

ANALISA BALOK BETON BERTULANG DENGAN VARIASI SUDUT TULANGAN SENGGANG MIRING TERHADAP PENGARUH LENDUTAN DAN KEKUATAN GESER NAMUN DIAMETER TULANGAN TETAP SAMA (STUDI LITERATUR)

PADLI MARDIANSYAH TAMPUBOLON¹

¹Fakultas Teknik, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (Jl. Kapten Muchtar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara 20238)

padlimardiansyah@gmail.com

ABSTRAK

Balok merupakan salah satu bagian elemen struktur yang berfungsi menerima beban yang ada. Karena dibebani, komponen struktur tersebut pasti memiliki reaksi terhadap beban yang bekerja, contohnya saja balok beton bertulang, jika dibebani maka akan mengalami lendutan yang besarnya tergantung dari besarnya beban yang diberikan dan material balok beton bertulang itu sendiri. Tugas akhir ini menyajikan hasil analisa 4 buah perbedaan tulangan sengkang geser yang memiliki dimensi beton yang sama yaitu 300 mm x 470 mm dan memiliki luas tulangan yang sama namun variasi sudut sengkang berbeda yang meliputi sengkang normal, sengkang dengan sudut 45 derajat, 55 derajat dan 65 derajat. Pada jarak sengkang 150 mm pada tumpuan, tegangan geser tertinggi terjadi pada BS45 sebesar 0,26306 MPa atau 0,26% lebih tinggi dibandingkan dengan BN. Deformasi terbesar terjadi pada BN yaitu sebesar 0,033635 mm. Tegangan lentur tertinggi terjadi pada BS45 yaitu sebesar 0,46182 MPa atau 0,10% terhadap BN. Pada jarak sengkang 200 mm pada tumpuan, tegangan geser tertinggi terjadi pada BN sebesar 0,26381 MPa, Deformasi terbesar terjadi pada BN 0,033673 mm dan tegangan lentur tertinggi terjadi pada BS45 0,46221 MPa atau 0,065% lebih tinggi dibandingkan dengan BN

Kata kunci : *Beton Bertulang, tegangan geser, lendutan, tulangan miring*

ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BEAM WITH VARIATION OF SLIDING BANGLE ANGLE ON THE EFFECT OF MENDLE AND SHIFT STRENGTH BUT BONE DIAMETER REMAIN THE SAME

ABSTRACT

The beam is one part of the structural element that functions to accept the existing load. Because they are loaded, these structural components must have a reaction to the working load, for example, reinforced concrete blocks, if loaded, they will experience a deflection which depends on the amount of load given and the reinforced concrete beam material itself. This final project presents the results of the analysis of 4 different reinforcement bars with the same concrete dimensions, namely 300 mm x 470 mm and has the same area of reinforcement but variations in different angles of stirrups including normal stirrups, stirrups with angles of 45 degrees, 55 degrees and 65 level. The results obtained are with the same area of reinforcement, normal beam stirrup and 45 degree stirrup. At a stirrup distance 150 mm on a pedestal, the highest shear stress occurs at BS45 amounting to 0,26306 MPa or 0,26% higher than BN. Greatest deformation occurs at BN amounting to 0,033635 mm. The the highest bending stress accours at BS45 amounting to 0,46182 MPa or 0,10% to BN. At a stirrup distance 200 mm on a pedestal, the highest shear stress occurs at BN amounting to 0,26381 MPa. The highest deformation occurs at BN amounting to 0,033675 mm and the highest bending stress accours at BS45 amounting to 0,46221 MPa or 0,065% higher than BN.

Keywords: Reinforced Concrete, shear stress, deflection, oblique reinforcement

PENDAHULUAN

Tugas utama dari seorang perencana struktur adalah mendesain suatu komponen struktur. Desain dalam hal ini adalah meliputi penentuan jenis material, bentuk penampang dan semua ukurannya, sehingga struktur tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat menahan segala pengaruh yang bekerja selama umur rencananya. Bentuk-bentuk pengaruh tersebut pada umumnya adalah berupa beban-beban yang bekerja pada struktur, maupun juga akibat pengaruh lingkungan seperti temperatur udara, penurunan pondasi, atau juga pengaruh lingkungan yang bersifat korosi.

Sesuai dengan namanya yaitu beton bertulang, maka material ini dikategorikan sebagai suatu material non-homogen karena terbuat dari dua buah material yang berbeda yaitu beton dan tulangan baja. Oleh karena itu metode yang digunakan untuk analisis suatu balok beton bertulang berbeda dari metode yang digunakan untuk menganalisis balok yang terbuat dari baja, kayu, atau material lain yang homogen.

Pada umumnya balok beton bertulang berupa balok menerus di atas beberapa tumpuan yang memikul beban gravitasi. Dengan konsep yang sama seperti pada balok tertumpu sederhana dan balok kantilever, maka tulangan baja dibutuhkan pada sisi tarik dari balok. Atau dengan kata lain tulangan diletakkan pada sisi atas balok pada lokasi momen negatif, yaitu di sekitar tumpuan, dan tulangan diletakkan di sisi bawah balok pada lokasi momen positif yang terjadi di daerah tengah bentang. Untuk keperluan praktis di lapangan, terkadang tulangan baja dapat dibuat lurus menerus, namun pada beberapa lokasi tulangan dapat dipotong atau dihentikan jika

memang momen lentur sudah tidak begitu besar nilainya.

Penggunaan material bangunan pada umumnya menggunakan beton. Baik beton polos maupun beton bertulang. Mulai dari bangunan bertingkat maupun bangunan pencakar langit, bagian struktur bangunan yang menggunakan beton bertulang meliputi pondasi, kolom, balok, plat lantai, struktur bawah dan struktur atas. Beton 2 dapat menampung gaya tekan yang cukup besar dibandingkan material lainnya sebagai material bangunan, namun beton memiliki kekurangan yaitu lemah terhadap gaya tarik oleh sebab itu beton sering dikombinasikan dengan dengan material bangunan yang cukup besar menahan gaya tarik. Tulangan baja adalah pilihan yang tepat sebagai material untuk menahan gaya tekan dan tarik, oleh sebab itu di beton dikombinasikan dengan tulangan baja untuk meminimalisir keretakan yang terjadi pada gaya tarik.

METODE

Material untuk struktur yang akan dianalisa adalah sebagai berikut :

- a. Mutu Beton $F_c' = 25 \text{ MPa}$
- b. Mutu Tulangan Baja, $f_u = 390 \text{ Mpa}$
- c. Modulus elastisitas beton = 23500 Mpa
- d. Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa
- e. Ukuran kolom = $400 \times 400 \text{ mm}$
- f. Diameter Tulangan Utama = 22 mm
- g. Diameter Tulangan Begel = 10 mm
- h. Ukuran balok = $470 \times 300 \text{ mm}$
- i. Tebal selimut beton = 50 mm
- j. Jarak sengkang/begel = 150 mm dan 200 mm pada tumpuan

Pengumpulan data yang dilakukan berhubungan dengan desain struktur balok beton bertulang. Tulangan yang digunakan digunakan dengan sudut tulangan berbeda. Pengumpulan data yang dilakukan seperti section properties dan properties fisik material beton. Selain itu, pengumpulan data-data yang dilakukan berhubungan dengan tugas akhir ini yaitu pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, beban angin serta beban gempa. Selain itu juga dilakukan pengumpulan data dan rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan berdasarkan buku beton bertulang SNI 2847 : 2019. Teori-teori dan rumus-rumus yang berkaitan dengan analisis perbandingan tegangan dan regangan pada struktur balok beton bertulang serta kekuatan geser yang terjadi pada balok beton bertulang menggunakan SNI 2047 : 2019.

Tahap Desain

Data Pada tahap desain data yang direncanakan yaitu data material dan data penampang pada balok. Kemudian dilakukan pengecekan dimensi tulangan pada balok yang akan dianalisa stabilitas dan optimalisasinya dalam memikul beban yang direncanakan. Tulangan beton yang akan dibandingkan yaitu tulangan normal, tulangan dengan sudut 45 derajat, 55 derajat dan 65 derajat. Dalam analisa ini dimensi balok dibuat sama agar setiap tulangan yang dibedakan sudut kemiringannya dapat dilihat perbedaannya.

Perencanaan Struktur Gedung Menggunakan Program Analisis Struktur

Perencanaan struktur portal terkait dengan gedung yang akan digunakan dilakukan dengan bantuan program analisis struktur. Setelah dimensi struktur gedung direncanakan selanjutnya dilakukan asumsi

dengan pembebanan. Perhitungan pada struktur gedung berpedoman dalam peraturan PPIUG (1987) untuk beban mati, SNI 1726 (2019) untuk beban gempa, dan RSNI 1727 (2018) untuk beban angin dan kombinasi beban.

Pemodelan Struktur Gedung

Konsep Bangunan Desain bangunan gedung struktur baja dengan data diperoleh yaitu :

Fungsi : Perkantoran

Kondisi Tanah : Tanah sedang

Lokasi Bangunan : Padang, Indonesia

Tinggi bangunan : 16 m

Data Pembebanan

1. Beban Mati Tambahan

Atap

Genangan air ($t = 4\text{cm}$) : 40 kg/m²

Plafond : 18 kg/m² M.E : 40 kg/m²

Plat Lantai : 288 kg/m²

Total : 386 kg/m² : 3,86 kN/m²

Lantai 3

Plafond : 18 kg/m²

M.E : 40 kg/m²

Lantai Keramik : 24 kg/m²

Plat Lantai : 288 kg/m²

Berat Spesi (2 cm) : 42 kg/m²

Total : 412 kg/m² : 4,12 kN/m²

Lantai 2

Plafond : 18 kg/m²

M.E : 40 kg/m²

Lantai Keramik : 24 kg/m²

Plat Lantai : 288 kg/m²

Berat Spesi (2 cm) : 42 kg/m²

Total : 412 kg/m² : 4,12 kN/m²

Lantai 1

Plafond : 18 kg/m²

M.E : 40 kg/m²

Lantai Keramik : 24 kg/m²

Plat Lantai : 288 kg/m²

Berat Spesi (2 cm) : 42 kg/m²

Total : 412 kg/m² : 4,12 kN/m²

2. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat penghunian pada bangunan gedung. Berikut

perencanaan beban hidup pada struktur gedung:

Beban Hidup Atap : 0.96 kN/m²

Beban Hidup Lantai 3

Koridor Lantai Atas : 3.83 kN/m²

Ruang Kantor : 2.4 kN/m²

Beban Hidup Lantai 2 Ruang Aula : 4.79 kN/m²

Ruang Kantor : 2.4 kN/m²

Beban Hidup Lantai 1

Ruang Kantor : 2.4 kN/m²

Koridor Lantai Atas : 3.83 kN/m²

Beban Angin (SNI 1727 : 2018)

Beban angin merupakan beban yang timbul akibat alam itu sendiri. Angin sangat penting untuk di perhitungkan dalam struktur gedung. Untuk data kecepatan angin didapat dari BPS (Badan Pusat Statistik) untuk kota Padang memiliki kecepatan angin sebesar 10 km/jam.

Kategori resiko : kategori I

Kecepatan angin dasar, V : 10 m/s

Parameter Beban Angin

-Faktor arah angin, K_d : 0,85

-Kategori eksposur : B (Daerah Perkotaan)

-Faktor topografi, K_{zt} : 1

Faktor efek tiupan angin, G : 0,85 (Bangunan Kaku atau Struktur Lainnya)

Klasifikasi Ketertutupan : Bangunan Tertutup

Koefisien tekanan internal, (G_{cpi}) : + 0,18 : - 0,18

Koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h

K_z : 0,750

K_h : 0,749

Tekanan velositas, q atau q_h

q_z : 39,082

q_h : 39,005

Tekanan Angin, P

Angin datang : 0,020 kN/m²

Angin Pergi : 0,012 kN/m²

Kombinasi Beban

Kombinasi beban dihitung berdasarkan RSNi 1727 (2018) tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Dari hasil program analisis struktur diambil satu elemen balok dengan setiap variasi tulangan sengkang yang diubah. Kombinasi beban yang digunakan dalam struktur gedung ini ialah Kombinasi beban untuk desain tegangan izin

1. D

2. D + L

Pada analisis pembebanan yang digunakan menggunakan hasil beban tributary yang terdapat pada program analisis struktur. Sehingga diperoleh nilai beban kombinasi yang akan digunakan pada pembebanan untuk program analisis elemen hingga.

Defenisi Material

Sebelum melakukan analisis balok yang harus di input terlebih dahulu ialah spesifikasi material pada Engineering Data. Selanjutnya input model tulangan, model tulangan yang digunakan yaitu tulangan normal tulangan geser 45 derajat, tulangan geser 55 derajat dan 65 derajat.

Defenisi Contact

Contact merupakan penghubung antara dua geometri yang memiliki fungsi tersendiri sesuai dengan perilaku material tersebut. Dalam analisis balok ini digunakan tipe contact reinforcement. Reinforcement berfungsi sebagai penghubung yang saling melekat ketika diberi beban material, yang terhubung dengan tipe kontak ini akan terikat sesuai dengan arah beban yang diterapkan. Dengan kontak reinforcement material line body dan solid dapat ber-satu.

Meshing

Meshing merupakan proses simulasi yang membagi geometri menjadi elemen-elemen sederhana. Meshing juga dapat mempengaruhi akurasi serta kecepatan saat melakukan running analisis. Semakin kecil meshing yang dibuat maka semakin bagus pula akurasi yang di dapat saat melakukan running analisis. Dalam analisis balok ini meshing yang dilakukan secara default tanpa mengatur ukuran maupun tipe dari meshing tersebut.

Pembebanan Dan Tumpuan Balok

Balok ditumpu pada kedua ujungnya dengan tumpuan jepit. Beban yang di terima dalam melakukan analisis balok ialah beban merata. Pada analisis beton bertulang menggunakan beban kombinasi yang diambil dari hasil program analisis struktur sebesar 22,92 kN/m. Beban merata dimasukkan sebagai force dalam program analisis metode elemen hingga. Dikarenakan satuan dari force adalah massa per luas, nilai beban merata harus dikalikan dengan panjang bentang. Untuk bentang balok 4m, force bernilai 91.680 N.

Pemodelan Balok Menggunakan Program Analisis Elemen Hingga

Permodelan struktur balok yang digunakan menggunakan bantuan program analisis metode elemen hingga 3D. Struktur balok yang digunakan yaitu dengan dimensi 300 x 470 mm namun sudut tulangan geser berbeda. Tulangan geser yang digunakan memiliki variasi sudut yaitu normal, sudut 45 derajat, 55 derajat dan 65 derajat pada masing-masing balok beton bertulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tegangan yang di analisis disesuaikan dengan batasan dari mutu baja tulangan. Mutu baja tulangan yang digunakan dalam analisis balok ini adalah BjTP 40 dengan kuat leleh

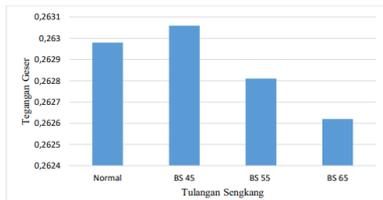
(fy) sebesar 390 MPa dan kuat ultimate (fu) sebesar 560 MPa. Beton sendiri juga memiliki batasan yaitu dengan mutu beton (fc') sebesar 25 MPa Pada setiap pemodelan balok memiliki variasi sudut tulangan yaitu normal, sudut 45 derajat, sudut 55 derajat dan sudut 65 derajat.

Balok Beton Bertulang Dengan Tegangan Geser

A. Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 150 mm

Tegangan Geser (Maximum Shear Stress) pada balok beton bertulang dianalisis terhadap variasi kenaikan sudut tulangan sengkang yang berbeda-beda. Analisa dibandingkan terhadap jarak tulangan sengkang pada tumpuan yang berbeda, tipe pertama yaitu dengan jarak sengkang 150 mm dan tipe kedua yaitu dengan jarak sengkang 200 mm namun pada keadaan ini tulangan sengkang lapangan dibuat tetap sama dan beban yang digunakan juga tetap sama agar dapat dibandingkan perbedaan jarak yang telah digunakan sehingga dapat mengetahui perbandingan dua tipe jarak tulangan lapangan terhadap tulangan geser yang di input ke dalam software analisa elemen hingga.

Pada tulangan normal, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum diujung bentang sebesar 0,26298 MPa. Pada sengkang 45 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26306 MPa. Pada sengkang 55 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26281 MPa. Pada sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26262 MPa



Gambar 4.9. Diagram Hasil Perbandingan Tegangan Geser Terhadap Model

Pada gambar dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan geser pada ujung balok memiliki keefektifan tertinggi pada balok dengan tulangan sengkang miring 45 derajat yang mana lebih besar yaitu 0,26306 MPa dari balok sengkang normal maupun model sengkang miring lainnya, namun pengaruh tegangan geser pada beton normal masih lebih tinggi yaitu sebesar 0,26298 MPa daripada balok dengan dengan sengkang miring 55 derajat maupun yang 65 derajat.

Dari gambar juga dapat dilihat bahwa nilai tegangan geser pada tulangan sengkang BS45 mengalami kenaikan yang sebesar 0,26% sedangkan tulangan BS55 dan BS65 masing-masing mengalami penurunan sebesar 0,06% dan 0,14% dibandingkan tegangan geser pada tulangan normal.

B. Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 200 mm

Pada tulangan normal, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum diujung bentang sebesar 0,26381 MPa. Pada sengkang 45 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26337 MPa. Pada sengkang 55 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26320 MPa. Pada sengkang 45 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26348 MPa.

Disini dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan geser pada ujung

balok memiliki keefektifan tertinggi pada balok dengan tulangan sengkang normal yang mana lebih besar yaitu 0,26381 MPa dari balok sengkang normal maupun model sengkang miring lainnya, namun pengaruh tegangan geser pada beton tulangan sengkang 65 derajat masih lebih tinggi yaitu sebesar 0,26348 MPa daripada balok dengan dengan sengkang miring 45 derajat maupun yang 55 derajat.

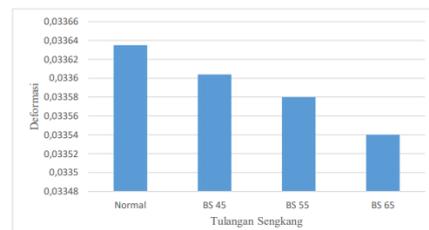
Dan dapat dilihat bahwa nilai tegangan geser pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan sebesar 0,17%, 0,23% dan 0,12% dibandingkan tegangan geser pada tulangan normal.

Balok Beton Bertulang Dengan Lendutan

A. Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 150 mm

Arah Lendutan (Dirctional Deformation) pada balok beton bertulang dianalisis terhadap variasi kenaikan sudut tulangan sengkang yang berbeda-beda. Pada tulangan normal, balok beton bertulang terjadi lendutan tengah bentang sebesar 0,033635 mm

Pada sengkang 45 derajat, balok beton bertulang terjadi lendutan ditengah bentang sebesar 0,033604 mm. Pada sengkang 55 derajat, balok beton bertulang terjadi lendutan ditengah bentang sebesar 0,033580 mm. Pada sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi lendutan ditengah bentang sebesar 0,03354 mm.



Gambar 4.27. Diagram Hasil Perbandingan Lendutan Terhadap Model

Dari gambar dapat disimpulkan bahwa pada nilai beban yang sama,

deformasi terkecil terjadi pada beton tulangan sengkang miring 65 derajat yaitu sebesar 0,033604 mm sedangkan deformasi terbesar terjadi pada tulangan sengkang normal yaitu 0,033635 mm. Perbandingan terhadap variasi tulangan balok dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah tulangan sengkang miring makanya deformasinya semakin mengecil

Dari gambar juga dapat dilihat bahwa nilai deformasi pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan yang sebesar 0,09% pada BS45, 0,16% pada BS55 dan 0,28% pada BS65 dibandingkan deformasi pada tulangan normal.

B. Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 200 mm

Pada tulangan normal, balok beton bertulang terjadi lendutan tengah bentang sebesar 0,033673 mm. Pada tulangan sudut 45, balok beton bertulang terjadi lendutan tengah bentang sebesar 0,033638 mm. Pada tulangan sudut 55, balok beton bertulang terjadi lendutan tengah bentang sebesar 0,033602 mm. Pada tulangan sudut 65, balok beton bertulang terjadi lendutan tengah bentang sebesar 0,033568 mm.

Disini dapat disimpulkan bahwa pada nilai beban yang sama, deformasi terkecil terjadi pada beton tulangan sengkang miring 65 derajat yaitu sebesar 0,033568 mm sedangkan deformasi terbesar terjadi pada tulangan sengkang normal yaitu 0,033673 mm. Perbandingan terhadap variasi tulangan balok dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah tulangan sengkang miring makanya deformasinya semakin mengecil.

Dan dapat dilihat bahwa nilai deformasi pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan yang sebesar 0,10% pada BS45, 0,21%

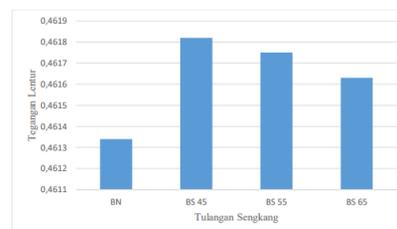
pada BS55 dan 0,31% pada BS65 dibandingkan deformasi pada tulangan normal.

Balok Beton Bertulang Dengan Tegangan Lentur

A. Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 150 mm

Tegangan Lentur pada balok beton bertulang dianalisis terhadap variasi kenaikan sudut tulangan sengkang yang berbeda-beda.

Pada tulangan normal, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46134 MPa. Pada tulangan sengkang 45 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46182 MPa. Pada tulangan sengkang 55 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46175 MPa. Pada tulangan sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46163 MPa.



Gambar 4.45. Diagram Hasil Perbandingan Pengaruh Tegangan Lentur Terhadap Model

Pada gambar dapat disimpulkan bahwa pengaruh tegangan lentur yang terjadi pada beton bertulang paling besar terjadi pada tulangan sengkang miring 45 derajat yaitu sebesar 0,46182 MPa sedangkan momen terkecil terjadi pada beton sengkang tulangan sengkang normal yaitu sebesar 0,46134 MPa. hal ini dapat terjadi berdasarkan analisa yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa kemiringan tulangan menentukan besarnya lendutan pada beton bertulang.

Dari gambar dapat dilihat bahwa nilai tegangan lentur pada tulangan sengkang miring mengalami kenaikan sebesar 0,10% untuk BS 45, 0,089% untuk BS 55 dan 0,06% untuk BS 65 dibandingkan tegangan lentur pada tulangan normal.

B. Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 200 mm

Pada tulangan sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46188 MPa. Pada tulangan sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46191 MPa. Pada tulangan sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46165 MPa. Pada tulangan sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46221 MPa.

Disini dapat disimpulkan bahwa pengaruh tegangan lentur yang terjadi pada beton bertulang paling besar terjadi pada tulangan sengkang miring 65 derajat yaitu sebesar 0,46221 MPa sedangkan momen terkecil terjadi pada beton tulangan sengkang normal yaitu sebesar 0,46165 MPa. hal ini dapat terjadi berdasarkan analisa yang dilakukan dan beberapa faktor seperti penempatan tulangan geser, kerapatan tulangan geser maupun kemiringan efektif tulangan geser.

Dan dapat dilihat bahwa nilai tegangan lentur pada tulangan sudut 45 dan 65 derajat mengalami kenaikan sebesar 0,0065% dan 0,071% dibandingkan tegangan lentur pada tulangan normal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisis yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tegangan geser yang terjadi pada balok sengkang tumpuan berjarak 150 mm mengalami kenaikan tertinggi pada BS 45 yaitu sebesar 0.26306 MPa. nilai tegangan geser pada tulangan sengkang BS45 mengalami kenaikan yang sebesar 0,26% sedangkan tulangan BS55 dan BS65 masing-masing mengalami penurunan sebesar 0,06% dan 0,14% dibandingkan BN. Sedangkan pada balok sengkang tumpuan berjarak 200 mm BN memiliki nilai tegangan geser tertinggi dibanding tulangan sengkang miring lainnya yaitu sebesar 0,26381 MPa. nilai tegangan geser pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan sebesar 0,17%, 0,23% dan 0,12% dibandingkan tegangan geser pada BN.

2. Deformasi yang terjadi pada balok sengkang tumpuan berjarak 150 mm mengalami kenaikan terbesar pada BN dibandingkan dengan tulangan BS lainnya yaitu sebesar 0,033635 mm. nilai deformasi pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan yang sebesar 0,10% pada BS45, 0,21% pada BS55 dan 0,31% pada BS65 dibandingkan pada BN. Sedangkan pada balok sengkang tumpuan berjarak 200 mm mengalami deformasi terbesar pada BN juga sebesar 0,033673 mm dan deformasi terkecil terjadi pada BS65 yaitu sebesar 0,033568 mm. nilai deformasi pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan yang sebesar 0,10% pada BS45, 0,21% pada BS55 dan 0,31% pada BS65 dibandingkan deformasi pada tulangan normal.

3. Tegangan lentur yang terjadi pada balok sengkang tumpuan berjarak 150 mm mengalami kenaikan tertinggi pada BS45 derajat yaitu

sebesar 0,46182 MPa. Nilai tegangan lentur pada tulangan sengkang miring mengalami kenaikan sebesar 0,10% untuk BS 45, 0,089% untuk BS 55 dan 0,06% untuk BS 65 dibandingkan tegangan lentur pada tulangan normal. Sedangkan tegangan geser yang terjadi pada balok sengkang tumpuan berjarak 200 mm BS45 memiliki nilai tegangan geser tertinggi dibanding tulangan sengkang miring lainnya yaitu sebesar 0,46221 MPa. nilai tegangan lentur pada tulangan sudut 45 dan 65 derajat mengalami kenaikan sebesar 0,0065% dan 0,071% dibandingkan tegangan lentur pada tulangan normal.

DAFTAR PUSTAKA BUKU

- Amelia, R., Amelia, R., Simatupang, R. M., & Nuralinah, D. (2017). PENGUJIAN GESER-LENTUR BALOK (The Effects of Shear Bamboo Reinforcement Type on The Shear-Flexural Beam Testing).
- Berdasarkan, T., & Keruntuhan, T. (2009). Kajian eksperimental perilaku balok beton tulangan tunggal berdasarkan tipe keruntuhan balok. 5(2), 39–52.
- Sipil, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2002). STUDI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN VARIASI SENGGANG MIRING TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG Arif Rachman., Rifa Aulia Bakri. Sri Tudjono *) , Han Ay Lie *). 1–13.
- SISTEM RANGKA DENGAN VARIASI JARAK SPASI DISUSUN OLEH: ASNI TANDILINO JURUSAN SIPIL. (2018).
- SNI, 2847:2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–265.
- SNI, & 1727. (2013). Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 196. www.bsn.go.id 71
- Sumajouw, M. D. J., Windah, R. S., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2015). Pengaruh kuat tekan terhadap kuat lentur balok beton bertulang. 3(5), 341–350.
- Wicaksono, D. A., Suryanita, R., & Djauhari, Z. (2019). Studi Eksperimental Balok Beton Bertulang Dengan dan Tanpa Sengkang.
- Kusuma, B. (1999). TULANGAN GESER MINIMUM PADA BALOK BETON MUTU TINGGI. 253–265
- ## JURNAL
- Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc.
- Ariani, R., & Riza, F. V. (2019, October). Peningkatan Derajat Kesehatan Melalui Sosialisasi Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat Sejak Dini. In Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 319-322).
- Asfiati, S., & Mutiara, D. T. (2021). STUDI KESELAMATAN DAN KEAMANAN TRANSPORTASI DI PERLINTASAN SEBIDANG ANTARA JALAN REL DENGAN JALAN UMUM (Studi Kasus Perlintasan Kereta Api Di Jalan Padang, Bantan Timur, Kecamatan Medan Tembung). PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL, 1(2).
- Azis, Z., Panggabean, S., & Sumardi, H. (2021). EFEKTIVITAS REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION TERHADAP HASIL BELAJAR MATEMATIKA SISWA SMP NEGERI 1 PAHAE JAE. Journal Mathematics Education Sigma [JMES], 2(1), 19–24.
- Damanik, W. S., Pasaribu, F. I., Lubis, S., & Siregar, C. A. (2021). Pengujian Modul Solar Charger Control (SCC) Pada Teknologi Pembuangan Sampah Pintar. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 3(2), 89-93.
- Faisal, A. (2019). Influence of repeated earthquakes on the ductility demand of inelastic RC build-ings. KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA.
- Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(1), 41-46.
- Frapanti, S. (2018). Analisa Portal yang Memperhitungkan Kekakuan Dinding Bata dari Beberapa Negara Pada Bangunan Bertingkat Dengan Push-over. Kumpulan Jurnal Dosen Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan

- katkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 41-46.
- Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 41-46.
- Hadipramana, J., & Syahputra, J. (2021). PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL PLAIN WALL BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN STYROFOAM DENGAN LAPISAN COATING DAN ABU SEKAM PADI DENGAN FLY ASH. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Hadipramana, J., Aguslinar, A., Pratiwi, D. N., & Ginting, N. W. (2019, October). Program Pendampingan Remaja Terhadap Dampak Teknologi Digital Terhadap Gaya Hidup di Desa Sidodadi Ramunia, Kabupaten Deli Serdang. In *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 378-383)*.
- Harahap, M., Siregar, G., & Riza, F. V. (2021). Mapping The Potential Of Village Agricultural Social Economic Improvement Efforts In Lubuk Kertang Village Kecamatan Berandan Barat Kabupaten Langkat. *JASc (Journal of Agribusiness Sciences)*, 4(1), 8-14.
- Lubis, S., Pasaribu, F. I., Harahap, P., Damanik, W. S., Siregar, R. S., Siregar, M. A., ... & Batubara, S. S. (2020). Pelatihan Penggunaan Sensor HMC 5883L Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Sumatera Utara. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, 2(2), 229-237.
- Palit, C. M., Pangouw, J. D., & Pandaleke, R. (2016). Perencanaan Struktur Gedung Hotel Jalan Martadinata Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 4(4), 263-270.
- <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2005.08.001>
- Sangga pramana, 2018. (artikel). Retakan pada balok akibat gaya geser, Semarang
- Zulkarnain, F., & Dewi, I. (2021). Bimbingan Dan Pelatihan Kepada Masyarakat Tentang Pembagian Harta Warisan Menurut Islam Di Ranting Tanjung Gusta Medan. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 70-81.
- Zulkarnain, F., & Dewi, I. D. (2020). PKM Pembuatan Saluran Drainase Dusun li Jln Inpres Desa Tanjung Gusta Untuk Mengatasi Banjir. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 1-5.
- Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK, PENELITIAN TERAPAN (PT) Tahun Anggaran 2018. KUMPULAN BERKAS KE-PANGKATAN DOSEN.
- Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK PENELITIAN RISET TERAPAN/MATERIAL MAJU (PPT) TAHUN ANGGARAN 2017. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.
- Zulkarnain, F. (2021). SURAT PERJANJIAN PENUGASAN PELAKSANAAN HIBAH PROGRAM IPTEK BAGI MASYARAKAT TAHUN ANGGARAN 2017. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.
- Zulkarnain, F. (2021). SURAT PERJANJIAN PENUGASAN PELAKSANAAN HIBAH PROGRAM IPTEK BAGI MASYARAKAT TAHUN ANGGARAN 2017. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.
- WEBSITE**
- Madra, Y. M. (2003). Encircling the real. *Rethinking Marxism*, 15(3), 316-325. <https://doi.org/10.1080/0893569032000131613>