

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Tower adalah menara yang terbuat dari rangkaian besi atau pipa baik segi empat atau segi tiga, atau hanya berupa pipa panjang (tongkat), yang bertujuan untuk menempatkan antenna dan radio pemancar maupun penerima gelombang telekomunikasi dan informasi. Tower BTS (*Base Transceiver System*) sebagai sarana komunikasi dan informatika, berbeda dengan tower SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) Listrik PLN dalam hal konstruksi, maupun resiko yang ditanggung penduduk di bawahnya. Tower BTS komunikasi dan informatika memiliki derajat keamanan tinggi terhadap manusia dan makhluk hidup di bawahnya, karena memiliki radiasi yang sangat kecil sehingga sangat aman bagi masyarakat di bawah maupun disekitarnya.

Dari berbagai fakta yang muncul di berbagai daerah, keberadaan Tower memiliki resistensi/daya tolak dari masyarakat, yang disebabkan isu kesehatan (radiasi, anemia dll), isu keselamatan hingga isu pemerataan sosial. Hal ini semestinya perlu disosialisasikan ke masyarakat bahwa kekhawatiran pertama (ancaman kesehatan) tidaklah terbukti. Radiasinya jauh diambang batas toleransi yang ditetapkan *World Health Organization* (WHO).

Tower BTS terendah (40 meter) memiliki radiasi 1 watt/m² (untuk pesawat dengan frekuensi 800 MHz) s/d 2 watt/m² (untuk pesawat 1800 MHz). Sedangkan standar yang dikeluarkan WHO maksimal radiasi yang bisa ditolerir adalah 4,5 (800 MHz) s/d 9 watt/m² (1800 MHz). Sedangkan radiasi dari radio informatika/internet (2,4 GHz) hanya sekitar 3 watt/m² saja. Masih sangat jauh dari ambang batas WHO 9 watt/m². Radiasi ini makin lemah apabila tower makin tinggi. Rata-rata tower seluler yang dibangun di Indonesia memiliki ketinggian 70 meter.

Dengan demikian radiasinya jauh lebih kecil lagi. Adapun mengenai isu mengancam keselamatan (misal robohnya tower), dapat diatasi dengan penerapan standar material, dan konstruksinya yang benar, serta kewajiban perawatan tiap tahunnya.

Banyak terjadi Protes masyarakat awam terhadap pembangunan tower Telekomunikasi, hal ini terjadi karena kurangnya sosialisasi pihak operator terhadap masyarakat, yang notabene tidak memahami dan mendapatkan informasi yang kurang jelas dari berbagai pihak. Kita tidak dapat menyalahkan masyarakat yang salah kaprah dalam menyikapi tower telekomunikasi, karena memang mereka tidak mengetahui dan tidak mendapatkan informasi yang benar tentang apa dan bagaimana tower serta akibat yang dapat ditimbulkan oleh tower tersebut.

Tower telekomunikasi baik untuk pemancar *Gelombang Micro Digital* (GMD) maupun untuk BTS (*Base Transceiver System*) pemancar HP, Untuk GMD biasanya memancarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 4 sampai 7 Ghz , dimana antara antenna pemancar dengan antenna penerima berjarak sekitar maksimum 60 Km dan harus LOS (*Line Of Side*) tidak ada *obstacle* (penghalang) yang menghalangi antara keduanya., biasanya dengan ketinggian diatas 40 meter dari permukaan tanah. Gelombang yang dipancarkan adalah gelombang ruang, merambat lurus diudara.

BTS memancarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi rendah berkisar antara 900 s/d 1800 Mhz., yang dipancarkan oleh antenna sektoral yang nantinya akan ditangkap oleh antenna telepon seluler pada masing-masing pelanggan telepon seluler. Secara teknologi gelombang radio dapat dinyatakan aman untuk kesehatan manusia dan peralatan listrik di rumah tangga. Sejak lama gelombang radio dipergunakan manusia untuk komunikasi mulai dari Abraham Bell menemukan *Telegraph*, sampai kepada teknologi selular saat ini yang dapat memudahkan manusia untuk berkomunikasi satu dengan lainnya.

Tower Telekomunikasi dapat dibedakan dari bentuk dan konstruksinya, mulai dari yang sederhana berbentuk segi tiga, yang ditopang dengan tali agar tidak meliuk-liuk terkena hembusan angin, ini jenisnya adalah *Tower Guymast*,

yang mempunyai temberang sebagai suportingnya, keamanan dari tower ini paling bawah secara konstruksi, kalau bebannya berat maka dikhawatirkan patah dan menimpa sekitarnya. Jenis yang kedua adalah SST (*Self Suporting Tower*), dimana tower ini mempunyai konstruksi baja mempunyai kaki empat buah dengan fondasi tertanam kebawah tanah dengan kedalaman tertentu, besi rangka tower ini dilapisi dengan galvanis yang tahan sampai puluhan tahun tidak berkarat, lagi pula tower ini pemeliharaannya dengan mencat dengan cat khusus anti karat, sehingga kemungkinan tower ini roboh sangat kecil., tinggi tower bervariasi tergantung kontur bumi, kalau kontur bumi datar maka diperlukan tower yang lebih tinggi, sementara kalau didaerah perbukitan, tower dibangun di atas puncak bukit dengan ketinggian yang relative rendah.

Tower Telekomunikasi berbeda dengan tower Listrik , yang ditopangnya adalah kabel yang dialiri oleh Saluran Umum Tegangan Extra Tinggi (SUTET), dimana arus listrik yang dilewatkannya adalah diatas 20.000 KV, sehingga menimbulkan radiasi listrik yang cukup besar. Tower Telekomunikasi yang ditopangnya adalah antena yang memancarkan gelombang elektromagnetik atau kita sebut dengan gelombang radio, yang radiasinya berkisar berordo watt, sehingga belum sampai ketanah sudah hilang radiasinya itu. Jadi boleh dikatakan aman untuk kesehatan manusia dan peralatan elektrik umah tangga. Sinyal BTS, tidak akan mengganggu frekuensi radio dan TV karena peralatan BTS bekerja pada gelombang 900 mhz dan 1.800 mhz. Untuk radio dan TV bekerja pada 100-600 mhz. Kekuatan tower telah dirancang mampu menahan angin berkecepatan hingga 120 km/jam dan pondasi yang sangat kokoh di mana setiap cm² mampu menahan beban hingga 225 kg.

Berdasarkan penelitian *World Healt Organization* (WHO) dan Fakultas Teknik UGM, BTS tidak mengeluarkan radiasi yang membahayakan kesehatan manusia. Level batas radiasi yang diperbolehkan menurut standar yang dikeluarkan WHO masing-masing 4,5 watt/m² untuk perangkat yang menggunakan frekuensi 900 MHz dan 9 watt/m² untuk 1.800 MHz. Sementara itu, standar yang dikeluarkan IEEE C95.1-1991 malah lebih tinggi lagi, yakni 6 watt/m² untuk frekuensi 900 MHz dan 12 watt/m² untuk perangkat berfrekuensi

1.800 MHz. Umumnya, radiasi yang dihasilkan perangkat-perangkat yang digunakan operator seluler tidak saja di Indonesia, tetapi juga seluruh dunia, masih jauh di bawah ambang batas standar sehingga relatif aman. Sejauh ini protes dan kekhawatiran masyarakat terhadap dampak radiasi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan perangkat telekomunikasi seluler lebih banyak datang dari mereka yang tinggal di sekitar tower BTS (*Base Transceiver Station*).

Sejauh ini belum ada satu pun keluhan atau kekhawatiran akan dampak radiasi itu yang datang dari para pengguna telepon seluler. Padahal, jika dihitung-hitung, besarnya daya radiasi yang dihasilkan pesawat telepon seluler jauh lebih besar daripada radiasi tower BTS. Daya dari frekuensi pesawat handphone sangat kecil, tapi karena jaraknya demikian dekat dengan tubuh kita, dampaknya juga lebih besar. Pernyataan tersebut didasarkan atas hasil perhitungan menggunakan rumus yang berlaku dalam menghitung besaran radiasi. Misalnya pada tower BTS dengan frekuensi 1800 MHz daya yang digunakan rata-rata 20 watt dan pada frekuensi 900 MHz 40 watt, sedangkan pesawat handphone dengan frekuensi 1.800 MHz menggunakan daya sebesar 1 watt dan yang 900 MHz dayanya 2 watt.

Berdasarkan hasil perhitungan, pada jarak 1 meter (jalur pita pancar utama), tower BTS dengan frekuensi 1.800 MHz mengasilkan total daya radiasi sebesar 9,5 w/m² dan pada jarak 12 meter akan menghasilkan total radiasi sebesar 0,55 w/m². Untuk kasus tower yang memiliki tinggi 52 meter, berdasarkan hasil perhitungan, akan menghasilkan total radiasi sebesar 0,029 w/m². Jadi, kalau melihat hasil perhitungan demikian, sebenarnya angkanya sangat kecil sehingga orang yang tinggal di sekitar tower BTS cukup aman. Kalau tidak aman, bisnis sektor telekomunikasi pasti akan ditinggalkan konsumen. Pada Tower juga dilengkapi dengan *grounding* atau system pentanahan, yang gunanya adalah penangkap petir, dimana kalau terjadi petir maka yang duluan disambar adalah kutub negatif yang terdekat dengan awan atau *ion positive*, dimana pada puncak tower dipasang *finial* dari tembaga dan dialirkan ketanah dengan kabel BCC (Bare Copper Conductor), sehingga aliran petir cepat mencapai tanah dan mengamankan daerah sekitarnya dari sambaran petir, karena sifat dari arus listrik adalah mencari jalan terpendek mencapai tanah, dan hilang di netralisir oleh bumi.

2.2. Jenis-jenis Tower

Terdapat beberapa jenis tower yang biasa kita lihat, seperti tower pembangkit tenaga listrik, tower radio / TV, tower milik angkatan bersenjata, dan terakhir tower telekomunikasi selular. Tower juga dapat diklarifikasikan berdasarkan lokasi dan bentuknya :

Jika dilihat berdasarkan jenis lokasinya, tower dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu :

1. *Rooftop* : tower yang berdiri diatas sebuah gedung.
2. *Greenfield* : tower yang berdiri langsung diatas tanah.

Sedangkan jika diklasifikasikan berdasarkan bentuk, tower dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

2.1.1. *Rectangular*

Tower berbentuk segi empat dengan empat kaki. Tower dengan 4 kaki sangat jarang dijumpai roboh, karena memiliki kekuatan tiang pancang serta sudah dipertimbangkan konstruksinya. Tipe ini mahal biayanya (Rp. 650 juta hingga 1 milyar), namun kuat dan mampu menampung banyak antenna dan radio. Tipe tower ini banyak dipakai oleh perusahaan-perusahaan bisnis komunikasi dan informatika yang bonafid. (Indosat, Telkom, XL, dll).

2.1.2. *Triangle*

Tower berbentuk segi tiga dengan tiga kaki. Tower Segitiga disarankan untuk memakai besi dengan diameter 2 cm ke atas. Beberapa kejadian robohnya tower jenis ini karena memakai besi dengan diameter di bawah 2 cm. Ketinggian maksimal tower jenis ini yang direkomendasi adalah 60 meter. Ketinggian rata-rata adalah 40 meter.

2.1.3. *Pole*

Tower berupa tiang pancang dengan satu kaki. Jenis tower yang berupa tiang pancang tunggal atau memiliki satu kaki saja dengan menggunakan profil

pipa. Penempatan *monopole* biasanya langsung di atas tanah (*Greenfield*). Monopole biasanya memiliki ketinggian kurang dari 30 m.

Fungsi dari tower telekomunikasi adalah untuk menempatkan antena pemancar sinyal (jaringan akses) untuk memberikan layanan kepada pelanggan di sekitar tower tersebut. Selain itu, penggunaan tower telekomunikasi juga berfungsi untuk menempatkan antena pemancar sinyal transmisi (jaringan transport dengan menggunakan teknologi *microwave*) untuk menghubungkan pelanggan di daerah tersebut dengan sentral (BSC). Jadi bagian yang terpenting dari pembangunan tower adalah untuk penempatan antena – antena tersebut, dimana dibutuhkan ketinggian tertentu untuk dipenuhinya syarat memancar dan menerima sinyal.

Karena fungsi utama tower telekomunikasi adalah untuk menempatkan antena sesuai dengan ketinggian yang disyaratkan, maka terdapat beberapa jenis tower, antara lain :

a. *Lattice tower*

Lattice tower atau sering disebut SST (*self support tower*), adalah tower konvensional yang berupa menara rangka yang dirancang dengan konsep rangka kokoh, kuat terhadap tekanan angin (min.120 km/jam) dan keadaan geografis dari area di mana tower tersebut didirikan. Tower ini memiliki tipe 4 kaki (*rectangular*) atau 3 kaki (*triangle*) dengan menggunakan profil baja siku atau pipa. *Lattice tower* memiliki ketinggian yang sudah ditentukan berkisar antara 30 m sampai dengan 120m. Misal SST 42 m adalah *lattice tower* yang memiliki ketinggian 42m. Tower ini berdiri langsung di atas tanah (*Greenfield*).

b. *Mini tower*

Mini tower (MT) merupakan jenis tower yang sama dengan *lattice tower*, Hanya saja mini tower memiliki ketinggian yang lebih rendah daripada *lattice tower*, yaitu berkisar antara 15 m sampai dengan 30 m, dan penempatan biasanya berada di atas gedung (*rooftop*).

c. *Monopole*

Monopole adalah jenis tower yang berupa tiang pancang tunggal atau memiliki satu kaki saja dengan menggunakan profil pipa. Penempatan monopole biasanya langsung di atas tanah (*Greenfield*). *Monopole* biasanya memiliki ketinggian kurang dari 30 m.

d. *Rooftop pole*

Rooftop pole merupakan jenis tower berupa tiang pancang tunggal atau memiliki satu kaki saja dengan menggunakan profil pipa yang berdiameter lebih kecil dari profil pipa yang digunakan untuk *monopole*. Jenis tower ini ditempatkan di atas gedung (*rooftop*). Jenis tower ini hanya disebut sebagai antenna bukan menara. Ketinggian *rooftop pole* berkisar antara 3m sampai 12 m.

e. *Guy mast*

Guy mast adalah jenis tower yang berupa tiang pancang tunggal yang dikaitkan dengan tali-tali baja yang membentang dari tower sampai tanah dengan jarak ± 0.5 m dari tower dan sudut ± 60 . Jenis tower ini memiliki ketinggian antara 50 m sampai dengan 70 m. Penggunaan *guyed mast* sebagai tower telekomunikasi masih jarang di Indonesia. Biasanya tower jenis ini dipakai untuk pemancar radio atau internet.

f. *Tower camouflage*

Tower camouflage menggunakan material-material tertentu untuk menyamarkan perangkat dan bentuk tower itu sendiri, agar bernuansa estetika dan lebih ramah lingkungan. Tower tersebut secara kasat mata tidak lagi terlihat seperti antenna dan menara, karena penempatannya cenderung disesuaikan dengan design atau dikamuflasekan dengan tempat dimana tower tersebut didirikan. Biasanya pembangunan tower ini dikarenakan terbentur dengan peraturan-peraturan setempat yang sudah tidak membolehkan untuk didirikannya tower lagi.

2.3. Bagian – Bagian tower

2.3.1. Face panel

Face panel adalah bentuk sisi-sisi pada menara di tiap panel. Tersusun atas *Bracing*, *Plan bracing*, *Redundant* dan *Leg*.

2.3.2. Bentuk Face Panel

a. X Face Panel

X Face Panel adalah sisi menara yang berbentuk X dengan posisi *bracing* menyilang.

b. K Face Panel

K Face Panel adalah sisi menara yang menyerupai huruf K dengan posisi terbalik. Posisi *bracing* menyatu di bagian atas.

c. M dan W Face Panel

M dan W Face Panel adalah sisi menara yang berbentuk seperti huruf M dan W.

2.3.3. Plan Bracing

Plan Bracing adalah kerangka didalam tower yang membentuk gugus sendiri.

2.3.4. Hip Bracing

Hip bracing adalah kerangka antara bracing dengan bracing.

2.3.5. Neck

Neck adalah leher tower.

2.3.6. Bordes

Bordes adalah tempat peristirahatan.

2.3.7. Ring Mounting

Ring Mounting adalah tempat antenna agar bisa terpasang antenna dalam jumlah banyak.

2.3.8. Base plate

Base plate adalah plat penghubung yang berada di antara *leg* menara dan *pedestal*.

2.3.9. Pedestal

Pedestal adalah struktur tegak penghubung kaki menara dengan pondasi. Untuk gambar ada dilampiran.

2.4. Pondasi tower

a. Pondasi *raft*

Pondasi *raft* adalah pelat beton yang berbentuk rakit melebar keseluruhan bagian dasar bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah dasar atau batuan di bawahnya. Pondasi ini digunakan apabila tanah dasar mempunyai daya dukung yang rendah.

b. Pondasi *Bore Pile*

Pondasi *Bore Pile* adalah bentuk pondasi dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah. Pondasi ditempatkan sampai kedalaman yang telah ditentukan. System kerja pondasi ini yaitu meneruskan beban struktur bangunan di atas ke tanah dibawahnya sampai kedalaman tanah yang kuat.

c. Pondasi Telapak (*foot plate*)

Pondasi Telapak (*foot plate*) adalah jenis pondasi yang letaknya tepat berada dibawah kolom dan kedalamaannya sampai pada tanah keras. Jenis pondasi ini menggunakan struktur beton bertulang.

2.5. 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. Selain itu juga antena memiliki ukuran diameter dan panjang yang beragam.

Ini adalah beberapa jenis antena yang dipakai dalam tower BTS (*Base Transceiver Station*) :

a. *Sectoral antenna*

Antena didefinisikan sebagai suatu struktur yang berfungsi sebagai pelepas gelombang elektromagnetik diudara dan juga sebagai penerima / penangkap gelombang elektromagnetik diudara.

Antena adalah alat yang digunakan untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik lalu meradiasikannya. Antena sektoral merupakan antena yang memancarkan dan menerima sinyal sesuai dengan sudut pancar sektornya. Antena yang digunakan adalah antena 3 sektor dengan kombinasi *Distributed Control System*.

Tabel 2.1 Data beban sektoral

Jenis	Massa (kg)
GSM1.0 – GSM1.5	10
GSM1.6 – GSM2.0	13
GSM2.1 – GSM2.3	15
GSM2.4 – GSM2.75	20
GSM2.75–GSM3.0	25

b. Microwave antenna

Microwave system adalah sebuah sistem pemancaran dan penerimaan gelombang mikro yang berfrekuensi sangat tinggi. *Microwave system* digunakan untuk komunikasi antar BTS atau BTS-BSC (*Base Station Controller*). *Microwave System* yang digunakan merupakan sistem indoor. Namun antenna microwave tetap terpasang menara.

Pada antenna *Microwave* (MW) Radio, yang bentuknya seperti rebana genderang, itu termasuk jenis *high performance antenna*. Biasanya ada 2 brand, yaitu *Andrew and RFS*. Ciri khas dari *antenna high performance* ini adalah bentuknya yang seperti gendang, dan terdapat penutupnya, yang disebut *radome*. Fungsi *radome* antara lain untuk melindungi komponen antenna tersebut, dari perubahan cuaca sekitarnya.

Tabel 2.2 Data beban *microwave*

Jenis	Massa (kg)
MW-0.2 – MW-0.5	30
MW-0.6 – MW-1.0	60
MW-1.1 – MW-1.5	120
MW-1.6 – MW-2.0	150
MW-2.1 – MW-2.4	200
MW-2.5 – MW-2.7	230
MW-2.8 – MW-3.2	300
MW-3.3 – MW-3.5	330
MW-3.6 – MW-3.7	370
MW-3.7 – MW-4.6	420

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

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.

2.6. Pembebanan

Beban yang diterima pada struktur menara yaitu :

a. Beban Angin

Beban Angin adalah beban kecepatan angin yang diterima menara dari seluruh arah mata angin. Ditinjau dari kecepatan angin harian sampai batas kecepatan angin maksimal dan musiman.

b. Beban Antena

Beban antena adalah beban dari antena yang diterima menara. Beban dari antena yang diterima menara juga dipengaruhi oleh jenis antena, ukuran antena, ketinggian antena, letak antena dan arah azimuth antena.

c. Beban Mati

Beban mati adalah beban sendiri menara.

d. Arah Angin

Arah angin ditinjau terhadap sekeliling menara dari 0° sampai 360° .

2.7. Program MStower V6

MStower adalah program khusus untuk menganalisa struktur baja tower telekomunikasi, tower transmisi listrik dan tower guyed. MStower berisi pilihan untuk menentukan geometri, beban, analisa, merencanakan input, hasil dan pengecekan member/batang.

Beban yang dihitung sesuai dengan :

- BS 8100:Part 1 1986
- BS 8100:Part 4 1995
- CP3 Chapter 5
- AS 3995-1994
- *Malaysian Electricity Supply Regulation* 1990
- EIA/TIA-222-F-1996

Member check dapat menggunakan standar sebagai berikut :

- BS 8100:Part 3 (DD133:1986)
- BS 449
- AS 3995-1994
- ASCE 10-90 1991
- EIA/TIA-222-F-1996

Standar yang lazim dipakai di Indonesia menggunakan standar EIA/TIA-222-F-1996. Kombinasi beban yang dipakai berdasarkan EIA/TIA-222-F :

1. $0.9 D + 1.0 D_g + 1.6 W_o$
2. $0.9 D + 1.0 D_g + 1.0 E$

D = Beban mati konstruksi menara, termasuk tangga, bordes, dan peralatan tetap.

D_g = Beban dari struktur tambahan seperti antenna dan kabel.

W_o = Beban angin tanpa es.

E = Beban Gempa

Tower mempunyai tiga atau empat sisi yang tersusun dari serangkaian *face, plan, hip* dan *cross-arm panels*. Jika sebuah panel yang sesuai standar tidak tersedia maka sistem mempunyai pilihan *Used Defined Panel (UDP)*. Beban yang dihitung oleh MStower adalah beban sendiri, angin dan es. Beban angin dalam program dapat memperhitungkan berbagai jenis tambahan yang ada dalam menara

telekomunikasi. Di dalam program juga terdapat file *ancillaries library* yaitu file yang berisi data struktur menara berupa jenis dan dimensi baja, data antenna yang berisi dimensi dan berat, data permukaan yang dilapisi es, berhubung di Indonesia tidak memiliki iklim dingin maka beban es tidak dimasukkan.

2.8. Toleransi desain

- a. Allowable stress ratio (perbandingan tegangan) : 1
- b. Slenderness ratio
 - leg ≤ 150
 - Bracing ≤ 200
 - Redundant ≤ 250
- c. Allowable sway (goyangan) : 0.5°
- d. Allowable twist (puntiran) : 0.5°
- e. Allowable displacement (perpindahan) : $H/200$

