

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 130 - 137	SURABAYA 2016	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	-----------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA.

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

	Halaman
TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
• Vol 3 Nomer 3/rekat/16 (2016)	
PENGARUH PENAMBAHAN <i>SILICA FUME</i> PADA <i>POROUS CONCRETE BLOCK</i> TERHADAP NILAI KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS	
<i>Eko Febrianto, Arie Wardhono,</i>	01 – 08
PEMANFAATAN ABU TERBANG LIMBAH BATU BARA TERHADAP KUAT TEKAN DAN TINGKAT POROSITAS <i>PAVING STONE</i> BERPORI	
<i>Firman Ganda Saputra, Arie Wardhono,</i>	09 – 12
PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN <i>ADMIXTURE</i> SIKACIM TERHADAP PENGUATAN KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS <i>PERMEACONCRETE PAVING STONE</i>	
<i>Kukuh Ainnuridin, Arie Wardhono,</i>	13 – 22
PENGARUH POLA ALIRAN PADA SALURAN PELIMPAH SAMPING AKIBAT DARI PENEMPATAN <i>SPLLWAY</i> DENGAN TIPE MERCU OGEE WADUK WONOREJO	
<i>Binti Hidayatul Ma'rifah, Kusnan,</i>	23 – 34
ANALISIS HUBUNGAN TEMPERATUR DAN KUAT TEKAN BETON PADA PEKERJAAN BETON MASSA (<i>MASS CONCRETE</i>) DENGAN METODE <i>PORTLAND CEMENT ASSOCIATION</i> (PCA) DAN <i>U.S. BUREAU OF RECLAMATION</i>	
<i>Sandy Sahrawani, Mochamad Firmansyah S,</i>	35 – 44
ANALISA KAPASITAS SALURAN SEBAGAI PENGENDALI BANJIR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS PADA DRAINASE SUB DAS GULOMANTUNG KECAMATAN KEBOMAS, KABUPATEN GRESIK	
<i>Ahmad Rifky Saputra, Nurhayati Aritonang,</i>	45 – 54

ANALISA FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KINERJA WAKTU
PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI DI WILAYAH SURABAYA

Hendrita Abraham Angga Purnomo, Mas Suryanto H.S, 55 – 63

PENGARUH PEMILIHAN JARAK PANDANG DALAM MENENTUKAN PANJANG
LENGKUNG VERTIKAL CEMBUNG TERHADAP BIAYA PELAKSANAAN JALAN BARU

Arthur Diaz Mickael Devisi, Ari Widayanti, Anita Susanti, 64 – 70

PENGEMBANGAN DISTIBUSI AIR BERSIH SUMBER DLUNDUNG DESA TRAWAS
KECAMATAN TRAWAS KABUPATEN MOJOKERTO

Mochammad Zainal Abidin, Djoni Irianto, 71 – 79

STUDI EKSPERIMENTAL BUKAAN GANDA TERHADAP KAPASITAS LENTUR BALOK
BETON BERTULANG

Mohamad Mesranto, Bambang Sabariman, 80 – 87

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE *CAMEL
BACK TRUSS*

Ria Dewi Sugiyono, Sutikno, 88 – 93

PENGARUH PENGOPTIMASIASI PEMASANGAN LETAK BOUT DENGAN JARAK TEPI
PADA SAMBUNGAN PELAT TARIK

Donna Monika Fembrianto, Arie Wardhono, 94 – 101

STUDI EKSPERIMENTAL BUKAAN GANDA DENGAN LETAK DI ATAS GARIS NETRAL
TERHADAP KAPASITAS GESER BALOK BETON BERTULANG

Siswo, Bambang Sabariman, 102 – 111

ANALISIS KEHILANGAN TINGGI TEKAN PADA JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR
BERSIH PDAM KECAMATAN DRIYOREJO, KABUPATEN GRESIK

Amilina Kartika Permatasari, Nurhayati Aritonang, 112 – 120

ANALISIS DESAIN JEMBATAN KOMPOSIT GELAGAR BAJA MENGGUNAKAN STRUKTUR NON-PRISMATIK

*Anneke Jayanti Anggraini, Karyoto,.....*121 – 129

PENGARUH PANJANG LEWATAN (*ld*) DENGAN SAMBUNGAN MEKANIS PERSEGI ENAM TERHADAP KUAT TARIK BAJA TULANGAN

*Sandi Andika Surya Putra, Andang Wijaya,.....*130 – 137



PENGARUH PANJANG LEWATAN (ld) DENGAN SAMBUNGAN MEKANIS PERSEGI ENAM TERHADAP KUAT TARIK BAJA TULANGAN

Sandi Andika Surya Putra

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
sandikasuryaputra@yahoo.com

Abstrak

Sambungan merupakan bagian struktur beton bertulang yang sangat penting. Fungsinya adalah mentransfer gaya dan berperilaku sebagai penghubung disipasi energi antara komponen-komponen yang disambung. Penempatan dan kekuatan sambungan perlu direncanakan dengan baik sehingga tidak menyebabkan keruntuhan prematur pada struktur. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi panjang lewatan optimum jika dikombinasikan dengan sambungan mekanis persegi enam terhadap kuat tarik (f_u) baja tulangan. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh sambungan lewatan dengan sambungan mekanis persegi enam terhadap kuat tarik baja tulangan.

Program penelitian dilakukan terhadap konfigurasi sambungan dengan variabel panjang lewatan. Variabel dalam penelitian ini yaitu panjang lewatan (ld), dengan 2 sambungan mekanis persegi enam dan panjang lewatan (ld) 26 db, 2 sambungan mekanis persegi enam dan panjang lewatan (ld) 21 db, 2 sambungan mekanis persegi enam dan panjang lewatan (ld) 16 db, 2 sambungan mekanis persegi enam dan panjang lewatan (ld) 11 db. Penerapan sambungan dilakukan melalui 3 buah benda uji pada tiap-tiap perlakuan dengan diameter tulangan (db) 10 mm. Masing-masing benda uji dilakukan uji tarik berdasarkan SNI 07-2529-1991 dan SNI 07-2052-2002 dengan diberikan beban vertikal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa baja tulangan tanpa sambungan mekanis persegi enam memiliki tegangan leleh (f_y) 487,27 MPa, tegangan tarik maksimum (f_u) 649,20 MPa, beban maksimum 44,1 kN, dan perpanjangan (*elongation*) 18,214%. Selain itu diperoleh hasil panjang lewatan optimum sebesar 11db dengan tegangan leleh (f_y) sebesar 357,73 MPa, tegangan tarik maksimum (f_u) sebesar 499,05 MPa, dan beban maksimum sebesar 33,90 kN. Variasi sambungan lewatan yang dikombinasikan dengan sambungan mekanis persegi enam paling optimum dalam memikul tegangan tarik (f_u) baja tulangan sebesar 11db.

Kata Kunci: Sambungan lewatan, sambungan mekanis persegi enam, kuat tarik

Abstract

Connection is the most important part of reinforced concrete structures. Its function is to transfer force and act as a liaison between the energy dissipation of the components to be joined. Placement and connection strength need to be planned, so that it does not cause premature collapse of the structure. This study aimed was to get information the optimum tensile strength of combination lap splice connection with a hexagon mechanical connection. Furthermore, it is also to find out the effect of combination lap splice connection with hexagon mechanical connection.

Research program is conducted by reviewing the configuration of lap splice length. Variable in this study is a combination between lap splice connection 26db and hexagon mechanical connection, lap splice connection 21db and hexagon mechanical connection, lap splice connection 16db and hexagon mechanical connection, lap splice connection 11db and hexagon mechanical connection. Application of the connection is made through 3 specimens in each treatment with diameter of reinforced bar (db) 10 mm. Each specimen tensile test is conducted by SNI 07-2529-1991 and SNI 07-2052-2002 with a given vertical load.

The result showed the reinforcing bar without hexagon mechanical connection have a yield strength (f_y) 487,27 MPa, ultimate tensile strength (f_u) 649,20 MPa, maximum load 44,1 kN, and elongation 18,214%. In addition the results obtains optimum lap splice length is 11db with yield strength (f_y) 357,73 MPa, ultimate tensile strength (f_u) 499,05 MPa, and maximum load 33,9 kN. Variation of combination lap splice connection with hexagon mechanical connection is most powerful restraining tensile strength by 11db.

Keywords: Lap splice, hexagon mechanical connections, tensile strength

PENDAHULUAN

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi pada bidang teknik sipil, memungkinkan munculnya sebuah teknologi baru. Salah satunya adalah sambungan tulangan struktur. Sambungan dalam suatu konstruksi tidak dapat dihindari, keterbatasan ukuran panjang dari produksi baja tulangan memaksa suatu elemen struktur harus dilakukan penyambungan. Menurut Lancelot (1985) penyambungan tulangan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu melalui sambungan lewatan (*lap splice*), sambungan las (*welded splice*), dan sambungan mekanis (*mechanical connections*).

Kebutuhan panjang lewatan (*lap splice*) berhubungan dengan panjang penyaluran tegangan (l_d) yang bertambah sesuai dengan peningkatan tegangan. Menurut Dipohusodo (1994), panjang penyaluran adalah panjang penambahan yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan leleh pada tulangan yang merupakan fungsi dari: (1) tegangan leleh baja (f_y), (2) diameter tulangan (d_b), dan (3) tegangan lekat (μ). Jadi, panjang lewatan ini harus diperhitungkan untuk menghindari keruntuhan sambungan.

Sambungan lewatan (*lap splice*) dapat dibuat dengan cara membuat *overlap* tulangan yang saling bersentuhan ataupun terpisah (Wang dan Salmon, 1993:207). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2847-2013 sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada batang-batang tulangan yang lebih besar dari D-36, kecuali pada sambungan batang ulir dalam kondisi tekan dan tulangan tekan fondasi telapak. Dengan demikian sambungan memegang peranan yang penting terhadap kekuatan dan integritas dari suatu elemen struktur, kegagalan suatu struktur diharapkan tidak terjadi pada sambungan, sehingga diperlukan detail sambungan yang baik.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2847-2013 tidak merekomendasikan ataupun melarang satu jenis tertentu dari suatu sambungan mekanis. Berawal dari hal ini memungkinkan dilakukan penelitian untuk mencari inovasi baru jenis sambungan mekanis yang kuat dan layak secara teknis, mudah pembuatan serta pemasangannya.

Sambungan mekanis dapat berbentuk segi tiga, segi empat, segi lima, maupun segi enam (*heksagonal*). Bentuk segi enam dan terinspirasi sarang lebah, penelitian Priyanto (2009) menginformasikan, bahwa bentuk segi enam merupakan bentuk yang lebih efektif, yaitu dilihat dari segi efektivitas ruang yang terbentuk dan bahan yang digunakan. Bentuk *heksagonal* yang simetris, jika digabungkan akan menghasilkan kombinasi ruang guna yang sempurna, yaitu tidak menghasilkan

ruang-ruang sisa yang tidak berguna, seperti jika ruang-ruang yang berpenampang lingkaran atau segi lima.

Di samping itu, bentuk ruang dengan penampang segi tiga atau segi empat bisa jadi juga menghasilkan kombinasi yang optimal. Namun demikian, bahan baku yang dibutuhkan untuk membuat bentuk-bentuk tersebut ternyata lebih banyak daripada yang dibutuhkan untuk membuat bentuk ruang dengan penampang *heksagonal*. Ruang penyimpanan berbentuk *heksagonal*, ternyata membutuhkan bahan baku paling sedikit, dengan daya tampung terbesar.

Berdasarkan hal tersebut dipilih sambungan mekanis bentuk persegi enam. Diharapkan dengan bentuk persegi enam tegangan leleh pada baja tulangan dapat meningkat dan material dalam pembuatan sambungan mekanis lebih sedikit. Dengan demikian kebutuhan material menjadi sedikit dan tegangan leleh lebih tinggi.

Penelitian tentang sambungan mekanis jenis *clamp* sudah pernah dilakukan. Nugroho (2013) menyimpulkan bahwa jumlah *clamp* yang optimum menggunakan 2 (dua) buah dengan panjang minimum *lap splice* sebesar 11,41 *db*. Selain itu, dalam penelitian yang dilakukan oleh Tavio dan Parmo (2015) tentang sambungan mekanis jenis *clamp* pada tulangan beton didapatkan informasi bahwa persentase keberhasilan sambungan *clamp* untuk tulangan ulir D-13 yang diberi sambungan mekanis sebanyak 2 (dua) buah ditinjau dari tegangan leleh, tegangan tarik dan beban maksimum pada baja tulangan berturut-turut sebesar 69,12%, 58,98% dan 58,98%. Sedangkan persentase keberhasilan sambungan *clamp* untuk tulangan ulir D-16 yang diberi sambungan mekanis sebanyak 2 (dua) buah didapatkan tegangan leleh sebesar 55,14%, tegangan tarik maksimum sebesar 55,98%, dan beban maksimum sebesar 55,98%.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847-2013 Pasal 12.2.3 memberikan formula untuk menentukan panjang lewatan (l_d) yang dibutuhkan. Panjang lewatan yang dibutuhkan, menurut perhitungan sebesar 37 *db*. Nilai tersebut adalah nilai kebutuhan, sedangkan penelitian Nugroho (2013) memberikan informasi panjang minimum lewatan sebesar 11,41 *db*. Dengan kata lain masih banyak variasi panjang lewatan, jumlah sambungan mekanis, dan bentuk sambungan mekanis yang dapat dikombinasikan untuk memperoleh informasi tegangan leleh.

Selain sambungan lewatan, SNI-03-2847-2013 Pasal 12.14.3.1 memperbolehkan pemakaian sambungan mekanis penuh dan sambungan las. SNI-03-2847-2013 Pasal 12.1.1 juga memperkenankan untuk melakukan penyambungan dengan kombinasi keduanya (sambungan lewatan dan sambungan mekanis). Permasalahannya adalah variasi sambungan lewatan dengan sambungan mekanis segi enam yang mana yang paling optimum

untuk memikul beban tarik? Untuk mengetahui hal tersebut perlu dilakukan eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui panjang lewatan yang optimum jika dikombinasikan dengan sambungan mekanis persegi enam.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Apakah terdapat pengaruh sambungan lewatan (*ld*) dengan sambungan mekanis persegi enam terhadap kuat tarik baja tulangan?
2. Berapakah panjang sambungan lewatan yang optimum jika di kombinasi dengan sambungan mekanis persegi enam?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk memperoleh informasi:

1. Pengaruh panjang lewatan (*ld*) dengan sambungan mekanis persegi enam terhadap kuat tarik baja tulangan.
2. Panjang sambungan lewatan yang optimum jika dikombinasikan dengan sambungan mekanis persegi enam.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Baja Tulangan

Beton merupakan salah satu bahan/material yang kuat dalam kondisi tekan, tetapi lemah dalam kondisi tarik dengan kuat tarik yang bervariasi dari 18 sampai 14 persen dari kuat tekannya (Edward, 2001:1). Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur perlu dibantu dengan memberi perkuatan berupa baja tulangan yang mana baja tulangan tersebut bertugas menahan gaya tarik yang timbul.

Kerja sama antara bahan beton dan baja tulangan hanya dapat terwujud dengan didasarkan pada keadaan. Keadaan tersebut adalah (1) lekatan sempurna antara batang tulangan baja dengan beton keras yang membungkusnya sehingga tidak terjadi penggelinciran di antara keduanya, (2) beton yang mengelilingi batang tulangan baja bersifat kedap sehingga mampu melindungi dan mencegah terjadinya karat pada baja, dan (3) angka muai kedua bahan hampir sama, di mana untuk setiap kenaikan suhu satu derajat celcius angka muai beton 0,00001 sampai 0,000013, sedangkan baja 0,000013, sehingga perbedaan nilai muai dapat diabaikan.

Agar dapat berlangsung lekatan erat dan mencegah pergeseran antara baja tulangan dengan beton, selain menggunakan batang polos berpenampang bulat (BJTP) juga digunakan baja tulangan yang berulir (BJTD) yaitu batang baja yang permukaannya dikasarkan secara khusus, diberi sirip teratur dengan pola tertentu, atau

batang tulangan yang dipilin pada proses produksinya (Wang dan Salmon, 1986:20). Pola permukaan yang dikasarkan atau pola sirip sangat beragam tergantung pada mesin cetak yang dimiliki oleh produsen, namun masih dalam batas-batas yang diperkenankan oleh standar.

Berdasarkan *American Society of Testing Material* (ASTM) ukuran dari tulangan dinyatakan dengan nomor (Lihat Tabel 1). uluran #3 sampai dengan #8, didasarkan atas dasar seperdelapan inci dari diameter nominal sedangkan tulangan #9 sampai dengan #11 adalah tulangan bulat yang dahulunya masing-masing mempunyai luas 1 inci², 1 ¹/₄ inci², dan 1 ¹/₂ inci², dan batang #14 dan #18 adalah baja bulat yang mempunyai luas penampang yang masing-masing sama dengan 1 ¹/₄ dan 2 inci² (Wang dan Salmon, 1985:20).

Tabel 1. Standar baja tulangan ASTM

Nomor Batang	Diameter nominal		Luas nominal		Berat nominal (kg/m)
	(inch)	(mm)	(inch ²)	(mm ²)	
# 3	0,375	9,500	0,110	71,000	0,559
# 4	0,500	12,700	0,200	129,000	0,994
# 5	0,625	15,900	0,310	200,000	1,552
# 6	0,750	19,100	0,440	284,000	2,235
# 7	0,875	22,200	0,600	387,000	3,041
# 8	1,000	25,400	0,790	510,000	3,973
# 9	1,128	28,700	1,000	645,000	5,059
# 10	1,270	32,300	1,270	819,000	6,403
# 11	1,410	35,800	1,560	1006,000	7,906
# 14	1,693	43,000	2,250	1452,000	11,380
# 18	2,257	57,300	4,000	2581,000	20,240

(Sumber: Wang dan Salmon Tabel 1.12.1 hal 21)

Menurut SII 0136-80, dilakukan pengelompokan baja tulangan untuk beton bertulang yang berdasarkan jenis dan kelas dari baja tulangan. Tabel 2 menunjukkan batas ulur minimum dan kuat tarik minimum dari baja tulangan.

Tabel 2 Kelas baja tulangan menurut SII 0136-80

Jenis	Kelas	Simbol	Batas ulur minimum (N/mm ²)	Kuat tarik minimum (N/mm ²)
Polos	1	BJTP24	235 (24)	382 (39)
	2	BJTP30	294 (30)	480 (49)
Deform	1	BJTD24	235 (24)	382 (39)
	2	BJTD30	294 (30)	480 (40)
	3	BJTD35	345 (35)	490 (50)
	4	BJTD40	392 (40)	559 (57)
	5	BJTD50	490 (50)	610 (63)

(Sumber: SII 0136-08)

Sambungan Mekanis

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.14.3.1 memperbolehkan penggunaan sambungan mekanis dan las. Sambungan mekanis penuh harus mengembangkan tarik atau tekan seperti yang disyaratkan, paling sedikit

1,25 f_y baja tulangan (Pasal 12.14.3.2) dan apabila tidak terpenuhi, ketentuan 1,25 f_y hanya boleh digunakan untuk sambungan tulangan D-16 atau yang lebih kecil dengan ketentuan yang disyaratkan pada Pasal 12.15.5.

Sambungan mekanis 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 dan tulangan muai-susut. Ada beberapa jenis tipe *Tension only Mechanical Connections* antara lain: *Steel Coupling Sleeve with Wedge* dan *Bar Splice Double Barrel*. Sambungan tipe ini mampu mengembangkan tegangan leleh dari baja tulangan yang disambung sebesar 125%. Selain itu juga sambungan tipe ini 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*.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Pengujian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton dan Ilmu Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Waktu penelitian dilakukan pada semester genap tahun akademik 2015/2016, yaitu Februari 2016 s.d Juni 2016.

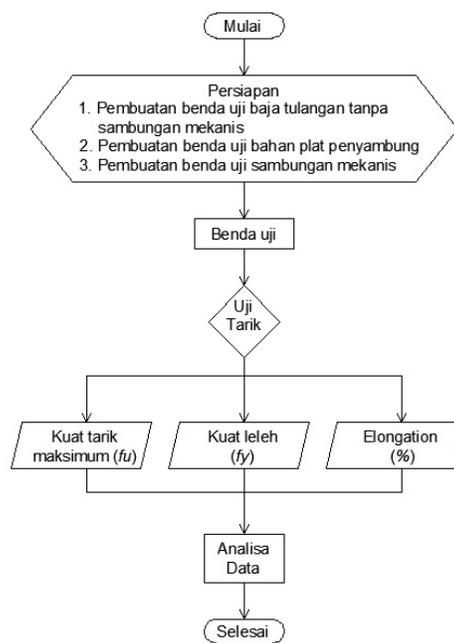
Diagram Alir Penelitian

Secara ringkas metode dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir seperti tampak pada Gambar 1.

Tahap Penelitian

a. Baja Tulangan

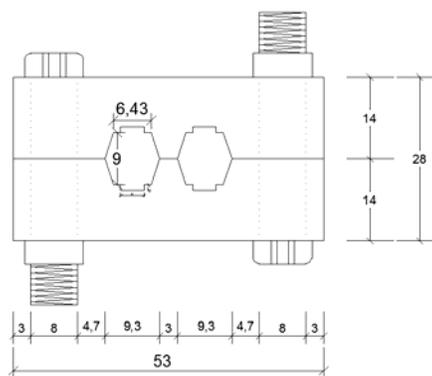
Baja tulangan yang digunakan adalah besi baja ulir (*deform*) grade U_{40} dengan diameter 10 mm.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

b. Spesifikasi Sambungan Mekanis Persegi Enam

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat baja tebal 15 mm yang memiliki mutu (f_y) ± 250 MPa yang dibentuk dengan cara memotong pelat baja sesuai dengan ukuran dan disain yang telah dibuat. Kemudian dibor dengan menggunakan mesin bubut sesuai ukuran baut baja yang digunakan yaitu 8 mm. Setelah dilakukan pembuatan lubang baut, langkah berikutnya adalah membuat bentuk persegi enam sebagai tempat baja tulangan menggunakan mesin *wire cut*. Setelah lubang tempat baja tulangan telah dibuat, langkah selanjutnya yaitu memberi pola drat pada lubang persegi enam. Pembuatan drat ini bertujuan untuk penguat sambungan ketika mencengkram baja tulangan. Adapun disain dan hasil jadi sambungan mekanis persegi enam dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 sebagai berikut:



Gambar 2. Disain sambungan mekanis



Gambar 3. Sambungan Mekanis Persegi Enam

c. Mur dan Baut

Dalam penelitian ini baut yang digunakan adalah baut mutu tinggi yang memenuhi standar ISO *grade* 8.8 dengan diameter baut 8 mm (M8) dan panjang baut 4,5 cm. Grade 8.8 memiliki tegangan leleh (*yield strength*) 640 MPa, kuat tarik minimum (*minimum tensile strength*) 800 MPa dengan *proof stress* sebesar 580 MPa, dan tingkat kekerasan (*hardness*) sebesar 22-32 HRC (*Hardness Rockwell C Number*). Berikut adalah penampang mur dan baut yang digunakan (Lihat Gambar 4).



Gambar 4. Mur dan Baut

(Sumber: Hasil dokumentasi 12 Januari 2016)

d. Tahap Pengujian

Pengujian kuat tarik baja tulangan tanpa sambungan dan baja tulangan dengan sambungan mekanis. Sampel uji tulangan D-10 sebanyak tiga buah, dan baja tulangan yang telah disambung menggunakan sambungan mekanis persegi enam yang dikombinasikan dengan sambungan lewatan 26db, 21db, 16db, dan 11db sebanyak tiga buah. Gambar tampak atas benda uji dapat dilihat pada Gambar 5, 6, 7 dan 8.



Gambar 5. Benda uji BUM-1 (Sambungan mekanis dengan panjang lewatan 26 db)

(Sumber: Hasil dokumentasi 10 Maret 2016)



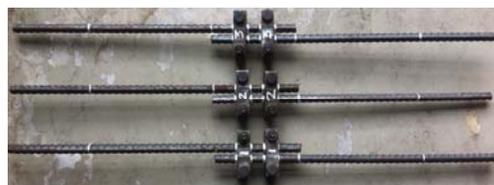
Gambar 6. Benda uji BUM-2 (Sambungan mekanis dengan panjang lewatan 21 db)

(Sumber: Hasil dokumentasi 10 Maret 2016)



Gambar 7. Benda uji BUM-3 (Sambungan mekanis dengan panjang lewatan 16 db)

(Sumber: Hasil dokumentasi 10 Maret 2016)



Gambar 8. Benda uji BUM-4 (Sambungan mekanis dengan panjang lewatan 11 db)

(Sumber: Hasil dokumentasi 10 Maret 2016)

e. Setup Pengujian

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Ilmu Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Uji tarik baja tulangan dilakukan pada tulangan sebelum dan sesudah diberi sambungan mekanis persegi enam. Pengujian tarik dimaksudkan untuk mendapatkan data tegangan leleh (*yield strength*), tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*), beban maksimum (*max. force*) dan panjang uluran (*elongation*). *Setup* pengujian ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Setup Pengujian

(Sumber: Hasil dokumentasi 12 Januari 2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengujian baja tulangan D-10 tanpa sambungan mekanis persegi enam didapatkan rata-rata tegangan leleh (*yield strenght*) 487,27 MPa, tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strenght*) 649,20 MPa, beban maksimum 44,1 kN, dan perpanjangan rata-rata (*elongation*) sebesar 18,214% (Lihat Tabel 3). Dari hasil tersebut, baja tulangan yang digunakan termasuk dalam klasifikasi BJTD 40. Klasifikasi ini berdasarkan pada SNI-07-2052-2002 yang menetapkan sifat mekanis baja tulangan kelas BJTD 40 memiliki tegangan leleh minimum (f_y) sebesar 392 MPa, kuat tarik minimum (f_u) 559 MPa, dan regangan (*elongation*) minimum sebesar 18%.

Tabel 3. Rekapitulasi uji tarik baja tulangan

Kode Benda Uji	Diameter Uji (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Tegangan Leleh (MPa)	Regangan Leleh (mm/mm)	P Maksimu (kN)	Tegangan Maksimum (MPa)	Elongation (%)
BU 1	9,3	67,929	487,27	0,006	44,2	650,68	18,286
BU 2	9,3	67,929	485,80	0,007	44	647,73	18,143
BU 3	9,3	67,929	488,74	0,006	44,1	649,20	18,214
Rata-rata			487,27	0,006	44,100	649,205	18,214

(Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel)

Hasil uji tarik plat baja bahan sambungan mekanis persegi enam didapatkan rata-rata tegangan leleh (*yield strenght*) 349,17 MPa, tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strenght*) 455,56 MPa, beban maksimum 54,67 kN dan perpanjangan rata-rata (*elongation*) sebesar 13,429% (Lihat Tabel 4). Dari hasil tersebut, plat baja yang digunakan termasuk dalam klasifikasi BJ 41. Klasifikasi ini berdasarkan pada SNI-03-1729-2002 yang menetapkan sifat mekanis baja kelas BJ 41 memiliki tegangan leleh minimum (f_y) 250 MPa, kuat tarik minimum (f_u) 410 MPa, dan regangan (*elongation*) minimum sebesar 13%.

Tabel 4. Rekapitulasi uji tarik plat baja

Kode Benda Uji	Diameter Uji (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Tegangan Leleh (MPa)	Regangan Leleh (mm/mm)	P Maksimu (kN)	Tegangan Maksimum (MPa)	Elongation (%)
BUP 1	20 x 6	120	349,17	0,020	54	450,00	13,571
BUP 2	20 x 6	120	350,00	0,022	54	450,00	13,429
BUP 3	20 x 6	120	348,33	0,021	56	466,67	13,286
Rata-rata			349,17	0,021	54,67	455,56	13,429

(Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel)

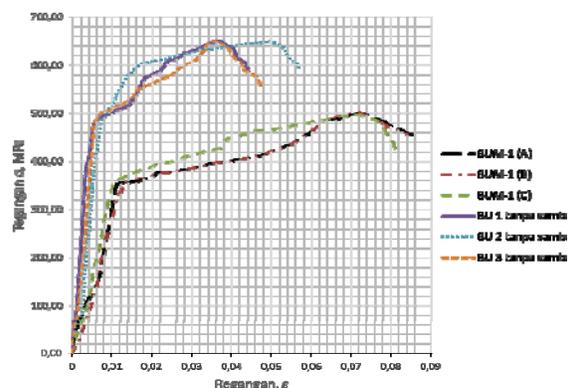
Hasil pengujian pada benda uji BUM-1 didapatkan nilai rata-rata tegangan leleh (f_y) 357,73 MPa, tegangan tarik maksimum (f_u) 499,05 MPa, dan beban maksimum 33,90 kN. Dari hasil tersebut, tegangan leleh (f_y) pada BUM-1 belum mampu mengembangkan tegangan leleh (f_y) baja tulangan yang ditetapkan SNI 2847-2013 Pasal 12.14.3.2 sebesar 1,25 f_y (Lihat Tabel 5).

Tabel 5. Rekapitulasi uji tarik BUM-1

Kode Benda Uji	Tegangan Leleh (MPa)	P Maksimu (kN)	Tegangan Maksimum (MPa)	Jenis Kegagalan
BUM-1 (a)	356,25	33,9	499,05	Terjadi Slip
BUM-1 (b)	357,73	34	500,52	Terjadi Slip
BUM-1 (c)	359,20	33,8	497,58	Putus pada Baja Tulangan
Rata-rata		33,90	499,05	-

Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel

Jika dibandingkan dengan baja tulangan tanpa menggunakan sambungan mekanis persegi enam ditinjau dari tegangan leleh (f_y), tegangan tarik maksimum (f_u), dan beban maksimum masing-masing berada di bawah baja tulangan tanpa sambungan mekanis dengan selisih sebesar 129,55 MPa, 150,16 MPa, dan 10,20 kN (Lihat Gambar 7).



Gambar 7. Grafik hubungan regangan-tegangan BUM-1 (Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel)

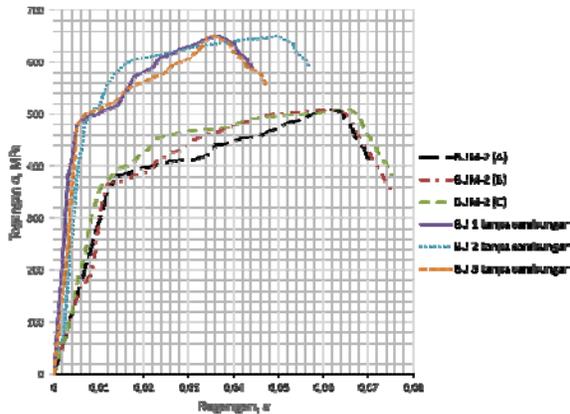
Pengujian pada benda uji BUM-2 didapatkan nilai rata-rata tegangan leleh (f_y) 368,03 MPa, tegangan tarik maksimum (f_u) 508,62 MPa, dan beban maksimum 34,55 kN. Dari hasil tersebut, tegangan leleh (f_y) pada BUM-2 belum mampu mengembangkan tegangan leleh (f_y) baja tulangan yang ditetapkan SNI 2847-2013 Pasal 12.14.3.2 sebesar 1,25 f_y (Lihat Tabel 6).

Tabel 6. Rekapitulasi uji tarik BUM-2

Kode Benda Uji	Tegangan Leleh (MPa)	P Maksimu (kN)	Tegangan Maksimum (MPa)	Jenis Kegagalan
BUM-2 (a)	369,50	34,6	509,35	Terjadi Slip
BUM-2 (b)	366,56	34,5	507,88	Putus pada Baja Tulangan
BUM-2 (c)	368,03	34,55	508,62	Terjadi Slip
Rata-rata		34,55	508,62	-

Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel

Jika dibandingkan dengan baja tulangan tanpa menggunakan sambungan mekanis persegi enam ditinjau dari tegangan leleh (f_y), tegangan tarik maksimum (f_u), dan beban maksimum masing-masing berada di bawah baja tulangan tanpa sambungan mekanis dengan selisih sebesar 119,24 MPa, 140,59 MPa, dan 9,55 kN (Lihat Gambar 8).



Gambar 8. Grafik hubungan regangan-tegangan BUM-2 (Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel)

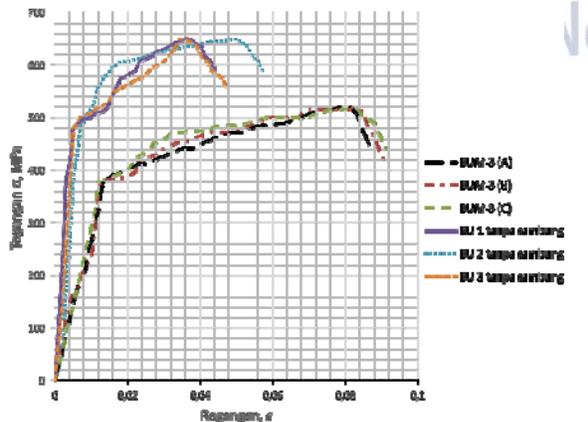
Hasil uji tarik benda uji BUM-3 didapatkan nilai rata-rata tegangan leleh (f_y) 379,81 MPa, tegangan tarik maksimum (f_u) 518,19 MPa, beban maksimum 35,20 kN. Dari hasil tersebut, tegangan leleh (f_y) pada BUM-3 belum mampu mengembangkan tegangan leleh (f_y) baja tulangan yang ditetapkan SNI 2847-2013 Pasal 12.14.3.2 sebesar 1,25 f_y (Lihat Tabel 7).

Tabel 7. Rekapitulasi uji tarik BUM-3

Kode Benda Uji	Tegangan Leleh (MPa)	P Maksimu (kN)	Tegangan Maksimum (MPa)	Jenis Kegagalan
BUM-3 (a)	379,81	35,3	519,66	Terjadi Slip
BUM-3 (b)	381,28	35,2	518,19	Putus pada Baja Tulangan
BUM-3 (c)	378,33	35,1	516,71	Terjadi Slip
Rata-rata	379,81	35,20	518,19	-

Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel

Berdasarkan hasil tersebut, jika dibandingkan dengan baja tulangan tanpa menggunakan sambungan mekanis persegi enam ditinjau dari tegangan leleh (f_y), tegangan tarik maksimum (f_u), dan beban maksimum masing-masing berada di bawah baja tulangan tanpa sambungan mekanis dengan selisih sebesar 107,46 MPa, 131,02 MPa, dan 8,90 kN (Lihat Gambar 9).



Gambar 9. Grafik hubungan regangan-tegangan BUM-3 (Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel)

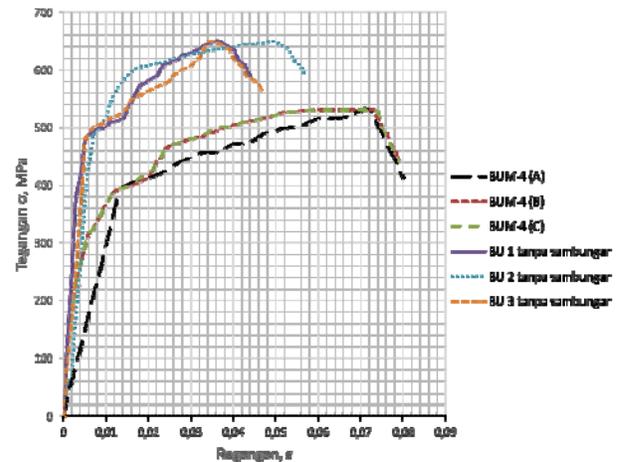
Sedangkan hasil uji tarik pada benda uji BUM-4 diperoleh rata-rata tegangan leleh (*yield strenght*) 390,11 MPa, tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strenght*) 531,44 MPa, beban maksimum 36,10 kN. Dari hasil tersebut, tegangan leleh (f_y) pada BUM-4 belum mampu mengembangkan tegangan leleh (f_y) baja tulangan yang ditetapkan SNI 2847-2013 Pasal 12.14.3.2 sebesar 1,25 f_y (Lihat Tabel 8).

Tabel 8. Rekapitulasi uji tarik BUM-4

Kode Benda Uji	Tegangan Leleh (MPa)	P Maksimu (kN)	Tegangan Maksimum (MPa)	Jenis Kegagalan
BUM-4 (a)	391,58	36,2	532,91	Putus pada Baja Tulangan
BUM-4 (b)	388,64	36	529,96	Terjadi Slip
BUM-4 (c)	390,11	36,1	531,44	Terjadi Slip
Rata-rata	390,11	36,10	531,44	-

Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel

Berdasarkan hasil tersebut, jika dibandingkan dengan baja tulangan tanpa menggunakan sambungan mekanis persegi enam ditinjau dari tegangan leleh (f_y), tegangan tarik maksimum (f_u), dan beban maksimum masing-masing berada di bawah baja tulangan tanpa sambungan mekanis dengan selisih sebesar 97,16 MPa, 117,77 MPa, dan 8,00 kN (Lihat Gambar 10).



Gambar 10. Grafik hubungan regangan-tegangan BUM-4 (Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel)

Pembahasan

Dari hasil uji tarik baja tulangan tanpa sambungan mekanis dan baja tulangan yang telah diberi sambungan mekanis persegi enam terdapat perbedaan hasil yang cukup signifikan. Berikut perbandingan hasil uji tarik yang ditabulasikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan hasil uji tarik

Benda Uji	Tegangan Leleh Rata-rata (MPa)	Kuat Tarik Maksimum Rata-rata (MPa)	Beban Maksimum rata-rata (kN)	Performa Alat Sambung Berdasarkan Tegangan Leleh (%)	Performa Alat Sambung Berdasarkan Kuat Tarik Maksimum (%)	Performa Alat Sambung Berdasarkan Beban Maksimum (%)
D10 (tanpa sambungan)	487,27	649,20	44,10	-	-	-
D10 (BUM-1)	357,73	499,05	33,90	73,41	76,87	76,87
D10 (BUM-2)	368,03	508,62	34,55	75,53	78,34	78,34
D10 (BUM-3)	379,81	518,19	35,20	77,95	79,82	79,82
D10 (BUM-4)	390,11	531,44	36,10	80,06	81,86	81,86

(Sumber: Hasil pengujian yang diolah dengan bantuan Ms. Excel)

Dari data yang disajikan pada Tabel 7 menunjukkan bahwa persentase keberhasilan pada benda uji BUM-1, BUM-2, BUM-3 dan BUM-4 ditinjau dari tegangan leleh (f_y) berturut-turut sebesar 73,41%, 75,53%, 77,95%, dan 80,06%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa persentase keberhasilan terbesar terjadi pada BUM-4 (Sambungan mekanis persegi enam dan panjang lewatan 11db).

Selain itu juga persentase keberhasilan pada benda uji BUM-1, BUM-2, BUM-3 dan BUM-4 ditinjau dari tegangan tarik maksimum (f_u) berturut-turut sebesar 76,87%, 78,34%, 79,82%, dan 81,86%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa persentase keberhasilan terbesar terjadi pada BUM-4 (Sambungan mekanis persegi enam dan panjang lewatan 11db).

Selanjutnya jika ditinjau dari beban maksimum persentase keberhasilan pada benda uji BUM-1 sebesar 76,87%, BUM-2 78,34%, BUM-3 79,82%, dan BUM-4 81,86%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa persentase keberhasilan terbesar terjadi pada BUM-4 (Sambungan mekanis persegi enam dan panjang lewatan 11db).

PENUTUP

Simpulan

Setelah melakukan proses pengujian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh panjang lewatan (ld) dengan sambungan mekanis persegi enam terhadap kuat tarik baja tulangan. Dengan menggunakan panjang lewatan manapun dari empat macam itu digunakan, pengaruhnya sama saja yaitu menurunkan tegangan tarik (f_u) baja tulangan.
2. Dari perlakuan panjang lewatan yang diberikan, didapatkan panjang lewatan optimum sebesar 11db dengan nilai rata-rata tegangan leleh (f_y), tegangan tarik maksimum (f_u), dan beban maksimum berturut-turut sebesar 357,73 MPa, 499,05 MPa, 33,90 kN. Berdasarkan hasil tersebut, jika dibandingkan dengan baja tulangan tanpa menggunakan sambungan

mekanis persegi enam ditinjau dari tegangan leleh (f_y), tegangan tarik maksimum (f_u), dan beban maksimum masing-masing berada di bawah baja tulangan tanpa sambungan mekanis dengan selisih sebesar 97,16 MPa, 117,77 MPa, dan 8,00 kN.

Saran

1. Sambungan mekanis persegi enam dengan panjang lewatan (ld) 11db dapat digunakan sebagai pilihan sambungan baja tulangan namun hanya boleh digunakan untuk sambungan tulangan D-16 atau yang lebih kecil.
2. Agar mampu mengembangkan tegangan leleh (f_y) baja tulangan, jumlah sambungan mekanis persegi enam perlu ditambah dan kualitas sambungan mekanis persegi enam perlu ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 439.3R-91. Mechanical Connections of Reinforcing Bars. (Reapproved 1999) reported by ACI Committee 439. John F. McDermott, Chairman
- Anonim. 2013. *Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil Pemasangan Baut Jembatan*: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Dipohushodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Lancelot, H. B., 1985, *Mechanical Splices of Reinforcing Bars*, Richmond Screw Anchor Company Inc., Fort Wort, Texas.
- Nawy, G Edward. 2001. *Beton Prategang*. Edisi III. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Nugroho, Adi J. 2012. *Perilaku Sambungan Mekanis Jenis Clamping Terhadap Panjang Lewatan*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Parmo, Tavio. 2015. "Inovasi Sambungan Mekanis Menggunakan Clamp Baja Untuk Tulangan Beton". *EMARA - Indonesian Journal of Architecture*. Vol 1 (2). Hal:85.
- Priyanto, Rahmat A. 2009. *Segienam Pada Sarang Lebah Madu Dalam Sains dan Islam*. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
- Wang, C.K. dan Salmon, C. H., *Desain Beton Bertulang*. Edisi Ke-4. Jilid1. Erlangga: Jakarta.