

# ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN AKIBAT PENAMBAHAN BEBAN TOWER TELEKOMUNIKASI

<sup>1</sup> Nuryanto  
<sup>2</sup>Ega Julia Fajarsari  
<sup>3</sup>Ratu Nurmalika  
<sup>4</sup>Edi Sukirman

<sup>1</sup>Universitas Gunadarma, nuryanto@staff.gunadarma.ac.id  
<sup>2</sup>Universitas Gunadarma, egajulia@staff.gunadarma.ac.id  
<sup>3</sup>Universitas Gunadarma, nurmalikaratu@staff.gunadarma.ac.id  
<sup>4</sup>Universitas Gunadarma, ediskm@staff.gunadarma.ac.id

## ABSTRAK

*Kemajuan teknologi informasi yang semakin pesat harus disertai dengan peningkatan infrastrukturnya, salah satu infrastruktur untuk mendukung perkembangan teknologi informasi adalah dengan menambah perangkat telekomunikasi untuk meningkatkan jaringan seperti menambah antena sektor ataupun antena transmisi. Penambahan perangkat telekomunikasi yang di bangun diatas bangunan eksisting mengakibatkan penambahan beban yang sebelumnya tidak direncanakan. Penelitian ini menganalisis struktur bangunan akibat penambahan beban tower telekomunikasi dengan menggunakan program ETABS dan perhitungan manual yang berdasar pada peraturan SNI. Pada analisis ini dibuat 3 modeling dengan menggunakan program ETABS. Modeling pertama adalah kondisi normal sebagai kontrol. Modeling kedua adalah struktur existing dengan beban tambahan server tanpa struktur perkuatan. Dan Modeling ketiga dengan beban tambahan dan dengan struktur perkuatan baja profil. Berdasarkan hasil output dari masing-masing modeling dilakukan analisa perbandingan untuk mendapatkan peningkatan luas tulangan perlu dan gaya dalam yang terjadi serta dimensi baja profil untuk struktur perkuatannya. Berdasarkan hasil analisis, akibat penambahan beban server tanpa perkuatan struktur mempunyai efek terhadap struktur lainnya yang tidak langsung menerima beban tambahan, seperti pada balok pendek di area penambahan beban server, akan tetapi efek yang terjadi atau peningkatannya tidak terlalu signifikan, yaitu rata-rata di bawah 50%. Pada struktur kolom dan plat mengalami kenaikan luas tulangan perlu karena kenaikan momen dan geser di kolom dan plat tersebut, akan tetapi masih mampu dan aman untuk menopang struktur perkuatan tambahan dan beban tambahan server karena tulangan yang terpasang masih lebih dari tulangan perlu.*

**Kata kunci :** analisis struktur, penambahan beban, tower telekomunikasi

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat membuat kebutuhan infrastruktur untuk komunikasi semakin meningkat, sehingga membutuhkan suatu perencanaan untuk lokasi infrastruktur tersebut, sering ditemukan pemasangan

tower telekomunikasi yang terpasang pada suatu bangunan yang sebelumnya tidak direncanakan untuk penambahan beban tersebut. Penambahan suatu beban pada struktur yang sudah berdiri akan berakibat adanya penambahan luas tulangan perlu dan gaya dalam yang bekerja pada elemen struktur tersebut

terlebih beban tambahan tersebut cukup berat dari beban rencana. Bangunan dengan beban tambahan yang tidak diperhitungkan sebelumnya seperti penambahan beban server dan *tower* telekomunikasi pada atap akan mengakibatkan penurunan kekuatan struktur pada bangunan tersebut. Diperlukan analisis perhitungan perancangan terhadap efek yang ditimbulkan terhadap yang sudah dibangun tanpa perhitungan beban tambahan seperti *tower* telekomunikasi. Penelitian yang dilakukan oleh Kusbiantoro (2016) dengan judul “*Analisa Perkuatan Tower Telekomunikasi Akibat Penambahan Beban Antena*”, menganalisis kekuatan struktur *tower* telekomunikasi akibat penambahan beban antena dengan metode pemodelan *tower* dengan menggunakan MS *Tower*, hasil dari penelitian tersebut perlu adanya perkuatan terhadap 3 leg terbawah karena tegangan dari analisis pemodelan melebihi 100%.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Wahyudi dan Buwono (2019) dengan judul “*Analisis Perhitungan Perkuatan Struktur Beton bertulang Dengan Baja Profil Akibat Penambahan Beban Server Dengan Bantuan Program Etabs*”, menganalisis perkuatan struktur akibat penambahan server dengan metode perbandingan pemodelan analisis struktur eksisting, analisis struktur dengan penambahan beban tanpa perkuatan dan analisis struktur dengan desaian perkuatan, kesimpulan dari hasil penelitian tersebut adalah dengan adanya penambahan beban tambahan server pada sebagian area akan menimbulkan peningkatan luas tulangan dan gaya dalam pada struktur lainnya.

Pada penelitian ini, akan dianalisis struktur Gedung dengan beban tambahan berupa struktur *tower*

telekomunikasi dengan menggunakan program ETABS dan perhitungan manual yang berdasar pada peraturan SNI, dengan menghitung beban *tower* telekomunikasi terlebih dahulu untuk mendapatkan beban maksimum yang akan di tahan oleh struktur Gedung. Berdasarkan beban tambahan tersebut dapat dianalisis struktur Gedung eksisting masih mampu memikul beban tambahan atau tidak, jika tidak mampu memikul beban tambahan maka akan dilakukan penambahan perkuatan pada struktur bangunan Gedung tersebut. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat menjadi salah satu rujukan pada kasus penambahan beban pada gedung yang sebelumnya tidak direncanakan adanya beban tambahan, sehingga dapat diketahui gedung tersebut masih dapat memikul beban tambahan atau perlu alternatif perkuatan struktur yang perlu dilakukan.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan pada struktur bangunan eksisting, yang direncanakan ada penambahan beban *tower* telekomunikasi yang berlokasi di daerah Balikpapan dengan ukuran bangunan lebar 5 meter panjang 20 meter dan tinggi bangunan 8 meter. Pada analisis ini, tidak membahas mengenai teknis pengambilan data-data *existing* dan rincian beban server yang akan ditambahkan, data beban server keseluruhan diasumsikan sudah mempertimbangkan semua bahan, peralatan dan barang-barang penunjang server lainnya serta efek penurunan dari pondasi *existing* dan perkuatannya.

Analisis kekuatan struktur dilakukan dengan menggunakan pemodelan tiga dimensi untuk mengetahui kekuatan struktur bangunan eksisting dan perkuatan struktur bangunan apabila struktur eksisting

tidak mampu menahan beban tambahan. Analisis perkuatan menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1, dimulai dengan pengumpulan data dari struktur bangunan eksisting yang akan dianalisis. Tahap pengumpulan data terdiri dari pengumpulan data struktur bangunan eksisting seperti data denah bangunan Gedung, data dimensi dan mutu material penyusun kolom, balok, tebal pelat lantai, jumlah tulangan dan diameter tulangan yang digunakan. Setelah pengumpulan data, dilanjutkan dengan pemodelan struktur eksistingnya. Pada tahap ini dibuat 3 *modeling* dengan menggunakan program ETABS. *Modeling* pertama adalah kondisi normal sebagai kontrol. *Modeling* kedua adalah struktur eksisting dengan beban tambahan *server* tanpa struktur perkuatan. *Modeling* ketiga dengan beban tambahan serta struktur perkuatan baja profil. Setelah dibuat pemodelan struktur eksistingnya, dilanjutkan dengan menganalisis dan memeriksa kekuatan struktur dari bangunan eksisting tersebut, jika kekuatan struktur masih dapat menerima penambahan beban *tower* telekomunikasi maka tidak perlu penambahan perkuatan struktur pada bangunan tersebut. Akan tetapi, jika struktur eksisting tidak mampu menahan penambahan beban *tower* telekomunikasi, maka perlu adanya desain perkuatan struktur seperti perkuatan balok, kolom dan plat (Gambar 1).

Penelitian ini menggunakan perhitungan struktur *tower* dengan program komputer MS *Tower*. Tinggi *tower* yang digunakan adalah *tower* 70 m dengan tipe *light*, model *bracing* yang dipilih adalah tipe XTR1 untuk *bracing* vertikal, PL2A dan PP4 untuk *bracing* horisontal. Untuk bentuk

*bracing* bisa dilihat pada Gambar 2. Standar dan peraturan yang digunakan dalam melakukan analisis ini adalah SNI 1727:2013 mengenai Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya, SNI 2847:2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 1729:2015 mengenai Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural dan SNI 1726:2012 mengenai Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung.

Pada analisis efek terhadap struktur *existing* akibat dari penambahan beban *tower* telekomunikasi ada beberapa parameter yang dijadikan tolak ukur, yaitu peningkatan luas tulangan perlu dan peningkatan gaya dalam (gaya geser dan momen). Dalam peraturan SNI 2847:2013 disyaratkan beberapa hal yang harus dipenuhi dalam merencanakan suatu bangunan dengan menggunakan struktur beton bertulang diantaranya :

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$\emptyset P_n \geq P_u$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \text{ (Geser)}$$

Di mana:

$\emptyset$  : Faktor Reduksi

$M_n$  : Momen Nominal

$M_u$  : Momen Ultimit

$M_n$  : Momen Nominal

$V_n$  : Momen Nominal

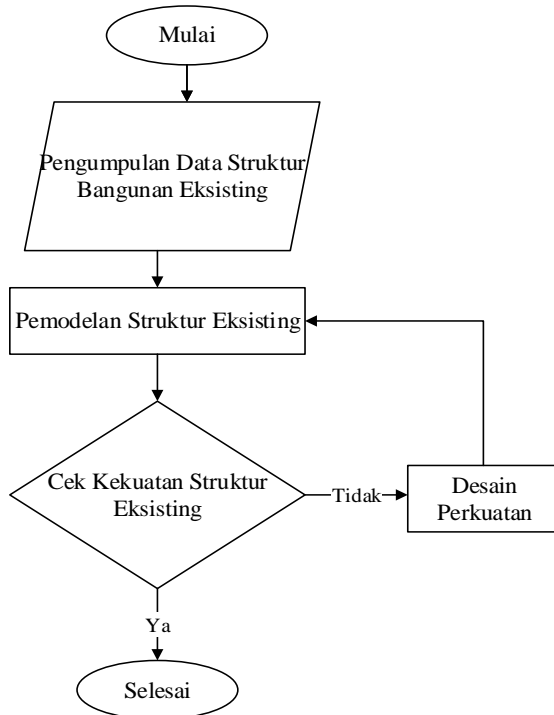
$V_u$  : Momen Ultimit

Dari persyaratan di atas secara keseluruhan selain meninjau dari masing-masing nilai pada setiap elemen struktur adalah untuk mencari nilai dari luas tulangan yang diperlukan. Nilai dari luas tulangan yang diperlukan harus sudah mencakup dari persyaratan-persyaratan diatas. Dalam mengevaluasi suatu bangunan dengan konstruksi beton bertulang maka disyaratkan :

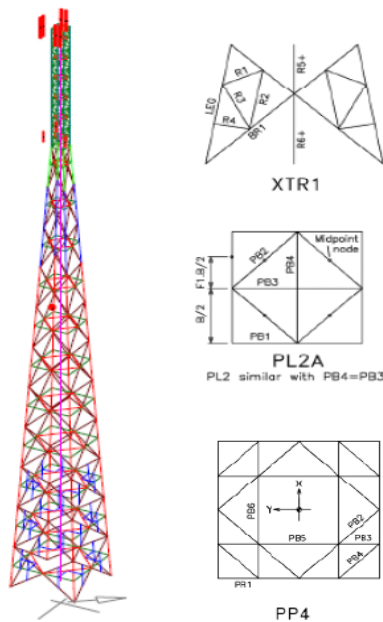
$$A_{Sperlu} \leq A_{Sterpasang}$$

Di mana :

$A_{\text{perlu}}$  : Luas tulangan yang diperlukan  
 $A_{\text{terpasang}}$  : Luas tulangan yang terpasang



**Gambar 1 Diagram Alir Penelitian**



**Gambar 2 Model Tower**

Gambar 2 merupakan pemodelan struktur *tower* telekomunikasi dengan menggunakan program *Ms Tower*. *Ms Tower* adalah suatu program khusus yang membantu dalam analisa dan pemeriksaan menara komunikasi baja dan menara transmisi, terutama kekuatan baja dan tiang monopole. *Ms Tower* berisi pilihan untuk penjelasan ilmu ukur, memuat, analisa, merencanakan masukan, hasil, dan pengecekan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Undang – Undang Republik Indonesia No. 28 tahun 2002 tentang bangunan gedung, bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas atau di dalam tanah yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatan, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial budaya, maupun kegiatan khusus. Suatu bangunan harus didesain serta dianalisis sesuai dengan peruntukannya dan harus dipastikan kekuatan strukturnya sudah baik agar bangunan dapat berdiri tanpa ada masalah baik selama proses pembangunan ataupun setelah bangun tersebut sudah jadi. Terkadang setelah bangunan sudah selesai dibangun, terdapat desain baru atau tambahan bangunan baru yang tidak diperhitungkan sebelumnya, seperti tambahan jumlah lantai, tambahan beban server, dll. Penambahan desain baru tersebut tentunya akan menambah beban yang bekerja pada bangunan, maka harus dilakukan analisis kembali untuk struktur dari bangunan eksisting tersebut untuk memastikan kekuatan dari bangunan eksisting apakah masih mampu menahan beban tambahan ataukah diperlukan penambahan

perkuatan untuk dapat menopang beban tambahan tersebut. Pada penelitian ini, bangunan yang ditinjau mendapat beban tambahan yaitu *tower* telekomunikasi, maka sebelum *tower* telekomunikasi tersebut dibangun, harus dilakukan analisis terlebih dahulu pada struktur bangunan eksisting terhadap penambahan beban berupa *tower* agar dapat diketahui kekuatan dari bangunan eksisting apakah masih mampu menahan beban tambahan ataukah perlu ditambahkan perkuatan.

## Data Struktur

Data struktur diperoleh berdasarkan *hammer test*, dimana *hammer test* merupakan suatu alat pemeriksaan mutu beton yang dapat digunakan tanpa merusak beton yang diuji. Berdasarkan hasil dari *hammer test* data yang diperoleh berupa data kekuatan struktur beton yang terdiri dari kolom dengan mutu beton K-415 ( $f'c = 27$  MPa), balok dengan mutu beton K-350 ( $f'c = 19$  MPa), plat lantai dengan mutu beton K-280 ( $f'c = 17$  MPa) serta mutu tulangan utama dengan tegangan *yield/leleh* ( $f_y$ ) sebesar 390 MPa dan mutu tulangan geser dengan tegangan *yield/leleh* ( $f_y$ ) sebesar 240 MPa.

## Material Baja

Material baja yang digunakan untuk menara dan perlengkapannya sesuai dengan Standar Industri Indonesia, Amerika atau Jepang yang relevan. Sifat material yang diasumsikan dari *tower* telekomunikasi ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Plat baja ASTM - A36 adalah baja karbon rendah yang memiliki kekuatan yang baik dan juga ditambah dengan sifat baja yang bisa dirubah bentuk menggunakan mesin dan juga dilakukan pengelasan, sedangkan Plat baja JIS - SS400 adalah baja umum (*mild steel*) dimana komposisi kimianya hanya

karbon (C), Manganese (Mn), Silikon (Si), Sulfur (S) dan Posfor (P) yang dipakai untuk aplikasi struktur/konstruksi umum (*general*

*purpose structural steel*) misalnya untuk jembatan (*bridge*).

**Tabel 1.**  
**Material Baja**

Deskripsi Material	Kuat Tarik ( $F_u$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Leleh( $F_y$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )
ASTM - A36	4100	2520 MIN
JIS - SS400	4000	2500 MIN

**Tabel 2.**  
**Material Baut**

Deskripsi Baut	$F_t$ Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	$F_v$ Friksi (kg/cm <sup>2</sup> )	$F_y$ Bearing (kg/cm <sup>2</sup> )
A325 Bolt	3100	1230	1530

Tabel 1 merupakan deskripsi material baja yang digunakan pada struktur *tower* telekomunikasi dengan nilai kekuatan tarik (*tensile strength*) dan tegangan *yield* (leleh) dari masing-masing material. Kuat tarik ( $F_u$ ) adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah, Sedangkan kuat leleh ( $F_y$ ) adalah nilai tegangan yang ketika terlampaui, maka material akan meregang dengan sangat cepat meskipun perubahan tegangannya tidak terlalu besar.

Tabel 2 menjelaskan deskripsi dari material baut yang digunakan pada struktur *tower* telekomunikasi dengan nilai kuat tekan, friksi serta bearing dari material baut tersebut. Baut dan mur baja A325 adalah baut mur baja dengan standar Amerika ASTM A325 dan ASTM 194 grade 2H yang berkekuatan hampir setara dengan baut baja kelas 8.8. Kuat tekan baut ( $F_t$ ) adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan baut hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Friksi baut ( $F_v$ ) adalah kekuatan baut yang didapatkan dari gesekan/friksi yang terjadi antar pelat atau batang yang disambung. Bearing ( $F_y$ ) adalah

kekuatan baut yang didapat dari adanya gaya yang bertumpu pada bidang kontak antara baut dan pelat yang disambung, atau kemampuan menahan geseran pada penampang baut.

### Data Pembebanan

#### Beban mati

Beban mati merupakan berat sendiri struktur yang terdiri dari kolom, balok dan plat dengan masa jenisnya dari masing - masing struktur. Data beban mati yang digunakan dalam analisis struktur adalah masa jenis beton sebesar 2400 k/m<sup>3</sup>, masa jenis dinding sebesar 250 kg.m<sup>2</sup>, data ketebalan lantai (tiap lantai), data beban angin yang digunakan untuk analisis kekuatan yaitu sebesar 120 km/h, data beban angin yang digunakan untuk analisis deformasi yaitu sebesar 84 km/h, data beban antenna yaitu sebesar 32 Kg dan data beban server yaitu sebesar 64,3 Kg.

#### Beban Hidup

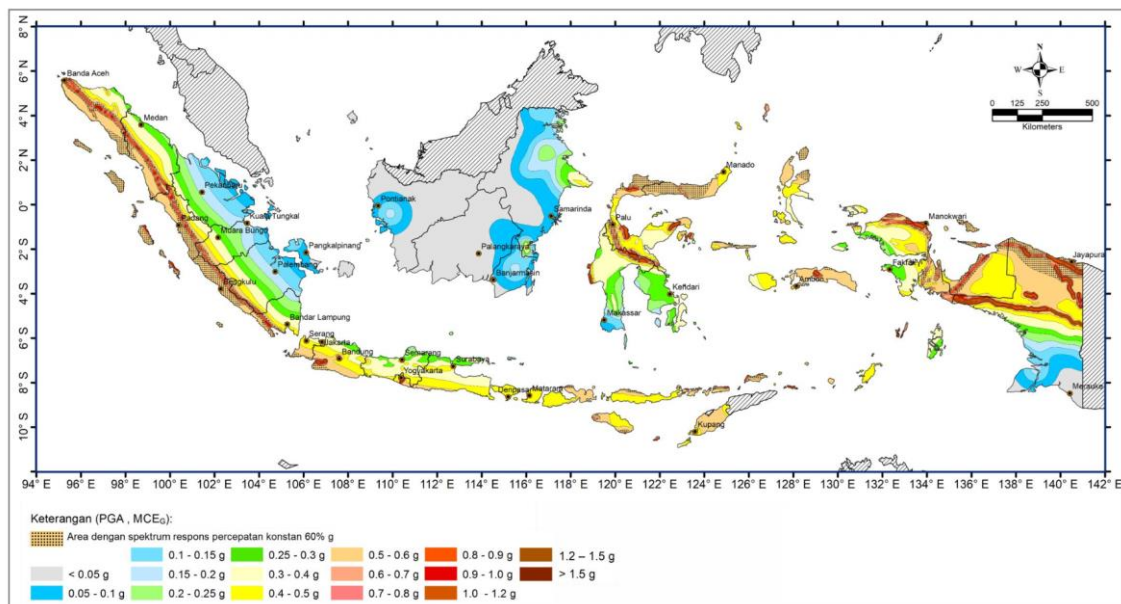
Beban hidup adalah beban yang sifatnya dapat berubah-ubah atau bergerak sesuai dengan penggunaan bangunan (ruangan) yang bukan bagian dari kontruksi bangunan. Beban hidup dapat menopang pada beban mati yang

dpd berubah dalam jangka waktu yang pendek sesuai dengan pergerakan atau perpindahan benda dan dapat juga berubah dalam jangka waktu yang cukup lama. adapun jenis beban hidup yang ada pada bangunan meliputi manusia, furniture, kendaraan, dan gerakan yang terjadi seperti ledakan. Pada penelitian ini, beban hidup yang digunakan dalam analisis sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$  untuk semua luas lantai dan  $100 \text{ kg/m}^2$  untuk atap.

### Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan

karena adanya getaran gempa. Secara umum terdapat dua metode dalam menganalisis beban gempa yaitu analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik. Penentuan prosedur analisis beban gempa sudah ditentukan di dalam SNI 1726 tahun 2012. Terdapat tiga prosedur yang dapat digunakan dalam menganalisis beban gempa yaitu analisis statik ekuivalen (lateral ekuivalen), analisis respons spektrum, dan analisis riwayat waktu (*Time History*). Penentuan prosedur analisis yang digunakan tergantung pada kategori desain seismik struktur, sistem struktur, properti dinamis, dan keteraturan struktur.



**Gambar 3 Peta Zonasi Gempa**

Gambar 3 merupakan peta zonasi gempa berdasarkan SNI yang akan digunakan dalam analisis struktur. Peta zonasi gempa terbagi menjadi 16 zonasi gempa berdasarkan kekuatannya, dimana percepatan gempa paling kecil kurang dari 0,005g dan paling besar lebih dari 1,5g. Lokasi bangunan berada pada zona 4-5 dengan percepatan batuan dasar sebesar 0,15g. Pada penelitian ini, analisis beban gempa yang digunakan adalah analisis

respons spektrum, dimana respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk kurva antara periode struktur T dengan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu.

### Kombinasi Pembebanan

Dalam mendesain, harus memperhitungkan analisis dari sistem struktur terhadap adanya kombinasi pembebanan (*Load combination*) dari

beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Menurut peraturan pembebanan Indonesia untuk rumah dan gedung (1983), terdapat dua kombinasi pembebanan yang perlu ditinjau pada struktur yaitu kombinasi pembebanan tetap dan kombinasi pembebanan sementara. Kombinasi pembebanan tetap menganggap beban bekerja secara terus-menerus pada struktur selama umur rencana. Kombinasi pembebanan tetap disebabkan oleh bekerjanya beban mati dan beban hidup. Kombinasi pembebanan sementara tidak bekerja secara terus-menerus pada struktur, tetapi pengaruhnya tetap diperhitungkan dalam analisa struktur. Kombinasi pembebanan ini disebabkan oleh bekerjanya beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Nilai-nilai tersebut dikalikan dengan suatu faktor magnifikasi yang disebut faktor beban, tujuannya agar struktur dan komponennya memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap berbagai kombinasi beban.

Kombinasi dan faktor beban yang digunakan dalam perencanaan mengacu pada SNI 1847-2019. Kombinasi beban yang menentukan desain adalah yang memberikan nilai maksimum dari kombinasi beban hidup (L), beban hidup beban mati (D), beban gempa (E), beban angin (W), maupun beban air hujan (R). Setiap kombinasi pembebanan memiliki faktor pengali beban, pada penelitian ini digunakan 3 jenis kombinasi pembebanan yang digunakan. Pada kombinasi pembebanan pertama digunakan faktor pengali beban untuk beban mati sebesar 1,2 dan faktor pengali beban untuk beban hidup berupa beban operator sebesar 1,0 serta faktor pengali beban untuk beban angin sebesar 1,6. Pada kombinasi

pembebanan kedua faktor pengali beban mati sebesar 0,9, faktor pengali beban hidup sebesar 1,0 dan faktor pengali beban angin sebesar 1,6, dan pada kombinasi pembebanan ketiga faktor pengali beban untuk beban mati sebesar 1,0, faktor pengali beban hidup sebesar 1,0 dan faktor pengali untuk beban angin sebesar 1,6.

Ketiga jenis kombinasi pembebanan ini digunakan untuk mengetahui jenis kombinasi pembebanan maksimum yang dapat dipikul oleh struktur, sehingga momen, gaya geser dan gaya normal serta kebutuhan tulangan pada masing – masing elemen struktur yang di keluarkan dari hasil analisis struktur sesuai dengan peraturan pembebanan. Struktur dan pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek beban dari beban terfaktor pada setiap kombinasi keadaan batas berikut :

Kombinasi pembebanan I:  $1.2 D + 1.0 D_g + 1.6 W_o$

Kombinasi pembebanan II:  $0.9 D + 1.0 D_g + 1.6 W_o$

Kombinasi pembebanan III:  $1.0 D + 1.0 D_g + 1.0 W_o$

Dimana: D = beban mati struktur dan perlengkapan,  $D_g$  = Beban operator dan perlengkapannya,  $W_o$  = Beban angin

### **Pemodelan Struktur**

Data-data yang didapatkan dari hasil survey terhadap kondisi eksisting dari bangunan yang mendapatkan beban tambahan *tower* telekomunikasi tersebut digunakan untuk pemodelan struktur. Data yang dimasukkan dalam pemodelan tersebut adalah dimensi, mutu dan layout dari struktur bangunan yang meliputi kolom, balok dan plat lantai. Setelah data diinputkan dan terbentuk model struktur, maka langkah selanjutnya adalah memasukkan pembebanan yang meliputi beban mati,



beban hidup dan beban gempa. Beban mati didapatkan dari kondisi eksisting bangunan dan material yang digunakan pada bangunan serta beban tambahan dari tower telekomunikasi tersebut, sedangkan untuk beban hidup didapatkan berdasarkan peraturan pembebanan untuk bangunan gedung. Beban gempa perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam pemodelan struktur, berikut merupakan tahapan perhitungan untuk beban gempa.

### Menentukan Periode Getar (T)

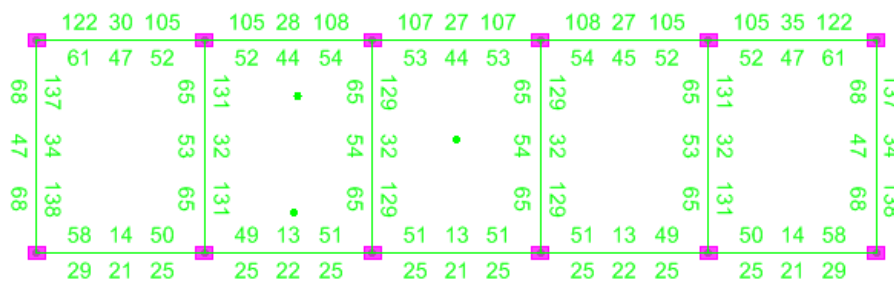
Perhitungan periode getar bertujuan untuk menentukan besarnya beban gempa yang diaplikasikan dalam analisis pemodelan struktur. Kategori

koefisien pada penelitian ini adalah untuk wilayah gempa sedang dan ringan dengan jenis struktur rangka beton.

Berdasarkan lokasi bangunan yang terletak di zona 3, maka wilayah gempa termasuk ke dalam wilayah sedang dan ringan dengan jenis struktur merupakan struktur rangka beton dan rangka bresing eksentris (RBE) maka berdasarkan Tabel 3, nilai koefisien waktu getar alami struktur bangunan gedung ( $\zeta$ ) diambil nilai 0,102. Nilai koefisien  $\zeta$  akan digunakan untuk menghitung nilai T dengan formula  $T = \zeta \cdot H^{3/4}$ , sehingga di dapatkan nilai  $T = 0.4852$ .

**Tabel 3.**

<b>Koefisien <math>\zeta</math> yang Membatasi Waktu Getar Alami Struktur Bangunan Gedung</b>	
Wilayah Gempa dan Jenis Struktur	$\zeta$
Sedang dan ringan; rangka baja	0,119
Sedang dan ringan; rangka beton dan RBE	0,102
Sedang dan ringan; bangunan lainnya	0,068
Berat; rangka baja	0,111
Berat; rangka beton dan RBE	0,095
Berat; bangunan lainnya	0,063



**Gambar 4 Luas Tulangan Longitudinal**

### Analisis Respon Spektrum

Pada tahapan ini, dilakukan analisis model struktur dengan Respon Spektrum untuk mendapatkan kurva yang sesuai dengan wilayah gempa yang dianalisis dengan bantuan program ETABS. Data yang dibutuhkan dalam analisa respon spektrum adalah nilai  $C_a$

dan  $C_v$ . Dimana nilai  $C_a$  (*Peak Ground Acceleration*) didapat dari percepatan muka tanah pada suatu wilayah. Penetapan nilai percepatan respons maksimum  $A_m = 2,5 A_o$ , dimana  $A_o$  adalah Percepatan puncak muka tanah dan waktu getar alami sudut  $T_c = 0,6$  untuk tanah sedang maka Faktor respon

gempa C ditentukan dengan  $T < T_c$ , maka  $C = A_m$ .

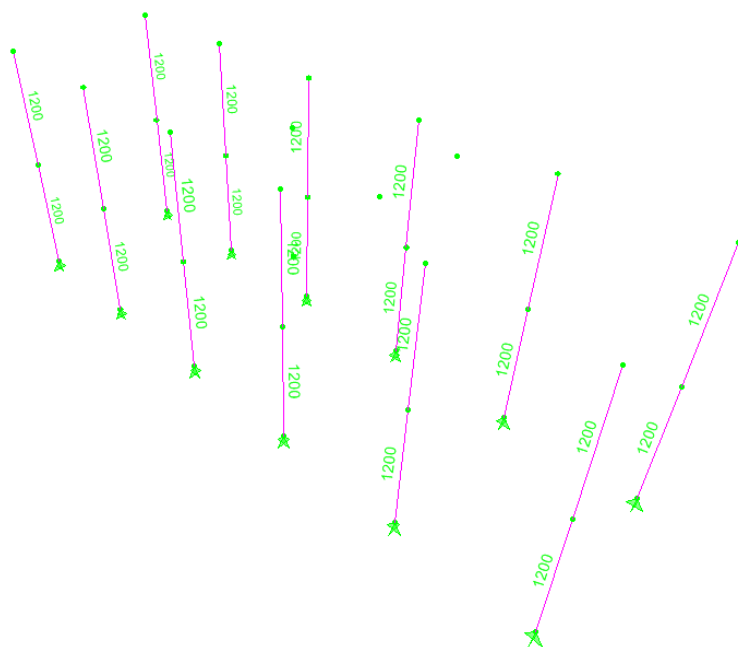
### Analisis Struktur

Tahap ini merupakan *output* dari pemodelan struktur yang telah dianalisis sebelumnya, dimana hasil dari pemodelan tersebut berupa kebutuhan dari masing-masing komponen struktur seperti balok, kolom dan plat lantai. Pada struktur balok *output* dari pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4, berdasarkan gambar tersebut didapatkan kebutuhan luasan tulangan balok sebesar  $138 \text{ mm}^2$ , sedangkan luasan tulangan eksisting balok sebesar  $182 \text{ mm}^2$ . Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa dimensi balok, mutu beton dan kebutuhan tulangan balok masih memenuhi terhadap penambahan beban *tower* telekomunikasi.

Nilai yang muncul dari hasil pemodelan yang terlihat pada Gambar 4 merupakan nilai kebutuhan tulangan

pada masing – masing balok, pada masing – masing balok terdapat 3 nilai atas dan 3 nilai pada bagian bawah, nilai bagian atas menunjukkan kebutuhan tulangan atas, dan nilai pada bagian bawah untuk tulangan pada bagian bawah, untuk nilai pada bagian ujung balok menunjukkan kebutuhan tulangan pada area tumpuan dan nilai bagian tengah menunjukkan kebutuhan tulangan pada area lapangan.

Pada struktur kolom, *output* dari pemodelan dapat dilihat pada Gambar 5, berdasarkan gambar tersebut didapatkan kebutuhan luasan tulangan kolom sebesar  $1200 \text{ mm}^2$ , sedangkan data kolom eksisting dengan tulangan 6D16 sebesar  $1206 \text{ mm}^2$ . Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa dimensi kolom, mutu beton dan kebutuhan tulangan kolom masih memenuhi terhadap penambahan beban *tower* telekomunikasi.



**Gambar 5 Kebutuhan Tulangan Kolom**

Struktur kolom masih dapat memikul beban yang ada di atasnya.

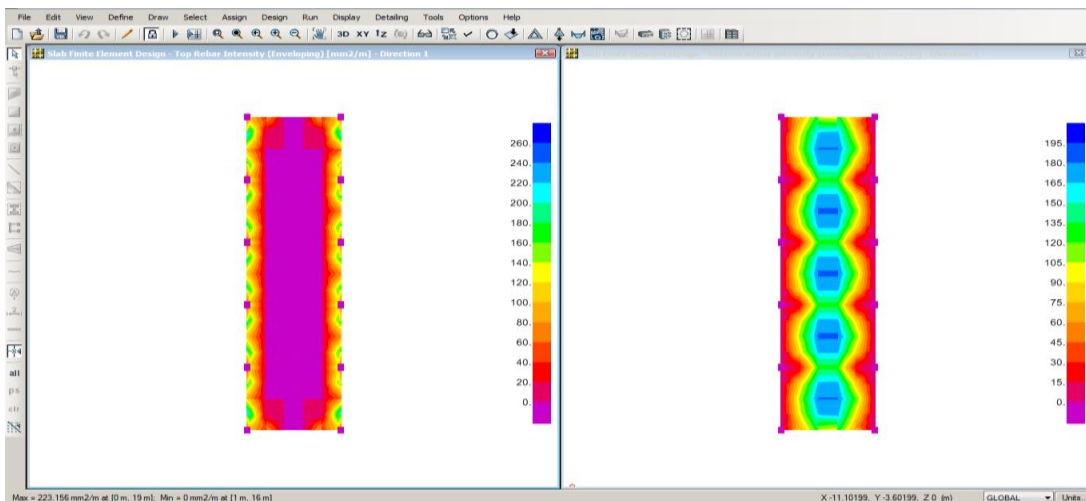
Hal tersebut dapat dilihat berdasarkan warna pada pemodelan kolom yang

berwarna ungu, yang menandakan bahwa struktur kolom tidak kelebihan beban, sehingga kolom struktur masih aman terhadap beban tambahan.

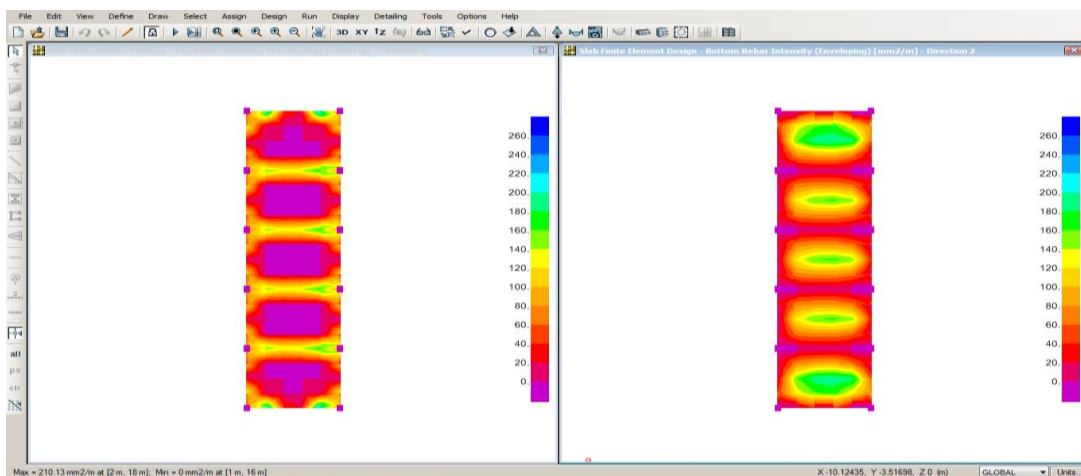
Pada struktur plat lantai, output dari pemodelan struktur plat lantai dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7, berdasarkan gambar tersebut didapatkan kebutuhan luasan tulangan plat lantai untuk arah atau *direction* 1 sebesar 223.156 mm<sup>2</sup> dan kebutuhan tulangan arah atau *direction* 2 sebesar 241.715 mm<sup>2</sup>, sedangkan berdasarkan data plat lantai eksisting dengan tebal plat 12 cm untuk lantai dan 10 cm untuk atap dengan tulangan D10 - 200 sebesar 392.7 mm<sup>2</sup>. Berdasarkan perhitungan tersebut disimpulkan bahwa mutu beton

dan kebutuhan tulangan plat lantai masih memenuhi terhadap penambahan beban *tower* telekomunikasi.

Gambar 6 dan 7 merupakan hasil output yang dikeluarkan oleh program pemodelan plat, dapat dilihat bahwa warna tegangan yang terjadi pada plat arah memanjang berwarna ungu, berdasarkan skala tegangan hal tersebut menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada plat arah memanjang pada bagian atas memiliki tegangan yang lebih kecil dibandingkan dengan bagian bawahnya. Hal ini menunjukkan bahwa tulangan sisi bagian bawah yang menahan beban.



**Gambar 6 Kebutuhan Tulangan Arah atau *Direction* 1**



**Gambar 7 Kebutuhan Tulangan Arah atau *Direction* 2**

Perbedaan warna pada plat yang menunjukkan area tegangan yang terjadi akibat beban berdasarkan skala tegangan yang ada. Gambar tersebut menjelaskan bahwa untuk tulangan arah melintang atau *direction 2* tulangan atas memiliki tegangan lebih kecil dibandingkan dengan tegangan yang terjadi pada sisi bawah yang diketahui bahwa tegangan tersebut untuk arah melintang atau *direction 1*, hal ini dapat dilihat dari warna yang muncul pada bagian plat untuk warna ungu memiliki tegangan sama dengan nol.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan pemodelan struktur, dapat disimpulkan bahwa akibat penambahan beban *tower* telekomunikasi, struktur gedung seperti plat, kolom dan balok masih mampu menahan beban *tower* telekomunikasi tersebut. Indikator kekuatan struktur dapat dilihat berdasarkan dimensi dan kebutuhan tulangan pada masing - masing komponen struktur eksisting yang masih dapat menahan beban tambahan dari *tower* telekomunikasi. Kebutuhan tulangan yang diperlukan pada struktur balok sebesar 138 m<sup>2</sup> lebih kecil dari tulangan existing yaitu sebesar 182 m<sup>2</sup>. Kebutuhan tulangan yang diperlukan pada struktur kolom sebesar 1200 m<sup>2</sup> lebih kecil dari tulangan existing yaitu sebesar 1206 m<sup>2</sup> dan untuk kebutuhan tulangan struktur plat sebesar 223,156 mm<sup>2</sup> dan 241,715 mm<sup>2</sup>, lebih kecil dari tulangan existing yaitu sebesar 392,7 mm<sup>2</sup>.

Adanya beban tambahan *tower* telekomunikasi mempunyai efek pada balok yang menerima secara langsung beban *tower* tersebut, dimana adanya peningkatan momen pada balok tersebut sebelum penambahan beban dan setelah adanya beban tambahan, akan tetapi

efek yang terjadi atau peningkatannya tidak terlalu signifikan, yaitu rata - rata dibawah 50%.

Untuk penelitian selanjutnya, analisis struktur dapat dimodelkan dengan metode lain seperti menggunakan metode matriks dan metode finite elemen, sehingga hasil analisis dapat dibandingkan dan dapat digunakan sebagai referensi dalam memilih metode yang terbaik dalam menghitung dan menganalisis penambahan beban struktur agar mendapatkan hasil yang terbaik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, H.R. (2007). Analisis Struktur Gedung dengan ETABS Versi 9.0.7. Jakarta : PT ElexMedia Komputindo
- Dipohusodo, Istimawan. (1999). Struktur Beton Bertulang. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Moestopo, Muslinang. (2012). Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa. Jakarta : HAKI (Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia)
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2019.(2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727-2013. (2013). Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1729-2015. (2015). Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847-2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Susanto, Reza Agung dan Aryati Indah K. (2018). Analisis Struktur Gedung

Transmart Carrefour Cirebon dengan Menggunakan Struktur Beton SNI 2847 2013. *Jurnal Konstruksi*, Vol. VII, No. 4. ISSN : 2085-8744. April 2018.