

# Inovasi Sambungan Mekanis Menggunakan Clamp Baja Untuk Tulangan Beton

Parmo<sup>1</sup>, Tavio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia  
parmo\_99@uinsby.ac.id

---

**Abstract:** In the last few years, Indonesian urban growth has tends to be lead to the overground space. This was caused by the significant population increasement the lackness of land availability. The phenomenon is also marked with the increasing number of high-rise buildings and skyscrapers. However, high-rise buildings and skyscrapers have the potential dangers against earthquakes, even more Indonesia lay on an earthquake-prone areas. There are two main things that need to be considered in the planning of earthquake-resistant buildings, which is strength and ductility. Deformation capability and the connection strength between the reinforcement taken into consideration in the design of earthquake-resistant structures. From the steel clamp tensile test results for D13's mechanical connection reinforcement, it gained 270.69 Mpa for yield strength, 351.45 MPa for ultimate tensile strength and 4757 kg for maximum load with 40% elongation. As for the D16's mechanical connection reinforcement gained 217.80 MPa for yield strength, 327 605 MPa for ultimate tensile strength and 6717 kg for maximum load with 32% elongation. This study uses two pieces of steel clamp, but in order to obtain a better result then it need to be add more clamps while increasing the clamp steel material quality.

Keywords: strength, ductility, steel clamp, mechanical connection

**Abstrak:** Pertumbuhan perkotaan di Indonesia beberapa waktu terkakhir cenderung lebih mengarah pada *overground space*. Hal ini disebabkan karena populasi penduduk perkotaan mengalami peningkatan yang signifikan dan tidak sebanding dengan lahan yang tersedia. Banyaknya bangunan tinggi dan gedung pencakar langit juga menandai fenomena tersebut. Namun, bangunan tinggi dan gedung pencakar langit memiliki potensi terhadap bahaya gempa bumi, lebih lagi Indonesia adalah termasuk wilayah yang rawan terjadi gempa bumi. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa dua hal pokok yang perlu diperhatikan adalah kekuatan dan daktilitas. Kemampuan berdeformasi dan kekuatan pada sambungan antar tulangan menjadi pertimbangan dalam desain struktur tahan gempa. Dari hasil pengujian tarik clamp baja untuk sambungan mekanik tulangan D13 diperoleh *yield strength* 270.69 Mpa, *ultimate tensile strength* 351.45 Mpa dan beban maksimum 4757 kg serta *elongation* 40%. Sedangkan untuk sambungan mekanik tulangan D16 diperoleh *yield strength* 217.80 Mpa, *ultimate tensile strength* 327.605 Mpa dan beban maksimum 6717 kg serta *elongation* 32%. Pada penelitian ini digunakan 2 (dua) buah *clamp* baja. Namun, untuk memeperoleh hasil yang lebih baik perlu penambahan jumlah *clamp* dan peningkatan kualitas material *clamp* baja.

Kata Kunci: kekuatan, daktilitas, clamp baja, sambungan mekanis

---

## 1. Pendahuluan

Pengelolaan tatakota yang nyaman, sehat dan berwawasan lingkungan saat ini menjadi trend di Indonesia. Hal ini diperkuat dengan kebijakan pemerintah yang mensyaratkan Ruang Terbuka Hijau (RTH) hingga 30% dari total luas kota. Baik pemerintah maupun masyarakat saat ini telah menyadari bahwa kota yang bersawasan lingkungan

telah menjadi kebutuhan untuk saat ini maupun mendatang.

Populasi penduduk perkotaan terus mengalami peningkatan di seluruh propinsi di Indonesia. Dengan pertumbuhan penduduk kota yang melampaui kapasitas lahan, akan berakibat pada pertumbuhan kota yang vertikal (*uper ground*). Baik berupa pertumbuhan ke atas (*overground space*) maupun

kebawah (*underground space*). Untuk Indonesia saat ini pertumbuhan kota lebih mengarah pada *overground space*, ini terbukti dengan banyaknya bangunan tinggi dan bermunculannya gedung pencakar langit. Namun, lemahnya perencanaan dan desain struktur bangunan tinggi sangat rawan terhadap bahaya gempa bumi. Hal ini disebabkan karena wilayah Indonesia berada pada jalur yang dilalui patahan lempeng Eurasian, Pasifik dan Indo-Australia serta garis *circumstance*, "*Pacific-rims: ring of fire*" yaitu garis potensi bencana gunung berapi (*volcanic*). Peta gempa Indonesia terbaru juga telah mengakomodasi adanya pengaruh gempa bumi terhadap bangunan dengan penambahan beban gempa. Dua hal penting yang perlu diperhatikan pada saat mendesain struktur bangunan adalah kekuatan dan daktilitas. Kekuatan dan daktilitas struktur harus cukup dalam meneruskan gaya-gaya dari bagian struktur ke bagian lainnya pada saat terjadi gempa (SNI 1726: 2012).

Kekuatan struktur erat kaitannya dengan adanya peningkatan beban secara tiba-tiba (beban gempa) yang melampaui desain awal. Daktilitas dikaitkan dengan ketahanan struktur untuk mencegah keruntuhan secara tiba-tiba (*brittle*) akibat beban gempa. Kolom memegang peranan penting dalam struktur gedung, mengingat kegagalan kolom akan mengakibatkan kegagalan (*collapse*) struktur secara keseluruhan. Disisi lain, kolom adalah elemen struktur yang rentan terhadap kegagalan ketika menerima beban gempa. Selain itu bagian sambungan balok-kolom adalah bagian detail yang harus mendapat perhatian khusus ketika menerima beban gempa. Sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap elemen struktur kolom dan sambungan balok-kolom yang menerima beban gempa.

Penelitian ini fokus pada performa sambungan tulangan yang handal melalui kajian dengan cara meninjau kemampuan berdeformasi (daktilitas atau kinerja) sambungan dan elemen tulangan serta kekuatannya. Untuk memastikan kemampuan sambungan tulangan dalam penelitian ini, dilakukan pengujian tarik atau yang sesuai dengan standar yang berlaku untuk menunjukkan kinerja dan kekuatan yang memadai bilamana dibandingkan dengan tulangan menerus tanpa sambungan dan diharapkan lebih baik atau paling tidak sepadan.

Kemampuan deformasi dan kekuatan yang lebih baik pada sambungan inovatif tulangan menjadi pertimbangan dalam mendesain struktur terutama ketika struktur mengalami peningkatan beban seperti terjadinya gempa bumi. Pada dasarnya semua

material akan mengalami perubahan jika diberi beban. Perubahan ini secara fisik dapat berupa deformasi, baik elastis atau plastis, kecil atau besar. Material yang mampu menahan deformasi plastis yang besar dikatakan *ductile*. Material yang *ductile* mampu menyerap sejumlah energi yang besar sebelum terjadi kegagalan dimana material ini mampu berdeformasi besar sebelum hancur. Untuk memenuhi kebutuhan daktilitas tersebut, sebagian spesimen tulangan diberikan sambungan inovatif dan dibandingkan dengan tulangan menerus tanpa sambungan. Bilamana kinerja dan kekuatannya lebih baik atau paling tidak sepadan, maka hal ini akan menjadi terobosan yang sangat berpengaruh dalam dunia perencanaan terutama konstruksi bukan hanya di tanah air bahkan di luar negeri.

## 2. Studi Literatur

### 2.1 Sambungan Mekanis

Keterbatasan ukuran panjang pada saat produksi di pabrik baja menyebabkan tulangan baja memerlukan penyambungan karena kebutuhan di lapangan yang lebih panjang dari ukuran yang tersedia oleh pabrikan. Sambungan menjadi penting karena berfungsi mentransfer gaya dan berperilaku sebagai penghubung disipasi energi antar komponen yang disambung (Castro, 1992). Penempatan dan kekuatan sambungan perlu direncanakan dengan baik sehingga kehadirannya tidak menyebabkan keruntuhan prematur pada struktur (Nurjaman, 2000).

Penyambungan tulangan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu melalui; sambungan lewatan (*lap splice*), sambungan las (*welded splice*) dan sambungan mekanis (*mechanical connections*) (Lancelot, 1985). Berdasarkan SNI 2847: 2013 pasal 12.14.3.1 menyatakan bahwa sambungan mekanis dan las diijinkan. Sambungan mekanis penuh harus mengembangkan tarik atau tekan seperti yang disyaratkan, paling sedikit  $1,25F_y$  baja tulangan (pasal 12.14.3.2) dan apabila tidak terpenuhi ketentuan  $1,25F_y$  maka hanya boleh digunakan untuk sambungan tulangan D16 atau yang lebih kecil dengan ketentuan terpenuhi persyaratan seperti pasal 12.15.5.

Sambungan mekanis (*mechanical connections*) menurut ACI 439.3R-91 terbagi dalam 3 kategori dasar yaitu: 1). *Compression only Mechanical Connections*, 2). *Tension only Mechanical Connections*, dan 3). *Tension Compression Mechanical Connections*. *Compression only Mechanical Connections* memiliki mekanisme pemindahan tegangan tekan dari ujung tulangan satu

ke ujung tulangan lainnya yang berada dalam satu garis sumbu (konsentris). Ada beberapa jenis tipe *Compression only Mechanical Connections* antara lain: *Solid-Type Steel Coupling Sleeve*, *Strap-Type Steel Coupling Sleeve*, *Steel-Filled Coupling Sleeve*, dan *Wedge-Locking Coupling Sleeve*. *Tension only Mechanical Connections* digunakan dalam kondisi dimana tulangan hanya mengalami tegangan tarik seperti tulangan lentur, tulangan muai-susut.

Jenis tipe *Tension only Mechanical Connections* antara lain: *Steel Coupling Sleeve with Wedge* dan *Bar Splice Double Barrel*. Sambungan tipe ini dapat mengembangkan 125% dari tegangan leleh dari baja tulangan yang disambung, dapat digunakan untuk menyambung diameter baja tulangan yang berbeda.

Sedangkan *Tension Compression Mechanical Connections* memiliki fungsi gabungan tekan dan tarik. Adapun jenis sambungan ini antara lain: *Cold-Swaged Steel Coupling Sleeve* dan *Taper-Threaded Steel Coupler*.

### 3. Rencana Penelitian

Benda uji sambungan tulangan inovatif yang dibuat dalam penelitian ini mencoba mengakomodir kemampuan berdeformasi dan juga kekuatan lekatannya bilamana dibandingkan dengan tulangan menerus tanpa sambungan dengan pengujian tarik sesuai standar yang berlaku.

Penelitian ini memanfaatkan inovasi teknologi sambungan tulangan yang berfungsi sebagai penyambung tulangan yang bisa digunakan pada elemen struktur beton bertulang untuk nantinya menggantikan fungsi *lap splice* atau kait seismik yang selama ini membawa banyak permasalahan pada kinerja dan kekuatannya yang tidak sesuai dengan apa yang diharapkan dalam perencanaan.

Kemudahan pelaksanaan juga menjadi salah satu perhatian dimana pada kait seismik akan sangat mengganggu pengecoran beton akibat kerumitan tulangan sehingga mutu beton akan jatuh dan juga tidak sesuai dengan mutu yang ditetapkan dalam spesifikasi dimana salah satunya beton menjadi keropos (*honeycomb*) yang banyak ditemui saat ini di lapangan.

#### 3.1. Spesifikasi Clamp Baja

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat baja tebal 15 mm yang memiliki  $F_y \pm 250$  Mpa dan dibentuk dengan cara dibubut menjadiclump. *Clamp* Baja Type 1a dan 1b (CT-1a dan CT-1b) akan dijadikan menjadi sambungan

mekanis untuk menyambung tulangan ulir D13 dan D16 yang memiliki  $F_y$  350 Mpa. Adapun gambar sambungan mekanis *Clamp* Baja Type 1a (CT-1a) dan *Clamp* Baja Type 1b (CT-1b) dapat dilihat pada gambar 1 dan 2 sebagai berikut:



Gambar 1. CT-1a  
(sumber: dokumentasi pribadi)



Gambar 2. CT-1b  
(sumber: dokumentasi pribadi)

#### 3.2. Mur dan Baut

Baut yang digunakan adalah baut mutu tinggi yang memenuhi standard DIN/EN-ISO (standard DIN yang sudah di adopsi oleh ISO) *grade 8.8 size M10*. Grade 8.8 memiliki minimum *tensile strength* 800 N/mm<sup>2</sup> atau setara 116 ksi (116,030 lbf/in<sup>2</sup>) dengan *proof stress* 640 N/mm<sup>2</sup>, *hardness* 22-32 HRC dan *elongation after fracture minimum* 12%.



Gambar 3. Mur dan Baut  
(sumber: dokumentasi pribadi)

### 3.3. Baja Tulangan

Baja tulangan yang digunakan adalah besi baja ulir (*deform*) grade U40 memiliki diameter 13 mm (D13) dan 16 mm (D16). Besi baja tulangan diproduksi dari bahan baku billet dengan cara canai panas (*hot rolling*) (SNI-07-2052-2002). Baja tulangan ulir (*deform*) harus mempunyai sirip yang teratur. Setiap batang diperkenankan mempunyai rusuk memanjang sejajar dan sejajar dengan sumbu batang, serta sirip-sirip lainnya dengan arah melintang sumbu batang.

Sirip-sirip melintang sepanjang batang baja tulangan beton harus terletak pada jarak yang teratur serta mempunyai bentuk dan ukuran yang sama. Sirip melintang tidak boleh membentuk sudut kurang dari  $45^\circ$  terhadap sumbu batang, apabila membentuk sudut antara 45 sampai dengan 75 derajat, arah sirip melintang pada satu sisi atau kedua sisi dibuat berlawanan. Specimen uji tarik baja tulangan yang sudah diberi alat sambung mekanis berupa *Clamp* dengan 2 (dua) buah alat sambung kemudian dilakukan uji tarik. Berikut gambar 4 dan 5 adalah aplikasi alat penyambung mekanis berupa *Clamp* pada baja tulangan.



Gambar 4. Pemasangan CT-1a pada tulangan D13  
(sumber: dokumentasi pribadi)



Gambar 5. Pemasangan CT-1b pada tulangan D16  
(sumber: dokumentasi pribadi)

### 3.4. Test Setup

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium PT. Bhirawa Steel, Surabaya, Jawa Timur. Uji tarik baja tulangan dilakukan pada tulangan sebelum dan sesudah diberi sambungan clamp. Pengujian tarik dimaksudkan untuk mendapatkan data berupa: Tegangan leleh (*yield strength*), tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*), beban maksimum (*max. Force*) dan Panjang uluran (*Elongation*). *Setup* pengujian ditunjukkan pada gambar 6.S



Gambar 6. Setup pengujian  
(sumber: dokumentasi pribadi)

## 4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian baja tulangan tanpa sambungan *Clamp* tulangan baja D13 didapatkan rata-rata tegangan leleh (*yield strength*) 391.59 Mpa, tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) 595.81, beban maksimum 8064.67 kg dan panjang uluran sebesar 24%. Sedangkan pengujian tulangan baja D16 didapatkan tegangan leleh (*yield strength*) 394.96 Mpa, tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) 585.24 Mpa, beban maksimum 12000 kg dan panjang uluran sebesar 24%.

Pengujian baja D13 setelah diberikan alat sambung mekanis CT-1a sebanyak 2 (dua) buah clamp didapatkan hasil tegangan leleh (*yield strength*) 270.69 Mpa, tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) 351.45 Mpa beban maksimum 4757 kg dan panjang uluran sebesar 40%. Sedangkan pengujian baja D16 setelah diberikan alat sambung mekanis CT-1b sebanyak 2 (dua) buah didapatkan hasil tegangan leleh (*yield strength*) 217.80 Mpa, tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) 327.605 Mpa dan beban maksimum 6717 kg 32%. Pada pengujian specimen dengan alat sambung hasil bacaan *output* panjang uluran yang dihasilkan oleh alat uji kurang akurat. Tabel 1 menunjukkan perbandingan hasil pengujian.

Tabel 1. Perbandingan hasil pengujian

Specimen	Yield Strength (Mpa)	Ultimate Tensile Strength (Mpa)	Max. Force (Kg)	Elongation (%)
D13 (tanpa clamp)	391.59	595.81	8064.67	24
D13 (dengan clamp)	270.69	351.45	4757	40
D16 (tanpa clamp)	394.96	585.24	12000	24
D16 (dengan clamp)	217.80	327.605	6717	32

Sumber: Hasil analisis (2015)

Dari data pada tabel 1 dapat ditarik kesimpulan bahwa prosentase keberhasilan sambungan *clamp* baja sebanyak 2 (dua) buah untuk D13 mencapai tegangan leleh 69,125%, tegangan tarik maksimum 58,98% dan beban maksimum 58,98% dari target yang diinginkan yaitu baja tulangan leleh dan selanjutnya putus dengan tidak didahului oleh rusaknya *clamp*. Dan prosentase keberhasilan pada tulangan D16 untuk tegangan leleh mencapai 55,14%, tegangan tarik maksimum 55,98% dan beban maksimum 55,98% dari target yang sama dengan D13.

Pola kerusakan *clamp* ditandai dengan rusaknya permukaan *clamp* yang berubangan langsung dengan baja tulangan ulir. Kerusakan berupa robeknya permukaan *clamp* dilanjutkan dengan bengkoknya baut dan tulangan baja. Gambar 7 menunjukkan pola kerusakan pada *clamp* baja.



Gambar 7. Pola kerusakan *clamp* (sumber: hasil analisis, 2015)

## 5. Kesimpulan

Hasil pengujian tarik tulangan yang telah diberi sambungan mekanis CT-1a pada tulangan D13 diperoleh tegangan leleh (*yield strength*) 270.69 Mpa, tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) 351.45 Mpa dan beban maksimum 4757 kg serta Elongation 40%. Sedangkan pengujian *clamp* baja CT-1b pada tulangan D16 diperoleh tegangan leleh (*yield strength*) 217.80 Mpa, tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) 327.605 Mpa dan beban maksimum 6717 kg serta elongation 32%.

Performa alat sambung CT-1a mencapai 69,125% untuk tegangan leleh, 58,98% untuk tegangan tarik maksimum dan 58,98% untuk beban maksimum dari target yang diinginkan. Dan pada CT-1b tegangan leleh mencapai 55,14%, tegangan tarik maksimum 55,98% dan beban maksimum 55,98% dari target yang diinginkan. Pada tahap selanjutnya alat sambung mekanis perlu ditambah jumlahnya dan kualitas *clamp* baja perlu ditingkatkan.

## 6. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih dipersembahkan kepada Direktorat Pendidikan Tinggi Kementerian Riset dan Dikti Republik Indonesia dan PT. Bhirawa Steel, Surabaya Indonesia.

## 7. Daftar Pustaka

- ACI 439.3R-91. Mechanical Connections of Reinforcing Bars. (Reapproved 1999) reported by ACI Committee 439. John F. McDermott, Chairman.
- Castro JJ, Imai, H. & Yamaguchi, T., 1992, "Sesmic Performance of Precast Concrete Beam – Column Joints", Earthquake Engineering, Tenth World Conference, Balkema, Rotterdam.
- Lancelot, H.B., 1985, "Mechanical Splices of Reinforcing Bars, Richmond Screw Anchor Company Inc., Fort Worth, Texas.
- Nurjaman, H. N., 2000, "Parameter Titik Kumpul untuk Analisis Struktur Rangka Beton dengan Sistem Pracetak dan Sistem Hibrid Berdasarkan Uji Laboratorium, Desertasi Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi, Bandung.
- SNI 1726-2012, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung," Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2012.
- SNI 2847-2013, "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung". Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2013.