

**TINJAUAN KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG BAJA
DENGAN PENAMBAHAN KAWAT YANG DIPASANG DIAGONAL
DI TENGAH TULANGAN SENKANG**

Naskah Publikasi

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

NOVA IRAWAN
NIM : D 100 090 044
NIRM : 09 6 106 03010 50044

kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2014

LEMBAR PENGESAHAN

**TINJAUAN KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG BAJA DENGAN
PENAMBAHAN KAWAT YANG DIPASANG DIAGONAL
DI TENGAH TULANGAN SENKANG**

Naskah Publikasi Tugas Akhir ini telah diajukan dan disetujui untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta

diajukan oleh :

NOVA IRAWAN

NIM : D 100 090 044

NIRM : 09 6 106 03010 50044

Susunan Dewan Pembimbing

Pembimbing Utama



Basuki, S.T., M.T.
NIK : 783

Pembimbing Pendamping



Muhammad Ujianto, S.T., M.T.
NIK : 728

TINJAUAN KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG BAJA DENGAN PENAMBAHAN KAWAT YANG DIPASANG DIAGONAL DI TENGAH TULANGAN SENGGANG

ABSTRAKSI

Beton bertulang sebagai elemen balok umumnya diberi tulangan memanjang (lentur) dan tulangan sengkang (geser). Tulangan lentur untuk menahan pembebanan momen lentur yang terjadi pada balok, sedangkan tulangan geser untuk menahan pembebanan gaya geser. Pada waktu tertentu kekuatan suatu beton bertulang sangat mempengaruhi manfaat dari suatu bangunan yang ada. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut perlu dibuat jalan keluar yaitu dengan pengembangan pembuatan balok beton bertulangan dengan penambahan kawat yang dipasang diagonal pada tulangan geser. Kawat mempunyai kelenturan yang cukup tinggi, dan keuletan yang sangat bagus, sehingga tepat bila menggunakan kawat untuk meningkatkan kekuatan balok beton tersebut. Perencanaan campuran beton dengan menggunakan metode SK.SNI.T-15-1990-03 yang menghasilkan $f'c = 18,744$ MPa. Faktor air semen (f.a.s) yang digunakan adalah 0,5. Tujuan dari penelitian ini adalah: untuk membandingkan kuat lentur balok beton bertulangan baja normal dengan balok beton bertulangan baja dengan penambahan kawat yang dipasang diagonal di tengah tulangan sengkang, dan untuk mengetahui perbedaan kuat lentur balok beton bertulang secara pengujian dengan kuat lentur balok beton bertulang secara analisis. Dalam penelitian ini, kawat yang digunakan adalah kawat galvanis dengan ukuran $\phi 1,02$ mm, $\phi 1,29$ mm dan $\phi 1,63$ mm. Metode penelitian ini ada beberapa tahap. Tahap pertama yaitu persiapan alat dan bahan. Tahap kedua meliputi: pemeriksaan bahan, perencanaan campuran dan pembuatan adukan beton. Tahap ketiga yaitu pembuatan benda uji dan perawatan. Tahap keempat yaitu pengujian kuat tekan beton dan kuat lentur balok. Tahap kelima yaitu analisa data, pembahasan dan kesimpulan. Hasil dari penelitian ini adalah: momen kapasitas balok beton bertulang baja normal 10,408 kN.m, momen kapasitas balok beton bertulang baja dengan kawat $\phi 1,02$ mm 11,248 kN.m, momen kapasitas balok beton bertulang baja dengan kawat $\phi 1,29$ mm 12,276 kN.m, momen kapasitas balok beton bertulang baja dengan kawat $\phi 1,63$ mm 12,501 kN.m. Hasil momen kapasitas secara analitis balok beton bertulang baja biasa 9,809 kN.m, momen kapasitas balok beton bertulang baja dengan kawat $\phi 1,02$ mm 10,199 kN.m, momen kapasitas balok beton bertulang baja dengan kawat $\phi 1,29$ mm 10,206 kN.m, momen kapasitas balok beton bertulang baja dengan kawat $\phi 1,63$ mm 10,208 kN.m.

Kata kunci : *balok beton bertulang, kawat, momen kapasitas balok*

PENDAHULUAN

Beton bertulang banyak digunakan pada bangunan teknik sipil, misalnya: bangunan gedung, jembatan, perkerasan jalan, dinding penahan tanah, dan bangunan teknik sipil lainnya. Beton bertulang pada bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen struktur, misalnya balok, kolom, pondasi dan pelat. Pada waktu tertentu kekuatan suatu beton bertulang sangat mempengaruhi manfaat dari suatu bangunan yang ada. Oleh karena itu untuk

mengatasi hal tersebut perlu dibuat jalan keluar yaitu dengan pengembangan pembuatan balok beton bertulang dengan penambahan kawat diagonal pada tulangan sengkangnya. Kawat mempunyai kelenturan yang cukup tinggi, dan keuletan yang sangat bagus. Sehingga tepat bila menggunakan kawat untuk meningkatkan kekuatan balok beton bertulang tersebut.

Permasalahan yang menjadi topik utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) Besarnya kuat lentur balok beton

bertulang baja dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang diagonal di tengah tulangan sengkang dan balok beton bertulang baja biasa. 2) Perbedaan kuat lentur antara balok beton bertulang baja biasa dibandingkan balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang diagonal di tengah tulangan sengkang. 3) Presentase kenaikan kuat lentur balok beton bertulangan baja biasa dan balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang diagonal di tengah tulangan sengkang. 4). Perbedaan kuat lentur balok beton bertulang secara pengujian dengan cara analitis. Tujuan dari penelitian ini adalah:

1) Membandingkan kuat lentur balok beton bertulangan baja biasa dan balok beton bertulang dengan penambahan kawat yang dipasang diagonal di tengah tulangan sengkang. 2) Mengetahui perbedaan kuat lentur balok beton bertulang secara pengujian dengan kuat lentur balok beton bertulang secara analisis. 3) Mengetahui kenaikan kuat lentur balok beton bertulang dengan penambahan kawat yang dipasang diagonal di tengah tulangan sengkang. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) Bagi pemilik perusahaan jasa konstruksi, penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pembuatan balok beton bertulang 2) Bagi pembaca, dapat menambah wawasan atau pengetahuan tentang analisis perhitungan pada balok beton bertulang. 3) Dapat dijadikan acuan atau referensi untuk penelitian selanjutnya

TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan campuran dari semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil/batu pecah), dan air. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat/ perekat agregat kasar dan agregat halus yang merupakan komponen utama kekuatan tekan beton, sedangkan air sebagai bahan pembantu reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Beton apabila dipadukan dengan baja tulangan (beton bertulang) akan mendapatkan kuat tarik yang tinggi, karena baja tulangan kuat menahan beban tarik dan beban tekan, sehingga beton bertulang mempunyai kuat tekan dan kuat tarik yang

tinggi. Kuat tekan beton diberi notasi f_c' dengan satuan N/mm^2 atau MPa, yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada umur 28 hari yang nilainya berkisar antara kurang lebih 10 MPa sampai 65 MPa. Suatu balok beton bertulang sederhana (*simple beam*), menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, maka akan terjadi deformasi lentur didalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, tegangan tekan terjadi pada bagian atas dan regangan tarik terjadi di bagian bawah dari penampang, besarnya kuat lentur beton dari benda uji dihitung dengan rumus:

$$M_{\text{pengujian}} = 1/4(P.L) + 1/8(q.L^2) \dots \dots (1)$$

dengan :

P = Beban retak pertama, (kN)

L = Jarak antar tumpuan, (mm)

q = Berat sendiri beton, (kN/mm).

Bahan yang dipergunakan sebagai pengikat tulangan baja yaitu kawat. Kawat adalah benda yang terbuat dari logam yang panjang dan lentur. Kawat digunakan sebagai pengikat antar tulangan agar tulangan tersebut tidak goyang atau lepas sebelum pengecoran dimulai. Jenis kawat yang biasa digunakan dalam dunia teknik sipil adalah kawat bendrat dan kawat galvanis. Pada umumnya kawat bendrat hanya mempunyai satu ukuran tertentu, sementara pada kawat galvanis mempunyai beragam diameter dari 0,180 mm hingga 14,731 mm. Pada penelitian ini, kawat yang digunakan adalah kawat galvanis dengan ukuran (\emptyset 1.63 mm), (\emptyset 1.29 mm) dan (\emptyset 1.02 mm).

LANDASAN TEORI

Momen kapasitas balok persegi

Penampang beton bertulang pada penelitian ini dirancang dengan tulangan rangkap akibat lentur, sedemikian sehingga keretakan terjadi di tengah bentang (pada momen maksimum) dan dihindari adanya keretakan akibat geser dekat tumpuan. Apabila beban bertambah terus, maka retak-retak di tengah bentang bertambah dan retak awal yang sudah terjadi semakin lebar dan semakin panjang menuju sumbu netral penampang. Hal ini bersamaan dengan semakin besarnya lendutan di tengah bentang.

Besarnya momen maksimal adalah besarnya momen akibat beban dimana pada balok terjadi keruntuhan di daerah tarik. Besarnya momen maksimal dapat dihitung sebagai berikut :

3a). Momen kapasitas balok persegi tulangan baja, dan tulangan baja yang diperkuat dengan kawat secara hasil uji. Pengujian momen maksimal balok persegi dimaksudkan untuk mengetahui besarnya momen yang dapat ditahan oleh balok. Besarnya momen maksimal oleh beban luar pada benda uji dapat diuraikan sebagai berikut

$$M_{\text{mak}} = \frac{1}{4} \cdot P_{\text{runtuh}} \cdot L + \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 \dots\dots\dots(2)$$

3b). Momen kapasitas balok beton tulangan baja secara teoritis. Untuk perhitungan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh tulangan baja dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

Gaya tekan yang diberikan tulangan adalah :

$$C_s = A_s' \cdot f_s' \dots\dots\dots(3)$$

Gaya tekan beton adalah :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \dots\dots\dots(4)$$

Karena $a < a_{\text{amin}}$ leleh sehingga nilai a dihitung lagi dengan :

$$p = \frac{600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots(5)$$

$$q = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d_s' \cdot A_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots(6)$$

$$a = \sqrt{p^2 + q} - p \dots\dots\dots(7)$$

$$f_s' = \left(\frac{a - \beta_1 \cdot d_s'}{a} \right) \times 600 \dots\dots\dots(8)$$

$$M_{\text{kap1}} = C_c \cdot (d - a/2) \dots\dots\dots(9)$$

$$M_{\text{kap2}} = C_s \cdot (d - d's) \dots\dots\dots(10)$$

$$M_{\text{kap}} = M_{\text{kap1}} + M_{\text{kap2}} \dots\dots\dots(11)$$

dengan :

A_s' = Luas longitudinal tarik, (mm^2).

A_s = Luas longitudinal tekan, (mm^2).

C_c = Gaya tekan beton, (N).

d_s' = Jarak antara pusat berat tulangan tarik pada baris paling dalam dan tepi serat beton tekan.

β_1 = faktor pembentuk tegangan beton persegi ekuvalen bambu, (mm^2).

f_{tk} = Kuat tarik kayu, (N).

f_{tb} = Kuat tarik bambu, (N).

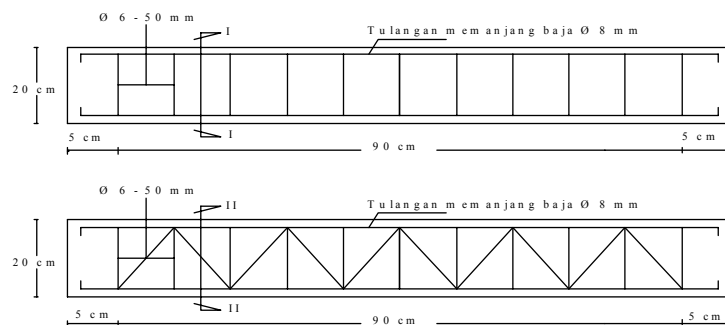
d_s' = Jarak antara pusat berat tulangan tarik pada baris paling dalam dan tepi serat beton tekan.

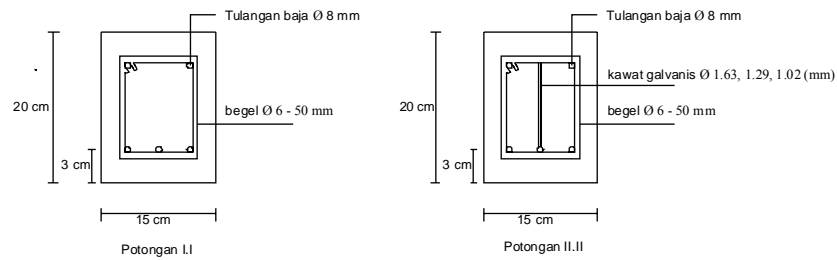
β_1 = faktor pembentuk tegangan beton persegi ekuvalen.

METODE PENELITIAN

Desain Benda Uji

Rangkaian tulangan baja dengan penambahan kawat yang dipasang diagonal dapat dilihat pada gambar berikut.





Gambar I. Contoh pemasangan tulangan pada benda uji balok

Penelitian dilaksanakan dalam 5 tahap yang dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Tahap I : Persiapan bahan-bahan dan alat penelitian.
- 2) Tahap II : Pemeriksaan kualitas bahan-bahan penelitian.
- 3) Tahap III : Penyediaan benda uji.
 - a) Perencanaan campuran (*mix design*), pembuatan adukan beton dan sampel pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 3 buah.
 - b) Pembuatan rangkaian tulangan baja, kayu dan bambu dapat dilihat pada gambar IV.1
 - c) Pembuatan sampel balok beton bertulang biasa berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 3 buah
 - d) Pembuatan sampel balok beton bertulang kayu berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 3 buah
 - e) Pembuatan sampel balok beton bertulang kayu dan bambu berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 3 buah
- 4) Tahap IV : Pengujian, meliputi: kuat tekan beton dan kuat lentur balok beton bertulang sederhana.
- 5) Tahap V : Analisis data dan pembahasan

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan berbagai tahap, seperti yang telah dijabarkan dalam tahap-tahap penelitian dalam bagan alir.

Pengujian Kuat lentur Balok

6a). *Hasil Pengujian Balok Beton Bertulang Baja.* Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulang baja dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Momen kapasitas balok beton bertulang baja dari hasil pengujian

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	B1	46,6	0,722	0,9	10,558
2	B2	45,8	0,722	0,9	10,378
3	B2	45,4	0,722	0,9	10,288
Rata-rata =					10,408

6b). *Hasil Perhitungan secara analisis Balok Beton Bertulang Baja.* Berdasarkan hasil perhitungan secara analisis, momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulang baja dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Momen kapasitas balok beton bertulang baja dari perhitungan secara analisis

No	b (mm)	h (mm)	$d_s = d_s'$ (mm)	d (mm)	ϕ (mm)	f_c (MPa)	f_y (MPa)	f_{kap} (MPa)	A_s (mm ²)
1	150	200	39,51	160,49	7,82	18,744	497,38	624,44	144,014
2	150	200	39,51	160,49	7,82	18,744	497,38	624,44	144,014
3	150	200	39,51	160,49	7,82	18,744	497,38	624,44	144,014

A'_s (mm ²)	a (mm)	p	q	a' (mm)	f_s (MPa)	$M_{nominal}$ (kN.m)	$M_{kap=0,8xMn}$ (kN.m)
96,01	9,991	-6,762	809,502	36,007	40,380	12,261	9,809
96,01	9,991	-6,762	809,502	36,007	40,380	12,261	9,809
96,01	9,991	-6,762	809,502	36,007	40,380	12,261	9,809

6c). Hasil pengujian balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,63 mm. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,63 mm dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Momen kapasitas balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,63 mm dari hasil pengujian

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M_{uji} (kN.m)
1	BK14a	54,8	0,722	0,9	12,403
2	BK14b	55,2	0,722	0,9	12,493
3	BK14c	55,7	0,722	0,9	12,606
Rata-rata =					12,501

6d). Hasil perhitungan secara analisis balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,63 mm. Berdasarkan hasil perhitungan secara analisis, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,63 mm dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Momen kapasitas balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,63 mm dari perhitungan secara analisis

No	B (mm)	h (mm)	d_s (mm)	d (mm)	ϕ baja (mm)	ϕ kwt (mm)	ϕ kwt' (mm)
1	150	200	39,51	160,5	7,82	1,63	0,548
2	150	200	39,51	160,5	7,82	1,63	0,548
3	150	200	39,51	160,5	7,82	1,63	0,548

f_c (MPa)	f_y kap (MPa)	f_y kwt (MPa)	A_s baja (mm ²)	A_s kwt (mm ²)	a (mm)	$M_{nominal}$ (kN.m)	$M_{kap=0,8xMn}$ (kN.m)
18,74	624,4	681,22	144,014	0,235	37,696	12,760	10,208
18,74	624,4	681,22	144,014	0,235	37,696	12,760	10,208
18,74	624,4	681,22	144,014	0,235	37,696	12,760	10,208

6e). Hasil pengujian balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,29 mm. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,29 mm dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Momen kapasitas balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,29 mm dari hasil pengujian

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	BK16a	54,2	0,722	0,9	12,268
2	BK16b	54,8	0,722	0,9	12,403
3	BK16c	53,7	0,722	0,9	12,156
Rata-rata =					12,276

6f). Hasil perhitungan secara analisis balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,29 mm. Berdasarkan hasil perhitungan secara analisis, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulangan dengan penambahan kawat ϕ 1,29 dapat dilihat pada Tabel 6. Momen kapasitas balok beton bertulangan dengan penambahan kawat ϕ 1,29 mm dari perhitungan secara analisis

No	b (mm)	h (mm)	d _s (mm)	d (mm)	ϕ baja (mm)	ϕ kwt (mm)	ϕ kwt' (mm)
1	150	200	39,51	160,49	7,82	1,29	0,433
2	150	200	39,51	160,49	7,82	1,29	0,433
3	150	200	39,51	160,49	7,82	1,29	0,433

f _c (MPa)	f _{y kap} (MPa)	f _{y kwt} (MPa)	A _{s baja} (mm ²)	A _{s kwt} (mm ²)	a (mm)	M _{nominal} (kN.m)	M _{kap=0,8xMn} (kN.m)
18,744	624,4	938,93	144,014	0,147	37,687	12,758	10,206
18,744	624,4	938,93	144,014	0,147	37,687	12,758	10,206
18,744	624,4	938,93	144,014	0,147	37,687	12,758	10,206

6g). Hasil pengujian balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,02 mm. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,02 mm dapat dilihat pada Tabel 7. Tabel 7. Momen kapasitas balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat ϕ 1,02 mm dari hasil pengujian

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	BK18a	50,2	0,722	0,9	11,368
2	BK18b	49,1	0,722	0,9	11,121
3	BK18c	49,7	0,722	0,9	11,256
Rata-rata =					11,248

6h). Hasil perhitungan secara analisis balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,02 . Berdasarkan hasil perhitungan secara analisis, momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulangan dengan penambahan kawat ϕ 1,02 mm dapat dilihat pada Tabel 8. Tabel 8. Momen kapasitas balok beton bertulangan dengan penambahan kawat ϕ 1,02 mm dari perhitungan secara analisis

No	B (mm)	H (mm)	d _s (mm)	d (mm)	ϕ baja (mm)	ϕ kwt (mm)	ϕ kwt' (mm)
1	150	200	39,51	160,49	7,82	1,02	0,343
2	150	200	39,51	160,49	7,82	1,02	0,343
3	150	200	39,51	160,49	7,82	1,02	0,343

f _c (MPa)	f _{y kap} (MPa)	f _{y kwt} (MPa)	A _{s baja} (mm ²)	A _{s kwt} (mm ²)	a (mm)	M _{nominal} (kN.m)	M _{kap=0,8xMn} (kN.m)
18,744	624,44	765,24	144,014	0,092	37,659	12,749	10,199
18,744	624,44	765,24	144,014	0,092	37,659	12,749	10,199
18,744	624,44	765,24	144,014	0,092	37,659	12,749	10,199

6i). *Perbandingan Momen Kapasitas Teori/ Hasil uji untuk balok bertulang baja.*

Perbandingan antara momen kapasitas secara pengujian dan momen kapasitas secara teori.

Berdasarkan Tabel V.18 diperoleh $M_{kap, uji}$ rata-rata sebesar 10,408 kN.m sedangkan $M_{kap, teori}$ rata-rata diperoleh berdasarkan Tabel V.19 yaitu sebesar 9,809 kN.m. Sehingga momen teoritis lebih kecil dari pada momen pengujian yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 5,76 %.

6j). *Perbandingan Momen Kapasitas Teori/ Hasil uji untuk balok bertulang baja dengan penambahan kawat ϕ 1,63 mm.* Perbandingan antara momen kapasitas secara pengujian dan momen kapasitas secara teori.

Berdasarkan Tabel V.20 diperoleh $M_{kap, uji}$ rata-rata sebesar 12,501 kN.m sedangkan $M_{kap, teori}$ rata-rata diperoleh berdasarkan Tabel V.21 yaitu sebesar 10,208 kN.m. Sehingga momen teoritis lebih kecil dari pada momen pengujian yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 18,34 %.

6k). *Perbandingan momen kapasitas teori/ hasil uji untuk balok bertulang baja dengan penambahan kawat ϕ 1,29 mm.* Perbandingan antara momen kapasitas secara pengujian dan momen kapasitas secara teori.

Berdasarkan Tabel V.22 diperoleh $M_{kap, uji}$ rata-rata sebesar 12,276 kN.m sedangkan $M_{kap, teori}$ rata-rata diperoleh berdasarkan Tabel V.23 yaitu sebesar 10,206 kN.m. Sehingga momen teoritis lebih kecil dari pada momen pengujian yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 16,86 %.

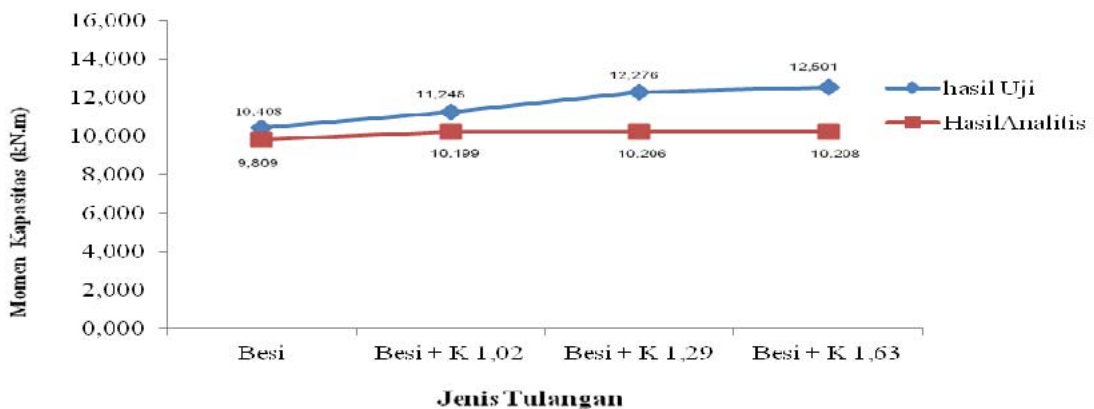
6l). *Perbandingan momen kapasitas teori/ hasil uji untuk balok bertulang baja dengan penambahan kawat ϕ 1,02 mm.* Perbandingan antara momen kapasitas secara pengujian dan momen kapasitas secara teori.

Berdasarkan Tabel V.24 diperoleh $M_{kap, uji}$ rata-rata sebesar 11,248 kN.m sedangkan $M_{kap, teori}$ rata-rata diperoleh berdasarkan Tabel V.25 yaitu sebesar 10,199 kN.m. Sehingga momen teoritis lebih kecil dari pada momen pengujian yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 9,33 %.

6m). *Hubungan antara Momen Kapasitas Teori dan Hasil uji Balok Beton Bertulang.*

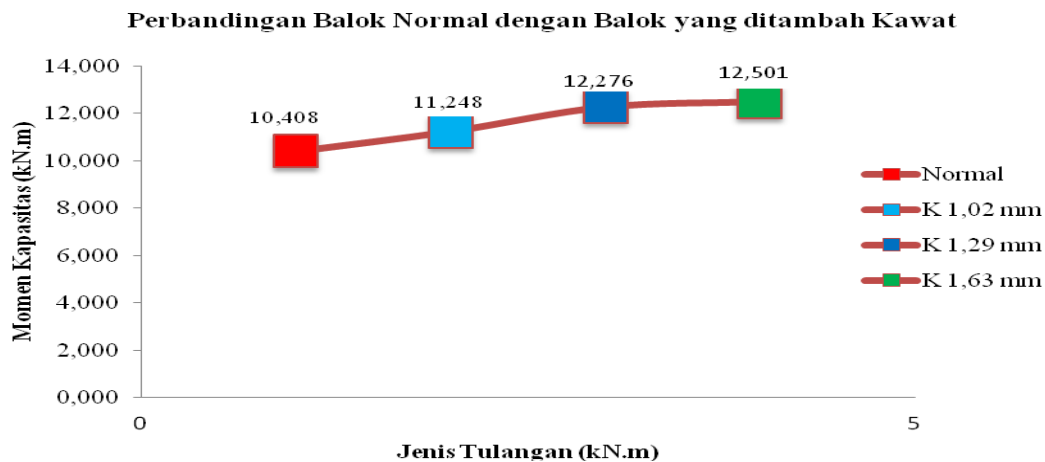
Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian balok beton bertulang didapatkan momen kapasitas seperti pada grafik V.3.

Perbandingan Momen Kapasitas Pengujian dengan Teoritis



Grafik V.3. Hubungan antara Momen Kapasitas Teori dan Hasil uji Balok Beton Bertulang.

6n). *Grafik perbandingan antara momen kapasitas pengujian antara balok bertulang baja normal dengan balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,02 mm, ϕ 1,29 mm dan ϕ 1,63 mm yang dipasang diagonal di tengah tulangan sengkang.*



Grafik V.4. Hubungan antara jenis tulangan dan momen kapasitas (Perbandingan momen kapasitas pengujian antara balok normal dengan balok yang ditambah kawat yang dipasang diagonal di tengah tulangan sengkang).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) $M_{\text{kap.uji}}$ rata-rata sebesar 10,408 kN.m sedangkan $M_{\text{kap.teori}}$ rata-rata diperoleh sebesar 9,809 kN.m, sehingga momen teoritis lebih kecil dari pada momen pengujian dengan perbedaan sebesar 5,76 %.
- 2) $M_{\text{kap.uji}}$ rata-rata balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,63 mm sebesar 12,501 kN.m sedangkan $M_{\text{kap.teori}}$ rata-rata diperoleh sebesar 10,208 kN.m, sehingga momen teoritis lebih kecil dari pada momen pengujian dengan perbedaan sebesar 18,34 %.
- 3) $M_{\text{kap.uji}}$ rata-rata balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,29 mm sebesar 12,276 kN.m sedangkan $M_{\text{kap.teori}}$ rata-rata diperoleh sebesar 10,206 kN.m, sehingga momen teoritis lebih kecil dari pada momen pengujian dengan perbedaan sebesar 16,86 %.
- 4) $M_{\text{kap.uji}}$ rata-rata balok beton bertulang dengan penambahan kawat ϕ 1,02 mm sebesar 11,248 kN.m sedangkan $M_{\text{kap.teori}}$ rata-rata diperoleh sebesar 10,199 kN.m, sehingga momen teoritis lebih kecil dari pada momen pengujian dengan perbedaan sebesar 9,33 %.

Saran – saran

Hal-hal yang dapat disarankan pada penelitian ini antara lain:

- 1) Pencampuran agregat sebaiknya dilakukan lebih teliti agar beton yang dihasilkan sesuai yang diharapkan.
- 2) Dalam melakukan pengujian, sebaiknya harus sangat teliti karena dengan kesalahan yang kecil akan mengakibatkan ketidaksesuaian data.
- 3) Dalam penelitian yang dilakukan ini, penggunaan kawat galvanis yang dipasang diagonal di tengah tulangan sengkang dapat meningkatkan momen lentur balok beton bertulang.
- 4) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil penelitian yang jauh lebih baik dari penelitian yang dilakukan ini, yaitu dengan menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak lagi agar didapatkan data yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A., 2010. *Balok dan Plat Beton Bertulang*, PT Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, N.1-2 1971, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990. *Pemeriksaan Gradasi, Berat Jenis, Keausan, Kadar Lumpur, dan Penyerapan Air Agregat Halus & Kasar*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991. *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SK SNI T-15-1991-03. Badan Pengembangan Pekerjaan Umum, Bandung.
- Kusuma., 1997. *Beton Bertulang: Sebuah Pendekatan Mendasar*. Surabaya : ITS Press, Surabaya.
- Murdock, L.J., dan K.M. Brook., 1991. *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Stephany Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Neville, A. M., 1987. *Concrete Technology*. New York : Longman Scientific & Technical.
- Tjokrodimuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, PT Naviri, Yogyakarta.