

ISBN: 978-602-70429-0-2

# PROSIDING

## Seminar Nasional Teknik Sipil IV 2014

PERAN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI KONSTRUKSI  
DALAM MENDUKUNG PEMBANGUNAN  
INFRASTRUKTUR NASIONAL

Rabu, 21 Mei 2014

Program Studi Teknik Sipil UMS



# PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL IV 2014

PERAN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI KONSTRUKSI  
DALAM MENDUKUNG PEMBANGUNAN  
INFRASTRUKTUR NASIONAL

*Editor:*

Muhammad Ujianto  
Kuswartomo  
Abdul Rochman

Rabu, 21 Mei 2014  
Program Studi Teknik Sipil UMS



PANITIA SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL IV 2014  
UNIVERSITAS MUHAMMADIAH SURAKARTA  
Perpustakaan nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)  
Surakarta: Muhammadiyah University Press 2014  
viii, 358 hlm; 21 x 29 cm

ISBN : 978-602-70429-0-2

Editors: Ir. Abdul Rochman, MT.  
Kuswartomo, ST., MT.  
Muhammad Ujianto, ST., MT

Copyright © 2014  
Muhammadiyah University Press  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jalan A. Yani TromolPos I, Pabelan Surakarta 57102  
Telp.0271-717417 psw 172 Fax. 0271-715448  
E-mail: [muppress@yahoo.com](mailto:muppress@yahoo.com)  
Bank : Bank Jateng Capem UMS No. Rek.: 305.909.4.547  
Anggota IKAPI

Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

© HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

## Organisasi Panitia

|                           |                                                                                                                      |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Penanggung Jawab          | Kaprogdi Teknik Sipil<br>Dr. Mochamad Solikin                                                                        |
| Ketua                     | Basuki, ST, MT                                                                                                       |
| Wakil                     | Yenny Nurchasanah, ST, MT                                                                                            |
| Sekretariat dan Publikasi | Ir. Abdul Rochman, MT<br>Anto Budi L., ST, MSc<br>Bambang Sumantri, S. Pd.                                           |
| Perlengkapan dan DokDer   | Ika Setyaningsih, ST, MT<br>Drs. Gotot SM, MT<br>Joko Setiawan, ST.<br>Tri Utami, ST.<br>KMTS                        |
| Bendahara                 | Senja Rum Harnaeni, ST, MT                                                                                           |
| Acara                     | Gurawan Djati, ST, MT<br>Agus Susanto, ST, MT<br>KMTS                                                                |
| Prosiding                 | Muhammad Ujianto, T, MT<br>Kuswartomo, ST, MT                                                                        |
| Sponsorship               | Ir. A. Karim Fatchan, MT<br>Budi Setiawan, ST, MT<br>Ir. Suhendro Trinugroho, MT                                     |
| Pembantu Umum             | Rochani, S. Pd.<br>Purnomo<br>KMTS                                                                                   |
| Konsumsi                  | Ir. Renaningsih, MT<br>Qunik Wiqoyah, ST, MT<br>KMTS                                                                 |
| Akomodasi Pembicara       | Ir. Agus Riyanto, MT<br>Ir. A. Karim Fatchan, MT                                                                     |
| Reviewer                  | Dr. Sri Sunarjono<br>Dr. Muslich Hartadi S<br>Dr. Mochamad Solikin<br>Dr. Nurul Hidayati<br>Jaji Abdurrosyid, ST, MT |

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum wr.wb.*

Untaian puji syukur terucap ke hadirat Allah Swt atas segala limpahan karunia, inayah, dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada tauladan kehidupan Rasulullah Muhammad Saw, kepada keluarganya, para sahabat, serta segenap pengikutnya yang setia meniti jalan perjuangannya hingga hari akhir...*Amien*.

*Alhamdulillah*, akhirnya Seminar Nasional Teknik Sipil IV 2014, yang diselenggarakan jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, dengan tema "Peran Manajemen dan Teknologi Konstruksi Dalam Mendukung Pembangunan Infrastruktur Nasional" di Gedung Pasca Sarjana UMS, tanggal 21 Mei 2014 dapat terlaksana.

Seminar ini memiliki tujuan antara lain adalah; (a) media diseminasi pengetahuan, komunikasi dan diskusi, akses informasi dan pemicu kerjasama antar partisipan dari akademisi maupun industri melalui makalah yang meliputi penelitian eksplorasi, pemodelan sistem, teknologi baru dan studi kasus, (b) memfasilitasi wahana komunikasi, diskusi, tukar pikiran, tukar pengalaman antara para pejabat pada instansi-instansi yang terkait, pmda, maupun masyarakat luas.

Buku prosiding seminar ini memuat seluruh makalah yang dipresentasikan dalam seminar. Diharapkan dapat menjadi referensi yang memadai bagi semua pihak tentang perkembangan terbaru teknologi teknik sipil.

Akhirnya, ucapan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terselenggaranya Seminar Nasional ini.

*Wassalamu'alaikum wr.wb.*

Surakarta, 21 Mei 2014

Ketua Panitia

**Basuki, ST., MT.**

**SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL IV 2014**  
**Peran Manajemen dan Teknologi Konstruksi**  
**Dalam Mendukung Pembangunan Infrastruktur Nasional**

**DAFTAR ISI**

|                                                                                                                                                          |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Halaman Judul .....                                                                                                                                      | i       |
| Susunan Panitia .....                                                                                                                                    | iii     |
| Kata Pengantar .....                                                                                                                                     | iv      |
| Daftar Isi .....                                                                                                                                         | v       |
| <b>Geoteknik</b>                                                                                                                                         |         |
| Sistem Perkuatan Dengan Soldier Pile Untuk Keamanan Konstruksi Di Dekat Lubang Berdiameter Besar<br><i>Budijanto Widjaja, Wulandita P. Sagarmatha</i>    | 1 - 6   |
| Tinjauan Sifat Fisis Dan Nilai <i>California Bearing Ratio</i> Tanah Lempung Pedan Klaten<br><i>Qunik Wiqoyah, Renaningsih, Agung Ariadi</i>             | 7 - 12  |
| Analisis Penurunan Konsolidasi Jangka Panjang Bangunan Maple Park Apartement Jakarta<br><i>Ruwaida Zayadi</i>                                            | 13 - 20 |
| Peningkatan Daya Dukung Tanah Pasir Dengan Perkuatan Geotekstil<br><i>Anwar Khatib</i>                                                                   | 21 - 24 |
| Perilaku Lateral Kelompok Tiang Bor Jembatan Pada Lereng<br><i>Agus Setyo Muntohar, Ahmad Rizqi, Bagus Soebandono</i>                                    | 25 - 32 |
| Pengaruh Abu Ampas Tebu Pada Uji Konsolidasi Tanah Lempung Tanon Yang Di Stabilisasi Dengan Kapur<br><i>Renaningsih, Agus Susanto, Irwhan J. Susanto</i> | 33 - 40 |
| <b>Struktur</b>                                                                                                                                          |         |
| Pembuatan Beton Ringan Dari Agregat Buatan Berbahan Plastik<br><i>Erwin Rommel, Yunan Rusdianto, Najumi Sahara</i>                                       | 41 - 51 |
| Evaluasi Fungsi Dan Organisasi Ruang Pada Perubahan Desain Gedung FPTK UPI<br><i>Dewi Yustiarini, Rochany Natawidjana, Mega Mawarni Juwita</i>           | 52 - 60 |
| Perencanaan Gedung Kontrol Gardu 150 KV PT Rayon Utama Makmur (RUM) Di Sukoharjo<br><i>Widayat Amariansah, Ummi Chasanah</i>                             | 61 - 70 |
| Studi Eksperimental Mengenai Efektifitas Kekangan Tulangan Lateral Pada Beton Penampang Persegi<br><i>Soehartono, Widayat Amriansah</i>                  | 71 - 87 |
| Pengukuran Lendutan Vertikal Jembatan Menggunakan Alat Ukur Total Station<br><i>Bambang Sudarsono, Sylvia Tri Yuliani, Damar Ismoyo</i>                  | 88 - 97 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Kuat Tumpu Bambu Petung Laminasi Dengan Variasi Diameter Dowel Besi Ulir Dan Polos<br><i>Nor Intang Setyo H., Iman Satyarno, Djoko Sulisty, T.A. Prayitno</i>                                                                                                            | 98 - 105  |
| Kekuatan Dan Kekakuan Balok Beton Dengan Perkuatan Geser Bambu Petung Dan Perkat Berbahan Dasar Semen<br><i>Yanuar Haryanto, Nanang Gunawan Wariyatno, Gathot Heri Sudibyo</i>                                                                                           | 106 - 111 |
| Pengaruh Posisi, Kadar Bahan Pengawet Dan Lama Waktu <i>Leaching</i> Terhadap Kuat Tarik Bambu Wulung Terpapar Eksterior<br><i>M. Fauzie Siswanto, Priyosulistyo, Suprpto, T.A Prayitno</i>                                                                              | 112 - 119 |
| Pengaruh Pengawetan Dengan CCB4 Terhadap Mortalitas Rayap Kayu Kering Bambu Wulung Yang Terpapar Eksterior<br><i>M. Fauzie Siswanto, Priyosulistyo, Suprpto, T.A Prayitno</i>                                                                                            | 120 - 127 |
| Modifikasi Penulangan Pelat Beton Bertulang Dengan Menambahkan Kawat Galvanis Yang Dipasang Menyilang<br><i>Basuki, Bandy Setyo Soesyono</i>                                                                                                                             | 128 - 139 |
| Hidro<br>Kajian Penetapan Sempadan Sungai (Studi Kasus Sungai Baloi Di Daerah Kepulauan Batam)<br><i>Endah Kurniyaningrum, Trihono Kadri</i>                                                                                                                             | 140 - 145 |
| Pengaruh Manajemen Sedimen Terhadap Kondisi Fisik Sungai Dan Infrastruktur DI Sungai Progo Hilir<br><i>Jazaul Ikhsan</i>                                                                                                                                                 | 146- 153  |
| Transport<br>Kombinasi Metode TOPSIS ( <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i> ) dan AHP ( <i>Analytical Hierarchy Process</i> ) dalam Menentukan <i>Reward and Punishment</i> Penyelenggaraan Infrastruktur Jalan<br><i>Ilham Khalifa</i> | 154- 164  |
| Penilaian Penggunaan Moda Transportasi Dan Kualitas Kinerja Jalan: Tinjauan Berdasarkan Persepsi Pelaku Perjalanan (Studi Kasus Di Kota Manado)<br><i>Tampanatu P. F. Sompie</i>                                                                                         | 165- 169  |
| Membangun Transportasi Perkotaan Berbasis Kinerja<br><i>Zilhardi Idris</i>                                                                                                                                                                                               | 170 - 177 |
| Optimasi Kinerja Simpang Bersinyal Berhimpit (Studi Kasus Simpang DR. Rajiman Laweyan, Surakarta)<br><i>Wahyu Eko Prasetyo, Nurul Hidayati, Gotot Slamet Mulyono</i>                                                                                                     | 178 - 184 |
| In-Situ Measurement Of Pavement Moduli Using Surface Wave-Tomography Method<br><i>Sri Atmaja P. Rosyidi</i>                                                                                                                                                              | 185 - 190 |

|                                                                                                                                                                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Manajemen Konstruksi                                                                                                                                                                                                         |           |
| Analisa Waktu Pengecoran Pada Lantai Empat Proyek Gedung Sekolah Di Surabaya<br><i>Sentosa Limanto</i>                                                                                                                       | 191 – 196 |
| Metode Pelaksanaan Beton Pracetak Pada Struktur Tunnel Feeder<br><i>Antonius</i>                                                                                                                                             | 197 – 204 |
| Identifikasi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Penyimpangan Biaya Pada Manajemen Material (Studi Kasus Pembangunan Lahan Garam Flores)<br><i>Bukhori, Trihono Kadri</i>                                                        | 205 – 212 |
| Kompetensi Yang Penting dikuasai Oleh Mandor Konstruksi Bangunan Rumah Tinggal Tembakan<br><i>Albani Musyafa</i>                                                                                                             | 213 – 219 |
| Kendala Pelaksanaan Sistem Pengadaan Secara Elektronik Berdasarkan Penyedia Jasa Di Kulonprogo Yogyakarta<br><i>Albani Musyafa</i>                                                                                           | 220 – 225 |
| Penentuan Metode Konstruksi Pemasangan Pipa Gas Melintang Jalan Dengan Metode Analytical Hierarchy Process<br><i>Galih Rakasiwi, Yohanes Lim Dwi Adianto</i>                                                                 | 226 – 234 |
| Pemilihan Alternatif Jalur Jembatan Selat Malaka Dengan Metode TOPSIS<br><i>Risma Putra Pratama</i>                                                                                                                          | 235 – 244 |
| Identifikasi Faktor-Faktor Penyebab Pekerjaan Ulang ( <i>Rework</i> ) Pada Bangunan Air<br><i>Baki Henong Sebastianus, Anton Soekiman</i>                                                                                    | 245 – 253 |
| Analisis Penilaian Kemampuan Pengelolaan Keuangan Perusahaan Pelaksana Jasa Konstruksi BUMN<br><i>Fransangga Yonas, Anton Soekiman</i>                                                                                       | 254 – 263 |
| Penerapan Teknologi Pabrikasi Rumah Modular Pada Konstruksi Rumah Tinggal<br><i>Nurcawedha Riztria Adinda</i>                                                                                                                | 264 – 274 |
| Kajian Penggunaan APD Buruh Konstruksi<br><i>Dewi Yustiarini</i>                                                                                                                                                             | 275 – 280 |
| Penerapan Metode TOPSIS Pada Pemilihan Sumber Daya Air Baku Untuk Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)<br><i>Ilham Sipala</i>                                                                                     | 281 – 289 |
| Teknik Pengambilan Keputusan Pada Penentuan Pembobotan Evaluasi Teknis Jasa Konsultansi Menggunakan Metode AHP ( <i>Analytical Hierarchy Process</i> )<br><i>Ferdian<sup>1</sup> dan Yohanes Lim Dwi Adianto<sup>2</sup></i> | 290 – 299 |
| Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Desain Ruang Terbuka Hijau (RTH) Publik Di Kawasan Permukiman Perkotaan<br><i>Kiangoos Egie Ismail</i>                                                                                       | 300 – 307 |

|                                                                                                                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Analisis Prioritas Penilaian Dalam Penentuan Penanganan Jalan Di Propinsi Jawa Barat<br><i>Ayu Sukma Trisianti, Yohanes L. Adianto</i>                                           | 308 - 316 |
| Pengambilan Keputusan Persampahan Kolaboratif Dengan Metode <i>DELPHI-Analytical Hierarchy Process (DAHP)</i><br><i>Hamsah, Mary Selintung, Syarif Burhanuddin, Tri Harianto</i> | 317 - 328 |
| Pemilihan Tipe Pondasi Konstruksi <i>Viaduct</i> Dengan Menggunakan Metode <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i><br><i>Veronica Dwiandari</i>                                | 329 - 339 |
| Peluang Kemitraan Pemerintah Swasta (KPS) Pada Proyek Pemanfaatan Sumbu daya Air Untuk Pembangkit Tenaga Listrik<br><i>Ririn Rimawan, Anton Soekiman</i>                         | 340 - 347 |
| Penerapan <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i> Dalam Pemilihan Jenis Kontrak PBC Dan Lumpsum Pada Ruas Jalan Pantura<br><i>Grace Agustina Togatorop</i>                       | 348 - 358 |

# KEKUATAN DAN KEKAKUAN BALOK BETON DENGAN PERKUATAN GESER BAMBU PETUNG DAN PEREKAT BERBAHAN DASAR SEMEN

Yanuar Haryanto<sup>1</sup>, Nanang Gunawan Wariyatno<sup>2</sup>, Gathot Heri Sudibyo<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman  
 Jl. Mayjen Sungkono KM 5 Blater, Purbalingga 53371  
 email: yanuar\_haryanto@yahoo.com

## Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk melakukan pengamatan terhadap perilaku geser balok beton yang diperkuat menggunakan bambu petung dan perekat berbahan dasar semen. Pengujian dilakukan terhadap 12 benda uji balok beton, masing-masing 3 balok beton tanpa perkuatan, 3 balok beton perkuatan dengan perbandingan campuran mortar 1:2, 3 balok beton perkuatan dengan perbandingan campuran mortar 1:4, dan 3 balok beton perkuatan dengan perbandingan campuran mortar 1:6. Metode pengujian digunakan beban stasis satu titik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas daya dukung beban maksimum benda uji balok beton perkuatan dengan perbandingan campuran mortar 1:2, perbandingan campuran mortar 1:4, dan perbandingan campuran mortar 1:6 menurun dengan rasio berturut-turut 0,86; 0,88 dan 0,91 terhadap benda uji balok beton tanpa perkuatan. Penurunan ini disebabkan karena terjadinya *debonding* sebelum perkuatan bekerja secara efektif. Kekakuan ekuivalen benda uji balok beton perkuatan dengan perbandingan campuran mortar 1:2, perbandingan campuran mortar 1:4, dan perbandingan campuran mortar 1:6 mengalami penurunan dengan rasio berturut-turut 0,903; 0,767 dan 0,896 terhadap benda uji balok beton tanpa perkuatan. Pola retak yang terjadi pada balok beton tanpa perkuatan menunjukkan tipe keruntuhan lentur sedangkan pada balok beton dengan perkuatan menunjukkan tipe keruntuhan *debonding*.

Kata kunci: balok beton, kekuatan, kekakuan, bambu petung, perekat, semen

## Pendahuluan

Kegagalan struktur pada suatu bangunan bisa diakibatkan oleh penambahan beban yang melebihi kapasitas elemen strukturnya. Salah satu contoh adalah perubahan fungsi bangunan, misalnya bangunan yang tadinya difungsikan sebagai ruang kelas digunakan menjadi perpustakaan sehingga terjadi penambahan beban pada struktur bangunan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan perkuatan pada struktur beton *existing* untuk meningkatkan kapasitas elemen struktur sehingga dapat memikul penambahan beban akibat perubahan fungsi bangunan. Salah satu metode perkuatan dapat dilakukan dengan *Surface Epoxy Bonded Fiber Reinforce Polimer* seperti yang dilakukan Khalifa, dkk (1998) yang dimaksudkan untuk menambah kapasitas geser pada balok menggunakan *Fiber Reinforce Polimer* dan bahan perekat *epoxy*. Metode seperti ini sudah banyak digunakan karena sangat efisien. Akan tetapi, metode ini juga memiliki kelemahan diantaranya bahan perekat *epoxy* yang kurang ramah lingkungan dan *Fiber Reinforce Polimer* yang relatif mahal.

Alternatif pengganti *epoxy* sebagai bahan perekat dapat digunakan *cement based bonding agent* yang lebih ramah lingkungan sedangkan *Fiber Reinforce Polimer* sebagai medium perkuatan dapat diganti dengan bambu petung yang memiliki harga cukup murah dan mudah didapatkan. Selain itu penggunaan bambu petung sebagai medium perkuatan didasarkan pada kekuatan tarik bambu petung yang sangat tinggi dimana kuat tarik tanpa buku dalam keadaan kering oven dapat mencapai 291 MPa dan kuat tarik dengan buku dalam keadaan kering oven dapat mencapai 128 MPa (Morisco, 1999). Kajian ini merupakan bagian dari penelitian Wariyatno, dkk (2013) dengan tujuan untuk mengetahui perilaku geser balok beton yang diperkuat menggunakan bambu petung dan perekat berbahan dasar semen dengan parameter tinjauan kekuatan dan kekakuan.

Blanksvard dan Taljsten (2007) melakukan penelitian tentang perkuatan struktur beton dengan perekat berbahan dasar semen komposit. Salah satu metode yang digunakan adalah *Textile Reinforced Mortar (TRM)* yaitu perkuatan menggunakan *fiber textile* dan *polymer modified mortar* sebagai bahan perekat. Benda uji yang digunakan adalah balok

beton bertulang tampang persegi dengan dimensi (200 x 300 x 2600) mm<sup>3</sup>. *Set-up* pengujian benda uji dilakukan dengan metode *four point bending*. Dalam penelitian ini terdapat tiga variasi perkuatan diantaranya jenis *bonding agent* yang digunakan (*epoxy* dan *mortar based*), jumlah lapisan tekstil (1 dan 2 lapisan) dan orientasi pemasangan tekstilnya (vertikal dan spiral dengan sudut 10°). Serat karbon tekstil yang digunakan dalam sistem perkuatan sama dengan jumlah *roving* berkekuatan tinggi dalam dua arah orthogonal. Setiap *roving* dijahit bersama-sama dengan *secondary polypropylene grid*, berat total serat karbon dalam tekstil adalah 168 g/m<sup>2</sup>, modulus elastisitas 225 GPa dan kuat tarik 3350 MPa. Mortar terdiri dari semen dengan penambahan polimer (10:1). Penerapan mortar pada permukaan balok benda uji dan tekstil dilakukan dengan teknik *hand lay-up* menggunakan *trowel*. Ketebalan lapisan mortar berkisar 1,5 - 2 mm, dengan jumlah lapisan mortar tergantung pada jumlah lapisan tekstil yang digunakan.

Hasil penelitian Blankvard dan Taljsten (2007) menunjukkan bahwa perkuatan balok menggunakan *bonding agent* berupa *epoxy* dengan jumlah *textile fiber* sebanyak 2 lapis pada orientasi pemasangan vertikal (benda uji R2) menghasilkan efek perkuatan sebesar 2,00 sedangkan perkuatan balok menggunakan *bonding agent* berupa mortar dengan perlakuan yang sama (benda uji M2) menghasilkan efek perkuatan 2,09. Perkuatan balok menggunakan *bonding agent* berupa mortar dengan jumlah *textile fiber* sebanyak 2 lapis pada orientasi pemasangan spiral (benda uji M2-s) menghasilkan efek perkuatan 2,04. Penggunaan 1 lapis *textile fiber* pada perkuatan menggunakan *bonding agent* berupa *epoxy* dengan orientasi pemasangan vertikal (benda uji R1) menghasilkan efek perkuatan 2,24 sedangkan pada perkuatan menggunakan *bonding agent* berupa mortar dengan perlakuan yang sama (benda uji M1) menghasilkan efek perkuatan 1,71.

Deskarta (2009) meneliti tentang perkuatan geser balok beton bertulang menggunakan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) yang dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh penambahan pelat GFRP terhadap peningkatan kapasitas geser dari penampang balok beton bertulang. Dimensi penampang balok yang digunakan adalah 100 x 150 x 950 mm. Pelat GFRP ditambahkan pada kedua sisi permukaan balok dengan melapisi permukaan tersebut dengan *epoxy resin* dan menambahkan glass fiber dalam bentuk *woven roving* pada arah 0°/90°, ±45° dan 0° kemudian ditutup kembali dengan *epoxy*. Pengujian dilakukan dengan menempatkan balok pada dua tumpuan sederhana dan diberikan dua beban terpusat masing-masing berjarak 1/3 bentang dari tumpuan.

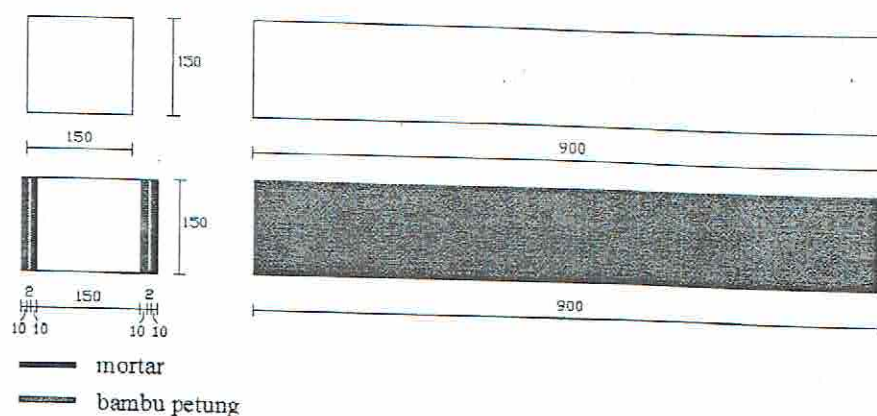
Hasil penelitian Deskarta (2009) menunjukkan bahwa balok tanpa GFRP mengalami pola runtuh geser sedangkan balok dengan GFRP mengalami pola runtuh lentur. Selanjutnya, penambahan GFRP pada balok meningkatkan kapasitas beban balok sebesar rata-rata 12,48%. Arah serat GFRP memberikan sedikit perbedaan terhadap peningkatan kapasitas dan besarnya peningkatan kapasitas yang diberikan oleh serat dengan arah 0°/90°, 0°, dan ±45° adalah masing-masing 13,744%, 11,374%, dan 12,322%.

#### Metode Pelaksanaan

Benda uji balok beton dibuat sebanyak dua belas buah dengan spesifikasi 3 balok beton tanpa perkuatan (BK), 3 balok beton perkuatan dengan perbandingan campuran mortar 1:2 (BP1), 3 balok beton perkuatan dengan perbandingan campuran mortar 1:4 (BP2), dan 3 balok beton perkuatan dengan perbandingan campuran mortar 1:6 (BP3). Spesifikasi benda uji balok beton disajikan pada Tabel 1 sedangkan perkuatan geser dilakukan terhadap penampang benda uji seperti dapat dilihat pada Gambar 1.

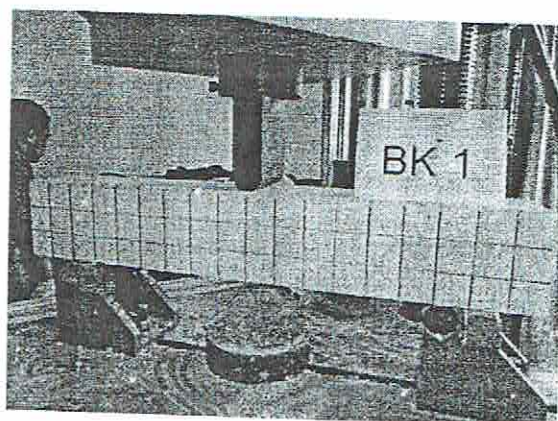
**Tabel 1.** Spesifikasi benda uji balok beton

| KODE | L<br>(mm) | b<br>(mm) | h<br>(mm) | Perbandingan Campuran Mortar |
|------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|
| BK   | 900       | 150       | 150       | -                            |
| BP1  | 900       | 150       | 200       | 1:2                          |
| BP2  | 900       | 150       | 200       | 1:4                          |
| BP3  | 900       | 150       | 200       | 1:6                          |



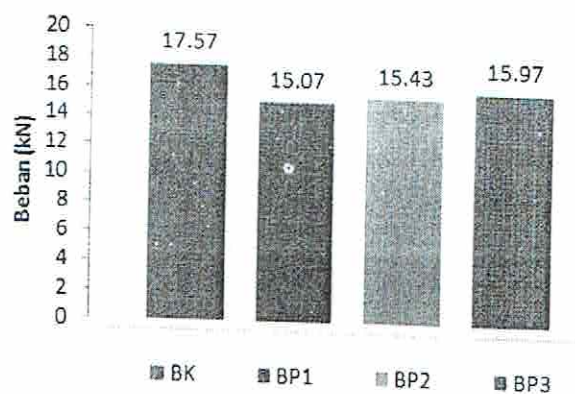
Gambar 1. Penampang benda uji

Pengujian balok kontrol (BK) dilakukan setelah benda uji mencapai umur minimal 28 hari sedangkan pengujian balok perkuatan (BP) dilakukan setelah mortar pada segmen perkuatan berumur minimal 28 hari dengan *setup* pengujian menggunakan beban statis satu titik. *Setup* pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. *Setup* pengujian

#### Hasil dan Pembahasan

Perbandingan kapasitas beban maksimum dapat dilihat pada Gambar 3 sedangkan kapasitas beban hasil pengujian masing-masing benda uji disajikan pada Tabel 2.



Gambar 3. Perbandingan kapasitas beban maksimum

Tabel 2. Kapasitas beban hasil pengujian

| Benda Uji | Beban (kN) | Rata-Rata (kN) | Rasio Beban |
|-----------|------------|----------------|-------------|
| BK1       | 16,50      | 17,57          | -           |
| BK2       | 18,70      |                |             |
| BK3       | 17,50      |                |             |
| BP1-1     | 17,90      | 15,07          | 0,86        |
| BP1-2     | 13,20      |                |             |
| BP1-3     | 14,10      |                |             |
| BP2-1     | 17,40      | 15,43          | 0,88        |
| BP2-2     | 15,10      |                |             |
| BP2-3     | 13,80      |                |             |
| BP3-1     | 18,20      | 15,97          | 0,91        |
| BP3-2     | 14,30      |                |             |
| BP3-3     | 15,40      |                |             |

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa kapasitas beban maksimum untuk balok perkuatan tipe 1 (BP1), balok perkuatan tipe 2 (BP2), dan balok perkuatan tipe 3 (BP3) mengalami penurunan terhadap balok kontrol (BK). Rasio penurunan yang terjadi masing-masing sebesar 0,86; 0,88 dan 0,91. Dapat disimpulkan bahwa perkuatan geser balok beton menggunakan bambu petung dan perekat berbahan dasar semen tidak mampu meningkatkan kapasitas beban. Hal ini dikarenakan terjadi *debonding* yang mengakibatkan perkuatan tersebut tidak bekerja secara optimal seperti yang ditunjukan pada Gambar 4. Kapasitas beban balok perkuatan yang lebih kecil disebabkan juga oleh rendahnya mutu beton balok perkuatan dibandingkan mutu beton balok kontrol dimana rata-rata hasil pengujian mutu beton umur 28 hari untuk balok perkuatan sebesar 16,47 MPa sedangkan untuk balok kontrol sebesar 20,13 MPa.

Gambar 4. *Debonding* pada perkuatan

Menurut Gere dan Timoshenko (1996) kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu lendutan sebesar satu satuan. Penentuan nilai kekakuan elemen lentur dilakukan dengan metode ekuivalensi elastoplastis terhadap kurva hubungan beban-lendutan secara menyeluruh untuk mendapatkan nilai *equivalent stiffness*. Hasil penentuan nilai kekakuan selengkapnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kekakuan ekuivalen hasil pengujian

| Benda Uji | $P_y$<br>(kN) | $\delta_y$<br>(mm) | Kekakuan<br>(kN/mm) | Rata-Rata<br>(kN/mm) | Rasio |
|-----------|---------------|--------------------|---------------------|----------------------|-------|
| BK1       | 12,375        | 1,002              | 12,350              |                      |       |
| BK2       | 14,025        | 1,712              | 8,192               | 9,420                | -     |
| BK3       | 13,125        | 1,701              | 7,716               |                      |       |
| BP1-1     | 13,425        | 1,628              | 8,246               |                      |       |
| BP1-2     | 9,900         | 1,284              | 7,710               | 8,506                | 0,903 |
| BP1-3     | 10,575        | 1,106              | 9,561               |                      |       |
| BP2-1     | 13,050        | 4,269              | 3,057               |                      |       |
| BP2-2     | 11,325        | 2,672              | 4,238               | 7,223                | 0,767 |
| BP2-3     | 10,350        | 0,720              | 14,375              |                      |       |
| BP3-1     | 13,650        | 1,879              | 7,265               |                      |       |
| BP3-2     | 10,725        | 0,919              | 11,670              | 8,443                | 0,896 |
| BP3-3     | 11,550        | 1,806              | 6,395               |                      |       |

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kekakuan ekuivalen (*equivalent stiffness*) berdasarkan beban saat leleh pada balok perkuatan tipe 1 (BP1), balok perkuatan tipe 2 (BP2) dan balok perkuatan tipe 3 (BP3) terhadap balok kontrol (BK). Rasio penurunan yang terjadi masing-masing sebesar 0,905; 0,767 dan 0,896. Setelah mortar dan beton sudah tidak mampu menahan tegangan yang terjadi akibat pembebanan atau kehilangan kemampuan dalam menahan tegangan tarik yang terjadi yang ditandai dengan timbulnya retakan, bambu petung akan mulai memberikan kontribusi dalam menahan tegangan tarik yang terjadi.

Pola keruntuhan yang terjadi pada balok kontrol (BK) adalah keruntuhan lentur. Retakan terjadi pada saat beban mencapai maksimum dengan rata-rata sebesar 17,57 kN diikuti dengan runtuhnya benda uji. Hal ini dikarenakan benda uji balok kontrol merupakan balok beton polos atau beton tanpa tuiangan. Pola keruntuhan yang terjadi pada balok perkuatan adalah *debonding failure* dimana terjadi lepasnya ikatan antara perkuatan dengan beton. *Debonding* pada perkuatan terjadi pada saat beban akan mencapai maksimum dan terus berlanjut sampai benda uji mengalami keruntuhan. Retakan pertama terjadi pada saat beban mencapai maksimum sekaligus dengan terjadinya keruntuhan benda uji. Beban maksimum rata-rata untuk balok perkuatan 1 (BP1), balok perkuatan 2 (BP2) dan balok perkuatan 3 (BP3) masing-masing sebesar 15,07 kN, 15,43 kN dan 15,97 kN.

### Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan untuk kajian ini antara lain sebagai berikut:

- Kapasitas beban hasil pengujian mengalami penurunan untuk benda uji balok perkuatan (BP 1, BP 2 dan BP 3) terhadap benda uji balok kontrol (BK) dengan rasio berturut-turut adalah 0,86; 0,88 dan 0,91. Hal ini disebabkan karena terjadinya *debonding* pada perkuatan dan rendahnya mutu beton balok perkuatan dibandingkan dengan balok kontrol.
- Kekakuan ekuivalen berdasarkan beban saat leleh menunjukkan penurunan untuk benda uji balok perkuatan (BP 1, BP 2 dan BP 3) terhadap benda uji balok kontrol (BK) dengan rasio berturut-turut adalah 0,905; 0,767 dan 0,896.
- Pola keruntuhan pada balok kontrol adalah keruntuhan lentur dimana retakan pertama terjadi pada saat beban mencapai maksimum bersamaan dengan runtuhnya benda uji.
- Pola keruntuhan pada balok perkuatan adalah *debonding failure* dimana terjadi lepasnya ikatan antara perkuatan dengan beton. *Debonding* pada perkuatan terjadi pada saat beban akan mencapai maksimum dan terus berlanjut

sampai benda uji mengalami keruntuhan. Retakan pertama terjadi pada saat beban mencapai maksimum sekaligus dengan terjadinya keruntuhan benda uji.

5. Perkuatan geser balok beton menggunakan bambu petung dan perekat berbahan dasar semen tidak efektif dilakukan pada balok beton polos.

Saran-saran yang dapat disampaikan sehubungan dengan kajian yang telah dilakukan antara lain:

1. Perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan lekatan antara bambu petung dan beton atau mortar.
2. Perlu dilakukan penelitian perkuatan geser balok bambu petung dan perekat berbahan dasar semen pada balok beton bertulang.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih dan penghargaan yang tinggi disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Jenderal Soedirman yang telah mendanai penelitian ini, serta kepada semua pihak yang telah membantu khususnya mahasiswa yang terlibat langsung: Agung Yon Pamuji dan Rizal Setiawan.

#### Daftar Pustaka

- Blanksvard, T. dan Taljsten, B., 2007, *Mineral-Based Bonding Of Carbon FRP To Strengthen Concrete Structures*, *Journal of Composites for Construction* 11(120)
- Deskarta, P., 2009, *Perkuatan Geser Balok Beton Bertulang Menggunakan Glass Fiber Reinforced Polimer (GFRP)*, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol. 13, No. 2.
- Gere, J., M. dan Timoshenko, S. P., 1996, *Mekanika Bahan*, Erlangga Jakarta.
- Khalifa, A., W.J. Gold, A. Nanni, dan M.I. Abdel Aziz, 1998, *Contribution of Externally Bonded FRP to Shear Capacity of Flexural Members*, *ASCE-Journal of Composites for Construction*, Vol. 2, No.4, pp. 195- 203.
- Morisco, 1999, *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Wariyatno, N, G., Haryanto, Y., dan Sudibyo, G. H., 2013, *Pemanfaatan Bambu Petung Sebagai Perkuatan Lentur Dan Geser Pada Balok Beton Dengan Variasi Perekat Berbahan Dasar Semen*, Laporan Penelitian, LPPM Unsoed, Purwokerto.