

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME:	NOMER:	HALAMAN:	SURABAYA	ISSN:
	01	01	358 - 364	2017	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 1 Nomer 1/rekat/17 (2017)

ANALISIS PENAMBAHAN FLY ASH TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

Puspa Dewi Ainul Mala, Machfud Ridwan, 01 – 12

PEMANFAATAN SERAT KULIT JAGUNG SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN PLAFON ETERNIT

Dian Angga Prasetyo, Sutikno, 13 – 24

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KULIT BAMBU PADA PLAFON GIPSUM DENGAN PEREKAT POLISTER

Tiang Eko Sukoko, Sutikno, 25 – 33

PENERAPAN SAMBUNGAN MEKANIS (METODE PEMBAUTAN) PADA BALOK DENGAN PERLETAKAN SAMBUNGAN $\frac{1}{2}$ PANJANG BALOK DITINJAU DARI KUAT LENTUR BALOK

Hehen Suhendi, Sutikno, 34 – 38

STUDI KELAYAKAN EKONOMI DAN FINANSIAL RENCANA PELEBARAN JALAN TOL WARU-SIDOARJO

Reynaldo B. Theodorus Tampang Allo, Mas Suryanto HS, 39 – 48

PENGARUH SUBSTITUSI FLY ASH DAN PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG KERANG DARAH PADA KUALITAS GENTENG BETON

Mohamad Ari Permadi, Sutikno, 49 – 55

PENGARUH PENAMBAHAN SLAG SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN PERMEABILITAS PADA CAMPURAN PANAS (HOT MIX) ASPAL PORUS

Rifky Arif Laksono, Purwo Mahardi, 56 – 64

ANALISA PEMANFAATAN LIMBAH STYROFOAM SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI KE DALAM ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS

Taufan Gerri Noris, Purwo Mahardi, 65 – 70

ANALISIS PERSEDIAAN MATERIAL PADA PEMBANGUNAN PROYEK MY TOWER HOTEL & APARTMENT DENGAN MENGGUNAKAN METODE MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (MRP)

Tri Wahyuni, Arie Wardhono, 71 – 85

ANALISIS KECELAKAAN KERJA DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMENT GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA

Great Florentino Miknyo Hendarich, Karyoto, 86 - 100

PEMANFAATAN SLAG BAJA SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA PEMBUATAN PAVING BLOCK

Arifin Kurniadi, Sutikno, 101 - 106

PENERAPAN E-PROCUREMENT PADA PROSES PENGADAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI DI UNIT LAYANAN PENGADAAN PEMERINTAH KABUPATEN GRESIK

Anastastia Ria Utami, Hendra Wahyu Cahyaka, 107 - 116

PENGARUH PENAMBAHAN SULFUR TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI

Qurratul Ayun, Purwo Mahardi, 117 - 122

PENGARUH PENAMBAHAN DINDING GESER PADA PERENCANAAN ULANG GEDUNG FAVE HOTEL SURABAYA

Irwan Wahyu Wicaksana, Sutikno, 123 - 128

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK (PET) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI

Rizky Putra Ramadhan, Purwo Mahardi, 129 - 135

PENGARUH TREATMENT LUMPUR LAPINDO TERHADAP MUTU BATU BATA BAHAN LUMPUR LAPINDO BERDASARKAN SNI 15-2094-2000

Ah. Yazidun Ni'am, Arie Wardhono, 136 - 143

ANALISIS PRODUKTIVITAS TOWER CRANE PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG TUNJUNGAN PLAZA 6 SURABAYA

Sofia Dewi Amalia, Didiek Purwadi, 144 - 155

ANALISIS PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK

Machfud Ridwan, Falaq Karunia Jaya, 156 - 166

ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PADA PEMASANGAN DINDING BATA RINGAN DI PROYEK PERUMAHAN

Loga Geocahya Pratama, Sutikno, 167 - 181

ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PADA PEMASANGAN GENTENG ATAP METAL DI PROYEK PERUMAHAN

Siti Komariyah, Hasan Dani, 182 - 191

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARBIT TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK

Nur Fauzan, Nur Andajani, 192 - 200

PEMANFAATAN BAHAN TAMBAH *POZZOLAN* LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN
DENGAN AGREGAT *PUMICE* PADA KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON RINGAN

Dwi Kurniawan, Arie Wardhono, 201 - 211

PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI BAHAN DASAR PENGANTI PASIR PADA
PEMBUATAN *PAVING BLOCK GEOPOLYMER*

Feminia Heri Cahyanti, Arie Wardhono, 212 - 219

ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA

Siswo Hadi Murdoko, Karyoto, 220 - 228

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PELENGKUNG BAJA

Achmad Fajrin, Karyoto, 229 - 237

ANALISA HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA MENGGUNAKAN GEMPA SNI
1726-2002 DENGAN MENGGUNAKAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013

Mohamad Sukoco, Sutikno, 238 - 241

ANALISA PENGARUH VARIASI BENTANG KOLOM PADA PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
LABORATORIUM TERPADU FMIPA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TERHADAP PERSYARATAN KOLOM
KUAT BALOK LEMAH PADA SRPMK

Imam Awaludin Asshidiq Ramelan, Arie Wardhono, 242 - 246

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG

Dyah Rinjani Ratu Pertiwi, Bambang Sabariman, 247 - 255

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK DALAM PEMBUATAN BALOK BETON BERTULANG
BERDASARKAN UJI KUAT GESER

Dennes Yuni Puspita, Bambang Sabariman, 256 - 265

PERBANDINGAN PERHITUNGAN EFISIENSI BESI JEMBATAN GELAGAR BETON STRUKTUR ATAS ANTARA JARAK GELAGAR JEMBATAN 1,10 METER; 1,38 METER; 1,83 METER; DAN 2,75 METER

Tri Wida Amaliya, Sutikno, 266 - 271

ANALISA PENYEBAB KETERLAMBATAN PROYEK PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN ROYAL CITYLOFT DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS*

Reffi Ike Parastiwi N, Mas Suryanto H.S, 272 - 277

ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA UNTUK PEKERJAAN PEMASANGAN ALUMUNIUM COMPOSITE PANEL PADA PROYEK GEDUNG BERTINGKAT

Eka Yuliawati, Mas Suryanto H.S, 278 - 290

STUDI KELAYAKAN INVESTASI PEMBANGUNAN PEMANFAATAN BEKAS LAHAN TAMBANG BATU KAPUR SEBAGAI PERUMAHAN DI DESA BEKTIHARJO KECAMATAN SEMANDING KABUPATEN TUBAN

Shintiya Nofen Rosila Putri, Mas Suryanto H.S, 291 - 300

PENGARUH LEBAR PEMOTONGAN PROFIL (e) TERHADAP KEKUATAN LENTUR CASTELLATED BEAM PADA BUKAAN LINGKARAN (CIRCULAR) UNTUK STRUKTUR BALOK

Arditya Ridho Putra Pratama, Suprpto, 301 - 307

PENGARUH SUDUT PEMOTONGAN PROFIL ((Ø)) TERHADAP KEKUATAN LENTUR CASTELLATED BEAM PADA BUKAAN RHOMB (RHOMB) UNTUK STRUKTUR BALOK

Muhammad Irfan Yasin, Suprpto, 308 - 315

MODEL PENANGGULANGAN BANJIR PADA CATCHMENT AREA KETINTANG SURABAYA (STUDI KASUS JALAN UTAMA KETINTANG)

Yulis Qamariyah, Kusnan, 316 - 326

ANALISA PENGARUH VARIASI DIMENSI BALOK PADA PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG LABORATORIUM TERPADU FMIPA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TERHADAP PERSYARATAN KOLOM KUAT BALOK LEMAH PADA SRPMK

Akhmad Aras Rosiqin, Arie Wardhono, 327 - 331

IDENTIFIKASI AWAL STASIUN DAN SHELTER YANG MENJADI TEMPAT PEMBERHENTIAN KA UNTUK PERJALANAN ORANG DI KOTA SURABAYA

Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno, 332 - 335

PENGARUH LEBAR PEMOTONGAN PROFIL (E) TERHADAP KEKUATAN LENTUR *CASTELLATED BEAM* BUKAAN BELAH KETUPAT (RHOMB) UNTUK STRUKTUR BALOK

Mochammad Alvin Hidayatulloh, Suprpto, 336 - 342

IDENTIFIKASI AWAL LAYANAN ANGKUTAN KERETA API UNTUK PERJALANAN ORANG DI KOTA SURABAYA

Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno, 343 - 347

ANALISIS ALTERNATIF KERUSAKAN JALAN PADA RUAS JALAN LEGUNDI-KRIAN

Mashita Nur Ayuningtyas, Soeparno, 348 - 357

PENGARUH KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA TULANGAN DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN MEKANIS DITINJAU DARI PERILAKU BALOK BETON BERTULANG

Sony Arifianto, Andang Widjaja,..... 358 - 364

PENGARUH KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA TULANGAN DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN MEKANIS DITINJAU DARI PERILAKU BALOK BETON BERTULANG

Sony Arifianto

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Teknik Sipil,
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Sony.arifianto21@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang sambungan pada tulangan balok beton bertulang digunakan untuk memperpendek panjang lewatan (l_d) pada balok beton bertulang pada struktur bangunan, terutama jembatan. Posisi sambungan juga dapat berubah dengan adanya sambungan mekanis ini, tidak hanya berada dimomen nol tetapi sambungan juga bisa diletakan dimomen maksimum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat lentur balok yang menggunakan sambungan mekanis pada tulangan utama. Penelitian tentang pengaruh sambungan mekanis pada balok beton bertulang dibuat empat balok beton bertulang yang dibuat dari beton mutu normal dengan $f_c = 25$ MPa menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia Tahun 2013 (SNI 2847-2013), sedangkan tulangan utama menggunakan D10, dan tulangan geser menggunakan $\phi 6$. Desain balok beton bertulang menggunakan balok dengan ukuran $110 \times 200 \times 1700$ mm. Terdapat dua jenis benda uji yaitu balok uji (BU) yang tulangan pada daerah tarik disambung pada momen paling besar (tengah bentang, dan balok kontrol (BK) yang tidak terdapat sambungan pada tulangan tariknya. Sambungan yang dipakai adalah sambungan kelas A yang mana luas tulangan tidak kurang dari 2 kali luas tulangan perlu dalam analisis pada keseluruhan sambungan dan paling banyak 50% dari jumlah tulangan yang disambung (SNI-2847-2013 Pasal 12.14). Benda uji BU berjumlah 3 benda uji, sedangkan benda uji BK berjumlah satu benda uji. Kedua benda uji ini menggunakan dua beban titik untuk pembebanan yang diletakan 450 mm dari tumpuan, dengan bentang bersih 1500 mm rasio pembebanan $a/d = 2,66$ menurut Chu-Kia Wang daerah tersebut adalah daerah lentur geser. Hasil pengujian sambungan mekanis ditemukan sambungan mekanis dengan jumlah tiga sambungan pada satu rangkaian mempunyai tegangan leleh 358,78 MPa dengan beban maksimum 24,92 kN dan belum ditemukan tegangan maksimum dikarenakan pada sambungan mekanis masih ditemukan adanya rongga. Pada pengujian balok diperoleh $f_c = 25,66$ MPa. Balok BK mempunyai pola runtuh lentur, yaitu pola runtuh dengan pola vertikal, sedangkan balok BU ini adalah retak vertikal disusul dengan retak lentur-geser miring. Pada balok BU mempunyai rasio $a/d = 2,66$, maka yang terjadi adalah jenis keruntuhan geser lentur, yang mana pada balok BU adalah dominan geser. Beban maksimum yang dapat ditahan balok BU 0,1% lebih tinggi daripada balok BK, momen maksimum yang balok BU juga lebih besar 0,1% dari balok BK, lendutan balok BU lebih tinggi 5,81% lebih besar daripada balok BK, dan kuat lentur balok BU lebih besar 0,1%.

Kata Kunci: Sambungan Mekanis, Beton bertulang, Perilaku Balok Beton Bertulang.

Abstract

This research discuss about connection bars of reinforced concrete beams is used to shorten the length of throughput (l_d) on reinforced concrete beams of building structures, specifically bridges. The position of the connection can also be altered by the presence of this mechanical connection; the connection can be placed not only at the zero moment, but also at the maximum moment. This research aimed to determine the value of flexibility strength which uses a mechanical connection to the main bar. The research on the influence of mechanical couplings on the reinforced concrete beams were designed to be four reinforced concrete beams made of normal level concrete by the $f_c = 25$ MPa using the Indonesian National Standard (SNI 2847-2013) as the reference, whilst the main reinforcement applied D10, and shear bars used $\phi 6$. The design of the reinforced concrete beams used a beam by the size of $110 \times 200 \times 1700$ mm. There are two types of test specimens; tested beam (BU) which its reinforcement in the tensile area was connected to the biggest moment (midspan), and controlling beam (BK) that has no connection on its tensile reinforcement. The connection used was class A connection whose reinforcement width was not less than two times of the reinforcement width, it was needed in the analysis on the overall connection and it was at last 50% from the amount of connected bars (SNI-2847-2013 clause 12.14). The BU specimens are 3, while the BK specimen is only one. These two specimens applied two load points for loading which are placed 450 mm from the pedestal, by the absolute span 1500 mm loading ratio $a/d = 2,66$. The test results of the mechanical connection were found by the number of three connections on a series whose melted stress was 358,78 MPa by the maximum load 24,92 kN the maximum stress had not been discovered yet due to the cavity found on the mechanical connection. In the beam testing, it was obtained $f_c = 25,66$ MPa. The test result of BK beam have vertical or flexure collapse pattern and BU beam

have vertical collapse pattern at beginning and followed by shear – flexure collapse pattern which dominant shear collapse pattern. The maximum load that a BU beam can hold was 0,1% higher than BK beam, the maximum moment of BU beam was also 0,1% bigger than BK beam, the BU beam deflection was 5,81% bigger than BK beam, and the flexibility strength of BU beam was 0,1% bigger. Considering the result above, thus, mechanical connection can be used by the amount of three connections on one reinforcement series and collapse pattern that happened to those beams is shear collapse pattern.

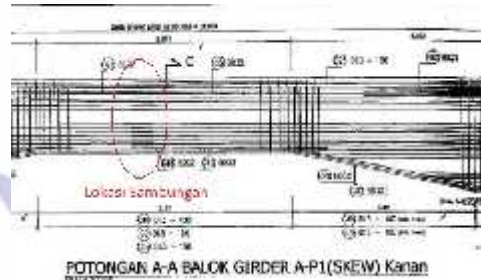
Keywords: mechanical connection, reinforced beam, behavior of reinforced concrete beams.

PENDAHULUAN

Teknologi pada bidang teknik sipil berkembang dan memunculkan sebuah produk teknologi baru seperti yaitu sambungan mekanik untuk baja tulangan beton pada elemen struktur. Sambungan merupakan bagian struktur beton yang sangat penting untuk menahan gaya tarik yang ditimbulkan, ketika terdapat sebuah kesalahan dalam penyambungan maka kekuatan beton juga akan berkurang. 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*).

Panjang tulangan yang ada di pasaran biasanya 12 m ditekuk menjadi 2. Struktur beton yang akan di cor tentunya memiliki ukuran yang bervariasi sehingga panjang tulangan pun tidak bisa sama, dan penyambungan tulangan pasti diperlukan. Tetapi penyambungan tulangan harus memperhatikan dimana letak penyambung dan berapa panjang penyambungannya agar struktur sesuai dengan yang kita harapkan. Pada intinya penyambungan tulangan diupayakan diletakkan di daerah yang memiliki tegangan tarik yang lebih rendah.

Pada proyek pembangunan Underpass Kereta Api Balok Girder A-P1 Kanan pada proyek pembangunan Tol Surabaya Mojokerto oleh PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. yang mempunyai bentang dengan panjang 35 m akan dijumpai adanya sambungan yang mana penyambungan masih menggunakan bendrat yang diikat pada tulangan dengan panjang penyaluran l_d atau bisa dihitung sesuai rumus pada SNI 2847 2013 pasal 12.14. Jadi untuk panjang jembatan 35 m di butuhkan 2 sambungan baja tulangan pada balok tersebut yang mana perlu ditinjau dari segi kekuatan sambungan tersebut. Jenis sambungan yang sering dipergunakan adalah sambungan lewatan, yang mana hanya diperkuat dengan kawat bendrat yang diikat sesuai panjang penyaluran. Maka pada penelitian ini akan dicoba jenis penyambungan menggunakan alat. yang kemudian akan dibandingkan lentur yang terjadi antara balok dengan tanpa sambungan, balok dengan sambungan menggunakan bendrat dan balok dengan menggunakan alat penyambung.

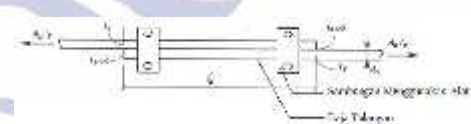


Gambar 1. Lokasi Sambungan baja Tulangan beton pada jembatan (Anonymous, 2015)

Sumber : Shop Drawing Underpass Kereta Api Balok Girder A-P1 Kanan pada proyek pembangunan Tol Surabaya Mojokerto oleh PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk.)



Gambar 2. Sambungan Dengan Bendrat



Gambar 3. Sambungan Dengan Alat Penyambung

Penelitian ini fokus pada performa jumlah sambungan tulangan yang handal melalui kajian dengan meninjau kemampuan berdeformasi (daktilitas atau kinerja) sambungan dan elemen tulangan serta kekuatannya. Untuk memastikan kemampuan sambungan 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 plastis atau elastis, 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

Berdasarkan hal tersebut diatas maka peneliti mencoba untuk mengetahui pengaruh sambungan mekanis pada tulangan utama terhadap perilaku balok beton bertulang.

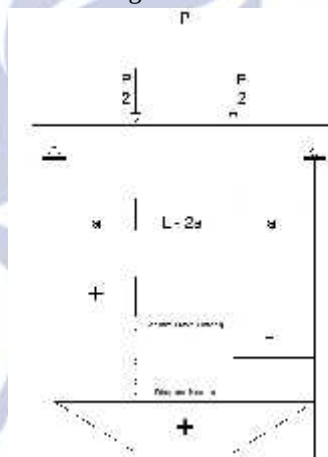
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.14.3.1 menyatakan bahwa sambungan mekanis dan las diijinkan. Sambungan mekanis penuh harus mengembangkan tarik atau tekan seperti yang disyaratkan, paling sedikit 1,25 F_y baja tulangan (pasal 12.14.3.2) dan apabila tidak terpenuhi ketentuan 1,25 f_y maka hanya boleh dipergunakan 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* 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 Connection* 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. (2) *Tension only Mechanical Connections* memiliki jenis 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. (3) *Tension Compression Mechanical Connections* memiliki fungsi gabungan tekan dengan tarik. Adapun jenis sambungan ini antara lain : *Cold-Swaged Steel Coupling Sleeve* dan *Taper-Threaded Steel Coupler*.

Beton merupakan salah satu bahan / material yang paling banyak dan mendominasi pemakaian bahan konstruksi di bidang teknik sipil, baik pada bangunan gedung, jembatan, bendung, maupun konstruksi yang lain. Hal ini disebabkan bahan pembuatan beton mudah didapat, lebih murah, praktis dalam pengerjaannya dan mampu memikul beban yang cukup besar.

Beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Terkadang ditambahkan pula campuran bahan lain (admixture) untuk memperbaiki kualitas beton. Campuran antara semen dan air akan membentuk pasta semen, yang berfungsi sebagai bahan ikat, sedangkan pasir dan kerikil merupakan bahan agregat yang berfungsi sebagai bahan pengisi dan sekaligus sebagai bahan yang diikat oleh pasta semen. Ikatan antara pasta semen dengan agregat ini menjadi satu kesatuan yang kompak dan akhirnya dengan berjalan waktu akan menjadi keras serta padat

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar antara 9%-15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan beton sebagai komponen struktural bangunan, umumnya diperkuat dengan batang seperti tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik. Dalam hal ini batang tulangan baja bertugas memperkuat dan menahan gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan menahan gaya tekan. Komponen dengan susunan tersebut disebut dengan struktur beton bertulang.

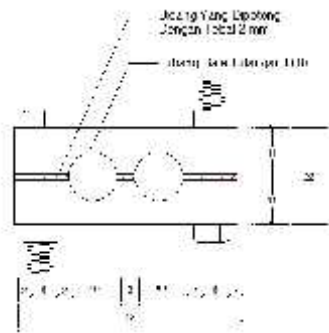


Gambar 4. Diagram Pembebanan Dua Titik

METODE

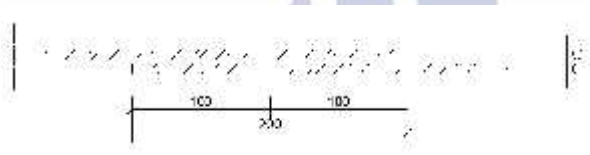
Penelitian ini masuk dalam kategori penelitian eksperimen. Sebelum melakukan penelitian ini terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap bahan material yaitu pengujian tarik baja tulangan D10, pengujian tarik pelat baja penyambung dan pengujian agregat halus dan kasar digunakan untuk menentukan karakteristik dari bahan. Langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil pengujian di laboratorium dengan perhitungan teoritis dan dianalisis menggunakan *Microsoft Excel*.

Berikut adalah desain *clamp* besi MS yang digunakan :



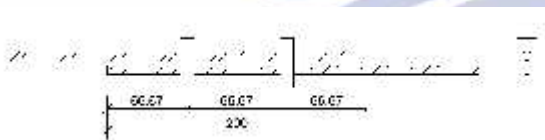
Gambar 5. Tampak Samping Sambungan Mekanis

Berikut adalah detail sambungan dengan satu sambungan mekanis pada satu rangkaian tulangan yang dipasang pada tengah bentang.



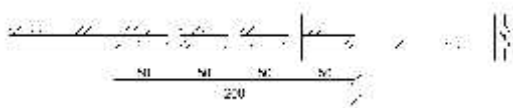
Gambar 6. Detail Sambungan Dengan Satu Sambungan Mekanis (SM1)

Berikut adalah detail sambungan dengan dua sambungan mekanis pada satu rangkaian tulangan yang dipasang pada tengah bentang.



Gambar 7. Detail Sambungan Dengan Dua Sambungan Mekanis (SM2)

Berikut adalah detail sambungan dengan tiga sambungan mekanis pada satu rangkaian tulangan yang dipasang pada tengah bentang.

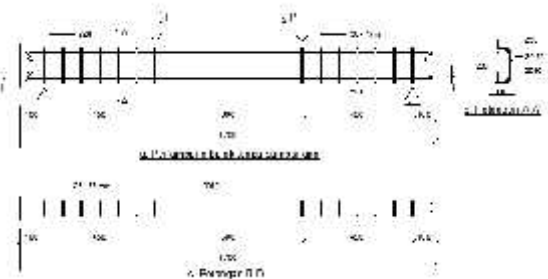


Gambar 8. Detail Sambungan Dengan Tiga Sambungan Mekanis (SM3)

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah membandingkan hasil eksperimen dengan perhitungan teoritis. Teknik analisis data ini

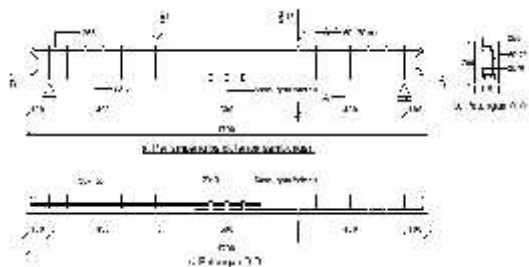
dilakukan dengan cara mengolah data dari hasil penelitian yang berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk table dan grafik. Kemudian menjabarkannya kedalam kalimat deskriptif yang mudah dimengerti sehingga pada intinya memberi jawaban atas permasalahan yang sedang diteliti (Sugiyono, 2007:147). Analisis menggunakan perbandingan tegangan leleh (*yield strength*) dan tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) sambungan baja tulangan dengan menggunakan satu sambungan mekanis (SM1), sambungan baja tulangan dengan menggunakan dua sambungan mekanis (SM2), dan sambungan baja tulangan dengan menggunakan tiga sambungan mekanis (SM3) Dipilih yang mempunyai tegangan leleh (*yield strength*) dan tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) paling optimum diantara ketiga sambungan. Kemudian dicor dalam benda uji balok yang berjumlah 4 balok dengan 1 buah balok kontrol (BK) yang tidak diberikan sambungan pada tulangan utama dan 3 buah balok uji (BU) yang diberi sambungan mekanis pada tulangan utama ditengah bentang.

Beikut adalah desain balok beton bertulang dengan bentang 1,7 m dan dimensi 110 x 200 mm. Tulangan pada balok kontrol (BK) tidak disambung. Pembebanan dilakukan dengan dua titik dengan jarak beban ke tumpuan (a) adalah 450 mm.

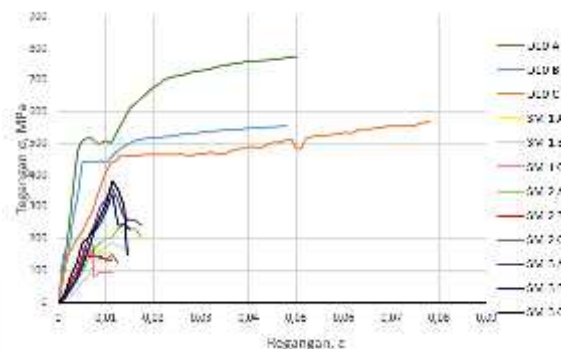


Gambar 9. Balok Kontrol (BK)

Beikut adalah desain balok beton bertulang dengan bentang 1,7 m dan dimensi 110 x 200 mm. Tulangan pada balok uji (BU) disambung pada tengah bentang dengan ketentuan jumlah tulangan yang disambung adalah 50% dari jumlah tulangan yang disambung (SNI-2847-2013 Pasal 12.14). Pembebanan dilakukan dengan dua titik dengan jarak beban ke tumpuan (a) adalah 450 mm.



Gambar 10. Balok Uji (BU)

Gambar 11. Perbandingan f_y Tulangan Dengan Sambungan Mekanis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah didapatkan hasil data penelitian, berikut adalah data pengujian tulangan D10 dan sambungan mekanis.

Gambar 11 adalah hasil bacaan dari data yang didapat dari hasil pengujian tulangan D10 dan Sambungan Mekanis menggunakan alat *Universal Testing Machine* yang kemudian diolah dengan menggunakan program *Microsoft Excel* didapatkan data tulangan D10 rata-rata tegangan leleh (*yield strength*) 421,96 MPa, tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) 601,13 MPa dan perpanjangan rata-rata (*elongation*) sebesar 18,214%. 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 yang memiliki tegangan leleh minimum (f_y) sebesar 392 MPa, kuat tarik minimum (f_u) 559 MPa, dan regangan (*elongation*) minimum sebesar 18%. Dari hasil pengujian kuat tarik sambungan baja tulangan dengan menggunakan sambungan mekanis dengan jumlah 1 buah sambungan, 2 buah sambungan, dan 3 buah sambungan dipilih hasil sambungan dengan jumlah 3 buah. Sambungan baja tulangan dengan menggunakan 3 sambungan mekanis mempunyai tegangan leleh (*yield strength*) 358,78 MPa dengan beban maksimum sebesar 26,6 kN. Pada ketiga jenis variasi jumlah sambungan belum ditemukan tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*). Hal ini dikarenakan pada proses pembuatan sambungan terdapat keterbatasan alat bor yang tidak bisa menjangkau ketelitian 0,1 mm, jadi peneliti memakai mata bor dengan diameter 10 mm yang kemudian pada sisi atas dan bawah dilakukan pengurangan ketebalan sebesar 2 mm. Sehingga dapat menjepit baja tulangan dengan maksimal. Tetapi masih ada rongga diantara baja tulangan dan pelat penyambung.

Setelah baja tulangan D10 dan sambungan mekanis diuji dan telah ditemukan sambungan mekanis dengan 3 buah sambungan pada 1 rangkaian tulangan, kemudian dilakukan pengecoran balok beton bertulang

Tabel 1 menunjukkan nilai beban pada saat balok mengalami retak pertama adalah sebesar 3762 kg, dengan lendutan pada tengah bentang sebesar 5,5 mm sedangkan. Lendutan yang terjadi dominan terletak ditengah bentang. Besar lendutan yang terjadi pada retak pertama di balok uji 1 (BU1), balok uji 2 (BU2), dan balok uji 3 (BU3) secara berturut-turut adalah sebesar 7,10 mm, 8,10 mm dan 8,58 mm sedangkan berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis adalah sebesar 3,76 mm. Nilai beban pada saat balok mengalami retak pertamapada ketiga balok uji adalah sebesar 4455 kg, 4455 kg dan 3960 kg. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ketiga balok uji masih dalam kategori aman meskipun memakai sambungan mekanis pada salah satu tulangan tarik. Berikut adalah hasil rekapitulasi hasil lendutan pada ke 4 benda uji.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Lendutan

Benda uji		1	2	3	4
Nilai Beban (kg)	Retak 1	391	391	693	495
	Maksimum (runtuh)	3762	4455	4455	3960
Lendutan dititik A (mm)	Retak 1	1,37	0,95	0,86	1,52
	Maksimum (runtuh)	4,47	5,39	6,54	7,68
Lendutan dititik B (mm)	Retak 1	1,20	1,08	0,94	1,37
	Maksimum (runtuh)	5,50	7,10	8,10	8,58
Lendutan dititik C (mm)	Retak 1	0,86	0,70	0,86	1,52
	Maksimum (runtuh)	3,95	6,10	6,70	7,68
Tebal Retak (mm)	Retak 1				
	Maksimum (runtuh)	3	4	3	4

Pola retak pada balok BK diperlihatkan pada gambar 12, retak pertama terjadi pada daerah dibawah beban. Retak awal yang terjadi dibawah beban dikatakan sebagai retak lentur (*flexural crack*) oleh karena itu pola

retak cenderung membentuk garis vertikal seiring bertambahnya beban.



Gambar 12. Pola Runtuh Balok Kontrol (BK)

Pola retak balok BU diperlihatkan pada gambar 13 retak pertama pada balok BU ini adalah retak vertikal disusul dengan retak lentur-geser miring. Runtuh pada balok BU terjadi secara tiba-tiba dari retak miring yang mulanya kecil, balok tidak sanggup untuk mendistribusikan beban, dikarenakan balok dalam kategori balok dengan biasa dengan panjang sedang dan $2,5 < a/d < 6$. Pada balok BU mempunyai rasio $a/d = 2,66$, maka yang terjadi adalah jenis keruntuhan geser lentur, yang mana pada balok BU adalah dominan geser.

Pada daerah bentang geser diperkuat dengan tulangan geser dengan jarak 75 mm yang menjadikan kedua jenis balok ini kuat geser. Namun pada balok keruntuhan balok BU adalah geser lentur maka tulangan geser dengan jarak 75 mm tidak akan berpengaruh dalam menahan gaya geser yang terjadi.



Gambar 13. Pola Runtuh Balok Uji (BU)

Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian yang meliputi Momen retak pertama (M_{cr}), Beban (P), Momen maksimum (M_{max}), Lendutan (Δ), Kuat lentur (R).

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian

Tipe Balok	M_{cr} (kNm)		P (kN)		M_{max} (kNm)		Δ (mm)		R (%)	
	Terjadi	Ultimate	Terjadi	Ultimate	Terjadi	Ultimate	Terjadi	Ultimate	Terjadi	Ultimate
BK	7,78	8	42,5	50,8	9,71	10,66	6,51	11,7	17,60	18,01
BU	1,20	1,56	35	42,0	7,96	9,65	5,73	7,96	13,78	15,35

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih terhadap PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. dan PT. Elang Jagad yang telah memberikan ijin serta dukungan demi kelancaran dan kesuksesan penelitian dengan menggunakan sambungan mekanis.

PENUTUP

Simpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh jumlah sambungan baja tulangan dengan menggunakan sambungan mekanis terhadap perilaku beton bertulang. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan sambungan mekanis kemudian mengaplikasikannya kedalam beton bertulang.

Pada pengujian sambungan baja tulangan menggunakan sambungan mekanis didapatkan sambungan yang paling optimal dalam sambungan mekanis dengan jumlah 3 sambungan pada 1 rangkaian tulangan dengan tegangan leleh (*yield strength*) 358,78 MPa. Tegangan leleh pada sambungan mekanis ini mencapai 79,49% dari baja tulangan utuh tanpa sambungan, tetapi pada sambungan mekanis ini tidak didapatkan tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) dikarenakan sambungan terlebih dahulu lepas atau slip ketika mencapai tegangan leleh (*yield strength*).

Beban maksimum yang ditahan oleh balok BU dibandingkan dengan balok BK mempunyai selisih 0,1% lebih tinggi, momen maksimum balok BU dibanding balok BK dengan selisih 0,1 % lebih tinggi, lendutan balok BU dibanding balok BK dengan selisih 5,81% lebih besar, dan kuat lentur balok BU dibanding balok BK dengan selisih 0,1%

Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut peneliti memberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan pembuatan lubang sambungan mekanis dengan menggunakan alat yang lebih canggih dengan ketelitian 0,1 mm untuk menghasilkan sambungan dengan daya cengkram maksimal untuk mendapatkan tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) dan kuat lentur yang maksimal.
2. Sambungan ini dapat digunakan sebagai pilihan sambungan baja tulangan, tapi hanya boleh digunakan untuk sambungan tulangan D16 atau yang lebih kecil.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan bentuk sambungan yang berbeda.
4. Lebih dicermati lagi tentang konsep pengujian lentur atau pengujian geser.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 439.3R-91. *Mechanical Connection of Reinforcing Bars* (reapproved 1999) reported by ACI Commite 439. John F. McDermott, Chairman
- Anonim. 2011. SNI Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Beban: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2013. SNI Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung: Badan Standarisasi Nasional.
- Dipohushodo, Istimawan. 1994. Struktur Beton Bertulang. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Gere, J.M. dan Timoshenko, S.P. 2000. Mekanika Bahan Jilid 1 Edisi Ke4. Erlangga: Jakarta.
- Kuntjojo. 2009. Metodologi Penelitian. Kediri
- Lancelot, H. B., 1985, *Mechanical Splices of Reinforcing Bars*, Richmond Screw Anchor Company Inc.,Fort Wort, Texas
- McCormac, Jack C. 2000. Desain Beton Bertulang. Jakarta: Erlangga
- Noorhidana, Vera A. 2011. Pengaruh Pelubangan Pada Badan Balok Beton Bertulang Terhadap Kapasitas Beban Lentur. Jurnal Rekayasa. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Volume 15, Nomor 2, Agustus 152-162.
- Parmo, Tavo. 2015. "Inovasi Sambungan Mekanis Menggunakan Clamp Baja Untuk Tulangan Beton". EMARA Indonesian Journal of Architecture. Vol 1 (2). Hal:85.
- Wang, C.K. dan Salmon, C. H., Desain Beton Bertulang.Edisi Ke-4. Jilid1. Erlangga: Jakarta

