

## KARAKTERISTIK BETON TULANGAN ANYAMAN BAMBU PETUNG TERHADAP LEDAKAN TNT

Muhlis A<sup>1</sup>, Muhammad Al Faroqi<sup>2</sup>, Suprpto Siswosukarto<sup>3</sup>, Nurkhamid<sup>4</sup>, M M Siregar<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi Teknik Sipil Pertahanan, Akademi Militer, Jalan Gatot Soebroto Magelang

<sup>3</sup>Departemen TSL FT UGM, Jl. Ir. Sutami No.36, Kientingan, Kec. Jebres, Kota Surakarta,  
Jawa Tengah 57126

### ABSTRAK

Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan karena relatif mudah di bentuk dibandingkan dengan baja. Selain itu, beton dapat di aplikasikan dengan berbagai macam bahan tambahan. Pemanfaatan bahan alternatif selain tulangan baja ialah bambu, karena bambu adalah tanaman yang banyak tumbuh subur di kawasan Indonesia. Fungsi dari bahan alternatif ini adalah untuk mengganti bahan yang sulit di dapat dan mampu menggantikan disaat keadaan terdesak maupun untuk mengubah sifat-sifat beton agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis, atau tujuan lain sebagai penghemat energi terutama pada bidang militer. Penelitian ini dilakukan dengan menguji beton yang menggunakan tulangan bambu, dengan jarak antar tulangan 15 cm dan 10 cm dengan benda uji pembanding yaitu beton tanpa tulangan atau beton normal. Untuk mengetahui hasil pengujian beton yang memiliki dampak terkecil dari ledakan TNT, pengujian dilakukan dengan cara meledakan variasi benda uji beton dengan TNT 450 gr. Berdasarkan pengujian tersebut didapatkan hasil bahwa, dengan jarak antar tulangan didapatkan jarak 10 cm yang memiliki dampak paling ringan dibandingkan dengan benda uji lain, dimana benda uji dengan jarak tulangan 10 cm memiliki skala kerusakan retak dari kecil hingga sedang. berbeda dengan tulangan dengan jarak 15 cm yang mengalami dampak kerusakan retak hingga hancur dengan skala sedang hingga besar.

**Kata-kunci:** Bambu; Beton; Tulangan; TNT

### ABSTRACT

*Concrete is one of the choices as a structural material in construction because it is relatively easy in shape compared to steel. In addition, the concrete can be applied with another additional materials. Utilization of alternative materials other than steel reinforcement is bamboo, because bamboo is a plant that grows abundantly in the region of Indonesia. The function of these alternative materials are materials that are difficult to replace in the can and is able to replace when a state of urgency and to change the properties of the concrete in order to be suitable for a particular job, or economic, or other purposes as saving energy, especially in the military field. This research was conducted by testing concrete using bamboo reinforcement, reinforcement spaced 15 cm and 10 cm with a comparison test object is a concrete without reinforcement or normal concrete. To find concrete test results that have the smallest impact of the explosion of TNT, the testing is done by detonates variation concrete specimen with 1 pound TNT. Based on these tests showed that, with the distance between the reinforcement obtained a distance of 10 cm that has the lightest impact compared with other test objects, where the specimen at a distance of 10 cm reinforcement has cracked damage scale from small to medium.*

**Keywords:** *Bamboo; Concrete; Explosion; Reinforcement; TNT*

## PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Selain itu beton dapat di aplikasikan menjadi berbagai struktur pada sebuah bangunan, contoh sebagai fondasi, pilar penopang maupun dijadikan sebagai dinding. Beton tidak hanya digunakan di lingkungan sipil, tetapi juga di lingkungan militer.

Dalam dunia militer penggunaan beton pada konstruksi bangunan adalah hal yang biasa digunakan, selain itu banyak bangunan taktis di kalangan militer sangat memperhatikan kekuatan beton terhadap daya ledak maupun tembakan dari senjata api agar mengurangi dampak kerusakan yang terjadi. Hal ini merupakan standarisasi yang dimiliki oleh bangunan-bangunan militer dalam mengantisipasi ancaman dari berbagai pihak. Namun, terkadang pembuatan beton terhambat oleh bahan baku yang tersedia terutama pada daerah terpencil yang rawan konflik sangat terbatas contohnya ketersediaan baja tulangan pada daerah terpencil sangat sulit dan walaupun ada harganya akan sangat melambung, maka perlunya solusi untuk menyiasati keadaan tersebut pemanfaatan sumber daya alam yang ada di sekitar wilayah tersebut menjadi kunci alternatif dari permasalahan yang dihadapi. Bisa di ambil contoh pemanfaatan bambu sebagai bahan tambah dapat menjadi alternatif karena tanaman bambu dapat dengan mudah ditemukan di Indonesia dan harganya pun terjangkau.

## METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menguji beton yang menggunakan tulangan bambu, dengan jarak antar

tulangan 15 cm dan 10 cm dengan benda uji pembanding yaitu beton tanpa tulangan atau beton normal. Untuk mengetahui hasil pengujian beton yang memiliki dampak terkecil dari ledakan TNT, pengujian dilakukan dengan cara meledakan variasi benda uji beton dengan TNT 450 gr.

## Alat, Bahan dan Pengujian

Bahan yang digunakan dalam proses pencampuran benda uji adalah :

1. Semen *Portland* ( PC ) Gresik.
2. Agregat halus ( pasir ) diambil dari gunung Merapi di Yogyakarta.
3. Agregat kasar ( kerikil ) diambil dari gunung Merapi di Yogyakarta.
4. Air dari laboratorium Bahan Bangunan Diploma Teknik Sipil Sekolah Vokasi. Universitas Gadjah Mada.
5. Bambu petung diambil dari laboratorium Bahan Bangunan Diploma Teknik Sipil Sekolah Vokasi. Universitas Gadjah Mada.
6. TNT 450 gr.
7. *Exploder*.

## Pembuatan adukan benda uji

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan adukan benda uji adalah sebagai berikut :

Penimbangan bahan-bahan susun meliputi : penimbangan semen, pasir, dan kerikil dengan perbandingan 1 : 2 : 3, yang akan ditimbang harus dalam keadaan kondisi jenuh kering muka, agar tidak menyerap air atau menambah air dalam adukan.

Pencampuran dan pengadukan bahan bahan

1) Uji *slump* yang bertujuan untuk mengetahui tingkat konsisten/kebasahan adukan, nilai *slump* berkaitan dengan tingkat kemudahan untuk dikerjakan/didapatkan dalam cetakan yang besarnya dipengaruhi oleh faktor air semen yang digunakan dalam adukan. Langkah- langkahnya adalah sebagai berikut :

- a) corong dibasahi dengan air dan kemudian ditaruh ditatakan yang rata,basah, tidak menyerap air;
- b) memasukan adukan dalam corong tersebut sekitar 1/3 dari ketinggiannya, lalu dipadat menggunakan alat pemadat dengan cara ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali;
- c) mengisi kembali bagian yang kosong dengan adukan sampai melebihi bagian atas dari kerucut, kemudian dilakukan kembali pemadatan dengan 25 kali tusukan sampai merata pada seluruh permukaan adukan;
- d) akibat penusukan tersebut permukaan tidak rata, sehingga perlu dilakukan perataan menggunakan cetok;
- e) membiarkan adukan selama 30 detik tanpa diganggu, lalu angkat corong kerucut pelan-pelan; dan mengukur penurunan adukan dengan ketinggian corong

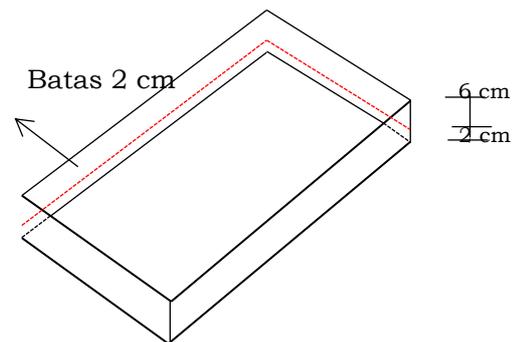
#### **Pembuatan tulangan anyaman bambu**

Batang bambu yang sudah kering dipotong mendekati setebal 1 cm (0,83-0,84 cm) Kemudian batang bambu yang telah dipotong di rangkai membentuk anyaman dengan jarak 15 dan 10 cm kemudian di ikat menggunakan kawat baja



Gambar 1. Tulangan Bambu Jarak 10 dan 15 cm

Sumber : Data Primer  
... x 8, kemudian pada sisi kayu di beri batasan 2 cm untuk batas peletakan tulangan bambu.



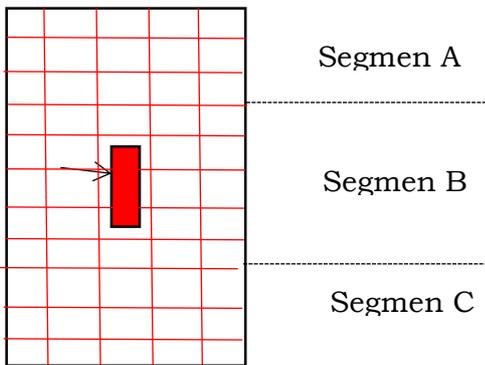
Gambar 2. Sketsa Cetakan Benda Uji  
Sumber : Data Primer

Campuran adukan beton dimasukan kedalam cetakan sampai batas yang sudah disiapkan kemudian ratakan dan padatkan dengan cara ditusuk – tusuk.

Masukan tulangan bambu yang sudah disiapkan kedalam cetakan beton setebal 2 cm kemudian campuran adukan beton dituangkan kembali kedalam cetakan plat beton kemudian diratakan, dengan sendok semen secara merata diseluruh permukaan adukan, agar diperoleh hasil yang merata, sampai penuh setebal 8 cm permukaan atasnya diratakan dengan cetok. Lakukan hal yang sama pada benda uji kedua dan ketiga, untuk benda uji

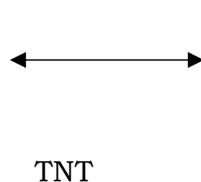
ketiga dibuat tidak menggunakan tulangan anyaman bambu.

Pada pengujian menggunakan bahan peledak benda uji dibagi menjadi tiga segmen yaitu segmen A sebagai segmen atas, segmen B sebagai segmen tengah, segmen C sebagai segmen bawah agar dapat mengetahui dampak ledakan yang ditimbulkan per bagian sehingga dapat terlihat perbedaan antar segmen setelah diledakan. Peledak atau TNT yang digunakan diletakan menempel tepat pada bagian tengah benda uji atau segmen B



Gambar 3. Segmen Pada Benda Uji  
Sumber : Data Primer

Benda uji tersebut kemudian dirangkai menggunakan dudukan yang telah dibuat seperti yang terlihat pada gambar sebagai berikut



Gambar 5 Rangkaian Benda Uji  
Sumber : Data Primer

**PEMBAHASAN**

a. Uji Slump

Dari hasil pengujian slump, nilai slump pada beton yang diuji untuk penelitian ini adalah 3,8333 cm. Hal ini berarti tingkat kelecakannya baik, sehingga semakin mudah pengerjaanya (nilai *workability* tinggi).

b. Berat Jenis Pasir

Hasil pemeriksaan berat jenis sebesar 2,592 berarti pasir tersebut telah memenuhi syarat. Karena syarat pasir yang baik untuk campuran adukan beton adalah 2,4 – 2,9.

c. Modulus Halus Butiran Pasir

Berdasar persamaan modulus halus butiran Beton Modulus (MHB) =  $\frac{\sum \text{berat komulatif}}{100}$  MHB =  $\frac{351,09}{100} = 3,5109$

The diagram shows a sieve analysis setup. A vertical stack of sieves is supported by a frame. A red square representing the sample is placed between two sieves. A horizontal arrow labeled 'TNT' points towards the sample. The text 'Berdasar persamaan modulus halus butiran Beton Modulus (MHB) = \frac{\sum \text{berat komulatif}}{100} MHB = \frac{351,09}{100} = 3,5109' is written to the right of the diagram.

Gambar 4 Sketsa Rangkaian Benda Uji  
Sumber : Data Primer

Tabel 1. Hasil Pengujian MHB Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal		Berat Kumulatif Tunggal (%)	Berat Kumulatif Lewat Ayakan (%)
	(gr)	(%)		
4,80	113,2	5,77	6,35	93,65
2,40	443,5	22,6	3123	68,77
1,20	358,9	18,3	51,37	48,63
0,6	340	17,3	70,45	29,55
0,3	384,3	19,6	92,01	7,99
0,15	136,7	6,97	99,68	0,32
Sisa	5,8	0,30	-	-
	1782,4	100	388,65	-

Sumber : Data Pengujian

d. Berat Jenis Kerikil

Menurut hasil pemeriksaan diatas menunjukkan kerikil yang dipakai dalam penelitian ini merupakan agregat yang keras dan tidak berpori. Hal ini memenuhi syarat bahwa kerikil tersebut sebagai bahan penyusun adukan beton. Sifat keras kerikil diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula. Sifat tidak berpori, untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.

e. Modulus Halus Butiran Kerikil

Hasil pemeriksaan modulus halus butiran kerikil dalam penelitian ini yaitu:

Berdasarkan persamaan modulus haks butiran, maka didapat :

$$\text{Modulus Halus (MHB)} = \frac{\sum \text{berat kumulatif}}{100}$$

$$\text{MHB} = \frac{606,4}{100} = 6,064$$

Gradasi kerikil masuk daerah I (kasar).

Pemeriksaan ini adalah salah satu cara untuk mengetahui nilai kehalusan atau kekasaran suatu agregat. Jadi tingkat kehalusan atau kekasaran agregat dalam penelitian ini yaitu 3,8221. Hal ini berarti Kerikil yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat sebagai bahan campuran adukan beton.

Tabel 2. Hasil Pengujian MHB Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal		Berat Kumulatif (%)	Berat Kumulatif Lewat Ayakan (%)
	(gr)	(%)		
40			0	100
20	86	9,4	9,48	90,52
10	008	0,4	9,95	90,05
4,8			9,95	90,05
2,4			,95	90,05
1,2			9,95	90,05
0,6			9,95	90,05
0,3			9,95	90,05
0,15			9,95	90,05
Sisa	,3	.05	-	-
Jumlah	495,3	00	19,13	80,87

Sumber : Data Pengujian

f. Kandungan Lumpur pada Pasir

Hasil pemeriksaan Kandungan Lumpur pada Pasir dalam penelitian ini, didapat:

$$\text{Kandungan Lumpur pada Pasir} = \frac{500-495}{495} \times 100\% = 1\%$$

Hasil pemeriksaan Kandungan Lumpur pada Pasir sebesar 1% berarti pasir tersebut telah memenuhi syarat adukan beton. Karena syarat Kandungan Lumpur pasir yang baik untuk campuran adukan beton menurut PUBI adalah Maksimum 5%.

g. Kandungan Lumpur pada Kerikil

Hasil pemeriksaan Kandungan Lumpur pada kerikil dalam penelitian ini, didapat:

$$\text{Kandungan Lumpur pada Kerikil} = \frac{2000-1960}{1960} \times 100\% = 2\%$$

Hasil pemeriksaan Kandungan Lumpur pada Kerikil sebesar 2% berarti kerikil tersebut tidak memenuhi syarat. Karena syarat untuk campuran adukan beton menurut PUBI adalah Maksimum



1%, sehingga kerikil tersebut harus dicuci lagi terlebih dahulu sebelum dipakai sebagai bahan campuran.

h. Pengaruh Bambu Terhadap Ledakan

Penggunaan tulangan bambu pada benda uji membuat beton terikat pada

tulangannya, sehingga beton tidak hancur berkeping-keping. Jarak dari anyaman bambu berpengaruh, sehingga semakin rapat bambu akan semakin baik daya lekat beton tersebut. Data dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Data kerusakan beton tulangan 15 cm

Segmen	Pola Kerusakan	Karakteristik Kerusakan
A	Terjadi retakan.	Pola retakan yang terjadi pada segmen ini akibat dari getaran detonasi yang dimiliki oleh TNT tersebut sehingga membuat segmen ini mengalami retakan, skala retakan pada segmen A kecil hingga besar.
B	Patah dan hancur.	Segmen ini terkena efek <i>blasting</i> dari TNT, terbagi menjadi pecahan-pecahan besar, tulangan patah dan hancur.
C	Retak	Karakteristik kerusakan pada segmen ini terjadi retakan dengan skala kecil hingga sedang.

Dengan menggunakan persamaan  $m = \rho \times V$ , dapat ditemukan berat benda uji sebelum diledakan dengan hasil di bawah ini.

$$m = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,032 \text{ m}^3 = 76,8 \text{ kg}$$

Setelah dilakukan pengujian dengan bahan peledak dan didapatkan hasil pecahan yang dapat dihitung menggunakan persamaan 3.12.

$$m' = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,016 \text{ m}^3 = 38,4 \text{ kg}$$

Untuk mengetahui persentase beton yang hilang dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 3.13.

$$(76,8 \text{ kg} - 38,4 \text{ kg}) \times 100\% = 50 \%$$

Penggunaan tulangan dengan jarak 15 cm persentase beton yang hilang adalah 50 %.

Kerusakan yang terjadi beton dengan tulangan berjarak 15 cm dapat dilihat dari bentuk fraksi (pecahan) yang terjadi, pada benda uji pertama fraksi yang dihasilkan terbagi menjadi 3 bagian besar pada segmen A benda uji terjadi retak kemungkinan diakibatkan karena getaran dan runtuhnya segmen A. berbeda dengan segmen B dimana beton yang ada hancur karena efek *blasting* yang terjadi dimana fraksi yang ditimbulkan sebagian hilang dan hancur, tulangan pada segmen B patah sehingga tidak ada penopang untuk benda uji tersebut namun fraksi yang dihasilkan tidak berupa pecahan tajam. Pada segmen C benda uji mengalami kerusakan retak dan ada pecahan kecil pada bagian atas akibat efek *blasting* TNT namun tulangan tetap utuh dan benda uji tidak runtuh.



Gambar 7. Plat Beton Tulangan  
Bambu 10 cm  
Sumber : Data Primer

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian pada benda uji dengan tulangan bamboo petung berjarak 10 cm.

Tabel 4. Data kerusakan beton tulangan 10 cm

Segmen	Pola Kerusakan	Karakteristik Kerusakan
A	Terjadi retakan.	Pola retakan yang terjadi pada segmen ini akibat dari getaran detonasi yang dimiliki oleh TNT tersebut sehingga membuat segmen ini mengalami retakan dengan skala retak sedang hingga besar.
B	Pecahan besar, dan tulangan patah.	Segmen ini terkena efek <i>blasting</i> dari TNT, terbagi menjadi pecahan-pecahan besar, dan sebagian tulangan patah menunjukkan pada bagian ini terkena dampak paling besar.
C	Retak.	Kerusakan tidak separah segmen A dan B terjadi retakan dengan skala kecil namun beton masih mengikat pada tulangan.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian lapangan, dampak dari kerusakan beton dapat dilihat perbedaannya. Pada dasarnya beton dengan jarak tulangan 15 dan 10 pada segmen A mengalami pola kerusakan hanya berkisar terjadinya retakan baik dari skala sedang hingga besar. Pada segmen B disetiap benda uji memiliki dampak terbesar karena pada segmen B TNT diletakkan, sehingga pola kerusakan

yg ditimbulkan semakin besar, terjadinya fraksi yang besar pada benda uji. Pada segmen C pola kerusakan hanya terjadi retakan. Benda uji yang memiliki pola dan dampak kerusakan paling kecil adalah benda uji dengan jarak tulangan 10 cm.

Karakteristik benda uji setelah diledakan menunjukkan beton yang terkena efek *blasting* akibat ledakan TNT menjadi pecahan-pecahan besar pada benda uji yang menggunakan tulangan karena beton yang menggunakan tulangan memiliki daya ikat (*conveyment*) antara beton dan tulangannya, berbeda dengan beton normal yang tidak memiliki kelekatan sehingga beton normal cenderung hancur menjadi serpihan tajam.

Penambahan bambu sebagai tulangan pada beton mampu meningkatkan kekuatan beton itu sendiri. Dilihat dari dampak ledakan yang terjadi beton normal cenderung hancur karena beton normal tidak memiliki efek pengikat (*conveyment*) berbeda dengan beton yang menggunakan tulangan bambu yang memiliki efek *conveyment* antara beton dengan tulangan sehingga beton memiliki kekuatan lebih baik dibandingkan beton normal.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Gubernur Akmil, Kakordos dan Kaprodi Niksipilhan serta Sekolah Vokasi UGM Prodi Teknik Sipil yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

Abrams, Duff.1919. *Teknologi Beton*, Terjemahan Indonesia, Gramedia, Jakarta.

- Antono, A., .1995. *Teknik Beton*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Janssen, J.J.A, *Bamboo in Building structures*, university of Technology og Eindhoven, Netherland.
- Mulyono Tri, MT.2003. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- Murdock, L.J, & Brook K.M.1986. "*Bahan dan Praktek Beton*", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nasution, A.,. 2009. *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*, Penerbit ITB, Bandung.
- Nawy, E. G., *Beton Bertulang - Suatu Pendekatan Dasar*, PT Refika Aditama, Bandung, 2010.
- Morisco, *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta, 1999.
- Paul, Nugraha, *Teknologi Beton*. 2007. Andi, Yogyakarta.
- Servie O. D., Marthin D. J. S., *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*.2013.Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia, *SNI 7394-2008 Pekerjaan Beton*, 2008.
- Standar Nasional Indonesia, *SNI 03-2847-202- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- Standar Nasional Indonesia , *SNI 1972 – 2008 - Pengujian Slump*
- Sutikno, 2003 : 2. *Penjelasan Beton*, UGM Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1996, *Teknologi Beton*, Yogyakarta : Nafiri.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1995, *TEKNOLOGI BETON*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.