

# PENGARUH PENAMBAHAN KAIT PADA TULANGAN BAMBU TERHADAP RESPON LENTUR BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU

Agustin Dita Lestari<sup>\*1</sup>, Sri Murni Dewi<sup>2</sup>, Wisnumurti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa / Program Magister / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik  
Universitas Brawijaya

<sup>2</sup>Dosen / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jl. MT. Haryono No. 167 Malang, 65145, Jawa Timur  
Korespondensi : dhita\_88@ymail.com

## ABSTRAK

Tulangan baja telah banyak digunakan untuk menahan tarik pada beton, namun perlu diingat bahwa suatu saat keberadaan baja di alam akan habis karena merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui. Bambu memiliki peluang untuk digunakan sebagai tulangan pada beton. Kelemahan bambu sebagai tulangan adalah memiliki lekatan yang kurang baik dengan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kait pada tulangan bambu terhadap kuat lekat antara tulangan dengan beton serta terhadap kapasitas lentur balok beton. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat cabut (*pull out*) dan uji lentur balok beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kait pada tulangan bambu dapat meningkatkan tegangan lekat sampai 80,39% dan meningkatkan kapasitas lentur pada balok beton sampai 32,05% terhadap tulangan bambu tanpa kait.

**Kata kunci** : bambu, kait, *pull out*, kapasitas lentur.

## 1. PENDAHULUAN

Beton bertulang merupakan material konstruksi yang paling sering digunakan sampai saat ini. Beton memiliki kuat tekan yang cukup besar namun tidak kuat menahan beban tarik. Dalam penggunaannya, beton dipadukan dengan tulangan yang memiliki kuat tarik yang tinggi. Tulangan baja telah banyak digunakan untuk menahan tarik pada beton, namun perlu diingat bahwa suatu saat keberadaan baja di alam akan habis karena merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui. Selain itu, harga tulangan baja juga cukup tinggi. Oleh karena itu, diperlukan bahan alternatif yang dapat menggantikan baja yang salah satunya adalah dengan menggunakan bambu.

Bambu memiliki lekatan yang kurang baik dengan beton jika dibandingkan dengan tulangan baja. Lekatan yang kurang baik ini disebabkan karena bambu memiliki

sifat higroskopis, yaitu mudah menyerap dan melepas air. Solusi yang diperoleh dari serangkaian penelitian adalah dengan melapisi bambu dengan cat atau vernis dan pasir (Dewi, 2005).

Setiya Budi (2013) melakukan penelitian tentang kapasitas lentur balok bertulangan bambu bertakikan. Penggunaan takikan pada tulangan bambu menambah kapasitas lentur balok menjadi lebih tinggi sekitar 110% terhadap tulangan bambu Petung polos dan sekitar 118% terhadap tulangan bambu Wulung polos.

Modifikasi tulangan bambu untuk meningkatkan kuat cabut bambu pada beton juga dilakukan oleh Suryadi (2013). Modifikasi yang dilakukan adalah dengan melilitkan kawat tali dan memberikan tonjolan pada bambu. Dari hasil pengujiannya dapat dibuktikan bahwa modifikasi pada tulangan bambu ini dapat

meningkatkan kuat cabut bambu pada beton.

Pada penelitian ini dilakukan penambahan kait pada tulangan bambu agar kuat lekat bambu dengan beton menjadi semakin baik. Penambahan kait ini lebih mudah dilakukan daripada pemberian takikan atau tonjolan pada bambu. Selain itu juga dilakukan pelapisan cat dan pasir pada tulangan bambu.

Penelitian ini bertujuan untuk:

- (1) Mengetahui pengaruh penambahan kait terhadap kuat lekat antara tulangan bambu dengan beton.
- (2) Mengetahui pengaruh penambahan kait terhadap respon lentur balok beton.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memperkuat penelitian ini maka penulis mengambil beberapa penelitian terdahulu yaitu:

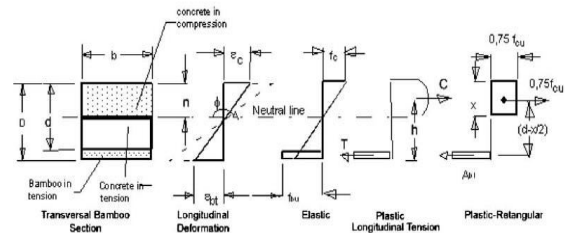
1. Aplikasi Bambu Pilinan sebagai Tulangan Balok Beton (Pathurahman, 2003) yang menyatakan bahwa nilai rata-rata perbandingan antara momen eksperimen dengan momen teoritis sebesar 115,26%. Keruntuhan yang terjadi pada balok beton diawali dengan retak lentur dengan pola retak tegak lurus.
2. Model Balok Beton Bertulangan Bambu sebagai Pengganti Tulangan Baja (Setiya Budi, 2013) yang menyatakan bahwa tulangan bambu takikan dapat meningkatkan kapasitas lentur balok, yaitu sekitar 110% terhadap tulangan bambu Petung polos dan sekitar 118% terhadap tulangan bambu Wulung polos.
3. Kuat Lekat Tulangan Bambu Wulung dan Petung Takikan pada Beton Normal (Setiya Budi, 2013) yang menyatakan Nilai kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu Petung takikan sejajar sebesar 0,004818 MPa dan takikan tidak sejajar sebesar 0,007758 MPa. Nilai kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu Wulung takikan sejajar sebesar 0,002433 MPa dan takikan tidak sejajar sebesar 0,007076 MPa.

4. Pengaruh Modifikasi Tulangan Bambu Gombong terhadap Kuat Cabut Bambu pada Beton (Suryadi, 2013) yang menyatakan Modifikasi tulangan bambu mampu meningkatkan kuat cabut antara bambu dan beton, hal ini ditunjukkan dengan besarnya rata-rata tegangan cabut tulangan bambu yang dimodifikasi lebih besar dibandingkan dengan tulangan bambu polos. Ragam kegagalan pada tulangan bambu yang dililit dengan kawat adalah kegagalan tumpu pada bambu. Lilitan kawat sudah tidak dapat lagi mempertahankan posisinya sehingga tulangan bambu terlepas dari lilitan kawat dan akhirnya tulangan bambu tercabut. Ragam kegagalan pada tulangan bambu yang diberi tonjolan adalah kegagalan geser pada tonjolan yang ditandai dengan terlepasnya tonjolan tersebut dengan kegagalan searah dengan serat bambu.

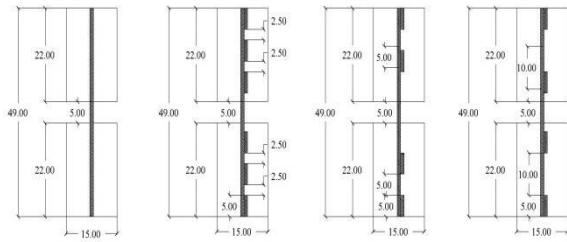
Analisis balok terlentur bertulangan bambu menggunakan tahapan distribusi tegangan dan regangan yang ada dalam Ghavami (2005) dan ditunjukkan oleh **Gambar 1**.

## 3. METODOLOGI

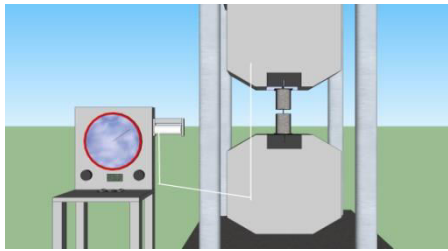
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang. Benda uji *pull out* dibuat dengan membenamkan tulangan bambu pada silinder beton berdiameter 15 cm dengan tinggi 22 cm seperti pada **Gambar 2**. Pengujian *pull out* menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) seperti pada **Gambar 3**.



**Gambar 1.** Distribusi tegangan dan regangan pada balok beton bertulangan bambu



Gambar 2. Benda uji pull out



Gambar 3. Pengujian pull out

Benda uji balok beton dibuat dengan dimensi 11 x 23 x 100 cm. Tulangan bambu yang digunakan berukuran 2 x 1 x 95 cm dan untuk kait berukuran 2 x 1 x 5 cm. Kait dipasang pada tulangan bambu dengan variasi jarak 10 cm (BU 10), 5 cm (BU 5), dan 2,5 cm (BU 2,5). Sebagai balok kontrol, dibuat balok beton dengan tulangan bambu tanpa kait (BK). Benda uji balok beton ditunjukkan oleh Gambar 4. Pengujian lentur balok beton dilakukan dengan metode *four point loading* seperti pada Gambar 5.

Variabel penelitian dibedakan menjadi variabel terikat dan variabel bebas.

1. Variabel Bebas (*Independent Variabel*), yaitu jarak kait 2,5 cm, 5 cm, dan 10 cm.
2. Variable terikat (*Dependent Variabel*), yaitu kuat lentur, lendutan, dan pola retak.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

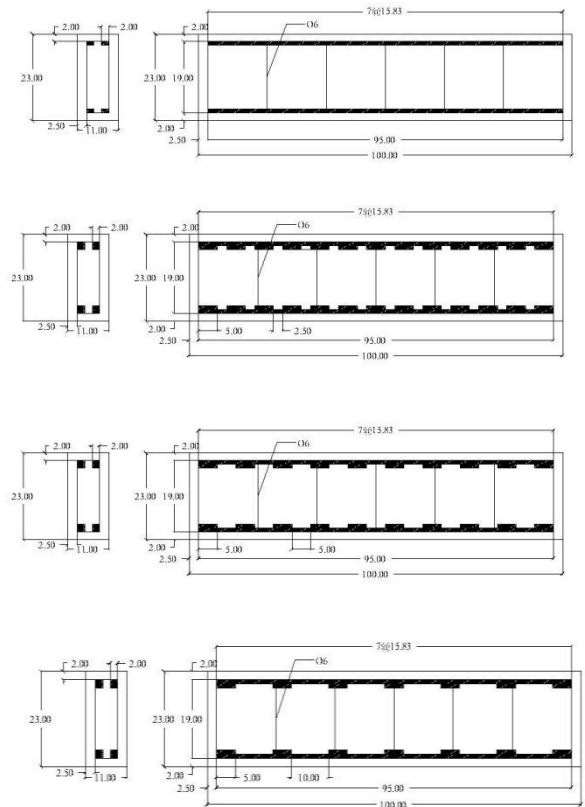
### 4.1 Pengujian Kuat Tekan

Delapan buah benda uji beton silinder diuji pada umur 28 hari sebagai sampel pengecoran untuk mendapatkan karakteristik campuran beton. Pengujian kuat tekan beton silinder menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 31,21 MPa. Nilai ini akan digunakan sebagai nilai kuat

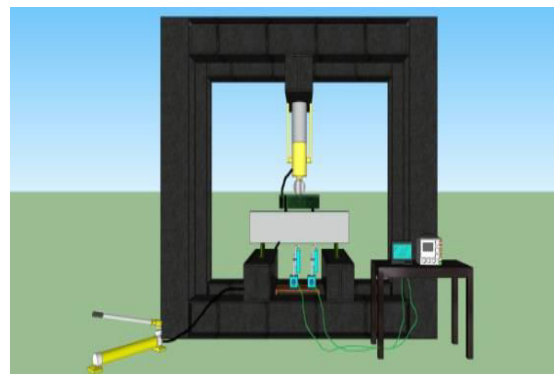
tekan dalam perhitungan teoritis pada penelitian ini.

### 4.2 Pengujian Pull Out

Pengujian *pull out* menghasilkan suatu beban maksimum yang digunakan untuk menghitung tegangan lekatan antara bambu dengan beton. Hasil beban maksimum dan tegangan lekatan untuk semua variabel ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 4. Benda uji balok beton



Gambar 5. Pengujian lentur balok beton

**Tabel 1.** Tegangan lekat tulangan bambu dengan beton

| No | Benda Uji | Beban (kN) | Tegangan Lekat (Mpa) | Tegangan Lekat Rata-Rata (Mpa) |
|----|-----------|------------|----------------------|--------------------------------|
| 1  | BK 1      | 8,5        | 0,644                | 0,644                          |
| 2  | BK 2      | 8          | 0,606                |                                |
| 3  | BK 3      | 9          | 0,682                |                                |
| 4  | BU 10.1   | 10,5       | 0,795                | 0,821                          |
| 5  | BU 10.2   | 12         | 0,909                |                                |
| 6  | BU 10.3   | 10         | 0,758                |                                |
| 7  | BU 5.1    | 11,5       | 0,871                | 0,859                          |
| 8  | BU 5.2    | 10,5       | 0,795                |                                |
| 9  | BU 5.3    | 12         | 0,909                |                                |
| 10 | BU 2,5.1  | 15         | 1,136                | 1,162                          |
| 11 | BU 2,5.2  | 14,5       | 1,098                |                                |
| 12 | BU 2,5.3  | 16,5       | 1,250                |                                |

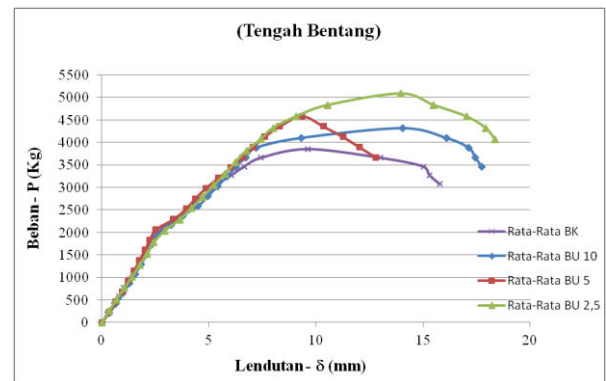
**Tabel 2.** Nilai beban maksimum dan lendutan maksimum di tengah bentang

| Benda Uji        | $P_{max}$ (kg) | $\delta_{max}$ (mm) |
|------------------|----------------|---------------------|
| Rata-Rata BK     | 3848,18        | 9,61                |
| Rata-Rata BU 10  | 4314,85        | 14,03               |
| Rata-Rata BU 5   | 4581,52        | 9,34                |
| Rata-Rata BU 2,5 | 5081,52        | 13,95               |

Berdasarkan hasil yang tertera pada **Tabel 1**, terlihat bahwa terdapat peningkatan nilai tegangan lekatan pada tulangan bambu yang diberi kait. Pemberian kait dengan jarak 2,5 cm pada tulangan bambu memiliki nilai tegangan lekatan yang paling besar. Peningkatan nilai tegangan lekatan pada tulangan bambu yang diberi kait dengan jarak 2,5 cm mencapai 80,39%.

### 4.3 Pengujian Lentur

Pengujian lentur balok beton menghasilkan nilai beban dan nilai lendutan yang terjadi pada balok. Nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh balok beton bertulangan bambu dengan berbagai variasi ditunjukkan oleh **Tabel 2**. Grafik antara beban dengan lendutan yang terjadi pada balok ditunjukkan oleh **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Grafik hubungan beban dengan lendutan

**Tabel 3.** Nilai beban maksimum secara teoritis

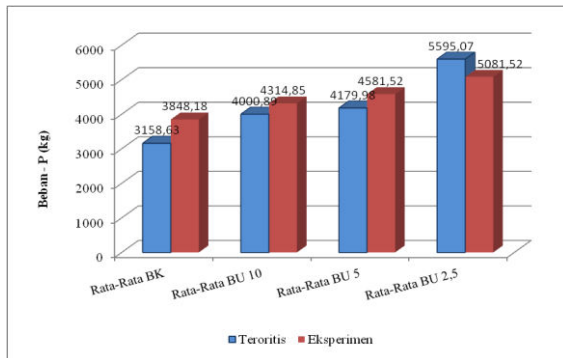
| Benda Uji        | $P_{max}$ (kg) |
|------------------|----------------|
| Rata-Rata BK     | 3158,63        |
| Rata-Rata BU 10  | 4000,89        |
| Rata-Rata BU 5   | 4179,98        |
| Rata-Rata BU 2,5 | 5595,07        |

### 4.4 Hasil Teoritis

Analisis lentur balok beton bertulangan bambu yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada analisis yang ada pada Ghavami (2005). Keseimbangan antara gaya tekan pada beton (C) dengan gaya tarik pada tulangan bambu (T) harus terpenuhi. Gaya tarik pada tulangan bambu (T) diperoleh dari hasil perkalian tegangan lekatan (*pull out*) dengan luas geser tulangan karena berdasarkan hasil penelitian, keruntuhan balok beton bertulangan bambu diakibatkan oleh hilangnya lekatan antara tulangan bambu dengan beton. Hasil beban maksimum yang diperoleh untuk balok beton dengan berbagai variasi tulangan bambu disajikan pada **Tabel 3**.

### 4.5 Perbandingan antara Hasil Teoritis dengan Eksperimen

Berdasarkan hasil analisis secara teoritis, maka dapat dibandingkan hasil beban maksimum yang diperoleh secara teoritis dengan beban maksimum yang diperoleh dari eksperimen. Perbandingan hasil beban maksimum ditunjukkan oleh **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Diagram perbandingan beban maksimum

Berdasarkan **Gambar 7**, dapat diketahui bahwa hasil beban maksimum yang diperoleh secara teoritis mendekati nilai dari eksperimen. Perbedaan hasil antara teoritis dengan eksperimen untuk balok beton bertulangan bambu tanpa kait sebesar 17,92%, untuk balok beton bertulangan bambu dengan kait jarak 10 cm sebesar 7,28%, untuk balok beton bertulangan bambu dengan kait jarak 5 cm sebesar 8,76%, sedangkan untuk balok beton bertulangan bambu dengan kait jarak 2,5 cm sebesar 9,18%.

#### 4.6 Pola Retak

Berdasarkan pada pengujian lentur balok beton sebagai balok sederhana yang telah dilakukan, dapat diamati pola retak yang terjadi pada balok beton dengan berbagai macam variasi tulangan bambu. Pada benda uji balok beton bertulangan bambu tanpa kait, terdapat dua retak. Retak yang pertama muncul adalah retak lentur yang terjadi di tengah bentang. Kemudian muncul retak yang kedua akibat keruntuhan tarik geser yang ditandai dengan retak miring yang curam dan menjalar ke arah tumpuan. Selain itu, terdapat sebagian beton yang terlepas akibat hilangnya lekatan antara tulangan dengan beton. Pola keruntuhan balok beton bertulangan bambu tanpa kait diperlihatkan pada **Gambar 8**.

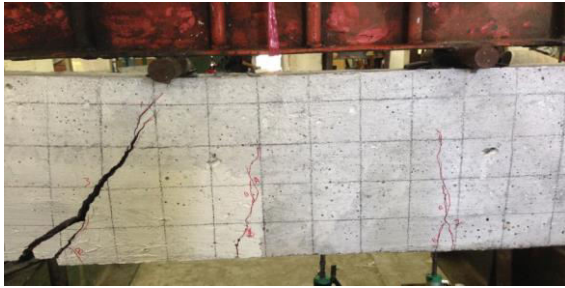


**Gambar 8.** Pola retak balok beton bertulangan bambu tanpa kait



**Gambar 9.** Pola retak balok beton bertulangan bambu dengan kait jarak 10 cm

Pada dasarnya, pola retak yang terjadi pada benda uji balok beton bertulangan bambu yang telah diberi kait dengan berbagai macam variasi jarak kait memiliki pola keruntuhan yang hampir sama dengan balok beton bertulangan bambu tanpa kait. Retak-retak yang terjadi merupakan akibat dari keruntuhan lentur dan akibat hilangnya lekatan antara tulangan bambu dengan beton yang sampai mengakibatkan terlepasnya beton. Namun, jumlah retak-retak yang terjadi pada balok beton bertulangan bambu yang diberi kait lebih banyak dibandingkan dengan tulangan bambu tanpa kait. Jumlah retak yang muncul rata-rata sebanyak tiga buah. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh penambahan kait pada tulangan bambu. Pola keruntuhan balok beton bertulangan bambu dengan jarak kait 10 cm, 5 cm, dan 2,5 cm diperlihatkan pada **Gambar 9**, **Gambar 10**, serta **Gambar 11**.



**Gambar 10.** Pola retak balok beton bertulangan bambu dengan kait jarak 5 cm



**Gambar 11.** Pola retak balok beton bertulangan bambu dengan kait jarak 2,5 cm

**Tabel 4.** Nilai daktilitas

| Benda Uji        | $\delta_u$ | $\delta_{yield}$ | $\mu$ |
|------------------|------------|------------------|-------|
| Rata-Rata BK     | 15,77      | 4,47             | 3,52  |
| Rata-Rata BU 10  | 17,75      | 5,27             | 3,37  |
| Rata-Rata BU 5   | 12,80      | 4,67             | 2,74  |
| Rata-Rata BU 2,5 | 18,34      | 6,51             | 2,82  |

#### 4.7 Analisis Daktilitas

Karena keterbatasan saat penelitian, lendutan pada saat tulangan bambu leleh tidak dapat terukur. Oleh karena itu, penentuan beban dan lendutan saat leleh didapatkan berdasarkan ASTM E 2126-05. Nilai daktilitas untuk semua variasi balok beton bertulangan bambu ditunjukkan pada **Tabel 4**.

### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan, maka dapat diperoleh kesimpulan penelitian sebagai berikut:

1. Nilai tegangan lekat antara tulangan bambu dengan beton mengalami peningkatan dengan adanya penambahan kait pada tulangan bambu. Tegangan lekat tulangan bambu tanpa kait sebesar 0,644 MPa, pada tulangan bambu dengan kait jarak 10 cm sebesar 0,821 MPa, pada tulangan bambu dengan kait jarak 5 cm sebesar 0,859 MPa, dan pada tulangan bambu dengan kait jarak 2,5 cm sebesar 1,162 MPa.
2. Kapasitas beban maksimum yang dihasilkan dari pengujian lentur balok beton mengalami peningkatan dengan adanya penambahan kait pada tulangan bambu. Kapasitas beban maksimum balok beton bertulangan bambu tanpa kait sebesar 3848,183 kg, pada balok beton bertulangan bambu dengan kait jarak 10 cm sebesar 4314,850 kg, pada balok beton bertulangan bambu dengan kait jarak 5 cm sebesar 4581,517 kg, dan pada balok beton bertulangan bambu dengan kait jarak 2,5 cm sebesar 5081,517 kg. Keruntuhan yang terjadi pada balok beton bertulangan bambu merupakan kombinasi antara keruntuhan lentur dan hilangnya lekatan antara tulangan bambu dengan beton.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, maka saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis lebih detail tentang efek penambahan kait pada tulangan bambu terhadap respon lentur balok beton bertulangan bambu.
2. Mengadakan penelitian tentang modifikasi-modifikasi lainnya yang lebih efektif untuk mengatasi kelemahan bambu sebagai tulangan pada beton.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

ASTM E 2126-05. 2005. *Standard Test Methods for Cyclic (Reserved) Load Test for Shear Resistance of Walls for Buildings*. ASTM International, 100 Barr Harbor, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19426-2959, United States.

- Dewi, Sri Murni. 2005. *Perilaku Pelat Lapis Komposit Bambu Spesi pada Beban In-plane dan Beban Lentur*. Disertasi S3 ITS Surabaya.
- Ghavami, K., 2005. *Bamboo As Reinforcement In Structural Concrete Elements*. J. Cement & Concrete Composites, Elsevier, 27, pp. 637-649.
- Pathurahman, J.F. dan Kusuma, D.A. 2003. *Aplikasi Bambu Pilinan sebagai Tulangan Balok Beton*. Civil Engineering Dimension, Vol. 5, No. 1, Maret, Hal: 39-44.
- Setiya Budi, A. dan Sugiyarto. 2013. *Kuat Lekat Tulangan Bambu Wulung dan Petung Takikan pada Beton Normal*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 24-26 Oktober 2013, S253-S259.
- Setiya Budi, A., Sambowo, K.A., dan Kurniawati, I.. 2013. *Model balok Beton Bertulangan Bambu sebagai Pengganti Tulangan Baja*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 24-26 Oktober 2013, S245-S252.
- Suryadi, H., Agung, M.T., dan Bangun, E.B. 2013. *Pengaruh Modifikasi Tulangan Bambu Gombong terhadap Kuat Cabut Bambu pada Beton*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7), Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 24-26 Oktober 2013, S229-S236.