# Pengaruh Rasio Tulangan Pada Balok Ditinjau Dari Kurvatur Daktilitas Dengan Mutu Baja Fy 400 Mpa

Dewi Pertiwi[1*], Abdi Hakiki[1]
Teknik Sipil-ITATS Jl.Arief Rahman Hakim 100 Surabaya Indonesia
[1*]dewipertiwi@itats.ac.id

***ABSTRACT***

*Beam is an important component forming structure, this is because the system is binding between one component to another. To increase strength, stiffness and ductility of reinforced concrete beams can be done by adding reinforcement. With the addition of reinforcement in reinforced concrete beams will affect the increase in ductility of the beam. The better the ductile nature of the beam means it will avoid sudden collapse in the structure. The ductility of a structural component can be seen from the relationship of moment and curvature, so that the structure's ability to deform is known.In this study, the specimen was shaped as a beam with dimensions of 20x20x60 cm, using 2D16,3D16,4D16 reinforcement with concrete quality f'c 25 MPa combined with quality steel reinforcement, fy 400 MPa with a diameter of 16 mm. Flexural strength testing using a single bending loading with roller-joint placement. The reading and recording process is carried out at each phase of crack, yield and ultimate. So from that it can be seen the amount of deflection that occurs in each phase. From the results of the flexural test can be analyzed the value of the bending moment, bending stress and ductility. For the value of concrete moment and flexural stress, the same results were obtained, from reinforcement 2D16 - 3D16 increased by 44.71%, for reinforcement 3D16 - 4D16 slightly decreased by 0.5%. As for the ductility value the best results are in 3D16 reinforcement with a ratio of 0.0141. Likewise from the theoretical ductility analysis, the relationship graph of moments and curvature of reinforcement 3.D16 is the best. So, the value of the resulting ratio is smaller, the effect on the ductility of the beam will be better.*

*Keywords: reinforcement ratio, ductility, moment of curvature, deflection,*

**ABSTRAK**

Balok merupakan suatu komponen penting pembentuk struktur, ini dikarenakan sistemnya saling mengikat antara komponen satu dengan yang lain. Untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan dan daktilitas balok beton bertulang dapat dilakukan dengan penambahan tulangan. Dengan adanya penambahan tulangan pada balok beton bertulang akan berpengaruh terhadap peningkatan daktilitas yang dimiliki balok tersebut. Dengan semakin baik sifat daktail yang dimiliki balok berarti akan menghindari keruntuhan pada struktur secara tiba-tiba. Daktilitas suatu komponen struktur dapat dilihat dari hubungan momen dan kurvatur, sehingga dapat diketahui kemampuan struktur tersebut dalam berdeformasi. Pada penelitian ini benda uji berbentuk balok berdimensi 20x20x60 cm ,menggunakan tulangan 2D16,3D16,4D16 dengan mutu beton f'c 25 Mpa yang dikombinasikan dengan baja tulangan mutu, fy 400 mpa . Pengujian kuat lentur menggunakan pembebanan satu bending dengan perletakan sendi-rol. Proses pembacaan dan pencataan dilakukan pada setiap fase crack, *yield* dan ultimate. Sehingga dari situ dapat diketahui besar defleksi yang terjadi pada tiap fase. Dari hasil uji lentur dapat di-analisa nilai momen lentur, tegangan lentur dan daktiliasnya. Untuk nilai momen dan tegangan lentur beton didapat hasil yang sama, dari tulangan 2D16 – 3D16 mengalami peningkatan sebesar 44,71%, untuk tulangan 3D16 – 4D16 sedikit mengalami penurunan sebesar 0,5%. Sedangkan untuk nilai daktilitas hasil yang paling baik ada pada tulangan 3D16 dengan rasio sebesar 0,0141. Sama halnya dari analisa daktilitas secara teoritis grafik hubungan momen dan kurvatur tulangan 3D16 adalah yang paling baik. Jadi, nilai rasio yang dihasilkan semakin kecil maka pengaruh terhadap daktiltias balok akan semakin bagus.

Kata kunci: rasio tulangan ,daktilitas, momen kurvatur, defleksi,

## PENDAHULUAN

Balok merupakan suatu komponen penting pembentuk struktur yang tidak boleh ditinggalkan pada suatu konstruksi bangunan, karena apabila tanpa balok suatu struktur tidak akan bisa berdiri dengan sempurna, ini dikarenakan system kerjanya saling mengikat antara komponen satu dengan yang lain. Karena faktor itulah maka dalam merencanakan/mendesain suatu balok harus benar-benar diperhatikan baik secara perhitungan maupun pelaksanaan dilapangan agar tujuan untuk menghasilkan konstruksi bangunan yang sesuai harapan dapat terlaksana.

Daktilitas harus dimiliki suatu komponen struktur bangunan untuk meningkatkan kemampuan daya layan terhadap beban luar, karena dalam mendesain struktur diwajibkan untuk meminimalisir defleksi terlalu besar yang dapat menimbulkan kegetasan pada komponen struktur tersebut [1].

Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan tulangan pada balok beton bertulang terhadap kurvatur daktilitas ini dilakukan penelitian dengan membedakan variasi rasio tulangannya, sehingga dapat terlihat pengaruh perbedaan rasio tulangan pada balok beton bertulang tersebut. Dan dari Kurvatur Daktilitas tersebut dapat diketahui kemampuan struktur dalam menerima beban yang bekerja, sehingga akan lebih mudah dalam mendesain struktur yang bukan hanya menunjukkan fungsinya tetapi juga dari segi kekuatan bangunannya [1].

Untuk material beton ataupun baja, daktilitas masing-masing material bisa dicek dengan melihat kurva tegangan-regangan yang terbentuk melalui tes aksial. Namun, untuk material beton-bertulang, tidak akan bisa didapatkan sebuah kurva yang menggambarkan tegangan-regangan material komposit secara bersama-sama. Beton ataupun baja pada material beton bertulang, akan memiliki nilai tegangan-regangan yang nilainya berbeda satu sama lain. Meskipun kurva tegangan-regangan untuk masing-masing material bisa dibuat ke dalam 2 buah kurva yang berbeda, namun tidak akan bisa menggambarkan daktilitas yang terbentuk [2].

*Grafik kurvatur momen* adalah salah satu indikator yang bisa dipakai untuk mengecek daktilitas sebuah struktur beton bertulang. Definisi dari *kurvatur momen* adalah besarnya rotasi yang terjadi pada elemen struktur ketika menerima momen lentur. Grafik kurvatur momen menampilkan besarnya momen lentur dan besarnya rotasi yang terjadi. Oleh karena itu, kurvatur momen lebih sering dipakai untuk mengecek struktur elemen balok. Tidak hanya itu dari grafik kurvatur momen juga kita dapat melihat daktilitas yang terjadi apabila ada pengaruh rasio tulangan pada balok yang diakibatkan adanya variasi – variasi suatu rasio tulangan. Dengan begitu nantinya juga dapat digunakan untuk menge-cek kekuatan suatu balok [3].

## METODE PELAKSANAAN

### 1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mendalami materi yang relevan dengan penelitian ini. Kepustakaan ini meliputi berbagai buku teks, peraturan dan standart nasional yang di cantumkan pada daftar pustaka.

### 2.Perhitungan Tulangan

Sebelum pelaksanaan proses pembuatan beton bertulang dihitung terlebih dahulu rasio tulangan yang diperlukan untuk setiap benda uji dengan rasio tulangan berbeda, disini mutu baja tulangan yang dipakai adalah Fy: 400 mpa dengan D16mm. Karena dengan menghitungnya terlebih dahulu dapat diketahui jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap-tiap sampel. Pada penelitian ini menggunakan 3 variasi rasio tulangan, seperti pada **Tabel 1**

**Tabel 1**. Jumlah tulangan pakai setiap variasi rasio

| **Mutu Baja *Fy* = 400 Mpa** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Variasi Rasio ($\rho$)** | | **b (mm)** | **H (mm)** | **d (mm)** | **AS = $\rho . b . d$ ($mm^2$)** | **Tul.pakai** |
| $\rho 1$ | = 0.0035 | 200 | 200 | 146 | 102.20 | 2 D16 |
| $\rho_2$ | = 0.0141 | 200 | 200 | 146 | 412.70 | 3 D16 |
| $\rho 3$ | = 0.0248 | 200 | 200 | 146 | 723.19 | 4 D16 |

**3.Analisa Mix Desain**

Analisa mix desain digunakan untuk mendapatkan komposisi campuran beton dengan mutu beton rencana 25 Mpa untuk benda uji balok ukuran 20cmx20cmx60cm

**4.Pembuatan Benda Uji**

Setelah diperoleh komposisi campuran beton,dilanjutkan dengan pembuatan benda uji berupa balok dengan ukuran 20cmx20cmx60cm sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi

**5.Perawatan Benda uji**

Setelah benda uji dibuka dari cetakan,benda uji dirawat dengan direndam air selama 28 hari agar suhu pada beton stabil.

**6**.**Pengujian Kuat lentur Beton**

Setelah umur 28 hari ,balok beton diuji lentur untuk mendapatkan nilai defleksi beton pada kondisi leleh dan retak maksimum.

**7. Analisis Perhitungan**

Hasil uji lentur dianalisis kuat lentur,tegangan,defleksi dan kurvatur ductility dan dibuat grafik perbandingan nilai defleksi dan kurvatur ductility

**8. Kesimpulan**

Dari hasil analisis dibuat kesimpulan variasi mana yang mengalami daktilitas yang paling baik

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Kuat Tekan Beton

Pengujian Kuat tekan beton ini bertujuan untuk memastikan apakah benar mutu beton yang digunakan untuk uji lentur sesuai dengan mutu yang telah direncanakan yaitu mutu beton,**fc: 25Mpa**.

**Table 2.** Hasil Uji Tekan Beton Umur 28 Hari

| **Benda Uji** | **Berat (Kg)** | **Beban (N)** | **Luas Penampang ($mm^2$)** | **Kuat Tekan ($N/mm^2$)** | **Rata – Rata** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12,36 | 400000 | 17662,5 | 22,65 | **24,16** |
| 2 | 12,37 | 430000 | 17662,5 | 24,35 | |
| 3 | 12,35 | 450000 | 17662,5 | 25,48 | |

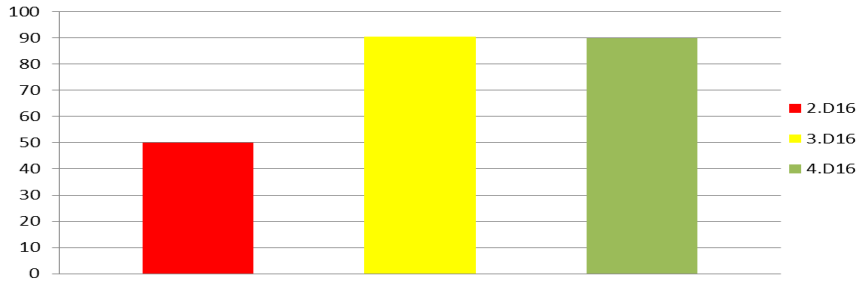
Toleransi nilai kuat tekan ± 15%, jadi nilai kuat tekan 24,16 mpa masih masuk dalam rencana kuat tekan yang sudah di rencanakan.

**Momen Lentur Balok Beton**

**Gambar 1.** Momen Lentur Balok Beton Bertulang

Dari Gambar 1. menunjukan hasil perbandingan momen lentur balok beton yang menggunakan material pasir Mojokerto dengan tulangan diameter 16 dengan mutu fy 400 mpa, sbb :
Penggunaan tulangan 2D16 momen lentur sebesar 10080 kgm,sedangkan penggunaan tulangan 3D16 sebesar 181000 kgm mengalami peningkatan sebesar 44,71%.Sedangkan balok beton dengan menggunakan tulangan 4D16 sebesar 180000 kgm sedikit mengalami penurunan sebesar 0,55% , penurunan momen lentur tidak signifikan .

**Tegangan Lentur Balok Beton**

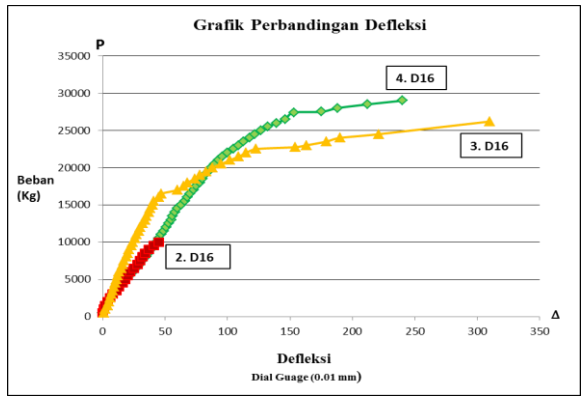



**Gambar 2** Tegangan Lentur Balok Beton

Gambar 2 menunjukan hasil tegangan lentur beton yang menggunakan material pasir Mojokerto yang di kombinasikan dengan tulangan diameter 16 dengan mutu fy 400 mpa, sbb :
Penggunaan tulangan 2D16 tegangan lentur sebesar 50,05 kg/cm$^2$,sedangkan penggunaan tulangan 3D16 sebesar 90,50 kg/cm$^2$ mengalami peningkatan sebesar 44,71%.Sedangkan dengan menggunakan tulangan 4D16 sebesar 90 kg/cm$^2$ sedikit mengalami penurunan sebesar 0,55% , penurunan tegangan lentur tidak signifikan .

**Defleksi Balok Beton**

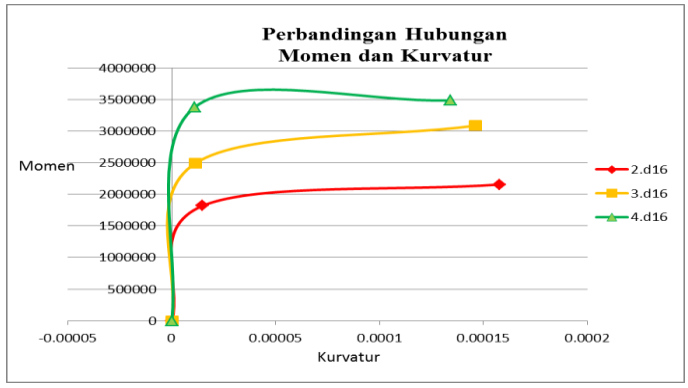
Gambar 3 dari ketiga variasi rasio tulangan yang memiliki sifat daktail paling baik adalah Balok dengan menggunakan tulangan 3D16, karena pada grafik tersebut tergambar bahwa kondisi dimana fase yield menuju fase ultimate cenderung menurun dan lebih landai dari fase sebelumnya, jarak dari yield ke ultimate yang dihasilkan tulangan 3D16 juga cukup panjang. Jadi, Balok dengan menggunakan tulangan 3D16 daktiltias yang dihasilkan lebih baik.




**Gambar 3.** Defleksi Balok Beton

## Kurvatur Daktilitas

Berdasarkan hasil perhitungan Kurvatur Daktilitas secara teori dapat diperoleh nilai hubungan antara momen dan kurvatur daktilitas




**Gambar 4.** Hubungan Momen dan Kurvatur

Gambar 4. menunjukan perbandingan daktilitas antara ketiga variasi rasio tulangan secara teoritis, grafik tersebut didapat dengan cara menghitung nilai momen dan kurvatur pada saat kondisi yield dan ultimate, dengan memasukan nilai P (beban) saat yield dan ultimate yang didapatkan dari hasil Uji lentur di laboratorium. Pada grafik hubungan antara kurvatur-momen perbandingan antara tulangan 2D16, 3D16 dan 4D16 yang paling baik daktilitasnya adalah tulangan 2D16 dengan nilai daktilitas 10.614, dengan nilai daktilitas sebesar itu sifat daktail yang dihasilkan akan lebih baik jika dibandingakan dengan variasi yang lain, ini dapat dilihat dari grafik saat fase yield sampai ultimate, jarak dari kedua fase tersebut yang dihasilkan 2D16 lebih jauh dari tulangan 3D16 dan 4D16.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan

1. Penggunaan tulangan 2D16 momen lentur sebesar 10080 kgm,sedangkan penggunaan tulangan 3D16 sebesar 181000 kgm mengalami peningkatan sebesar 44,71%.Sedangkan

balok beton dengan menggunakan tulangan 4D16 sebesar 180000 kgm sedikit mengalami penurunan sebesar 0,55% , penurunan momen lentur tidak signifikan .

2. Penggunaan tulangan 2D16 tegangan lentur sebesar 50,05 kg/cm2,sedangkan penggunaan tulangan 3D16 sebesar 90,50 kg/cm2 mengalami peningkatan sebesar 44,71%.Sedangkan dengan menggunakan tulangan 4D16 sebesar 90 kg/cm2 sedikit mengalami penurunan sebesar 0,55% , penurunan tegangan lentur tidak signifikan .
3. Dari ketiga variasi rasio tulangan yang memiliki sifat daktail paling baik adalah Balok dengan menggunakan tulangan 3D16, karena pada grafik tersebut tergambar bahwa kondisi dimana fase yield menuju fase ultimate cenderung menurun dan lebih landai dari fase sebelumnya, jarak dari yield ke ultimate yang dihasilkan tulangan 3D16 juga cukup panjang. Jadi, Balok dengan menggunakan tulangan 3D16 daktiltias yang dihasilkan lebih baik.
4. hubungan antara kurvatur-momen perbandingan antara tulangan 2D16, 3D16 dan 4D16 yang paling baik daktilitasnya adalah tulangan 2D16 dengan nilai daktilitas 10.614, dengan demikian sifat daktail yang dihasilkan akan lebih baik .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada Bapak Ketua YPTS,Bapak Rektor ,Panitia SNTEKPAN VII 2019 yang telah membantu dan memberi kesempatan untuk mengikuti Seminar Nasional SNTEKPAN VII 2019 .

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Nur Oscar Fithrah.2009. **Analisa Pengaruh Tambahan Tulangan Tekan Terhadap Daktilitas Kurvatur Balok Beton Bertulang.** Jurnal rekayasa Sipil Vol 5 (1): 23-34 ,Fakultas Teknik Universitas Andalas.

[2] Karolina, Rahmi. 2008.**Analisa dan Kajian Eksperimental Hubungan Momen - Kurvatur Pada Balok Beton Bertulang.** Skripsi tidak diterbitakan, Fakultas Teknik Sipil Universitas Sumatra Utara.

[3] **Teori Dasar Kurvatur Momen Beton Bertulang**,**2013** Laboratorium Rekayasa Struktur, Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung

[4] Wikana,I. dan Widayat,Y.2007. **Tinjauan Kuat Lentur Balok Beton Bertulang dengan Lapisan Mutu Beton yang Berbeda.** Majalah Ilmiah UKRIM. Edisi 2

[5] Aryanti,R dan Mirani, Z**.**2008**. Pengujian Lentur Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Modifikasi Alat Uji Tekan.** Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa Vol. 3(2): 74-80 Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang

[6] M. Yahya Qomarudin. 2013. **Perbandingan Kuat Lentur Beton Dengan Menggunakan Pasir Lumajang Dan Pasir Gunung Merapi.** Skripsi tidak diterbitkan**,**Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

[7] Satria Wacana Inka,2019, **Pengaruh Variasi Penambahan Serat Fiber Polypropylene pada Campuran beton Mutu f'c 30 Mpa ditinjau Terhadap Kuat lentur**, Skripsi tidak diterbitkan ,Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya