JOURNAL FLYOVER (JFO)
Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana UMI

Vol. 02, No. 02 Tahun 2022
E-ISSN: 2829-5684

Kajian Kapasitas Lentur Balok Beton Dengan Perkuatan Luar

Andi Butsainnah Tumadir [1*], Hanafi Ashda [2], Mohammad Junaedy Rahman [3], Muh Syarif BP [4]

1*) Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Muhammadiyah Sinjai, Kabupaten Sinjai, andibutsainah@gmail.com
2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar
3) Teknik Sipil, Universitas Negeri Makassar, Kota Makassar
4) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

Because concrete is a material that is relatively strong to compressive loads, as one solution to get high efficiency, so it is necessary to design a strong retrofitting system with proof of beam cross-sectional analysis. The purpose of this study is to find out the proper and efficient treatment used when the beam has experienced a decrease in capacity due to lendutan. The results showed that the capacity of the baban moment factored in reinforced concrete blocks without external strengthening produced Δmuk = 3.37 kN while the capacity of the baban moment factored in reinforced concrete blocks using external strengthening i.e. CFRP produced Δmuk = 6.19 kN and the capacity of the most planted baban of reinforced concrete blocks using external strengthening i.e. steel plates produced Δmuk = 9.99 kN . Beams that have been given external retrofitting using CFRP retrofitting have increased by 2.12 times and using steel plate retrofitting has increased 2.74 times greater when the load is factored this is due to the moment of inertia used on bony beams that use larger plate connections.

Keywords: Cross-sectional Analysis, External Retrofitting, Reinforced Concrete Beams, Static Load

Abstrak

Pembangunan konstruksi beton sangat marak di kembangkan oleh beberapa produsen material karena beton merupakan material yang relatif kuat terhadap beban tekan, sebagai salah satu solusi untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi, sehingga perlu merancang sistem perkuatan yang kuat dengan pembuktian analisis penampang balok. Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui perlakuan yang tepat dan efesien yang di gunakan ketika balok sudah mengalami penurunan kapasitas akibat lendutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas momen baban terfaktor balok beton bertulang tanpa perkuatan eksternal menghasilkan Δmuk=3,37 kN sedangkan kapasitas momen baban terfaktor balok beton bertulang menggunakan perkuatan eksternal yaitu CFRP menghasilkan Δmuk=6,19 kN dan kapasitas momen baban terfaktor balok beton bertulang menggunakan perkuatan eksternal yaitu pelat baja menghasilkan Δmuk=9.99 kN . Balok yang telah diberikan perkuatan eksternal yang menggunakan perkuatan CFRP mengalami peningkatan 2.12 kali dan menggunakan perkuatan pelat baja mengalami peningkatan 2.74 kali lebih besar momen beban terfaktornya hal ini disebabkan karena momen inersia yang digunakan pada balok bertulang yang menggunakan sambungan pelat lebih besar.

Kata kunci : Analisis Penampang, Balok Beton Bertulang, Beban Statik, Perkuatan External.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan konstruksi beton sangat marak di kembangkan oleh beberapa produsen material karena beton merupakan material yang relatif kuat terhadap beban tekan, tetapi lemah terhadap beban tarik (Asroni, 23: 2010). Untuk memperoleh struktur bangunan yang relatif kuat terhadap beban tarik, maka pada beton ditambahkan baja tulangan. Kombinasi antara keduanya kemudian dikenal dengan nama beton bertulang sebagai struktur yang optimal pada konstruksi suatu bangunan. Hal ini bukan karena sifat mekaniknya saja yang

relatif baik, tetapi beton bertulang juga memiliki sifat tahan lama. Suksesnya beton bertulang sebagai bahan konstruksi yang universal dapat di pahami jika dilihat dari segala kelebihan yang dimilki oleh beton itu sendiri, salah satu kelebihan dari beton adalah mempunyai kapasitas tekan yang tinggi.

Beton bertulang terus mengalami peningkatan, beton bertulang digunakan dalam berbagai bentuk untuk hampir semua struktur, seperti bangunan, jembatan, pengerasan jalan, bendungan, terowongan, dan sebagainya. Desain beton bertulang harus mampu memenuhi syarat aman dalam memikul beban yang sesuai dengan perencanaan. Pada konstruksi bangunan sering kita jumpai masalah retaknya bagian tengah bentang balok terkhusus pada konsturuksi jembatan yang sering kali mengalami beban berlebih, penurunan kapasitas, adanya penurunan fondasi sehingga adanya deformasi pada bagunan atas atau sebagian bangunan bawah, gaya prategang yang berlebihan (tidak sesuai dengan persyaratan), maka jenis kerusakan ini dinilai berbahaya,

Balok merupakan penampang horizontal struktur beton bertulang. Balok berfungsi sebagai penyalur momen menuju kolom – kolom yang menopang balok tersebut. Balok juga berfungsi untuk menerima beban dari pelat lantai dan kolom diatasnya. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur. Arah beban yang bekerja pada balok tegak lurus sumbu panjang batang balok, sehingga balok cenderung melentur ke bawah. Pada kondisi itu, serat bawah akan mengalami pertambahan panjang dan serat atas akan memendek. Akibatnya, serat bawah akan mengalami tegangan tarik sedangkan serat atas akan mengalami tegangan desak. Tegangan tarik dan desak yang terjadi merupakan tegangan akibat peristiwa lentur.

Struktur balok beton bertulang yang telah direncanakan dengan baik dan dibangun, terkadang setelah difungsikan mempunyai beberapa permasalahan. Jika suatu struktur memikul beban yang berlebihan atau tidak sesuai dengan perencanaan, maka struktur tersebut akan mengalami lendutan melebihi kemampuan struktur dan akan mengakibatkan terjadinya retak/ patahan pada struktur tersebut. Permasalahan struktur balok beton bertulang tersebut dapat mengakibatkan penurunan kapasitas akibat lendutan. Balok yang mengalami penerunan akibat lendutan dapat mengakibatkan keretakan hingga deformasi ekstrim dan berakhir pada keruntuhan. Kondisi tersebut dapat berlangsung dalam waktu lama maupun singkat. Ada beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk melakukan perbaikan yaitu dengan memperpendek bentang dari struktur, menambah jumlah tulangan pada balok, penambahan material (patching) pada bagian struktur yang rusak, memperbesar dimensi dari beton atau pembongkaran serta penggantian 3 dengan struktur bangunan baru. Metode penyelesaian di atas dianggap kurang efisien serta terdapat beberapa kendala yang dijumpai di lapangan, seperti waktu pelaksanaan yang lama, perlunya ruang kerja yang cukup luas sehingga harus menghentikan aktifitas yang ada, dan perlunya alat bantu seperti penyanggah sementara.

Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode perbaikan dan perkuatan ekxternal guna mengembalikan kekuatan struktur balok . perkuatan eksternal yang paling sering dilakukan, karena sulitnya rehabilisasi dimensi, atau dilakukan perencanaan awal . sebelum memutuskan upaya perbaikan dengan perkuatan eksternal, diperlukan kajian yang mendalam dan pengujian lapangan yang teliti, karena akan sangat menentukan apakah upaya tersebut masih dapat dilakukan sebelum upaya terakhir yakni meruntuhkan bangunan untuk diganti dengan bangunan yang baru. Sehingga, kegagalan dan kerusakan struktur bangunan dalam skala yang masih dapat ditoleransi dapat dilakukan upaya perbaikan struktur (Fauzan, 2009) dan upaya perkuatan pelat baja “stripplat yang dipasangkan pada balok beton bertulang, dengan hasil mengalami peningkatan kekuatan lentur balok. (Wibisono, 2017).

Dari uraian tersebut maka diperlukan penelitian tentang penilaian kerusakan dan strategi perkuatan struktur atas pada balok. Perkuatan menggunakan pelat baja efektif, karena

material ini mampu menahan beban yang diberikan. Selain itu, profil material ini sangat mudah didapat serta bentuk pelat baja yang rata tidak akan memperburuk tampilan struktur dan tidak menambah beban struktur salain itu pelat baja juga pemasangannya mudah, kuat tariknya yang tinggi, dan tahan korosi.

Oleh karena itu penelitian ini perlu ditindak lanjuti karna permasalahan – permasalahan yang ada. Untuk itu Penelitian dilakukan terhadap kondisi eksisting untuk mengetahui tingkat kerusakan, dan usulan perkuatan pada struktur atas. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam untuk mengetahui berapa pengaruh penambahan plat baja terhadap kuat lentur balok beton bertulang.

Adapun bahan untuk mengikat baja terhadap balok nantinya adalah baut angkur. Penelitian ini berfokus pada penggunaan baut angkur sebagai pengikat pelat baja terhadap balok beton bertulang dan adakah pengaruh posisi dan jumlah baut angkur pada pelat perkuatan dalam peningkatan kapasitas balok yang telah rusak. Selain itu, belum diketahui secara jelas persentase peningkatan kuat lentur balok beton bertulang dengan penambahan pelat baja dan jumlah baut angkur yang di gunakan.

Tujuan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut: (1) untuk mengetahui perlakuan yang tepat dan efesien yang di gunakan ketika balok sudah mengalami penurunan kapasitas akibat lendutan, (2) untuk mengetahui konsep desain perkuatan eksternal pada balok bertumpuan sederhana dengan pelat baja atau dengan perkuatan CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) setelah mengalami penurunan kapasitas akibat lentu dan (3) untuk mengetahui pengaruh perkuatan pelat baja dan CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) eksternal terhadap peningkatan dan/atau pemulihan kapasitas lentur balok melalui uji model eksperimental

2. METODE

A. Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian pada penelitian ini sebagai berikut:

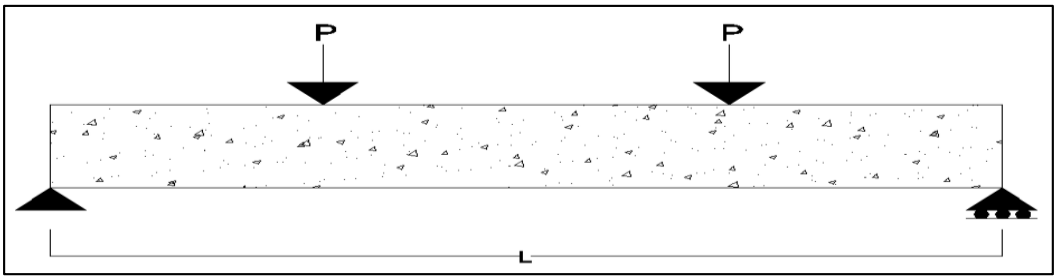
1) Kerusakan balok yang terjadi merupakan kerusakan yang belum mencapai kegagalan struktur
2) Membuat balok yang di desain perkuatan eksternal pada balok bertumpuan sederhana dengan pelat baja dan CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) setelah mengalami penurunan kapasitas akibat lentur
3) Menggunakan beton mutu 25 dan dimensi balok 30 x 15 cm
4) Mencari seberapa besar perkuatan pelat baja dan CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) Perkuatan eksternal terhadap peningkatan dan/atau pemulihan kapasitas lentur balok melalui Analisis Kapasitas penampang
5) Pembebanan yang digunakan adalah pembebanan 2 titik

B. Tahapan Analisis

Dalam menganalisis kajian kapasitas lentur balok beton dengan perkuatan luar yakni analisis deformasi dan analisis retak. Adapun tahapan analisis deformasi dan analisis retak adalah sebagai berikut:

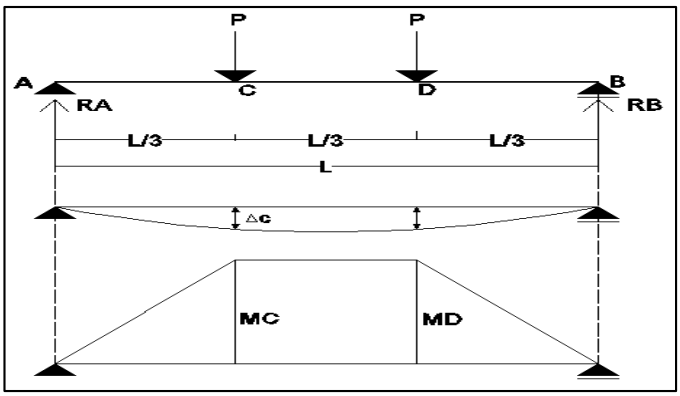
a) Deformasi

Balok menggunakan tumpuan sendi rol, panjang dari balok diasumsikan adalah L kemudian balok diberikan beban 2 titik sebesar P sehingga terjadi lendutan terhadap balok.



Gambar 1 Model balok

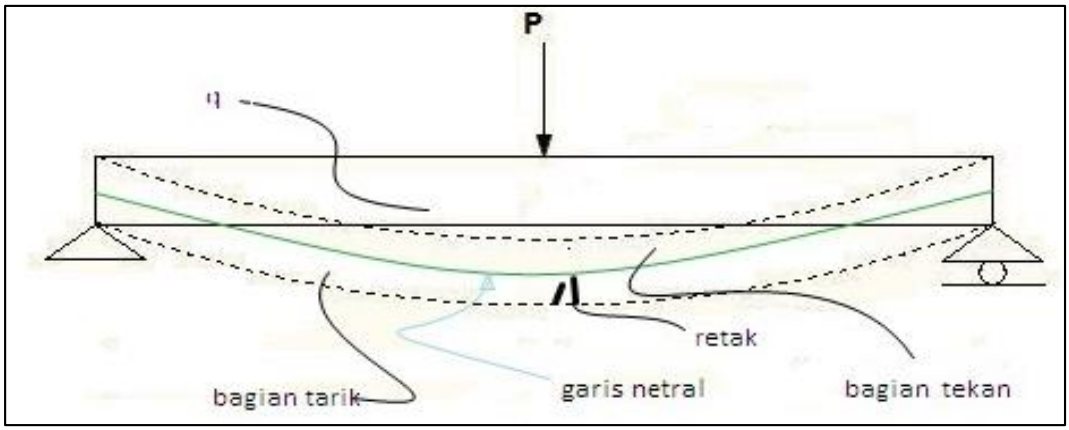
Lendutan pada balok dengan beban terpusat dapat di dapatkan dengan beberapa metode . metode yang penulis gunakan adalah metode balok sederhana dengan beban titik dimana ketika balok diberikan beban terpusat maka momen yang terjadi pada balok dijadikan sebagai beban selanjutnya di cari reaksi tumpuan dan momen, adapun gambar bidang momen seperti pada **Gambar 2** berikut:



Gambar 2 Bidang Momen

b) Retak

Retak pada balok dapat dianalisis dengan cara pemberian beban P terhadap balok. Ketika tegangan Tarik ft = fr, maka retak mulai timbul dan momen yang timbul disebut momen retak. Jika balok diberikan beban ΔP maka momen yang bekerja sudah lebih besar dari momen retak, maka retak penampang sudah meluas dan ketika pembebanan mencapai beban maksimum maka beton akan megalami krek pada balok . kerek adalah keadaan dimana balok tidak mampu memberikan perlawanan terhadap beban yang di berikan. selama pembeban akan terlihat pola retak pada balok. Setelah mengetahui pola retak pada balok kita dapat menganalisa retakan yang terjadi seperti retak lentur , retak geser atau retak geser – lentur, adapun **Gambar 3** keretakan pada balok sebagai berikut:



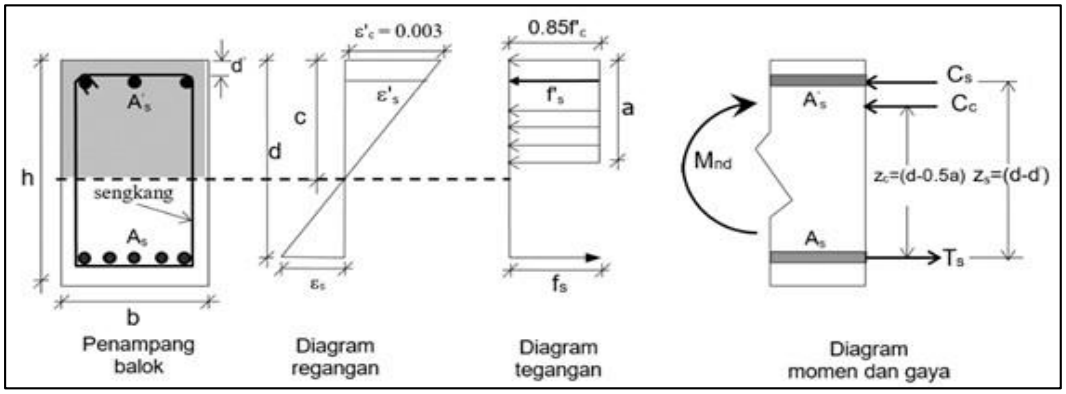
Gambar 3 Keretakan pada Balok

3. PEMBAHASAN

Dalam kajian kapasitas lentur balok beton dengan perkuatan luar, diperoleh hasil dan pembahasan yakni sebagai berikut:

A. Analisis Kapasitas Penampang

Dalam menganalisis kajian kapasitas lentur balok beton dengan perkuatan luar diturunkan persamaan kapasitas penampang beton bertulang dapat dilihat pada **Gambar 4** berikut:

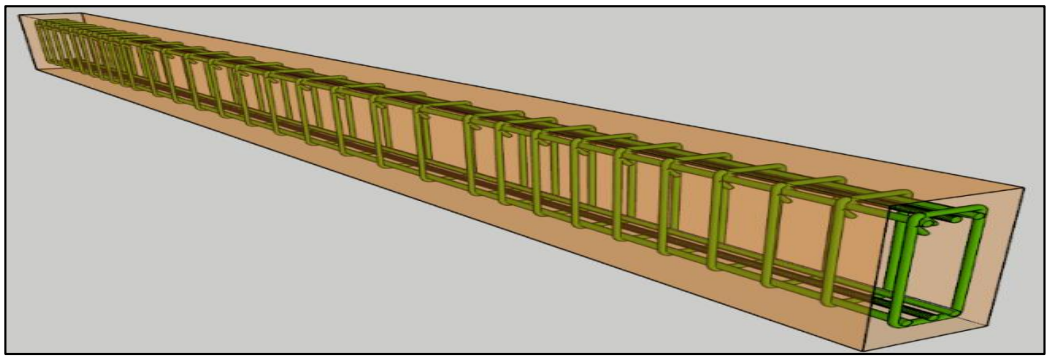


Gambar 4 Diagram Regangan, Tegangan Dan Gaya Dalam

Berdasarkan perumusan perhitungan kapasitas penampang dikembangkan perhitungan dengan menggunakan program *Microsoft Excel* yang kemudian diperoleh hasil beban pada balok beton bertulang (vu) dengan menggunakan **Persamaan 1, 2** dan **3** berikut:

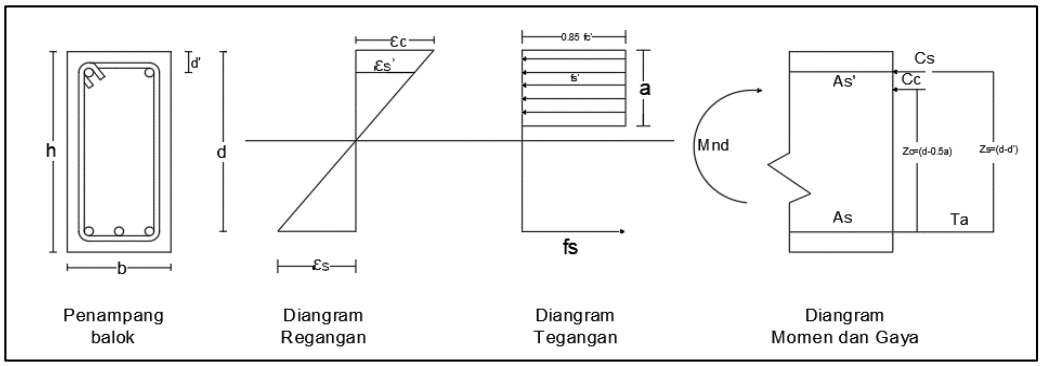
$$W_U = 1{,}2\ X\ Berat\ balok \quad (1)$$
$$= 1.296\ \text{kN/m}$$
$$D_{u1} = \frac{1}{2} W_u L \quad (2)$$
$$= 1.944\ \text{kN/m}$$
$$D_{u2} = \frac{1}{2} P \quad (3)$$
$$= 37.5\ \text{kN/m}$$

B. Penampang Beton Tulangan Rangkap



Gambar 5 Balok Beton Bertulang

Adapun gambar diagram regangan, tegangan dan gaya dalam penampang tulangan rangkap dapat dilihat pada **Gambar 6** berikut:



Gambar 6 Diagram Regangan, Tegangan dan Gaya Dalam Penampang Tulang Rangkap

Dengan data-data sebagai berikut:
Penampang beton

- Lebar = 15 cm
- Tinggi = 30 cm

Penulangan

- As = 3 ϕ 13 mm = 4 = cm_2
- As` = 2 ϕ 13 mm = 3 = cm_2

Selimut beton = 2.50 cm, Astotal = 7 cm_2

- fc` = 250 kg/cm2 0.000663661 m_2
- fy = 4000 kg/cm2 Abeton = 0.05 m_2

Ratio tulangan tekan = 0.67, dengan Bobot = 117 kg/m2

- Faktor reduksi = 0.90
- Fsengkang = 8 mm

Tinggi efektif penampang

- d = 25.40 cm
- s = 2.5 cm

Momen retak

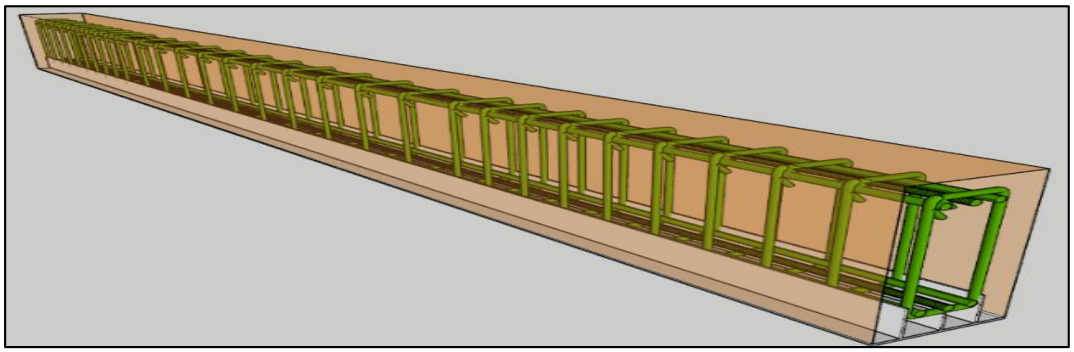
- Mr = 0.17 ton-m = 1.70 kN-m
- Momen Kapasitas Penampang Mnk
- Ta = 15928 kg
- b1 = 0.85

Coba-coba :

- a = 3.22 cm
- x = 3.78 cm
- es' = 0.0010
- ey = 0.0019
- fs' = 2138 kg/cm2
- zCc = 23.79 cm
- zCs' = 22.90 cm
- Mnk = 373893.90 kg-cm = 3.74 kN-m
- Muk = 336504.51 kg-cm = 3.37 kN-m
- Bobot besi = 116.51 kg/m2

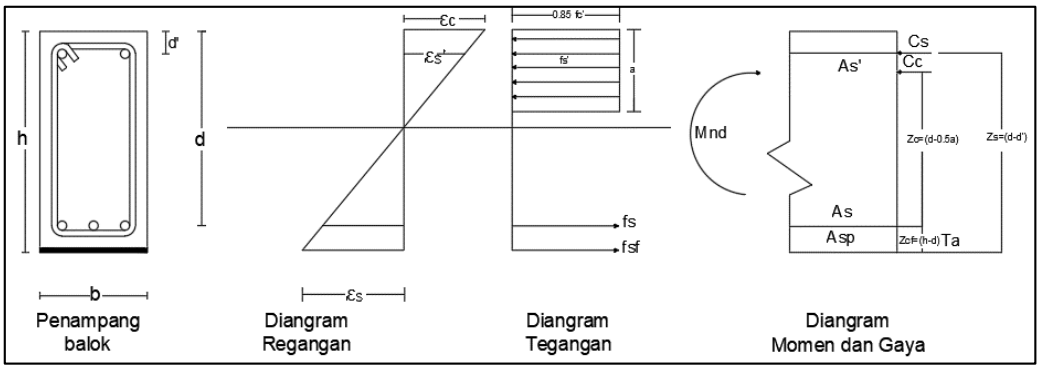
Sehingga dari hasil analisis penampang beton bertulang diperoleh Kapasitas penampang balok tulangan normal MUK = 3.37kN-m.

C. Balok Menggunakan Perkuatan Pelat Baja



Gambar 7 Perbaikan Balok Beton Bertulang Menggunakan Pelat Baja

Adapun gambar diagram regangan, tegangan dan gaya dalam perbaikan balok beton bertulang menggunakan pelat baja dapat dilihat pada **Gambar 8** berikut



Gambar 8 Diagram Regangan, Tegangan dan Gaya Dalam Penampang Tulang Rangkap

Dengan data-data sebagai berikut:
Penampang beton

- Lebar = 15 cm
- Tinggi = 30.6 cm

Pelat baja

- As = 3 ϕ 13 mm = 4 = cm_2
- As` = 2 ϕ 13 mm = 3 = cm_2

Selimut beton = 2.50 cm, Astotal = 7 cm_2

- fc` = 250 kg/cm2 0.000672661 m_2
- fy = 4000 kg/cm2, Abeton = 0.05 m_2

Ratio tulangan tekan = 0.65, Bobot = 116 kg/m2

- Faktor reduksi = 0.90
- fsengkang = 8 mm

Tinggi efektif penampang

- d = 26.00 cm
- s = 2.5 cm

Momen retak

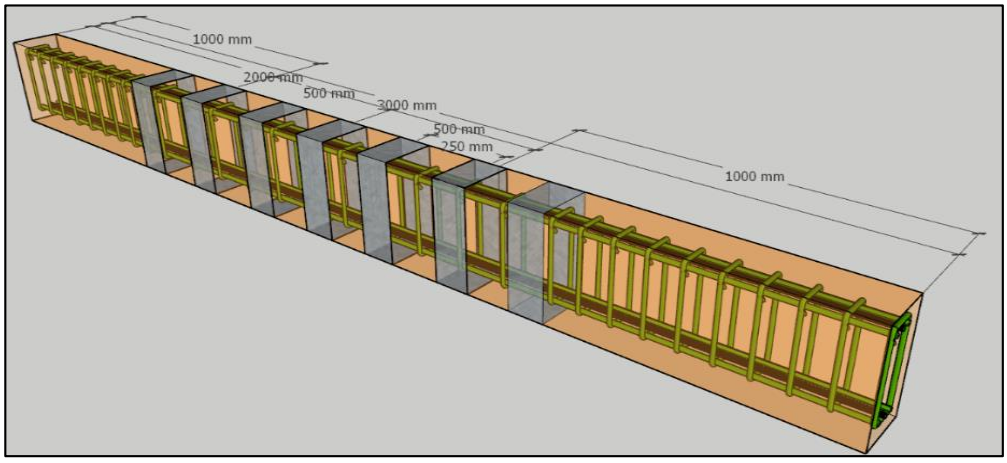
- Mr = 0.18 ton-m = 1.78 kN-m
- Momen Kapasitas Penampang Mnk
- Ta = 16288 kg
- Tpa = 3600 kg
- b1 = 0.85

Coba-coba :

- a = 13.07 cm
- x = 15.38 cm
- es' = 0.0025
- ey = 0.0019
- eyp = 0.0019
- fs' = 4000 kg/cm2
- zCc = 19.46 cm
- zCs = 4.60 cm
- zCs' = 23.50 cm
- Mnk = 1109445.77 kg-cm = 11.09 kN-m
- Muk = 998501.20 kg-cm = 9.99 kN-m
- Bobot besi = 115.77 kg/m2

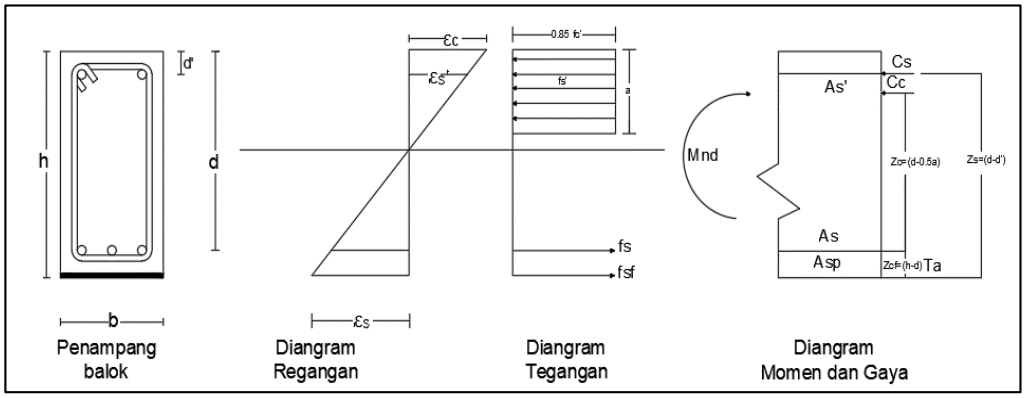
Sehingga dari hasil analisis penampang beton bertulang diperoleh Kapasitas penampang balok tulangan normal MUK = 9.99 kN-m

D. Balok Balok Menggunakan Perkuatan CFRP



Gambar 9 Balok menggunakan perkuatan CFRP

Adapun gambar diagram regangan, tegangan dan gaya dalam balok menggunakan perkuatan CFRP dapat dilihat pada **Gambar 10** berikut



Gambar 10 Diagram regangan, tegangan dan gaya dalam penampang tulang rangkap

Dengan data-data sebagai berikut:
Penampang beton

- Lebar = 15 cm
- Tinggi = 30.6 cm

Pelat Baja

- Lebar = 15 cm
- Tinggi = 0.3 cm

Pelat baja

- As = 3 ϕ 13 mm = 4 = cm_2
- As` = 2 ϕ 13 mm = 3 = cm_2

Selimut beton = 2.50 cm, Astotal = 7 cm_2

- fc` = 250 kg/cm2 0.000668161 m_2
- fy = 4000 kg/cm2, Abeton = 0.05 m_2
- fyf = 2520 kg/cm2, Abeton = 0.00045 m_2

Ratio tulangan tekan = 0.66, Bobot = 115 kg/m2

- Faktor reduksi = 0.90
- fsengkang = 8 mm

Tinggi efektif penampang

- d = 26.00 cm
- s = 2.5 cm

Momen retak

- Mr = 0.18 ton-m =1.78 kN-m
- Momen Kapasitas Penampang Mnk
- Ta = 16108 kg
- Tpa = 11340 kg
- b1 = 0.85

Coba-coba :

- a = 5.42 cm
- x = 6.38 cm
- es' = 0.0018
- ey = 0.0019
- eyf = 0.0012
- fs' = 3830 kg/cm2

- zCc = 23.29 cm
- zCs = 4.60 cm
- zCs' = 23.50 cm
- Mnk = 688165.47 kg-cm = 6.88 kN-m
- Muk = 619348.92 kg-cm = 6.19 kN-m
- Bobot besi = 115.00 kg/m2

Sehingga dari hasil analisis penampang beton bertulang diperoleh Kapasitas penampang balok tulangan normal MUK = 6.19 kN-m

4. PENUTUP

Dari analisis data, dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan, bahwa :

1) Berdasarkan hasil analisis kapasitas momen baban terfaktor balok beton bertulang tanpa perkuatan eksternal menghasilkan Δmuk=3,37 kN
2) Berdasarkan hasil analisis kapasitas momen baban terfaktor balok beton bertulang menggunakan perkuatan eksternal yaitu CFRP menghasilkan Δmuk=6,19 kN
3) Berdasarkan hasil analisis kapasitas momen baban terfaktor balok beton bertulang menggunakan perkuatan eksternal yaitu pelat baja menghasilkan Δmuk=9.99 Kn
4) Berdasarkan hasil analisis di atas, balok yang telah diberikan perkuatan eksternal yang menggunakan perkuatan CFRP mengalami peningkatan 2.12 kali dan menggunakan perkuatan pelat baja mengalami peningkatan 2.74 kali lebih besar momen beban terfaktornya

5. DAFTAR PUSTAKA

Achmad Karmila dkk., 2009. “Metode Eksperimental Perkuatan Kolom Beton Bertulang Menggunakan Frp”.

Alami, Fikri. “Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)”.

Antoni dan Paul Nugraha., 2007.”Teknologi Beton”. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.

Apriani Widya., 2012. “Analisis Buckling Restrained Braces System Sebagai Retrofitting Pada Bangunan Beton Bertulang Akibat Gempa Kuat”.

Asroni Ali., 2010, “ Balok dan plat beton bertulang”, Graha Ilmu.

B, M. S., Parung, H., Djamaluddin, R., & Muhiddin, A. B. (2018a). Model Of Precast Beam-Column Connection Towards Structure Rigidity By Using Steel Plate Causes By Cyclic Load. International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, 5(4), 1–3.

B, M. S., Parung, H., Djamaluddin, R., & Muhiddin, A. B. (2018b). Model Of Precast Beam-Column Connection Towards Structure Rigidity By Using Steel Plate Causes By Cyclic Load. SSRN Electronic Journal, June, 1–3.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012). Jakarta : BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013). Jakarta : BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2015. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015). Jakarta : BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2017. Baja Tulangan Beton (SNI 2052:2013). Jakarta : BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2017. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013). Jakarta : BSN.

Burhanuddin, M.S dan Gunawan, A.B. 2022. Studi Eksperimental Pola Perpindahan Menggunakan Pelat Baja pada Balok Sambungan Pracetak akibat Beban Bolak.

Jurnal Konstruksi : Teknik, Infrastruktur dan Sains Volume 1 Nomor 11 Tahun 2022 Halaman 19-27. Program Pascasarjana UMI Makassar

Dedi Budi Setiawan.2016. L Pola retak lentur geser balok beton bertulang dengan orthotropic model. Politeknik Negeri Semarang.

Institut Teknologi Bandung (ITB). Prof .Ir.Amrinsyah Nasution,MSCE,Ph.D. 2017. Mekanika Tanah Stabilitas Lereng dan Struktur Pondasi, Penerbit ITB, Bandung.

Isneini Mohd.,2009. "Kerusakan Dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang".

Jamal Atika Ulfah. Dkk., 2015 , "Perilaku Lentur Perbaikan Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Lebar Carbon Fibre Reinforced Polymer" .

Luastika Gian Ningsih, dkk.,2018." Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Glass Fiber Reinforced Polymer".

Maru'f Fauzan dan Mutohar Yazid ., 1994, "studi Pustaka analisis dengan beton bertulang menggunakan metode yield line Methode".

Muhib Zainuri., 2008, "kekuatan bahan baja".

Parannuan Kresna., 2017, "Kapasitas Lentur Balok Beton Perkuatan Gfrp Pasca Tulangan Leleh".

Pard,R dan Paulay, T., 1974, "Reinforced Concrete Structures", John Wiley & Sons, New York, London, Sedney, Toronto, Buba Richard dan zilch Konrad, 2011, External Prestressing (Bavarian Examples), Bavarian journal, Bavarian.

Parmo Taufikur Rahman., 2014. " Perbaikan Kekuatan Dan Daktilitas Balok Beton Bertulang Menggunakan Glass Fiber Reinforced Polymer (Gfrp) Strips.

Pertiwi Eka .P., 2018. "Studi Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Variasi Overlapping Tulangan Di Seperdua Bentangan Dengan Metode Retrofit Menggunakan Wiremesh Dan Scc".

Syarif, M., Parung, H., Djamaluddin, R., & Bakri, A. (2016). Perilaku Sambungan Balok-Kolom Pracetak Tipe Plat Akibat Beban Bolak Balik. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil, September, 392–399.

Utami S. R. L., 2019. "Pengaruh Carbon Fiber Reinforced Polymer (Cfrp) Terhadap Balok Beton Bertulang".

Wibisono, 2017., "Penambahan Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Penambahan Pelat Baja".

Wijayanti H.T., 2008. "Perilaku Lentur Pada Perbaikan Balok Betonbertulang Dengan Menggunakan Plat Baja Tipis Dangrouting".