

## Pengaruh Kondisi Lapangan terhadap Perancangan Menara Komunikasi Tipe Standar SST E-60

Sumargo\*) Syamsul Basri\*), Irwan\*\*)

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung  
Mahasiswa Diploma IV Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung

### *Abstract*

*In the recent years, the communication sector has made a progressive development. The development is not only in the communication technology, but also its supporting equipment. Communication tower is among the supporting equipments as a transmitter which is designed using steel material.*

*At the design stage, companies that design communication tower, have one or few models that has been used. Among the communication towers that have been used is communication tower of SST (Self Supporting Tower) E-60 type with 60 m height. The preliminary model is designed with certain field conditions, and came into a question, what will occur if communication tower be built in different field conditions?.*

*In this Steady, analysis is conducted to SST E-60, if it can be built in all earthquake zone in Indonesia, can be put in oblique land or with different elevation, how big differential settlement is allowed to happen and how many extra antennas can be put on the tower structure. The result shows that communication tower of SST E-60 type can be used in all earthquake zone in Indonesia, can be built with different elevation, has a differential settlement of 2.5 cm, and can be put extra antenna as much as 26 antennas.*

**Keywords:** *Communication tower, SST E-60, self supporting tower, wilayah gempa (earth zone), tanah miring (oblique land), differential settlement, antenna.*

### 1. Pendahuluan

Dewasa ini menara komunikasi semakin banyak digunakan seiring dengan tuntutan kebutuhan masyarakat, sehingga menara komunikasi tidak hanya didirikan atau dibangun di dalam perkotaan saja akan tetapi juga didirikan di pedesaan sampai pelosok hutan bahkan sampai di atas bukit atau gunung.

Didasarkan pertanyaan masyarakat awam tentang amankah menara komunikasi dibangun atau didirikan dekat tempat tinggal mereka dan sampai berapa skala richter sebuah menara masih dapat berdiri atau bertahan?, juga keadaan di lapangan dimana penggunaan satu model menara komunikasi yang dibangun di semua wilayah gempa di Indonesia. Model awal ini dirancang dengan kondisi lapangan tertentu. Dari sini,

muncul sebuah pertanyaan, Bagaimana jika suatu model menara komunikasi ini dibangun dengan kondisi lapangan yang berbeda-beda?

Dalam studi ini, dilakukan analisis apakah menara komunikasi dapat dibangun di seluruh wilayah gempa yang ada di Indonesia, apakah dapat ditempatkan untuk kondisi tanah miring atau tanah yang memiliki elevasi yang berbeda, berapa besar *differential settlement* yang masih diperbolehkan terjadi, dan berapa banyak antenna tambahan yang masih dapat dipasang pada struktur menara.

Salah satu model menara komunikasi yang ada adalah jenis SST E-60, yaitu menara tipe self supporting tower dengan tinggi menara 60 meter.

Tujuan dari studi ini adalah memberikan penjelasan kepada masyarakat mengenai perilaku struktur menara komunikasi terhadap kondisi lapangan dan perlakuan yang diberikan terhadapnya. Secararinci tujuan dari studi ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh wilayah gempa, jika perhitungan struktur dilakukan pada wilayah gempa yang berbeda.
2. Untuk mengetahui apakah diperbolehkan terjadi perbedaan elevasi tanah landasan jika pada menara Komunikasi tipe standar SST E-60.
3. Untuk mengetahui berapa besar beda settlement yang masih diperbolehkan terjadi pada struktur menara komunikasi tipe standar SST E-60.
4. Untuk mengetahui berapa buah antena yang masih dapat ditambahkan pada menara komunikasi tipe standar SST E-60.

Ruang lingkup yang akan dibahas pada studi ini adalah pengaruh kondisi lapangan terhadap struktur atas menara komunikasi dan tidak akan membahas mengenai struktur pondasi dan struktur tanahnya, selain itu analisa struktur atas dimodelkan sebagai rangka batang ruang (*space frame*) menggunakan *software* SAP 2000 versi 8.08, dan didasarkan pada metoda LRFD (*Load and Resilance Factor Design*).

Metodologi yang dipakai dalam Studi ini adalah studi literatur dan juga studi lapangan, adapun teknis pengunrpulan data yaitu mengumpulkan literatur yang berhubungan dengan perancangan menara komunikasi yang menggunakan material baja, melahukan diskusi dengan pihak yang berhubungan dengan perancangan menara komunikasi dan pelaksanaannya di lapangan.

Teknik penulisan yang digunakan dalam penyusunan studi ini, adalah teknik deskriptif, yaitu dengan cara menguraikan, menggambarkan dan menganalisa aspek-aspek yang terkait. Dalam suatu perancangan sebuah struktur, perancang harus mempelajari bagaimana mengatur dan mendimensi elemen struktur sehingga dapat dilaksanakan dengan kekuatan yang memadai dan ekonomis. Secara umum, perancang harus memperhatikan keamanan, sifat praktis pelaksana-

an dan biaya

Dalam perancangan struktur baja, banyak terdapat metode perhitungan yang digunakan oleh para perancang. Salah satu metode yang sekarang digunakan di Indonesia adalah perancangan dengan mengacu pada peraturan SNI 03-1729-2002.

Dalam beberapa tahun belakang ini, analisa struktur suatu bangunan telah mengalami perkembangan dengan menggunakan program komputer sebagai alat hitung yang memiliki kepekaan, ketelitian dan kecepatan yang tinggi dalam memproses suatu data dan memberikan hasil yang lebih akurat, mendetail serta dapat mensimulasikan data dengan tepat. Salah satunya yaitu SAP (Structural Analysis Program) 2000. Dalam Studi ini akan digunakan software SAP 2000 versi 8.08 untuk menganalisa struktur menara komunikasi.

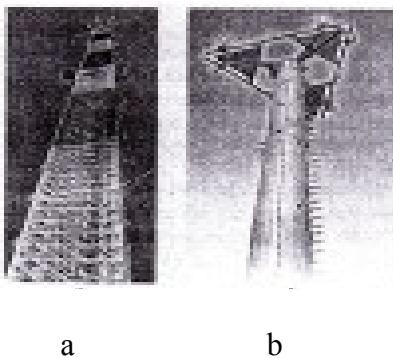
Menara komunikasi yang digunakan atau didirikan secara umum dapat digolongkan ke dalam tiga jenis, dan yang paling banyak digunakan oleh perusahaan yang bergerak dalam bidang komunikasi adalah jenis self-supporting tower. Menara jenis ini adalah menara yang memiliki pola batang yang disusun dan disambung sehingga membentuk rangka yang berdiri sendiri tanpa adanya sokongan lainnya. Tipe-tipe menara jenis self-supporting tower, adalah didasarkan pada ketinggian dari menara dan juga tipe atau properti dari rangka yang membentuknya, contoh tipe menara jenis self-stpporting tower diantaranya SST DH-20 yaitu menaro yang memiliki ketinggian 20 meter, SST DHs-20 yaitu menara yang memiliki ketinggian 20 meter dan SST Ts-70 yaitu menara yang memilki ketinggian 70 meter.

Perencana biasanya rnemiliki kode-kode tertentu yang digunakan untuk membedakan satu tipe dengan tipe lainnya, sebagai contoh SST tipe DII-20 dengan tipe DHs-20 adalah menara komunikasi yang memiliki ketinggian menara yang sama yaitu 20 meter, akan tetapi memiliki penampang profil yang berbeda, rnisalnya untuk batang vertikal dengan posisi yang sama, tipe DH- 20 menggunakan profil L.80.80'8 dan tipe

DFIs-20 menggunakan profil L.120.120.12. Konsultan perencana dalam mengambil perbedaan penggunaan profil penampang ini biasanya sudah memiliki standar tertentu seperti rencana pembebanan atau jumlah antenna yang akan diberikan atau dipasang. Menara komunikasi tipe SST E-60 dalam studi ini adalah salah satu tipe menara jenis *self-supporting tower* yang memiliki ketinggian 60 meter.

Jenis lainnya dari menara komunikasi adalah jenis *gayed tower* dan *monopole (free-standing)*. Menara jenis *guyed tower* (Gambar 1 (a)) adalah jenis menara komunikasi yang disokong dengan kabel-kabel yang diangkurkan pada landasan atas tanah. Menara ini juga memiliki bentuk seperti menara jenis *self-supporting tower* yang memiliki pola batang yang menyusunnya, akan tetapi menara jenis *gayed tower* memiliki dimensi batang yang lebih kecil dari dimensi batang menara jenis *supporting tower*.

Menara jenis *monopole (free-standing)* (Gambar I (b)) adalah menara yang hanya terdiri dari satu batang atau satu tiang yang didirikan langsung pada tanah seperti batang yang langsung ditancapkan di atas tanah, menara jenis ini biasanya memiliki ketinggian atas elevasi tiang yang tidak terlalu tinggi.



Gambar I (a) Guyed Tower (b) Monopole

## 2. Fundamental

### Pembebanan menara? kombinasi pembebanan komunikasi

Berdasarkan beban-beban yang ada, SNI 03-

1729-02 memberikan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

$$1,4 D \tag{1}$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \tag{2}$$

$$1,2 D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8 W) \tag{3}$$

$$1,2 D + 1,3 W + \gamma_L L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \tag{4}$$

$$1,2 D \pm 1,0 E + \gamma_L L \tag{5}$$

$$0,9 D \pm (1,3 W \text{ atau } 1,0 E) \tag{6}$$

dengan,

$$\gamma_L = 0,5 \text{ bila } L < 5 \text{ kPa} \text{ dan}$$

$$\gamma_L = 1 \text{ bila } L \geq 5 \text{ kPa}$$

### Beban Mati

Beban mati berupa beban sendiri (*self weight*), beban antenna, beban tangga dan bordes. Beban antenna adalah beban atau berat dari antenna yang dipasang. Secara umum antenna yang dipakai

untuk menara komunikasi ada 2 macam yaitu antenna jenis *solid* dan jenis *grid*, untuk uliuran diameter yang sama, antenna jenis *grid* memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan dengan antenna jenis *solid*. Antenna yang digunakan juga memiliki bentuk yang beragam seperti bentuk lingkaran dan persegi. Selain itu juga antenna memiliki ukuran diameter yang beragam, seperti 80 cm, 100 cm, 120 cm, 150 cm, 180 cm dan lainnya.

Untuk menara yang lebih tinggi dari 50 ft (15,24 m), harus tersedia tangga. Anak tangga mempunyai spasi minimum 12 in. (30 cm) dan maksimum 16 in. (41 cm), serta mempunyai lebar bersih tangga minimum yang diijinkan adalah 12 inch (30 cm) [EIA, p-23]. Untuk beban tangga, adalah berat dari material penyusun tangga.

Pada menara yang mempunyai ketinggian 100 ft (30,48 m) atau lebih, harus tersedia bordes bagi pekerja untuk istirahat, bordes biasanya sudah memiliki beban atau berat yang standar tergantung pada ukuran yang dipakai [EIA, p.23].

### Beban hidup

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban orang yang bekerja, yang terletak pada tangga dan bordes dengan besarnya beban hidup berdasarkan ketentuan yang telah ditentukan. Untuk tangga, beban hidup yang harus mampu ditahan yaitu beban terpusat sebesar 250 pounds (113,5 kg)[EIA, p-23]. Sedangkan bordes didesain untuk mampu menahan beban hidup sebesar 500 pounds (227 kg)[EIA, p-23].

### Beban angin

Beban angin yang bekerja terdiri dari beban angin yang bekerja pada struktur menara dan beban angin yang bekerja pada antena yang dipasang. Tekanan angin pada struktur dihitung dengan mengasumsikan tekanan angin bekerja pada titik simpul dan struktur menara, beban angin tergantung pada kecepatan angin yang bekerja pada wilayah atau tempat dimana menara komunikasi akan dibangun.

Beban angin yang digunakan adalah berdasarkan perhitungan yang menggunakan formula yang biasa digunakan oleh konsultan, yang menggunakan rumus dasar sebagai berikut [EIA, 1991],

$$F = qz \cdot Gh \cdot Cf \cdot Ae \quad (7)$$

tekanan angin pada struktur dihitung dengan menggunakan rumus seperti di bawah ini :

$$Gh = 0,65 + 0,6 / (h/10)^{(1/7)} \quad (8)$$

Untuk potongan penampang segiempat

$$Cf = 4 e^2 - 5,9e + 4 \quad (9)$$

Untuk potongan penampang segitiga

$$Cf = 3,4 e^2 - 4,7e + 3,4 \quad (10)$$

Selain beban angin yang bekerja pada struktur menara, terdapat juga beban angin bekerja pada antena, beban angin yang pada antena, biasanya tergantung dari jenis antena yang digunakan dan ukuran diameter antena. Antena jenis *grid* memiliki beban angin yang lebih kecil jika dibandingkan dengan antena jenis

*solid*. Beban angin yang diterima antena akan semakin besar jika diameter antena yang digunakan juga semakin besar. Produsen antena biasanya sudah mencantumkan beban angin maksimum yang dapat terjadi pada spesifikasi antena.

### Beban gempa

Beban gempa termasuk beban dinamik, adalah beban yang berubah-ubah menurut waktu (*time varying*), umumnya hanya bekerja pada rentang waktu tertentu. Meskipun beban ini bekerja hanya beberapa detik atau paing lama satu menit namun kerusakan yang ditimbulkan sangat parah.

Pada studi ini, beban gempa diberikan dengan analisis dinamik dengan metode Analisis Respon Spektra (*response spectrum analysis*) yaitu metode analisis dinamik yang meninjau respon maksimum struktur terhadap gempa, dengan memanfaatkan kajian respon maksimum struktur-struktur lain terhadap gempa yang sama. Respon spektra untuk percepatan akibat suatu gempa yang terjadi pada sejumlah struktur sejenis dengan periode getar bervariasi.

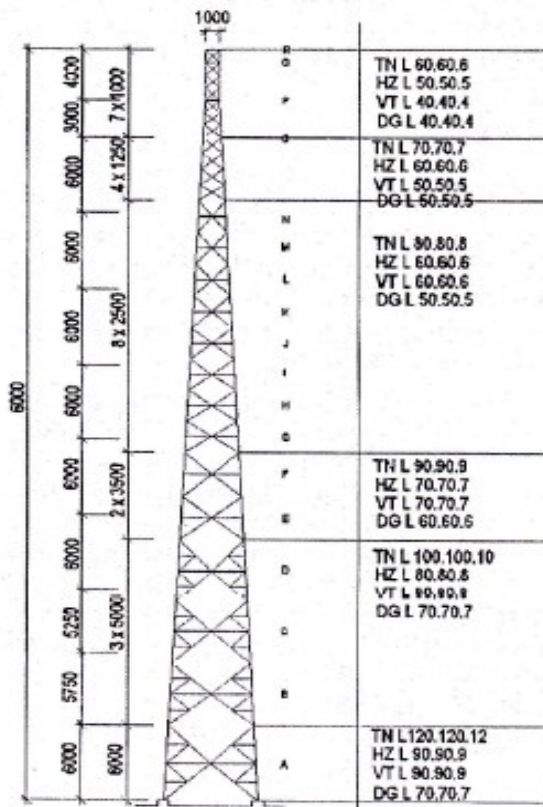
Desain respon spektra diperlukan untuk merencanakan struktur tahan gempa. Pada studi ini, digunakan respon spektra gempa rencana masing-masing wilayah gempa yang terdapat dalam SNI 03-1726-2002. Pembagian wilayah gempa dalam SNI 03-1726-2002 didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun.

## 3. Metodologi

### Analisis beban pada struktur menara komunikasi

Menara komunikasi tipe SST E-60 didesain dengan ketinggian 60,00 meter yang terdiri dari 2 bagian yaitu di bawah leher dengan tinggi sampai 56,00 meter dengan lebar-panjang bagian bawah 6,60 meter dan lebar-panjang bagian atas 1,00 meter, sedangkan tinggi leher sampai di atas

4,00 meter dengan panjang-lebar dari bagian bawah hingga atas yaitu 1,00 meter. Sistem perletakan tiang menara menggunakan sistem 4 tumpuan (Gambar 2).



Gambar 2. Dimensi menara SST E-60

### Beban mati

Beban mati berupa berat sendiri (*self weight*), beban antenna, beban tangga dan bordes. Beban sendiri (*self weight*) dari menara tergantung pada profil penampang yang digunakan dalam perancangan. Antena yang digunakan adalah jenis Grid dengan diameter 180 cm. Berdasarkan spesifikasi, antena jenis Grid dengan diameter 180 cm, memiliki berat: 303 Kg (termasuk aksesoris). Pada perancangan standar, antena yang digunakan sebanyak 2 buah yang dipasang pada leher menara. Beban mati tangga dihitung dengan cara terlebih dahulu menghitung penggunaan panjang material baja yang digunakan untuk tangga per 1 meter tinggi.

Untuk 1 m tinggi tangga dibutuhkan : 350 cm L .40 .40 .4

Berat propil L .40 .40 .4 = 2,42 kg/m

Berat tangga 3,5 x 2,42 = 8,47 Kg/m

Berat pengaman = 5 kg/m

Jumlah beban mati tangga

$$= 8,47 * 5 - 13,47 * 13,5 \text{ kglm.}$$

Berat bordes yang dipasang atau digunakan adalah 70 kg.

### Beban hidup

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban orang yang bekerja, yang terletak pada tangga dan bordes dengan besarnya beban hidup berdasarkan ketentuan yang telah ditentukan. Untuk tangga, beban hidup yang harus dapat ditahan yaitu beban sebesar 250 pounds (113,5 kg). Sedangkan bordes dirancang untuk mampu menahan beban hidup sebesar 500 pounds (227 kg).

### Beban angin

Beban angin yang bekerja terdiri dari beban angin yang bekerja pada struktur menara dan beban angin yang bekerja pada antenna yang dipasang pada bagian leher menara. Tekanan angin pada struktur dihitung dengan mengasumsikan tekanan angin bekerja pada titik simpul dari struktur menara. Kecepatan angin yang bekerja sebesar 60 km/jam. Selain beban angin yang bekerja pada struktur menara, terdapat juga beban angin yang bekerja pada antenna. Berdasarkan spesifikasi dari produsen menara, untuk antenna *Grid* dengan diameter 180 cm, beban angin maksimal yang bekerja adalah sebesar 127 Kg.

### Beban gempa

Digunakan metode analisis respons spektra, dimana untuk Indonesia, terdapat 6 respon spektra berdasarkan wilayah gempa.

### Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dibahas hasil analisis untuk Kondisi Arval, dan beberapa kasus yaitu alribat adanya Beda Elevasi, Beda Settlement, dan adanya Penambahan Antena. Analisis dilakukan dengan memeriksa rasio liapasitas dari elemen yang didasarkan pada LRFD-AISC 1994.

#### Kondisi awal

Hasil analisa dengan menggunakan software SAP 2000, didapat Rasio Kapasitas, dengan nilai maksimum sebesar 0,400 yang terdapat pada batang nomor 412, dengan kombinasi pembebanan  $1,2 D + 1,6 L$  (Gambar 3). Nilai ini juga terjadi untuk sernua wilayah gempa yang ada di Indonesia. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, pengaruh wilayah gempa sangat kecil terhadap struktur. sehingga tidak berpengaruh

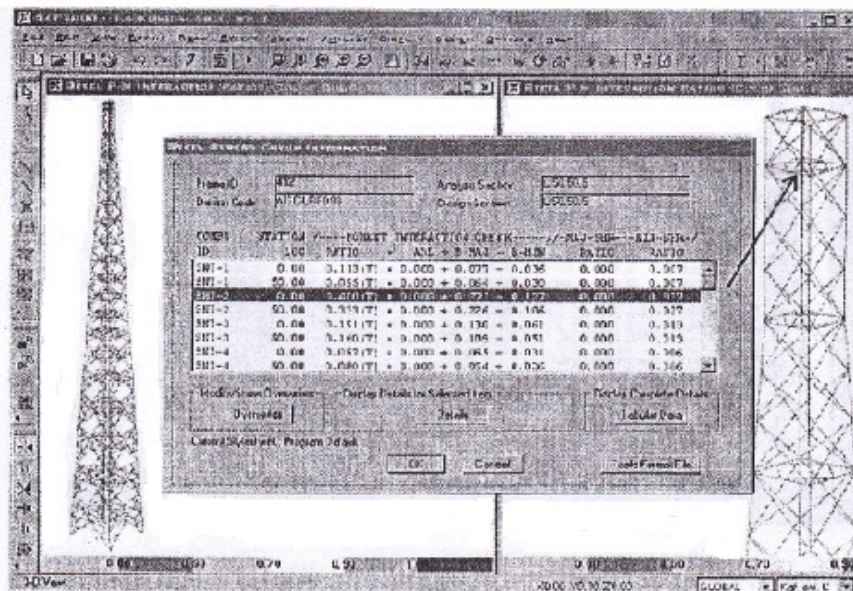
terhadap nilai rasio kapasitas maksimum yang terjadi. Wilayah gempa berpengaruh pada Rasio Kapasitas dengan kombinasi pembebanan yang memasukkan beban gempa seperti kombinasi pembebanan  $1,2 D + 1,0 E_y + 0,3 E_x + 0,5 L$ .

Jika melihat l{asio Kapasitas yang terjadi yang diakibatkan oleh kombinasi pembebanan yang memasukkan beban gempa, didapat Rasio Kapasitas maksimum adalah sebesar 0.19137 yang terdapat pada batang nomor 412 pada wilayah gempa 6 kombinasi dengan pembebanan Combo  $1,2D + 1,0 E_y + 0,3 E_x + 0,5 L$ .

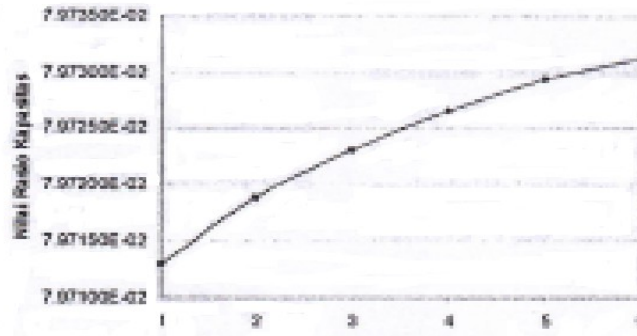
Pengaruh terbesar wilayah gempa terhadap Rasio Kapasitas, terjadi pada batang nomor 337 dengan kombinasi pembebanan  $1,2 D + 1,0 E_y + 0,3 E_x + 0,5 L$ , dapat dilihat pada Tabel I dan Gambar 4.

Tabel I. Perbandingan rasio kapasitas terhadap wilayah gempa pada batang nomor 337

|                 | Wilayah Gempa 1 | Wilayah Gempa 2 | Wilayah Gempa 3 | Wilayah Gempa 4 | Wilayah Gempa 5 | Wilayah Gempa 6 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Rasio Kapasitas | 7.971295E-02    | 7.971888E-02    | 7.972308E-02    | 7.972651E-02    | 7.972943E-02    | 7.973126E-02    |



Gambar 3. Rasio kapasitas maksimum pada batang nomor 12 untuk wilayah gempa 1



Wilayah Gempa

Gambar 4. Perbandingan rasio kapasitas terhadap wilayah gempa pada batang nomor 337

**Beda elevasi**

**Beda Elevasi 1 Tumpuan**

Hasil analisa dengan menggunakan *software* SAP 2000, didapat Rasio Kapasitas, dengan nilai maksimum sebesar 0,400 yang terdapat pada batang nomor 412, dengan kombinasi pembebanan 1,2 D + 1,6 L (Gambar 5). Nilai ini juga terjadi untuk semua wilayah gempa yang ada di Indonesia.

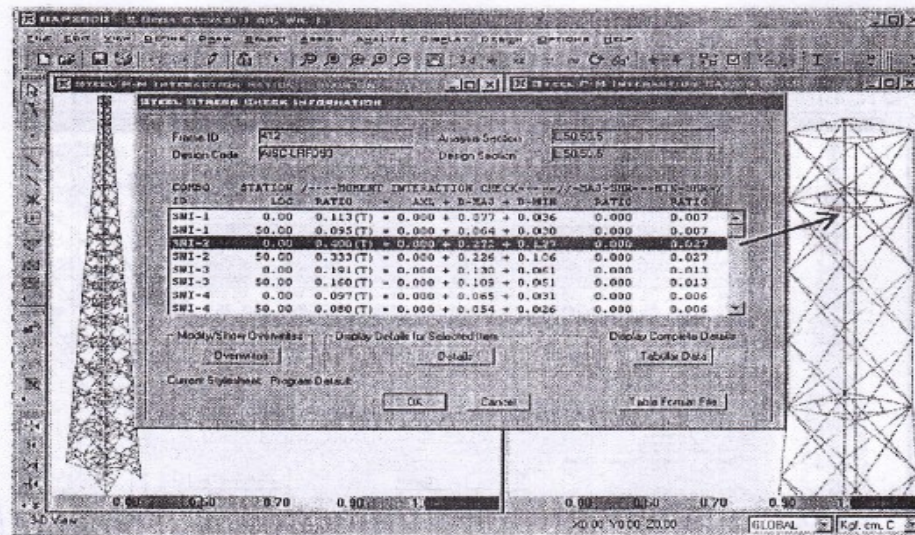
**Beda Elevasi 2 Tumpuan**

Hasil analisa dengan menggunakan *software* SAP 2000, didapat rasio Kapasitas, dengan nilai

maksimum sebesar 0,400 yang terdapat pada batang norm 412, dengan kombinasi pembebanan 1,2 D + 1,6 L. Nilai ini juga terjadi untuk semua wilayah gempa yang ada di Indonesia.

**Beda Dlevasi 3 Tumpuan**

Hasil analisa dengan menggunakan *software* SAP 2000, didapat Rasio Kapasitas, dengan nilai maksimum sebesar 0,400 yang terdapat pada batang nomor 472, dengan kombinasi pembebanan 1,2 D + 1,6 L. Nilai ini juga terjadi untuk semua wilayah gempa yang ada di Indonesia.



Gambar 5. Rasio kapasitas maksimum pada batang nomor 412 dengan kondisi beda elevasi I tumpuan untuk wilayah gempa 1

**Beda settlement**

**Beda Settlement pada 2 Buah Tumpuan**

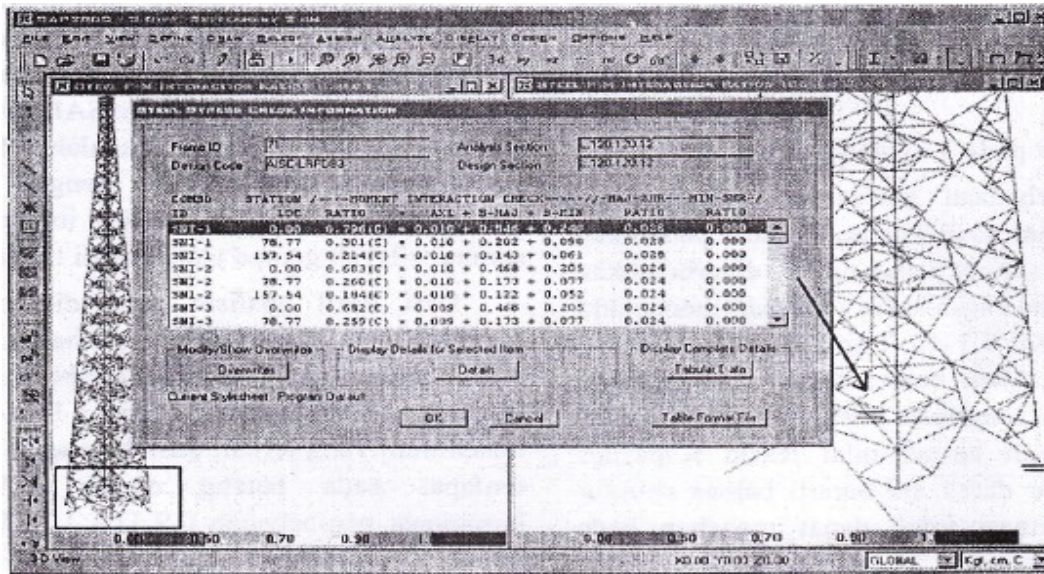
Beda *settlement* sebesar 2 cm.

Hasil analisa, untuk semua wilayah gempa Indonesia, didapat Rasio Kapasitas, dengan nilai maksimum sebesar 0,769 yang terdapat pada

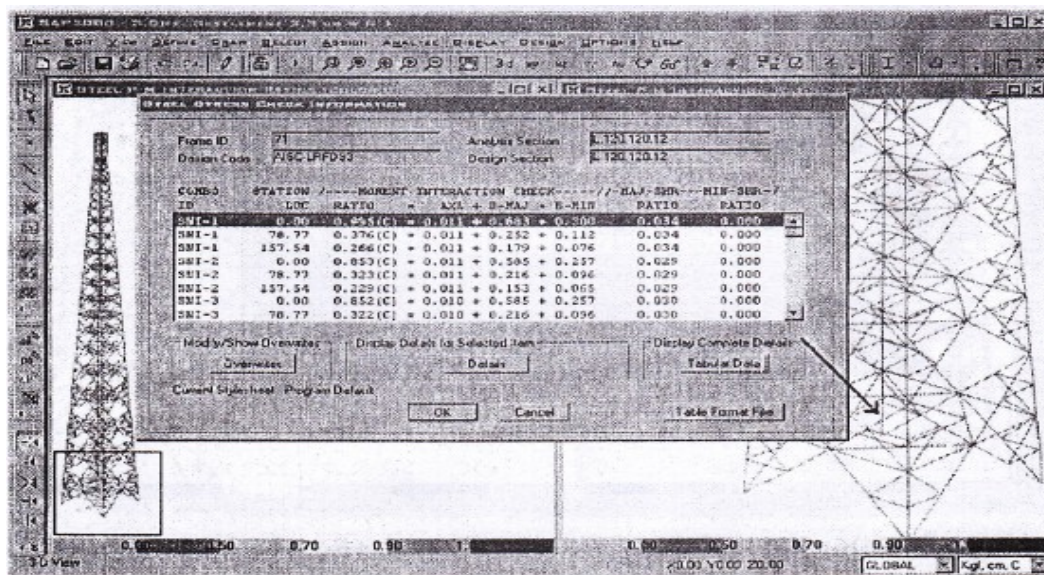
batang nomor 71, dengan kombinasi pembebanan 1,4 D (Gambar 6).

Beda *settlement* sebesar 2,5 cm.

Hasil analisa, untuk semua wilayah gempa Indonesia, didapat Rasio Kapasitas, dengan nilai maksimum sebesar 0,995 yang terdapat pada batang nomor 71, dengan kombinasi pembebanan 1,4 D (Gambar 7).



Gambar 6. Rasio kapasitas maksimum kondisi pada batang nomor 71 dengan beda *settlement* sebesar 2 cm pada 2 buah tumpuan untuk wilayah gempa 1



Gambar 7. Rasio kapasitas maksimum pada batang nomor 71 dengan kondisi beda *settlement* sebesar 2,5 cm pada 2 buah tumpuan untuk wilayah gempa 1



**Beda settlement sebesar 3 cm**

Hasil analisa, untuk semua wilayah gempa Indonesia, didapat Rasio Kapasitas, dengan nilai maksimum sebesar 0,995 yang terdapat pada batang nomor 71, dengan kombinasi pembebanan 1,4 D (Gambar 8).

Dari analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perbedaan Settlement maksimum yang masih diperbolehkan terjadi pada dua tumpuan menara komunikasi adalah sebesar 2,5 cm.

**Beda settlement pada 3 Buah Tumpuan**

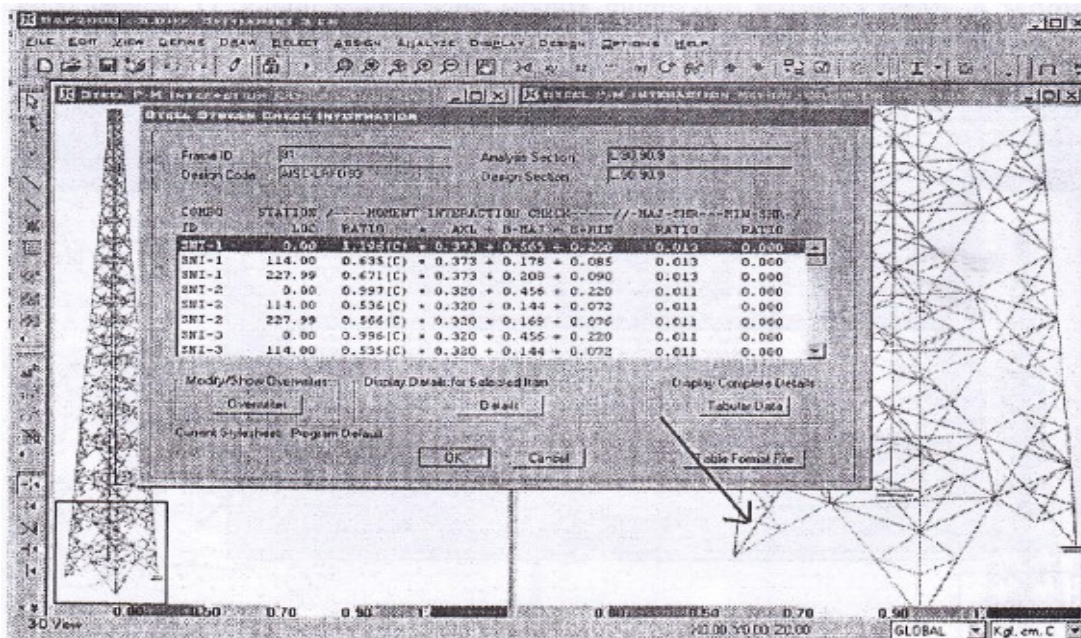
Untuk perbedaan settlement pada 3 buah tumpuan, didapat hasil analisa dimana perbedaan settlement maksimum yang masih diperbolehkan terjadi adalah masing-masing tumpuan mengalami settlement sebesar 0,5 cm, 1 cm, dan 1,5 cm. Hasil analisa menunjukkan bahwa tidak diperbolehkan terjadinya beda settlement melebihi nilai di atas, dikarenakan akan terjadi nilai Rasio Kapasitas yang lebih besar dari 1. Ini berarti bahwa struktur menara komunikasi tidak dapat menahan beda settlement yang terjadi.

Sebagai contoh digunakan perbedaan settlement 1 cm, 1 cm dan 1,5 cm. Hasil analisa menunjukkan terjadi Rasio Kapasitas yang melebihi 1 yaitu sebesar 2.292, yang terdapat pada batang nomor 342, dengan kombinasi pembebanan 1,4 D (Gambar 9).

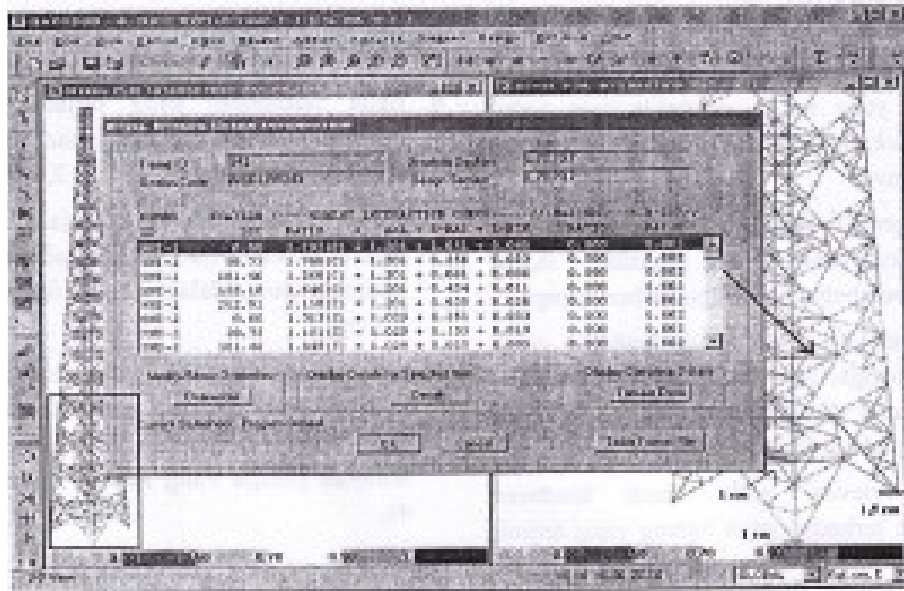
**Penambahan antenna**

Pada struktur menara komunikasi dengan kondisi awal, dipasang dua buah antenna yang dihitung pada perancangannya. Dari hasil analisis dengan menggunakan software SAP 2000, didapat Rasio Kapasitas maksimum adalah sebesar 0,400 pada batang nomor 412, dengan kombinasi pembebanan 1,2D + 1,6 L. Hasil ini berlaku untuk semua wilayah gempa yang ada di Indonesia.

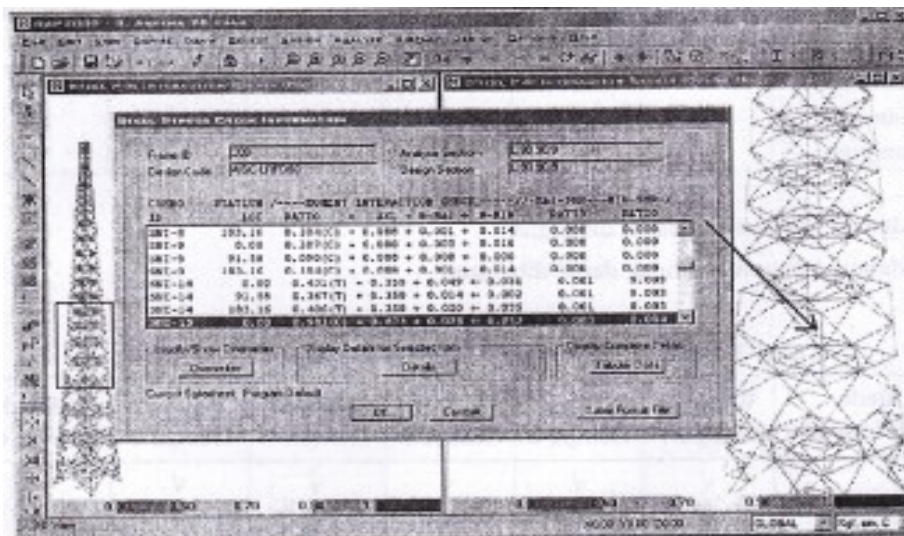
Dari hasil analisis yang dihitung dengan melihat Rasio Kapasitas yang dihasilkan, penambahan antenna yang masih diperbolehkan adalah berjumlah 26 buah antenna, dengan Rasio Kapasitas maksimum yang terjadi adalah sebesar 0,981 yang terdapat pada batang nomor 209, dengan kombinasi pembebanan 0,9 D - 1,3 W. (Gambar 10).



**Gambar 8.** Rasio kapasitas maksimum pada batang nomor 71 dengan kondisi beda settlement sebesar 3 cm pada 2 buah tumpuan untuk wilayah gempa 1



Gambar 9. Rasio kapasitas maksimum pada batang nomor 342 dengan kondisi beda *settlement* sebesar 1 cm; 1,5 cm untuk wilayah gempa 1



Gambar 10. Rasio kapasitas maksimum pada batang nomor 209 dengan akibat penambahan 26 buah antenna baru untuk wilayah gempa 1

### 5. Kesimpulan

1. Beban gempa tidak berpengaruh besar terhadap struktur menara komunikasi, sehingga keruntuhan struktur menara komunikasi bukan diakibatkan oleh beban gempa akan tetapi oleh beban mati dan beban hidupnya.
2. Penggunaan satu model yang sama untuk wilayah gempa yang berbeda yang ada di Indonesia, tidak berpengaruh besar terhadap struktur menara.
3. Rasio kapasitas maksimum yang terjadi adalah sama untuk semua wilayah gempa yang diakibatkan oleh kombinasi pembebanan 1,2 D + 1,6L.

4. Hasil perhitungan, menunjukkan sebagian batang memiliki nilai  $K/r > 200$ , ini berarti keruntuhan yang terjadi mungkin saja diakibatkan *buckling*, bukan akibat kapasitas penampangnya.
5. Wilayah gempa hanya berpengaruh pada besarnya gaya batang yang dihasilkan akibat kombinasi pembebanan dengan beban gempa.
6. Perbedaan elevasi pada tanah landasan tidak banyak berpengaruh terhadap struktur menara, sehingga dapat digunakan di seluruh wilayah gempa yang ada di Indonesia (Tabel 2).
7. Perbedaan elevasi pada tanah landasan berpengaruh terhadap gaya batang yang terjadi dengan perubahan tidak lebih dari 1 % dari gaya batang dengan elevasi yang sama.
8. Beda *settlement* yang terjadi yang masih diperbolehkan terjadi jika terjadi pada dua buah tumpuan yang adalah sebesar 2,5 cm (Tabel 3).
9. Beda *settlement* yang terjadi yang masih diperbolehkan terjadi jika terjadi pada tiga buah tumpuan yang adalah sebesar 0,5 cm, 1 cm dan 1,5 cm.
10. Antena tambahan yang masih dapat dipasangkan pada struktur menara komunikasi SST E-60 adalah berjumlah 26 buah untuk semua wilayah gempa yang ada di Indonesia (Tabel 4).

**Tabel 2.** Beda elevasi pada menara komunikasi SST E-60.

| Beda Elevasi | Wilayah Gempa 1 | Wilayah Gempa 2 | Wilayah Gempa 3 | Wilayah Gempa 4 | Wilayah Gempa 5 | Wilayah Gempa 6 |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 Tumpuan    | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 2 Tumpuan    | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 3 Tumpuan    | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |

✓ : komunikasi dapat dibangun

✗ : Menara komunikasi tidak dapat dibangun

**Tabel 3.** Beda *settlement* pada menara komunikasi SSTE-60.

| Beda Settlement | Wilayah Gempa 1 | Wilayah Gempa 2 | Wilayah Gempa 3 | Wilayah Gempa 4 | Wilayah Gempa 5 | Wilayah Gempa 6 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 2 cm            | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 2,5 cm          | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 3 cm            | ✗               | ✗               | ✗               | ✗               | ✗               | ✗               |

**Tabel 4.** Jumlah antena tambahan pada menara komunikasi SST E-60.

|                        | Wilayah Gempa 1 | Wilayah Gempa 2 | Wilayah Gempa 3 | Wilayah Gempa 4 | Wilayah Gempa 5 | Wilayah Gempa 6 |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Jumlah Antena Tambahan | 26              | 26              | 26              | 26              | 26              | 26              |

## Daftar Notasi

- D** adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.
- L** adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
- La** adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- H** adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
- W** adalah beban angin
- E** adalah beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 03-1726-1989, atau penggantinya.
- F** Gaya angin horizontal (N).
- Gft** Faktor hembusan angin ( $1.00 < G_h < 1.25$ )

- Cf** Koefisien gaya dari struktur.
- qz** Gaya tekanan kecepatan (Pa).
- Ae** daerah proyeksi efektif komponen struktur ( $m^2$ )
- h** Tinggi struktur total (m).
- e** Ratio kepadatan.

## Daftar Pustaka

- EIA (1991), *Structural Standards for Steel Antenna Tower and Antenna Supporting Structures*, Washington U.C.
- SAP 2000 Manuals-Steel Design Manual (2000)*, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*, Standar Nasional Indonesia SNI 03'1729-2002, Badan Standardisasi Nasional.