

PEMANFAATAN KAWAT GALVANIS DIPASANG SECARA MENYILANG PADA TULANGAN BEGEL BALOK BETON UNTUK MENINGKATKAN KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG

Basuki¹, Aris Widanarko²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email : bsudirman74@gmail.com

Abstrak

Balok beton bertulang merupakan salah satu bagian konstruksi bangunan gedung yang kekuatannya tergantung pada mutu beton serta penulangan baja di dalamnya. Secara konvensional, penulangan balok beton terdiri atas tulangan lentur dan tulangan begel. Tulangan lentur dipasang secara memanjang sesuai sumbu balok berfungsi untuk menahan beban momen lentur, sedangkan tulangan begel dipasang secara melintang terhadap sumbu balok dan berfungsi menahan beban gaya geser pada balok tersebut. Kawat galvanis adalah sejenis kawat baja dengan diameter kecil yang biasanya dipergunakan untuk pengikat berbagai barang atau benda dan tidak dimanfaatkan secara structural tertentu dan harganya relative murah dibandingkan dengan tulangan baja yang digunakan untuk keperluan structural. Sebuah pemikiran positif untuk memanfaatkan bahan kawat galvanis ini pada sebuah konstruksi penulangan balok beton agar dapat memberikan kontribusi positif terhadap kekuatan balok beton bertulang serta meningkatkan daya guna bahan yang relative murah ini sehingga akan lebih bermanfaat ke depannya. Penelitian ini memodifikasikan kawat galvanis berdiameter kecil yang dipasang secara menyilang pada sisi kiri-kanan tulangan begel balok beton dan selanjutnya dilakukan pengujian lentur pada balok beton bertulang tersebut dan hasilnya dibandingkan dengan kuat lentur balok beton bertulang konvensional. Penelitian ini menggunakan beton dengan kuat tekan rencana 20 MPa, tulangan baja dengan fy 240 MPa, benda uji balok beton bertulang berukuran lebar 15cm x tinggi 20cm serta panjang 100cm. tulangan lentur digunakan diameter 8mm serta tulangan begel dengan diameter 6mm. Pengujian yang dilakukan antara lain ; uji kuat tekan beton, uji kuat tarik tulangan baja, uji kualitas bahan susun beton, serta uji kuat lentur balok beton bertulang. Pengujian kuat lentur balok beton bertulang harus dipastikan keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan lentur dan bukan keruntuhan geser, sehingga sebelum dibuat benda uji dilakukan terlebih dahulu perhitungan awal yang memastikan benda uji balok beton bertulang yang dibuat akan mengalami keruntuhan lentur. Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan ada peningkatan kuat lentur pada balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang secara menyilang di kiri-kanan tulangan begel balok beton dibandingkan dengan kuat lentur balok beton bertulang konvensional. Peningkatan kuat lentur yang terjadi berkisar (21,93 – 70,52) %. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari penelitian ini, menunjukkan bahwa modifikasi kawat galvanis pada penulangan balok beton memberikan manfaat positif dan dapat meningkatkan daya guna bahan kawat yang relative murah harganya ini sehingga ke depannya dapat dikembangkan lebih lanjut agar bisa jauh lebih bermanfaat lagi.

Kata kunci : kawat galvanis, kuat lentur, tulangan, begel, balok, beton, modifikasi

Pendahuluan

Latar Belakang

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-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 (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 bertulang dengan penambahan kawat menyilang pada tulangan geser. Kawat mempunyai kelenturan yang cukup tinggi, dan keuletan yang sangat bagus. Sehingga tepat bila menggunakan kawat untuk meningkatkan kekuatan balok beton bertulang tersebut.

Balok beton merupakan salah satu elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. 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). Oleh karena itu kuat lentur balok harus lebih kuat dan mampu mendukung beban di atasnya. Sehingga tulangan balok pada tulangan gesernya perlu diperkuat menggunakan kawat yang dipasang menyilang untuk menambah kuat lentur balok tersebut.

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

Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi topik utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Besarnya kuat lentur balok beton bertulang baja biasa dan balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang pada tulangan gesernya.
2. Besarnya prosentase kenaikan kuat lentur pada balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang pada tulangan gesernya dibandingkan balok beton bertulang baja biasa.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membandingkan kuat lentur balok beton bertulang baja dan balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang pada tulangan geser.
2. Mengetahui kenaikan kuat lentur balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang pada tulangan geser.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis, penelitian ini dapat menambah wawasan atau pengetahuan tentang analisis perhitungan pada balok beton bertulang.
2. Bagi pemilik perusahaan jasa konstruksi, penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pembuatan balok beton bertulang.
3. Dapat dijadikan acuan atau referensi untuk penelitian selanjutnya.

Bahan Dan Metode Penelitian

Batasan Masalah

Batasan masalah sangat diperlukan dalam pelaksanaan penelitian. oleh karena itu batasan masalah yang dibuat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1). Bahan – bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain :
 - a). Semen *Portland* jenis I merk Tiga roda
 - b). Pasir, berasal dari Klaten Jawa Tengah
 - c). Kerikil, berasal dari Wonogiri
 - d). Air, berasal dari Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil UMS
 - e). Tulangan baja, berasal dari toko bahan bangunan di Surakarta
 - f). *Bekesting* untuk cetakan pelat beton bertulang digunakan kayu sengon
 - g). Kawat yang digunakan untuk penambahan kuat lentur berukuran 1.63, 1.29 dan 1.02 mm
- 2). Pengujian di Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil UMS, dengan macam pengujiannya adalah :
 - a). Pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 3 buah

- b). Pengujian kuat tarik baja tulangan berdiameter 8 dan 6 mm
 - c). Pengujian kuat lentur balok beton bertulang biasa berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 2 buah
 - d). Pengujian kuat lentur balok beton bertulang dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang pada tulangan gesernya dengan ukuran kawat 1.63 mm berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 2 buah
 - e). Pengujian kuat lentur balok beton bertulang dengan penambahan kawat pada tulangan gesernya yang dipasang menyilang dengan ukuran kawat 1.29 mm berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 2 buah
 - f). Pengujian kuat lentur balok beton bertulang dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang pada tulangan gesernya dengan ukuran kawat 1.02 mm berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 2 buah
- 3). Baja tulangan direncanakan dengan mutu sebesar $f_y = 240$ MPa.
 - 4). Beton direncanakan dengan mutu (kuat tekan) sebesar $f'_c = 20$ MPa.
 - 5). Perencanaan campuran adukan beton dengan menggunakan metode SNI.T-15-1990-03, sesuai dengan faktor air semen sebesar 0,5.
 - 6). Bentuk penampang balok beton bertulang adalah persegi empat.
 - 7). Beban yang bekerja pada benda uji adalah beban arah vertikal saja.
 - 8). Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

Tinjauan Pustaka

Beton

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 merupakan bahan bangunan yang mempunyai kuat tekan tinggi tetapi lemah terhadap tarik.

Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% dari kuat tekannya (Neville, 1987). Oleh karena itu, hampir semua konstruksi beton bertulang direncanakan dengan anggapan bahwa, beton sama sekali tidak memikul gaya tarik. Tulanganlah yang digunakan untuk memikul beban tarik tersebut, yaitu gaya tarik pada beton dipindahkan ke tulangan baja oleh pelekatan antara bidang singgung beton dengan baja tulangan. Apabila pelekatan ini tidak mencukupi maka tulangan baja akan tergelincir di dalam beton, sehingga tidak akan terjadi aksi komposit. Dengan demikian beton bertulang ini diupayakan agar beton dapat melekat dengan baik mengelilingi tulangan pada waktu pelaksanaan pengecoran.

Beton yang sudah keras dianggap sebagai batu tiruan. Menurut Tjokrodimuljo (1996), kekuatan, keawetan dan sifat beton bergantung pada:

- 1). Sifat-sifat bahan dasar.
- 2). Nilai perbandingan bahan-bahannya.
- 3). Cara pengadukannya, maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton.
- 4). Cara pemadatan.
- 5). Cara perawatan selama proses pengerasan.

Balok Beton Bertulang

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. Maka dari itu, sedapat mungkin dihindari penggunaan baja tulangan untuk memikul beban tekan, karena beban tekan cukup ditahan oleh beton saja. Beton maupun baja tulangan pada struktur beton bertulang, mempunyai fungsi atau tugas pokok yang berbeda, sesuai dengan sifat bahan yang bersangkutan.

Fungsi utama dari beton, yaitu untuk:

- 1). Menahan beban/ gaya tekan.
- 2). Menutup baja tulangan agar tidak berkarat.

Sedangkan fungsi utama dari baja tulangan, yaitu untuk:

- 1). Menahan gaya tarik (meskipun juga kuat terhadap gaya tekan).
- 2). Mencegah retak beton agar tidak melebar.

Bahan beton bertulang sangatlah penting dalam berbagai pembangunan, baik untuk gedung bertingkat tinggi, jembatan, jembatan bertingkat (jembatan layang), bendungan, jalan raya maupun dermaga pelabuhan.

Kuat Beton terhadap Gaya Tekan

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. Struktur beton bertulang umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar antara 17 MPa sampai 30 MPa, sedangkan beton prategang menggunakan beton dengan kuat tekan lebih tinggi, berkisar antara 30 MPa sampai 45 MPa (Kusuma, 1997).

Departemen Pekerjaan Umum (1991), menetapkan, bahwa regangan kerja maksimum yang diperhitungkan di serat tepi beton tekan terluar adalah 0,003 sebagai batas hancur. Regangan kerja maksimum 0,003 tersebut boleh jadi tidak konservatif untuk beton mutu tinggi dengan nilai f'_c antara 55 MPa sampai 80 MPa.

Mutu beton dibedakan atas 3 macam menurut kuat tekannya (Asroni, 2010) yaitu :

- 1). Mutu beton dengan $f'_c \leq 10$ MPa, digunakan untuk beton non struktur (misalnya: kolom praktis dan balok praktis).
- 2). Mutu beton dengan $10 \leq f'_c \leq 20$ MPa, digunakan untuk beton struktur (misalnya: kolom, balok, pelat maupun pondasi).
- 3). Mutu beton dengan $f'_c \geq 20$ MPa, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

Kuat Beton terhadap Gaya Tarik

Nilai kuat tekan dan tarik beton tidak berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton yang tepat sulit untuk diukur. Nilai pendekatan yang diperoleh Dipohusodo (1994) dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan 0,50 sampai 0,60 kali $\sqrt{f'_c}$, sehingga untuk beton normal digunakan nilai $0,5\sqrt{f'_c}$. Usaha untuk meningkatkan kuat tarik beton yaitu dengan penambahan baja tulangan pada balok bertulang.

Perilaku beton saat diberikan beban aksial tarik, agak sedikit berbeda dengan perilakunya saat diberikan beban tekan. Hubungan antara tegangan dan regangan tarik beton umumnya bersifat linier, sampai terjadinya retak yang biasanya langsung diikuti oleh keruntuhan beton.

Kuat Lentur Balok

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:

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

dengan :

- P = Beban retak pertama, (kN).
 L = Jarak antar tumpuan, (mm).
 q = Berat sendiri beton, (kN/mm).

Bahan Pengikat Tulangan Baja

Bahan yang dipergunakan sebagai perikatan 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 bindrat dan kawat galvanis.

Pada umumnya kawat bindrat hanya mempunyai satu ukuran tertentu, sementara pada kawat galvanis mempunyai beragam diameter dari 0,180 mm hingga 14,731 mm.

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1). Semen *Portland* jenis I merk Tiga roda
- 2). Pasir, berasal dari Klaten Jawa Tengah
- 3). Kerikil, berasal dari Wonogiri
- 4). Air, berasal dari Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil UMS
- 5). Tulangan baja, berasal dari toko bahan bangunan di Surakarta
- 6). *Bekesting* untuk cetakan pelat beton bertulang digunakan kayu sengon
- 7). Kawat yang digunakan untuk penambahan kuat lentur berukuran 1.63, 1.29 dan 1.02 mm.
- 8). Pengujian di Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil UMS, dengan macam pengujiannya adalah :
 - a). Pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 3 buah.
 - b). Pengujian kuat tarik baja tulangan berdiameter 8 dan 6 mm.
 - c). Pengujian kuat lentur balok beton bertulang biasa berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 2 buah.
 - d). Pengujian kuat lentur balok beton bertulang dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang pada tulangan gesernya dengan ukuran kawat 1.63 mm berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 2 buah.

- e). Pengujian kuat lentur balok beton bertulang dengan penambahan kawat pada tulangan gesernya yang dipasang menyilang dengan ukuran kawat 1.29 mm berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 2 buah .
- f). Pengujian kuat lentur balok beton bertulang dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang pada tulangan gesernya dengan ukuran kawat 1.02 mm berukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 2 buah.
- 9). Baja tulangan direncanakan dengan mutu sebesar $f_y = 240$ MPa.
- 10). Beton direncanakan dengan mutu (kuat tekan) sebesar $f'_c = 20$ MPa.
- 11). Perencanaan campuran adukan beton dengan menggunakan metode SNI.T-15-1990-03, sesuai dengan faktor air semen sebesar 0,5.

Peralatan Penelitian

Semua peralatan yang digunakan dalam penelitian ini tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

1. Alat untuk pemeriksaan kualitas bahan penelitian
2. Alat untuk pembuatan campuran adukan beton
3. Alat untuk pembuatan sampel uji kuat tekan beton
4. Alat untuk pembuatan sampel uji kuat geser sengkang balok beton sederhana

Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini dilaksanakan terbagi atas empat tahap, seperti dijelaskan sebagai berikut :

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, serta alat uji kuat geser sengkang.

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.

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 3 buah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- b). Pembuatan sampel untuk pengujian kuat tarik baja tulangan, dengan diameter 8 mm dan panjang 100 cm, sebanyak 3 buah.
- c). Pembuatan sampel balok beton sederhana untuk pengujian kuat lentur balok.

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 untuk mengetahui mutu bahan baja yaitu mendapatkan kuat tarik (kuat luluh) baja tulangan (f_y).
- c). Kuat lentur balok beton sederhana merupakan pengujian utama dalam penelitian ini.

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 Dan Pembahasan

Setelah dilaksanakan penelitian dari Tahap I sampai dengan Tahap V, maka disampaikan beberapa hasil penelitian sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai *Slump* untuk berbagai pekerjaan beton. (Sumber : PBI 1971)

Uraian	Nilai <i>Slump</i>	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Alat Pondasi, Pondasi Telapak Bertulang	12,5	5,0
Telapak Tak Bertulang, Kolom, Dinding	9,0	2,5
Plat, Balok, Kolom dan Dinding	15,0	7,5
Penguasaan Jalan	7,5	5,0
Pembetonan Massal	7,5	2,5

Tabel 2. Nilai *Slump* hasil penelitian

Faktor air semen	Jenis agregat	Nilai <i>slump</i> (cm)
0,5	Batu pecah	10
	Batu pecah	12
	Batu pecah	11
	Batu pecah	10

Nilai *slump* yang terjadi > 7,5 cm, maka menurut PBI '71 dapat digunakan untuk pekerjaan beton pelat, balok, kolom dan dinding.



Gambar 1. Hasil *Test slump*

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tarik baja diameter 8mm

Kode Sampel	ϕ (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	f _y (MPa)	f _{max} (MPa)	f _y rata-rata (MPa)	f _{max} rata-rata (MPa)
BJ8-1	8	50,27	20359	27930	404,99	555,60	409,59	552,88
BJ8-2	8	50,27	20862	27960	415,00	556,20		
BJ8-3	8	50,27	20550	27490	408,79	546,85		

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tarik baja diameter 6mm

Kode Sampel	ϕ (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	f _y (MPa)	f _{max} (MPa)	f _y rata-rata (MPa)	f _{max} rata-rata (MPa)
BJ6-1	6	28,27	17380	22560	614,79	798,02	576,58	747,55
BJ6-2	6	28,27	15690	20410	555,01	721,97		
BJ6-3	6	28,27	15830	20430	559,96	722,67		

Tabel 5. Hasil pengujian kuat tarik kawat galvanis diameter 1,63mm

Kode Sampel	ϕ (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	f _y (MPa)	f _{max} (MPa)	f _y rata-rata (MPa)	f _{max} rata-rata (MPa)
KG14-1	1,63	2,09	1328	1730	635,41	827,75	656,94	819,78
KG14-2	1,63	2,09	1463	1730	700,00	827,75		
KG14-3	1,63	2,09	1328	1680	635,41	803,83		

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tarik kawat galvanis diameter 1,29mm

Kode Sampel	ϕ (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	f _y (MPa)	f _{max} (MPa)	f _y rata-rata (MPa)	f _{max} rata-rata (MPa)
KG16-1	1,29	1,31	687	1140	524,43	870,23	648,35	875,32
KG16-2	1,29	1,31	885	1150	675,57	877,86		
KG16-3	1,29	1,31	976	1150	745,04	877,86		

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tarik kawat galvanis diameter 1,02mm

Kode Sampel	ϕ (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	f _y (MPa)	f _{max} (MPa)	f _y rata-rata (MPa)	f _{max} rata-rata (MPa)
KG18-1	1,02	0,82	521	610	635,37	743,90	627,24	731,71
KG18-2	1,02	0,82	550	600	670,73	731,71		
KG18-3	1,02	0,82	472	590	575,61	719,51		

Penulangan Balok Beton Dengan Dan Tanpa Kawat Galvanis



Gambar 1. Penulangan balok beton tanpa kawat galvanis



Gambar 2. Penulangan balok beton dengan kawat galvanis



Gambar 3. Balok beton bertulang sebelum diuji lentur



Gambar 4. Balok beton bertulang setelah diuji lentur dan patah di tengah-tengah bentang

Tabel 8. Hasil pengujian momen lentur balok beton bertulang biasa

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	B1	51,2	0,723	0,9	11,593
2	B2	52,1	0,723	0,9	11,796
Rata-rata =					11,694

Tabel 9. Hasil pengujian momen lentur balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,63mm

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	BK14a	87,7	0,723	0,9	19,806
2	BK14b	88,9	0,723	0,9	20,076
Rata-rata =					19,941

Tabel 10. Hasil pengujian momen lentur balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,29 mm

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	BK16a	78,6	0,723	0,9	17,758
2	BK16b	77,9	0,723	0,9	17,601
Rata-rata =					17,679

Tabel 11. Hasil pengujian momen lentur balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,02 mm

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)
1	BK18a	64,7	0,723	0,9	14,631
2	BK18b	61,4	0,723	0,9	13,888
Rata-rata =					14,259

Tabel 12. Perbandingan momen lentur balok beton bertulang biasa dan balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis

No	Jenis balok	Momen lentur (kNm)	Selisih momen lentur (kNm)	Prosentase selisih momen lentur (%)	Keterangan
1	Balok beton bertulang biasa	11,694	0	-	-
2	Balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis diameter 1,63mm	19,941	8,247	70,52	Momen lentur lebih besar dibandingkan pada balok beton bertulang biasa
3	Balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis diameter 1,29mm	17,679	5,985	51.18	Momen lentur lebih besar dibandingkan pada balok beton bertulang biasa
4	Balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis diameter 1,02mm	14,259	2,565	21.93	Momen lentur lebih besar dibandingkan pada balok beton bertulang biasa

Kesimpulan

Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan ada peningkatan kuat lentur pada balok beton bertulang dengan penambahan kawat galvanis berdiameter 1,02mm, 1,29mm dan 1,63mm yang dipasang secara menyilang di kiri-kanan tulangan begel balok beton dibandingkan dengan kuat lentur balok beton bertulang konvensional. Peningkatan kuat lentur yang terjadi berkisar (21,93 – 70,52) %. Semakin besar diameter kawat galvanis yang ditambahkan secara menyilang pada tulangan begel balok akan semakin meningkatkan kuat lentur dari balok beton bertulang tersebut, dibandingkan dengan balok beton bertulang biasa.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari penelitian ini, menunjukkan bahwa modifikasi kawat galvanis pada penulangan balok beton memberikan manfaat positif dan dapat meningkatkan daya guna bahan kawat yang relative murah harganya ini sehingga ke depannya dapat dikembangkan lebih lanjut agar bisa jauh lebih bermanfaat lagi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada saudara Aris Widanarko sebagai partner kolaborasi dalam penelitian ini, yang telah dengan serius dan sungguh-sungguh dalam melaksanakan penelitian ini dari awal sampai akhir. Tidak lupa ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- 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. 1991. *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SK SNI T-15-1991-03. Badan Pengembangan Pekerjaan Umum.
- Murdock, L.J. Brook K.M. 1991. *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Stephany Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Subakti, A. 1995. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*, PT Naviri, Yogyakarta.
- Asroni, A. 2010. *Balok dan Plat Beton Bertulang*, PT Graha Ilmu, Yogyakarta.