

ANALISA PENGUATAN STRUKTUR PENAMBAHAN LANTAI BANGUNAN GEDUNG (STUDI KASUS DI DPMPTSP KAB. KUDUS)

Alim Muhroni¹⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI¹⁾

E-mail: alimmuhroni7@gmail.com¹⁾

ABSTRACT

The research was conducted in the Kudus Regency Public Services building which originally had a floor area of 1172 m². In 2022 there will be development, so a new floor will need to be added. Where the land area cannot be used to build horizontally, add vertical floors to a 2-story building to become 3 floors. The research was carried out by testing the quality of concrete using the Hammer Test, obtaining a result of 20.75 MPa, then modeling analysis was carried out using SAP 2000 v14 software and manual calculations based on SNI 03-2847-2002, SNI 031726-2012, and SNI 1729-2015. This analysis was carried out in 3 stages, the first was an analysis of the initial conditions of the existing building, the second was an analysis of the existing structure with the additional load of the new floor, and the third analysis was with the additional load and structural strengthening. The results of the structural analysis stages 1 and 2 stated that the beam structural elements experienced overstrength (O/S) or could not withstand the additional load of the 3rd floor. With this data, structural reinforcement calculations were carried out using the concrete jacketing method with a number of longitudinal reinforcement 7D16 stirrups Ø10-100 for beams and the amount of longitudinal reinforcement 8D19 stirrups Ø10-100 and the method of strengthening with steel profile IWF 200.200.8.12.

Keyword: structural strengthening, concret jacketing, IWF, SAP 2000.

ABSTRAK

Penelitian dilakukan pada gedung Pelayanan Publik Kab. Kudus yang mempunyai luas lantai semula 1172 m². Di tahun 2022 dilakukan sebuah pengembangan, dengan begitu lantai baru perlu ditambah lagi. Dimana jika dilakukan pembangunan gedung secara horizontal luas lahan yang ada sekarang ini sudah tidak bisa digunakan, jadi menambah lantai secara vertikal dari bangunan berlantai 2 menjadi berlantai 3. Penelitian dilaksanakan dengan menguji kualitas beton menggunakan tes Hammer mendapatkan hasil 20.75 MPa, setelah itu melakukan permodelan analisis menggunakan aplikasi SAP 2000 v14 dan menghitung secara manual mengacu dengan SNI 03-2847-2002, SNI 031726-2012, dan SNI 1729-2015. terdapat 3 tahapan dalam analisis ini, 1) kondisi awal pada bangunan eksisting, 2) analisis struktur eksisting dengan tambahan beban lantai baru, dan 3) analisis menggunakan tambahan beban serta penguatan struktur. Hasil analisis struktur tahapan ke-1 dan ke-2 memperlihatkan jika elemen struktur balok terjadi *over strength (O/S)* ataupun tidak bisa menopang tambahan beban dari lantai 3. Berdasarkan data ini maka diadakan perhitungan penguatan struktur menggunakan teknik *concret jacketing* dengan jumlah tulangan longitudinal 7D16 sengkang Ø10-100 untuk balok dan jumlah tulangan longitudinal 8D19 sengkang Ø10-100 dan metode penguatan menggunakan profil baja IWF 200.200.8.12.

Kata Kunci: Penguatan Struktur, concret jacketing, IWF, SAP 2000.

PENDAHULUAN

Infrastruktur pelayanan publik seperti gedung dinas perijinan merupakan infrastruktur vital dan sesuai dengan kebutuhan pelayanan. Gedung dinas perijinan harus dikembangkan

dikarenakan kapasitas sekarang ini sudah tidak representative lagi. Dalam merancang pengembangan struktur harus dilaksanakan dengan sebaik mungkin. Gedung DPMPTSP Kab. Kudus merupakan

salah satu gedung yang ada di Pemerintah Daerah Kabupaten Kudus. Gedung tersebut memiliki fungsi sebagai gedung administrasi Daerah yang membantu Bupati menjalankan layanan pemerintahan dibidang penanaman modal yang merupakan wewenang yang dimiliki Daerah dan Tugas Pembantuan yang didelisasikan ke Daerah. Keterbatasan lahan menjadi permasalahan yang serius kaitannya dengan penambahan luas bangunan yang ada saat ini. Dengan begitu penambahan luas bangunan secara horizontal sangat sulit untuk dilakukan. Melihat realitas tersebut penambahan bangunan secara vertical menjadi salah satu cara yang terbaik. Sebelum melakukan penambahan lantai, semestinya struktur yang ada di bawahnya perlu dilakukan analisis terlebih dahulu supaya dapat menopang beban yang ada di atasnya tanpa struktur utamanya dengan jumlah lantai eksisting 2 lantai harus dibongkar. Dalam sebuah bangunan struktur utamanya terdiri atas kolom, balok dan plat. Sebelumnya pernah diadakan riset untuk mengevaluasi dan menganalisis sejumlah gedung yang lain di mana hasilnya memperlihatkan bahwa gedung tidak mampu menahan beban dari adanya penambahan lantai, sehingga langkah yang diambil adalah melakukan penguatan. Penguatan elemen dilakukan menggunakan *concrete jacketing*, dimensi diperbesar, menambah tulangan pada elemen struktur adalah menjadi rekomendasi

penguatan dalam penelitian ini (Violita Saruni et al., 2017). Fungsional dari bangunan yang tidak sama dan penggunaan metode dalam penelitian terdahulu juga tidak sama misalnya program ETABS, SAP 2000, metode analisis statis dan dinamis respons spektrum (Spektran et al., 2017).

Metode *concrete jacketing* adalah sebuah teknik penyelimutan beton yang ada menggunakan profil baja tambahan dan Metode *Steel Jacketing* merupakan sebuah teknik penyelimutan beton yang ada menggunakan profil baja tambahan.

Supaya focus dari penelitian ini tidak menyimpang, maka peneliti melakukan pembatasan masalah. Focus dari penelitian ini adalah Analisa struktur yang terdiri atas struktur bagian atas, tidak menganalisis struktur bagian pondasi. Software yang digunakan untuk menganalisis struktur adalah SAP 2000 V.14 sesuai dengan ketentuan dalam memberikan beban SNI 03-2847-2002, SNI 03-1726-2012, SNI 1729:2015.

TINJAUAN PUSTAKA

Infrastruktur merupakan semua jenis struktur yang dibuat oleh manusia dan dibutuhkan untuk kepentingan umum dan pribadi (Suprayitno dan Soemitro, 2018). Pada bidang pelayanan, Mall Pelayanan Publik adalah infrastruktur yang sangat bermanfaat dalam upaya pencapaian kesuksesan suatu

otorits daerah, supaya manfaat yang diharapkan dapat dicapai, maka insfrastruktur harus dikelola dengan sebaik-baiknya.

Di Negara Indonesia sudah mempunyai pedoman dalam menghitung struktur beton. Hal tersebut tertuang pada SNI dan Undang-Undang. Berikut adalah ketentuan yang dipakai yaitu :

1. Structure Analisis Progran (SAP)-2000
2. Pedoman Persyaratan Beton Struktural pada Bangunan Gedung SNI 2847-2019 / ACI 318-14 / (SRPMK)
3. Pedoman Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729-2020 / AISC 360-16 (LRFD-OMF)
4. Pedoman Baja Tulangan Beton SNI 2052-2017
5. Pedoman Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2020
6. Pedoman Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung SNI 1726 – 2019 (IBC 2012) 8. Dan Peraturan lainnya yang terkait dan relevan.

Jika berkaca pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, beban-beban yang menjadi perhitungan merupakan beban mati, beban hidup, beban angin serta beban gempa. Untuk memperjelas hal di atas, berikut akan diuraikan terkait dengan beban-beban tersebut :

1. Beban Hidup (Live Load) – pada plat ialah

seluruh beban yang ditimbulkan dari penggunaan gedung, termasuk dari adanya pemindahan barang, mesin dan peralatan yang saling berkaitan dengan gedyng dan bisa diganti selama masa aktif dar gedung tersebut dengan begitu akan menyebabkan lantai dan atap gedung mengalami perubahan. -Beban Hidup = 250 kg/m^2 - Beban Hidup Lift = 1600 kg/m^2 .

2. Beban Mati (Dead Load) – pada plat & Joint Structure merupakan berat dari seluruh bagian gedung yang sifatnya permanen, termasuk berbagai macam tambahan, mesin-mesin dan peralatan tetap yang sangat berkaitan dengan gedung tersebut - Beban M/E = 50 kg/m^2 - Beban Finishing Lantai Keramik = 24 kg/m^2 - Beban Pas. Dinding $\frac{1}{2}$ Bata = 250 kg/m^2 - Berat Sendiri Plafond = 7 kg/m
3. Beban Angin – pada plat atap & Joint Structure ialah beban yang ditimbulkan dari hembusan angin yang meliputi angin tekan dan angin hisap di mana bebannya diarahkan tegak lurus dengan bidang atapnya.

- Beban angin Hisap $25 \text{ kg/ meter persegi}$

- Beban angin Tekan $40 \text{ kg/ meter persegi}$

4. Beban Gempa (*Earthquake Load*) merupakan seluruh beban statistik ekivalen yang berkaitan dengan gedung ataupun bangunan yang mengikuti pengaruh dari pergeseran tanah karena adanya gempa. Terkait dengan hal tersebut

pengaruh gempa terhadap struktur bangunan dipengaruhi oleh respon spektrum dari hasil PUSKIM gempa daerah Kab. Kudus. Untuk gempa rangka beton menggunakan IBC 2012 / SNI 2019.

Pendapat dari Asroni (2010) menjelaskan jika ada sejumlah parameter yang digunakan untuk menganalisis struktur eksisting terkait dengan adanya penambahan ruang kelas baru, di antaranya yaitu : [1]

1. $R_r \geq R_u$ (1)

Kuat rencana R_r adalah sebuah kekuatan gaya dalam (terdapat di dalam struktur), kemudian kuat perlu R_u adalah kekuatan gaya luar (terdapat di luar struktur), yang berkaitan dengan struktur, sehingga semestinya kuat rencana $R_r >$ kuat perlu R_u .

Dimana :

R_r : Kuat rencana

R_u : Kuat perlu

2. $\phi M_n \geq M_u$ (2)

Dimana :

ϕ : Faktor Reduksi

M_n : Momen Nominal

M_u : Momen Ultimit

3. $\phi V_n > V_u$ (3)

Dimana :

ϕ : Faktor Reduksi

V_n : Momen Nominal

V_u : Momen Ultimit

4. Berdasarkan pendapat dari Setiawan

(2013) ketentuan yang harus dipenuhi dalam tahanan balok desain yaitu :

$$\phi b M_n > M_u$$

Dimana :

$$\phi b : 0,90$$

M_n : tahanan momen nominal

M_u : momen lentur akibat beban terfaktor

Rumus yang digunakan untuk menghitung perkuatan *concrete jacketing* adalah :

$$1. M_n = \frac{M_u}{\phi} \text{ (n.mm)}$$

Dimana :

ϕ : Faktor reduksi (0,80)

M_n : Tahanan momen nominal

M_u : Momen lentur akibat beban terfaktor (didapatkan dari hasil analisis SAP 2000 v14)

$$2. V_n = \frac{V_u}{\phi} \text{ (kN)}$$

Dimana :

ϕ : Faktor Reduksi (0,80)

V_n : Momen Nominal

V_u : Momen Ultimit (nilai didapatkan dari output analisis SAP 2000 v14)

3. Balok terkekang lateral

$$q_u = 1,2DL + 1,6LL$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

Dimana:

q_u : beban terfaktor

$$\phi b : 0,90$$

M_n : tahanan momen nominal

Mu : momen elastis karena beban terfaktor

Penelitian yang dilaksanakan Aswin, 2019 [2] menyebutkan jika *Over strength factor* adalah nilai kekuatan lebih yang didapatkan dari elemen struktur beton bertulang yang diakibatkan oleh penampang yang sudah mencapai kapasitas ultimit dibandingkan dengan kapasitas penampang ketika leleh atau kapasitas ultimit yang diperlukan sudah tercapai. [2]

3. Analisis dengan tambahan beban dan penguatan strukturnya.

Setelah menganalisis tahapan ke-1 dan ke-2 maka akan mendapatkan output berupa kondisi elemen struktur yang terjadi kegagalan ataupun *over strength* di mana hal tersebut terlihat jika elemen strukturnya berwarna merah, kemudian perkuatannya dianalisis menggunakan teknik *concrete jacketing* dan profil baja, dalam tahapan ke-3 mengadakan analisis modelling yang dimaksudkan untuk melihat pengaruh pasca diberikan perkuatan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bangunan Mall Pelayanan Publik Kab. Kudus yang beralamat di Komplek Kantor Bupati, Kab. Kudus, Jawa Tengah. Waktu penelitian pada bulan November 2022. Ada dua data yang dipakai, yakni data primer yang dikumpumpulkan melalui hasil pengujian dengan tes hammer dan mengukur dimensi struktur gedung, dan kedua menggunakan data sekunder yaitu literasi tentang struktur gedung misalnya SNI 03-2847-2002.

Software yang digunakan untuk menganalisis adalah SAP 2000 v14, dalam analisis ini terdapat tiga tahapan, yakni:

1. Analisis struktur dengan melakukan evaluasi pada struktur gedung eksisting.
2. Analisis struktur eksisting dengan tambahan beban Lantai Baru.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Struktur Eksisting

Hasil kajian yang sudah dilakukan dari pengumpulan informasi mengenai struktur eksisting disajikan dalam Gambar 1 s/d 8, dengan data-data seperti di bawah ini :

Fungsi bangunan = Bangunan Pelayanan Publik

Jumlah lantai = 2

Notasi lantai =

Lantai 1 diberikan notasi Lt. 1

Lantai 2 diberikan notasi Lt. 2

Kolom = K 50 x 50 cm

Balok = BL 70 x 40 cm
dan BL 50 x 30 cm

Tebal plat Lt. 2 = 120 mm

Kualitas beton = K-250
($f_c' = 20,75$ Mpa)

Modulus Elastisitas = 21409,52

Berat Jenis beton bertulang = 2400 kg/m^3

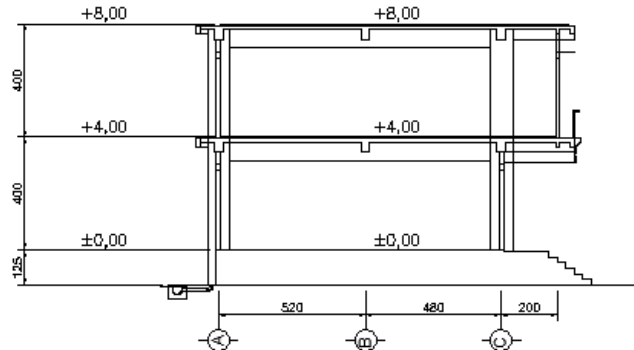
Kualitas Baja = $F_y 390 \text{ Mpa (BJTD 400)}$

Hammer Test digunakan untuk menguji

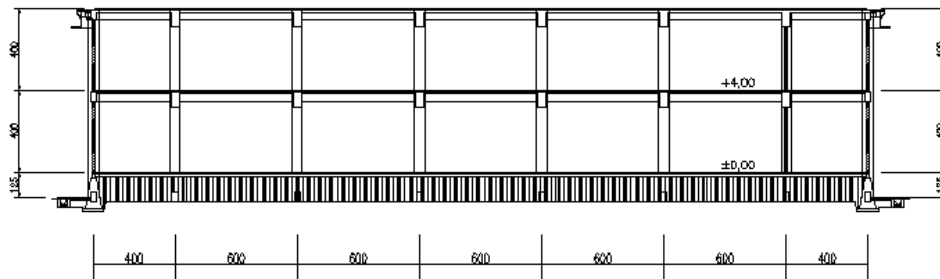
= $F_y 240 \text{ Mpa (BJTP 240)}$

kualitas beton.

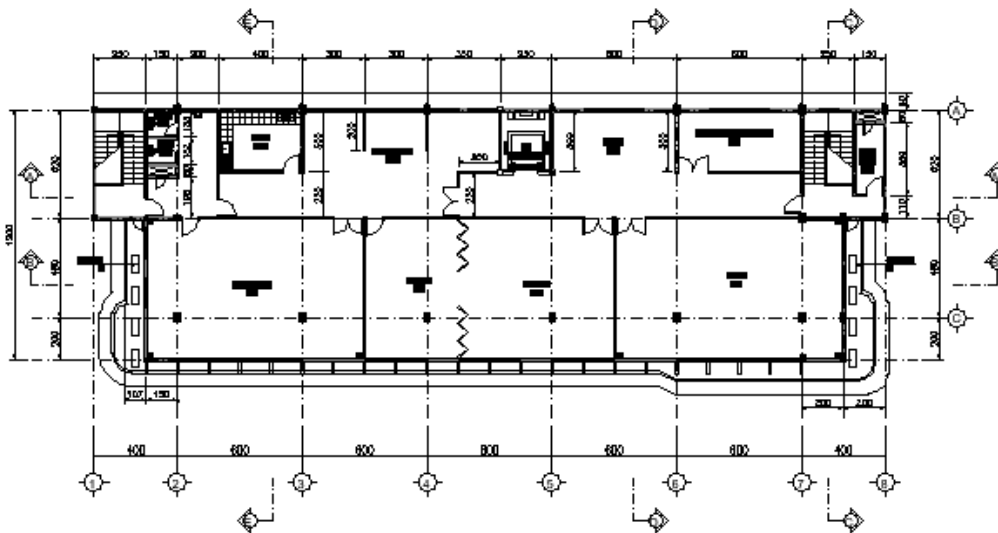
Berat jenis besi tulangan = 7833 kg/cm^3



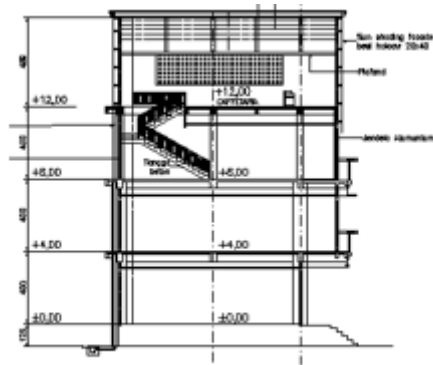
Gambar 1. Potongan melintang eksisting



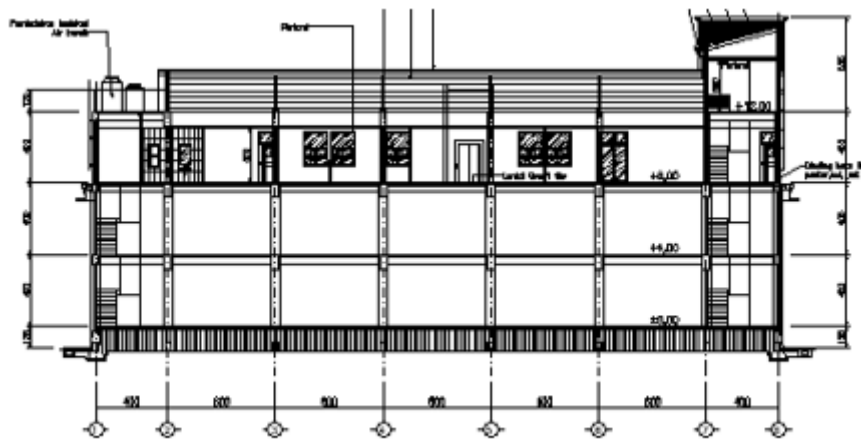
Gambar 2. Potongan memanjang eksisting



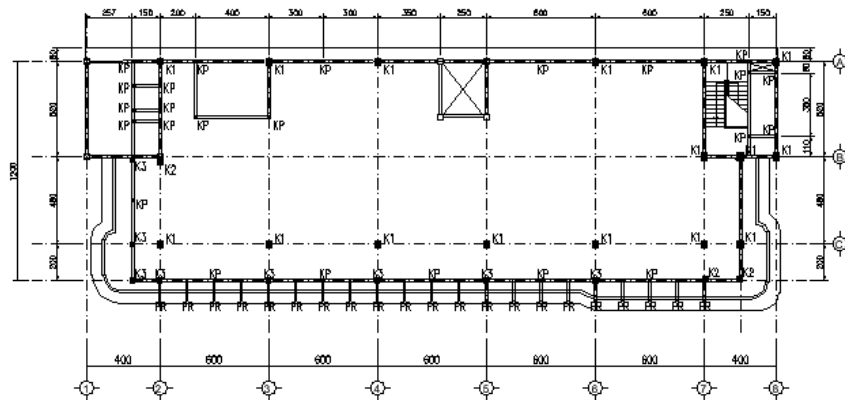
Gambar 3. Denah Rencana penambahan lantai



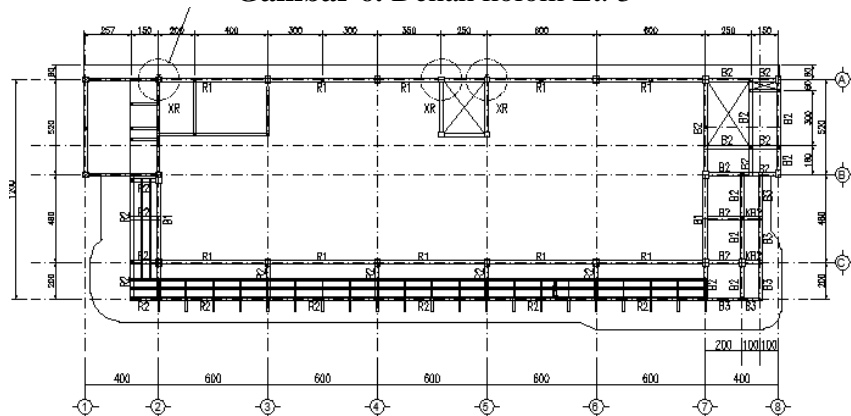
Gambar 4. Potongan melintang rencana



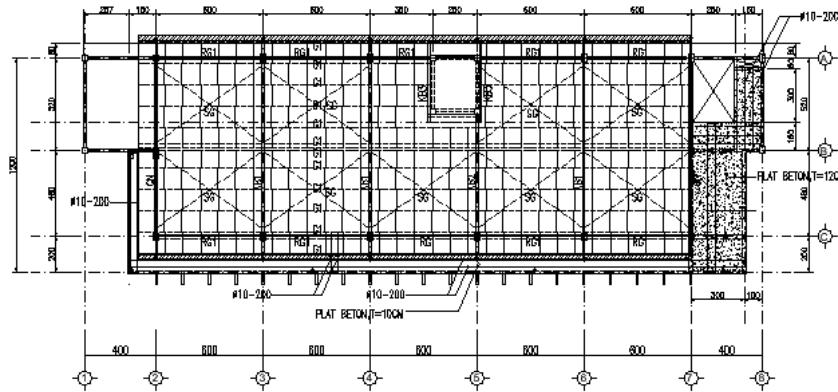
Gambar 5. Potongan memanjang rencana



Gambar 6. Denah kolom Lt. 3



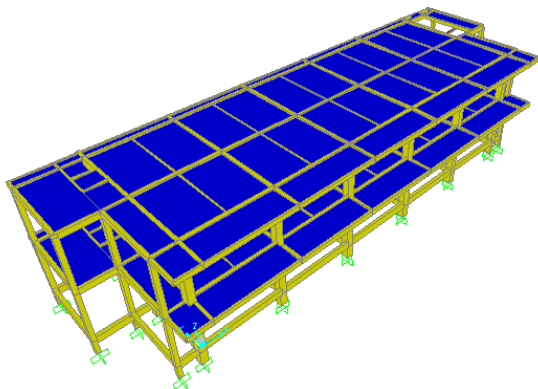
Gambar 7. Denah Ring Balk Lt. 3



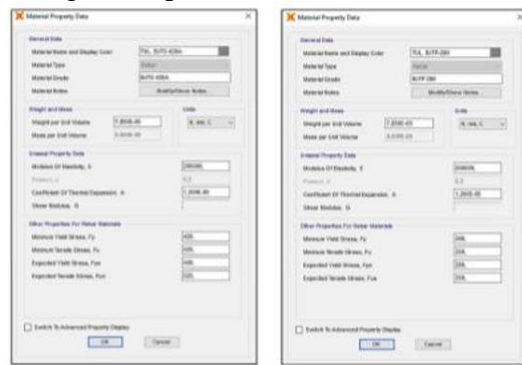
Gambar 8. Denah Rangka Atap

Analisis Tahap 1

Sesuai dengan data eksisting yang didapatkan, selanjutnya dengan menggunakan Software SAP 2000 v14 dilakukan permodelan.



Gambar 9. Permodelan Struktur Eksisting (Base 2 lantai)



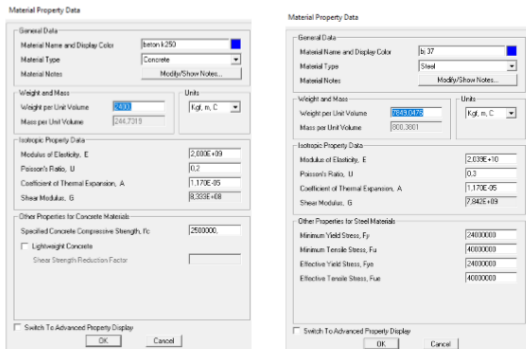
Material Tul. BJTS - 420 (fy 420 MPa)

Material Tul. BJTP - 280 (fy 280 MPa)

Beban Gempa

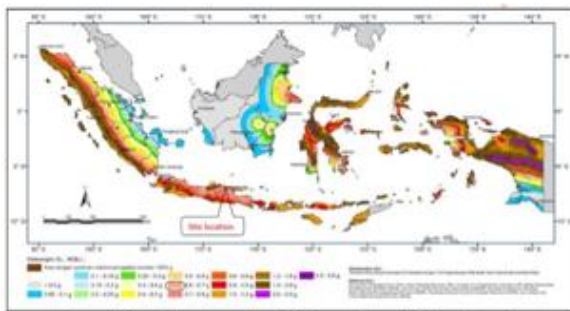
Percepatan gempa rencana dan masa total struktur sangat menentukan besar beban gempa. Masa total struktur meliputi berat sendiri elemen strukturnya, beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor reduksi 0,8. Percepatan gempa didapatkan dari data zona 4 peta wilayah gempa (SNI 03-1726-2019) ditampilkan dalam Gambar 10, kurva spektrum gempa rencana yang didapatkan dari tempat penelitian ditampilkan dalam Gambar 11.

Mutu material



Material beton K-250 (fc' 20,75 MPa)

Material profil baja BJ37 (fu 370 MPa)



(Sumber: puskim.pu.go.id)
Gambar 10. Peta Zonasi Gempa



(Sumber: puskim.pu.go.id)
Gambar 11. Kurva Spektrum Gempa Rencana

Kombinasi Pembebanan

Kuat perlu merupakan kekuatan minimal struktur yang dibutuhkan supaya bisa

menopang kombinasi dari beban gempa. Kuat perlu harus dihitung dengan ketentuan persamaan di bawah ini:[3]

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan

1	$U = 1,4 DL$	8	$U = 0,9 DL + 1,0 Fx - 0,3 Fy$
2	$U = 1,2 DL + 1,6 LL$	9	$U = 0,9 DL - 1,0 Fx + 0,3 Fy$
3	$U = 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 Fx + 0,3 Fy$	10	$U = 0,9 DL - 1,0 Fx - 0,3 Fy$
4	$U = 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 Fx - 0,3 Fy$	11	$U = 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3 Fx + 1,0 Fy$
5	$U = 1,2 DL + 1,0 LL - 1,0 Fx + 0,3 Fy$	12	$U = 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3 Fx - 1,0 Fy$
6	$U = 1,2 DL + 1,0 LL - 1,0 Fx - 0,3 Fy$	13	$U = 1,2 DL + 1,0 LL - 0,3 Fx + 1,0 Fy$
7	$U = 0,9 DL + 1,0 Fx + 0,3 Fy$	14	$U = 1,2 DL + 1,0 LL - 0,3 Fx - 1,0 Fy$

Dimana :

U = Kuat perlu, [kN atau kN.m]

DL = Beban mati, bisa berbentuk momen ataupun gaya yang diakibatkan oleh beban mati,

Hasil analisis kolom dan balok dengan mengkombinasikan pembebanan yang sudah ditentukan ditampilkan dalam Gambar. 12.

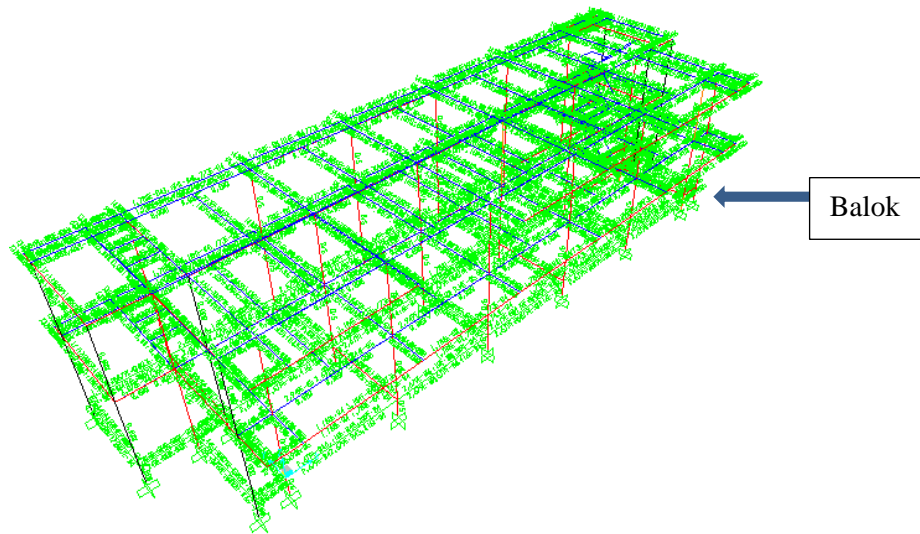
Terlihat jika terdapat elemen balok yang terjadi *O/S* yang diindikasikan dengan munculnya warna merah, elemen struktur yang terjadi didapatkan dari hasil

LL = Beban hidup, dapat berupa momen maupun gaya dalam akibat beban hidup,

Fx = Beban gempa arah X

Fy = Beban gempa arah Y

mengkombinasikan pembebanan 14 (Tabel 1) berupa faktor beban mati, beban hidup dan beban gempa.

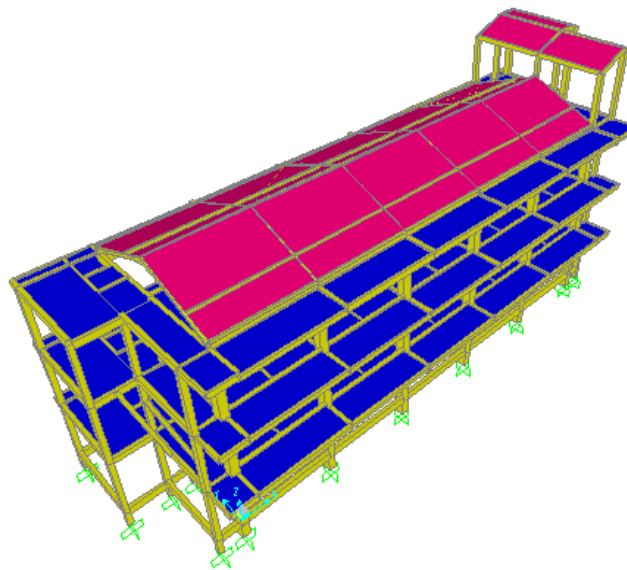


Gambar 12. Hasil Analisis Struktur

Analisis Tahap Ke-2

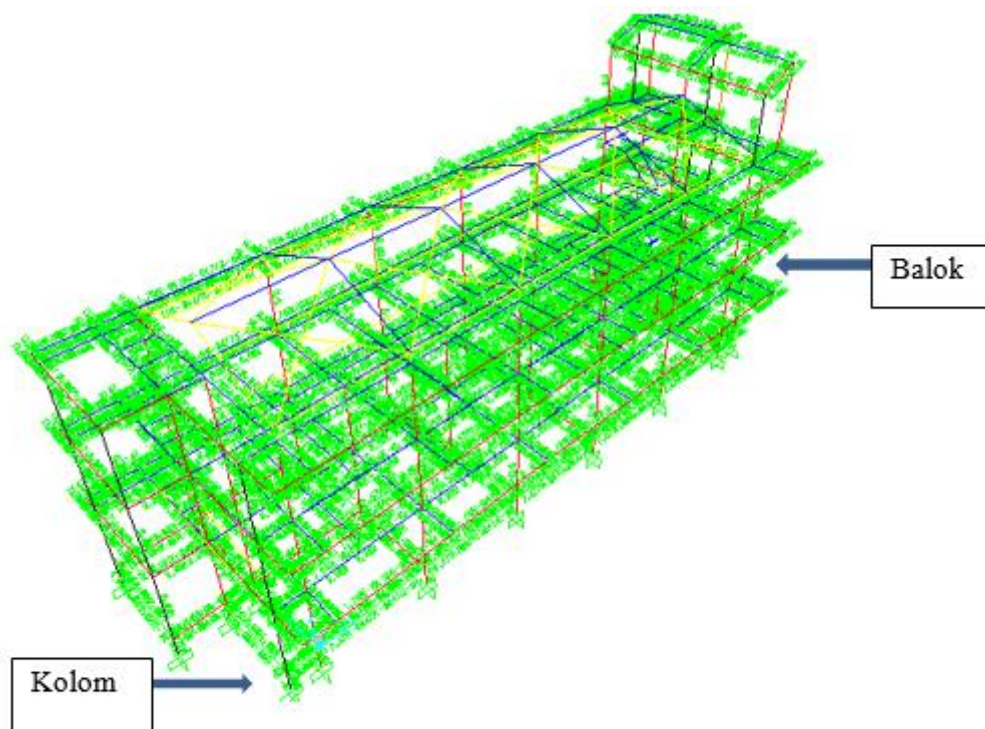
Sama halnya dengan permodelan struktur eksisting, permodelan struktur eksisting dengan beban tambahan lantai baru dilakukan

dengan menggunakan SAP 2000 v14 yang sama dengan analisis tahap 1 perbedaannya adalah pada penambahan lantai bangunan eksisting menjadi 3 lantai.



Gambar 13. Model Struktur Tambahan Lantai Baru

Hasil analisis memperlihatkan jika elemen struktur kolom dengan ukuran 50 x 50 cm dengan bentang tinggi 4 m pada lantai 1, lantai 2 dan lantai 3 dan juga elemen struktur balok dengan ukuran 30 x 70 pada lantai 2 dan 3 terjadi *over strength* (O/S) dalam kombinasi 14 (Tabel 1) disajikan dalam Gambar 14.



Gambar 14. Elemen Struktur Mengalami *Over Strength* (Garis Merah)

Analisis Tahap 3

Sesudah mendapatkan hasil dari analisis tahapan 1 dan 2, dengan demikian dibutuhkan kekuatan tambahan, supaya dapat melihat metode perbaikan manakah yang sangat efektif dipandang dari sisi keamanan, dan pelaksanaan pekerjaan, maka ada dua metode perbaikan yang dilakukan yakni, metode *concrete jacketing* dan penguatan profil baja WF

1. Metode *Concrete Jacketing*

Sesuai dengan hasil analisis perhitungan penguatan untuk :

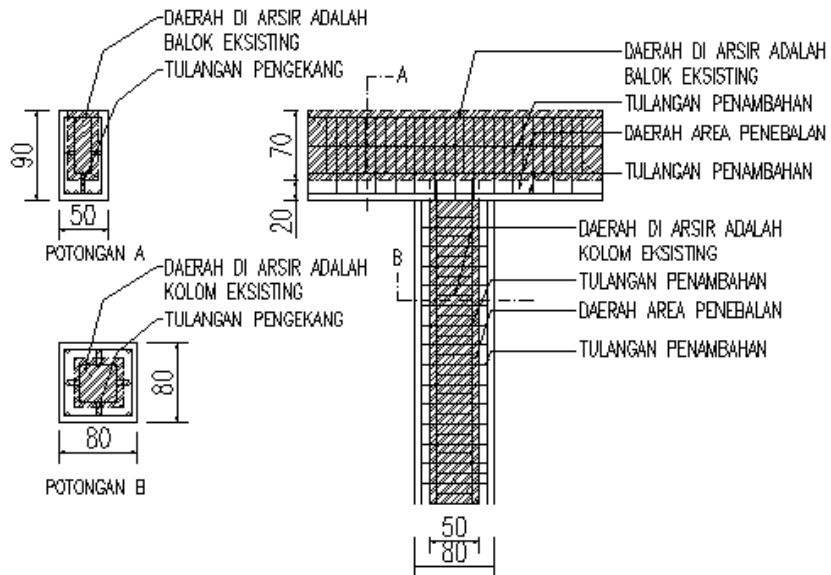
- a. Kolom eksisting 50x50 diketahui mengalami *over strength* dan dibutuhkan perkuatan dengan cara merubah dimensi jadi 80 x 80 cm,

tulangan longitudinal 8 D – 19, tulangan geser Ø10 – 100, dan kualitas beton 20,75 MPa dengan menambahkan tulangan ditampilkan dalam Gambar 15.

- a. Balok eksisting 70 x 30 cm terlihat mengalami *over strength* dan dibutuhkan penguatan dengan cara merubah dimensi jadi 90 x 50 cm, tulangan longitudinal 7D – 16, tulangan geser Ø10 – 100, dan kualitas beton 20,75 MPa dengan menambahkan tulangan ditampilkan dalam Gambar 15, dalam menambahkan tulangan diberikan tulangan pengegang antara tulangan longitudinal eksisting dengan

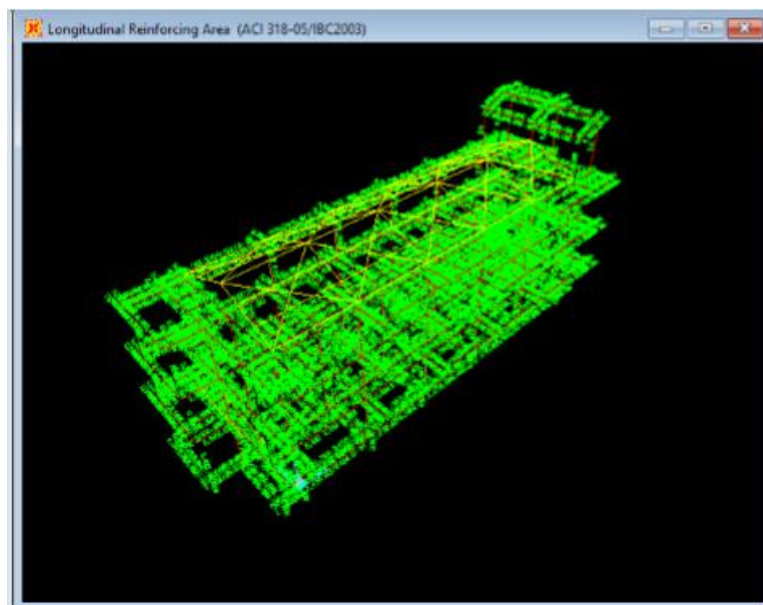
tulangan longitudinal yang baru caranya dengan membobok struktur eksisting lalu diberikan tulangan pengekang lalu dilas supaya tulangan

longitudinal baru menjadi tidak elastis.



Gambar 15. Penambahan Dimensi Kolom dan Balok

Hasil permodelan perkuatan dengan ditunjukkan pada Gambar 16. menggunakan software SAP 2000 V 14,

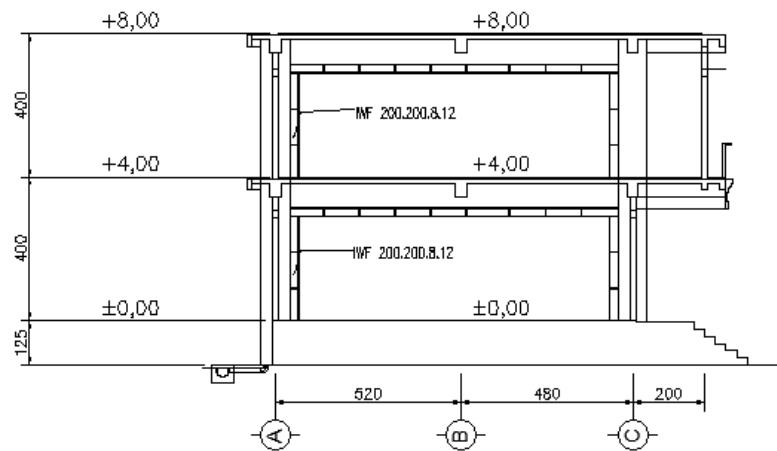


Gambar 16. Hasil Analisis Perkuatan *Concrete Jacketing*

2. Metode Penguatan Melalui Penambahan Profil Baja IWF [4]

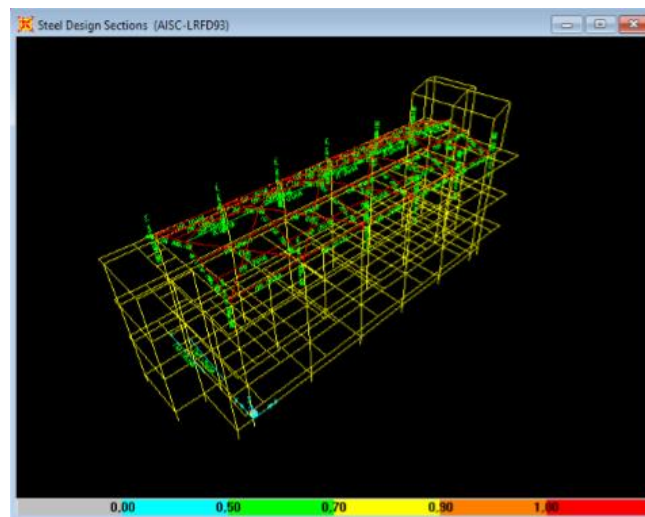
Sesuai dengan hasil perencanaan penguatan portal baja menggunakan teknik perencanaan kondisi batas pada balok beton bertulang yang terjadi *over strength*, penguatan mempergunakan profil baja IWF 200.200.8.12, dengan

profil baja dikatakan dapat menopang beban yang bekerja terhadap struktur. Dalam menyambungkan antar baja dilaksanakan dengan system las dan dengan balok beton eksisting mempergunakan angkur setelah itu diberikan chemical angkur.



Gambar 17. Portal Profil Baja

Hasil permodelan perkuatan dengan ditunjukkan pada Gambar 18. mempergunakan software SAP 2000 V 14,



Gambar 18. Hasil Analisis Perkuatan IWF

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang sudah dilaksanakan dengan berbantuan Software SAP 2000 v14 dapat disimpulkan yaitu :

1. Struktur bangunan eksisting tidak mampu menopang beban yang diakibatkan oleh adanya tambahan ruang kelas baru ditinjau dari elemen balok struktur yang terjadi *over strength (O/S)* yang terindikasi jika elemen struktur balok berwarna merah.
2. Struktur bangunan eksisting yang sudah di tambahkan lantai baru bisa menopang beban karena adanya penambahan lantai baru ditinjau dari elemen kolom dan balok struktur yang terjadi *over strength (O/S)* yang terindikasi jika elemen struktur balok berwarna merah.
3. Terdapat dua metode yang digunakan untuk menganalisis perkuatan, yaitu :
 - a. Penguatan dengan metode *concrete jacketing*, menambah dimensi elemen balok struktur yang awalnya berukuran 70 x 30 cm dirubah jadi 90 x 50 cm dengan tulangan longitudinal 7D16, tulangan geser Ø10-100, dan kualitas beton 20,75 Mpa

- b. Penguatan dengan metode *concrete jacketing*, menambah dimensi elemen kolom struktur yang awalnya berukuran 50 x 50 cm dirubah jadi 80 x 80 cm dengan tulangan longitudinal 8D19, tulangan geser Ø10-100, dan kualitas beton 20,75 Mpa
- c. Penguatan dengan metode menambahkan profil baja WF 200.200.8.12 untuk menopang elemen struktur balok

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Asroni, Ali. (2010). Balok dan Plat Beton Bertulang. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [2]. Aswin, M. (2010). Nilai *over strength* factor pada balok beton bertulang yang menggunakan serat bendrat dan tulangan baja yang sudah mengalami pembengkokan (Kajian analitis dan eksperimental). Jurnal Rekayasa Struktur & Infrastruktur, Vol. 4, No.1, Hal: 44-54.
- [3]. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
- [4]. Setiawan, Agus. (2013). Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Erlangga. Jakarta.
- [5]. SNI 03-1726-2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung