

# KOMPARASI PERENCANAAN MENARA TELEKOMUNIKASI DI INDONESIA MENGACU PADA TIA/EIA-222-F DAN TIA/EIA-222-G

Oleh :

Fisca Igustiany

Institusi : Politeknik Negeri Bandung

Alamat Institusi : Jalan Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40012

email : fiscay@gmail.com

## ABSTRAKSI

Pertumbuhan telekomunikasi di Indonesia dalam satu dasawarsa ini sangat pesat, ditandai dengan pembangunan menara telekomunikasi yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Perhitungan struktur menara telekomunikasi yang ada di Indonesia sekarang ini mengacu pada peraturan *Telecommunications Industry Association* dan *Electronic Industries Association* atau lebih dikenal dengan TIA/EIA-222-F yang resmi dikeluarkan tahun 1996. Kemudian awal tahun 2006 TIA/EIA-222-G resmi dikeluarkan yang merupakan revisi dari TIA/EIA-222-F, namun 5 tahun sejak dikeluarkan TIA/EIA-222-G, peraturan ini masih belum dijadikan acuan dalam merencanakan menara telekomunikasi di Indonesia.

Dalam kaitannya dengan hal tersebut, penulis mengadakan penelitian tentang komparasi dalam merencanakan menara telekomunikasi mengacu pada TIA/EIA-222-F dan TIA/EIA-222-G dengan menggunakan program MS Tower.

Berdasarkan hasil analisis yang mengacu pada 2 peraturan tersebut dengan menggunakan software MS Tower, terdapat hasil perencanaan tidak berbeda jauh pada saat kondisi area topografi terbuka dengan resiko bahaya kerusakan tertinggi. Untuk daerah urban/perkotaan dengan resiko yang tinggi merencanakan menara dengan mengacu TIA/EIA-222-G bisa lebih hemat strukturnya sampai 25%.

Menara yang direncanakan mengacu TIA/EIA-222-F untuk dapat diaplikasikan berbagai kondisi topografi dan tingkat resiko bahaya yang paling tinggi, sedangkan mengacu pada TIA/EIA-222-G dapat dilakukan penghematan struktur berdasarkan topografi dan tingkat resiko bahaya yang sesuai.

Kata Kunci : komparasi, menara, telekomunikasi, TIA/EIA-222-F, TIA/EIA-222-G, MS Tower.

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan teknologi di bidang telekomunikasi pada satu dasawarsa terakhir mengalami perkembangan yang sangat pesat. Infrastruktur penunjang dibangun secara simultan di seluruh Indonesia. Infrastruktur utama yang mampu menunjang jaringan telekomunikasi hingga ke pelosok daerah seluruh Indonesia salah satunya adalah menara, mengingat kondisi geografis di Indonesia yang kondisi topografinya bervariasi.

Menara telekomunikasi di Indonesia sampai sekarang ini sebagian besar masih direncanakan dengan mengacu pada peraturan *Telecommunications Industry Association* dan *Electronic Industries Association* atau lebih dikenal dengan TIA/EIA-222-F tahun 1996 yang sesuai standar *American Institute of Steel Construction* (AISC) dan masih menggunakan metode *Allowable Stress Design* (ASD) untuk menentukan kekuatan strukturnya. Kemudian pada awal tahun 2006 TIA/EIA mengeluarkan standar baru untuk merencanakan menara yaitu TIA/EIA-222-G yang menggunakan metode *Load Resistance and Factor Design* (LRFD).

## 2. STUDI PUSTAKA

Menara telekomunikasi bermaterial baja di Indonesia dihitung melalui beberapa standar perancangan, dimana kode yang digunakan adalah TIA/EIA-222-F tahun 1996 yang sesuai standar *American Institute of Steel Construction* (AISC) dan masih menggunakan metode *Allowable Stress Design* (ASD) dan TIA/EIA-222-G tahun 2006 yang menggunakan metode *Load Resistance and Factor Design* (LRFD). Berikut dasar perhitungan dari kedua kode perancangan menara telekomunikasi tersebut.

### 2.1. Dasar perhitungan TIA/EIA-222-F

Peraturan TIA/EIA-222-F merancang menara telekomunikasi secara umum, dimana pembebanan yang terjadi adalah sebagai berikut :

#### 2.1.1 Beban mati

Beban mati pada menara telekomunikasi terdiri dari beban menara itu sendiri, beban antena dan perlengkapan menara lainnya.

#### 2.1.2 Beban angin

Beban angin yang dijadikan pembebanan adalah kondisi kecepatan angin tertinggi (*fastest mile*) yang terjadi pada struktur menara dan perlengkapan pada menara seperti antenna dengan rumus perhitungannya sebagai berikut :

##### 2.1.2.1 Beban angin pada struktur menara

Beban angin pada struktur menara pada peraturan TIA/EIA-222-F dihitung melalui persamaan sebagai berikut :

$$F = qz.GH.CF.AE$$

$$qz = 0.613 Kz.V^2$$

$$Kz = [z/10]^{2.7}$$

$$GH = 0.65 + 0.60/(h/10)^{1.7}$$

$$CF = 3.4e^2 - 5.9e + 3.4$$

$$e = AF/AG$$

$$AE = DF.AF$$

dimana :

F = Beban angin horizontal (N) dengan F tidak boleh melebihi  $2 qz.GH.AG$

qz = Tekanan angin (Pa)

GH = Faktor hambatan angin ( $1.00 \leq GH \leq 1.25$ )

CF = Koefisien gaya struktur akibat angin

AE = Luas efektif elemen struktural pada satu muka ( $m^2$ )

AG = Luas kotor menara pada satu muka ( $m^2$ )

Kz = Koefisien udara terbuka ( $1.00 \leq Kz \leq 2.58$ )

V = Kecepatan angin dasar pada lokasi struktur menara (m/s)

z = Tinggi pada titik tengah bidang yang ditinjau (m)

h = Tinggi menara (m)

$e$  = Rasio kepadatan  
 $AF$  = Luas komponen struktural pada satu muka ( $m^2$ )  
 $DF$  = Faktor arah angin, dimana  $DF = 1$  untuk arah angin normal dan  $DF = 1+0.75 e$  arah angin  $45^\circ$

### 2.1.2.2 Beban angin pada antena

Beban angin pada antena menara pada peraturan TIA/EIA-222-F dihitung melalui persamaan sebagai berikut :

$$F_a = C_a \cdot A \cdot K_z \cdot G_H \cdot V^2$$

$$F_s = C_s \cdot A \cdot K_z \cdot G_H \cdot V^2$$

$$M = C_m \cdot D \cdot A \cdot K_z \cdot G_H \cdot V^2$$

$$H_a = \sqrt{F_a^2 + F_s^2}$$

$$M = F_a \cdot X + F_s \cdot Y + M$$

dimana :

$F_a$  = Gaya aksial

$F_s$  = Gaya geser

$M$  = Moment puntir

$C_a$  = Koefisien beban angin pada antena

$C_s$  = Koefisien beban angin pada struktur

$H_a$  = Beban angin antena

$M_t$  = Momen punter total

$V$  = Kecepatan angin (mph)

$A$  = Luas antena terproyeksi normal

$D$  = Diameter antena

$X$  = Jarak lateral antena terhadap member struktur

$Y$  = Jarak antena terhadap pipa penyokongnya

Kombinasi pembebanan yang digunakan pada perancangan struktur menara dengan peraturan TIA/EIA-222-F adalah sebagai berikut :

$$CL = DL + WL$$

dimana :

$DL$  = Beban mati pada struktur

$WL$  = Beban angin pada struktur

## 2.2 Dasar perhitungan TIA/EIA-222-G

Filosofi standar peraturan TIA/EIA-222-G berdasarkan rencana kondisi batas, struktur dikontrol

oleh dua pembatasan utama, yaitu kekuatan batas untuk memastikan struktur masih aman pada saat kondisi beban ekstrim dan kemampuan batas layan untuk mengontrol struktur masih mampu memberikan layan pada kondisi normal.

Persyaratan keandalan struktur diklasifikasikan menjadi 3 kategori berdasar kondisi lingkungannya sebagai berikut :

### I. Kategori I

Struktur mempunyai persyaratan keandalan yang rendah, dimaksudkan struktur memiliki tingkat bahaya yang rendah terhadap kepada kehidupan manusia dan kerusakan yang lainnya pada saat mengalami kegagalan. Untuk beban salju dan gempa tidak dipertimbangkan.

### II. Kategori II

Struktur memiliki tingkat bahaya yang besar terhadap kepada kehidupan manusia dan kerusakan yang lainnya pada saat mengalami kegagalan dan atau struktur yang digunakan untuk layanan yang dapat diberikan dengan cara lain.

### III. Kategori III

Struktur memiliki tingkat bahaya yang sangat besar terhadap kepada kehidupan manusia dan kerusakan yang lainnya pada saat mengalami kegagalan dan atau struktur yang dijadikan penunjang utama komunikasi.

Kecepatan angin yang dijadikan pembebanan utama diberikan pada saat kondisi angin dengan kecepatan konstan rata-rata 3 detik (*3 second gust*). Kecepatan angin ditingkatkan mengacu pada kondisi karakteristik lingkungan sekeliling lokasi menara berada yang mana identik dengan ASCE 7 untuk *Exposure B* (Perkotaan atau daerah perbukitan), *Exposure C* (daerah datar terbuka), *Exposure D* (garis pantai yang bukan daerah badai)

Pembebanan yang terjadi berdasarkan peraturan TIA/EIA-222-G adalah sebagai berikut :

### 2.2.1 Beban mati

Beban mati pada menara telekomunikasi terdiri dari beban menara itu sendiri, beban antenna dan perlengkapan menara lainnya.

### 2.2.2 Beban angin

Beban angin pada menara telekomunikasi terjadi pada struktur menara dan perlengkapan pada menara seperti antenna dengan rumus perhitungannya sebagai berikut :

#### 2.2.2.1 Beban angin pada struktur menara

Beban angin yang membebani struktur pada peraturan TIA/EIA-222-G harus ditentukan sesuai dengan persyaratan berikut :

$$F_w = F_{ST} + F_A + F_G$$

$$F_{ST} = q_z \cdot G_h \cdot (EPA)_s$$

$$q_z = 0.613 \cdot K_z \cdot K_{ZT} \cdot K_d \cdot V^2 \cdot I$$

$$K_z = 2.01 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_{ZT} = \left( 1 + \frac{K_e K_t}{K_h} \right)^2$$

$$K_h = e^{\left( \frac{f \cdot z}{H} \right)}$$

$$(EPA)_s = C_f \cdot (D_f \sum A_f)$$

$$CF = 3.40 \epsilon^2 - 4.7 \epsilon + 3.4$$

$$\epsilon = \frac{A_f + A_r}{A_g}$$

dimana :

$F_w$  = Gaya angin total yang bekerja pada struktur menara

$F_{ST}$  = Gaya angin yang bekerja pada struktur menara

$F_A$  = Gaya angin pada antenna atau perlengkapan tambahan lainnya

$F_G$  = Gaya Angin pada kabel/sling (jika ada)

$q_z$  = Kecepatan tekanan angin

$G_h$  = Efek hembusan angin

$(EPA)_s$  = Luas efektif bidang angin struktur menara

$K_z$  = Koefisien tekanan angin

$K_{ZT}$  = Faktor topografi

$K_d$  = Faktor kemungkinan arah angin (tabel 2-4 TIA/EIA-222-G), untuk tiga kaki = 0.85

$V$  = Kecepatan angin dasar pada suatu menara

$I$  = Faktor struktur

$Z$  = Tinggi bidang yang ditinjau

$K_e$  = Konstanta area terbuka (tabel 2-5 TIA/EIA-222-G)

$K_t$  = Konstanta topografi (tabel 2-5 TIA/EIA-222-G)

$K_h$  = Faktor reduksi ketinggian

$e$  = Faktor eksponensial

$f$  = Faktor pengurangan tinggi (tabel 2-5 TIA/EIA-222-G)

$H$  = Tinggi objek disekitar menara

$\alpha$  = koefisien hembusan angin 3 detik yang tergantung dari kategori topografi (tabel 2-4 TIA/EIA-222-G)

$z$  = Tinggi bidang menara yang ditinjau

$z_g$  = Tinggi puncak menara terhadap tinggi muka air laut

$C_f$  = Koefisien gaya pada struktur

$D_f$  = Faktor arah angin pada bidang struktur yang ditinjau (tabel 2-6 TIA/EIA-222-G)

$A_f$  = Luas bidang angin dari batang struktur yang ditinjau

$\epsilon$  = Rasio kepadatan

$A_f$  = Luas komponen struktural pada satu muka ( $m^2$ )

$A_g$  = Luas kotor menara pada satu muka ( $m^2$ )

#### 2.2.2.2 Beban angin pada antenna

Beban angin pada antenna menara pada peraturan TIA/EIA-222-G dihitung melalui persamaan sebagai berikut :

$$F_A = q_z \cdot G_h \cdot (EPA)_A$$

$$(EPA)_A = K_a \cdot [(EPA)_N \cdot \cos^2(\theta) + (EPA)_T \cdot \sin^2(\theta)]$$

$$(EPA)_N = \sum (C_a \cdot A_a)_N$$

$$(EPA)_T = \sum (C_a \cdot A_a)_T$$

dimana :

$(EPA)_A$  = Luas efektif bidang angin antenna

$(EPA)_N$  = Luas akibat angin tampak depan dari antena  
 $(EPA)_T$  = Luas akibat angin tampak samping dari antena

$K_a$  = Faktor bentuk antenna = 1

$\theta$  = Sudut antara bidang utama antena terhadap arah datang angin

$C_a$  = Koefisien gaya

$A_A$  = Luas yang terproyeksi dari bidang antena

Peraturan TIA/EIA-222-G yang mengacu pada *Load and Resistance Factor Design*, kombinasi pembebanannya adalah sebagai berikut :

1.  $1.2 D + 1.0D_g + 1.6 W_o$
2.  $0.9 D + 1.0D_g + 1.6 W_o$
3.  $1.2 D + 1.0D_g + 1.0D_1 + 1.0 W_1 + 1.0 T_i$
4.  $1.2 D + 1.0D_g + 1.0 E$
5.  $0.9 D + 1.0D_g + 1.0 E$

dengan :

$D$  = Beban mati

$D_g$  = Beban mati pada sling (*guys*)

$W_o$  = Beban angin

$D_1$  = Beban es tanpa faktor ketebalan es

$W_1$  = Beban es dengan faktor ketebalan es

$T_i$  = Beban efek akibat *temperature*

$E$  = Beban gempa

### 3. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Ruang lingkup penelitian pada makalah ini adalah perhitungan menara tiga kaki pada semua kondisi topografi dan semua tingkat bahaya terhadap lingkungan dengan membandingkan perancangan dengan peraturan TIA-EIA-222-F dan TIA-EIA-222-G dengan tidak memperhitungkan beban es dan gempa.

### 4. METODOLOGI PENELITIAN

Pehitungan pada penelitian ini dianalisa dengan software MS Tower V6.02.008 dengan pemodelan beban secara matematis. Satu menara ini dihitung dan

membandingkan hasilnya dengan dua peraturan yaitu TIA-EIA-222-F dan TIA-EIA-222-G.

### 5. DATA PENELITIAN

Data penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Gambar 1) :

- a. Tinggi menara telekomunikasi 30m
- b. Angin maksimum yang digunakan untuk membebani adalah 120 km/jam
- c. Beban angin layan adalah 84 km/jam.
- d. Struktur menara 3 kaki terdiri dari *Leg*, *Diagonal Bracing* dan *Horisontal Bracing*.
- e. Kaki atau *Leg* menggunakan material Besi Siku 120x120x12, 100x100x10, 90x90x9, 80x80x8 dan 70x70x7.
- f. Pengaku *Diagonal* atau *Diagonal Bracing* menggunakan material Besi Siku 60x60x6 dan 50x50x5.
- g. Pengaku *Horisontal* atau *Horisontal Bracing* menggunakan material 50x50x5.
- h. 6 unit antenna Transmisi diameter 1.2 dan 6 unit antenna radio 1.5x0.3x0.15

#### 5.1. Analisa mengacu TIA/EIA-222-F

Tegangan yang terjadi pada struktur menara telekomunikasi tidak boleh melebihi tegangan ijinnya. Menurut peraturan TIA/EIA-222-F, tegangan ijin pada struktur menara adalah sebagai berikut :

##### 5.1.1. Kuat Tarik

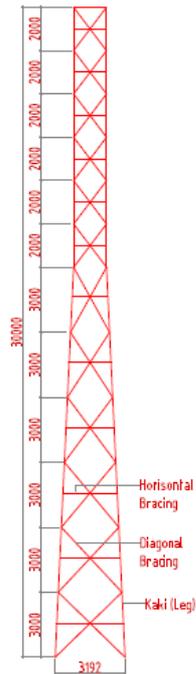
Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tarik adalah sebagai berikut :

$$F_t = 0.60 F_y \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

dimana:

$F_t$  = Tegangan tarik ijin (kg/cm<sup>2</sup>)

$F_y$  = tegangan leleh baja (kg/cm<sup>2</sup>)



Gambar 1. Menara Telekomunikasi Tiga Kaki 30 m yang Digunakan pada Penelitian

### 5.1.2. Kuat Geser

Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat geser adalah sebagai berikut :

$$F_v = 0.40 F_y \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

dimana:

$$F_v = \text{Tegangan geser ijin (kg/cm}^2\text{)}$$

### 5.1.3. Kuat Tekan

Untuk mencari kuat tekan pada menara, TIA/EIA-222-F menggunakan batasan rasio kelangsingan batang ( $kl/r$ ) terhadap rasio kelangsingan kolom ( $C_c$ ), dimana batasan tersebut adalah sebagai berikut :

a. Jika  $(kl/r) < C_c$ ,

maka rumus kuat tekan adalah :

$$F_a = \frac{\left[ 1 - \frac{\left(\frac{kl}{r}\right)^2}{2C_c^2} \right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3\left(\frac{kl}{r}\right)}{8C_c} - \frac{\left(\frac{kl}{r}\right)^3}{8C_c^3}}$$

b. Jika  $(kl/r) > C_c$ ,

maka rumus kuat tekan adalah :

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r)^2}$$

dengan :

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$$

dimana:

$F_a$  = Tegangan tekan ijin (kg/cm<sup>2</sup>)

$C_c$  = Rasio kelangsingan kolom (kg/cm<sup>2</sup>)

$E$  = Modulus elastisitas baja (kg/cm<sup>2</sup>)

### 5.1.4. Momen

Rumus yang digunakan untuk menghitung momen adalah sebagai berikut :

$$F_b = 0.66 F_y \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

dimana:

$F_b$  = Momen ijin (kg/cm<sup>2</sup>)

### 5.1.5. Rasio kelangsingan batang

Nilai rasio kelangsingan batang ( $kl/r$ ) adalah sebagai berikut sebagai berikut :

$kl/r = 150$ , untuk batang tekan pada kaki menara (*leg*)

$kl/r = 200$ , untuk batang tekan pada pengaku menara (*bracing*)

$kl/r = 250$ , untuk batang *redundant*

dimana:

$k$  = panjang faktor efektif (kg/cm<sup>2</sup>)

$l$  = panjang batang tanpa sokongan (kg/cm<sup>2</sup>)

$r$  = jari-jari girasi batang (kg/cm<sup>2</sup>)

### 5.2. Analisa mengacu TIA/EIA-222-G

Untuk batang dengan sudut 60° dan 90°, tegangan leleh efektif untuk batang tekan,  $F'_y$  harus ditentukan sebagai berikut :

$$\text{untuk, } \frac{w}{t} \leq 0.47 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

maka,  $F'_y = F_y$

$$\text{untuk, } 0.47 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{w}{t} \leq 0.85 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\text{maka, } F'_y = \left[ 1.677 - 0.677 \left( \frac{w/t}{0.47 \sqrt{\frac{E}{F_y}}} \right) \right] F_y$$

$$\text{untuk, } 0.85 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{w}{t} \leq 25$$

$$\text{maka, } F'_y = \left[ 0.0332 \pi^2 \frac{E}{\left(\frac{w}{t}\right)^2} \right]$$

dengan :

w = Lebar batang

t = Tebal batang

E = Modulus elastisitas baja

F<sub>y</sub> = Tegangan leleh

F'<sub>y</sub> = Tegangan leleh efektif akibat batang tekan

### 5.2.1. Perancangan Kuat Tarik TIA/EIA-222-G

Perancangan kuat tarik ditentukan oleh rumus sebagai berikut :

#### 5.2.1.1. Kuat tarik akibat leleh

Kuat tarik akibat leleh ditentukan oleh rumus sebagai berikut :

$$P_n = F_y \cdot A_g$$

dimana :

A<sub>g</sub> = luas elemen

Ø<sub>t</sub> = 0.80 (untuk sling yang diangkur)

Ø<sub>t</sub> = 0.90 (untuk member lain)

#### 5.2.1.2. Untuk kuat tarik akibat fraktur

Kuat tarik akibat fraktur ditentukan oleh rumus sebagai berikut :

$$P_n = F_u \cdot A_{en}$$

dimana :

A<sub>en</sub> = luas efektif

Ø<sub>t</sub> = 0.65 (untuk sling yang diangkur)

Ø<sub>t</sub> = 0.75 (untuk member lain)

#### 5.2.1.3. Geser blok

Geser blok yang terjadi ditentukan oleh rumus sebagai berikut :

Jika F<sub>u</sub> A<sub>nt</sub> ≥ 0.6 F<sub>u</sub> A<sub>nv</sub>, maka P<sub>n</sub> = 0.6 F<sub>y</sub> · A<sub>gv</sub> +

$$F_u \cdot A_{nt} \leq 0.6 F_u A_{nv} + F_u A_{nt}$$

Jika F<sub>u</sub> A<sub>nt</sub> < 0.6 F<sub>u</sub> A<sub>nv</sub>, maka P<sub>n</sub> = 0.6 F<sub>u</sub> A<sub>nv</sub> +

$$F_y \cdot A_{gt} \leq 0.6 F_u A_{nv} + F_u A_{nt}$$

dimana :

A<sub>gv</sub> = luas bruto akibat geser

A<sub>gt</sub> = luas bruto akibat tarik

A<sub>nv</sub> = luas netto akibat geser

A<sub>nt</sub> = luas netto akibat tarik

Ø<sub>t</sub> = 0.65 (untuk sling yang diangkur)

Ø<sub>t</sub> = 0.75 (untuk member lain)

### 5.2.2. Perancangan gaya aksial TIA/EIA-222-G

Perancangan gaya aksial pada batang ditentukan oleh rumus sebagai berikut :

$$\phi_c P_n$$

dengan :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

Untuk λ<sub>c</sub> ≤ 1,5, maka F<sub>cr</sub> = (0.658<sup>λ<sub>c</sub><sup>2</sup>) F'<sub>y</sub></sup>

Untuk λ<sub>c</sub> > 1,5, maka F<sub>cr</sub> =  $\left[ \frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F'_y$

dengan :

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F'_y}{E}}$$

dimana :

A<sub>g</sub> = Luas kotor batang

K = Faktor panjang efektif

L = Panjang batang pada elemen yang ditinjau

r = jari-jari girasi batang

Ø<sub>c</sub> = 0.90

## 6. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

### 6.1. Gaya Maksimum yang terjadi Hasil Analisis

Hasil analisa diperoleh gaya tekan maksimum sesuai peraturan TIA-EIA-222-F dan TIA-EIA-222-G, dimana untuk versi G dikelompokkan sesuai dengan kategori dan tipe topografinya. (Tabel 1)

Gaya tarik maksimum sesuai peraturan TIA-EIA-222-F dan TIA-EIA-222-G, dimana untuk versi

G dikelompokkan sesuai dengan kategori dan tipe topografinya. (Tabel 2)

**Tabel 1. Gaya Tekan Maksimum berdasar TIA-EIA-222-F dan TIA-EIA-222-G**

Code TIA-EIA-222	Gaya Tekan Maksimum pada kaki (kN)	Tekan Maksimum Diagonal Bracing (kN)	Tekan Maksimum Horizontal Bracing (kN)
F	280	14	4
G (1B)	184	7	2
G (1C)	235	11	2
G (1D)	267	13	3
G (2B)	209	10	2
G (2C)	268	13	3
G (2D)	304	15	3
G (3B)	238	11	2
G (3C)	305	15	3
G (3D)	347	17	3

**Tabel 1. Gaya Tarik Maksimum berdasar TIA-EIA-222-F dan TIA-EIA-222-G**

Code TIA-EIA-222	Gaya Tarik Maksimum pada kaki (kN)	Tarik Maksimum Diagonal Bracing (kN)	Tarik Maksimum Horizontal Bracing (kN)
F	229	12	4
G (1B)	137	7	2
G (1C)	183	10	2
G (1D)	212	11	3
G (2B)	160	8	2
G (2C)	213	11	3
G (2D)	246	13	3
G (3B)	186	10	2
G (3C)	247	13	3
G (3D)	285	15	3

## 6.2. Rasio Kekuatan Hasil Analisis

Rasio kapasitas kekuatan struktur yang dianalisis dengan 2 metode sesuai peraturan TIA-EIA-222-F dan TIA-EIA-222-G sebagai berikut :

- a. Rasio Kapasitas Kekuatan Struktur Berdasarkan TIA-EIA-222-F

Hasil rasio kapasitas kekuatan struktur berdasarkan TIA-EIA-222-F terdapat pada Tabel 3.

- b. Rasio Kapasitas Kekuatan Struktur Kategori I berdasar TIA-EIA-222-G

Hasil rasio kapasitas kekuatan struktur kategori I berdasar TIA-EIA-222-G terdapat pada Tabel 4.

**Tabel 3. Rasio Kapasitas Kekuatan Struktur berdasar TIA-EIA-222-F**

Member	TIA/EIA-222-F
Leg	97.70%
Diagonal Bracing	49.20%
Horizontal Bracing	13.00%

**Tabel 4. Rasio Kapasitas Kekuatan Struktur Kategori I dan Type Topografi berdasar TIA-EIA-222-G**

Member	Kategori I		
	Class 1-B	Class 1-C	Class 1-D
Leg	56.70%	72.30%	81.90%
Diagonal Bracing	27.70%	36.40%	41.90%
Horizontal Bracing	4.70%	6.00%	6.80%

- c. Rasio Kapasitas Kekuatan Struktur Kategori II berdasar TIA-EIA-222-G

Hasil rasio kapasitas kekuatan struktur kategori II berdasar TIA-EIA-222-G terdapat pada Tabel 5.

- d. Rasio Kapasitas Kekuatan Struktur Kategori III berdasar TIA-EIA-222-G

Hasil rasio kapasitas kekuatan struktur kategori III berdasar TIA-EIA-222-G terdapat pada Tabel 6.

**Tabel 5. Rasio Kapasitas Kekuatan Struktur Kategori II berdasar TIA-EIA-222-G**

Member	Kategori 2		
	Class 2-B	Class 2-C	Class 2-D
Leg	64.30%	82.30%	93.40%
Diagonal Bracing	31.70%	41.70%	48.00%
Horisontal Bracing	5.30%	6.80%	7.70%

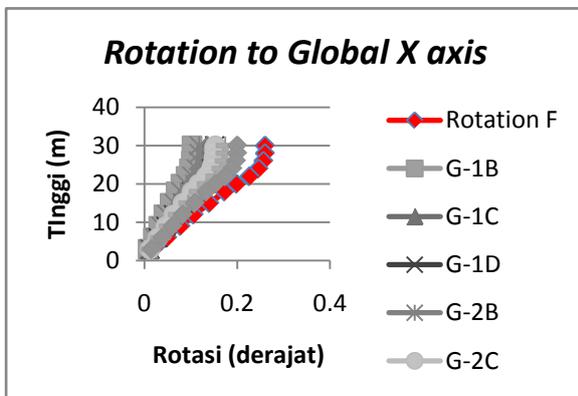
**Tabel 6. Rasio Kapasitas Kekuatan Struktur Kategori III berdasar TIA-EIA-222-G**

Member	Kategori 3		
	Class 3-B	Class 3-C	Class 3-D
Leg	73.10%	94.00%	106.80%
Diagonal Bracing	36.30%	47.80%	55.00%
Horisontal Bracing	6.00%	7.70%	8.80%

### 6.3. Grafik Rotasi terhadap sumbu X, Y dan Z

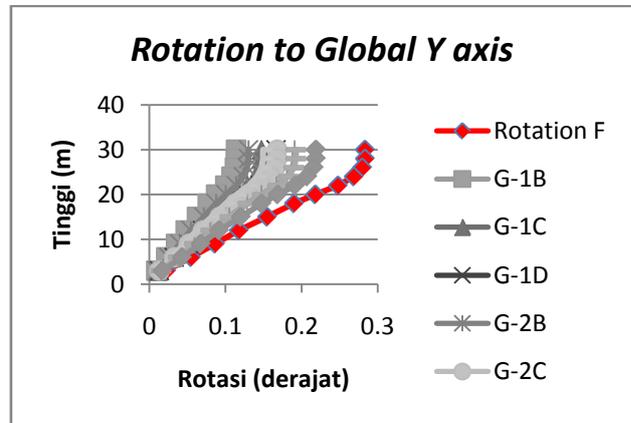
Rotasi yang terjadi pada menara 30 meter ditinjau terhadap sumbu global X, Y dan Z untuk mengetahui sejauh mana menara telekomunikasi dapat menahan beban layan dari angin sebesar 84 km/jam.

Rotasi terhadap sumbu global X metode TIA-EIA-222-F dan TIA-EIA-222-G pada saat beban layan dari angin sebesar 84 km/jam terdapat pada Gambar 2.



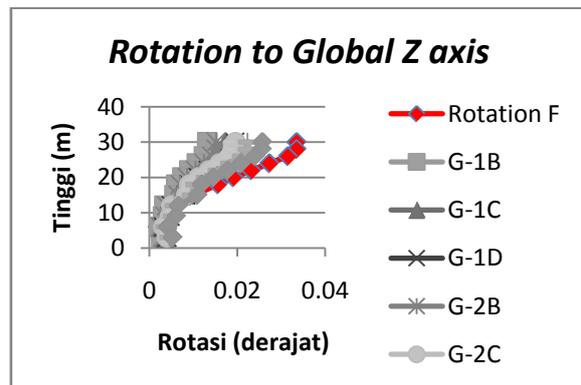
**Gambar 2. Rotasi terhadap sumbu global X**

Rotasi terhadap sumbu global Y metode TIA-EIA-222-F dan TIA-EIA-222-G pada saat beban layan dari angin sebesar 84 km/jam terdapat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Rotasi terhadap sumbu global Y**

Rotasi terhadap sumbu global Z metode TIA-EIA-222-F dan TIA-EIA-222-G pada saat beban layan dari angin sebesar 84 km/jam terdapat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Rotasi terhadap sumbu global Z**

### 6.4. Pembahasan

Dari hasil 9 kombinasi kondisi tipe topografi dan kelas struktur yang mengacu pada TIA-EIA-222-G, 6 kombinasi menghasilkan gaya maksimum dan masih dibawah dari hasil analisa dengan TIA-EIA-222-F. Desain yang dihasilkan TIA-EIA-222-G cukup efisien.

Dari hasil analisis dengan mengacu pada peraturan TIA-EIA-222-F, rasio kekuatan struktur sudah mencapai kondisi batas yang maksimal yaitu mencapai 97.70% pada bagian kakinya. Rotasi yang

dihasilkan terhadap sumbu global X,Y kurang lebih  $0.28^\circ$  artinya masih optimal memberikan layanan.

Analisis yang mengacu pada TIA-EIA-222-G nilai rasio kekuatan strukturnya bervariasi antara 57.70% sampai 106.80% sesuai dengan kelas struktur dan tipe topografi dari menara itu berada. Rasio kekuatan struktur 57.70% untuk struktur dengan kategori I yang berada pada daerah perkotaan atau perbukitan yang memiliki hambatan angin cukup besar. Rasio kekuatan terbesar 106.80% terjadi untuk menara dengan kelas struktur kategori III dan *Exposure* type D yang terletak pada daerah pantai dan berada di lingkungan yang padat penduduknya. Rotasi terhadap sumbu global X,Y kurang dari  $0.25^\circ$  artinya masih optimal memberikan layanan.

## 7. KESIMPULAN DAN SARAN

### 7.1. Kesimpulan

1. Analisa dengan TIA-EIA-222-F masih cukup relevan dipakai di Indonesia, namun efeknya untuk kondisi tipe topografi area terbuka/perbukitan dan kelas struktur yang rendah hasilnya cukup konservatif.
2. Analisa dengan TIA-EIA-222-G akan sangat efektif bila diterapkan di Indonesia, mengingat topografinya masih banyak area terbuka dan perbukitan yang mengurangi tingkat bahaya sehingga desain bisa lebih efisien.

### 7.2. Saran

1. Peraturan TIA/EIA-222-G seharusnya sudah bisa dijadikan acuan pada Industri Telekomunikasi di Indonesia dalam merencanakan dan menganalisis menara untuk mendapatkan efisiensi struktur yang disesuaikan dengan kondisi topografi yang bervariasi.
2. Perlunya tinjauan struktur menara akibat beban gempa dinamik yang mengacu kepada peraturan TIA/EIA-222-G.

## DAFTAR PUSTAKA

*American Institute of Steel Code specification Load and Resistance Factor Design*, LRFD. 2010

*American Institute of Steel Code specification Allowable Stress Design*, ASD. 1989.

Brinker, David, Erichsen, John, Malouf, Mark, Wahba, John. *New Standards for Broadcast Structures ANSI/TIA/EIA-222-G*

Jones, Adam, ME, Raymond. *Effects of TIA/EIA-222 Rev G on Antenna Design*. Las Vegas

Laboube, R.A. *Building Design Criteria*. University of Missouri Rolla. Missouri

Malouf, Mark. *How Does the TIA/EIA-222 Rev G Impact Existing Broadcast Towers*.

*Telecommunications Industry Association dan Electronic Industries Association TIA/EIA-222-F*. 1996

*Telecommunications Industry Association dan Electronic Industries Association TIA/EIA-222-G*. 2006