

## STUDI PERBAIKAN ELEMEN KOLOM STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG DENGAN SISTEM KOLOM KOMPOSIT

Abdullah Latip<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

In the last few years we often hear of many buildings that have been damaged or collapse caused by many factors such as design errors, overloading, wrong construction method, fire, or earthquakes. Various methods of structural reinforcement and retrofitting have been developed with the aim of finding the most effective and efficient methods. In this research is used retrofitting method by adding steel plate structure in reinforced concrete column. This method is done by adding the steel plate to the reinforced concrete column which will increase the moment of inertia so that it will improve the ability of the structure to hold the working load. In this research used 3,2 mm thick of plate. With the addition of this steel plate the column strength is eligible to withstand the loads.

**Keywords:** Reinforced Concrete Column, Retrofitting, Steel Plate.

### 1. PENDAHULUAN

Beton bertulang merupakan salah satu material yang paling populer digunakan pada sebagian besar bangunan baik besar maupun kecil, misalnya untuk gedung, jembatan, bendungan, dinding penahan tanah, saluran irigasi dan masih banyak lagi. Dalam penulisan ini lebih banyak ditekankan pada struktur bangunan yang telah mengalami kerusakan ataupun setelah dianalisis ternyata tidak memenuhi persyaratan desain, sehingga masih bisa diupayakan dalam penggunaannya. Salah satu metode perkuatan untuk menyelesaikan permasalahan pada kolom beton bertulang yang tidak memenuhi persyaratan desain dan dikhawatirkan bisa mengalami keruntuhan akibat beban adalah dengan melakukan perkuatan dengan penambahan profil baja baik itu berupa profil canal ataupun profil WF atau pelat baja. Dalam penelitian ini digunakan pelat baja sebagai tambahan struktur pada kolom beton bertulang yang mengalami bermasalah. Penambahan pelat pada bagian samping kolom beton bertulang akan meningkatkan kekuatan kolom dalam menahan beban yang bekerja. Hal ini dikarenakan penambahan pelat baja tersebut akan meningkatkan momen inersia dan luasan penampang yang secara langsung akan meningkatkan kapasitas momen lentur, kekuatan geser dan kemampuan memikul beban aksial kolom beton bertulang.

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan yang akan di angkat dalam penelitian ini yaitu berapa tebal pelat baja yang harus ditambahkan pada kolom yang secara teknis tidak kuat dan telah mengalami kerusakan akibat beban yang bekerja dan bagaimana metode pemasangan pelat baja agar penampang hasil perkuatan dapat bekerja secara maksimal.

Perkuatan struktur menurut Triwiyono (2004) dilakukan untuk bangunan yang riskan terhadap beban baru yang akan harus didukung, sehingga perlu meningkatkan kemampuan bangunan tersebut atau menambahkan elemen struktur baru yang tidak tersedia atau dianggap tidak ada pada saat struktur di bangun. Perkuatan struktur biasanya dilakukan sebagai upaya pencegahan sebelum struktur mengalami kehancuran. Sedangkan perbaikan struktur diterapkan pada bangunan yang telah rusak, yaitu merupakan upaya untuk mengembalikan fungsi struktur seperti semula setelah terjadi penurunan kekuatan. Jika bangunan tidak segera ditangani perbaikan atau perkuatannya, kerusakan dapat berlanjut lebih parah lagi. Agar bangunan yang sudah rusak dapat terus difungsikan, diperlukan tindakan rehabilitasi yang dapat berupa perbaikan (retrofit) atau perkuatan (strengthening).

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Dipohusodo, 1999).

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberi perkuatan

<sup>1</sup> Korespondensi penulis: Abdullah Latip, Telp 81 14007399, latip-uh03@poliupg.ac.id

penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul di dalam sistem (Dipohusodo, 1999).

Komponen kolom beton bertulang yang menerima beban tekan harus memenuhi persyaratan rencana sebagai berikut :

1. Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.  
Kombinasi pembebanan yang menghasilkan rasio maksimum dari momen terhadap beban aksial juga harus diperhitungkan.
2. Pada konstruksi rangka atau struktur menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar ataupun dalam harus diperhitungkan. Demikian pula pengaruh dari beban eksentris karena sebab lainnya juga harus diperhitungkan.
3. Dalam menghitung momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjauh kolom dapat dianggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu (monolit) dengan komponen struktur lainnya.
4. Momen-momen yang bekerja pada setiap level lantai atau atap harus didistribusikan pada kolom di atas dan di bawah lantai tersebut berdasarkan kekakuan relatif kolom dengan juga memperhatikan kondisi kekangan pada ujung kolom

Menurut Dipohusodo (1994), apabila penampang beton bertulang mengandung jumlah tulangan tarik lebih banyak dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan, maka penampang tersebut disebut bertulangan lebih (*overreinforced*). Berlebihnya tulangan tarik menyebabkan garis netral bergeser kebawah. Hal ini mengakibatkan beton mendahului mencapai regangan maksimum 0,003 sebelum tulangan tariknya leleh. Dalam perencanaan elemen kolom, ada beberapa asumsi yang dipersyaratkan dalam SNI 2847:2013 sebagai berikut :

1. Regangan pada beton dan baja dianggap proporsional terhadap jarak ke sumbu netral.
2. Keseimbangan gaya dan kompatibilitas regangan harus dipenuhi.
3. Regangan maksimum yang dapat dipakai pada serat tekan ekstrim beton diambil 0,003.
4. Kuat tarik beton diabaikan dalam perhitungan.
5. Tegangan pada tulangan baja adalah  $f_s = \epsilon E_s < f_y$ .
6. Blok tegangan beton dianggap berbentuk persegi sebesar  $0,85f'_c$  yang terdistribusi merata dari serat tekan terluar hingga setinggi  $a = \beta_1 c$ , dengan  $c$  adalah jarak dari serat tekan terluar ke sumbu netral penampang.

Adapun persyaratan dimensi rancangan untuk komponen kolom beton bertulang yang menerima beban tekan sebagai berikut :

1. Komponen struktur tekan terisolir dengan dua atau lebih spiral.  
Batas luar penampang efektif dari suatu komponen struktur tekan terisolir dengan dua atau lebih spiral yang saling berkaitan harus diambil pada suatu jarak di luar batas terluar dari spiral sejauh tebal selimut beton minimum.
2. Komponen struktur tekan yang dibuat monolit dengan dinding.  
Batas luar penampang efektif dari suatu komponen struktur tekan dengan tulangan spiral atau sengkang pengikat yang dibuat monolit dengan suatu dinding atau pilar beton tidak boleh diambil lebih dari 40 mm di luar batas tulangan spiral atau sengkang pengikat.
3. Komponen struktur tekan bulat ekuivalen.  
Bila dalam perencanaan suatu komponen struktur tekan dengan penampang persegi, oktagon, atau bentuk lainnya tidak digunakan luas bruto penuh penampang yang ada, maka sebagai alternatif penampang tersebut boleh dianggap sebagai suatu penampang bulat ekuivalen dengan diameter yang sama dengan dimensi lateral terkecil dari bentuk penampang sesungguhnya. Luas bruto yang diperhitungkan, persentasi tulangan perlu, dan kuat rencana harus didasarkan pada penampang bulat tersebut.
4. Batasan penampang.  
Penentuan tulangan dan kuat rencana minimum dari suatu komponen struktur tekan dengan penampang yang lebih besar dari yang diperlukan berdasarkan peninjauan pembebanan yang ada boleh dilakukan dengan menggunakan suatu luas efektif penampang yang direduksi  $g A$  yang nilainya tidak kurang dari setengah luas total penampang yang ada. Ketentuan ini tidak berlaku pada wilayah dengan resiko gempa tinggi.

Adapun persyaratan pembatasan untuk tulangan komponen struktur tekan adalah sebagai berikut :

1. Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas bruto penampang  $A_g$ .
2. Jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segi empat atau lingkaran, 3 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segi tiga, dan 6 untuk batang tulangan yang dilingkupi oleh spiral

Beban yang bekerja pada kolom dapat berupa beban aksial, beban lentur dan geser ataupun kombinasi dari beban-beban tersebut. Khusus untuk beban aksial dapat dibagi menjadi beban aksial sentris dan beban aksial eksentris. Sedangkan untuk momen juga dibagi menjadi 2 yaitu momen satu arah (uniaxial) dan momen 2 arah (biaxial). Dikatakan uniaxial jika momen yang bekerja hanya pada satu arah sumbu saja misalnya sumbu x atau sumbu y dan dikatakan biaxial jika bekerja pada kedua sumbu secara bersamaan.

Sebuah kolom dengan luas penampang beton  $A_g$ , lebar penampang  $b$ , tinggi penampang  $h$ , dan luas total tulangan pada kolom  $A_{st}$ , maka bentuk kurva hubungan antara beban aksial dan regangan aksial pada kolom beton akibat beban terpusat seperti pada gambar 1 dibawah ini.

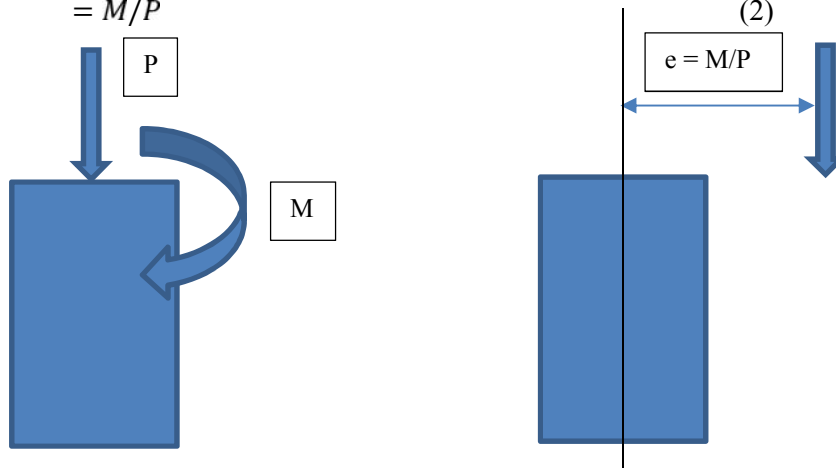
Besarnya beban aksial maksimum yang mampu ditopang oleh penampang tersebut adalah :

$$P_o = 0,85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \tag{1}$$

Akan tetapi karena kenyataan dilapangan sangat jarang beban yang benar-benar sentris diakibatkan oleh berbagai hal baik oleh karena posisi beban hidup yang cenderung tidak tetap atau akibat proses konstruksi yang kurang baik maka perlu adanya pembatasan eksentrisitas minimum sebesar :

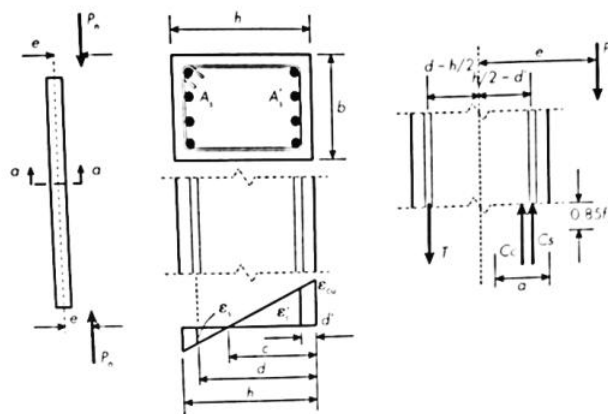
Pada suatu kolom yang bekerja beban aksial dan lentur secara bersamaan, maka gaya aksial dan momen tersebut dapat digantikan dengan suatu gaya aksial ( $P$ ) dengan eksentrisitas sejauh ( $e$ ), dimana :

$$M = P \cdot e \tag{2}$$



Gambar 1. Beban pengganti ( $P$ ,  $M$  dan  $e$ )

Bila nilai regangan baja relative kecil, maka seluruh penampang kolom akan tertekan dan sebaliknya jika regangan baja cukup besar maka sebagian kolom akan menerima tekan dan sebagian lagi akan menerima tarik sehingga kegagalan yang mungkin terjadi adalah hancurnya kolom pada daerah yang tekan disertai pelelehan tulangan tekan.



Gambar 2. Beban eksentris pada penampang dengan tulangan dua sisi

Tulangan tekan pada kolom yang dibebani eksentris pada tingkat beban ultimit umumnya mencapai tegangan leleh, sehingga diasumsikan dalam perhitungan bahwa tulangan tekan sudah leleh, kemudian regangan diperiksa apakah memenuhi ketentuan :

$$f's = f_c = f_c \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya tarik tulangan (T)} &= A_s \cdot f_s \\ \text{Gaya tekan beton (Cc)} &= 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \\ \text{Gaya tekan tulangan (Cs)} &= A_s' \cdot f'_s \\ \text{Beban aksial nominal} &= P_n \end{aligned}$$

$$C = T$$

$$C + C' = T + P$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f'_s = A_s \cdot f_c + P$$

$$P = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f'_s - A_s \cdot f_c \quad (4)$$

$$\text{Momen luar nominal} = M_n$$

$$M = P \cdot e = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \left( \frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f'_s \left( \frac{h}{2} - d' \right) + A_s \cdot f_c \left( d - \frac{h}{2} \right) \quad (5)$$

Untuk mengetahui apakah penampang kolom tersebut kuat atau tidak dalam menerima beban maka dilakukan pengecekan dengan persamaan :

$$\phi M > M \quad (6)$$

$$\phi P_n > P \quad (7)$$

Dalam praktek, komponen struktur tidak hanya terdiri dari satu bahan saja seperti baja atau kayu tetapi komponen struktur dapat juga terdiri dari kombinasi 2 bahan misalnya bahan beton dikombinasi dengan bahan baja, contohnya antara lain beton bertulang. Bahan kayu juga dapat dikombinasi dengan bahan baja, dengan bahan baja yang berfungsi sebagai penguat

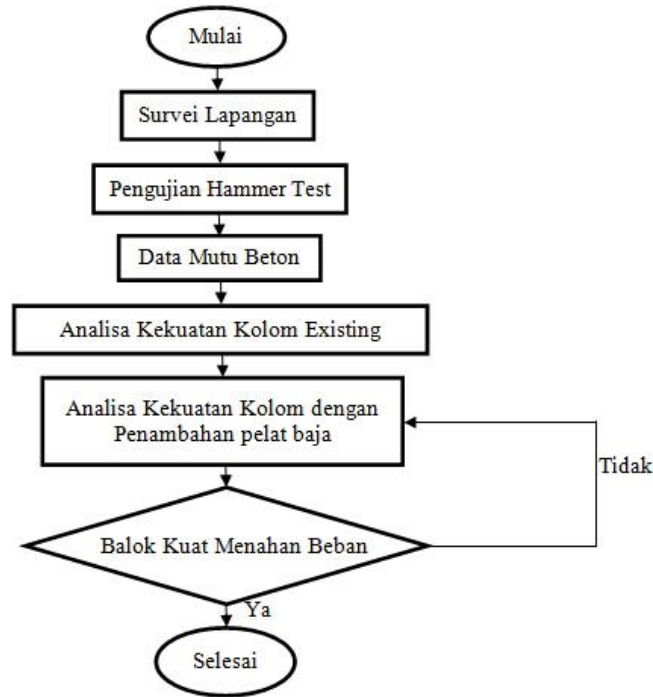
Apabila sebuah penampang balok terdiri dari dua bahan (bahan 1 dan bahan 2) mengalami momen lentur, maka deformasi (regangan) yang terjadi pada penampang akan tetap sebanding dengan jaraknya ke garis netral. Walaupun regangan yang terjadi sama pada pertemuan kedua bahan, berdasarkan hukum Hooke tegangan yang terjadi pada serat penampang pada masing-masing bahan akan berbeda besarnya, hal ini diakibatkan oleh nilai modulus elastisitas yang berbeda pada masing-masing bahan.

Dalam menghitung tegangan pada penampang dengan dua bahan maka penampang dibuat menjadi salah satu bahan padanan dengan ukuran penampang sesuai dengan perbandingan nilai modulus elastisitas kedua bahan tersebut.

$$n = \frac{E_1}{E_2} \quad (8)$$

## 2.METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian mengikuti diagram alir seperti pada Gambar 2. Secara detail prosedur penelitian mengikuti langkah-langkah sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Objek penelitian adalah salah satu kantor pelayanan publik di kota Pare-pare. Dimana struktur bangunan tersebut tersusun dari struktur rangka beton bertulang biasa. Pada salah satu kolom lantai 1 yang menopang lantai 2 dengan tinggi kolom 4 meter telah terjadi retak-retak pada permukaan kolom. Hal ini tentunya sangat mengkhawatirkan karena bangunan tersebut berfungsi sebagai sarana pelayanan publik yang tentunya selalu ramai sehingga jika terjadi kegagalan atau keruntuhan dapat memakan korban jiwa yang tidak sedikit. Atas dasar tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk memberikan solusi perbaikan dan perkuatan yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan. Pengambilan data lapangan antara lain adalah data “hammer test” dan pengamatan pola retak pada balok yang melendut tersebut

### 3. HASILDANPEMBAHASAN

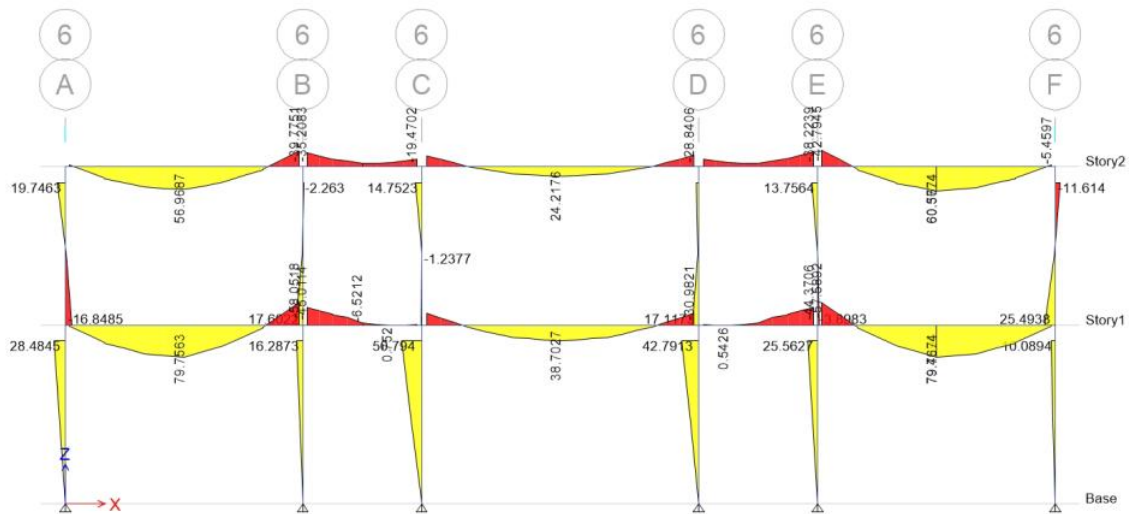
Dan dari hasil pengukuran dimensi balok didapatkan ukuran kolom 25 cm x 25 cm dengan bentang terpanjang 6 meter. Pengujian selanjutnya adalah pengujian Schmidt Hammer Test. Pengujian ini bertujuan untuk memperkirakan nilai kuat tekan beton eksisting yang didasarkan pada kekerasan permukaan beton pada seluruh bagian komponen struktur. Acuan yang digunakan adalah SNI 03-4430-1997, Metode Pengujian Kuat Tekan Elemen Struktur Beton dengan Alat Palu Beton Type N dan NR. Adapun hasil pengujian Schmidt Hammer Test menunjukkan kuat tekan pada kolom adalah 18 N/mm<sup>2</sup> (setara K-200). Dari hasil pengamatan visual dapat terlihat bahwa elemen kolom telah mengalami retak seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 3. Gambar pola retak pada balok

Semua data yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya akan digunakan sebagai input untuk menganalisis kekuatan penampang eksisting. Hasil analisis ini akan memberikan gambaran tentang berapa kekuatan sesungguhnya dari penampang yang ada sehingga penyebab terjadinya lendutan dan retak dapat

diketahui. Untuk mendapatkan data gaya dalam pada struktur, terlebih dahulu struktur tersebut dimodelkan dengan software ETABS seperti gambar berikut.

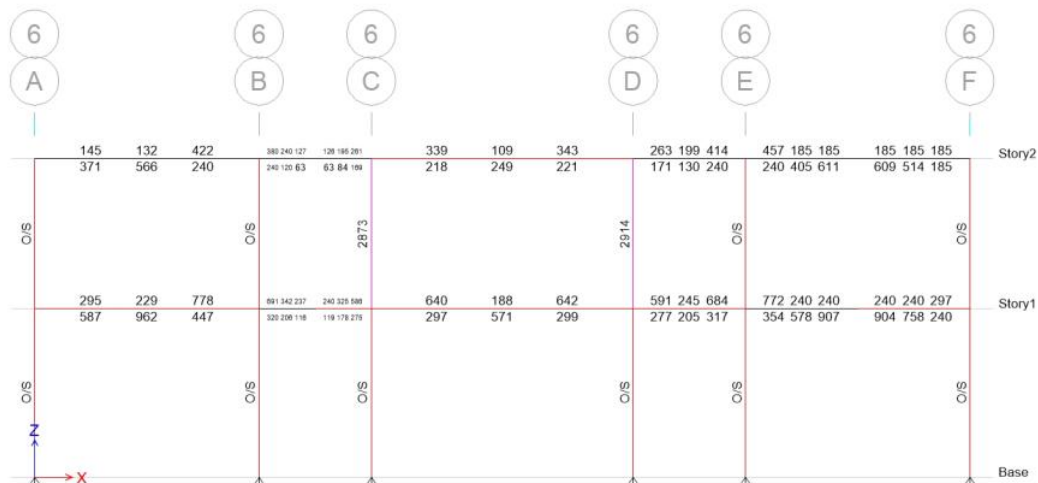


Gambar 4. Momen yang bekerja pada kolom

Dari hasil pemodelan bangunan pada software ETABS diperoleh data gaya dalam maksimum sebesar  $M_u = 50,794 \text{ kNm}$  dan  $P_u = 339,789 \text{ kN}$ . Dari hasil pemodelan bangunan pada software ETABS dilakukan pengecekan kolom untuk memastikan bahwa benar struktur tersebut harus diperkuat.

Dan dari hasil pengecekan tersebut didapatkan bahwa hampir semua kolom tidak kuat untuk menahan beban rencana, hal ini terbukti dengan warna merah pada kolom. Dengan menggunakan persamaan 4,5,6 dan 7 dapat dihitung nilai  $P_n$  dan  $M_n$  dari penampang kolom existing yaitu sebesar :

$$\begin{aligned} M_n &= 35,263 \text{ kN.m} < M_u (50,794 \text{ kN.m}) \\ P_n &= 284,841 \text{ kN} < P_u (339,789 \text{ kN}) \end{aligned}$$



Gambar 5. Hasil pengecekan kolom dengan software ETABS

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kolom eksisting tidak dapat menahan beban yang bekerja, baik akibat aksial maupun akibat momen. Hal ini membuktikan bahwa kolom tersebut harus diperkuat.

Setelah analisis kekuatan penampang kolom eksisting dilaksanakan dan kekuatan penampang telah diketahui maka dilanjutkan dengan analisis penampang dengan penambahan pelat baja sebagai perkuatan. Tebal pelat baja yang ditambahkan sangat dipengaruhi oleh berapa besar kebutuhan kekuatan tambahan yang harus disediakan untuk dapat menahan beban yang bekerja. Penampang baru dengan perkuatan kemudian dianalisis sebagai suatu penampang komposit dimana bahan beton menjadi bahan dasarnya.

Dari hasil perhitungan dengan penambahan pelat baja dengan tebal 3,2 mm diperoleh peningkatan kekuatan yang cukup signifikan sehingga didapatkan gaya aksial nominal dan momen nominal penampang baru hasil penggabungan sebesar :

$$\begin{array}{ll} M_n & = 685,638 \text{ kN.m} & > M_u (50,794 \text{ kN.m}) \\ P_n & = 7442,894 \text{ kN} & > P_u (339,789 \text{ kN}) \end{array}$$

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Dari hasil pengamatan lapangan diperoleh data bahwa kolom yang ditinjau telah mengalami retak dan dikhawatirkan akan mengalami kerusakan lebih parah jika tidak segera diberi perkuatan.
2. Dari hasil pengujian hummer test didapatkan mutu beton eksisting sebesar 18 N/mm<sup>2</sup> atau setara dengan K200.
3. Kapasitas momen dan aksial penampang kolom beton bertulang eksisting berturut-turut hanya 35,263 kNm dan 284,841 kN, sedangkan momen maksimum yang terjadi 50,794 kNm dan aksial maksimum yang terjadi 339,789 kN, sehingga kolom eksisting harus diperkuat untuk dapat memikul beban kerja.
4. Dengan penambahan pelat baja setebal 3,2 mm didapatkan momen nominal dan aksial nominal berturut-turut adalah 685,638 kNm dan 7442.894 yang cukup untuk memikul beban kerja.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2013, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Bandung.
- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ferguson, J., dan Cowan, M., 1986, *Struktur Beton Bertulang Edisi kesatu*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nawi, E.G., 1998, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan*, Rafika Aditama, Bandung.
- Nasution, Amrinsyah, 2009, *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*, Penerbit ITB, Bandung.
- Setiawan, A., 2016, *Perancangan Struktur Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Park, R dan Paulay, T., 1974, *Reinforced Concrete Structure*, A Wiley-Intersciens Publication, New York.
- Triwiyono, A., 2004, *Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton*, Topik Bahan Ajar, UGM, Yogyakarta.