

STUDI PENGARUH VARIASI JARAK TULANGAN TERHADAP KAPASITAS MOMEN PADA BALOK BETON BERTULANG

Gupita Limar Respati¹, Dwi Sat Agus Yuwana², Evi Puspitasari³

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang, Jawa Tengah 56116

E-mail: gupitalimar@gmail.com, dwisatagus@untidar.ac.id, evi.puspitasari@untidar.ac.id

ABSTRAK

Beton elemen penting untuk konstruksi bangunan. Sifat beton yang hanya mempunyai nilai kuat tekan relatif rendah, maka diperlukan baja tulangan. Beton yang diperkuat dengan baja tulangan untuk membantu kelemahan dengan menempatkan di daerah yang menerima tarik. Balok sebagai salah satu komponen beton bertulang, di lapangan sering terjadi kesalahan penempatan tulangan. Menyebabkan terjadi kerusakan struktur secara keseluruhan. Penelitian ini untuk mengetahui perletakan tulangan berpengaruh pada nilai kapasitas momen.

Penelitian ini merencanakan mix design K-225 dengan benda uji kubus untuk pengujian kuat tekan dan benda uji balok yang diberi baja tulangan polos diameter 10mm sebagai variasi jarak tulangan. Pada benda uji balok yang diberi tulangan tunggal terdapat 7 variasi jarak terhadap garis netral, masing-masing variasi ada 3 sampel. Dari hasil kuat lentur dihitung kapasitas momen dan data diolah dengan analisis regresi linier sederhana.

Hasil penelitian kuat tekan beton kubus yang di konversikan ke silinder sebesar 13,896 MPa. Hasil perhitungan momen kapasitas momen balok jarak 1cm dari garis netral sebesar 1,502kNm, jarak 2cm sebesar 1,691kNm, jarak 3cm sebesar 1,879kNm, jarak 4cm sebesar 2,066kNm, jarak 5cm sebesar 2,255kNm, jarak 6cm sebesar 2,443kNm, jarak 7cm sebesar 2,663kNm. Pola retak yang terjadi pada seluruh benda uji mengalami retak lentur, retak vertikal dari arah tarik balok menuju tekan.

Kata kunci : Variasi jarak tulangan, Kapasitas momen, Pola retak

ABSTRACT

Concrete is one of the important elements for building construction. The nature of concrete which only has a relatively low compressive strength value requires reinforcing steel. Concrete reinforced with reinforcing steel to help with weakness by placing in areas that receive tension. Beams as one of the components of reinforced concrete, in the field there is often an error in the placement of reinforcement. Causing damage to the overall structure. This study is to determine the effect of reinforcement placement on the value of the moment capacity.

This research is planning a mix design of K-225 with a cube specimen for compressive strength testing and a beam specimen with 10mm diameter plain reinforcing steel as a variation of the reinforcement distance. There are 7 variations of the distance from the neutral line on the beam test object that is given single reinforcement, each variation has 3 samples. From the flexural strength results, the moment capacity was calculated and the data was processed by simple linear regression analysis.

The results of the research that the compressive strength of cube concrete converted to cylinders is 13.896 MPa. The results of the calculation of the moment capacity of the beam, a distance of 1cm from the neutral line is 1,502kNm, a distance of 2cm is 1,691kNm, a distance of 3cm is 1,879kNm, a distance of 4cm is 2,066kNm, a distance of 5cm is 2,255kNm, a distance of 6cm is 2,443kNm, a distance of 7cm is 2,663kNm. The pattern of cracks that occur in all test specimens is flexural cracking, vertical cracking from the tensile direction of the beam to compression.

Keyword: Variation of reinforcement distance, Moment capacity, Crack pattern

PENDAHULUAN

Sifat bahan beton yang hanya mempunyai nilai kuat tarik relatif rendah, maka pada umumnya hanya diperhitungkan bekerja dengan baik di daerah tekan pada penampangnya, dan hubungan-hubungan regangan-tegangan yang timbul karena pengaruh gaya tekan tersebut digunakan sebagai dasar pertimbangan.

Tulangan yang digunakan untuk beton bertulang pada saat ini umumnya berupa tulangan baja menggunakan begel atau disebut dengan tulangan baja biasa. Nilai kuat tarik hanya sekitar 8-10% dari kuat tekannya, sehingga untuk dapat digunakan sebagai komponen struktur bangunan, beton tersebut perlu diperkuat dengan baja tulangan untuk membantu kelemahannya yaitu dengan menempatkan batang tulangan di bagian beton yang menerima beban tarik.

Balok sebagai salah satu komponen struktur yang sering menggunakan beton bertulang sebagai material penyusunannya, terkadang dalam proses penempatan tulangan di lapangan sering diabaikan dan menjadi kesalahan, sehingga hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada balok, dan pada akhirnya menyebabkan kerusakan struktur secara keseluruhan. Pada penelitian ini bermaksud mengamati pengaruh letak tulangan terhadap kapasitas momen balok beton bertulang. Jadi diperlukan penelitian terhadap kuat tekan, kuat lentur, untuk mengetahui nilai kapasitas momen akibat variasi jarak tulangan.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

1. Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kuat tekan beton adalah kemampuan beton menerima gaya tekan per satuan luas, dimana benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Perhitungan kuat tekan rata-rata

$$f'_{cr} = f'_c + 1,64 S_r$$

$$f'_{cr} = P/A$$

Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'_c - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

Konversi kubus ke dalam silinder

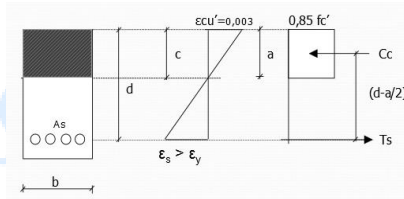
$$f'_c \text{ silinder} = f'_c \text{ kubus} \times C$$

2. Kekuatan Lentur Balok

Menurut SNI 4154-2014, perhitungan modulus runtuh sebagai berikut:

$$R = \frac{3 P L}{b d^2}$$

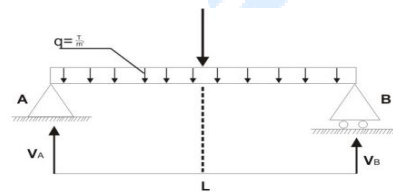
3. Penampang Tulangan Tunggal



Gambar 1. Tegangan Regangan Tulangan Tunggal

$$M_n = 0,85 f'_c a b (d - (a/2))$$

4. Pembebanan Balok Beton



Gambar 2. Pembebanan Balok

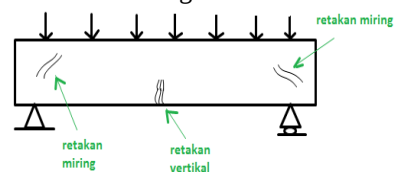
$$M_x = ((1/4) P \times L) + ((1/8) q \times L^2)$$

5. Kapasitas Momen

Menghitung kapasitas momen dapat dihitug berdasarkan rumus-rumus balok dengan menggunakan persamaan-persamaan statis untuk jumlah gaya-gaya horizontal dan jumlah momen-momen penahan yang dihasilkan oleh kepor internal dapat diperoleh dengan mudah.

6. Retak pada Balok

Balok dengan tumpuan sederhana dan diberi beban yang melebihi kemampuan balok itu sendiri yang cukup berat, menyebabkan balok mengalami keretakan. Retakan balok dapat terjadi 2 jenis yaitu retak vertikal dan retak miring.



Gambar 3. Jenis Retak Balok

METODOLOGI PENELITIAN

1. Bagan Alur Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4. berikut:



Gambar 4. Alur Perencanaan

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pembuatan balok beton bertulang dan beton kubus dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Tidar. Pengujian kuat lentur balok beton bertulang di PSIT UGM, dan pengujian kuat tekan beton kubus di Laboratorium Struktur UNY.

3. Jenis-jenis Variabel Penelitian

Variabel bebas adalah, variasi jarak tulangan dan variabel terikat kapasitas momen.

4. Kebutuhan Bahan

Kebutuhan bahan untuk pembuatan benda uji, yaitu:

Semen = 130,29 kg

Pasir = 245,03 kg

Kerikil = 367,44 kg

Air = 75,55 kg

5. Tahapan Penelitian

- Persiapan Bahan
- Proses Pembuatan Benda Uji
- Perawatan Benda Uji
- Pengujian Benda Uji

Pengujian berupa pengujian slump, pengujian kuat tekan dan pengujian kuat lentur

- Analisis dan Pembahasan

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *anova* (*analysis of variance*), *one way anova*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian laboratorium di lanjutkan dengan analisis mengenai nilai kuat tekan pada mix design yang sudah di tentukan, analisis pengaruh variasi jarak tulangan terhadap kapasitas momen beton.

1. Pengujian Slump

Tabel 1. Hasil Uji Slump

No.	Kode	Slump (cm)		Rata-rata Slump (cm)	
		1	2		
1	H1A1	12	8	10	10.4
2	H1A2	8	10	9	
3	H2A2	10	12	11	10.75
4	H2A2	11	10	10.5	
5	H3A1	12	11	11.5	11.5

2. Pengujian Kuat Tekan

Tabel 2. Perhitungan Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Berat kg	Umur hari	Luas cm ²	P _{max} kN	f _c kg/cm ²	f _c - f _{cr} MPa	(f _c - f _{cr}) ² MPa
K1	8.135	28	225	495.9	224.668	-1.820	3.312
K2	8.000	28	225	471.5	213.614	-2.903	8.429
K3	7.955	28	225	460.7	208.721	-3.383	11.443
K4	7.970	28	225	436.4	197.712	-4.462	19.906
K5	7.990	28	225	432.5	195.945	-4.635	21.481
K6	7.990	28	225	497.7	225.484	-1.740	3.028
K7	7.980	28	225	480.6	217.737	-2.499	6.246
K8	8.020	28	225	457.3	207.181	-3.534	12.487
K9	7.980	28	225	448.2	203.058	-3.938	15.506
K10	7.885	28	225	507.7	230.015	-1.296	1.680
K11	7.930	28	225	564.0	255.521	1.204	1.449
K12	7.720	28	225	529.2	239.755	-0.341	0.117
K13	7.920	28	225	551.1	249.677	0.631	0.398
K14	7.970	28	225	492.2	222.992	-1.984	3.937
K15	7.920	28	225	601.5	272.511	2.869	8.229
K18	8.015	28	225	655.3	296.885	5.257	27.639
K19	8.290	28	225	676.6	306.535	6.203	38.477
K20	8.100	28	225	651.7	295.254	5.097	25.984
K21	7.985	28	225	790.8	358.274	11.273	127.089

3. Pengujian Kuat Lentur

Tabel 3. Perhitungan Kuat Lentur

Kode Benda Uji	Panjang L (mm)	Lebar b (mm)	Tinggi h (mm)	Beban P (Kg)	Kuat Lentur (MPa)	Rata-rata Kuat Lentur (MPa)
B1	450	150	152	1620	3.095	2.926
B2	450	152	152	1650	3.111	
B3	450	153	152	1372	2.570	
C1	450	151	152	1680	3.189	3.175
C2	450	152	151	1660	3.172	
C3	450	152	151	1656	3.164	
D1	450	152	152	1774	3.345	3.317
D2	450	151	150	1880	3.664	
D3	450	150	150	1500	2.943	
E1	450	150	150	2472	4.850	4.399
E2	450	150	150	2250	4.415	
E3	450	150	150	2004	3.932	
F1	450	150	150	2010	3.944	4.454
F2	450	150	150	2350	4.611	
F3	450	150	150	2450	4.807	
G1	450	150	150	1982	3.889	4.229
G2	450	150	150	2224	4.363	
G3	450	150	150	2260	4.434	
H1	450	152	150	2990	5.789	5.435
H2	450	153	154	2850	5.201	
H3	450	153	151	2800	5.315	

4. Momen Maksimal Balok

Tabel 7. Perhitungan Momen Maksimal Balok

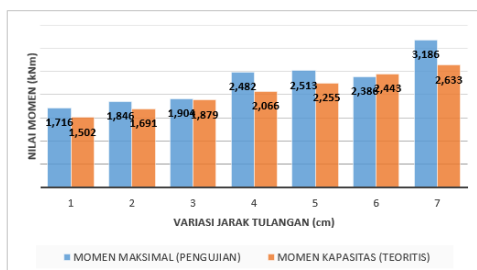
Benda Uji	Berat Balok (q)	Berat Balok (q)	Panjang Bentang (L)	Beban (P)	Momen Maksimum	Rata-rata Momen Maksimum
	kg	kN/m	m	kg	kNm	kNm
B1	32.0	0.314	0.45	1620	1.796	1.716
B2	33.2	0.326	0.45	1650	1.829	
B3	32.4	0.318	0.45	1372	1.522	
C1	32.0	0.314	0.45	1680	1.862	1.846
C2	32.4	0.318	0.45	1660	1.840	
C3	31.8	0.312	0.45	1656	1.835	
D1	31.6	0.310	0.45	1774	1.966	1.904
D2	31.3	0.307	0.45	1880	2.083	
D3	32.2	0.316	0.45	1500	1.663	
E1	31.4	0.308	0.45	2472	2.736	2.482
E2	31.2	0.306	0.45	2250	2.491	
E3	31.5	0.309	0.45	2004	2.219	
F1	31.2	0.306	0.45	2010	2.226	2.513
F2	30.8	0.302	0.45	2350	2.601	
F3	31.3	0.307	0.45	2450	2.712	
G1	30.7	0.301	0.45	1982	2.195	2.386
G2	30.9	0.303	0.45	2224	2.462	
G3	31.0	0.304	0.45	2260	2.502	
H1	31.7	0.311	0.45	2990	3.308	3.186
H2	32.5	0.319	0.45	2850	3.153	
H3	31.7	0.311	0.45	2800	3.098	

5. Kapasitas Momen Balok

Tabel 8. Perhitungan Kapasitas Momen Balok

Benda Uji	Lebar b (mm)	Tinggi h (mm)	d (mm)	As (mm ²)	f _c	f _y	a (mm)	Momen Kapasitas (kNm)	Rata-rata Momen Kapasitas (kNm)
B1	150	152	85	78,5	13,896	240	10.634	1.501	1.691
B2	152	152	85	78,5	13,896	240	10.494	1.503	
B3	153	152	85	78,5	13,896	240	10.425	1.503	
C1	151	152	95	78,5	13,896	240	10.563	1.690	1.879
C2	152	151	95	78,5	13,896	240	10.494	1.691	
C3	152	151	95	78,5	13,896	240	10.494	1.691	
D1	152	152	105	78,5	13,896	240	10.494	1.879	2.066
D2	151	150	105	78,5	13,896	240	10.563	1.879	
D3	150	150	105	78,5	13,896	240	10.634	1.878	
E1	150	150	115	78,5	13,896	240	10.634	2.066	2.255
E2	150	150	115	78,5	13,896	240	10.634	2.066	
E3	150	150	115	78,5	13,896	240	10.634	2.066	
F1	150	150	125	78,5	13,896	240	10.634	2.255	2.443
F2	150	150	125	78,5	13,896	240	10.634	2.255	
F3	150	150	125	78,5	13,896	240	10.634	2.255	
G1	150	150	135	78,5	13,896	240	10.634	2.443	2.633
G2	150	150	135	78,5	13,896	240	10.634	2.443	
G3	150	150	135	78,5	13,896	240	10.634	2.443	
H1	152	150	145	78,5	13,896	240	10.494	2.633	2.633
H2	153	154	145	78,5	13,896	240	10.425	2.634	
H3	153	151	145	78,5	13,896	240	10.425	2.634	

6. Perbandingan Momen Maksimal dan Kapasitas Momen



Gambar 5. Grafik Perbandingan Momen Maksimal Pengujian dan Kapasitas Momen Teoritis

7. Analisis Variasi Jarak Tulangan terhadap Kapasitas Momen

Analisis Deskriptif

Tabel 9. Analisis Deskriptif Descriptives

KAPASITAS MOMEN							
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound	
1	3	1.50233	.001155	.000667	1.49946	1.50520	1.503
2	3	1.69067	.000577	.000333	1.68923	1.69210	1.691
3	3	1.87867	.000577	.000333	1.87723	1.88010	1.879
4	3	2.06600	.000000	.000000	2.06600	2.06600	2.066
5	3	2.25500	.000000	.000000	2.25500	2.25500	2.255
6	3	2.44300	.000000	.000000	2.44300	2.44300	2.443
7	3	2.63400	.000000	.000000	2.63400	2.63400	2.634
Total	21	2.06710	.386165	.084268	1.89132	2.24288	1.501

Uji Normalitas

Tabel 10. Uji Normalitas Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
KAPASITAS MOMEN	.121	21	.200 [*]	.927	21	.118
VARIASI JARAK TULANGAN	.121	21	.200 [*]	.926	21	.115

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Uji Homogenitas

Tabel 11. Uji Homogenitas Test of Homogeneity of Variances

KAPASITAS MOMEN			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
11.556	6	14	.000

Uji Anova

Tabel 12. Uji Anova ANOVA

KAPASITAS MOMEN				
	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	2.982	6	.497	1.740E6
Within Groups	.000	14	.000	
Total	2.982	20		

PEMBAHASAN

1. Pembahasan Pemeriksaan Slump

Pengujian Slump pada penelitian ini dengan mix design K-225 yang dilakukan 5 kali pengadukan, tiap pengadukan diambil 2 kali uji slump. Berdasarkan SNI 7394:2008 beton mutu K-225 pengujian slump harus memenuhi syarat jika, 12±2 cm.

2. Pembahasan Kuat Tekan

Campuran beton mix design K-225 mutu beton $f'_c=19,3$ MPa berdasarkan SNI 7384:2008 pada penelitian ini hasil nilai kuat tekan beton tidak memenuhi syarat dengan nilai $f'_c= 13,896$ MPa. Beberapa faktor

pengerjaan di lapangan seperti tidak telitinya penakaran air untuk fas, pengadukan campuran beton tidak tercampur dengan rata karena dilakukan secara manual, proses penuangan campuran beton ke dalam cetakan membutuhkan waktu cukup lama. Kadar air dalam pasir dan batu pecah, menambah berat air juga. Maka dari itu perlunya pengujian berat satuan.

3. Pembahasan Kapasitas Momen

Perhitungan Kapasitas Momen dengan variasi jarak tulangan menghasilkan nilai berbanding lurus, semakin besar variasi jarak tulangan, nilai kapasitas momen juga semakin besar.

4. Pembahasan Analisis Pengaruh Variasi Jarak Tulangan terhadap Kapasitas Momen

Pengaruh Variasi Jarak Tulangan terhadap Kapasitas Momen di analisis menggunakan One Way Anova. Uji Normalitas kedua variabel yaitu variasi jarak tulangan dan kapasitas momen terdistribusi normal. Uji Homogenitas H_0 ditolak, dan H_1 diterima, maka terdapat perbedaan variasi jarak tulangan dan kapasitas momen (kedua data tidak homogen).

Hasil uji one way anova pada Tabel Anova diperoleh nilai signifikansi 0,000. Nilai signifikan (sig.) $0,000 < 0,05$, maka H_0 ditolak, dan H_1 diterima. Kesimpulannya, ada interaksi pengaruh variasi jarak tulangan terhadap kapasitas momen.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil pengujian kuat tekan rata-rata kubus dengan mix design K-225 $f'c = 19,3$ MPa yang sudah di konversikan ke dalam bentuk silinder bernilai 13,896 MPa, ini tidak memenuhi syarat SNI 7384:2008.
- Hasil uji one way anova pada Tabel Anova diperoleh nilai signifikansi 0,000. Nilai signifikan (sig.) $0,000 < 0,05$, maka H_0 ditolak, dan H_1 diterima, artinya ada interaksi

pengaruh variasi jarak tulangan terhadap kapasitas momen.

- Pola retak yang terjadi pada seluruh benda uji adalah pola retak lentur dari pengujian kuat lentur. Pola retak seluruh benda uji yaitu berupa retak vertikal dari arah tarik balok menuju daerah tekan.

2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Untuk pencampuran mix design disarankan menggunakan bantuan alat mixer, agar tercampur lebih rata.
- Penelitian selanjutnya bias dengan variasi bentuk balok plat lantai, atau kolom, dengan variasi perletakan tulangan utama, dan sebaiknya menggunakan kawat lilit, agar perletakan tulung stabil saat penuangan campuran beton.
- Penelitian selanjutnya bias dengan membandingkan hasil pengujian di lapangan dengan hasil rekayasa dengan aplikasi Soft Response 2000, dengan begitu bias dilihat perbedaan pengujian di lapangan dengan aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nawy, 1998, *Beton Bertulang*, Bandung: PT Rafika Aditama.
- [2] McCormac, Jack C., 2003. *Desain Beton Bertulang Jilid 1 Edisi Kelima*, Erlangga. Jakarta.
- [3] McCormac, Jack C., 2013, *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima*, Erlangga, Jakarta.
- [4] Mosley, W. M., 1984, *Perencanaan Beton Bertulang Edisi Kedua*, Erlangga, Jakarta Pusat.
- [5] *Tata Cara Pembuatan Benda Uji Beton di Laboratorium*, 2011, SNI 2493, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [6] Tjokrodinuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [7] Wang, Chu-Kia, Charles G. Salmon, Binsar Hariandja, 1993, *Disain Beton Bertulang Edisi Keempat*, Erlangga, Jakarta.
- [8] Wesli, 2010, *Mekanika Rekayasa*, Graha Ilmu, Yogyakarta.