

# ANALISA STRUKTUR TOWER BTS BERDASARKAN HASIL RE – VERTICALITY MENGGUNAKAN STAAD PRO

## ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan terhadap teknologi komunikasi yang murah dan mudah, memaksa penyedia layanan telepon seluler untuk memperbaiki sinyal jaringan telepon seluler. Sebagai konsekuensi dari perkembangan ini, maka harus diiringi dengan bertambahnya jumlah konstruksi menara di daerah pemukiman dan perkotaan. Dengan bertambahnya jumlah menara di pemukiman dan perkotaan berakibat buruk terhadap keindahan kota dan mengganggu sinyal dari radio dan televisi. Dan dengan keluarnya peraturan menteri mengenai kebijaksanaan perencanaan menara bersama, diharapkan adanya solusi untuk pemilihan mode menara secara struktural dan ekonomis. Studi ini dilakukan dengan cara membandingkan performa dari Tower dengan Tower SST kaki empat yang memiliki ketinggian yang sama yaitu 20 meter dan memiliki beban angin yang sama terhadap struktur tower. Untuk analisis struktur digunakan program bantu STAAD PRO V8i dan untuk kontrol tekan dan tarik pada elemen struktur menggunakan LRFD dibantu dengan fasilitas *design* pada program STAAD PRO V8i. Beban yang bekerja pada struktur ini terdiri dari beban mati yang berupa berat menara sendiri, berat antenna dan berat perangkat. Beban angin dihitung berdasarkan *TIA/EIA-222-F Standard : Structural Standard for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structure*. Tujuan akhir dari studi ini adalah, adanya kejelasan dalam pemilihan konstruksi menara/tower secara struktural dalam pemilihan konstruksi menara bersama. Dan mengetahui seberapa besar beban yang dipikul oleh tower kaki empat setinggi 20 meter.

Kata Kunci : Tower, SST, Kaki Empat, *Circular, Rectangular, STAAD PRO*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tower telekomunikasi adalah struktur bangunan telekomunikasi yang menggunakan kombinasi rangka baja sebagai material konstruksinya. Tower telekomunikasi berfungsi sebagai penyangga alat-alat telekomunikasi untuk memancarkan signal yang mensupport sistem komunikasi yang sering kita gunakan selama ini. Perkembangan teknologi komunikasi di Indonesia saat ini sangat berkembang pesat. Pembangunan tower ini dapat berupa tower yang tinggi menjulang atau tower yang pendek tetapi mempunyai daya pasang antenna yang banyak (sering digunakan untuk keperluan tower bersama). Oleh karena itu pihak pengembang teknologi tersebut banyak membangun maupun merencanakan ulang tower untuk memperluas jaringan atau signal

komunikasi. Pada perencanaan tower, beban yang berpengaruh secara dominan adalah beban angin karena angin adalah beban lateral yang mempunyai sensitifitas tinggi terhadap bangunan konstruksi baja (mempunyai massa yang cenderung ringan).

Ketinggian tower yang dibuat tergantung dengan letak tower itu sendiri. Banyak permasalahan yang di alami oleh masyarakat dengan adanya suatu bangunan tower di sekitar pemukiman yang dapat sewaktu – waktu bisa roboh, hal inilah yang yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu bangunan tower tersebut sering kita ketahui bahwa suatu tower bisa rubuh atau jatuh apabila:

1. Kurang adanya perawatan yang di lakukan oleh owner tersebut.
2. Minimnya pengecekan struktur tower yang dapat berakibat fatal bagi keadaan tower tersebut.

3. Keadaan atau iklim di daerah tempat berdirinya tower tersebut.
4. Adanya pihak – pihak yang tidak bertanggung jawab.

Hal inilah yang perlu kita kaji bersama, dan meninjau kembali hal – hal dalam merencanakan suatu tower. Maka dari itu penulis menganalisa suatu keadaan tower yang berdiri di atas suatu gedung, dengan mengaplikasikan ilmu teknik sipil dalam dunia telekomunikasi untuk mengetahui keadaan tower tersebut.

Tower telekomunikasi seluler ini semakin mempunyai jarak antar tower yang relatif dekat yaitu dengan sekitar radius antar tower 20 km. Oleh karena itu untuk daerah perkotaan pembangunan tower sedikit terkendala oleh beberapa faktor, diantaranya adalah masalah lahan yang berdekatan dengan pemukiman warga, masalah mengurangi keindahan lingkungan kota, masalah terganggunya siaran radio dan

televisi. Masalah utama dalam penulisan ini adalah bagaimana menganalisa suatu struktur tower, agar bisa mengetahui layak dan tidaknya tower tersebut dengan menggunakan Staad Pro. Hal ini sangat berpengaruh pada struktur tower, di karenakan semakin lamanya tower itu berdiri maka semakin banyak permasalahan yang di hadapi. Bagian utama struktur tower adalah *Main Leg* dan *Bracing*, sehingga analisa kemampuan profil dari kedua elemen tersebut jadi hal yang utama. Pada perencanaan tower beban lateral yang berpengaruh secara dominan adalah beban angin, karena pengaruh perbandingan ketinggian dan lebar struktur yang sangat besar. Standart yang dipakai dalam analisa struktur bangunan *Lattice Tower* BTS adalah peraturan *American Society of civil engineers* ASCE 10-97. Sedangkan untuk analisa pembebanan menggunakan *Structural Standards for Steel Antenna Tower and Antenna Supporting Structure*

[TIA/EIA- 222-F, 1996]. Studi analisa dan disain perkuatan tower menggunakan software Staad Pro.. Selain itu analisa pondasi untuk menentukan perbaikan yang dilakukan guna mendukung struktur atas. Dari semua analisa dapat diketahui toleransi penambahan beban yang dilakukan. Pada akhir tahun 2009, pemerintah daerah juga telah mengeluarkan regulasi baru tentang perencanaan dan pelaksanaan tower BTS di dalam kota, dikarenakan semakin maraknya tower BTS di dalam kota dan itu memberi dampak buruk terhadap lingkungan sekitar. Dan tak lama lagi pemerintah daerah akan mengeluarkan peraturan mengenai *cell coverage planning* atau perencanaan cakupan seluler, yang mengatur juga lokasi dan jumlah tower. Regulasi baru ini berisi tentang penggunaan tower bersama yang mengharuskan adanya kerjasama dari beberapa vendor telepon untuk menggunakan satu tower.

Tower telekomunikasi dapat dibedakan dari bentuk dan jenis konstruksi. Ada empat macam bentuk tower :

1. Tower MT (Mini Tower)
2. Tower SST ( Self Supporting Tower)
3. Tower Minipole
4. Tower Monopole

Dari keempat bentuk tower diatas yang paling sering dan umum digunakan untuk perencanaan tower BTS, Tower BTS adalah tower SST. Karena tower SST merupakan tower yang memiliki pola batang yang disusun dan disambung sehingga membentuk rangka yang berdiri sendiri tanpa adanya sokongan lainnya. Sehingga didesain mampu menerima beban-beban yang berat seperti beban antena, kabel dan tangga (mati), manusia (hidup), gempa dan angin. Ketinggian tower BTS berkisar pada 20–120 meter berdasarkan rencana penggelaran jaringan oleh pihak vendor seluler terkait, menyangkut kepada *coverage* jaringan dan sistem transmisi, dua hal ini

pun terkait kepada kondisi lingkungan sekitar (terrain,interference, fresnel zone dll). Dan jika melihat berdasarkan jenis lokasinya, tower dapat diklasifikasikan kepada dua jenis yaitu:

1. Rooftop (Tower yang berdiri diatas atap sebuah gedung).
2. Greenfield (Tower yang berdiri langsung diatas tanah).



Gambar 1.1. Tower Diatas Atap Sebuah Gedung



Gambar 1.2. Tower Diatas Tanah

Dalam tulisan ini akan dikaji mengenai “Analisa Struktur Rangka Tower Bts Berdasarkan Hasil Re-Verticality Menggunakan Staad Pro”. Karena jenis konstruksi ini yang sering dipakai di lapangan dan hingga sekarang masih ada ketidak pahaman secara struktural dalam pemilihan sistem konstruksi untuk perencanaan tower bersama. Sehingga didapatkan pilihan secara ekonomis dan struktural terhadap perencanaan tower bersama dan masyarakat bisa memilih

dengan tepat tower SST yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang timbul dalam melakukan studi mengenai Analisa Struktur Rangka Tower Bts Berdasarkan Hasil Re-Verticality Menggunakan Staad Pro Yaitu:

1. Bagaimana cara merumuskan data yang ada sesuai hasil Re-Verticality Menggunakan Staad Pro?
2. Apa yang mempengaruhi suatu struktur bangunan tower bisa mengalami kemiringan yang signifikan?
3. Seberapa besar beban yang di pikul oleh tower setinggi 20 meter?
4. Bagaimana metode pelaksanaan yang digunakan dalam pengukuran verticality.?

## 1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya perluasan pembahasan laporan ini, maka digunakan suatu pembatasan permasalahan yang akan di bahas. Dari beberapa permasalahan yang timbul dari latar belakang di atas penulis membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Jenis tower yang dikaji adalah tower BTS kaki empat
2. Ketinggian yang diambil adalah tower dengan ketinggian 20 meter diatas phondasi, yang berada di atas gedung matahari pasar besar malang (Rooftop)
3. Pada analisa struktur efek adanya baut dan las tidak diperhitungkan
4. Tidak membahas tipe Tower selain SST. (misal : monopole, guyed tower).
5. Tidak merencanakan struktur tangga (struktur sekunder) secara detail, hanya menghitung beban mati akibat tangga.

6. Beban angin yang digunakan adalah sebesar 84 - 120 KpH (no ice) berdasarkan beban angin yang mengacu pada TIA/EIA-222-F Standard : *Structural Standard for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures*.
7. Struktur bangunan tempat berdirinya tower tidak di analisa, kecuali data teknis gedung tempat berdirinya tower.
8. Hanya dibatasi pada tower smart yang berada diatas gedung matahari pasar besar malang.

#### **1.4. Maksud Dan Tujuan**

Maksud dan Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Mengetahui hasil dari data re-verticality yang sudah dianalisa menggunakan Staad Pro selain beban angin

2. Mengetahui seberapa besar beban yang di pikul oleh tower setinggi 20 meter.
3. Mengetahui daya tahan suatu tower dengan beban yang bekerja diatasnya, termaksud beban mati, beban angin, dan berat sendiri tower.
4. Dapat menghasilkan data yang dapat dipergunakan dalam merencanakan suatu tower.

#### **1.5. Manfaat**

Adapun manfaat dari pengerjaan tugas akhir

1. Dengan tercapainya maksud dan tujuan diatas, maka dapat berguna sebagai bahan pertimbangan keputusan untuk dilakukan perkuatan, perbaikan, atau penambahan antenna dari struktur tower ini sendiri.
2. Dapat merencanakan suatu tower dengan ketinggian kurang dari 100 m.

3. Dapat merencanakan suatu struktur dengan menggunakan profil terefisien, dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan dalam peraturan.
4. Dapat melakukan perkuatan tower akibat penambahan beban sesuai anjuran pemerintah pada peraturan menteri komunikasi dan informatika nomor 02/PER/M.KOMINFO/3/2008, tentang pembangunan dan penggunaan menara bersama telekomunikasi.
5. Dapat menambah wawasan baru dalam dunia desain struktur sipil sehingga kedepannya mampu dikembangkan lebih jauh lagi.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Umum**

Tower merupakan bangunan tinggi yang berupa struktur rangka baja yang berfungsi sebagai tempat pemasangan panel pemancar

sinyal operator telepon seluler. Ketinggian tower yang dibuat tergantung dengan letak tower itu sendiri. Tower dirancang sesuai dengan kebutuhan jangkauan sinyal yang ingin dilayani, sinyal dari operator menuju telepon seluler konsumen terhalang oleh bukit atau bangunan tinggi, sehingga dibutuhkan tower dengan ketinggian tertentu agar sinyal yang dipancarkan tidak terhalang oleh hal-hal tersebut.

Perencanaan tower ataupun bangunan struktur rangka baja biasanya menggunakan metode ASD (*Allowable Stress Design*). Namun, analisa dan desain berdasarkan metode tersebut belum mencerminkan faktor keamanan struktur sesungguhnya. Penyebabnya adalah bahwa perencanaannya mengabaikan kemampuan baja untuk mengalami deformasi setelah terlampaui titik elastisnya. Sehingga dengan digunakannya metode LRFD (*Load And Resistance factor Design*) dapat diketahui

kelemahan dan kelebihan dua metode tersebut.

Menara pemancar yang digunakan secara umum dapat digolongkan ke dalam tiga jenis, yaitu:

1. *Self - Supporting Tower(SST)*, sesuai dengan Gambar 1 adalah menara yang memiliki pola batang yang disusun dan disambung sehingga membentuk rangka yang berdiri sendiri tanpa adanya sokongan lainnya.( *Masca Indra Triana, 2010*)



Gambar 2.1 *Self - Supporting Tower*

2. *Guyed Tower*, sesuai dengan Gambar 2 adalah jenis menara yang disokong dengan kabel-kabel yang diangkurkan pada landasan tanah, menara ini juga disusun atas pola batang sama halnya dengan *self-supporting tower*, akan tetapi menara jenis *guyed tower* memiliki jenis dimensi batang yang lebih kecil dari pada jenis menara *self-supporting tower*. .( *Masca Indra Triana, 2010*)



Gambar 2.2 *Guyed Tower*

3. *Monopole* menara ini adalah jenis menara yang hanya terdiri dari satu batang atau satu tiang yang didirikan atau ditancapkan langsung pada tanah. Dari penampangnya menara tipe monopole ini dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1) *Circular-pole* seperti Gambar 3 adalah jenis monopole ini memiliki diameter penampang /panel yang seragam dari bawah sampai atas.



Gambar 2.3 *Circular-pole*

2) *Tapered-pole* seperti Gambar 4 adalah jenis monopole ini memiliki ukuran diameter penampang yang bervariasi yaitu diameter yang digunakan semakin keatas akan semakin kecil.



Gambar 2.4 *Tapered-pole*

Jenis menara *Guyed Tower* dan *Monopole* biasanya memiliki ketinggian menara lebih rendah dari menara pemancar jenis *self-supporting tower* dan dirancang untuk menerima beban-beban yang lebih ringan dari pada jenis menara pemancar *self-supporting tower*, sehingga kedua jenis

menara pemancar ini tidak dapat menerima beban seperti beban antena yang memiliki dimensi dan berat yang besar. Ketinggian suatu menara pemancar biasanya mulai dari 20 – 120 meter ketinggian dari menara pemancar tersebut didasarkan atas kebutuhannya serta jangkauan dalam menerima sinyal, menara pemancar komunikasi mempunyai beberapa macam kegunaan yaitu menara pemancar untuk radio AM (Amplitudo Modulasi), radio FM ( Frekuensi Modulasi ), dan BTS (*Base Transmite Satellite*). Selain itu juga lokasi dimana menara pemancar itu berada sangat mempengaruhi terhadap terhadap struktur menara tersebut.

## **2.2. Antena Pemancar**

Secara umum antena pemancar yang dipakai untuk menara komunikasi ada dua macam yaitu antena jenis solid ( microwave ) dan jenis grid, untuk ukuran diameter yang sama antena jenis sectoral memiliki berat yang

lebih ringan dibandingkan dengan antena jenis solid. Antena yang digunakan juga memiliki bentuk yang beragam seperti bentuk lingkaran dan persegi, namun biasanya antena yang digunakan memiliki bentuk standar berupa lingkaran. Secara umum perhitungan beban antenna yang digunakan mengacu pada peraturan *Structural Standards for Steel Antenna Tower and Antenna Supporting Structure* [TIA/EIA- 222-F, 1996]. Selain itu juga antena memiliki ukuran diameter dan panjang yang beragam, seperti 80 cm, 100 cm, 120 cm, 150 cm, 180 cm, dan lainnya, berat antenna juga beragam tergantung pada ukuran diameter lingkarannya.

Ada beberapa jenis antenna yang dipakai dalam perencanaan tower BTS:

### **1. Microwave Antenna**

Antenna yang berbentuk seperti genderang rebana yang berfungsi sebagai alat yang menerima dan memancarkan gelombang

dari radio BTS ke BSC atau dari BTS ke BTS lainnya.



Gambar 2.4 Antena Microwavw/Antena

Azimut

## 2. Sectoral Antenna (grid)

Antenna yang berbentuk persegi panjang, terpasang pada tower dengan ketinggian tertentu berfungsi sebagai penghubung antara BTS dengan Handphone.



Gambar 2.6 Antena Grid

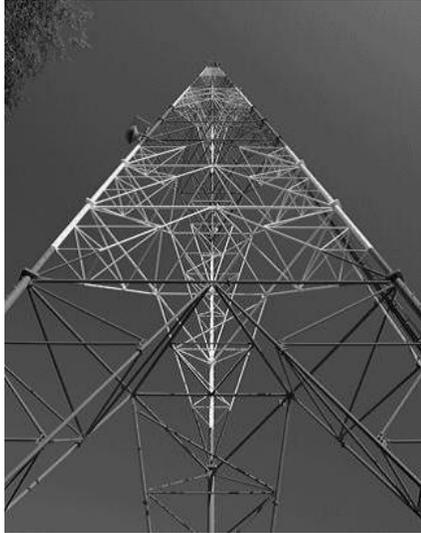
Tiap antenna memiliki spesifikasi yang berbeda, yang dipakai dalam perencanaan tower bersama adalah jenis antenna multisektoral dan multiband. Antenna multisektoral adalah antenna yang memiliki

jangkauan frekwensi lebih dari satu polarisasi sehingga mampu mencakup daerah yang lebih luas. Untuk antenna multiband adalah antenna yang mampu menerima sinyal lebih dari satu frekwensi

## 2.3. Bagian Utama Struktur Tower

Pada struktur tower SST terdapat banyak jenis metode perencanaan dan pemodelan struktur dalam pelaksanaannya. Dibawah ini adalah beberapa model perencanaan yang banyak digunakan antara lain:

1. Tower dengan *tubular (leg pipa)*
2. Tower dengan *Angle Leg (Siku)*



Gambar 2.7 Tower dengan *tubular (leg pipa)*



Gambar 2.8 Tower dengan *Angle Leg (Siku)*

Kedua jenis tower tersebut memiliki rangka batang vertical atau menanjak pada sisi-sisinya. Dalam perencanaan, penampang

tower ini dapat berbentuk segitiga, persegi, atau polygon. Kedua jenis tower ini disebut *lattice tower*. Dalam penulisa ini hanya menganalisa tower *Angle Leg (Siku) kaki empat*. Bagian utama struktur tower adalah :

1. Pedestal/main leg (kaki tower)
2. Bracing

Dalam penulisan ini standart analisa perhitungan struktur bangunan tower BTS mengacu pada peraturan *American Society of civil engineers ASCE 10-97*.

## 2.4. Pembebanan Pada Tower

### SST

Kombinasi beban yang ditinjau didasarkan untuk analisa pembebanan menggunakan *Structural Standards for Steel Antenna Tower and Antenna Supporting Structure* [TIA/EIA- 222-F, 1996] berdasarkan beban-beban yang terjadi, memberikan beberapa kombinasi pembebanan sebagai berikut:

1.  $1.2 D + 1.0 Dg + 1.6 W$

2.  $0.9 D + 1.0 Dg + 1.6 W$
3.  $1.2 D + 1.0 Dg + 1.0 Di + 1.0 Wi + 1.0 Ti$
4.  $1.2 D + 1.0 Dg + 1.0 E + 1.6 W$
5.  $0.9 D + 1.0 Dg + 1.0 E + 1.6 W$

D = adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen pada tower, termasuk beban tangga, bordes, antenna dan peralatan layan tetap.

Dg = adalah beban mati dari struktur tambahan seperti antenna dan kabel.

Wo = adalah beban angin tanpa es.

Wi = adalah beban angin yang dikalikan dengan es.

Ti = adalah beban regangan sendiri dari struktur tower tanpa es

E = adalah beban gempa.

Di = adalah beban es (salju)

W = adalah beban angin

Dalam penulisan ini digunakan kombinasi beban sesuai TIA/EIA-222-F-1996 yang

ditentukan sebagai kombinasi pembebanan pada saat cek struktur pada tower Self Supporting Tower.

$$1.2 D + 1.0 Dg + 1.6 W$$

Pada penulisan ini profil baja yang digunakan adalah Bj.41 dengan tegangan leleh  $\sigma = 2500 \text{ Kg/Cm}$  dan tegangan ijin/dasar adalah  $\sigma = 1666 \text{ Kg/Cm}$

Berikut ini adalah table utu baja yang sering digunakan di lapangan.

| Macam Baja | Tegangan Leleh |     | Tegangan Dasar |       |
|------------|----------------|-----|----------------|-------|
|            | $\sigma$       |     | $\bar{\sigma}$ |       |
|            | Kg/Cm          | mPa | Kg/Cm          | mPa   |
| Bj 34      | 2100           | 210 | 1400           | 140   |
| Bj 37      | 2400           | 240 | 1600           | 160   |
| Bj 41      | 2500           | 250 | 1666           | 166.6 |
| Bj 44      | 2800           | 280 | 1867           | 186.7 |
| Bj 50      | 2900           | 290 | 1933           | 193.3 |
| Bj 52      | 3600           | 360 | 2400           | 240   |

Table 2.1 Haga Tegangan dasar

## 2.5 Verticality

Verticality merupakan suatu keadaan tegak lurus dari suatu bangunan atau struktur. Dalam penulisan ini penulis mengambil data verticality dari acuan hasil praktek kerja lapangan yang telah di lakukan oleh peneliti

sendiri dengan judul: “*Pekerjaan Pelaksanaan Survey Rektifikasi Dan Verticality*” Pada PT. MEGA PERSADA INDONESIA pada tanggal 03-09-2012 s/d 08-10-2012.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **PENELITIAN**

Dalam penyusunan tugas akhir diperlukan adanya pendalaman untuk mempelajari materi-materi yang terkait dengan judul tugas akhir. Hal tersebut diperoleh dengan mempelajari buku-buku, data lapangan, peraturan-peraturan perencanaan dan informasi dari internet.

#### **3.1 Bagan Alir Metodologi**

#### **3.2 Penjelasan Sistematika Bagan Alir Metodologi :**

- 1. Data yang dikumpulkan untuk perencanaan yaitu :**

1. Gambar (Denah, tampak samping dan detail-detail)
2. Data hasil Re-Verticality
3. Data material yang dipakai
4. Data pembebanan (Kecepatan angin, berat profil, berat tangga dll)
5. Data model dan berat antenna rencana

#### **2. Mempelajari Standard Peraturan Yang Dipakai Dalam Mendesain Sst Yang Meliputi:**

1. TIA/EIA-222-F-1996  
STANDARD : Structural Standard for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures
2. ANSI/AISC: American Institute of Steel Construction
3. SNI – 1729 – 2002 (tentang penggunaan struktur baja)

4. Peraturan perencanaan tower bersama

$$F = qz \cdot Gh \cdot [(C_F \cdot A_E) + (SC_A \cdot A_A)]$$

Dimana :

F = Gaya angin horizontal (tegak lurus bidang gambar) N,

$qz$  = Tekanan kecepatan, Pa =  $0,613 \text{ kz} \cdot V^2$

$G_H$  = Gust response factor

$$= 0,65 + \frac{0,60}{\left(\frac{h}{10}\right)^{1/7}} \quad (1,00 \leq GH \leq 1,25)$$

$C_F$  = Koefisien kekuatan struktur  
 $= 4e^2 - 5.9e + 4$  (Penampang persegi, konfigurasi tower kaki empat)

$A_E$  = Luas proyeksi efektif dari komponen structural dari penampang muka (luas bagian yang terkena angin),  $m^2$   
 $= DF \cdot AF + DR \cdot AR \cdot RR$

$A_G$  = Luas kotor dari satu sisi menara (luas total profil),  $m^2$

$A_F$  = Luas terproyeksi dari komponen struktur datar dari satu muka penampang,  $m^2$

$A_R$  = Luas terproyeksi dari komponen struktur dari satu muka penampang,  $m^2$

V = Kecepatan dasar angin, m/s  
 $= m \cdot s^{-1}$

z = Ketinggian diatas tanah sampai titik tengah dari penampang yang ditinjau, m

### 3. Pembebanan Yang Digunakan

Yaitu :

#### 1. Bebah Hidup

Untuk beban hidup diperhitungkan beban pekerja dengan peralatannya, diambil 100 Kg.

#### 2 Beban mati

Beban mati meliputi berat sendiri dari struktur, termaksud berat antena dan aksesoris tower.

#### 3 Beban angin

Dihitung berdasarkan standard TIA/EIA-222- F1996 Standard :

$h$  = Tinggi total struktur, m  
 $K_z$  = Koefisien keterbukaan struktur  
 $(z/10)^{2.7}$   
 $e$  = Rasio kepadatan  
 $= (AF + AR) / AG$   
 $R_R$  = Factor reduksi untuk komponen struktur bundar  
 $= 0,51 e^2 + 0,57 \quad R_R \leq 1.0$   
 $D_R$  = Factor arah angin untuk komponen datar  
 $= 1+0,75e$  (for square cross section and  $45^\circ$  normal wind direction ( 1.2 max )

Beban angin yang menerpa struktur memiliki besaran yang berbeda pada setiap ketinggian. Semakin tinggi titik tinjau, maka semakin besar beban angin yang menerpa struktur.

#### 4 Beban Antena

Beban antenna diperhitungkan berdasarkan rumus yang ada pada TIA/EIA-222-F-1996 Standard dan koefisien angin berdasarkan tabel C1 – C4, Annex C.

$$F_A = C_A \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$M_m = C_m \cdot D \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$F_S = C_S \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

Dimana :

$F_A$  = Gaya aksial, lb

$F_S$  = Gaya samping, lb

$M_M$  = Moment punter, ft-lb

$C_A$  = Koefisien beban angin untuk gaya aksial sejajar sumbu antenna

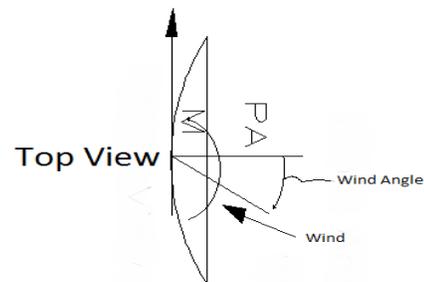
$C_M$  = Koefisien beban angin untuk gaya momen

$C_S$  = Koefisien beban angin gaya aksial tegak lurus sumbu antenna

$V$  = Kecepatan angin, mph

$A$  = Luas terproyeksi normal dari antenna,  $ft^2$

$D$  = Diameter antenna, ft



Gambar 3.4 Gaya angin pada antenna

(TIA/EIA,Standar 1996)

#### 4. Perhitungan Penampang

Perhitungan penampang struktur diambil salah satu penampang antara penampang A,B,C,D sebagai sampel untuk menghitung beban angin yang menimbulkan

*sway/goyangan*. Untuk rangka batang digunakan profil siku (L) dengan mutu baja yang digunakan adalah BJ 41 dengan tegangan leleh ( $F_y$ )  $2.500 \text{ kg/cm}^2$ , dan tegangan putus/ultimit ( $F_u$ )  $4.100 \text{ kg/cm}^2$ .

| Jenis Baja | Tegangan putus minimum, $f_u$ (MPa) | Tegangan leleh minimum, $f_y$ (MPa) | Peregangan minimum (%) |
|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| BJ 34      | 340                                 | 210                                 | 22                     |
| BJ 37      | 370                                 | 240                                 | 20                     |
| BJ 41      | 410                                 | 250                                 | 18                     |
| BJ 50      | 500                                 | 290                                 | 16                     |
| BJ 55      | 550                                 | 410                                 | 13                     |

Table 3.1 Sifat Mekanis Baja Struktural

Profil yang digunakan pada tower BTS tersebut yaitu:

Pada kaki menara (leg) memakai profil siku L100.100.10 untuk ketinggian 00 – 5500 meter, untuk batang diagonal dan horizontal memakai profil L60.60.6. Untuk ketinggian 5500 – 10500 memakai profil siku L90.90.9, untuk batang diagonal dan horizontal memakai profil L60.60.6. Untuk ketinggian 10500 – 15500 memakai profil siku L70.70.7, untuk batang diagonal dan horizontal memakai profil L50.50.5. Untuk ketinggian 15500 – 2000 memakai profil

siku L65.65.6. untuk batang diagonal dan horizontal memakai profil L40.40.5

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisa Pembebanan

##### 4.1.1 Umum

Didalam analisa struktur, struktur utama merupakan komponen utama dimana kekuatannya mempengaruhi perilaku dari tower tersebut. Struktur utama ini berfungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban angin.

Komponen struktur utama ini terdiri dari kolom, bracing, leg, dan siku horizontal. Didalam analisa struktur utama dari tower ini pemodelan mengacu pada peraturan

TIA/EIA-222-F Standard : *Structural Standard for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures*. Dan perencanaan struktur baja untuk bangunan baja menggunakan metode LRFD (*Load And Resistance factor Design*).

#### 4.1.2 Perhitungan Beban Angin Dengan Kecepatan Angin Operasional 84 Kph

##### 1. Untuk Elevasi ± 0.00 - ± 3.150 Meter

Lebar antara kaki bawah tower (punggungan-punggungan) = 4050 mm

Lebar antara kaki tower elevasi 3.150 m = 3485 mm

Tinggi elemen yang ditinjau (section 1) = 3150 mm

$A_f$  = Luas bersih untuk permukaan segmen satu sisi tower yang ditinjau ( $m^2$ )

luas segmen tower = lebar x panjang x jumlah

1. Horizontal tower (60.6) = 0.06  
x 3485 x 1 = 209.10
2. Brancing tower (50.5) = 0.05  
x 3360 x 2 = 336.00
3. Sub brancing (40.5) = 0.05  
x 1260 x 2 = 126.00
4. Redudant (40.5) = 0.05 x 1.981  
x 2 = 1.098
5. Leg (100.10) = 0.10 x 3150 x 2  
= 630.00

Jumlah total ( $A_f$ )

$$= 1302.198 m^2$$

$A_G$  = Luas bruto untuk permukaan satu sisi tower yang ditinjau ( $m^2$ )

= luas trapesium

=  $\frac{1}{2} \times (\text{lebar bawah} \times \text{lebar atas}) \times$   
tinggi

$$= \frac{1}{2} \times (4050 \times 3485) \times 3150$$

$$= 22.229 m^2$$

$K_z$  = Koefisien terlindung / tidak terhadap udara

$$= [z/10]^{2/7} \text{ untuk } z \text{ dalam meter (1.00}$$

$$\leq K_z \leq 2.58)$$

$$= [3.15/10]^{2/7}$$

$$= 0.014 \sim \text{dipakai } K_z = 1.00$$

$Q_z$  = Tekanan percepatan (Pa)

$$= 0.613 \times K_z \times V^2 \text{ dalam m/s}$$

$$= 0.613 \times 1.00 \times 23.3^2$$

$$= 332.79 \text{ Pa} = 33.3 \text{ kg/m}^2$$

$G_H$  = Faktor respon hembusan (dengan h = tinggi total dari tower)

$$=$$

$$\frac{0.65 + 0.6}{\left(\frac{h}{10}\right)^{1/7}} \text{ untuk } h \text{ dalam meter (} 1.00 \leq$$

$$G_z \leq 1.25)$$

$$= \frac{0.65 + 0.6}{(20/10)^{1/7}}$$

$$= 0.089$$

e = Rasio kepadatan

$$= \frac{AF + Af \text{ leg}}{AG}$$

$$= \frac{13.021}{22.229}$$

$$= 0.585$$

$C_F$  = koefisien gaya struktur

$$= 4e^2 - 5.9e + 4 \text{ (untuk struktur dengan cross persegi)}$$

$$= (4 \times 0.585^2) - (5.9 \times 0.585) + 4$$

$$= 1.917$$

$D_F$  = faktor untuk arah angin komponen flat pada kaki empat (tabel 2. TIA/EIA-222-F Standard gambar 4.2)

$$= 1 \text{ untuk arah angin normal}$$

$$= 1 + 0.75e \text{ (1.2 max) untuk arah angin } \pm 45^\circ$$

$$= 1.438$$

| Tower Cross Section | Square |                       | Triangular |              |                  |
|---------------------|--------|-----------------------|------------|--------------|------------------|
|                     | Normal | $\pm 45^\circ$ *      | Normal     | $60^\circ$ * | $\pm 90^\circ$ * |
| $D_F$               | 1.0    | $1 + 0.75e$ (1.2 max) | 1.0        | .80          | .85              |
| $D_R$               | 1.0    | $1 + 0.75e$ (1.2 max) | 1.0        | 1.0          | 1.0              |

\* Measured from a line normal to the face of the structure

Gambar 4.1 Tabel Wind Direction Factors

$A_E$  = Luas proyeksi efektif pada satu sisi komponen struktural ( $m^2$ ) dengan kecepatan angin normal.

$$= D_F A_F (m^2)$$

$$= (1.438 \times 672.198)$$

$$= 966.620 \text{ m}^2$$

$A_A$  = luasproyeksi linear dari perangkat tower

= jumlah luasan x tinggi penampang

$$= 4 \times 0.25 \times 3.150$$

$$= 0.315 \text{ m}^2$$

$C_A$  = tergantung pada aspek rasio (tabel 3 TIA/EIA 222-F gambar 4.4)

= aspek rasio adalah perbandingan antara tinggi struktur dengan diameter penampang leg.

= pada tabel 3 didapat  $C_A$  sebesar 2

| Table 3                         |                       |                        |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Appurtenance Force Coefficients |                       |                        |
| Member Type                     | Aspect Ratio $\leq 7$ | Aspect Ratio $\geq 25$ |
|                                 | $C_A$                 | $C_A$                  |
| Flat                            | 1.4                   | 2.0                    |
| Cylindrical                     | 0.8                   | 1.2                    |

Aspect Ratio = Overall length/width ratio in plane normal to wind direction. (Aspect ratio is not a function of the spacing between support points of a linear appurtenance, nor the section length considered to have a uniformly distributed force.)

Note: Linear interpolation may be used for aspect ratios other than shown.

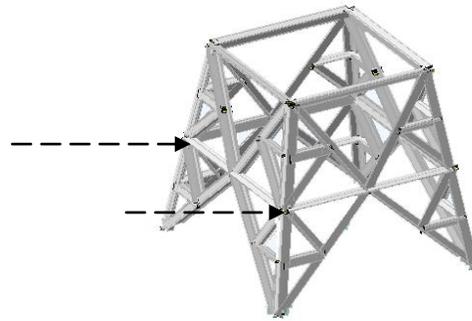
Gambar 4.3 tabel 3 TIA/EIA 222-F

$$F = qz \cdot Gh \cdot [(C_F \cdot A_E) + (SC_A \cdot A_A)]$$

$$= 33.279 \times 0.089 \times (1.917 \times 966.620)$$

$$+ (2 \times 0.315)$$

$$= 548.836 \text{ Kg}$$



Gambar 4.4 Penampang yang terkena beban angin

### 4.1.3 Beban angin pada antenna

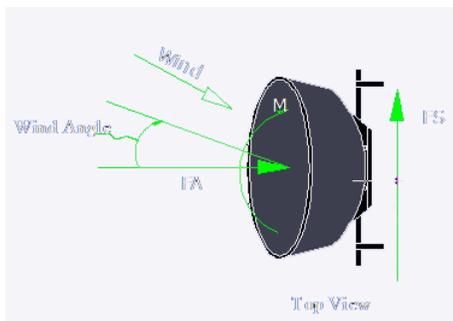
Beban angin yang diterima oleh antenna ditentukan di kecepatan 84 Kph – 120 Kph atau sekitar 23.3 m/s – 33.3 m/s. Pada kecepatan 84 Kph adalah kecepatan untuk operasional sedangkan untuk 120 Kph untuk kecepatan maksimum.

Untuk perhitungan beban antenna diambil dua buah jenis dan jumlah antenna sebagai sampel perhitungan beban antenna yang terletak pada penampang yang sama dengan penampang perhitungan beban angin pada struktur rangka tower yaitu :

1. Antena microwave pada ketinggian 12.00 m dengan diameter  $\varnothing 0.6$

2. Antena microwave pada ketinggian 13.50 m dengan diameter  $\varnothing$ 0.6
3. Antenna grid pada ketinggian 15.50 m dengan panjang(D) 1.50
4. Antenna grid pada ketinggian 18.70 m dengan panjang(D) 1.50

1. Beban Angin Pada Antena Microwave



Gambar 4.32 Arah angin pada antenna microwave

Metode perhitungan beban angin pada antenna adalah sebagai berikut:

$$F_A = C_A \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$M_m = C_m \cdot D \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$F_S = C_S \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

Dimana :

$F_A$  = Gaya aksial, lb

$F_S$  = Gaya samping, lb

$M_M$  = Moment punter, ft-lb

$C_A$  = Koefisien beban angin untuk gaya aksial sejajar sumbu antenna

$C_M$  = Koefisien beban angin untuk gaya momen

$C_S$  = Koefisien beban angin gaya aksial tegak lurus sumbu antenna

$V$  = Kecepatan angin, mph

$A$  = Luas terproyeksi normal dari antenna,  $ft^2$

$D$  = Diameter antenna, ft

Table D1. Wind Force Coefficients for Typical Paraboloid Without Radome

| WIND ANGLE<br>$\theta$ (DEG) | $C_A$   | $C_S$   | $C_M$    |
|------------------------------|---------|---------|----------|
| 0                            | .00397  | .00000  | .00000   |
| 10                           | .00394  | -.00012 | -.000065 |
| 20                           | .00396  | -.00013 | -.000097 |
| 30                           | .00398  | -.00008 | -.000108 |
| 40                           | .00408  | .00002  | -.000137 |
| 50                           | .00426  | .00023  | -.000177 |
| 60                           | .00423  | .00062  | -.000223 |
| 70                           | .00350  | .00117  | -.000020 |
| 80                           | .00195  | .00097  | .000256  |
| 90                           | -.00003 | .00088  | .000336  |
| 100                          | -.00103 | .00098  | .000338  |
| 110                          | -.00118 | .00106  | .000343  |
| 120                          | -.00117 | .00117  | .000366  |
| 130                          | -.00120 | .00120  | .000374  |
| 140                          | -.00147 | .00114  | .000338  |
| 150                          | -.00198 | .00100  | .000278  |
| 160                          | -.00222 | .00075  | .000214  |
| 170                          | -.00242 | .00037  | .000130  |
| 180                          | -.00270 | .00000  | .000000  |
| 190                          | -.00242 | -.00037 | -.000130 |
| 200                          | -.00222 | -.00075 | -.000214 |
| 210                          | -.00198 | -.00100 | -.000278 |
| 220                          | -.00147 | -.00114 | -.000338 |
| 230                          | -.00120 | -.00120 | -.000374 |
| 240                          | -.00117 | -.00117 | -.000366 |
| 250                          | -.00118 | -.00106 | -.000343 |
| 260                          | -.00103 | -.00098 | -.000338 |
| 270                          | -.00003 | -.00088 | -.000336 |
| 280                          | .00195  | -.00097 | -.000256 |
| 290                          | .00350  | -.00117 | -.000020 |
| 300                          | .00422  | -.00062 | .000223  |
| 310                          | .00426  | -.00023 | .000177  |
| 320                          | .00408  | .00002  | .000137  |
| 330                          | .00398  | .00008  | .000108  |
| 340                          | .00396  | .00013  | .000097  |
| 350                          | .00394  | .00012  | .000065  |

$$F_A = C_A \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$= 0.0426 \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$A$  = Luas terproyeksi normal dari antenna

$$= \text{jumlah luasan} \times \text{diameter}$$

penampang

$$= 1 \times 0.785398 \times 0.6$$

$$= 0.9424 \text{ m}^2$$

$Q_z$  = Tekanan Percepatan (Pa)

$$= 613 \times K_z \times V^2 \text{ (m/s)}$$

$$= 0.613 \times 1 \times 23.33^2$$

$$= 333.649 \text{ pa} = 33.364 \text{ kg/m}^2$$

$G_H 1$  = Faktor respon hembusan (dengan  
 $h$  = tinggi Lokasi antenna)

$$=$$

$$\frac{0.65 + 0.6}{\left(\frac{h}{10}\right)^{1/7}} \text{ untuk } h \text{ dalam meter (1.00} \leq$$

$$G_z \leq 1.25)$$

$$= \frac{0.65 + 0.6}{(12/10)^{1/7}}$$

$$= 0.1488$$

$$G_H 2 = \frac{0.65 + 0.6}{(13.5/10)^{1/7}}$$

$$= 0.0412$$

$$G_H = 0.19$$

$F_A$  =  $0.0426 \times 0.9424 \times 33.364 \times 0.19$

$$= 0.2544 \text{ ft}$$

$$M_m = C_m \cdot D \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$= 0.00127 \times 0.6 \times 0.9424 \times 33.364 \times$$

$$0.19$$

$$= 0.00455 \text{ ft}$$

$$F_s = C_s \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$= 0.0023 \times 0.9424 \times 33.364 \times 0.19$$

$$= 0.0137 \text{ ft}$$

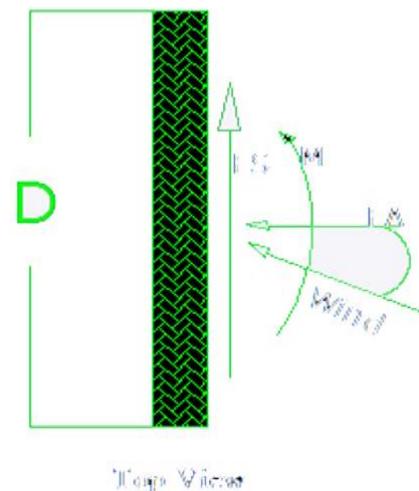
Total beban angin pada antenna microwave adalah:

$$= F_a + M_m + F_s$$

$$= 0.2544 + 0.00455 + 0.0137$$

$$= 0.2726 \text{ ft}$$

## 2. Beban angin pada antenna sectoral / grid



Gambar 4.33 Arah angin pada antenna grid

Metode perhitungan beban angin pada antenna adalah sebagai berikut:

$$F_A = C_A \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$M_m = C_m \cdot D \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$F_S = C_S \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

Table B4. Wind Force Coefficients for Typical Grid Antenna Without Ice

| WIND ANGLE<br>θ (DEG) | C <sub>A</sub> | C <sub>S</sub> | C <sub>M</sub> |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|
| 0                     | .00137         | .00000         | .000000        |
| 10                    | .00134         | .00026         | .000043        |
| 20                    | .00130         | .00046         | .000074        |
| 30                    | .00118         | .00059         | .000098        |
| 40                    | .00104         | .00067         | .000115        |
| 50                    | .00088         | .00070         | .000127        |
| 60                    | .00060         | .00072         | .000135        |
| 70                    | .00033         | .00070         | .000142        |
| 80                    | .00010         | .00064         | .000126        |
| 90                    | -.00013        | .00062         | .000111        |
| 100                   | -.00030        | .00070         | .000120        |
| 110                   | -.00048        | .00073         | .000129        |
| 120                   | -.00068        | .00071         | .000131        |
| 130                   | -.00086        | .00067         | .000127        |
| 140                   | -.00104        | .00060         | .000114        |
| 150                   | -.00122        | .00052         | .000095        |
| 160                   | -.00140        | .00040         | .000070        |
| 170                   | -.00150        | .00022         | .000038        |
| 180                   | -.00152        | .00000         | .000000        |
| 190                   | -.00150        | -.00022        | -.000038       |
| 200                   | -.00140        | -.00040        | -.000070       |
| 210                   | -.00122        | -.00052        | -.000095       |
| 220                   | -.00104        | -.00060        | -.000114       |
| 230                   | -.00086        | -.00067        | -.000127       |
| 240                   | -.00068        | -.00071        | -.000131       |
| 250                   | -.00048        | -.00073        | -.000129       |
| 260                   | -.00030        | -.00070        | -.000120       |
| 270                   | -.00013        | -.00062        | -.000111       |
| 280                   | .00010         | -.00064        | -.000126       |
| 290                   | .00033         | -.00070        | -.000142       |
| 300                   | .00060         | -.00072        | -.000135       |
| 310                   | .00088         | -.00070        | -.000127       |
| 320                   | .00104         | -.00067        | -.000115       |
| 330                   | .00118         | -.00059        | -.000098       |
| 340                   | .00130         | -.00046        | -.000074       |
| 350                   | .00134         | -.00026        | -.000043       |

Note: In the absence of more accurate data for a grid antenna with ice, use wind force coefficients for typical paraboloid without radome from Table B1.

$$F_A = C_A \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$= 0.0088 \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

A = Luas terproyeksi normal dari antenna

= jumlah luasan x diameter

penampang

$$= 2 \times 0.6$$

$$= 0.12 \text{ m}^2$$

$$Q_z = \text{Tekanan Percepatan (Pa)}$$

$$= 613 \times K_z \times V^2 \text{ (m/s)}$$

$$= 0.613 \times 1 \times 23.33^2$$

$$= 333.649 \text{ pa} = 33.364 \text{ kg/m}^2$$

G<sub>H 1</sub> = Faktor respon hembusan (dengan h = tinggi Lokasi antenna)

=

$$\frac{0.65 + 0.6}{\left(\frac{h}{10}\right)^{1/7}} \text{ untuk } h \text{ dalam meter (1.00} \leq$$

$$G_z \leq 1.25)$$

$$= \frac{0.65 + 0.6}{(15.50/10)^{1/7}}$$

$$= 0.1152$$

$$G_{H 2} = \frac{0.65 + 0.6}{(18.70/10)^{1/7}}$$

$$= 0.0954$$

$$G_H = 0.210$$

$$F_A = 0.0088 \times 0.12 \times 33.364 \times 0.210$$

$$= 0.0042 \text{ ft}$$

$$M_m = C_m \cdot D \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H$$

$$= 0.00127 \times 0.15 \times 0.12 \times 33.364 \times$$

$$0.210$$

$$= 0.00016 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 F_S &= C_S \cdot A \cdot Q_z \cdot G_H \\
 &= 0.0070 \times 0.12 \times 33.364 \times 0.210 \\
 &= 0.0033 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

total beban angin pada antenna grid adalah :

$$\begin{aligned}
 &= F_a + M_m + F_s \\
 &= 0.0042 + 0.00016 + 0.0033 \\
 &= 0.00766
 \end{aligned}$$

Total beban antenna keseluruhan adalah :

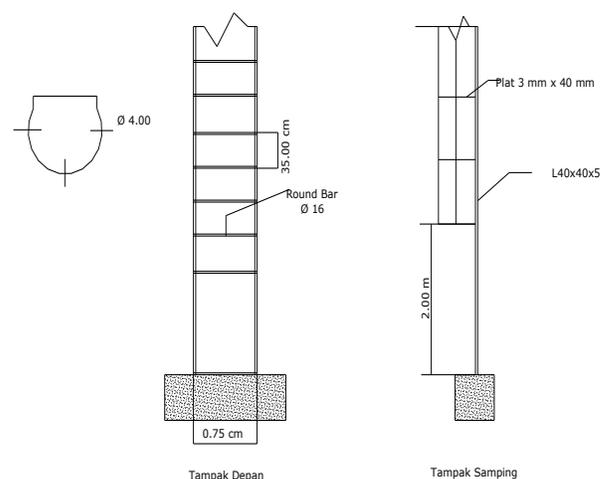
$$\begin{aligned}
 &= \text{total beban angin antenna microwave} + \\
 &\text{total beban antenna grid} \\
 &= 0.00766 + 0.2726 \\
 &= 0.280 \text{ ft} = 3.875 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.4 Beban Mati

Beban mati / Self weight dari tower terdiri dari beban profil, tangga, bordes, dan perangkat kabel. Beban mati meliputi :

1. Beban sendiri tower adalah berat yang tergantung dari jenis profil yang digunakan dalam perencanaan struktur tower tersebut.

2. Beban tangga adalah berat yang juga diperhitungkan dalam struktur tower ini. Perencanaan beban tangga untuk menara tower mempunyai persyaratan 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). Menurut peraturan EIA/TIA, 13. 2. 2.



Perhitungan beban tangga perwatan dan  
*cable leader*

Tinggi tangga = 20 m

Data material

1. Profil siku = L40x40x5  
Berat = 2.97 kg/m  
Luas = 3.79 cm<sup>2</sup>  
Tinggi = 5 m  
Jumlah = 4 buah
2. Round bar = ∅ 16  
Berat = 1.578 kg/m
3. Plate Bar 3x40 mm  
Berat = 0.942 kg/m  
Mutu baja profil fy= 2.400 kg.cm<sup>2</sup> Bj  
37  
Jarak antara *round bar* = 35 cm  
= 0.35 m  
Berat sendiri profil 40x40x5 = 2.97  
x 20= 49.4 kg  
*Round bar* pada *leader* 35 cm ∅16=  
1.578 x 20= 31.74 kg  
Berat *leader* set total adalah :  
= (49.4 + 31.74 + 0.942) x 20

= 164.16 kg

Total beban mati adalah jumlah berat  
sendiri tower dan berat *leader* dan  
*cable leader* yaitu : 488.245 + 164.16  
= 652.395 kg

#### 4.1.5 Beban hidup

Beban hidup yang diperhitungkan adalah  
bebam pekerja dengan peralatannya, diambil  
beban keseluruhan 100 Kg.

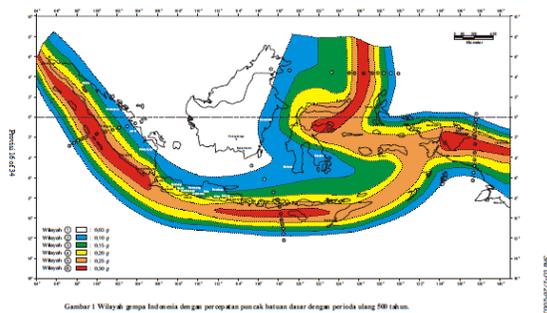
#### 4.1.6 Beban Antena

Beban antenna adalah berat tambahan yang  
dibebankan pada struktur tower. Berat dari  
antenna ini sendiri tergantung dari jenis dan  
jumlah antenna yang terpasang. Secara  
umum antenna pemancar yang biasa  
digunakan untuk tower komunikasi ada dua  
macam yaitu antenna jenis microwave dan  
grid. (sumber data antenna PT. Mega Persada  
Indonesia)

Table 4.6 tabel jenis dan berat antenna

Dari table diatas berat total antenna adalah :  
**59.28 Kg**

#### 4.1.7 Beban Gempa



Gambar 4.34 Pembagian wilayah gempa di Indonesia

Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 Wilayah Gempa seperti ditunjukkan dalam Gambar 1, di mana Wilayah Gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan Wilayah Gempa 6 dengan kegempaan paling tinggi. Pembagian Wilayah Gempa ini, didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh Gempa Rencana dengan perioda ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya

untuk setiap Wilayah Gempa ditetapkan dalam Gambar 4.43.

Pada penulisan ini beban gempa di hitung dengan menggunakan rumus:

$$V = C.I.K.W_t$$

Dimana :

$V$  = gaya geser total pada dasar, kg

$I$  = Factor tingkat pada pemanfaatan struktur(SNI- 1726- 2002, halaman 12)

$K$  = factor tipe struktur.

$W_t$  = bobot total beban mati dan beban hidup.

$C$  = koefisien dasar seismic (SNI- 1726- 2002, halaman 22)

Perhitungan gaya geser dasar horizontal total akibat gempa dan distribusi ke sepanjang tinggi tower yang ditinjau.

#### A. Berat Struktur Tower ( $W_t$ )

Beban mati :

- Berat sendiri tower  
= 488245 kg
- Berat bordes dan cable leader = 16416 kg

- Berat antenna  
= 5928 kg

$$W_m = 711.685 \text{ kg}$$

Beban hidup :

- Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban pekerja bersama alat diambil 100 kg
- Koefisien reduksi 0.3

$$W_h = 0.3 \times (20.5 \times 15.98 \times 100) = 98.277 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban total } (W_t) &= W_m + W_h \\ &= 711.685 + 98.277 \\ &= 809.963 \text{ kg} \end{aligned}$$

### B. Waktu getar struktur

Dengan rumus empiris :

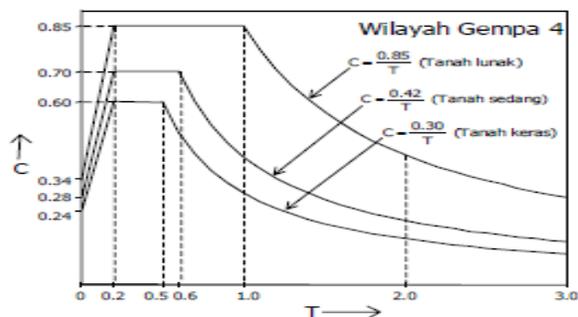
$$T_x = T_y = 0.06 \times H^{3/4}$$

$$H = 2.5 \times 8 = 20 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} T_x = T_y &= 0.06 \times (20)^{3/4} \\ &= 120 \text{ detik atau } 2.00 \text{ menit} \end{aligned}$$

### C. Koefisien gempa dasar

C diperoleh dari ketentuan SNI gempa 1726 – 2002 yaitu:



Gambar 4.44 koefisien gempa dasar C

Untuk  $T_x = T_y = 120$ . Detik, zone 4 dan jenis tanah sedang, diperoleh  $C = 0.70$

### D. Faktor keutamaan I dan Faktor jenis

struktur K

Dari ketentuan yang berlaku

diperoleh  $I = 1.0$  dan  $K = 1.0$ , untuk

bangunan yang menggunakan

struktur rangka baja.

Tabel 1 Faktor Keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

| Kategori gedung  | Faktor Keutamaan |       |     |
|--|------------------|-------|-----|
|  | $I_1$            | $I_2$ | I   |
| Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran  | 1,0              | 1,0   | 1,0 |
| Monumen dan bangunan monumental  | 1,0              | 1,6   | 1,6 |
| Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi. | 1,4              | 1,0   | 1,4 |
| Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.   | 1,6              | 1,0   | 1,6 |
| Cerobong, tangki di atas menara  | 1,5              | 1,0   | 1,5 |

Catatan :

Untuk semua struktur bangunan gedung yang ijin penggunaannya diterbitkan sebelum berlakunya Standar ini maka Faktor Keutamaan, I, dapat dikalikan 80%.

Table 4.7 faktor keutamaan I

Tabel Faktor type struktur (K)

| Jenis Struktur Gedung                               | Bahan bangunan dari unsur-unsur pemencar energi gempa | Faktor Jenis |
|---|---|--------------|
| Portal daktail                                      | Beton bertulang                                       | 1            |
|   | Beton pratekan  | 1            |
|   | Baja  | 1            |
|   | Kayu  | 1            |
| Dinding geser berangkai                             | Beton bertulang                                       | 1            |
| Dinding geser kantilever daktail                    | Beton bertulang                                       | 1            |
|   | Tembok berongga bertulang                             | 2            |
|   | Kayu  | 2            |
| Dinding geser kantilever dengan daktilitas terbatas | Beton bertulang                                       | 1            |
|   | Tembok berongga bertulang                             | 3            |
|   | Kayu  | 2            |
| Portal dengan ikatan diagonal                       | Beton bertulang                                       | 2            |
|   | Baja  | 2            |
|   | Kayu  | 3            |
| Struktur kantilever tak bertingkat                  | Beton bertulang                                       | 2            |
|   | Baja  | 2            |
| Cerobong, tangki kecil                              | Beton bertulang                                       | 3            |
|   | Baja  | 3            |

(Sumber PPTGI 1983)

Table 4.8 faktor type struktur K

E. Gaya geser horizontal total akibat

gempa

$$\begin{aligned}
 V_x = V_y &= C.I.K.W_t \\
 &= 0.70 \times 1.0 \times 1.0 \times \\
 &809.962 \\
 &= 566.973 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

F. Distribusi gaya geser horizontal total

akibat gempa ke sepanjang tinggi

tower

1. Arah X

$$\begin{aligned}
 H/A &= \frac{20,5}{15,98} \\
 &= 1.28 < 3
 \end{aligned}$$

$$FI.X = \frac{WI.hi}{\sum WI.hi} \times Vx$$

2. Arah Y

$$\begin{aligned}
 H/A &= \frac{20.50}{20.50} \\
 &= 1 < 3
 \end{aligned}$$

$$FI.Y = \frac{WI.hi}{\sum WI.hi} \times Vy$$

Dimana :

Fi = gaya geser horizontal

akibat gempa pada section *i*

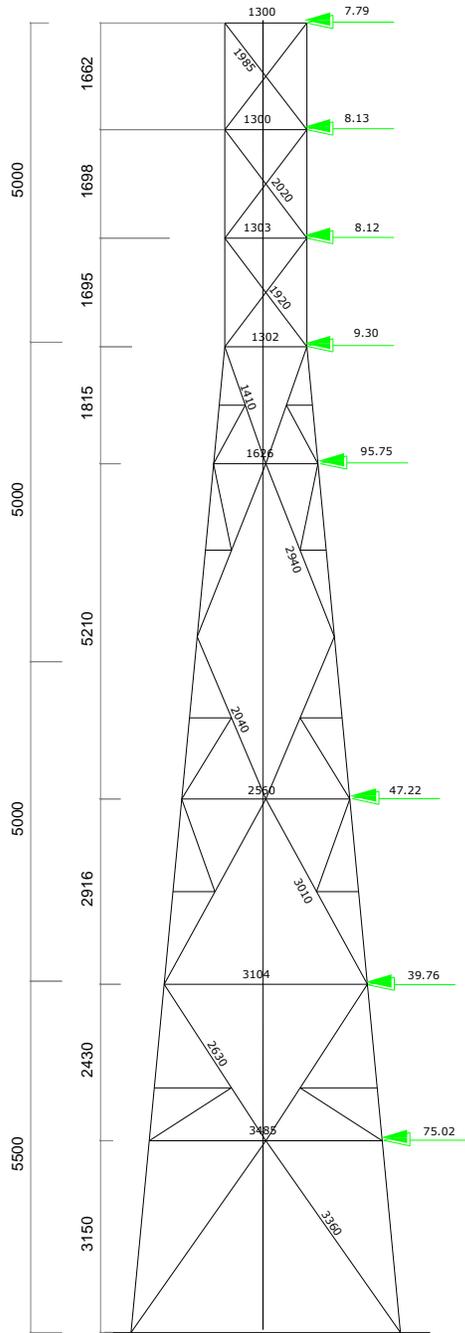
*hi* = tinggi tower

*V<sub>x,y</sub>* = panjang sisi tower dalam

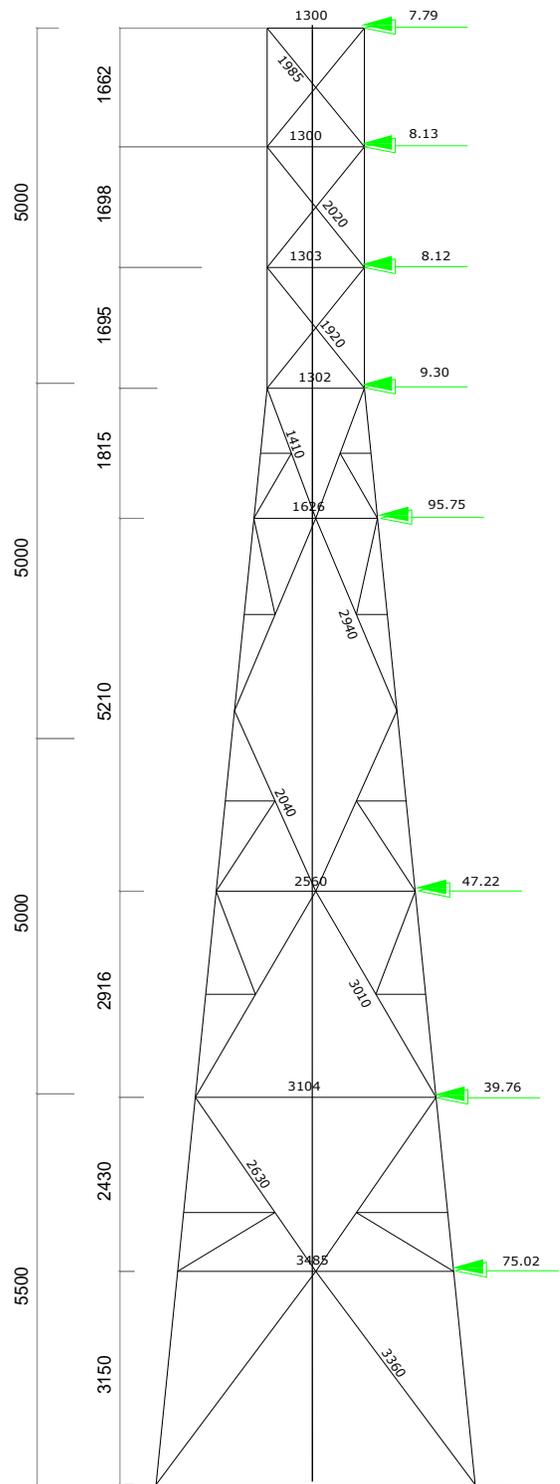
arah X dan Y

*A* = panjang horizontal tiap

section arah X dan Y



Gambar 4.45 Distribusi beban gempa arah X



Gambar 4.46 Distribusi beban gempa untuk arah Y

## 4.2 Kombinasi Pembebanan

Dalam penulisan ini digunakan kombinasi beban sesuai TIA/EIA-222-F-1996 yang ditentukan sebagai kombinasi pembebanan pada saat cek struktur pada tower Self Supporting Tower yaitu:

$$\begin{aligned} & 1.2 D + 1.0 Dg + 1.6 W \\ = & 1.2 \times 488.245 + 1.0 \times 59.28 + 1.6 \times \\ & 1493.75 \\ = & 3035.174 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari kombinasi beban diatas maka diperoleh total beban yang diterima oleh struktur tower dengan ketinggian 20 m, yang menerima beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban antenna sebesar 3035.174 kg

## BAB V

### PENUTUP

#### 1.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa pada bab – bab sebelumnya, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Dalam studi ini jenis tower ini sangat sering digunakan dalam perencanaan tower telekomunikasi. Berdasarkan data perhitungan perencanaan tower SST didapatkan beberapa data yaitu: ukuran profil yang dipakai, berat sendiri dari tower, berat dari perangkat, luasan permukaan beban angin, beban per satuan luas untuk tiap segmen, beban angin untuk struktur dan perangkat antenna. Dari semua data yang didapat dari seluruh perhitungan akan digunakan sebagai input beban dalam perencanaan tower SST.

2. Dalam studi ini dipakai peraturan dari TIA/EIA yaitu TIA/EIA-222-F Standard : *Structural Standard for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures* yang digunakan sebagai acuan dalam metode desain perencanaan Tower SST. Selain itu metode perencanaan dipengaruhi juga oleh kondisi di lapangan, kecepatan angin dan beban perangkat. Dari data yang didapatkan pada saat perhitungan perencanaan dan dengan berdasarkan peraturan yang ada, bisa dihasilkan perencanaan tower yang kuat dan memenuhi standart. Dalam menentukan arah beban angin terhadap tower, tower kaki empat memiliki 2 jenis arah angin yaitu arah normal dan arah 45°. Dan setiap jenis arah pembebanan angin juga berpengaruh pada pembebanan angin di antenna. Pada pembebanan antenna arah angin berpengaruh juga pada koefisien arah angin.

3. Dalam perencanaan tower bersama perlu diperhatikan beberapa aspek yaitu: Kondisi pembebanan perangkat tower, arah polarisasi dari antenna, jumlah dan jenis antenna yang berada pada tower, pembagian frekwensi tiap provider dan arah datang angin. dikarenakan tower bersama adalah tower telekomunikasi yang berisi lebih dari 1 provider, sehingga tiap operator harus bisa berbagi dan menyesuaikan dengan standart tower bersama. Tower bersama biasanya berisi 3 hingga 4 provider itu pun tergantung dengan bagaimana sistem kontrak dan perjanjian antar provider. Dalam pengaplikasian antenna tiap provider memiliki jenis dan kemampuan yang berbeda, yang sering dijumpai adalah tiap provider membutuhkan 3cell( sektor ) dan tiap sector berisi dengan 3 jenis antenna, yaitu : GSM 900, DCS 1800, CDMA 800 dan beberapa antenna microwave. Jika diwakilkan dalam jenis antenna maka akan didapatkan 2 jenis antenna dualpol/triband, 1

jenis antenna dualpol/dualband dan 2 jenis antenna microwave. Diharapkan dalam penambahan beban ini, struktur mampu menahan lebih maksimal tanpa harus melanggar peraturan pembebanan tower, sehingga akan meminimalisir biaya pembuatan tower baru.

## **1.2 Saran**

1. Diharapkan adanya kerjasama antara pihak penyelenggara tower bersama dengan pihak provider, sehingga terjadi kerjasama dalam penyelenggaraan frekwensi, dan pembagian elevasi antenna.

2. Perlu diperhatikan untuk masalah besarnya kecepatan angin, bila disesuaikan dengan hasil riset kondisi besarnya kecepatan angin di suatu lokasi tertentu maka akan mempermudah dalam mencari nilai keekonomisan dalam mendesain tower.

3. Perlu diperhatikan dalam penggunaan antenna, diharapkan tiap provider tidak hanya berbagi tower tetapi berbagi frekwensi dan antenna. Dengan konsep seperti itu diharapkan dapat menekan biaya operasional.

4. Perlu adanya green tower, yaitu tower yang didesain dan dibentuk sehingga sedap di pandang mata dan tidak mengganggu pemandangan.