

## STUDI KEKUATAN MENARA BTS (BASE TRANSCEIVER STATION) PADA MENARA SST TINGGI 72M TIPE GREENFILED

**Novia Santi Marsia<sup>1</sup>, Chandra Afriade Siregar<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Magister Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana

**<sup>1</sup>korespondensi: noviasmarsia03@gmail.com**

### **ABSTRAK**

*Perkembangan teknologi komunikasi di Indonesia mengalami perkembangan yang cukup pesat. Meningkatnya kebutuhan masyarakat akan telekomunikasi membuat operator seluler terus meningkatkan layanan. Untuk peningkatan kapasitas jaringan bisa dilakukan dengan penambahan perangkat ditower telekomunikasi. Penambahan perangkat ditower telekomunikasi membawa akibat berupa bertambahnya beban yang harus dipikul oleh tower telekomunikasi tersebut. Pengecekan stabilitas tower BTS tipe SST kaki 4 dengan tinggi 72m mengacu pada standar EIA/TIA-222-G dan menggunakan program MS Tower V6. Pengecekan meliputi beberapa hal yaitu: rasio tegangan yang terjadi di elemen tower, goyangan tower, puntiran tower, pergeseran tower, dan reaksi tumpuan yang terjadi. Apabila penambahan perangkat di tower telekomunikasi masih dalam batas kapasitas tower tersebut, penambahan perangkat tidak menjadi masalah. Apabila salah satu dari kriteria di atas ada yang terlewati walau kriteria yang lain aman, struktur tower dianggap tidak aman dan harus dilakukan perhitungan ulang. Hasil analisis saat tower diberi penambahan beban antenna didapatkan bahwa menara tidak memenuhi 1 syarat batas karena rasio tegangan melebihi standar yaitu senilai 1,212 (>1). Sehingga perlu diberi perkuatan pada bagian kaki tower dengan menggunakan profil L60x60x6. Dari hasil perkuatan pada bagian kaki tower didapatkan nilai stress ratio < 1 dengan nilai 0,938 dan nilai sway < 0,5 yaitu senilai 0,2303, maka tower tersebut sudah memenuhi syarat.*

*Kata Kunci:* Tower, SST, MSTower, EIA/TIA-222-G

### **ABSTRACT**

*The development of communication technology in Indonesia has grown quite rapidly. The increasing needs of the community for telecommunications make cellular operators continue to improve services. To increase network capacity can be done by adding devices on telecommunication towers. The addition of devices on telecommunication towers brings consequences in the form of increased loads that must be carried by the telecommunication tower. The stability check of a 4-foot SST-type BTS tower with a height of 72m refers to the EIA/TIA-222-G standard and uses the MS Tower V6 program. The check includes several things, namely: the stress ratio that occurs in the tower element, tower sway, tower torsion, tower shift, and the reaction of the support that occurs. If the addition of devices in the telecommunication tower is still within the capacity limit of the tower, the addition of devices is not a problem. If one of the above criteria is passed even though the other criteria are safe, the tower structure is considered unsafe and must be recalculated. The results of the analysis when the tower was given an additional antenna load found that the tower did not meet 1 limit condition because the stress ratio exceeded the standard, which was 1.212 (>1). So it needs to be reinforced at the foot of the tower using the L60x60x6 profile. From the results of reinforcement at the foot of the tower, it was found that the stress ratio value < 1 with a value of 0,938 and the sway value < 0,5, which is worth 0.2303, so the tower has met the requirements.*

*Keywords:* Tower, SST, MSTower, EIA/TIA-222-G

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat, penyedia jasa seluler akan berusaha memberikan layanan terbaik kepada

masyarakat. Penyedia layanan telepon seluler berusaha memberikan layanan yang sempurna dari segi cakupan (*coverage*), kapasitas (*capacity*), dan kualitas (*quality*). Dari segi

teknologi, peningkatan layanan ini dapat berupa ekonomi atau teknologi.

Menurut Peraturan Kementerian Komunikasi dan Informatika Nomor: 02/PER/M.KOMINFO/3/2008 tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara Bersama. Telekomunikasi, menambah perangkat pada menara BTS dapat meningkatkan kualitas jaringan. Panduan untuk Penggunaan dan Pembangunan Menara Bersama Operator telekomunikasi dan seluler wajib menggunakan menara bersama untuk mengurangi pembangunan menara telekomunikasi yang kian banyak untuk meningkatkan efisiensi ruang. Salah satu cara meningkatkan layanan tanpa menambah menara baru sesuai dengan peraturan pemerintah adalah dengan menambah antena pemancar ke menara bersama.

Pada penelitian ini, dilakukan analisis kekuatan struktur Tower BTS (*Base Transceiver Station*) tipe SST (*Self Supporting Tower*) berkaki empat yang berdiri di atas tanah dengan tinggi 72 di Pulau Bali. Uji stabilitas menara BTS (*Base Transceiver Station*) tersebut meliputi beberapa aspek, yaitu: *stress ratio*, *sway*, *twist*, *displacement*, dan reaksi tumpuan yang terjadi.

Jika kapasitas menara BTS masih mencukupi, penambahan perangkat tidak akan menimbulkan masalah. Namun, ketika salah satu kriteria di atas tidak terpenuhi meskipun kriteria lainnya tetap dalam batas aman, maka struktur menara dianggap tidak stabil dan analisis ulang diperlukan.

## Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan studi ini yaitu:

1. Menganalisa stabilitas struktur menara menggunakan program bantu MS Tower V6.
2. Mengetahui jenis beban yang mempengaruhi kekuatan struktur menara SST 4 kaki 72m.
3. Memastikan jika  $\text{stress ratio} < 1$ ;  $\text{displacement}$ ;  $\text{twist} \& \text{sway} < 0.5^\circ$  berdasarkan peraturan “*Structural Standards for Steel Antenna Tower and Antenna Supporting Structure*” [1].
4. Mendapatkan perkuatan pada struktur menara BTS akibat penambahan antena jika stabilitas struktur menara tidak sesuai dengan spesifikasi standar, yaitu  $\text{stress ratio} < 1$ ;  $\text{displacement}$ ;  $\text{twist} \& \text{sway} < 0.5^\circ$  sesuai dengan “*Structural Standards for Steel Antenna Tower and Antenna Supporting Structure*” [2].

## TINJAUAN PUSTAKA

### UMUM

Tujuan dari perencanaan struktur adalah untuk membuat struktur yang stabil, kuat, dan awet. Jika struktur tidak miring, tidak gampang terguling, atau tidak bergeser selama umur rencananya, struktur tersebut dianggap stabil.

Baja merupakan jenis material yang umum digunakan dalam dunia perkonstruksian baik di dalam negeri maupun luar negeri. Beberapa keunggulan baja adalah mempunyai kekuatan

yang tinggi, keawetan dan keseragaman yang tinggi, bersifat elastis, memiliki daktilitas yang cukup tinggi, serta kemudahan dalam penyambungannya[3]. Fungsi utamanya adalah sebagai struktur atau rangka utama bangunan maupun sebagai pengikat komponen-komponen struktur yang lainnya. Bangunan yang menggunakan struktur baja sebagai materialnya utamanya adalah menara pemancar.

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



**Gambar 1: Self Supporting Tower Kaki Tiga (kiri) dan Kaki 4 (kanan)**

- 2) *Guyed Tower*, 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*

1) *Self-Supporting Tower* (SST), adalah menara yang memiliki pola batang yang disusun dan disambung sehingga membentuk rangka yang berdiri sendiri tanpa adanya sokongan lainnya [4].

Terdapat 2 tipe menara SST yaitu:

- Menara SST kaki 3 (*Triangle tower*).
- Menara SST kaki 4 (*Rectangular tower*) [5].

*tower*, akan tetapi menara jenis *guyed tower* memiliki jenis dimensi batang yang lebih kecil dari pada jenis menara *self-supporting tower* [6].



**Gambar 2: Guyed Tower**

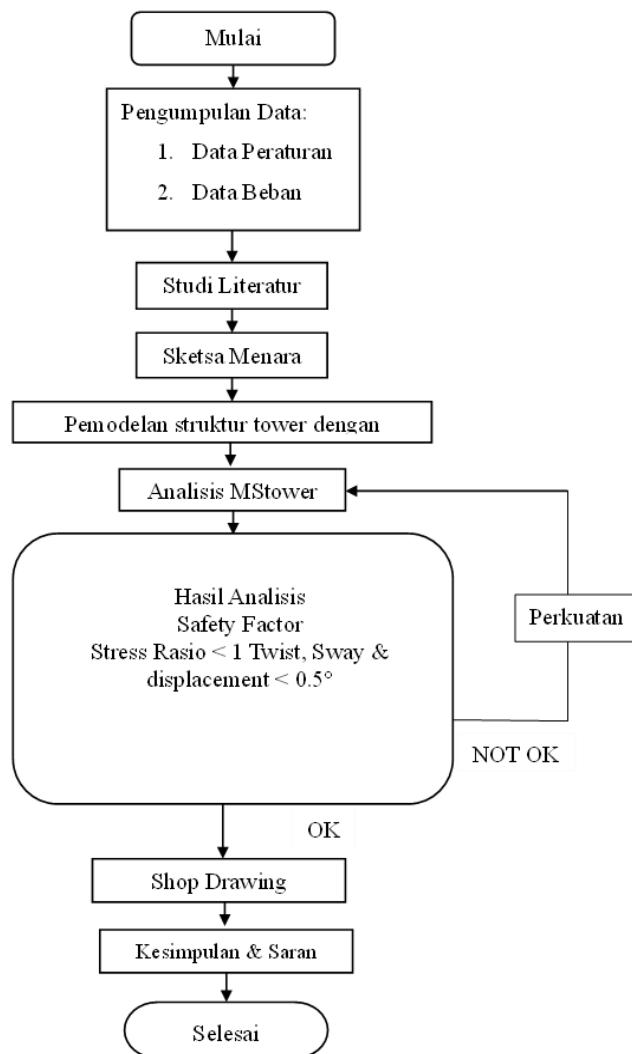
3) *Monopole*, adalah jenis menara yang hanya terdiri dari satu batang atau satu tiang yang didirikan langsung ke dalam tanah atau di atas bangunan gedung.

Berdasarkan penampangnya menara tipe *monopole* dibagi menjadi 2 jenis penampang yaitu *circular pole* & *tapered pole* [7].



Gambar 3: *Monopole* jenis *Circular pole* (kanan) dan *Tapered pole* (kiri)

## METODE



Gambar 4: Diagram Alir Metodologi

## Mutu Material & Pembebanan

Mutu Baja BJ37 dengan  $f_y=240$  Mpa dan  $f_u=370$  Mpa. Untuk pembebanan sesuai dengan standar EIA/TIA-222-G

## Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengumpulan data yang akan digunakan dalam perencanaan
2. Pradesain berupa pemodelan 3D dengan menggunakan MS *Tower v6*
3. Memasukan beban lainnya seperti beban angin dan antena, serta diberikan kombinasi pembebanan sesuai standar EIA/TIA-222-G
4. *Build/Load/Analyse* untuk mengecek apakah data-data yang dimasukkan sudah benar (tidak terjadi *Error*)
5. Lakukan *Member Check > Tower* sesuai dengan standar yang digunakan yaitu EIA/TIA-222-G terhadap kombinasi pembebanan yang ditentukan
6. Periksa / Cek hasil pradesain dengan melihat *ratio* perbandingan antara *Axial stress in member* ( $f$ ) terhadap *Allowable stress* ( $F$ )
7. Buat gambar *Detail Engineering* (jika terdapat perkuatan)
1. Struktur menara terdiri dari 21 panel, panel 1 berada di bagian paling puncak menara dan panel 21 di bagian paling bawah.
2. Panel 1 memiliki tinggi 2 m.
3. Panel 2,3, dan 4 memiliki tinggi masing-masing 2,5 m.
4. Panel 5,6,7,8,9,10 dan 11 memiliki tinggi yang sama yaitu 2,5 m.
5. Panel 12,13,14,15,dan 16 memiliki tinggi yang sama yaitu 4 m.
6. Panel 17,18,19,20 dan 21 memiliki tinggi yang sama yaitu 5 m.
7. Lebar menara dari panel 1 sampai panel 5 sama yaitu 2 m dan dari panel 6 ( ukuran menara meningkat secara linear dari 2 m sampai 6,6 m pada panel 21.
8. Material profil baja yang digunakan menggunakan jenis BJ-37 dengan kuat leleh ( $F_y$ )= 240 MPa dan kuat putus ( $F_u$ ) = 370 MPa.
9. Antena yang sudah terpasang berjumlah 23 buah, terdiri dari 4 buah *Microwave*, 9 buah *Antena Sectoral (RF)*, dan 8 RRU.
10. Antena yang akan dipasang berjumlah 7 buah, terdiri dari 1 buah *Microwave*, 3 buah *Antena Sectoral (RF)*, dan 3 RRU [8].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Struktur Menara

Struktur menara BTS tipe *Self-Supporting Tower* ini berkaki empat

### Pemodelan Struktur

Struktur menara dimodelkan 3D dengan menggunakan program MS *Tower* sebagai berikut.



**Gambar 5: Model 3D Existing SST 72m 4 Legs**

Panel 1 memiliki tinggi 2 m dengan lebar bagian atas panel 2 m. Panel 1 menggunakan *face panel* berjenis XH1 dan *plan bracing* berjenis PL3S. Dengan profil penyusun panel sebagai berikut:

Panel 1:

- *Leg/Kaki* 70x70x7;
- *Bracing* 50x50x5;
- Horizontal 50x50x5;
- *Plan bracing* 50x50x5.

Panel 2,3, dan 4 mempunyai tinggi 2,5 m dan lebar bagian atas panel 2 m. Panel ini menggunakan *face panel* berjenis XH1 dan *plan bracing* berjenis PL3S. Dengan profil penyusun panel sebagai berikut:

Panel 2:

- *Leg/Kaki* 70x70x7;
- *Bracing* 40x40x4;
- Horizontal 40x40x4;
- *Plan bracing* 40x40x4.

Panel 3:

- *Leg/Kaki* 70x70x7;

- *Bracing* 50x50x5;
- Horizontal 50x50x5;
- *Plan bracing* 50x50x5.

Panel 4:

- *Leg/Kaki* 70x70x7;
- *Bracing* 40x40x4;
- Horizontal 40x40x4;
- *Plan bracing* 40x40x4.

Panel 5,6,7 dan panel 8 mempunyai tinggi yang sama yaitu 2,5m dengan lebar bagian atas & bawah yang beragam. Panel ini menggunakan *face panel* berjenis XH1 dan *plan bracing* berjenis PL3S. Dengan profil penyusun panel sebagai berikut:

Panel 5:

- *Leg/Kaki* 80x80x8;
- *Bracing* 50x50x5;
- Horizontal 50x50x5;
- *Plan bracing* 50x50x5.

Panel 6:

- *Leg/Kaki* 80x80x8;
- *Bracing* 50x50x5;

- Horizontal 50x50x5;
- *Plan bracing* 50x50x5.

Panel 7:

- *Leg/Kaki* 80x80x8;
- *Bracing* 40x40x4;
- Horizontal 40x40x4;
- *Plan bracing* 40x40x4.

Panel 8:

- *Leg/Kaki* 80x80x8;
- *Bracing* 50x50x5;
- Horizontal 50x50x5;
- *Plan bracing* 50x50x5.

Panel 9 memiliki tinggi 2,5 m dengan lebar bagian atas & bawah yang beragam. Panel ini menggunakan *face panel* berjenis XH2 dan

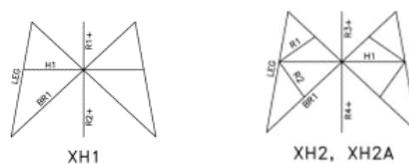
*plan bracing* berjenis PL3S. Dengan profil penyusun panel sebagai berikut:

- *Leg/Kaki* 80x80x8;
- *Bracing* 40x40x4;
- Horizontal 40x40x4;
- *Plan bracing* 40x40x4.

Panel 10 memiliki tinggi 2,5m dengan lebar bagian atas & bawah yang beragam. Panel ini menggunakan *face panel* berjenis XH1 dan *plan bracing* berjenis PL3S. Dengan profil penyusun panel sebagai berikut:

- *Leg/Kaki* 80x80x8;
- *Bracing* 50x50x5;
- Horizontal 50x50x5;
- *Plan bracing* 50x50x5.

*FACE*



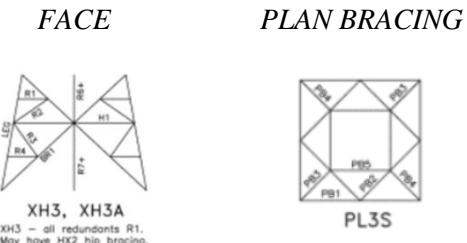
*PLAN BRACING*



**Gambar 6: Face dan Plan bracing Panel 1-10**

Panel 11 memiliki tinggi 2,5m dengan lebar bagian atas & bawah yang beragam. Panel ini menggunakan *face panel* berjenis XH3 dan *plan bracing* berjenis PL3S. Dengan profil penyusun panel sebagai berikut:

- *Leg/Kaki* 80x80x8;
- *Bracing* 40x40x4;
- Horizontal 50x50x5;
- *Plan bracing* 50x50x5.



**Gambar 7: Face dan Plan bracing Panel 11**

Panel 12 – Panel 16 memiliki tinggi 4m dengan lebar bagian atas & bawah yang beragam. Panel ini menggunakan *face panel* berjenis K1M dan *plan bracing* berjenis PL3S dan *Hip bracing* berjenis HD. Dengan profil penyusun panel sebagai berikut:

Panel 12:

- Leg/Kaki 90x90x9;
- Bracing 70x70x7;
- Horizontal 50x50x5;
- Redundant 40x40x4;
- Plan bracing 50x50x5;
- Hip bracing 40x40x4.

Panel 13:

- Leg/Kaki 90x90x9;
- Bracing 60x60x6;
- Horizontal 50x50x5;
- Redundant 40x40x4;
- Plan bracing 50x50x5;
- Hip bracing 40x40x4.

Panel 14:

- Leg/Kaki 100x100x10;
- Bracing 70x70x7;
- Horizontal 50x50x5;
- Redundant 40x40x4;
- Plan bracing 50x50x5;
- Hip bracing 40x40x4.

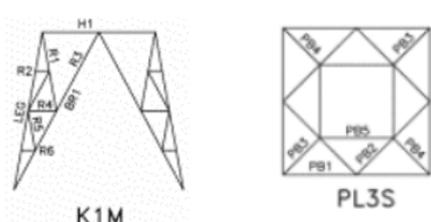
Panel 15:

- Leg/Kaki 100x100x10;
- Bracing 70x70x7;
- Horizontal 50x50x5;
- Redundant 40x40x4;
- Plan bracing 50x50x5;
- Hip bracing 40x40x4.

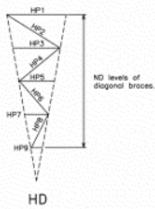
Panel 16:

- Leg/Kaki 120x120x12;
- Bracing 70x70x7;
- Horizontal 50x50x5;
- Redundant 50x50x5;
- Plan bracing 40x40x4 dan 50x50x5;
- Hip bracing 40x40x4.

**FACE**                    **PLAN BRACING**



### **HIP BRACING**



**Gambar 8: Face, Plan bracing, dan Hip bracing Panel 12-16**

Panel 17 – Panel 21 memiliki tinggi 5m dengan lebar bagian atas & bawah yang beragam. Panel ini menggunakan *face* panel berjenis K2A dan *plan bracing* berjenis PL3S dan *Hip bracing* berjenis HD. Dengan profil penyusun panel sebagai berikut:

Panel 17:

- *Leg/Kaki* 120x120x12;
- *Bracing* 60x60x6;
- Horizontal 60x60x6;
- *Redundant* 40x40x4 dan 50x50x5;
- *Plan bracing* 40x40x4 dan 50x50x5;
- *Hip bracing* 40x40x4.

Panel 18:

- *Leg/Kaki* 120x120x12;
- *Bracing* 60x60x6;
- Horizontal 60x60x6;
- *Redundant* 40x40x4 dan 50x50x5;
- *Plan bracing* 40x40x4 dan 50x50x5;
- *Hip bracing* 40x40x4.

Panel 19:

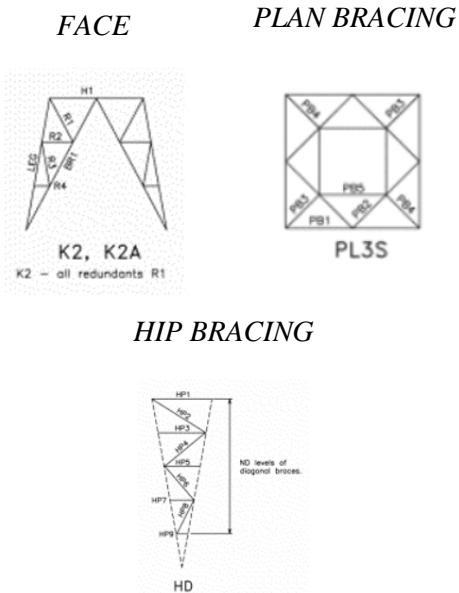
- *Leg/Kaki* 120x120x12;
- *Bracing* 70x70x7;
- Horizontal 70x70x7;
- *Redundant* 50x50x5;
- *Plan bracing* 50x50x5;
- *Hip bracing* 40x40x4.

Panel 20:

- *Leg/Kaki* 130x130x12;
- *Bracing* 70x70x7;
- Horizontal 70x70x7;
- *Redundant* 50x50x5;
- *Plan bracing* 50x50x5;
- *Hip bracing* 40x40x4.

Panel 21:

- *Leg/Kaki* 150x150x15;
- *Bracing* 70x70x7;
- Horizontal 70x70x7;
- *Redundant* 60x60x6;
- *Plan bracing* 50x50x5;
- *Hip bracing* 40x40x4.
- Horizontal 70x70x7;
- *Redundant* 60x60x6
- *Plan bracing* 60x60x6.



**Gambar 9: Face, Plan bracing, dan Hip bracing Panel 17-21**

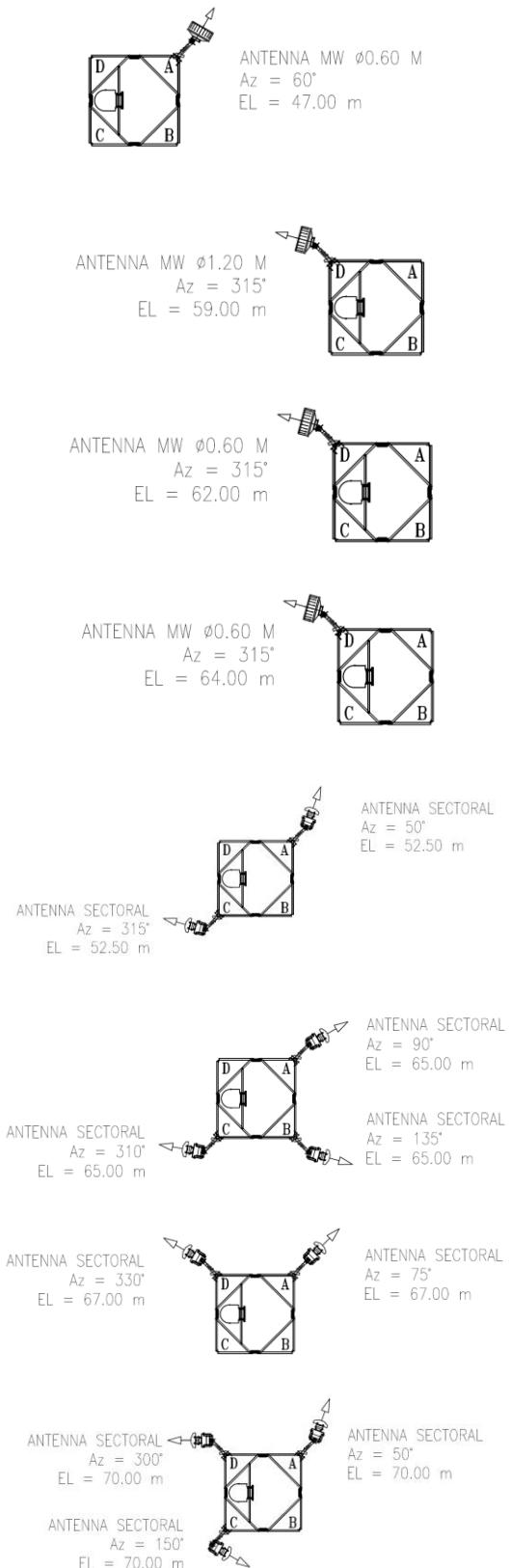
#### **Antenna Existing dan Proposed**

Daftar *antenna existing* terdapat pada tabel berikut:

**Tabel 1: Antenna Existing**

ANTENNA PLACEMENT EXISTING						
NO	ANTENNA	DIMENSI ( H x W x D) (mm)	ELEVASI (m.Agl)	AZYMUTH(--°)	MERK	LEG
1	Antenna Microwave	Ø600	47.00	60	-	A
2	Antenna Microwave	Ø1200	59.00	315	COMMSCOPE	D
3	Antenna Microwave	Ø600	62.00	315	-	D
4	Antenna Microwave	Ø600	64.00	315	ERICSSON	D
5	Antenna Sectoral	2769x429x196	70.00	50	HUAWEI	A
6	Antenna Sectoral	1936x298x149	70.00	150	HUAWEI	C
7	Antenna Sectoral	1936x298x149	70.00	300	HUAWEI	D
8	Antenna Sectoral	1509x399x196	65.00	90	HUAWEI	A
9	Antenna Sectoral	2580x262x116	65.00	135	NO LABEL	B
10	Antenna Sectoral	2580x262x116	65.00	310	NO LABEL	C
11	Antenna Sectoral	2769x429x196	52.50	50	HUAWEI	A
12	Antenna Sectoral	2580x262x116	52.50	315	NO LABEL	C
13	Antenna Sectoral	2580x262x116	67.00	75	NO LABEL	A
14	Antenna Sectoral	2580x262x116	67.00	330	NO LABEL	D
15	RRU	480x356x140	52.50	60	HUAWEI	TRAY
16	RRU	400x300x100	69.50	50	HUAWEI	A
17	RRU	400x300x150	69.50	50	HUAWEI	A
18	RRU	400x300x150	69.50	150	HUAWEI	C
18	RRU	400x300x150	69.50	300	HUAWEI	D
19	RRU	400x356x140	62.00	90	HUAWEI	A
20	RRU	400x300x100	64.50	135	HUAWEI	B
21	RRU	400x300x100	64.50	310	HUAWEI	C
22	RRU	400x300x100	49.50	50	HUAWEI	A
23	RRU	400x300x100	49.50	315	HUAWEI	C

Konfigurasi permodelan antenna pada *tower existing* seperti dibawah ini:



**Gambar 10:** Tipe Konfigurasi Antenna Existing dengan Elevasinya

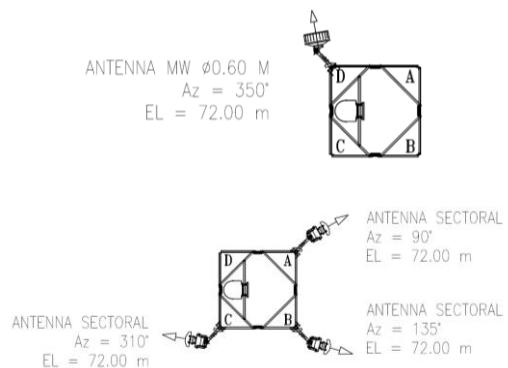
Daftar *antenna proposed* terdapat pada tabel berikut:

**Tabel 2: Antenna Proposed**

ANTENNA PLACEMENT PROPOSED						
NO	ANTENNA	DIMENSI ( H x W x D ) (mm)	ELEVASI (m.Agl)	AZYMUTH(-°)	MERK	LEG
1	Antenna Microwave	Ø600	72.00	350	-	D
2	Antenna Sectoral	2769x429x196	HUAWEI	90	HUAWEI	A
3	Antenna Sectoral	2769x429x196	HUAWEI	135	HUAWEI	B
4	Antenna Sectoral	2769x429x196	HUAWEI	310	HUAWEI	C
5	RRU	400x300x100	HUAWEI	90	HUAWEI	-
6	RRU	400x300x100	HUAWEI	150	HUAWEI	-
7	RRU	400x300x100	HUAWEI	300	HUAWEI	-

Konfigurasi permodelan *antenna proposed*

seperti dibawah ini:



**Gambar 11: Tipe Konfigurasi Antenna Proposed dengan Elevasinya**

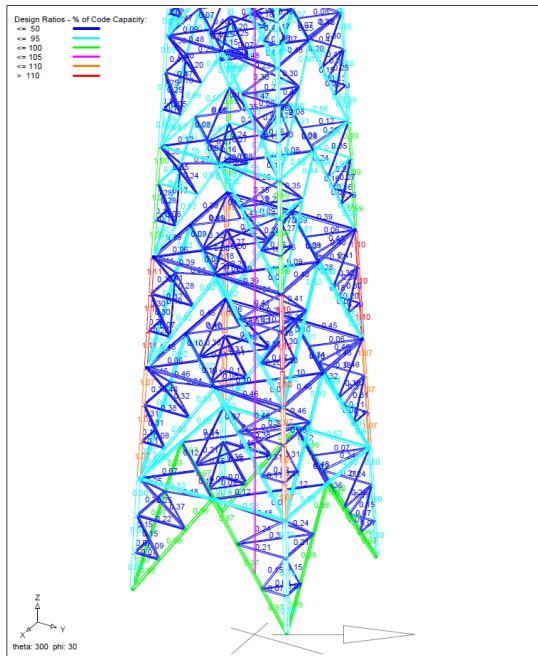
### Hasil Analisa

**Tabel 3: Tabel Summary Existing**

TOWER ANALYSIS SUMMARY REVIEW TOWER SST 72 M SITE NAME/ID : BORU / M00-NT-101144								
Tower Data								
Tower Height : 72 M			Base Level : 0 M					
1. Tower Condition existing antennas								
Antennas Loading								
Antenna Type	Quantity	Dimension (mm)	Elevation (m) magl	Direction (degrees)	Remark			
<i>Existing</i>								
Microwave	1	ø 0.6	47.0	60	-			
Microwave	1	ø 1.2	59.0	315	COMMSCOPE			
Microwave	1	ø 0.6	62.0	315	-			
Microwave	1	ø 0.6	64.0	315	ERICSSON			
Sector	1	2.769 X 0.429 X 0.196	70.0	50	HUAWEI			
Sector	2	1.936 X 0.298 X 0.149	70.0	150/300	HUAWEI			
Sector	1	1.509 X 0.399 X 0.196	70.0	90	HUAWEI			
Sector	2	2.580 X 0.262 X 0.116	65.0	135/310	NO LABEL			
Sector	1	2.769 X 0.429 X 0.196	52.5	50	HUAWEI			
Sector	1	2.580 X 0.262 X 0.116	52.5	315	NO LABEL			
Sector	2	2.580 X 0.262 X 0.116	67.0	75/330	NO LABEL			
RRU	1	0.480 X 0.365 X 0.140	52.5	60	HUAWEI			
RRU	4	0.400 X 0.300 X 0.100	69.5	50 50 150 300	HUAWEI			
RRU	1	0.400 X 0.356 X 0.140	62.0	90	HUAWEI			
RRU	2	0.400 X 0.300 X 0.100	64.5	135 310	HUAWEI			
RRU	2	0.400 X 0.300 X 0.100	49.5	50 315	HUAWEI			
Design Output Summary								
MAXIMUM STRESS RATIO (Wind Speed 120 km/hours)								
Description	Output	Comparison	Limitation	Note				
Leg	0.999	<	1	OK!				
Bracing	0.898	<	1	OK!				
Horizontal	0.725	<	1	OK!				
Redundant	0.551	<	1	OK!				
TWIST, SWAY & DISPLACEMENT (Wind Speed 84 km/hours)								
Ancillary Rotation								
Maximum Rotation - X (Deg)	0.1899	<	0.5	OK!				
Maximum Rotation - Y (Deg)	0.1864	<	0.5	OK!				
Maximum Rotation - Z (Deg)	0.0123	<	0.5	OK!				
Maximum Sway (Deg)	0.1899	<	0.5	OK!				
Maximum Twist (Deg)	0.0123	<	0.5	OK!				
Maximum Displacement (m)	0.1281	<	0.36 =(h/200)	OK!				
Maximum Reaction	Tension		Compression					
	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)			
	-19.650	-15.310	-263.214	-18.530	22.449	325.128		
ANCHOR CONNECTION								
Description	Output	Comparison	Allowable stress	Note				
Anchor stress ratio	0.0377	<	1.000	OK!				
BASEPLATE								
Description	Output	Comparison	Existing	Note				
Baseplate stress ratio	0.2236	<	1.000	OK!				
Conclusion								
From structural analysis result above, the tower is strong enough and no need strengthening								

**Tabel 4: Tabel Summary Proposed**

TOWER ANALYSIS SUMMARY REVIEW TOWER SST 72 M SITE NAME/ID : BORU / M00-NT-101144									
Tower Data									
Tower Height : 72 M		Base Level : 0 M							
2. Tower Condition proposed antennas									
Antennas Loading									
Antenna Type	Quantity	Dimension (mm)	Elevation (m) magi	Direction (degrees)	Remark				
<i>Existing</i>									
Microwave	1	ø 0.6	47.0	60	-				
Microwave	1	ø 1.2	59.0	315	COMMSCOPE				
Microwave	1	ø 0.6	62.0	315	-				
Microwave	1	ø 0.6	64.0	315	ERICSSON				
Sector	1	2.769 X 0.429 X 0.196	70.0	50	HUAWEI				
Sector	2	1.936 X 0.298 X 0.149	70.0	150/300	HUAWEI				
Sector	1	1.509 X 0.399 X 0.196	70.0	90	HUAWEI				
Sector	2	2.580 X 0.262 X 0.116	65.0	135/310	NO LABEL				
Sector	1	2.769 X 0.429 X 0.196	52.5	50	HUAWEI				
Sector	1	2.580 X 0.262 X 0.116	52.5	315	NO LABEL				
Sector	2	2.580 X 0.262 X 0.116	67.0	75/330	NO LABEL				
RRU	1	0.480 X 0.365 X 0.140	52.5	60	HUAWEI				
RRU	4	0.400 X 0.300 X 0.100	69.5	50 50 150 300	HUAWEI				
RRU	1	0.400 X 0.356 X 0.140	62.0	90	HUAWEI				
RRU	2	0.400 X 0.300 X 0.100	64.5	135 310	HUAWEI				
RRU	2	0.400 X 0.300 X 0.100	49.5	50 315	HUAWEI				
<i>Proposed</i>									
Microwave	1	ø 0.6	72.0	350	H3I				
Sector	3	2.769 X 0.429 X 0.196	72.0	90 135 310	H3I				
RRU	2	400X300X100	72.0	90 150 300	H3I				
Design Output Summary									
MAXIMUM STRESS RATIO (Wind Speed 120 km/hours)									
Description	Output	Comparison	Limitation	Note					
Leg	1.212	>	1	NOT OK!					
Bracing	0.977	<	1	OK!					
Horizontal	0.760	<	1	OK!					
Redundant	0.616	<	1	OK!					
TWIST, SWAY & DISPLACEMENT (Wind Speed 84 km/hours)									
Ancillary Rotation									
Maximum Rotation - X (Deg)	0.2303	<	0.5	OK!					
Maximum Rotation - Y (Deg)	0.2301	<	0.5	OK!					
Maximum Rotation - Z (Deg)	0.0130	<	0.5	OK!					
Maximum Sway (Deg)	0.2303	<	0.5	OK!					
Maximum Twist (Deg)	0.0130	<	0.5	OK!					
Maximum Displacement (m)	0.1502	<	0.36 =(h/200)	OK!					
Maximum Reaction	Tension			Compression					
	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)				
	-20.350	-15.949	-273.654	-23.336	-19.182				
ANCHOR CONNECTION									
Description	Output	Comparison	Allowable stress	Note					
Anchor stress ratio (Mpa)	0.0407	<	1.000	OK!					
BASEPLATE									
Description	Output	Comparison	Existing	Note					
Baseplate stress ratio (cm)	0.2325	<	1.000	OK!					
Conclusion									
From structural analysis result above after addition some antennas, the tower is not strong enough withstand the proposed and need strengthening									



**Gambar 11: Stress Ratio Proposed**

Berdasarkan hasil analisis, maka bisa disimpulkan bahwa kekuatan profil penampang dari beberapa bagian struktur khususnya kaki *tower* perlu diperkuat. Pada gambar, terdapat beberapa profil *tower* melebihi standar kontrol rasio tegangan pada TIA/EIA-222-G, dimana standar *Stress Ratio*  $< 1$ .

Dari hasil output analisa program MS *Tower* V.6 terdapat beberapa bagian dari struktur rangka menara/*tower* dengan *stress ratio*  $> 1$ , yaitu pada batang:

#### **Tekan/compression**

- Bagian *LEG* panel 18
  - Member 1702 – 1704: 1,00
  - Member 1711 – 1713: 0,99
  - Member 1731 – 1733: 0,99
  - Member 1751 – 1753: 0,99
- Bagian *LEG* panel 19
  - Member 1802 – 1804: 1,11

Member 1811 – 1813: 1,10

Member 1831 – 1833: 1,10

Member 1851 – 1853: 1,10

➤ Bagian *LEG* panel 20

Member 1902 – 1904: 1,07

Member 1911 – 1913: 1,07

Member 1931 – 1933: 1,07

Member 1951 – 1953: 1,06

➤ Bagian *LEG* panel 21

Member 2002 – 2004: 0,80

Member 2011 – 2013: 0,79

Member 2031 – 2033: 0,80

Member 2051 – 2053: 0,79

Untuk memenuhi standar pada TIA/EIA-222-G, maka akan ditambahkan perkuatan pada *Leg/kaki tower* dengan memberikan tambahan profil batang pada bagian *leg* panel 18 s/d panel 21. Berdasarkan uji coba kekuatan menggunakan MS *Tower*, profil yang akan digunakan untuk perkuatan *tower* adalah profil L60x60x6.

**Tabel 5: Tabel Summary Strengthening**

TOWER ANALYSIS SUMMARY REVIEW TOWER SST 72 M SITE NAME/ID : BORU / M00-NT-101144								
Tower Data								
Tower Height : 72 M			Base Level : 0 M					
3. Tower Condition after strengthening								
Antennas Loading								
Antenna Type	Quantity	Dimension (mm)	Elevation (m) magi	Direction (degrees)	Remark			
<i>Proposed after dismantled</i>								
Microwave	1	ø 0.6	47.0	60	-			
Microwave	1	ø 1.2	59.0	315	COMMSCOPE			
Microwave	1	ø 0.6	62.0	315	-			
Microwave	1	ø 0.6	64.0	315	ERICSSON			
Sector	1	2.769 X 0.429 X 0.196	70.0	50	HUAWEI			
Sector	2	1.936 X 0.298 X 0.149	70.0	150/300	HUAWEI			
Sector	1	1.509 X 0.399 X 0.196	70.0	90	HUAWEI			
Sector	2	2.580 X 0.262 X 0.116	65.0	135/310	NO LABEL			
Sector	1	2.769 X 0.429 X 0.196	52.5	50	HUAWEI			
Sector	1	2.580 X 0.262 X 0.116	52.5	315	NO LABEL			
Sector	2	2.580 X 0.262 X 0.116	67.0	75/330	NO LABEL			
RRU	1	0.480 X 0.365 X 0.140	52.5	60	HUAWEI			
RRU	4	0.400 X 0.300 X 0.100	69.5	50 50 150 300	HUAWEI			
RRU	1	0.400 X 0.356 X 0.140	62.0	90	HUAWEI			
RRU	2	0.400 X 0.300 X 0.100	64.5	135 310	HUAWEI			
RRU	2	0.400 X 0.300 X 0.100	49.5	50 315	HUAWEI			
Microwave	1	ø 0.6	72.0	350	H3I			
Sector	3	2.769 X 0.429 X 0.196	72.0	90 135 310	H3I			
RRU	2	400X300X100	72.0	90 150 300	H3I			
Design Output Summary								
MAXIMUM STRESS RATIO (Wind Speed 120 km/hours)								
Description	Output	Comparison	Limitation	Note				
Leg	0.938	<	1	OK!				
Bracing	0.899	<	1	OK!				
Horizontal	0.761	<	1	OK!				
Redundant	0.779	<	1	OK!				
TWIST, SWAY & DISPLACEMENT (Wind Speed 84 km/hours)								
Ancillary Rotation								
Maximum Rotation - X (Deg)	0.2205	<	0.5	OK!				
Maximum Rotation - Y (Deg)	0.2203	<	0.5	OK!				
Maximum Rotation - Z (Deg)	0.0128	<	0.5	OK!				
Maximum Sway (Deg)	0.2205	<	0.5	OK!				
Maximum Twist (Deg)	0.0128	<	0.5	OK!				
Maximum Displacement (m)	0.1402	<	0.255 =(h/200)	OK!				
Maximum Reaction	Tension			Compression				
	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)			
	0.000	0.000	-348.219	0.000	0.000			
422.547								
Description	Output	Comparison	Allowable stress	Note				
Anchor stress ratio	0.4094	<	1.000	OK!				
BASEPLATE								
Description	Output	Comparison	Existing	Note				
Baseplate stress ratio	0.1562	<	1.000	OK!				
Conclusion								
From structural analysis result above, the tower is strong enough after strengthening								

**Tabel 6: Tabel Summary Report**

Item	Existing	Proposed	Strengthened
Stress Ratio	0.9990	1.2120	0.9380
Displacement (m)	0.1281	0.1502	0.1402
Twist (deg)	0.0123	0.0130	0.0128
Sway (deg)	0.1899	0.2303	0.2205
Anchor Bolt	0.3881	0.4744	0.5190
Base Plate	0.3682	0.4072	0.4257

## KESIMPULAN

Dari hasil analisa pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis *tower existing* dengan tinggi 72 m yang diberikan tambahan 1 Antenna MW diameter 0.6 dengan berat 18.5 kg, 3 Antenna Sectoral dengan dimensi masing-masing 2679x429x196 seberat 45.6 kg, dan 2 Antenna RRU dengan masing-masing dimensi 400x300x100 seberat 20 kg, *ratio kekuatan struktur* sudah melebihi kondisi batas maksimal maka diperlukan perkuatan untuk *tower* tersebut.
2. Dari hasil analisis yang mengacu pada “*Structural Standards for Steel Antenna Tower and Antenna Supporting Structure*” [TIA/EIA-222-G], member yang memiliki kontrol melebihi batas *stress ratio* <1 terdapat pada bagian *Leg/kaki tower* dari Panel 18 sampai Panel 21 dengan nilai 1.2120.
3. Penambahan kekuatan struktur *tower* dilakukan dengan menambah batang profil pada bagian member batang yang stabilitas kontrolnya melebihi batas standar. Perkuatan dilakukan dengan pemasangan batang profil L60x60x6 pada bagian luar kaki *tower* dan menyambungnya menggunakan plat dan baut. Dari hasil perkuatan pada bagian kaki *tower* didapatkan nilai *stress ratio* < 1 dengan nilai *stress ratio* < 1 dengan nilai 0,938 dan nilai *sway* < 0,5 yaitu

senilai 0,2303, maka *tower* tersebut sudah memenuhi syarat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Johansyah And A. T. Munthe, “Analysis Tower Bts Sst 4 Leg Angular 42m Due To Extend And Additional Antenna Load: Case Study Of The Semayap Kotabaru Location,” In *Journal Of World Conference (Jwc)*, 2021, Pp. 25–31.
- [2] D. Radu And A. Feier, “Steel Antenna Towers—From Designing To Manufacturing Optimization,” In *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, Iop Publishing, 2018, P. 012047.
- [3] R. A. Saputra, “Perbandingan Tumpuan Jepit Dan Sendi Pada Struktur Halte Bus Kawasan X Di Jakarta Selatan Ditinjau Dari Segi Efisiensi Material Dan Biaya,” *Jurnal Tera*, Vol. 2, No. 2, Pp. 95–109, 2022.
- [4] M. Seran, “Analisa Struktur Tower Bts Berdasarkan Hasil Re-Verticality Menggunakan Staad Pro,” *Eureka: Jurnal Penelitian Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, Vol. 1, No. 1, 2017.
- [5] M. I. Triana, “Studi Perbandingan Performa Tower Sst Kaki Tiga Dengan Tower Sst Kaki Empat Sebagai Pilihan Dalam Perencanaan Tower Bersama,” *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut*

- Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2010.
- [6] S. Fadila, “Analisa Desain Struktur Dan Pondasi Menara Pemancar Tipe ‘Self Supporting Tower’ Di Kota Palembang,” *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, Vol. 2, No. 4, Pp. 689–691, 2014.
- [7] M. Mahfudz And W. G. Prakoso, “Analisa Konvergensi Kelayakan Penetapan Tarif Retribusi Menara Telekomunikasi Dalam Tinjauan Spasial Kota Bogor,” *Jurnal Teknik/Majalah Ilmiah Fakultas Teknik Unpak*, Vol. 20, No. 2, 2019.
- [8] A. Muhtarom, Y. Idris, And M. Limas, “Analisis Kekuatan Menara Bts Tipe Sst Kaki Empat Terhadap Penambahan Antena Parabola (Studi Kasus Menara Bts Di Kabupaten Ogan Ilir),” *Simpposium Ii Uniid 2017*, Vol. 2, No. 1, Pp. 381–387, 2017.