condenser. Profile variations in this study are: *C -Profile* , *I-Profile* and *Box -Profile* . Variation of *Supporting profile's* dimensions are height, width and thickness which respectively 60 x 40 x 3mm , 80 x 50 x 5mm , 100 x 50 x 3 , 100 x 50 x 5 mm and 120 x 60 x 6mm. The results of modeling compared with analytic results to verify the modeling . The results of this study shown that the smallest stress and deflection occurs in a *Supporting Profile* with *Box – Profile's* shape and dimension of profile 120 x 60 x 6mm.

Keywords: *Supporting profile*, deflection, stress, profile's shape, dimension

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global merupakan isu yang hangat saat ini. Akibat dari pemanasan global adalah meningkatnya temperatur pada permukaan bumi. Peningkatan temperatur pada permukaan bumi berdampak pada peningkatan temperatur ruangan atau bangunan. Peningkatan temperatur ruangan ini mengakibatkan ketidak nyamanan bagi pengguna ruangan tersebut. Salah satu cara yang dapat digunakan agar kondisi di dalam ruangan menjadi nyaman adalah mengkondisikan temperatur udara didalam ruangan dengan menggunakan sistem refrigrasi.

* Penulis korespondensi, Hp : +6281337846786
Email: sempurna.suarsana@yahoo.co.id

Pada sistem refrigerasi, terdapat 4 komponen utama yaitu; evaporator, kompresor, kondensor dan katup ekspansi. Setiap komponen memiliki fungsi yang berbeda dalam sistem refrigerasi. Salah satu komponen utama pada sistem refrigerasi adalah kondensor yang berfungsi untuk membuang kalor yang berasal dari dalam ruangan dan telah diserap oleh refrigeran ke lingkungan sekitar atau keluar ruangan.

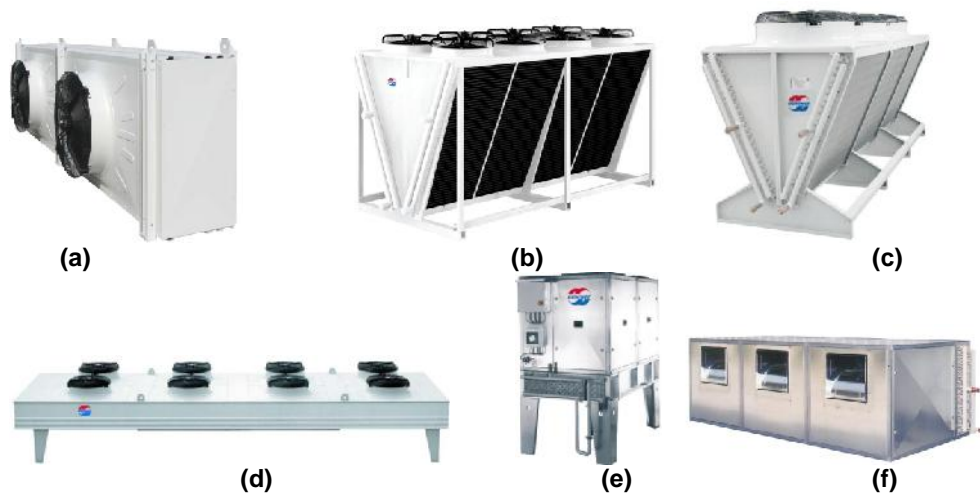
Pada *base* kondensor terdapat suatu elemen yang berfungsi untuk menahan pembebanan dari berat total kondensor unit yang dinamakan *supporting profile*. *Supporting Profile* menerima pembebanan yang sangat besar, yang berasal dari penjumlahan berat kering unit dengan berat refrigeran. *supporting profile* harus didesain untuk mampu menahan pembebanan dari berat unit dengan defleksi yang kecil untuk menghindari kegagalan (*failure*) pada kondensor unit. Karena pentingnya elemen *supporting profile* ini didalam *base* kondensor, maka diperlukan suatu penelitian lebih lanjut mengenai analisa bentuk profil dan dimensi *supporting profile* terhadap defleksi dan tegangan pada *base* kondensor unit. Sehingga dari penelitian ini diharapkan akan mendapatkan bentuk profil dan dimensi *supporting profile* yang mampu menahan pembebanan dan meminimalisasi defleksi pada *base* kondensor.

2. METODE

2.1. Kondensor

Kondensor merupakan mesin penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi untuk membuang kalor ke lingkungan, sehingga uap refrigeran akan mengembun dan berubah fasa dari uap ke cair. Sebelum masuk ke kondensor refrigeran berupa uap yang bertemperatur dan bertekanan tinggi, sedangkan setelah keluar dari kondensor refrigeran berupa cairan jenuh yang bertemperatur lebih rendah dan bertekanan sama (tinggi) seperti sebelum masuk ke kondensor. Kondensor tersedia dalam banyak bentuk standard seperti: *water-* atau *brine-cooled shell-and-tube*, *shell-and-coil*, *plate-and-frame*, atau *tube-in-tube* kondensor; *water cascading* atau *sprayed over plate* atau model *coil* berkelok-kelok; dan *air-cooled, fin-coil* kondensor [1].

Berdasarkan posisi coil dan jenis fan yang digunakan, *air-cooled, fin-coil* kondensor tersedia dalam beberapa bentuk seperti: *horizontal axial* kondensor, *vertical axial* kondensor, *V-shape axial* kondensor, *W-shape axial* kondensor, *vertical radial* kondensor dan *horizontal radial* kondensor. Bentuk-bentuk *Air-cooled, fin-coil* kondensor dapat dilihat pada Gambar 1 [2].

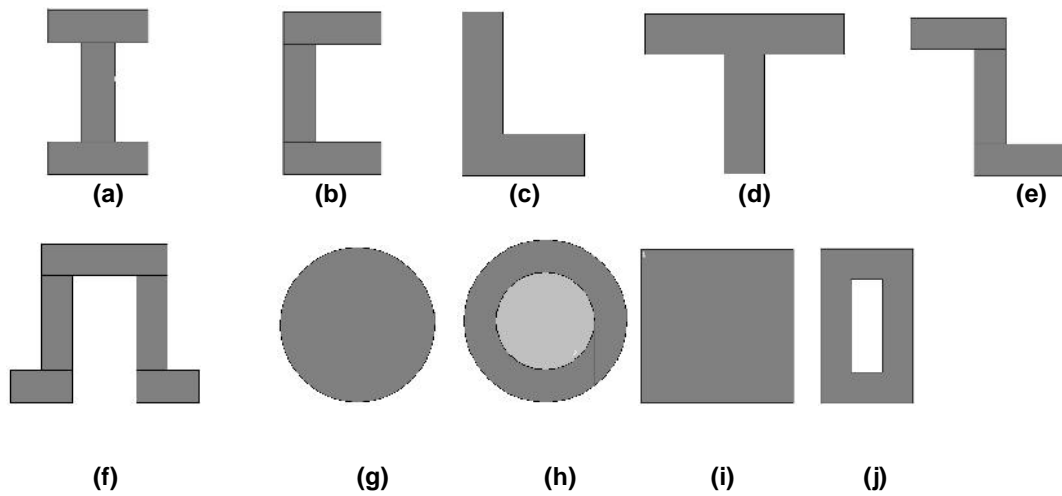


Gambar 1. (a) *Vertical axial* kondensor, (b) *V-shape axial* kondensor, (c) *W-shape axial* kondensor, (d) *Horizontal axial* kondensor, (e) *Horizontal radial* kondensor, (f) *Vertical radial* kondensor

2.2. Supporting profile

Supporting profile merupakan elemen pendukung utama dalam konstruksi *base* kondensor yang berfungsi untuk menahan berat total kondensor, sehingga kondensor tidak mengalami pembengkokan (*bending*). Berat total kondensor merupakan penjumlahan berat kering kondensor dengan berat refrigeran yang terdapat didalam kondensor. Bentuk profil pada *supporting profile* diantaranya: *I-Profile*, *C-Profile*, *L-Profile*, *T-Profile*, *Z-Profile*, *Hat-Profile*, *Circle-Profile*, *Cylinder-Profile*, *Rectangle-Profile* dan *Box-Profile*. Bentuk-bentuk profil pada *supporting profile* dapat dilihat pada

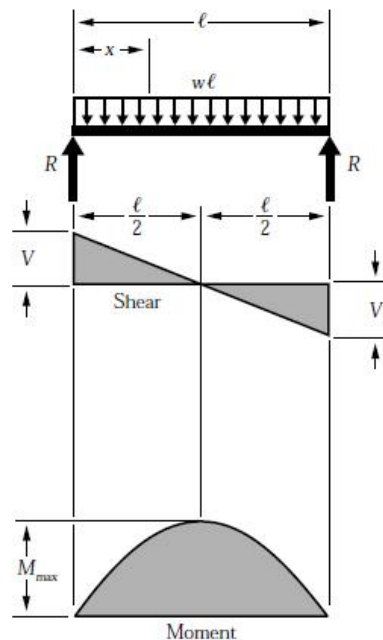
Gambar 2. Pembebanan pada *supporting profile* dapat dimodelkan seperti pembebanan pada beam sederhana dengan beban terdistribusi merata [3].



Gambar 2. Bentuk profile pada *supporting profile* (a) *I-Profile*, (b) *C-Profile*, (c) *L-Profile*, (d) *T-Profile*, (e) *Z-Profile*, (f) *Hat-Profile*, (g) *Circle-Profile*, (h) *Cylinder-Profile*, (i) *Rectangle-Profile* dan (j) *Box-Profile*

2.3. *Beam* sederhana dengan beban terdistribusi merata

Pada beam sederhana dengan pembebanan terdistribusi merata (Gambar 3), rumus yang digunakan untuk menghitung gaya geser, momen lentur, defleksi dan tegangan adalah mengikuti persamaan (1) sampai persamaan (6) [4].



Gambar 3. *Beam* sederhana dengan pembebanan terdistribusi merata (model pembebanan, diagram gaya geser dan diagram momen lentur)

a) Gaya geser

$$R = V = w l / 2 \tag{1}$$

b) Momen lentur

$$M_{\text{maks}} \text{ (pada titik pusat)} = \frac{w l^2}{8} \quad (2)$$

$$M_x = wx(l-x)/2 \quad (3)$$

c) Defleksi

$$\begin{aligned} \text{max (pada titik pusat)} &= \frac{5wl^4}{384EI} \quad (4) \\ x &= \frac{wx}{24EI} (\beta - 2lx^2 + x^3) \end{aligned}$$

d) Tegangan Lentur

$$M_{\text{maks}} = \frac{Mc}{I} \quad (5)$$

dimana ;

M: Momen lentur,

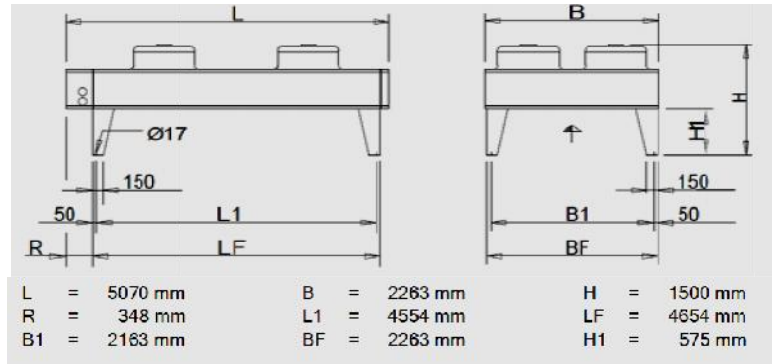
I: Momen Inersia ($I_c + d^2A$)

c: jarak dari *centroid* ke bagian yang akan dihitung tegangan lenturnya. (6)

2.4. Prosedur eksperimen

Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan memanfaatkan *software* Ansys 14.5. Pada penelitian ini permasalahan dibatasi, sebagai berikut:

1. Tipe kondensor yang digunakan adalah *horizontal axial* kondensor. Model: GVH 090.2B/2x2-N(D).I. Merek: Güntner. Spesifikasi dan dimensi kondensordapat dilihat pada Gambar 4 [6].
- 2.



Gambar 4. Dimensi GVH 090.2B/2x2-N(D).I.

Massa Kering unit : 1109 kg
tube volume : 158.3 l

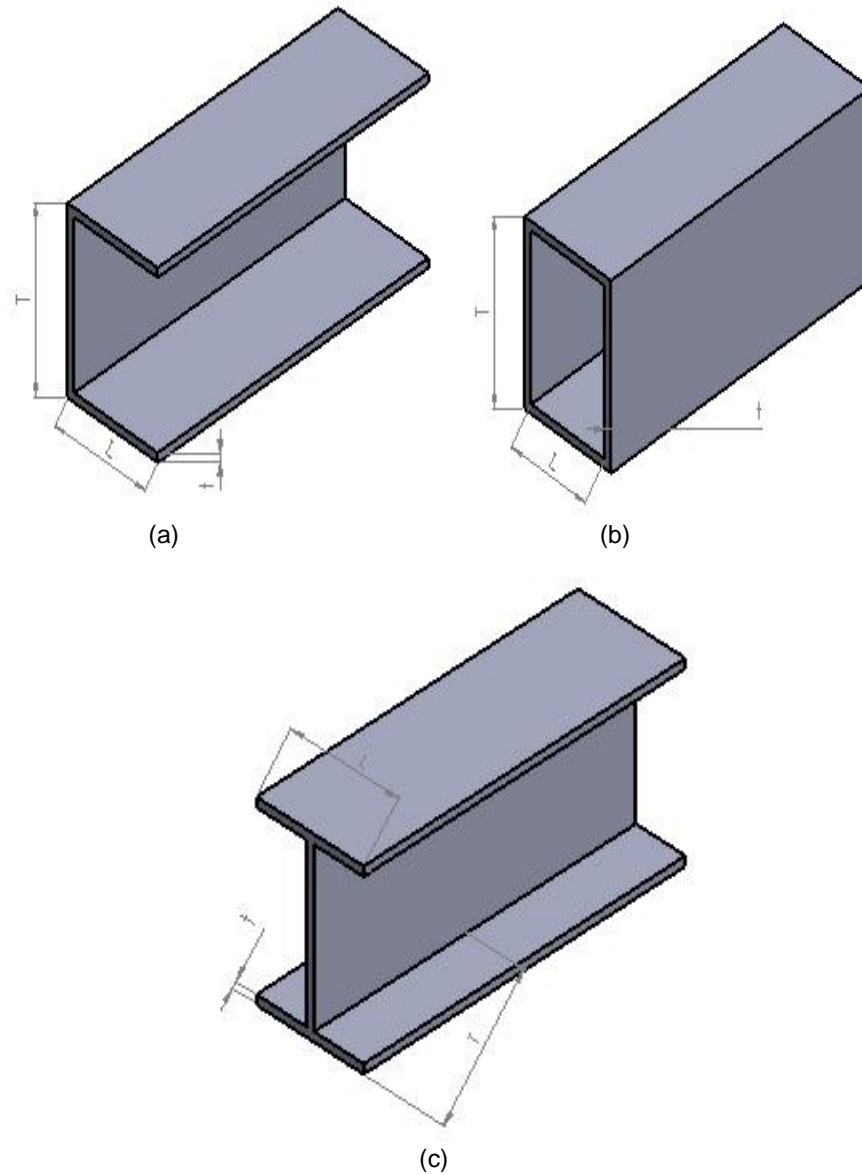
Massa jenis refrigerant : 1004 kg/m³
Panjang *Supporting Profile* : 4554 mm

3. Pembebanan pada *supporting profile base* kondensor dimodelkan seperti pembebanan pada *beam* sederhana dengan beban terdistribusi merata
4. Material *supporting profile* yang digunakan adalah RSt37-2 (S235JRG2) yang diasumsikan memakai model material *linear isotropic hardening*. Modulus Elastisitas (E): 205000 MPa dan *Poisson's ratio* (): 0.3.
5. Pembebanan pada *supporting profile* berupa berat total dari unit kondensor, dimana berat total merupakan penjumlahan dari berat kering kondensor dengan berat *refrigeran* yang terdapat di dalam kondensor.
6. Variasi dimensi *supporting profile* yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi Dimensi *Supporting Profile*

Profile	Dimensi (mm)		
	Tinggi (T)	Lebar (L)	Tebal (t)
1	60	40	3
2	80	50	5
3	100	50	3
4	100	50	5
5	120	60	6

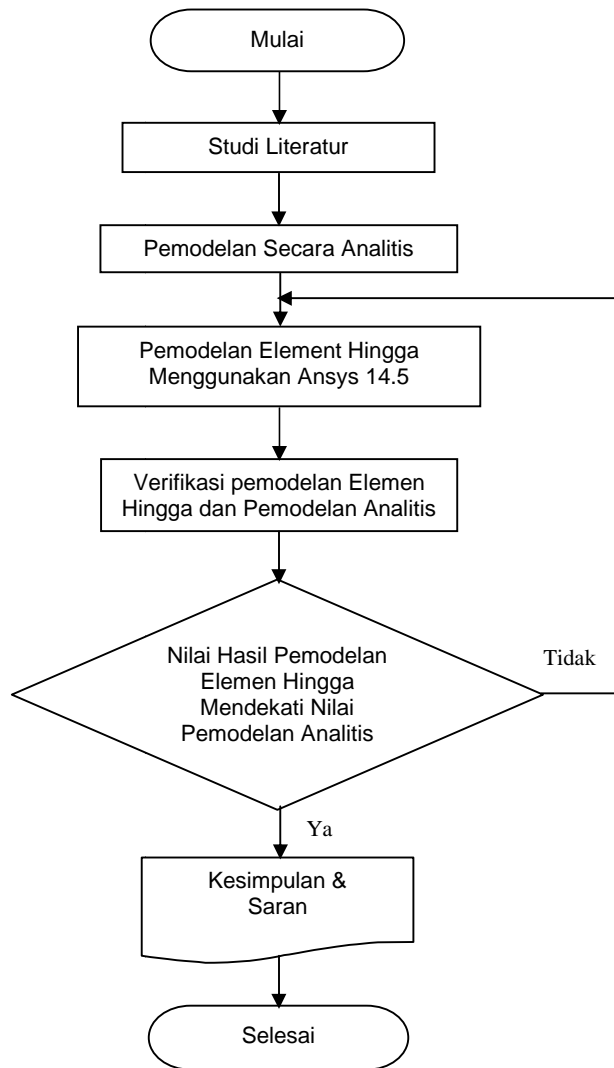
7. Variasi bentuk profil pada penelitian ini adalah; *C-Profile*, *I-Profile* dan *Box-Profile* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5. Bentuk profil yang digunakan (a) *C-Profile* (b) *Box-Profile* (c) *I-Profile*

8. Hasil dari pemodelan dibandingkan dengan hasil analitis untuk memverifikasi pemodelan.

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini sehingga mendapatkan hasil dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 6.



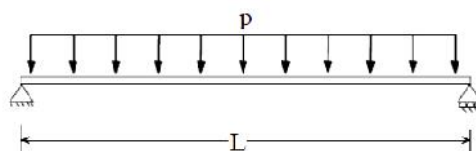
Gambar 6. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penyederhanaan pemodelan

Penyederhanaan pemodelan pada simulasi dilakukan sedemikian rupa sehingga di dapatkan pemodelan yang sederhana dan paling mendekati dengan kondisi aktual. Kondisi pembebanan seperti pada Gambar 4 disederhanakan menjadi pemodelan 2D dengan prinsip pembebanan terdistribusi merata sepanjang LF yang ditumpu pada kedua ujungnya, dengan asumsi LF adalah bagian terpanjang yang mengalami pembebanan terbesar.

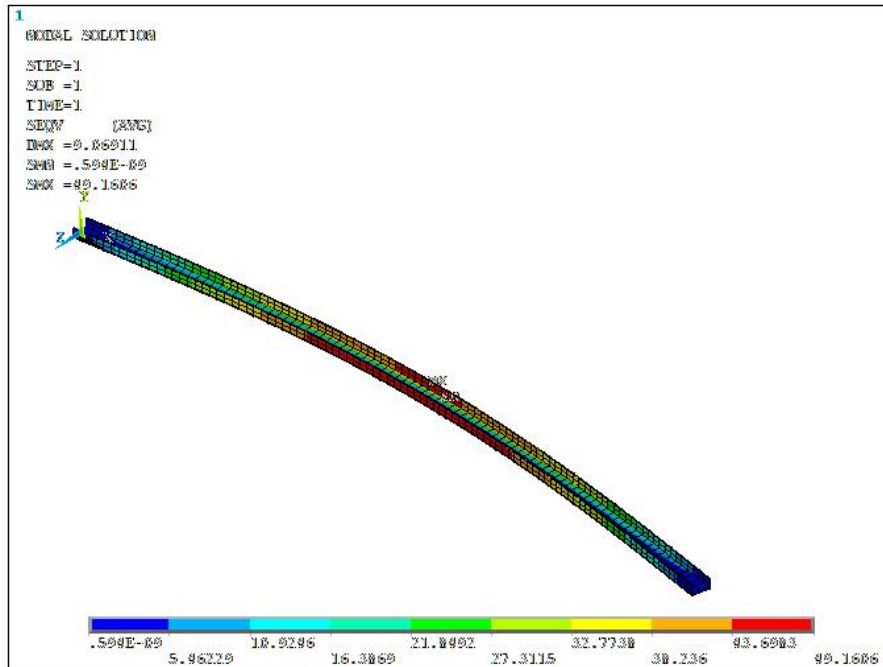
Perhitungan pembebanan dilakukan dengan membagi total berat kondensor dengan total panjang *supporting profile* yang menumpunya (sebesar $2 \times (LF + BF)$) dan dianggap sebagai pembebanan dengan distribusi merata. Kondisi pembebanan ini secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 7 [7]. Panjang *beam* (L) dari pemodelan tersebut adalah sebesar LF.



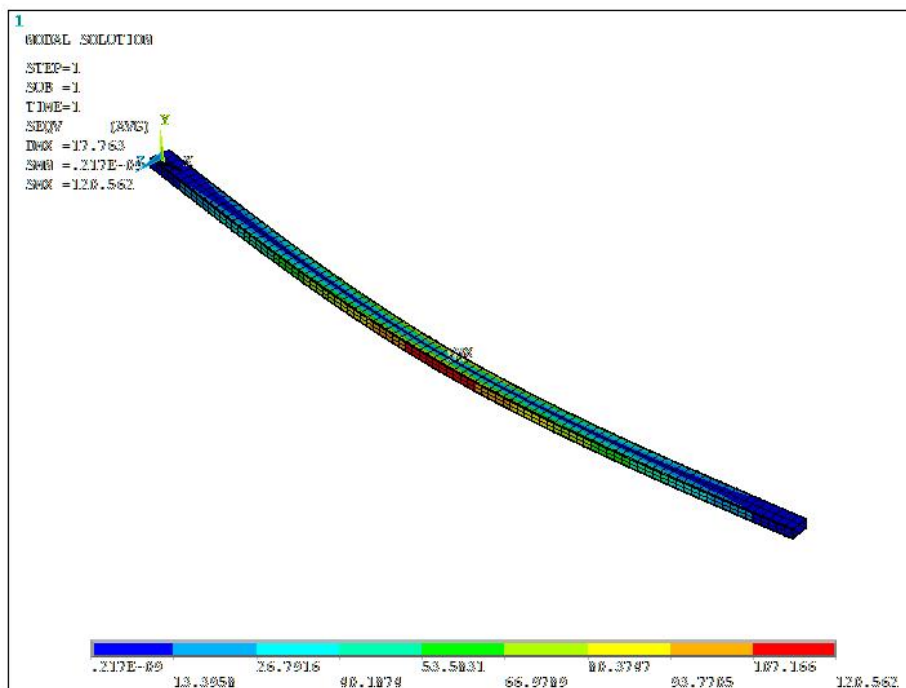
Gambar 7. Pemodelan pembebanan

3.2. Pembahasan

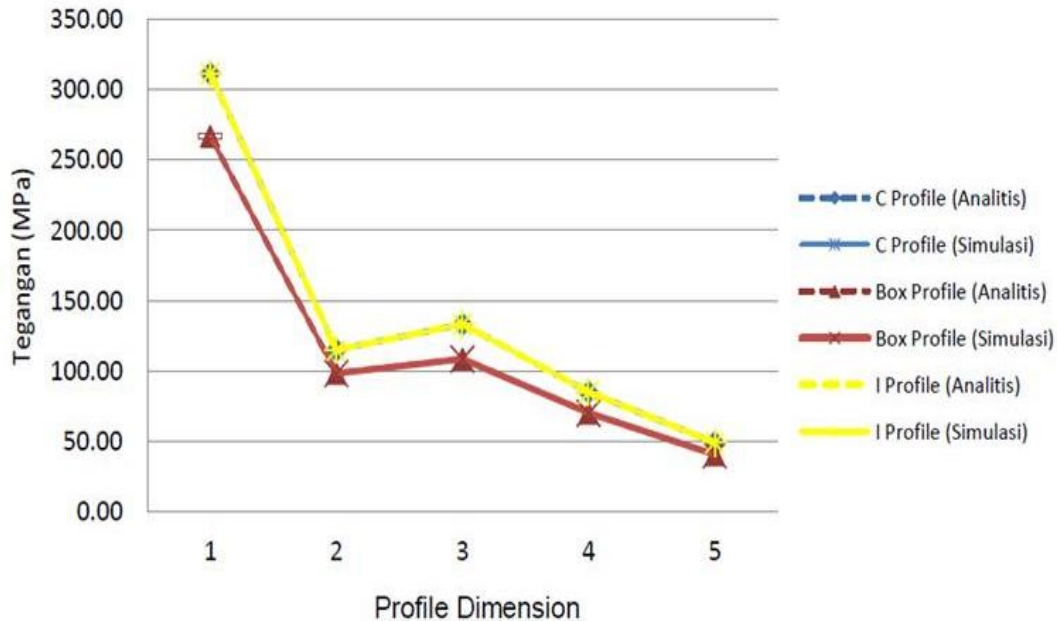
Gambar 8 menunjukkan contoh hasil akhir dari pembebanan pada dimensi tinggi, lebar, tebal 120×60×6 mm. Gambar 8(a) menunjukkan hasil pembebanan pada *C-Profile*, Gambar 8(b) pembebanan pada *Box-Profile* dan Gambar 8(c) pembebanan pada *I-Profile*.



(a)



(b)



Gambar 10. Grafik hubungan tegangan maksimum dengan dimensi *supporting profile*

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pada kondisi *profile* yang sama, peningkatan dimensi (tinggi, lebar dan tebal) akan menurunkan nilai defleksi dan tegangan maksimum. Penurunan nilai defleksi dan tegangan maksimum ini disebabkan peningkatan nilai dimensi *supporting profile* yang akan memperbesar nilai inersia dari *profile*, sedangkan nilai inersia ini berbanding terbalik dengan defleksi dan tegangan maksimum. Dengan dimensi (tinggi, lebar dan tebal) yang sama, *supporting profile* dengan penampang *Box* memiliki nilai defleksi dan tegangan maksimum yang paling rendah. Nilai defleksi dan tegangan maksimum yang rendah ini disebabkan oleh nilai inersia *box-profile* paling tinggi dibanding *profile* lain. Sedangkan nilai defleksi dan tegangan maksimum pada *profile* C dan I memiliki nilai yang sama, hal ini dikarenakan *C-profile* dan I memiliki nilai inersia yang sama. Hasil pemodelan dengan menggunakan metode elemen hingga dan analitis dari penelitian ini memiliki tren yang sama dengan nilai deviasi data antara 0.01 – 0.58%.

4. SIMPULAN

4.1. Simpulan

Defleksi dan tegangan paling minimum terjadi pada *box-profile* dengan dimensi tinggi, lebar dan tebal: 120 x 60 x 6 mm.

4.2. Saran

1. Perlu dikembangkan analisis pada kasus 3 dimensi dengan menggunakan pemodelan elemen hingga.
2. Perlu penelitian lebih lanjut dengan variasi bentuk profil yang lain sebagai perbandingan untuk mendapatkan defleksi dan tegangan maksimum yang terkecil.
3. Pemodelan dengan metode elemen hingga bisa digunakan sebagai referensi dalam mendesain *supporting profile* karena memiliki tren yang sama dengan hasil analitis

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Owen Mark S, *ASHRAE Handbook—HVAC Applications*, ASHRAE, United States of America, 2007.
- [2] [<http://www.guentner.asia/products/condensers/>] (Diakses tanggal: 17Mei 2013)
- [3] Hicks, Tayler G, *Civil Engineering Formulas, Pocket Guide*, Mc Graw-Hill, United States of America, 2002.
- [4] Anonim, *Beam Formulas with Shear and Moment Diagrams*, American Forest & Paper Association, Inc, Wasington, DC, 2007.
- [5] Moaveni, Saed, *Finite Element Analisis, Theory and Application with ANSYS*, Prentice Hall, New Jersey, 1999

- [6] [<http://www.guentner.asia/know-how/product-calculator-gpc/gpc-software/>] (Diakses tanggal: 17Mei 2013)
- [7] Dufour, Paul, *Ansys Tips, Getting Started With ANSYS*, Belcan Engineering Group, Inc,2003.