

# MODIFIKASI BALOK BETON TULANGAN KOMPOSIT GUNA MENINGKATKAN DAKTILITAS PADA KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG

Marsudi, M. Tri Rochadi, Nur Setiaji P., Stefanus Santoso

*Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang*

## Abstract

*Iron concrete is a product of mining whose existence will someday run out. To solve the problem, alternatively attempted use cheap bamboo reinforcement and high strength. In this study the bamboo used instead of tensile reinforcement in concrete beams is simple. Berlulungan planned beam (underreinforced). All casting bamboo beams torsion beams are given particular on its reinforcement. In the end you will know how much a modification beams with tensile reinforcement of bamboo piinan petung in resist bending style. The results showed that the quality of concrete plans K - 225 kg/cm<sup>2</sup> obtained an average compressive strength is 229 kg/cm<sup>2</sup>. Tensile strength of concrete iron test while 33.5 kN to 17.5 kN Babbu torsion. Flexural strength testing of concrete beams reinforced bamboo strands pull 35 kN, while for tensile steel reinforcement □ 10 mm concrete compressive strength was stopped after reaching an average of 81 kN. Concrete composite beams with tensile reinforcement of bamboo strands petung building materials can be used as a substitute for steel reinforcing.*

**Key Word : Concrete Beams, Reinforcement bamboo, strong bending**

## PENDAHULUAN

Penggunaan beton sebagai bahan bangunan juga telah lama dikenal. Beton memiliki beberapa kelebihan antara lain :kuat desaknya tinggi;mudah dibentuk, perawatannya mudah, dapat dibuat komposit. Permintaan akan beton meningkat seiring dengan berkembangnya pembangunan perumahan permukiman. Semakin tinggi tingkat perkembangan perumahan maka akan semakin tinggi pula kebutuhan akan beton. Beton mempunyai sifat getas (brittle), sehingga secara praktis kemampuan untuk menahan tegangan tarik relatif kecil. Untuk memperbaiki sifat beton yang getas tersebut maka kaitannya dengan tegangan tarik beton diberikan tulangan. Jenis tulangan yang selama ini dikenal adalah dari besi beton. Besi beton mampu menahan gaya tarik yang besar, namun harganya pun relatif mahal. Maka dengan adanya hal tersebut pada penelitian ini akan di lakukan perancangan dan modifikasi tulangan beton menggunakan tulangan komposit antara besi beton yang disambung dengan tulangan dari pilinan bambu petung. Penggantian tulangan besi beton dengan tulangan dari bambu petung akan di uji cobakan pada balok beton, khususnya pada tulangan tariknya.

## Bambu

Bambu merupakan tanaman berumpun yang pertumbuhannya sangat cepat. Pada masa pertumbuhan, beberapa spesies dapat tumbuh hingga 1 meter per hari. Kebanyakan para ahli tumbuhan menempatkannya dalam rumpun *Bambuseae* termasuk dalam keluarga rumpun (Gramineae). Menurut Sharma (1987), sekarang telah tercatat lebih dari 75 genera dan 1250 spesies bambu di seluruh dunia. Penggunaan bambu sebagai elemen struktur memerlukan informasi yang tepat berkaitan dengan sifat fisika, mekanika dan mikro-strukturalnya. Sifat-sifat penting tersebut diperoleh melalui indifikasi, penyelidikan dan pengujian. Beberapa sifat yang berkaitan erat dengan hal tersebut, secara umum dapat diuraikan sebagai berikut :

## Bambu sebagai pengganti tulangan besi

Kekuatan bambu sebagai bahankonstruksi khususnya sebagai tulangan pengganti besi beton di dalam beton bertulang, telah dibuktikan dalam berbagai macam riset ilmiah maupun empiris, antara lain :

1. Surjokusumo dan Nugroho (1993) menyatakan bahwa bambu dapat digunakan sebagai tulangan beton bertulang.

- Morisco (1999) menyelidiki bahwa bambu dapat digunakan sebagai pengganti baja tulangan dan mempunyai kekuatan tarik yang tinggi mendekati kekuatan baja struktur.
- Jansen (2000) melakukan penelitian perbandingan penggunaan bambu dan baja sebagai tulangan di dalam balok beton. Hasilnya cukup memuaskan, yaitu momen lentur pada balok beton bertulang bambu adalah 78 % jika dibandingkan balok dengan tulangan baja.
- Pathurrahman dan Kusuma (2003) bambu memiliki peluang untuk digunakan sebagai tulangan balok beton, khususnya untuk struktur sederhana
- Khosrow Gavami (2004), tulangan bambu dapat menggantikan tulangan baja secara memuaskan dan telah diaplikasikan di dalam beberapa konstruksi bangunan
- Khare (2005) bambu direkomendasikan untuk dipakai sebagai pengganti tulangan, terlebih di negara yang material baja sangat terbatas dan penggunaan beton tanpa tulangan biasa digunakan

**Perencanaan Dimensi Balok**

Berdasarkan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002 (tabel 8, hal 63) dengan bentang balok yang diambil 1 m maka direncanakan dimensi balok sebagai berikut :

1) tebal balok (h) :

$$h \geq \frac{L}{16}$$

$$h \geq \frac{1000 \text{ mm}}{16}$$

$$h \geq 62,5 \text{ mm}$$

Ambil  $h = 150 \text{ mm}$ .

2) Lebar balok (b)

$$3) \frac{1}{2} h \leq b \leq \frac{2}{3} h$$

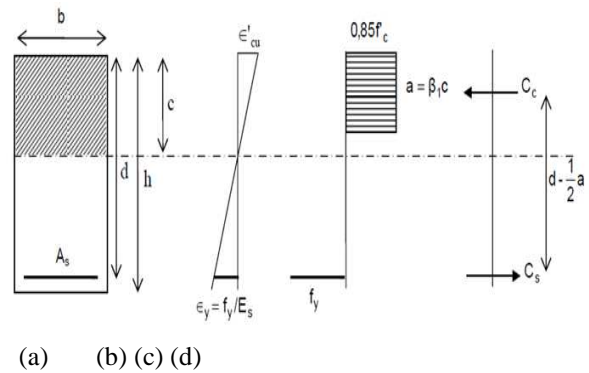
$$\frac{1}{2} \cdot 150 \text{ mm} \leq b \leq \frac{2}{3} \cdot 150 \text{ mm}$$

$$75 \text{ mm} \leq b \leq 100 \text{ mm}$$

**Perencanaan Tulangan**

Pada Gambar 2 berturut-turut disajikan sebuah penampang melintang beton dengan tulangan lentur tunggal, diagram regangan dan diagram tegangan. Diagram regangan tersebut berdasarkan  $\epsilon'_{cu} = 0,3\%$  dan tegangan tarik baja

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$



**Gambar 1. Penampang diagram regangan dan tegangan dalam keadaan seimbang**

Diagram ini menyatakan bahwa regangan tekan beton dan batas leleh baja yang disyaratkan tercapai bersamaan.

**Persyaratan Kekuatan Lentur**

Menurut Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002, persyaratan kekuatan lentur adalah :

$$\phi M_n \geq M_u \dots\dots\dots (1)$$

dimana  $\phi$  untuk lentur murni adalah 0,8.

Persyaratan di atas dapat juga dituliskan

$$M_u \leq \phi M_n \dots\dots\dots (2)$$

Dengan persyaratan perencanaan  $M_u \leq \phi M_n$ , dapat diselesaikan permasalahan analisa dan perencanaan balok lentur beton bertulangan tunggal.

**Batasan Nilai Rasio Tulangan Minimum**

Pertambahan tegangan baja tiba-tiba dapat mengakibatkan baja mendadak putus. Untuk mencegahnya, penampang beton bertulang yang dibebani lentur harus diberi sejumlah tulangan minimum tertentu. Ini dapat dinyatakan dengan “nilai rasio tulangan minimum”  $\rho_{min}$ . Nilai rasio tulangan minimum ini harus dipilih sedemikian rupa sehingga, terdapat perbedaan yang kecil antara momen lentur yang dapat ditahan oleh penampang yang tak retak dan momen lentur yang dapat ditahan oleh penampang yang retak. Nilai  $\rho_{min}$  menurut Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002 adalah :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (3)$$

**Jenis Keruntuhan Lentur berdasarkan Rasio Tulangan**

Menurut Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002, pada perencanaan lentur balok beton bertulang, ada tiga jenis keruntuhan yang dapat terjadi, yaitu keruntuhan tarik, keruntuhan seimbang dan keruntuhan tekan.

**a. Keruntuhan Tarik**

Keruntuhan tarik adalah keruntuhan yang terjadi akibat tegangan baja telah mencapai  $f_y$  terlebih dahulu sebelum beton hancur (mencapai  $M_u$ ). Atau dengan kata lain baja leleh terlebih dahulu sebelum beton hancur. Keruntuhan tarik ini disebut juga keruntuhan “*under reinforced*”.

Pada perencanaan tulangan lentur balok beton bertulang, keruntuhan tarik ini terjadi bila :

$$\rho < \rho_b \dots\dots\dots (4)$$

Pada perencanaan lentur beton bertulang, jenis keruntuhan tarik ini dipilih supaya tidak terjadi keruntuhan yang tiba-tiba.

**b. Keruntuhan Seimbang**

Keruntuhan seimbang adalah keruntuhan terjadi akibat tegangan baja telah mencapai  $f_y$  bersamaan dengan beton hancur (mencapai  $M_u$ ). Atau dengan kata lain baja leleh bersamaan dengan beton hancur. Keruntuhan tarik ini disebut juga keruntuhan “*balanced*”. Pada perencanaan tulangan lentur balok beton bertulang, keruntuhan seimbang ini terjadi bila :

$$\rho = \rho_b \dots\dots\dots (5)$$

**c. Keruntuhan Tekan**

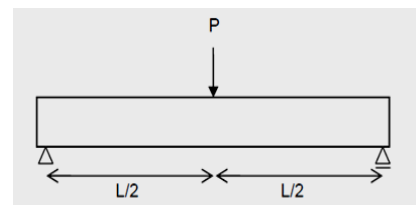
Keruntuhan tekan adalah keruntuhan yang terjadi akibat beton hancur terlebih dahulu (mencapai  $M_u$ ) sebelum tegangan baja mencapai  $f_y$ . Atau dengan kata lain beton hancur sebelum baja leleh. Keruntuhan tekan ini disebut juga keruntuhan “*over reinforced*”.

Pada perencanaan tulangan lentur balok beton bertulang, keruntuhan tekan ini terjadi bila :

$$\rho > \rho_b \dots\dots\dots (6)$$

**Pemodelan Benda Uji**

Benda uji dimodelkan sebagai balok sederhana dua tumpuan dengan beban terpusat di tengah bentang seperti Gambar 3. Benda uji direncanakan terhadap balok yang mengalami keruntuhan tarik.



**Gambar 2. Benda Uji Tulangan Lentur Balokuntuk Keruntuhan Tarik**

Persyaratan kekuatan lentur adalah :

$$\phi M_n \geq M_u \dots\dots\dots (7)$$

Dimana  $\phi$  untuk lentur murni adalah 0,8.

Batasan nilai rasio tulangan minimum adalah :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

Luas tulangan minimum ( $A_s \text{ min}$ ) yang diambil :

$$A_{min} = \rho_{min} b d$$

Dari persamaan kesetimbangan menurut Gambar 2.d, diperoleh persamaan untuk menghitung besarnya momen nominal penampang seperti persamaan berikut :

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d - c \cdot \frac{\rho_1}{2} \right) \dots\dots\dots (8)$$

Dengan :

$$c = \frac{A_s \cdot f_y}{(0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1)} \dots\dots\dots (9)$$

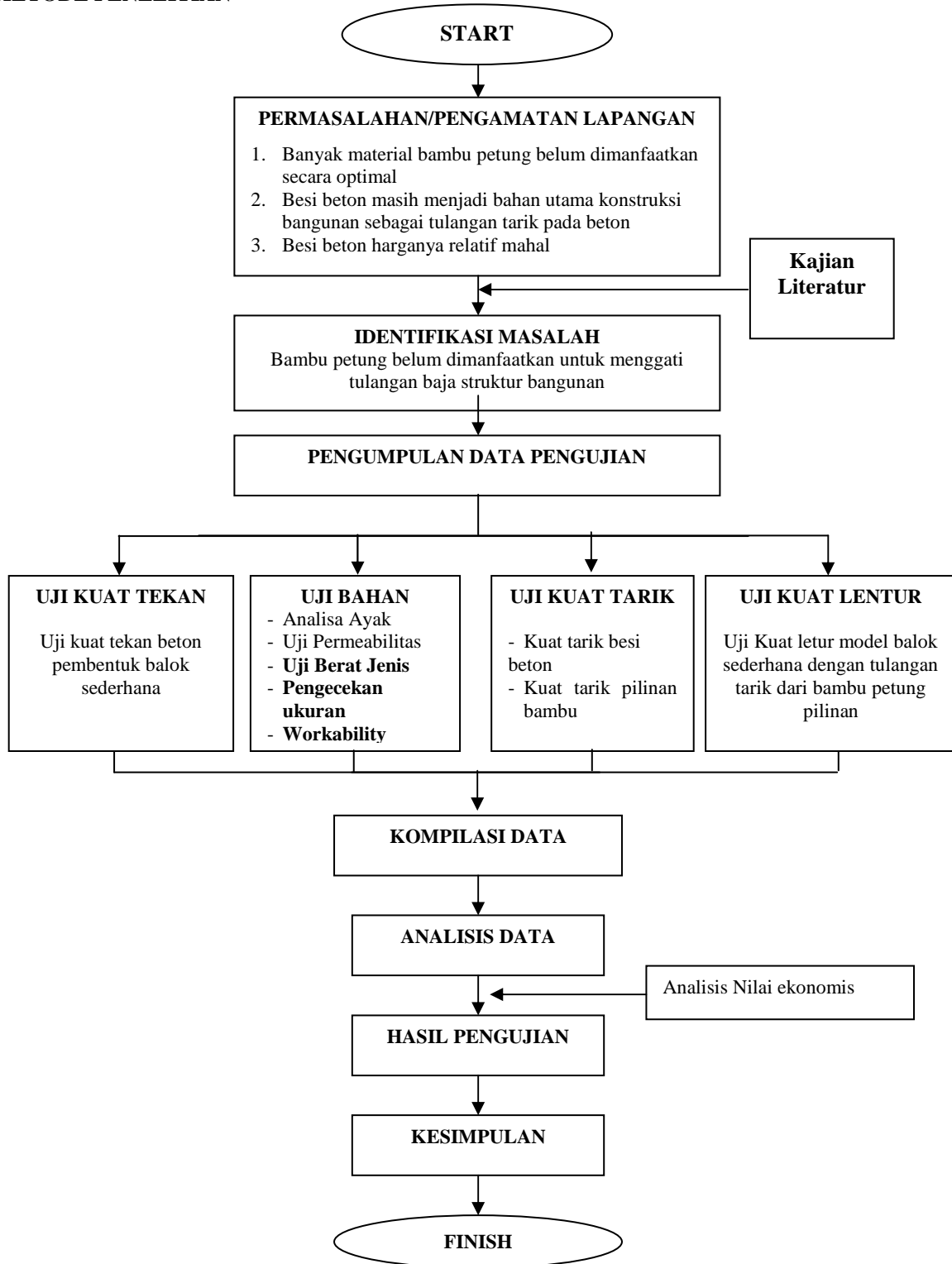
Besarnya Momen Ultimit yang menentukan untuk balok sederhana dengan beban terpusat sebesar  $P_u$  adalah :

$$M_u = \frac{P_u L}{4} \dots\dots\dots (10)$$

Sehingga :

$$P_u = \frac{M_u 4}{L}$$

## METODE PENELITIAN



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

**Bahan** : Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah ; Semen Portland, Agregat halus (pasir), Agregat kasar (split), tulangan dari bambu petung pilinan, besi beton  $\varnothing$  6 mm dan  $\varnothing$  10 mm, Air, Air.

**Alat** : Ayakan agregat, Timbangan kodok, Gelas ukur, Cetakan benda uji kubus, Cetakan balok beton sederhana, Mesin uji tekan.

### Pembuatan Tulangan Bambu Pilinan

Sebagai tulangan digunakan bambu petung, bambu diambil bagian kulit dengan ketebalan 30% dari tebal total Pengambilan bagian kulit dengan pertimbangan bahwa bagian ini relatif cukup padat sehingga sifat higroskopisnya rendah dan kurang memerlukan lapisan air Dengan pertimbangan kembang susut bambu dapat berpengaruh terhadap kuat lekat antara bambu dengan beton, maka untuk mengantisipasinya dengan cara dipilin. Dalam penelitian ini digunakan bilah-bilah bambu sebanyak tiga buah dengan lebar 5 mm, tebal 5 mm dan panjang 2,5 meter disatukan dan diikat dengan kawat bendrat lalu dijepit kemudian dipuntir.

### Mencetak Balok Beton

Beton setelah diaduk harus ditempatkan pada posisi yang ditentukan dan dipadatkan sebelum memulai pengaturan semen. Sebelum pencetakan beton dimulai, harus dipastikan cetakan dipancang dengan kokoh pada posisinya, diminyaki, dibersihkan, dan dikeringkan dari air yang ada. Jika beton dicetak ditanah (mis. sloof), tanah haruslah rata, bersih dan mudah menguap, tetapi tanpa adanya air ketika beton dicetak. Plastik dapat digunakan untuk memastikan tanah bersih. Masukkan adukan kesudut dan sepanjang pinggir cetakan dengan menggunakan sekop atau sendok semen.

### Cara Penelitian

Cara penelitian dibagi dalam beberapa tahap yaitu tahap persiapan, pengadukan, pencetakan, perawatan dan pengujian.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Semen yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam penelitian ini adalah semen Portland jenis I yaitu semen yang digunakan untuk umum. Bahan pengikat ini tidak dilakukan analisis karena

dianggap sudah memenuhi syarat Standar Industri Indonesia (SII).

Air yang dipakai dalam pembuatan benda uji diambil dari air yang berasal dari PDAM yang berada di Laboratorium Bahan Politeknik Negeri Semarang. Kualitas air ini dianggap telah memenuhi persyaratan sebagai bahan pencampur semen dengan agregat, sehingga tidak perlu dilakukan analisis.

Agregat halus berupa pasir muntlan yang diambil dari sungai Krasak yang berhulu pada Gunung Merapi. Agregat halus ini sudah umum digunakan sebagai agregat halus pada pembuatan beton dan merupakan agregat halus yang mempunyai kualitas baik.

Agregat kasar (split) berupa batu pecah yang didapatkan dari daerah Pudakpayung Ungaran Kabupaten Semarang. Agregat kasar ini sudah umum digunakan sebagai agregat pengisi pada pembuatan beton dan merupakan agregat yang mempunyai kualitas baik.

Perencanaan campuran beton menggunakan Job Mix Formula (JMF) dari hasil penelitian yang dilakukan oleh **Supriyadi, Kusdiyono dan Hery Ludiro dalam Jurnal Wahana Teknik Sipil Vol. 11, N0. 3 Hal. 123** untuk proporsi campuran beton dengan berbagai perbandingan bahan disajikan dalam tabel berikut :

**Tabel 1. Proporsi campuran K-225 :**

Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) umur 28 hari	Air	PC	Pasir	Split	
				1/2	3/4
225	0,71	1	1,14	0,89	1,37

### Perencanaan Campuran Beton

Campuran beton direncanakan sedemikian rupa berdasarkan standar yang telah ditetapkan untuk mendapatkan komposisi komponen (unsur) beton basah dengan ketentuan kekuatan tekan karakteristik dan slump rencana. Pada penelitian ini digunakan mutu beton K-225.

### Pembuatan begesting

Begesting dibuat sesuai dengan pemodelan benda uji, yaitu dimensi balok 150 mm x 150 mm dengan panjang bentang balok 65 cm. Dimensi ini

diambil menyesuaikan ketersediaan begesting yang ada di laboratorium. Setelah begesting balok dipersiapkan maka modifikasi tulangan beton dimasukkan kedalam cetakan balok. Posisi peletakkan tulangan ditandai, agar nantinya ketika proses pengujian tidak mengalami kesalahan.



**Gambar 4. Pemasangan Tulangan Komposit Benda Uji Balok**

#### Uji Slump

Uji slump dipergunakan untuk mengetahui kemudahan dalam penuangan adukan beton (*workability*). Sebelum dilakukan pencetakan beton menjadi benda uji dilakukan uji slump yang hasilnya menunjukkan dalam proses pengecoran tidak sulit dituang.

#### Pembuatan Benda Uji Balok

Setelah campuran benda uji dipersiapkan maka campuran beton dituangkan ke dalam cetakan balok yang telah dipersiapkan. Campuran dituangkan 1/3 bagian pertama, kemudian ditusuk-tusuk agar tidak terjadi pemisahan agregat (*segregasi*). Kemudian dituangkan lagi 1/3 bagian kedua dan ditusuk-tusuk. Lalu dituangkan 1/3 bagian terakhir dan ditusuk-tusuk. Kemudian permukaan balok tersebut diratakan



**Gambar 5. Balok Benda Uji**

#### Uji Kuat Tekan

Setelah beton berumur 28 hari, maka benda uji berupa kubus beton yang telah dibuat dilakukan uji tekan. Peralatan yang digunakan adalah Alat Uji Tekan Beton Merk Ele yang berada di laboratorium Bahan Politeknik Negeri Semarang.



**Gambar 6. Uji Kuat Tekan kubus Beton**

**Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton**

No	Kode	Umur (hari)	Ukuran 15 x 15 x 15	Berat (gram)	Kuat Tekan	
					Beban (N)	kg/cm <sup>2</sup>
1	K-225-1	28	225	8200	510	227
2	K-225-1	28	225	8000	521	232
3	K-225-1	28	225	8100	513	228
Rata - rata				8100	515	229

Dari hasil pengujian kuat desak kubus beton dapat di tarik kesimpulan bahwa rata-rata kuat tekan beton adalah 229 kg/cm<sup>2</sup> ini berarti bahwa rata-rata beton tersebut mempunyai mutu K-229, lebih tinggi dari rencana yaitu mutu K-225).

#### Pengujian Kuat Tarik

Berdasarkan benda uji yang dilakukukan uji tarik didapatkan hasil sebagai berikut : Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.



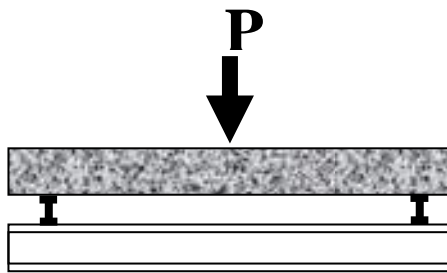
**Gambar 7. Benda Uji tarik Besi Beton dan Pilinan Bambu**

**Tabel 3. Hasil Uji Tarik Benda Uji**

No.	Jenis Benda Uji	$\sigma$ max (kN)	Keterangan
1.	Besi beton	33,5	
2.	Bambu Petung Pilinan	17,5	

#### Pengujian Kuat Lentur Balok Beton

Sesuai dengan model balok benda uji, pengujian yang dilakukan adalah pengujian keruntuhan tarik. Peralatan yang digunakan adalah Alat Uji Tekan Beton Merk Ele yang berada di laboratorium Bahan Politeknik Negeri Semarang.



**Gambar 8. Model Modifikasi Alat Tekan**

Balok disusun sesuai dengan model modifikasi, dengan tongkat piston bagian atas alat tekan yang bergerak berfungsi sebagai beban terpusat P. Besi profil digunakan untuk menyesuaikan kondisi pengujian pada alat tekan balok modifikasi.



**Gambar 9. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Sederhana**

Pada pengujian ini dilakukan uji tarik dengan memodifikasi alat uji tekan. Kekuatan tekan dari hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 3. Hasil pengujian Kuat Lentur Balok Beton**

No.	Jenis Benda Uji	Rata-rata Beban (P) (kN)	Keterangan
1.	Balok beton tulangan tarik bambu pilinan	35	
2.	Balok beton tulangan tarik besi beton	81	dihentikan

Hasil pengujian kuat tekan balok beton dengan tulangan tarik dari bambu pilinan didapatkan rata-rata hasil pengujian 35 kN, Pengujian dihentikan setelah balok beton mengalami keretakan, yang menunjukan adanya keruntuhan tarik dari tulangan bambu pilinan. Sedangkan pada pengujian balok beton tulangan tarik dari besi beton  $\varnothing$  10 mm dihentikan setelah kekuatan tekan mencapai rata-

rata 81 kN, hal ini dilakukan untuk mengantisipasi adanya kekuatan yang berlebih sehingga dapat merusak mesin uji tekan. Keretakan beton menunjukan keruntuhan tarik pada balok beton. Pada balok beton dengan tulangan tarik dari bambu.



**Gambar 10. Keretakan beton**

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dan pembahasan tentang Modifikasi Balok Beton Tulangan Komposit Guna Meningkatkan Daktilitas Dan Efisiensi Anggaran Biaya Pada Konstruksi Bangunan Gedung, seperti diuraikan diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Balok beton komposit dengan tulangan tarik dari pilinan bambu petung dapat dijadikan material bahan bangunan pengganti besi beton.
- Secara visual tampak bahwa kondisi retak retak pada benda uji sama retak-retak arah vertikal.

### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut :

- Modifikasi Balok Beton Tulangan Komposit Guna Meningkatkan Daktilitas Dan Efisiensi Anggaran Biaya Pada Konstruksi Bangunan Gedung masih sebatas eksperimental.
- Untuk dapat lebih detail dalam penerapan hasil penelitian ini, sangat diperlukan suatu kajian yang mendalam secara ekonomi dengan membandingkan dengan hasil produksinya (nilai ekonomis) dari beton serat proporsi ini.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian diperlukan ketekunan, keseriusan untuk mencapai suatu hasil yang maksimal, disamping dana yang diperlukan tidak sedikit, Dalam penelitian ini atas nama tim peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada Polines yang telah membantu pendanaan, UP2M sebagai penyelenggara penelitian ini, Kalab Material, Bapak Sugiyono dan Bapak Tulus yang telah membantu pelaksanaan penelitian dan rekan-rekan yang telah banyak memberikan saran dan masukkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1983. *Pengujian Bahan*, PEDC, Bandung
- Bappeda TK I. Jawa Tengah. 1997. *Pengembangan Sistem Pengolahan Tanah kapur/Gamping (CaO) Menjadi Gipsun Dengan Reaksi Penggaraman*.
- BPKM. 2000. *Modul Bahan Bangunan I*. Politeknik Negeri Semarang.
- D.F. Orchard (1979). "Concrete Technology – Properties and Materials." Applied Science Publishers Ltd, London.
- Marsudi, 2004. *Pemanfaatan Tanah Blangket Sebagai Bahan Utama Konstruksi Bangunan Irigasi Dan Pondasi Rumah Tinggal*, Wahana Teknik Sipil Semarang
- Marsudi, 2009, *Pengembangan Tanah Blangket Asal Desa Jatipohon Sebagai Bahan Pembuatan Batako Untuk Meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (Pad) Kabupaten Grobogan*. Semarang. Penelitian Pengembangan
- Marsudi, 2010, *Batako Tanah Blangket Dengan Bahan Tambah Portland Cement Proporsi 1 : 5, 1 : 10, 1 : 15 dan 1 : 20*. Semarang. Penelitian Terapan
- M.S. Shetty (1986). "Concrete Technology – Theory and Practice." S.Chand & Company Ltd, Ram Nagar New Delhi
- Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan Ir. Bambang Suryanto, MSc. Bandung : PT. Eresco.
- Parhadi, dkk. 2005. *Hasil Pemeriksaan Agregat*. Penelitian Dosen Muda
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI) 1971, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Departemen Pekerjaan Umum
- SKSNI T-15-1991-03. "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung" Departemen Pekerjaan Umum
- Subakti, Aman, 1994. *Teknologi Beton Dalam Praktek*. Surabaya : ITS
- Sudibyo, Ir. 1993. *Teknik Bendungan*. Pradnya Paramitha. Jakarta
- Supriyadi, Kusdiyono dan Heri Ludiro, 2006. *Model Penentuan Proporsi Campuran Beton Secara Lengkap*. Wahana Teknik Sipil. Vol. 11, No. 3. Hal. 115-125.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri. Yogyakarta