

**TINJAUAN MOMEN LENTUR BALOK BETON BERTULANG
DENGAN PENAMBAHAN KAWAT YANG DIPASANG MENYILANG
PADA TULANGAN GESER**

Naskah Publikasi

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

**ARIS WIDANARKO
NIM : D 100 100 005**

kepada:

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2013**

LEMBAR PENGESAHAN

**TINJAUAN MOMEN LENTUR BALOK BETON BERTULANG
DENGAN PENAMBAHAN KAWAT YANG DIPASANG MENYILANG
PADA TULANGAN GESER**

Naskah Publikasi

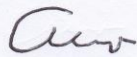
Diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji
Pada tanggal 26 Desember 2013

disusun oleh :

ARIS WIDANARKO
NIM : D 100 100 005

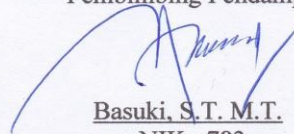
Susunan Dewan Penguji:

Pembimbing Utama



Ir.H. Ali Asroni, M.T.
NIK : 484

Pembimbing Pendamping



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

Anggota



Ir. Aliem Sudjatmiko, M.T.
NIP : 131683033

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil
Surakarta, 26 Desember 2013



Dekan Fakultas Teknik

Ir. Agus Riyanto, M.T.
NIP : 483



Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. H. Suhendro Trinugroho, M.T.
NIK : 732

**SURAT PERNYATAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Bismillahirrahmanirrohim

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : ARIS WIDANARKO
NIM : D100 100 005
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Sipil
Jenis : Skripsi
Judul : Tinjauan Momen Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Penambahan Kawat
Yang Dipasang Menyilang Pada Tulangan Geser.

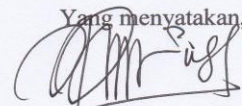
Dengan ini menyatakan bahwa saya menyetujui untuk :

1. Memberikan hak bebas royalti kepada Perpustakaan UMS atas penulisan karya ilmiah saya, demi pengembangan ilmu pengetahuan.
2. Memberikan hak penyimpanan, mengalih mediakan/ mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*). Mendistribusikan, serta menampilkannya dalam bentuk *softcopy* untuk kepentingan akademis kepada Perpustakaan UMS, tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UMS, dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya semoga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 31 Desember 2013

Yang menyatakan,



(Aris Widanarko)

ABSTRAKSI

TINJAUAN MOMEN LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN PENAMBAHAN KAWAT YANG DIPASANG MENYILANG PADA TULANGAN GESER

Beton bertulang sebagai elemen balok umumnya diberi tulangan memanjang (tulangan lentur) dan tulangan sengkang (tulangan geser). Tulangan lentur untuk menahan beban momen lentur yang terjadi pada balok, sedangkan tulangan geser untuk menahan beban gaya geser. Balok sebagai elemen struktur yang sekarang dijumpai, dalam aplikasi di lapangan merupakan elemen yang cukup besar peranannya dalam memikul beban, terutama untuk memikul beban lentur. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut perlu dibuat jalan keluar, yaitu dengan pengembangan pembuatan balok beton bertulangan dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang menyilang pada tulangan geser. Kawat galvanis mempunyai kelenturan dan keuletan yang cukup tinggi, sehingga tepat bila digunakan untuk meningkatkan momen lentur balok beton bertulang tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui momen lentur balok beton bertulang baja biasa dan balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang menyilang pada tulangan geser, serta mengetahui kenaikan momen lentur balok beton bertulang baja biasa dengan balok beton bertulang baja penambahan kawat galvanis yang dipasang menyilang pada tulangan geser. Pada penelitian yang diajukan ini, tulangan balok (pada tulangan gesernya) perlu diperkuat menggunakan kawat galvanis yang dipasang menyilang untuk menambah momen lentur balok tersebut. Bahan yang digunakan dalam penelitian balok beton bertulang ini adalah pasir, semen, krikil, air, tulangan baja dan kawat galvanis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa $M_{kap.uji}$ rata-rata balok beton bertulang baja biasa sebesar 11,694 kN.m, sedangkan $M_{kap.teori}$ rata-rata balok beton bertulang baja sebesar 12,048 kN.m. Dengan demikian besarnya momen kapasitas secara pengujian adalah 97,06 % dari momen kapasitas secara teori. $M_{kap.uji}$ rata-rata dengan penambahan kawat berdiameter 1,02 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebesar 14,259 kN.m. $M_{kap.uji}$ rata-rata dengan penambahan kawat berdiameter 1,29 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebesar 17,679 kN.m. $M_{kap.uji}$ rata-rata dengan penambahan kawat berdiameter 1,63 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebesar 19,941 kN.m. Sehingga selalu ada peningkatan momen lentur tiap penambahan kawat.

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

PENDAHULUAN

Beton adalah salah satu unsur yang sangat penting dalam struktur bangunan. Kelebihan beton bila dibandingkan dengan material lain diantaranya adalah tahan api, tahan lama, kuat tekannya cukup tinggi serta mudah dibentuk ketika masih segar. Beton juga telah banyak mengalami perkembangan, baik dalam teknologi pembuatan campurannya ataupun teknologi pelaksanaannya.

Bahan susun beton pada dasarnya adalah semen, pasir, kerikil dan air. Perkembangan yang telah sangat dikenal adalah ditemukannya kombinasi antara material beton dan baja tulangan yang digabungkan menjadi satu kesatuan konstruksi dan dikenal sebagai beton bertulang.

Beton bertulang banyak diterapkan pada bangunan teknik sipil, misalnya: bangunan gedung, dinding penahan tanah, bendungan, perkerasan jalan dan bangunan teknik sipil lainnya. Bangunan gedung sendiri terdiri dari beberapa bagian struktur, seperti pondasi, sloof, kolom, balok dan pelat.

Beton bertulang sebagai elemen balok umumnya diberi tulangan memanjang (tulangan lentur) dan tulangan sengkang (tulangan geser). Tulangan lentur untuk menahan beban momen lentur yang terjadi pada balok, sedangkan tulangan geser untuk menahan beban gaya geser. Balok sebagai elemen struktur yang sekarang dijumpai, dalam aplikasi di lapangan merupakan elemen yang cukup besar peranannya dalam memikul beban, terutama untuk memikul beban lentur. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut perlu dibuat jalan keluar, yaitu dengan pengembangan pembuatan balok beton bertulangan dengan penambahan kawat menyilang pada tulangan geser. Kawat mempunyai kelenturan dan keuletan yang cukup tinggi, sehingga tepat bila menggunakan kawat untuk meningkatkan kekuatan balok beton bertulang tersebut.

Balok beton merupakan salah satu elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horisontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser, maupun beban puntir, sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut. Tulangan ini berupa tulangan memanjang (tulangan longitudinal) dan tulangan geser (begel). Pada penelitian yang diajukan ini, tulangan balok (pada tulangan gesernya) perlu diperkuat menggunakan kawat galvanis yang dipasang menyilang untuk menambah momen lentur balok tersebut.

Bahan yang digunakan dalam penelitian balok beton bertulang ini adalah pasir, semen, krikil, air, tulangan baja dan kawat galvanis.

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 momen lentur beton dari benda uji dihitung dengan rumus:

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

dengan :

P = Beban retak pertama, (kN)

L = Jarak antar tumpuan, (mm)

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

Galvanis adalah istilah untuk baja ringan yang diberi lapisan seng (*zinc*). Untuk galvanis komposisi akhirnya terdiri dari: 98% unsur pelapis seng (*zinc*), dan 2% unsur aluminium.

Penggunaan kawat galvanis untuk kebutuhan bahan bangunan, nampaknya sudah cukup membudaya di masyarakat. Seiring dengan kemajuan di bidang teknologi, material ini terus mengalami inovasi dan peningkatan, baik dari segi kualitas maupun estetikanya. Dengan cara mencampur antara material seng dan aluminium, baik dengan warna, akan diperoleh material yang berdaya tahan tinggi dan semakin artistik dalam penampilannya.

Aplikasi campuran kedua material tersebut, kini banyak digunakan pada produk kawat galvanis, yaitu kawat yang dilapisi material seng dan aluminium, dengan komposisi : 98 persen *zinc*, dan 2 persen aluminium. Berdasarkan pengalaman penggunaan di lapangan, campuran material pelapis tersebut, ternyata memberikan hasil yang lebih baik dan memiliki ketahanan terhadap korosi atmosferik 2-6 kali lebih andal, dibandingkan dengan kawat biasa, yang tingkat ketahannya sangat bergantung pada kondisi lingkungannya.

LANDASAN TEORI

Momen kapasitas balok beton bertulang

Penampang beton bertulang pada penelitian ini dirancang mengalami keretakan 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 dengan dua cara yaitu momen kapasitas balok beton tulangan baja secara hasil uji dan momen kapasitas balok beton tulangan baja secara teoritis:

3a). Momen kapasitas balok berdasarkan 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 :

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

3b). Momen kapasitas balok berdasarkan analisis teoritis. Untuk perhitungan momen kapasitas digunakan persamaan dibawah ini (Asroni, 2010) :

Gaya tekan yang diberikan tulangan adalah :

$$C_s = A'_s \cdot f'_s \dots \dots \dots (2)$$

Gaya tekan beton adalah :

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \dots \dots \dots (3)$$

Gaya tarik tulangan pada balok :

$$T_s = A_s \cdot f_{\text{kap}} \text{ dengan } f_{\text{kap}} = \phi_o \cdot f_y \dots \dots \dots (4)$$

Gaya tekan sama dengan gaya tarik, sehingga diperoleh :

$$a = ((A_s - A'_s) \cdot f_{\text{kap}}) / (0,85 \cdot f'_c \cdot b) \dots \dots \dots (5)$$

$$a_{\text{kap}} = (600 \cdot \beta_1 \cdot d'_s \cdot A'_s) / (600 - f_{\text{kap}}) \dots \dots \dots (6)$$

Jika $a \geq a_{\text{kap}}$, maka tegangan tulangan tekan sudah mencapai kapasitas, sehingga $f'_s = f_{\text{kap}}$.

Jika $a < a_{\text{kap}}$, maka tegangan tulangan tekan belum mencapai kapasitas,

$$p = \frac{600 \cdot A'_s - A_s \cdot f_{\text{kap}}}{1,7 \cdot f'_c \cdot b} \dots \dots \dots (7)$$

$$q = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d'_s \cdot A'_s}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \dots \dots \dots (8)$$

$$a = \sqrt{p^2 + q} - p \dots \dots \dots (9)$$

$$f'_s = \left(\frac{a - \beta_1 \cdot d'_s}{a} \right) \times 600 \dots \dots \dots (10)$$

$$M_{\text{kap1}} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2) \dots \dots \dots (11)$$

$$M_{kap2} = A'_s \cdot f'_s \cdot (d - d'_s) \dots\dots\dots (12)$$

$$M_{kap} = M_{kap1} + M_{kap2} \dots\dots\dots (13)$$

dengan :

A'_s = Luas longitudinal tekan, (mm²).

A_s = Luas longitudinal tarik, (mm²).

a = Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekuivalen, (mm).

b = Lebar penampang balok, (mm).

d = Tinggi efektif penampang balok, (mm).

C_c = Gaya tekan beton, (N).

C_s = Gaya tekan yang diberikan tulangan, (N).

d'_s = Jarak antara pusat berat tulangan tarik pada baris paling dalam dan tepi serat beton tekan, (mm)

f_{kap} = Tegangan tarik maksimal baja tulangan, (MPa).

f_y = Tegangan tarik baja tulangan pada saat leleh, (MPa).

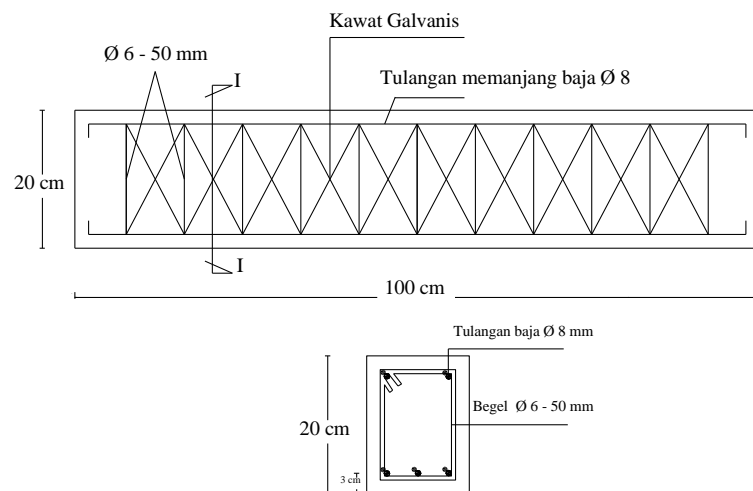
β_1 = Faktor pembentuk tegangan beton persegi ekuivalen.

ϕ_o = *Over strength factor*, sebesar 1,25 sampai dengan 1,40.

METODE PENELITIAN

Desain Benda Uji

Direncanakan dimensi balok beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 20 cm x 100 cm. Rangkaian tulangan baja dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang menyilang pada tulangan geser dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Contoh pemasangan tulangan pada benda uji balok.

Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini dilaksanakan terbagi atas lima tahap, dengan penjelasan sebagai berikut :

1). Tahap I : Persiapan bahan-bahan dan alat-alat penelitian

Kegiatan yang ada pada tahap ini adalah :

a). Penyiapan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian, yaitu meliputi : penyiapan semen, pasir, batu pecah, air, baja tulangan, kayu untuk pembuatan *bekisting* balok serta bahan-bahan penunjang lainnya.

b). Penyiapan alat atau mesin uji yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu meliputi : alat uji pemeriksaan bahan, alat uji kuat tekan beton, alat uji kuat tarik baja tulangan dan kawat galvanis, serta alat uji momen lentur balok beton bertulang.

- 2). Tahap II : Pemeriksaan kualitas bahan-bahan penelitian
Pemeriksaan kualitas bahan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :
 - a). Pemeriksaan agregat halus (pasir) meliputi ; kadar lumpur, kandungan bahan organik, *Bulk Specific Gravity*, *Bulk Specific Gravity SSD*, *Apparent Specific Gravity*, *Absorption*, serta Modulus halus butir dan gradasi pasir.
 - b). Pemeriksaan agregat kasar (batu pecah) meliputi : keausan agregat kasar, *Bulk Specific Gravity*, *Bulk Specific Gravity SSD*, *Apparent Specific Gravity*, *Absorption*, serta Modulus halus butir dan gradasi batu pecah.
- 3). Tahap III : Penyediaan benda uji
Penyediaan benda uji yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :
 - a). Perencanaan campuran (*mix design*), pembuatan adukan beton dan sampel pengujian kuat tekan beton sebanyak 4 buah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
 - b). Pembuatan sampel untuk pengujian kuat tarik baja tulangan diameter 8 mm dan 6 mm dengan panjang 30 cm, sebanyak masing-masing 3 buah.
 - c). Pembuatan sampel untuk pengujian kuat tarik kawat galvanis diameter 1,63 mm, 1,29 mm dan 1,02 mm dengan panjang 30 cm, sebanyak masing-masing 3 buah.
 - d). Pembuatan sampel balok beton bertulang untuk pengujian momen lentur.
- 4). Tahap IV : Pengujian benda uji
Penyujian benda uji yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :
 - a). Uji kuat tekan beton, bertujuan untuk mengetahui mutu bahan beton yaitu mendapatkan kuat tekan beton (f'_c).
 - b). Kuat tarik baja tulangan dan kawat galvanis untuk mengetahui mutu bahan baja dan kawat galvanis yaitu mendapatkan kuat tarik (kuat luluh) baja tulangan dan kawat galvanis (f_y).
 - c). Momen lentur balok beton bertulang merupakan pengujian utama dalam penelitian ini.
- 5). Tahap V : Analisis data dan pembahasan
Dari hasil pengujian yang dilakukan pada Tahap IV dilakukan analisis data. Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian, kemudian dari langkah tersebut dapat diambil kesimpulan dan saran penelitian.

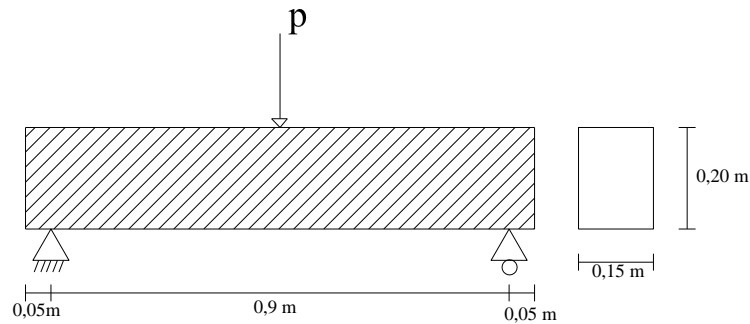
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

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

Pengujian Momen lentur Balok

a). Analisis teoritis momen kapasitas balok

Untuk perhitungan momen kapasitas dapat dilihat pada analisis dibawah ini :



diketahui :

Kuat tekan beton	f'_c	=20,45MPa
Kuat tarik baja tulangan	f_y	=409,59MPa
Kuat tarik baja tulangan kapasitas	f_{kap}	=552,88MPa
Berat jenis beton	γ_c	=2,406t/m ³

sehingga diperoleh berat sendiri beton (q) :

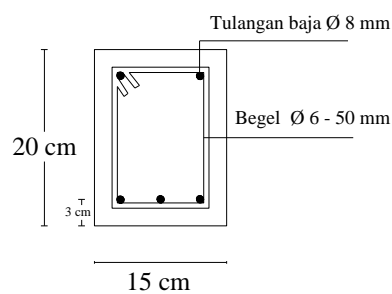
$$\begin{aligned}
 q &= \text{Berat jenis beton} \times (0,15 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}) \\
 &= 2,406 \text{ t/m}^3 \times 0,15 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \\
 &= 0,0722 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

Reaksi tumpuan,

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \cdot P + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L \\
 &= \frac{1}{2} \cdot P + \frac{1}{2} \cdot 0,0722 \cdot 0,9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{maks} &= 0,5 \cdot P + 0,0325 \\
 &= (0,5P + 0,0325) \cdot 0,45 - (0,0723 \cdot 0,5 \cdot 0,25) \\
 &= 0,225P + 5,58 \cdot 10^{-3} \text{ tm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan analisis pada balok beton bertulangan baja



Perhitungan momen kapasitas balok

Diameter begel 6 mm

$$d_s = d_s' = 30 + 6 + (8/2) = 40 \text{ mm}$$

$$A_s = 3 D 8 = 150,72 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 2 D 8 = 100,48 \text{ mm}^2$$

$$f_{kap} = 552,88 \text{ MPa}$$

$$a = (A_s - A_s') \cdot f_{kap} / (0,85 \cdot f'_c \cdot b)$$

$$\begin{aligned}
&= ((150,72 - 100,48) \times 552,88) / (0,85 \times 20,45 \times 150) \\
&= 10,65 \text{ mm} \\
a_{\text{kap}} &= 600 \beta_1 d_s' / (600 - f_{\text{kap}}) \\
&= (600 \times 0,85 \times 40) / (600 - 552,88) \\
&= 432,93 \text{ mm}
\end{aligned}$$

karena $a < a_{\text{kap}}$, maka tegangan tulangan tekan belum mencapai kapasitas, maka :

$$\begin{aligned}
p &= ((600 \times A_s') - (A_s \times f_{\text{kap}})) / (1,7 \times f_c' \times b) \\
&= ((600 \times 100,48) - (150,72 \times 552,88)) / (1,7 \times 20,45 \times 150) \\
&= -4,41
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
q &= (600 \times \beta_1 d_s' \times A_s') / (0,85 \times f_c' \times b) \\
&= (600 \times (0,85 \times 40) \times 100,48) / (0,85 \times 20,45 \times 150) \\
&= 786,15
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
a &= (p^2 + q)^{0,5} - p \\
&= (-4,41)^2 + 786,15)^{0,5} - (-4,41) = 32,10 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_s' &= ((a - 0,85 \times d_s') \times 600) / a \\
&= ((32,10 - (0,85 \times 40)) \times 600) / 32,10 \\
&= -35,51 < 0
\end{aligned}$$

sehingga:

$$\begin{aligned}
M_{\text{kap}} &= 0,85 \times f_c' \times a \times b \times (d - a/2) \\
&= 0,85 \times 20,45 \times 32,10 \times 150 \times (160 - (32,10/2)) \\
&= 12048145,36 \text{ Nmm} \\
&= 12,048 \text{ kN.m}
\end{aligned}$$

Sehingga dari hasil pengujian momen kapasitas berdasarkan analisis teoritis dihasilkan besarnya momen lentur sebesar 12,048 kNm.

b). Hasil Pengujian Balok Beton Bertulang Biasa. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulangan biasa dapat dilihat pada tabel 1.

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

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	B1	51,2	0,722	0,9	11,593
2	B2	52,1	0,722	0,9	11,796
Rata-rata =					11,694

c). Hasil Pengujian Balok Beton Bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,02 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,02 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser tabel 2.

Tabel 2. Momen kapasitas balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,02 mm dari hasil pengujian

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	BK18a	64,7	0,722	0,9	14,631
2	BK18b	61,4	0,722	0,9	13,888
Rata-rata =					14,259

d). Hasil Pengujian Balok Beton Bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,29 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,29 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser tabel 3.

Tabel 3. Momen kapasitas balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,29 mm dari hasil pengujian

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	BK16a	78,6	0,722	0,9	17,758
2	BK16b	77,9	0,722	0,9	17,601
Rata-rata =					17,679

e). Hasil Pengujian Balok Beton Bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,63 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,63 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser tabel 4.

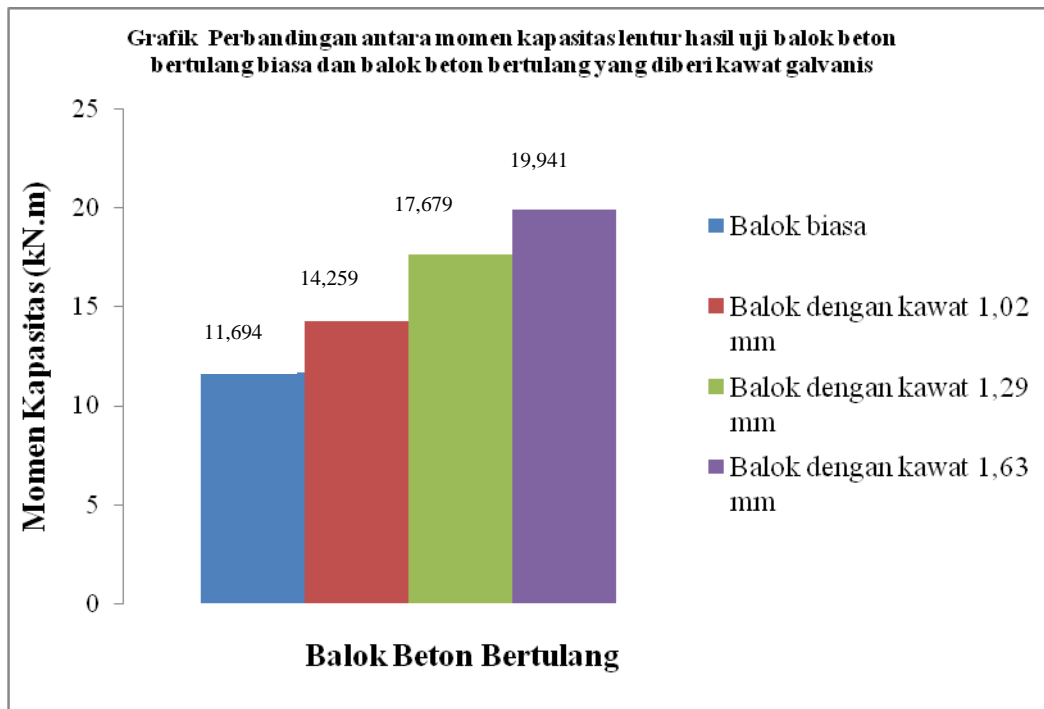
Tabel 4. Momen kapasitas balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,63 mm dari hasil pengujian

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	BK14a	87,7	0,722	0,9	19,806
2	BK14b	88,9	0,722	0,9	20,076
Rata-rata =					19,941

f). Perbandingan momen kapasitas balok antara analisis teoritis dan hasil uji. Berdasarkan Lampiran IV.13. diperoleh $M_{kap, uji}$ rata-rata sebesar 11,694 kN.m, sedangkan $M_{kap, teori}$ rata-rata diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebesar 12,048 kN.m. Dengan demikian besarnya momen kapasitas secara pengujian adalah 97,06 % dari momen kapasitas secara teori. Selisih momen kapasitas antara hasil penelitian dan perhitungan teoritis sebesar 2,94% . Selisih kurang dari 5% sehingga hasil penelitian baik (dapat diterima).

g). Perbandingan antara momen kapasitas lentur hasil uji balok beton bertulang biasa dan balok beton bertulang yang diberi kawat galvanis. Hasil pengujian momen kapasitas lentur rata-rata balok beton bertulang biasa dan balok beton bertulang dengan diberi kawat galvanis yang dipasang menyilang pada tulangan geser dilukiskan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar V.3. diperoleh $M_{kap, uji}$ rata-rata balok beton bertulang biasa sebesar 11,694 kN.m sedangkan $M_{kap, uji}$ rata-rata dengan penambahan kawat berdiameter 1,02 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebesar 14,259 kN.m. Dengan demikian ada peningkatan momen lentur sebesar 21,92 %.



Gambar 2. Perbandingan antara momen kapasitas balok bertulang biasa dengan balok bertulang dengan ditambah kawat galvanis

Berdasarkan Gambar V.3. diperoleh $M_{kap, uji}$ rata-rata balok beton bertulang sebesar 11,694 kN.m sedangkan $M_{kap, uji}$ rata-rata dengan penambahan kawat berdiameter 1,29 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebesar 17,679 kN.m. Dengan demikian ada peningkatan momen lentur sebesar 51,18 %.

Berdasarkan Gambar V.3. diperoleh $M_{kap, uji}$ rata-rata balok beton bertulang sebesar 11,694 kN.m sedangkan $M_{kap, uji}$ rata-rata dengan penambahan kawat berdiameter 1,63 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebesar 19,941 kN.m. Dengan demikian ada peningkatan momen lentur sebesar 70,52 %.

Dengan demikian dapat dihitung perbandingan hasil uji M_{kap} balok bertulang biasa dan balok bertulang dengan penambahan kawat galvanis. Dari perhitungan M_{kap} yang telah dilakukan, maka didapat perbandingan = balok bertulang biasa : balok bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,02 mm : balok bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,29 mm : balok bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,63 mm = 11,694 : 14,259 : 17,679 : 19,941 = 1 : 1,21 : 1,51 : 1,70.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

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

- 1). $M_{kap, uji}$ rata-rata balok beton bertulang baja biasa sebesar 11,694 kN.m, sedangkan $M_{kap, teori}$ rata-rata balok beton bertulang baja sebesar 12,048 kN.m. Dengan demikian besarnya momen kapasitas secara pengujian adalah 97,06 % dari momen kapasitas secara teori. Jadi momen kapasitas pada penelitian mengalami penurunan sebesar 2,94% dari momen kapasitas secara teori. Menunjukkan bahwa hasil penelitian perlu dikoreksi karena seharusnya kondisi yang ideal momen teoritis lebih kecil dari momen penelitian. Hal ini bisa terjadi

karena kekurangan-kekurangan yang terjadi saat pelaksanaan penelitian yaitu penimbangan pada balok beton uji.

- 2). $M_{kap.uji}$ rata-rata balok beton bertulang biasa sebesar 11,694 kN.m, sedangkan $M_{kap.uji}$ rata-rata dengan penambahan kawat berdiameter 1,02 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebesar 14,259 kN.m. Dengan demikian ada peningkatan momen lentur sebesar 21,92 %.
- 3). $M_{kap.uji}$ rata-rata balok beton bertulang sebesar 11,694 kN.m, sedangkan $M_{kap.uji}$ rata-rata dengan penambahan kawat berdiameter 1,29 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebesar 17,679 kN.m. Dengan demikian ada peningkatan momen lentur sebesar 51,18 %.
- 4). $M_{kap.uji}$ rata-rata balok beton bertulang sebesar 11,694 kN.m, sedangkan $M_{kap.uji}$ rata-rata dengan penambahan kawat berdiameter 1,63 mm yang dipasang menyilang pada tulangan geser diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebesar 19,941 kN.m. Dengan demikian ada peningkatan momen lentur sebesar 70,52 %.
- 5). Perbandingan hasil uji M_{kap} balok bertulang biasa dan balok bertulang dengan penambahan kawat galvanis = balok bertulang biasa : balok bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,02 mm : balok bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,29 mm : balok bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,63 mm = 1 : 1,21 : 1,51 : 1,70.

Saran – saran

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

- 1). Dalam penelitian yang dilakukan ini, penggunaan kawat galvanis yang dipasang menyilang pada tulangan geser dapat meningkatkan momen lentur balok beton bertulang.
- 2). Dalam melakukan pengujian, sebaiknya harus sangat teliti karena dengan kesalahan yang kecil akan mengakibatkan ketidaksesuaian data.
- 3). 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.
- Dipohusodo, Istimawan., 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- 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.
- Subakti, A., 1995. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Tjokrodinuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, PT Naviri, Yogyakarta.