



# UNIVERSITAS MERDEKA MALANG

## FAKULTAS TEKNIK

Status : Program Studi Teknik Sipil - Terakreditasi  
 Program Studi Teknik Mesin - Terakreditasi  
 Program Studi Arsitektur - Terakreditasi

Program Studi Teknik Industri - Terakreditasi  
 Program Studi Teknik Elektro - Terakreditasi

Jl. Taman Agung No.1 Malang, 65146 Telp./Fax. : (0341) 560836 / 568395 Pes. 658

<https://ft.unmer.ac.id> [ft@unmer.ac.id](mailto:ft@unmer.ac.id)

### SURAT KETERANGAN PEMERIKSAAN KEMIRIPAN

No. 021 / PSTS / FT / UM / 11 / 2024

Tim pemeriksa kemiripan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang menerangkan bahwa telah selesai melakukan pemeriksaan kemiripan dengan membandingkan dari berbagai sumber menggunakan perangkat lunak Turnitin, terhadap karya ilmiah :

Nama : JOFAN EKA PRASETYA  
 NIM : 16041000030  
 Jenis Karya Ilmiah : Naskah Tugas Akhir  
 Judul : STUDI PENELITIAN PENGARUH SPACING TULANGAN TRANSVERSAL BAMBU SEBAGAI PENGEKANG TERHADAP KUAT TEKAN BETON TERKEKANG DENGAN TULANGAN MEMANJANG BAMBU  
 Hasil cek kemiripan : 12%

NO	PRIMARY SOURCE	PERCENTAGE
1	Submitted to Universitas Merdeka Malang Student Paper	11%
2	adoc.pub Internet Source	1%
3	repository.its.ac.id Internet Source	1%
4		
5		

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana semestinya.

Mengetahui;  
 A.n. Dekan  
 Ka. Prodi

Dr. Ninik Catur E. Y., S.T., M.T.  
 NIP. 197009042005012001

\*) Dilampiri hasil cek similarity Turnitin

Malang, .....  
 Petugas,

Syahdhia Cahyadi, ST  
 NIP. 1121/YPTM



# TA\_16041000030

*by* Jofan Eka Prasetya

---

**Submission date:** 14-Nov-2022 09:20AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1952970324

**File name:** TA\_JOFAN\_16041000030\_091122.doc (12M)

**Word count:** 13460

**Character count:** 77808

**STUDI PENELITIAN PENGARUH SPACING TULANGAN TRANSVERSAL  
BAMBU SEBAGAI PENGEKANG TERHADAP KUAT TEKAN BETON  
TERKEKANG DENGAN TULANGAN MEMANJANG BAMBU**

**JOFAN EKA PRASETYA – 1604100030**

## ABSTRAK

Prasetya, Jofan Eka 16041000030, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Merdeka Malang, menulis skripsi tentang “**Studi Penelitian Pengaruh Spacing Tulangan Transversal Bambu Sebagai Pengekang Terhadap Kuat Tekan Beton Terkekang Dengan Tulangan Memanjang Bambu**”

Pembimbing : Ir. Dionisius T.A.B., MT dan Ninik Catur E.Y., ST, MT.

---

Penggunaan material baja tulangan yang semakin meningkat, menjadikan baja memiliki harga yang mahal. Selain itu baja yang merupakan bahan yang tidak bisa diperbaharui. Hal itu menuntut pelaku pembangunan untuk mencari bahan alternatif pengganti tulangan baja yang mudah ditemukan dan bisa diperbaharui. Salah satu alternatif adalah bambu. Bambu memiliki tekstur yang keras dan ulet, mempunyai tarik kuat baik yang bisa mengimbangi sifat getas beton. Maksud penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh spacing tulangan transversal bambu terhadap kuat tekan beton terkekang dengan tulangan memanjang bambu.

Pada penelitian ini bermaksud memahami pengaruh spacing tulangan transversal bambu pada kuat tekan beton terkekang dengan tulangan memanjang bambu. Kuat tekan aksial beton dengan variasi spacing tulangan transversal bambu dengan spacing 20 mm, spacing 40 mm dan spacing 70 mm. Benda uji dengan ukuran  $\phi 11 \times 30$  (t) cm masing-masing variabel 3 buah benda uji dengan total 9 benda uji. Kegiatan uji dilaksanakan pada beton terkekang yaitu kuat tekan aksial beton yang memakai alat uji *UTM (Universal Testing Machine, ASTM C-192)*.

Bersadar perolehan terhadap uji yang dilakukan membuktikan jika kuat tekan aksial beton terkekang bertulang bambu teoritis lebih besar nilainya dibanding kuat tekan beton bertulang bambu eksperimental variasi spacing 20 mm, spacing 40 mm dan spacing 70 mm. Pada variasi Spacing 20 mm kuat tekan aksial beton experimetal rata-rata 15,88 Mpa kuat tekan beton teoritis 22,77 Mpa, variasi Spacing 40 mm kuat tekan aksial beton experimetal rata-rata 13,91 Mpa kuat tekan beton teoritis 18,22 Mpa, variasi Spacing 70 mm kuat tekan aksial beton experimetal rata-rata 11,39 Mpa kuat tekan beton teoritis 16,65 Mpa. Memiliki perbedaan sebesar 28,38% untuk spacing 20 mm, 23,64% untuk spacing 40 mm, dan 31,61% untuk spacing 70 mm.

**Kata Kunci:** *Spacing Tulangan Bambu, Tulangan Transversal Bambu, Beton Terkekang, Kuat Tekan*

## ABSTRACT

Prasetya, Jofan Eka 16041000030, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, The University of Merdeka Malang, write a thesis about **“Research Study Influences Spacing of Transverse Bamboo Bones As a Restraint Against Strong Pressing Concrete Restrained With Bamboo Elongated Reinforcement.”**

Thesis Supervisor : Ir. Dionisius T.A.B., MT and Ninik Catur E.Y., ST, MT.

---

*The increasing use of reinforcement steel materials, making steel has a high price. In addition, steel is a material that cannot be renewed. It requires development actors to look for alternative materials to replace steel reinforcements that are easy to find and can be renewed. One alternative is bamboo. Bamboo has a hard and tenacious texture, has a strong pull strong enough to be good enough to compensate for the shaken nature of concrete. The purpose of this study was to find out the effect of spacing of transverse bamboo bones on the strong pressing of unfettered concrete with bamboo elongated reinforcement.*

*In this study, it aims to find out the effect of bamboo transverse bone spacing on strong concrete press constrained with bamboo elongated reinforcement. Strong concrete axial press with spacing variations of transverse bamboo reinforcement with spacing of 20 mm, spacing 40 mm and spacing 70 mm. Test objects with a size of  $\phi 11 \times 30$  (t) cm each variable 3 test objects with a total number of 9 test objects. The tests carried out on unfettered concrete are strong concrete axial press using UTM (Universal Testing Machine, ASTM C-192) test equipment.*

*Based on the results of the tests conducted obtained that the strong axial press of unfettered concrete with theoretical bamboo bony is greater in value compared to the strong press concrete reinforced bamboo experimental with spacing variations of 20 mm, spacing 40 mm and spacing 70 mm. At spacing variation 20 mm strong axial press experimental concrete averages 15.88 Mpa strong theoretical concrete press 22.77 Mpa, spacing variation 40 mm strong axial press experimental concrete average 13.91Mpa strong theoretical concrete press 18.22 Mpa, spacing variation 70 mm strong axial press experimental concrete average 11.39 Mpa strong theoretical concrete press 16.65 Mpa. It has a difference of 28.38% for spacing of 20 mm, 23.64% for spacing of 40 mm, and 31.61% for spacing of 70 mm.*

**Keywords: Spacing Of Bamboo Reinforcement, Transverse Bone Bone Bamboo, Unfettered Concrete, Strong Press.**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Beton secara luas dimanfaatkan untuk bagian utama pada struktur bangunan. Ini karena substansial memiliki beberapa keunggulan dibanding bahan lain contohnya, memiliki kekuatan tekan yang besar, mudah dikerjakan dan tahan api. Meskipun demikian, beton juga memiliki kelemahan termasuk elastisitas yang rendah. Maka untuk mengatasi kelemahan tersebut, digunakan baja sebagai penopang material yang memiliki kekakuan tinggi. Seiring dengan meningkatnya penggunaan baja, harga baja di pasar semakin mahal dan sedikit.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mencari bahan pengganti baja tulangan yang mudah dibisa serta terbarukan. Bambu merupakan pilihan yang bisa dimanfaatkan untuk solusi. Bambu merupakan bahan bangunan yang berasal dari sumber yang terbarukan, mudah dibisa di Indonesia, dan harganya murah. karena ketersediaannya yang luas di sana. memiliki tekstur yang ulet, keras dan mudah dikerjakan. Bangunan struktural dan non-struktural bisa menggunakan bambu. Karena kekuatan tariknya yang relatif tinggi, bambu bisa mengimbangi sifat getas beton dan dijadikan sebagai alternatif tulangan baja (Dharma Putra et al., 2007). Karena merupakan produk alami, mudah ditanam, cepat tumbuh, dan memiliki kekuatan tarik tinggi yang mendekati baja, bambu dipilih sebagai alternatif untuk tulangan baja. Rocco Morisco.

Beberapa pemeriksaan pada beton yang diikat dengan tumpuan silang telah dilakukan oleh beberapa ahli terdahulu, yang konsekuensinya menunjukkan dampak pembatasan pada peningkatan kuat tekan semen. Penelitian yang diarahkan oleh Febry Ramadhan (2019) tentang dampak varietas di suatu tempat jauh dari dukungan silang di bagian segmen bulat pendek yang dibangun oleh CFRP (Carbon Fiber Built up Polymer) pada kekuatan tekan hub. Dengan contoh segmen pendek dengan penampang bulat diperkirakan 150 mm x 300 mm. Memanfaatkan cross over support

baja bangunan 6 mm dan jenis cross over support yang memisahkan 52 mm, 36 mm, dan 27 mm. Benda uji menggunakan beton bersifat  $f_c$  22,5 MPa yang dilapisi dengan CFRP (Carbon Fiber Supported Polymer). Hasil tinjauan menunjukkan bahwa pada pemisahan sengkang yang paling tidak tembus, yaitu 27 mm, kuat tekan poros meningkat sebesar 51,49% dibandingkan dengan tanpa menggunakan sengkang.

Penelitian tentang pengaruh pengekangan dengan varietas di suatu tempat yang jauh dari sengkang pada perluasan batas kekuatan segmen dalam menbisakan kuat tekan poros dilakukan oleh Arry Kurniansya, et al (2013). Menggunakan contoh segmen estimasi 120 mm x 120 mm x 600 mm dengan penyangga lingkaran baja 5,6 mm dan variasi pendispersian sengkang 130 mm, 90 mm dan 50 mm. Contoh menggunakan semen kualitas 23,28 MPa. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa pada pendispersian sengkang yang paling aman, yaitu 50 mm, kuat tekan hub meningkat sebesar 7,38% dibandingkan dengan tanpa menggunakan sengkang.

Dari pemeriksaan sebelumnya, ada perbedaan dengan penelitian ini mengingat dukungan silang dan dukungan longitudinal untuk penelitian ini menggunakan dukungan bambu yang tidak sama dengan penelitian sebelumnya yang melibatkan dukungan baja sebagai dukungan longitudinal dan dukungan silang. Mengingat perbedaan antara penelitian momentum dan eksplorasi masa lalu, dalam ulasan ini dibuat penelitian yang berjudul **“Studi Penelitian Pengaruh Spacing Tulangan Transversal Bambu Sebagai Pengekang Terhadap Kuat Tekan Beton Terkekang Dengan Tulangan Memanjang Bambu”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Mengingat konteks sebelumnya, penelitian ini menghadapi sejumlah masalah, termasuk sebagai berikut:

1. Apa pengaruh jarak tulangan longitudinal longitudinal bambu terhadap kuat tekan beton terkekang?
2. Berkenaan dengan perbedaan jarak antara tulangan bambu memanjang dan tulangan bambu melintang, berapakah kuat tekan maksimum beton?
3. Apa yang membedakan temuan teoretis dan eksperimental dari kuat tekan beton bertulang bambu memanjang?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian, signifikan untuk membatasi permasalahan supaya tidak semakin besar. Berikut batasan masalah:

1. Kualitas beton rencana adalah  $f'c$  20,75 Mpa.
2. Prosedur SNI 03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal) digunakan dalam rencana campuran beton (Mix Design).
3. Menggunakan standar ASTM C-192 untuk pengujian, menentukan kuat tekan beton bertulang bambu.
4. Bambu petung digunakan sebagai tulangan melintang berukuran 2 x (1,5 mm x 5 mm), dan tulangan memanjang 10 mm x 10 mm.
5. Benda uji dari jenis berikut:
  - Benda uji ialah tulangan bambu melintang ukuran 2 x (1,5 mm x 5 mm) dan tulangan bambu memanjang berukuran 10 mm x 10 mm. Digunakan Universal Testing Machine (UTM) untuk melakukan pengujian untuk mengetahui tegangan luluh tulangan bambu.
  - Tulangan bambu dengan dimensi 2 x (1,5 mm x 5 mm) sebagai tulangan melintang dan 10 mm x 10 mm sebagai tulangan memanjang ditekan ke dalam benda uji beton berukuran 110 mm x 300 (t) mm agar mengetahui kuat tekan beton.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:



1. Untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton bertulang dengan tulangan memanjang bambu dipengaruhi oleh jarak antar tulangan melintang.
2. Mengetahui kuat tekan maksimum beton dalam kaitannya dengan perbedaan jarak antara tulangan memanjang bambu dan tulangan melintang bambu.
3. Mengetahui perbedaan hasil eksperimen dan teoritis kuat tekan beton bertulang dengan tulangan longitudinal bambu

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Temuan penelitian diharapkan bisa bermanfaat bagi industri bahan bangunan dengan meningkatkan kesadaran akan bambu sebagai bahan alternatif tulangan baja untuk kuat tekan beton bertulang. Untuk mengetahui bahwa bambu layak dimanfaatkan untuk menggantikan penyangga baja sebab bambu mempunyai elastisitas tinggi.

Pengembangan ekonomi masyarakat bisa memperoleh manfaat dari pemanfaatan bambu, khususnya petani bambu. Pengrajin bambu bisa menemukan lapangan kerja baru sebagai akibat dari penggunaan bambu sebagai bahan perkuatan pengganti baja. Bisa mengurangi kerusakan lingkungan akibat penambangan bijih besi dan membantu mengurangi penggunaan baja tulangan sebagai bahan konstruksi karena tulangan bambu lebih murah.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya Yang Terkait

1. **Pengaruh pengekangan (convinement) dengan variasi jarak sengkang terhadap peningkatan kapasitas kekuatan kolom (Arry Kurniansyah, dkk, 2013)** menyelidiki bagaimana kekuatan kolom dipengaruhi oleh jarak sengkang. Benda uji kolom berdimensi 12 cm x 12 cm x 60 cm dimanfaatkan sebagai pengujian eksperimental.dengan benda uji kolom tanpa sengkang dan sengkang yang diberi jarak 5 cm, 9 cm, dan 13 cm terpisah. Tulangan baja 7,6 mm dengan kekuatan luluh 282,85 MPa digunakan untuk tulangan longitudinal. Tulangan sengkang setebal 5,6 mm dan memiliki kekuatan luluh 294,10 MPa. Studi menemukan bahwa ketika jarak sengkang dikurangi menjadi 50 mm , kuat tekan aksial meningkat sebesar 7,38% dibandingkan saat tidak digunakan sengkang.
2. **Pengaruh variasi jarak tulangan transversal pada kolom pendek penampang bulat yang di perkuat CFRP (Carbon Fiber Rainforced Polymer) terhadap kemampuan menerima kuat tekan aksial, (Feby Ramadhan, 2019).** Maksud penelitian ini yaitu sebagai pengetahuan mengenai variasi jarak tulangan transversal kolom penampang mempengaruhi kapasitasnya untuk menerima kuat tekan aksial. Dengan menggunakan benda uji kolom pendek dengan penampang bulat 150 mm x 300 mm, kolom benda uji tanpa tulangan melintang, dan tiga jarak yang berbeda antara tulangan melintang (52 mm, 36 mm, dan 27 mm). Baja tulangan 6 digunakan dalam tulangan transfer.menggunakan CFRP Sika Wrab dan beton dengan kualitas  $f_c$  22,5 MPa. studi menemukan bahwa ketika tulangan transfer digunakan pada jarak sedekat mungkin, 27 milimeter dengan kekuatan tekan aksial meningkat 51,49%.
3. **Pengaruh jarak sengkang terhadap kapasitas beban aksial maksimum kolom beton berpenampang lingkaran dan segi empat, (Febrianti Kumaseh, dkk, 2015).** Melalui percobaan laboratorium, tujuan dari

penelitian ini adalah sebagai evaluasi dan pengetahuan mengenai pengaruh jarak sengkang pada kapasitas beban aksial maksimum kolom beton dengan penampang lingkaran dan persegi panjang. Kegiatan uji dilaksanakan untuk benda uji dengan penampang lingkaran berdiameter 150 mm dan tinggi 500 mm, serta kolom penampang persegi panjang dengan panjang, lebar, tinggi 150 mm, 150 mm, dan 500 mm, serta jarak sengkang masing-masing 55 mm, 100 mm, dan 145 mm. Pada silinder beton polos berukuran 150 x 300 mm, beton tersebut dilakukan pengujian kuat tekan. Tulangan behel 6 mm, dan tulangan longitudinal 10 mm. Hasil pengujian pada umur 28 hari untuk kolom beton dengan penampang persegi panjang untuk jarak sengkang 55 mm dibisa nilai rata kapasitas beban aksial kolom, P1 sebesar 639,9 kN, serta kuat tekan h beton,  $f'c1$  sebesar 27,74 MPa. Lalu terjadi peningkatan sebesar 16,06% pada P2 dan peningkatan  $f'c2$  sebesar 1,98% pada sengkang 100 mm. Selanjutnya, P3 dan  $f'c3$  mengalami penurunan sebesar 19,32 persen dan 14,89% masing-masing pada sengkang 145 mm. Nilai rata-rata kapasitas beban aksial kolom P4 berjarak sengkang 55 mm adalah 442,867 kN, serta kuat tekan beton,  $f'c4$ , adalah 24,53 MPa, sesuai dengan hasil pengujian kolom penampang lingkaran. Selain itu, P5 meningkat 0,94% dan  $f'c5$  meningkat 9,11% dengan jarak 100 mm. Ada peningkatan 2,54% pada P6 serta penurunan 1,13% pada  $f'c6$  sengkang 145 mm.

## 2.2 Teori Beton Bertulang

Menurut Tjokrodimuljo (1992), beton dibuat dengan menggabungkan berbagai limbah non kimia dengan semen portland, agregat kasar dan halus, air, serta bahan lainnya. Beton dicampur dengan banyak tulangan, dan jumlah tulangan direncanakan sedemikian rupa sehingga ia memiliki penampang di mana kedua bahan saling mendukung dan menahan gaya akting. Ini disebut beton bertulang. Menurut Tjokrodimuljo (2007), berat jenis beton untuk struktur adalah antara 2300 dan 2400 kg/m<sup>3</sup>.

### **2.2.1 Material Beton Bertulang**

#### **1. Semen (PC)**

Menurut Bonardo Pangaribuan dan Holcim, semen merupakan bahan perekat yang memiliki kemampuan untuk menyatukan bahan padat secara kompak.

Bahan utama campuran beton, semen, mengisi ruang udara di antara butir-butir agregat dan mengikatnya menjadi satu massa padat. Kualitas beton itu sendiri didasarkan pada kualitas semen. Saat menyimpan semen, faktor-faktor berikut harus diperhatikan memperhitungkan:

- a. PC bekas yang sebanding dengan NI-18, masih dalam kondisi tas baru atau utuh, dan memenuhi spesifikasi SNI 03-2847-2013.
- b. Jika sudah disimpan dalam waktu lama, maka harus diuji terlebih dahulu oleh laboratorium yang berkompeten.
- c. Semen harus diangkut ke lokasi pekerjaan dalam kondisi yang tidak lembab, dan lokasinya harus kering.
- d. Seharusnya tidak digunakan jika menyapu dan membatu.

#### **2. Agregat Halus (Pasir)**

Agregat halus merupakan bahan pengisi berbahan dasar pasir bisa ditambahkan pada mortar atau beton untuk membuat campuran bahan pengisi. Ukuran agregat halus berkisar dari no. 4 hingga filter no.100 standar Amerika. Tidak adanya bahan organik, tanah liat, dan partikel lebih kecil dibanding saringan No.100 yang berpotensi merusak campuran beton sesuai dengan persyaratan SNI 03-2847-2013. Persyaratan pasir meliputi:

- a. Butir harus tajam dan keras, tidak bisa dimusnahkan oleh tangan atau elemen.
- b. Jumlah lumpur yang diizinkan kurang dari 5%.
- c. Butir-butir sisa di atas 4 mm, yang dipisahkan dengan pengayakan dengan ayakan 150, menyumbang setidaknya 10% dari berat butiran yang tersisa di atas saringan 0,25 mm dan berkisar 80% sampai 90% dari berat.

#### **3. Agregat Kasar (Batu Pecah)**

Agregat kasar disebut kerikil, diproduksi oleh pemecahan alami batu menjadi batu pecah, dibisa dari industri penghancuran batu. Total kasar memiliki ukuran antara 4,76 mm - 150 mm. Persyaratan berikut untuk batu pecah/kerikil yang harus dipenuhi agar agregat kasar bisa digunakan sebagai pengisi beton:

- a. Butirnya bersih, keras, dan tidak berpori.
- b. Tidak terpengaruh oleh cuaca
- c. Mengandung kurang dari satu persen lumpur.
- d. Warnanya harus hitam abu-abu mengkilap.

#### 4. Air

Fungsi air dibutuhkan memulai proses kimia semen, untuk membasuh agregat, serta untuk menyampaikan kemudahan pada pengerjaan beton. Akibatnya, air sangat penting untuk proses beton dibuat.

Minyak, asam sulfat, asam basa, garam, zat organik, atau bahan lain yang tidak ada dalam air, bisa membahayakan bangunan digunakan di seluruh proses. Selain memenuhi SNI 03-2847-2013, air yang digunakan harus disertai dengan hasil uji laboratorium. Air tawar dari sungai, kolam, danau, dan badan air lainnya bisa dimanfaatkan.

#### 2.2.2 Sifat Mekanisme Beton Bertulang

##### 1. Sifat Kemudahan dikerjakan (*Workability*)

Bentuk keringanan campuran beton bisa dicampur, dibawa, dituangkan serta dikeraskan. Keringanan pengerjaan beton segar diakibatkan:

- a. Banyak air yang digunakan pada campuran beton. semakin banyaknya air digunakan, semakin ringan beton segar bekerja namun total air yang banyak bisa mempengaruhi kuat tekan beton.
- b. Menambahkan semen ke campuran. Semakin berlimpah jumlah semen, semakin segar beton semakin ringan diaktivasikan.
- c. Gradasi agregat halus dan kasar. Jika agregat dimanfaatkan mampu grading berdasar syaratnya, jadi campuran beton lebih ringan diaktivasikan.

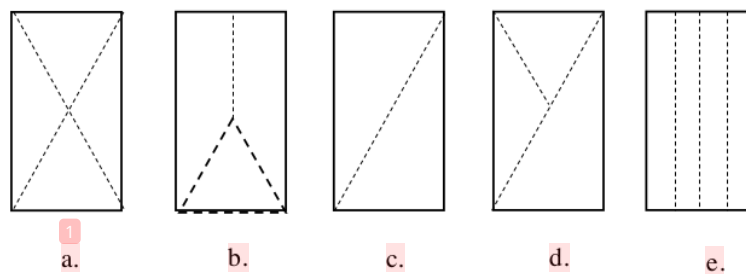
- d. Bentuk agregat. Bentuk butir agregat yang bulat memudahkan pengaktifasian beton.
- e. Pemanfaatan bahan tambahan seperti mineral.

Level *work ability* berhubungan dengan *work ability* beton. Dalam pengukuran *work ability* beton dilaksanakan uji slump. Semakin besar nilai slump artinya campuran beton semakin encer, beton semakin mudah diaktifasikan. Nilai slump beralih 5 – 120 cm. Beton segar, segregasi serta kekohesifan campuran harus dihindari. Segregasi berlangsung akibat kurangnya butiran halus, butiran semen kasar serta mortar encer dalam beton.

Kurangnya semen, pasir, air dan ukuran butir agregat yang buruk menyebabkan beton tidak kohesif. Upaya pencegahan segregasi serta inkohesivitas campuran dilaksanakan dalam perbaikan komposisi campuran beton, antara lain: perbaikan ukuran butir agregat maksimum, menambah jumlah butiran halus/pengisi, kadar air, dan kadar pasir.

## 2. Pola Retak

Pola retak yang terjadi kemudian diamati mengikuti uji kuat tekan pada benda uji. Jika pola retak pada variasi yang sama sama, hal ini menunjukkan bahwa campuran beton homogen. Benda uji yang diamati pola retak dan pola retaknya yang sesuai Gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Tipe Pola Retak Kuat Tekan Beton**

Berdasarkan ASTM C39-03, ada lima macam pola retak yang bisa diuji kuat tekan pada beton (Gambar 2.3).

1. Pola retakan pada kedua ujung kerucut berbentuk kerucut.

2. Sebuah pola retakan yang dikenal sebagai kerucut dan perpecahan memiliki retakan vertikal di satu ujung dan retakan berbentuk kerucut di ujung lainnya.
3. Pola yang dikenal sebagai kerucut dan geser terdiri dari retak kerucut di satu ujung serta retak geser di ujung lainnya.
4. Pola retak geser yang berjalan secara diagonal dari satu ujung ke ujung lainnya disebut geser.
5. Columnar adalah pola retakan yang memanjang secara vertikal dari ujung ke ujung.

Kombinasi dari lima jenis pola retakan yang tercantum di atas dimungkinkan. Hal ini karena hal-hal berikut:

1. Karena agregat kasar tidak seragam, penyalur daya benda uji tidak merata, menyebabkan retakan menyelusuri titik lemah.
2. Selama pembuatan benda uji, material beton terpisah (segregate), dengan material lebih berat di bawah serta material ringan di atas, menghasilkan beton keropos. Keahlian dalam produksi benda uji memiliki dampak yang signifikan terhadap ini.

### 3. Kuat Tekan Aksial Beton Bertulang Baja

Kuat tekan aksial beton bertulang baja adalah kuat tekan maksimum dari beton per satuan luas terpicul. Berikutnya kuat tekan aksial kolom beton bertulang baja dihitung melalui pembagian beban maksimum berdasar luas permukaan silinder beton.

Rumus untuk menentukan kuat tekan aksial kolom beton dengan tulang baja:

$$\phi P_n = 0,8 \cdot \phi \{0,85 \cdot f_c' (A_g - A_s) + (A_s \cdot f_y)\} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

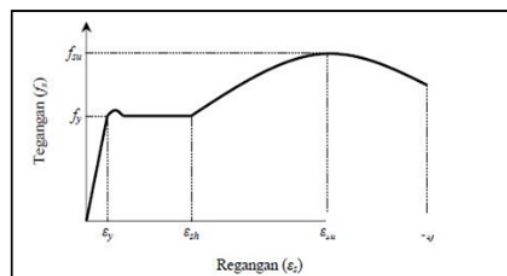
Dimana :

- $\phi P_n$  = Kuat tekan aksial rencana beton
- $P_u$  = Kuat tekan axial ultimit beton
- $P_n$  = Kuat tekan aksial nominal beton
- $\phi$  = Faktor reduksi kekuatan beton = 0,65
- $A_s$  = Luas baja tulangan
- $A_g$  = Luas penampang beton
- $F_y$  = Tegangan leleh baja tulangan
- $F'_c$  = Mutu beton

#### 4. Kuat Tarik Baja Tulangan

Bahan banyak dimanfaatkan di dunia konstruksi sipil adalah baja akibat baja mempunyai kuat tarik tinggi. Baja juga mempunyai kuat tarik tinggi serta bersifat duktail. Baja bisa merasakan deformasi besar akibat mempunyai kuat tarik tinggi tanpa kehancuran. Itu bersifat untung, akibat sifat duktail dipunyai baja bisa menjadi pencegahan runtuhnya bangunan tiba-tiba karena gempa, sehingga keamanan penghuni bangunan lebih terjamin.

Jenis tulangan baja beton dibedakan berdasar tulangan polos atau berulir. Tulangan polos ialah batang baja dimana bagian permukaan sisi luar yang rata, akan tetapi tulangan berulir merupakan batang baja dimana mempunyai bagian sisi luar yang tidak rata. Struktur beton bertulang bisa dijalankan maksudnya tulangan baja dan beton bisa berdeformasi bersama-sama. Tujuannya supaya terjadi ikatan antara tulangan baja serta beton.



Gambar 2.2 Diagram tegangan-regangan baja (Nawi,E.G., 1996)



Hubungan tegangan dan regangan baja bisa disaksikan pada empat bidang pada Gambar 2.2:

- a. Daerah elastis linier ( $0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_y$ ),  $E_s = 200000$  Mpa, sesuai dengan peningkatan linier dalam regangan dan tegangan baja.
- b. Daerah luluh ( $\epsilon_y < \epsilon_s < \epsilon_{sh}$ ), dimana tegangan baja tidak naik.
- c. Daerah strain hardening ( $\epsilon_{sh} < \epsilon_s < \epsilon_{su}$ ), tegangan meningkat non linier.
- d. Daerah penurunan tegangan ( $\epsilon_{su} < \epsilon_s < \epsilon_{sf}$ ), dimana tegangan jatuh hingga baja terputus.

## 2.3 Tulangan Transversal

### 2.3.1 Daktilitas dan Tulangan Transversal

Penyangga melintang pada beton terbatas memainkan tiga bagian utama, khususnya sebagai tumpuan geser, penahan yang berlawanan dari tumpuan longitudinal ketika terkena tekanan, dan membatasi pusat substansial pada beton terikat.

Tujuan dari tulangan melintang adalah untuk menahan inti beton; akibatnya, diharapkan kolom beton bertulang akan terus melakukan fungsi yang dimaksudkan meskipun akan menahan gaya horizontal. Luas penampang, jarak tulangan, serta orientasi tulangan lateral adalah pertimbangan utama. Ada hubungan antara gaya kurung disediakan oleh tulangan melintang dan daktilitas kolom beton bertulang yang perlu dipertimbangkan.

### 2.3.2 Gaya Pengekangan Pada Tulangan Transversal

Mander dkk. melakukan penelitian tentang mekanisme pengekangan tulangan (1988). Sebuah model teoritis tegangan-regangan beton bertulang adalah tujuan pertama dari penelitian ini. Model ini dikenakan pada beton dikenai beban tekan uniaksial serta ditahan tulangan transversal yang tidak terbatas oleh model pengekangan (kandang spiral, kurungan persegi tanpa tambahan cross-links). Pengutaraan model perhitungan berbasis keseimbangan energi di mana kapasitas energi regangan tulangan transversal dan energi regangan kurungan dalam beton adalah sama. Selain itu, beban siklik dan efek regangan bisa diperhitungkan oleh model yang

diusulkan. Konsep pengajuan perhitungan. Untuk tujuan menentukan kekuatan pengekangan, sejumlah faktor signifikan diturunkan dari perhitungan teoretis ini.

Eksperimen Mander et al. mengungkapkan (1998) sampai pada kesimpulan bahwa luas penampang oleh tulangan transversal atau  $A_e$ ,  $A_{ch}$ , dimana  $A_e$  adalah luas efektif beton terkekang dan  $A_{ch}$  adalah luas beton terkelilingi oleh tulangan transversal, lebih besar dari luas efektif beton terkekang. Kesimpulan lain adalah bahwa distribusi, konfigurasi, serta spasi tulangan longitudinal juga berdampak pada efektivitas pengekangan. Karena pentingnya faktor-faktor tulangan longitudinal ini, perlu diperhitungkan hal ini efek sebelum merumuskan tegangan lateral efektif pengekangan  $f_l'$  sebagai berikut:

$$f_l' = f_l k_e \quad (1)$$

Dimana :

$k_e$  = koefisien tingkat keefektifan pengekangan

$f_l'$  = tekanan lateral efektif

$f_l$  = tekanan lateral

Nilai  $k_e$  memiliki formulasi :

$$k_e = \frac{A_c}{A_{cc}} \quad (2)$$

Dimana :  $A_{cc}$  = luas inti kolom yang dipisahkan dari luas tulangan longitudinal oleh garis tengah tulangan spiral atau simpai, yang bisa dinyatakan sebagai berikut:

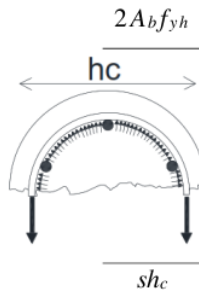
$$A_{cc} = A_c (1 - \rho_{cc}) \quad (3)$$

Dimana :

$\rho_{cc}$  = rasio tulangan longitudinal terhadap luas penampang inti kolom

$A_c$  = area kolom

Konfigurasi tulangan transversal untuk parameter  $f_l$ , yang merupakan tegangan lateral tulangan transversal, bisa dihitung seperti Gambar 2.3:



**Gambar 2.3 Tegangan Pengekangan Untuk Tipe Tulangan Transversal Cincin**

Dimana :

$A_b$  = luas tulangan transversal

$f_{yh}$  = kuat leleh tulangan transversal

$s$  = spasi tulangan transversal

$h_c$  = dimensi inti kolom

Secara alami, setiap jenis pengekangan memiliki rumusan sendiri, rumusan koefisien tingkat keefektifan pengekangan ( $k_e$ ), yang bisa dilihat dari rumusan sebelumnya. Rumus nilai ( $k_e$ ) untuk lingkaran sebagai berikut:

$$k_e = \frac{\left(1 - \frac{s'}{2d_s}\right)^2}{1 - \rho_{cc}} \quad (4)$$

Mengenai jenis pengekangan spiral, gunakan formulasi di bawah ini:

$$k_e = \frac{\left(1 - \frac{s'}{2d_s}\right)}{1 - \rho_{cc}} \quad (5)$$

Dimana :

$s'$  = jarak bersih antar sengkang

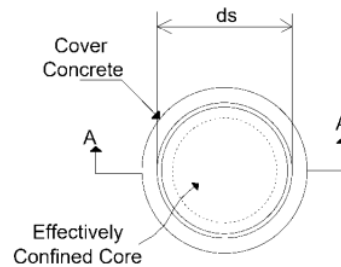
$d_s$  = dimensi inti kolom diukur dari tepi luar tulangan sengkang

Dianggap bahwa setengah dari badan inti kolom ditahan oleh tulangan lateral, akibatnya terjadi keseimbangan gaya pada kolom bulat dari:

$$f_l = \frac{2A_b f_{yh}}{h_c} \quad (6)$$

$$\frac{sh_c}{s}$$

Persamaan berikut bisa digunakan untuk menghitung tegangan efektif lateral bisa diperuntukkan kolom bundar: nilai sesuai dengan persamaan (4) dan (5). Gambar 2.4 memberikan pemahaman yang lebih baik tentang variabel dari rumusan sebelumnya:



**Gambar 2.4 Pengekangan Efektif Inti Beton Dari Tulangan Transversal Pada Kolom Bulat (Watson Et Al. 1994)**

## 2.4 Bambu

Famili rumput-rumputan yang dikenal dengan Poaceae termasuk tanaman bambu. Bentuk hasil hutan non kayu di kebun masyarakat desa yaitu bambu. Menurut Murtodo dan Dwi (2015), pengguna bambu selalu memberikan dampak yang signifikan terhadap keberadaan bambu di habitatnya sebagai keperluan sehari-hari misal bahan bangunan, jembatan, sayuran, dan kerajinan.

### 2.4.1 Jenis Bambu

Terbisa kurang lebih 12 jenis bambu daerah umum dimanfaatkan untuk kerangka bangunan (Sipongco et al, 1987). Menurut Frick (2004), ada empat jenis bambu yang banyak beredar di pasaran di Indonesia: bambu petung, tali, duri, dan wulung. Mengingat Indonesia merupakan wilayah yang mudah gempa, pemanfaatan bambu untuk bahan kerangka diutamakan sebab komponennya ringan. Hal ini membuatnya lebih tahan pada gempa.

### 2.4.2 Bambu Petung/Betung (*Dendrocalamus asper*).

Dari dataran rendah sampai pegunungan dan hingga 2000 m di atas permukaan laut, bambu petung bisa ditemukan tumbuh. Bambu ini tumbuh

sangat baik, utamanya pada tanah tidak terlampau kering. Bambu ini mempunyai dinding batang yang kuat serta diameter melebihi 20 cm. Bambu petung sering digunakan sebagai struktur atau pondasi bangunan dalam konstruksi bangunan. Dalam kasus ini, bambu dimasukkan ke dalam kolom struktural, diberi tulangan tambahan, dan beton cor digunakan.

### 2.4.3 Sifat Bambu

#### 1. Sifat Mekanik Bambu

Karena berdampak pada sifat produk yang dihasilkan, maka sifat mekanik dan fisik bambu perlu diperhatikan dalam pengerjaannya. Berikut beberapa faktor terpengaruhi sifat mekanik serta fisik bambu: umur, diameter, tebal daging, tinggi, posisi beban (buku atau segmen), letak radial dari permukaan ke interior, serta kadar air bambu adalah semua faktor. Brown (1952) menegaskan bahwa sifat fisik kayu pada dasarnya menentukan unsur-unsur yang melekat di komponen kayu. Beberapa faktornya adalah:

- a. Jumlah zat dinding sel dalam sepotong kayu.
- b. Susunan dan arah mikrofibril sel dan jaringan.
- c. Komposisi kimia zat dinding sel.

Lebih lanjut, Liesse (1980) menyatakan bahwa bambu dan kayu hampir identik secara anatomis dan kimiawi, sehingga faktor-faktor yang sama mempengaruhi sifat-sifat bambu seperti halnya kayu. Berat jenis dan kadar air adalah faktor-faktor tersebut.

Pada kondisi angin kering, kadar air serbuk bambu berotasi 11,07% sampai 15,47%. Kadar kelembaban tidak dipengaruhi posisi batang ke atas dan umur bambu. Menurut Suranto (1994), hal ini menunjukkan bahwa umur bambu dan posisi vertikal batang berpengaruh kecil terhadap kadar air serbuk bambu saat dijemur. Berat jenis bambu merupakan bentuk faktor yang mempengaruhi kekuatan bambu.

#### 2. Sifat Fisika Bambu

Umur, diameter, ketebalan daging bambu, posisi tinggi, posisi beban (buku atau ruas), kadar air, dan posisi radial satu bidang ke bagian lainnya

merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi sifat fisik bambu, menurut Ginoga (1997). bambu

Selain itu, Liesse (1980) menyatakan bahwa karena bambu dan kayu memiliki anatomi dan kimia yang hampir identik, maka kadar air dan berat jenis bambu juga mempengaruhi sifat-sifatnya.

#### **2.4.4 Perawatan Bambu**

Sebagai bahan bangunan, bambu perlu ditangani dengan hati-hati karena faktor keamanan merupakan faktor terpenting. Selain itu, akan memakan waktu dan biaya untuk mengganti bagian yang rusak karena terabaikan. Dalam jangka panjang, akan lebih menguntungkan untuk merawat bambu. untuk membuatnya lebih tua. Hartiyono, Madya Widyaiswara

Setelah itu, bambu yang dibelah direndam dalam larutan kapur ( $\text{CaOH}_2$ ), yang akhirnya menghasilkan kalsium karbonat. Kalsium karbonat ini bisa mencegah bambu dari serangan organisme jamur dengan menyerap air. Seluruh bambu dikeluarkan dari penangas air kapur setelah kurang lebih dua minggu (Sahabat Bambu Hakim, Yogyakarta). Dengan melihat tekstur bambu, langkah selanjutnya adalah menggulung bambu untuk mengurangi kadar air setelah direndam. Berliku hanya membutuhkan waktu yang singkat.

Tahap oven adalah tahap berikutnya setelah bambu tampak cukup kering. Bambu secara tradisional dikeringkan dengan oven untuk meningkatkan daya tahannya dan untuk mengontrol jumlah waktu yang dihabiskan untuk menebang dan merendam.

Tahap terakhir adalah pengecatan (coating), yaitu melapisi bambu agar tidak kering. Untuk melakukan ini, kami mengatur bambu kering dan menyiapkan bahan pengecatan dengan membagi satu kaleng Biopolitur dengan sedikit air bersih (plus atau minus 20 persen) untuk mengencerkannya sehingga bisa diterapkan secara merata dan tidak membentuk gumpalan. atau efek kuas. Sesudah bahan seluruhnya siap, operasikan pada kuas ke seluruh bambu secara rata supaya seluruh bagian

bambu terlapis dengan bagus. Kami jemur dan jemur sampai pengecatan sempurna setelah semuanya selesai.

#### 2.4.5 Kuat Tarik Bambu

Bambu mempunyai kekuatan tarik sebanding dengan baja. Menurut Pathurahman (1998), kekuatan tarik bambu adalah ukuran ketahanannya terhadap gaya yang biasanya menyebabkan bambu terpisah satu sama lain. Kurang tahan lama dibandingkan batang yang tidak diwarnai. Rumus untuk menentukan kuat tarik bambu yaitu:

$$f_{ub} = \frac{P_{max}}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

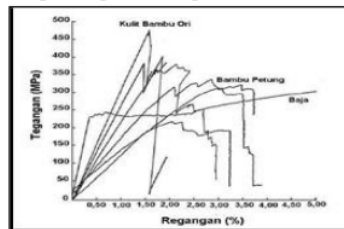
Yang mana:

$f_{ub}$  = tegangan tarik ultimit

$P_{max}$  = beban tarik maksimum

$A$  = luas penampang tulangan bambu

Morisco (1999) melaksanakan uji kuat tarik pada 4 jenis bambu yang berbeda: bambu ori, petung, wulung, serta tutul.



Gambar 2.5. Tegangan-Regangan Bambu Dan Baja Morisco (1999)

Bambu petung mempunyai kuat cukup tinggi, seperti terlihat pada Gambar 2.6, terlihat dari perbandingan tegangan-regangan antara bambu dengan baja (Gambar 2.5):



### Gambar 2.6 Diagram Tegangan Regangan Bambu

Keterangan :

- a. **Deformasi plastis**  
Deformasi plastis Merupakan peubah bentuk tidak kembali seperti sebelumnya. Secara khusus (Gambar 2.4), ketika material mencapai area pendaratan setelah ditarik melampaui batas proporsional.
- b. **Tegangan luluh atas  $\sigma_y$**   
Transisi dari deformasi elastis ke plastis adalah tegangan maksimum sebelum material memasuki fase pendaratan.
- c. **Tegangan luluh bawah  $\sigma_l$**   
Tegangan rata daerah pendaratan tepat sebelum fase deformasi plastis benar-benar dimulai. Tegangan inilah yang dimaksud jika hanya tegangan luluh yang disebutkan.
- d. **Regangan luluh  $\epsilon_y$**   
Ketika material memasuki fase deformasi plastis, regangan luluh  $\epsilon_y$ .
- e. **Regangan elastis  $\epsilon_e$**   
Regangan yang disebabkan oleh perubahan elastisitas bahan. Regangan nantinya kembali ke posisi sebelumnya sebelum beban diberikan.
- f. **Regangan plastis  $\epsilon_p$**   
Regangan disebabkan oleh peubah plastis  $p$  Strain Regangan sebagai peubah tetap pada material bahkan setelah beban dilepaskan.
- g. **Regangan total**  
Jumlah regangan plastis serta elastik,  $\epsilon_T = \epsilon_e + \epsilon_p$ . Lihatlah beban berarah OABE. Regangan total adalah regangan yang ada di titik B. Posisi regangan di titik E ketika beban dilepaskan, dan regangan plastis adalah regangan yang tersisa (OE).

## 2.5 <sup>1</sup> Kuat Tekan Aksial Beton Bertulang Bambu

Kuat tekan maksimum bisa dipikul beton per satuan luas dikenal sebagai kuat tekan aksial beton bertulang bambu. Selain itu, beban maksimum dibagi dengan luas permukaan kolom beton untuk menentukan



kuat tekan aksial kolom beton bertulang bambu. kekuatan. Kekuatan beban sentris maksimum atau kekuatan tekan beban aksial nominal ( $P_n$ ) didefinisikan di bawah keadaan pembeban sentris tanpa eksentrisitas mengakibatkan lentur:

$$\phi P_n = 0,8 \cdot \phi \{0,85 \cdot f'_c (A_g - A_{sb}) + (A_s \cdot f_{yb})\} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

Yang mana:

- $A_g$  = luas kotor penampang kolom.
- $A_{sb}$  = luas penampang tulangan bambu.
- $P_u$  = kuat tekan aksial ultimit kolom.
- $P_n$  = Kuat tekan aksial nominal kolom.
- $\phi$  = Faktor reduksi kekuatan kolom = 0,65
- $F'_c$  = Mutu beton.
- $F_{yb}$  = Mutu tulangan bambu.
- $\phi P_n$  = kuat tekan aksial rencana kolom.

Tanpa eksentrisitas, beban aksial  $P_n$  akan sama dengan  $P_o$ . Faktor reduksi kekuatan juga diperhitungkan sebagai perhitungan eksentrisitas minimum karena dalam praktiknya tidak ada kolom terbebani tanpa eksentrisitas.

Berikut ini adalah rumus kekuatan beban aksial minimum, dengan syarat kekuatan nominal kolom sengkang diturunkan sebesar 20%:

$$P_n(maks) = 0.8 \{0,85 f'_c (A_g - A_{sb}) + f_{yb} \cdot A_{sb}\} \dots\dots\dots(2.5)$$

Untuk menghitung kekuatan beban aksial maksimum, kekuatan nominal harus dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan, yaitu sama  $\phi = 0,65$  untuk kolom yang dilengkapi sengkang.

$$P_n(maks) = 0.8 \phi \{0,85 f'_c (A_g - A_{sb}) + f_{yb} \cdot A_{sb}\} \dots\dots\dots(2.6)$$

Rumus tidak bisa digunakan karena hanya ada satu variabel di atas; sebagai gantinya, ia mengenakan rasio penguatan  $p_{min} = 1\%$  serta  $p_{max} = 8\%$ .

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Program Penelitian**

Di laboratorium, penelitian dilakukan secara eksperimental. Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton bertulang dengan tulangan memanjang bambu berubah ketika tulangan melintang bambu diberi jarak. Bambu petung adalah jenis bambu yang digunakan. Tulangan bambu dengan ukuran 2 x (1,5 mm x 5 mm) sebagai tulangan melintang dan 10 mm x 10 mm sebagai tulangan memanjang dipasang pada benda uji beton dengan diameter 110 mm dan tinggi 300 mm.

Dilaksanakan mix design (SNI 03-2834-2000) sebelum pengujian dalam mengetahui proporsi semen, agregat kasar, agregat halus, serta air. Pengujian tekan dilakukan dengan alat uji CTM dalam mengerti kuat tekan beton beton jarak tulangan melintang bambu yang bervariasi. Akan dibuat perbandingan rata-rata hasil uji tekan untuk setiap variabel, dan akan dipilih jarak tulangan melintang bambu yang menghasilkan kuat tekan tertinggi benda uji.

#### **3.2 Bahan Dan Peralatan Yang Digunakan**

##### **3.2.1 Bahan**

##### **1. Bambu**

Bagian bawah bambu petung dimanfaatkan dalam penelitian ini diambil. Adapun tahapan dari bambu yang dimanfaatkan antara lain:

- a. Memindahkan bambu dari habitat aslinya, khususnya hutan bambu. Membagi bambu menjadi beberapa bagian agar lebih mudah dibawa.
- b. Membagi bambu menjadi beberapa bagian sehingga mudah dibentuk menjadi tulangan melintang 10 x 10 mm dan 1,5 x 5 mm.
- c. Selain itu, bambu yang telah dipotong 10 x 10 mm untuk tulangan memanjang dan 1,5 x 5 mm untuk tulangan melintang direndam selama enam jam dalam NaOH yang telah dilarutkan dalam air.
- d. Setelah enam jam, bambu yang direndam diangkat, dan langkah

selanjutnya adalah mengangin-anginkan untuk mengurangi jumlah air di dalamnya.

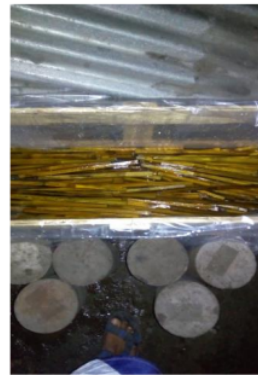
- e. Langkah selanjutnya adalah menggunakan oven untuk menghilangkan kadar airnya, sehingga bambu yang dikeringkan dengan oven yang telah dikeringkan dengan cara aerasi kekurangan air.
- f. Pengecatan (pelapisan) secara kimia. Lapisan bambu sekarang bisa dibuat menjadi penguat setelah dikeringkan.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**Gambar 3.1 Persiapan Bambu**

## 2. Agregat Kasar

Studi ini, 1 cm batu pecah dari wilayah sungai Amprong berfungsi sebagai agregat kasar. Penyerapan, kadar air, berat jenis, dan analisis ayakan dari agregat kasar bekas diselidiki terlebih dahulu. Batu pecah adalah kasar

agregat yang digunakan.



**Gambar 3.2 Agregat Kasar**

3. Agregat Halus

Pasir alam asal Lumajang merupakan agregat halus dimanfaatkan pada penelitian. Pertama, dilakukan analisis filter, kadar air, lumpur, bahan organik, berat volume, jenis, serta peresapan agregat halus bekas.



**Gambar 3.3 Agregat Halus**

4. Semen

Semen merupakan material dalam penggunaan untuk membuat beton. Berguna untuk mengikat butir-butir agregat serta memberi isi ruang antar agregat untuk membentuk suatu massa padat. Dalam tinjauan digunakan beton Gresik dari gudang bahan bangunan pada keadaan sangat baik, berbentuk karung-karung (40 kg/satuan pengemasan)



**Gambar 3.4 Portland Cement (PC)**

6. Bahan Pengawet
  - a. NaOH, basa logam kaustik yang membentuk larutan basa ketika dilarutkan dalam air.
  - b. Biopolitur adalah bahan yang diaplikasikan di atas lapisan bambu atau kayu untuk mencegah tumbuhnya jamur yang melemahkan kekuatan bambu.



**Gambar 3.5 NaOH**



**Gambar 3.6 Biopolytore**

### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Studi ini menggunakan alat-alat berikut:

- a. *Compression Testing Machine (CTM)*

Mesin uji kompresi yang diproduksi di Slough, Inggris, berdasar kapasitas pemuatan maksimum 150 ton dan akurasi pembacaan 0,01 ton dengan merk *Wykeham Farrance Engineering*. Kuat tekan beton silinder bisa diuji menggunakan alat CTM (Gambar 3.7).

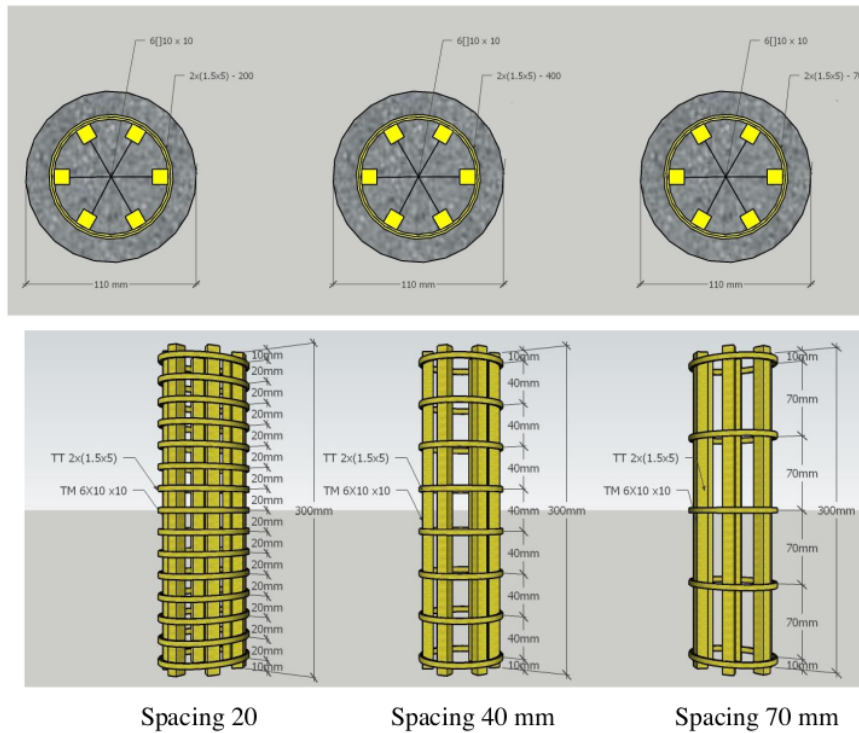


**Gambar 3.7 Alat CTM.**

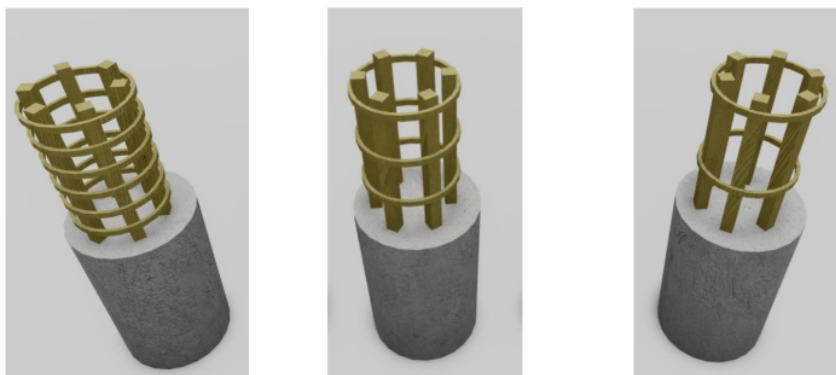
### 3.3 Benda Uji Beton Tulangan Bambu

Pada penelitian ini dipakai 12 benda uji beton bertulang berdiameter 110 mm serta tinggi 300 mm. Tiga benda uji terbuat dari beton bertulang memanjang bambu tanpa tulangan melintang, tiga benda uji berbahan beton bertulang bambu memanjang dengan jarak tulangan melintang 20 mm, tiga benda uji terbuat dari beton bertulang bambu memanjang berjarak tulangan melintang, 40 mm, dan tiga benda uji terbuat dari bambu membujur Gambar

3.8 menggambarkan spesifikasi benda uji beton terkekang dengan tulangan memanjang bambu dan jarak tulangan melintang bambu yang bervariasi.



**Gambar 3.8 Detail Benda Uji Beton Terkekang Dengan Tulangan Memanjang Bambu Dengan Variabel Spacing Tulangan Transversal Bambu.**



Spacing 20                      Spacing 40 mm                      Spacing 70 mm

**Gambar 3.9 Tampak 3D Benda Uji Beton Terkekang Dengan Tulangan**

**Memanjang Bambu Dengan Variabel Spacing Tulangan Transversal Bambu.**

**1**  
**Tabel 3.1. Tabel Benda Uji**

No	Kode	Benda Uji	Type Tulangan			Jumlah Sample Benda Uji	
			Tulangan Memanjang	Jumlah	Tulangan Transversal Spacing		
1	BTT	Ø110 x 300 mm	Tulangan Bambu 10 x 10 mm	6		3	
2	BTS20	Ø110 x 300 mm	Tulangan Bambu 10 x 10 mm	6	Tulangan Bambu 2x (1,5 x 5 mm)	20	3
3	BTS40	Ø110 x 300 mm	Tulangan Bambu 10 x 10 mm	6	Tulangan Bambu 2x (1,5 x 5 mm)	40	3
4	BTS70	Ø110 x 300 mm	Tulangan Bambu 10 x 10 mm	6	Tulangan Bambu 2 x (1,5 x 5 mm)	70	3
Total Benda Uji						12	

Keterangan :

BTT = Beton Tidak Terkekang

BTS20 = Beton Terkekang Spacing 20 mm.

BTS40 = Beton Terkekang Spacing 40 mm.

BTS70 = Beton Terkekang Spacing 70 mm.

**Tabel 3.2. Parameter Beton Pengujian**

Benda Uji	Variable Terikat	Variable Bebas	Notasi
Beton Terkekang Ø 110 x 300 mm	Kuat Tekan Beton Terkekang		F'c
		Tanpa Tulangan Transversal	BTT
		Spacing Tulangan Transversal 20 mm	S20
		Spacing Tulangan Transversal 40 mm	S40
		Spacing Tulangan Transversal 70 mm	S70

Keterangan :

F'c	= Kuat Tekan Beton
BTT	= Tanpa Tulangan Transversal
S20	= Spacing Tulangan Transversal 20 mm
S40	= Spacing Tulangan Transversal 40 mm
S70	= Spacing Tulangan Transversal 70 mm

### 3.4 Pembuatan Benda Uji

#### 3.4.1 Tahap Persiapan

Bertujuan agar memudahkan dalam melakukan penelitian berbasis laboratorium. Tahap persiapan ini dilaksanakan pembelian bahan serta alat untuk proses penelitian.

#### 3.4.2 Tahap Pengujian Pendahuluan

Untuk mengetahui apakah suatu bahan layak untuk diteliti atau tidak, dilakukan pengujian pendahuluan untuk mengetahui sifat dan karakteristiknya:



### 1. Pengujian Karakteristik Bambu

Kekuatan tarik bambu ditentukan dengan menguji karakteristiknya. Bagian dasar dan tengah bambu digunakan sebagai benda uji, dan dilakukan pengujian sebagai berikut:

#### a. Kuat Tarik Sejajar Serat (ISO 3346-1975)

Benda uji kuat tarik sejajar serat bentuknya layaknya huruf I berdiameter 6 mm dan panjang 230 mm, pada bagian tengah penampang dikecilkan berukuran diameter 3 mm. Pengujian dilaksanakan melalui langkah benda uji terjepit di kedua ujung, lalu ditarik sampai tercapai beban maksimumnya. Uji kuat tarik sejajar serat dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM).

#### b. Pengujian Bahan Dasar Beton

Agregat halus dan kasar dari bahan dasar beton wajib diuji, tetapi semen tidak.

**Tabel 3.3. Jenis – Jenis Pemeriksaan Agregat Kasar**

Sifat	Standar
Berat Isi	ASTM C129/29M-93
Berat Jenis SSD	ASTM C128-88R.38
Gradasi Agregat	ASTM C136-95A

**Tabel 3.4. Jenis – Jenis Pemeriksaan Agregat Halus**

Sifat	Standar
Berat Isi	ASTM C129/29M-93
Berat Jenis SSD	ASTM C128-93
Gradasi Agregat	ASTM C136-95A

### 3.4.3 Rencana Campuran Beton (Mix Design)

Untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan, perencanaan campuran semen, air, dan agregat sangat penting. Meskipun berbagai pendekatan bisa dilakukan untuk merancang komposisi campuran beton, tidak semuanya akan menghasilkan proporsi yang ideal dari beton campuran. Pada dasarnya semua teknik rencana campuran yang substansial diperoleh dari data pendekatan. Metode SNI (SNI 03-2834-2000) digunakan untuk rencana campuran beton dalam penelitian ini, dengan kekuatan rencana  $f'_c = 20,75$  MPa.

### 3.4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda uji beton berdiameter 150 mm serta tinggi 300 mm yang berumur 28 hari digunakan untuk pengujian kuat tekan. Melalui penggunaan alat uji kuat tekan CTM (*Compression Testing Machine*), tujuan dari pengujian ini yaitu menentukan nilai maksimum beban (P), juga dikenal sebagai beban yang dialami ketika beton dihancurkan. Standar ASTM 39 adalah prosedur pengujian yang paling sering digunakan.

Dengan pembebanan benda uji (P) sampai beton hancur maka dilakukan uji kuat tekan beton. Berikut ini adalah tahap pengujian kuat tekan beton:

1. Bersiaplah untuk menguji benda uji silinder beton.
2. Di alat uji kuat tekan CTM, letakkan benda uji silinder beton.
3. Sesuaikan jarum CTM hingga mencapai nol.
4. Baca penunjuk beban setelah menyalakan CTM hingga silinder beton musnah.
5. Catat beban tekan maksimum akan dimanfaatkan menentukan kuat tekan silinder beton.

### 3.4.5 Tahap Pembuatan Benda Uji

Gambar 3.8 dan 3.9 menggambarkan bagaimana benda uji beton terkekang dibuat untuk penelitian ini. Menggunakan tulangan memanjang dari bambu petung dan memvariasikan jarak tulangan melintang yang terbuat dari bambu, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.8, berjumlah yang ada dalam Tabel 3.1.

#### a. Fabrikasi Tulangan Bambu

Tahapan fabrikasi tulangan bambu antara lain:

1. Bambu dipotong dan dipecah menjadi beberapa bagian.
2. Dengan menggunakan pisau dan parang, bambu dikikis atau dipangkas menjadi 10 x 10 mm untuk tulangan memanjang dan 1,5 x 5 mm untuk tulangan melintang.
3. Selain itu, bambu direndam selama enam jam dalam NaOH yang telah dilarutkan dalam air, setelah dibentuk menjadi 10 x 10 mm untuk tulangan memanjang dan 1,5 x 5 mm untuk tulangan melintang.

4. Setelah enam jam, bambu yang telah direndam diangkat, dan langkah selanjutnya adalah mengangin-anginkan untuk mengurangi jumlah air di dalamnya.
5. Langkah selanjutnya menggunakan oven untuk menghilangkan kadar airnya, sehingga bambu yang dikeringkan dengan oven yang telah dikeringkan secara aerasi kekurangan air.
6. Menggunakan bahan kimia untuk mengecat (melapisi). Lapisan bambu sekarang bisa dibuat menjadi penguat setelah dikeringkan.
7. Tulangan transversal dibuat dengan cara membengkokkan bambu menjadi cincin setelah dilapisi kemudian diikat dengan kawat bendrat.
8. Selain itu, pada tulangan melintang yang sudah berbentuk cincin, dimasukkan tulangan memanjang ke dalamnya. Kemudian dirangkai dengan kawat bendrat.

**b. Pembuatan Benda Uji Beton Terkekang Dengan Tulangan Bambu**

Benda uji mempunyai ukuran penampang berdiameter 110 mm dengan tinggi 300 mm. Tahapan dilaksanakannya pemembuatan benda uji kolom beton bertulang bambu:

1. Penguatan bambu diaplikasikan pada lantai setelah fabrikasinya. Awalnya terbuat dari pipa PVC berdiameter 110 mm.
2. Mencuci agregat kasar dan mengayak agregat halus adalah dua cara untuk mempersiapkan bahan beton.
3. Sesuai dengan hasil mix design, ukur atau timbang air, semen, pasir, dan batu pecah.
4. Nyalakan mesin molen dan tambahkan air secukupnya.
5. Campurkan air dan sebagian batu pecah secara menyeluruh.
6. Aduk rata setelah menambahkan semua semen.
7. Biarkan pasir dan sisa air tercampur rata selama tiga sampai lima menit.
8. Untuk membuat benda uji silinder, tuangkan semua beton dari mixer ke dalam bak.

9. Untuk memastikan tingkat kemampuan kerja, lakukan Slump Test sesuai dengan ASTM C143-78.
10. Isi silinder dengan 1/3 beton. Kemudian besi digunakan untuk memadatkan tanah. Beton dipadatkan agar tidak keropos. Setelah itu, isi silinder sampai penuh dengan memadatkan dua pertiga sisa isi.
11. Pada bekisting silinder, ratakan permukaan beton.
12. Di suhu kamar, biarkan campuran beton cetakan silinder mengeras satu hari.
13. Setelah beton mengeras, buka cetakan serta perlakukan benda uji dengan perendaman selama tujuh hari, kemudian masukkan ke dalam suhu ruangan 25°C hingga beton sampai pada kuat tekan 28 hari.
14. Menggunakan mortar semen untuk menutupi bagian atas beton sampai permukaan rata.

#### 3.4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton Terkekang

Permukaan tekan spesimen harus rata sebelum pengujian untuk memastikan bahwa tegangan didistribusikan secara merata di seluruh penampang. Pada permukaan tekan spesimen silinder, benda uji membutuhkan lapisan penutup setebal 1,5 mm hingga 3 mm. Pasta semen juga bisa digunakan dengan cara yang berbeda.

Berikut ini adalah alat-alat pengujian:

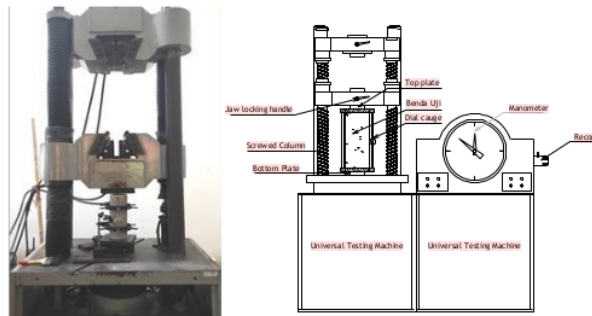
a. *UTM (Universal Testing Machine)*

Prosedur pengujian standar ASTM C-192 digunakan untuk menentukan kuat tekan beton. Melalui penggunaan alat UTM, kolom beton dengan diameter 110 mm dan tinggi 300 mm ditempatkan tegak lurus serta bertingkat beban tekan diterapkan pada kecepatan 0,15 hingga 0,34 MPa/s sampai benda uji hancur, serta beban maksimum dicatat. Keadaan benda uji dicatat juga saat diperiksa.

Beban maksimum bisa tertahan kolom beton sebelum dihancurkan ditentukan oleh hasil pengujian ini. Kemudian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10, bagilah beban maksimum dengan luas permukaan kolom beton untuk menentukan kuat tekan beton.

Tes ini terdiri dari langkah-langkah berikut:

- a. Menggunakan pelat baja setebal 5 mm sebagai penopang benda uji mesin UTM untuk membuat alat,
- b. Penempatan benda uji kuat tekan mesin UTM.
- c. Setelah itu, pemuatan benda uji dimulai.
- d. Langkah pembacaan beban yaitu melihat nomor manometer.
- e. Pemuatan berhenti ketika Anda mencapai beban maksimum, yang ditunjukkan oleh grafik yang menurun dan tidak meningkat lagi.
- f. Ulangi kembali.



**Gambar 3.10. Alat uji tekan ( UTM) Dan Penempatan Benda Uji**

### 3.5 Analisa Data

Uji kuat tekan beton terkekang dengan tulangan longitudinal bambu untuk mengetahui nilai kuat tekan masing-masing variabel dengan jarak antar tulangan melintang yang berbeda.

Terbisa tiga benda uji yang dimasukkan pada masing-masing variabel. Nilai rata-rata setiap variabel akan diambil dari hasil kuat tekan masing benda uji. Variabel dengan nilai kuat tekan tertinggi bisa ditentukan dari nilai rata-rata masing-masing variabel jarak antar tulangan bambu.

### 3.6 Validasi Hasil Penelitian

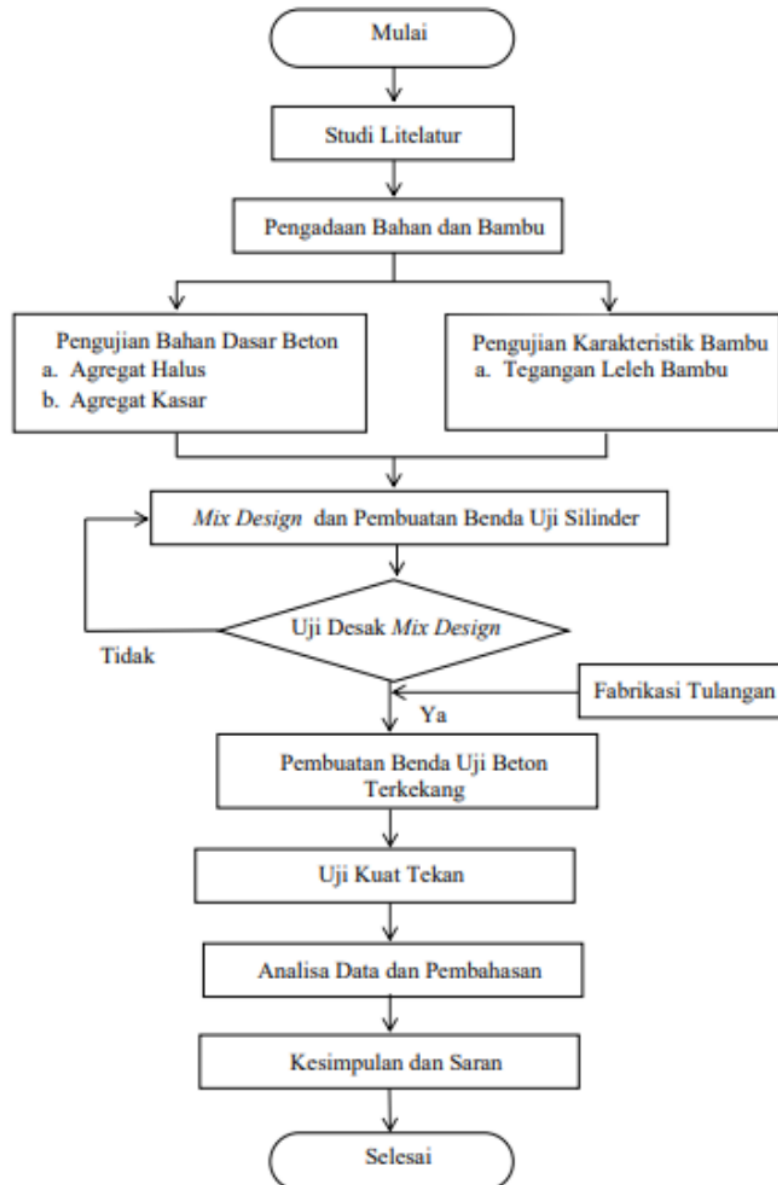
Temuan penelitian ini nantinya dibanding penelitian lain yang relevan.

### 3.7 Tempat Penelitian

Ujian dipimpin di Pusat Penelitian Inovasi Substansial, Staf Perancangan, Divisi Perancangan Struktur, Perguruan Tinggi Merdeka, Malang.

### 3.8 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah gambar diagram alir penelitian, tampak (Gambar 3.11).



Gambar 3.11 Diagram Alir Penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Umum**

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan teknik penelitian eksperimental melalui uji laboratorium di beberapa uji benda. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan tulangan melintang bambu yang dikekang oleh beton bertulang bambu memanjang. Pola retak dan kuat tekan aksial beton terkekang ditentukan dengan menggunakan tulangan melintang sebagai penahan dan memvariasikan jaraknya. Pengujian tulangan bambu, perhitungan kebutuhan material, pengujian material beton, pembuatan benda uji, serta pengujian benda uji merupakan langkah awal dalam program penelitian. Pola retak dan kuat tekan aksial beton, serta hubungan antara gaya geser dan masing-masing variabel, terbukti dari hasil pengujian. Nilai kuat tekan aksial beton secara teoritis berdasarkan variabel bebas yaitu pengaruh jarak tulangan, kemudian harus dibandingkan dengan beton eksperimental nilai kuat tekan xial. Bambu melintang dengan tulangan memanjang bambu terhadap kuat tekan beton terkekang.

#### **4.2 Hasil Pengujian Material**

Tujuan material diuji adalah memastikan karakteristik atau sifat material sebagai campuran membuat beton. Uji bahan merupakan parameter utama untuk kualitas beton agar standar ASTM terpenuhi untuk desain campuran beton.

Baik agregat halus (batu pecah) dan agregat kasar (pasir) dilakukan pengujian, termasuk pengujian tarik tulangan bambu dan uji berat jenis, penyerapan, berat isi, kadar air, serta analisis saringan.

##### **4.2.1 Hasil Pengujian Material Agregat Halus**

Agregat halus (pasir) penelitian ialah pasir alam dengan memenuhi *no sieve* 4 (4.75mm). Data yang dikumpulkan dari pengujian disajikan ditabel (4.1).

**Tabel 4.1. Hasil Pengujian Material Agregat Halus**

No	Jenis Pemeriksaan	Standar	Hasil	Syarat ASTM
1	Berat Jenis Bulk	ASTM C128-93	2,508 gram/cm <sup>3</sup>	≥ 2,50gram/cm <sup>3</sup>
2	Berat jenis SSD	ASTM C128-93	2,535 gram/cm <sup>3</sup>	≥ 2,50gram/cm <sup>3</sup>
3	Berat Jenis Semu	ASTM C128-93	2,607 gram/cm <sup>3</sup>	≥ 2,50gram/cm <sup>3</sup>
4	Absorpsi Air	ASTM C128-93	1,092 %	≤ 2,30%
5	Kadar Air	ASTM C128-93	1,080 %	≤ 1,50%
6	Berat Isi	ASTM C29-78	1,553 gram/cm <sup>3</sup>	≥ 1,50gram/cm <sup>3</sup>
7	Zone Gradasi	ASTM C136-95 <sup>a</sup>	ZONE 2	ZONE 2
8	Modulus Kahalusan	ASTM C136-95 <sup>a</sup>	4,523	≥ 2,10-3,00

Sesuai dengan persyaratan, data hasil uji agregat halus di tabel 4.1 bisa dimanfaatkan untuk Perhitungan Desain Campuran Beton (*Mix Design*).

#### 4.2.2 Hasil Pengujian Material Agregat Kasar

Batu pecah dimanfaatkan dalam penelitian ini ditahan dengan saringan No.4 (4,75 mm). Data berikut diperoleh berdasar hasil uji batu pecah (Tabel 4.2).

**Tabel 4.2. Hasil Pengujian Material Agregat Kasar**

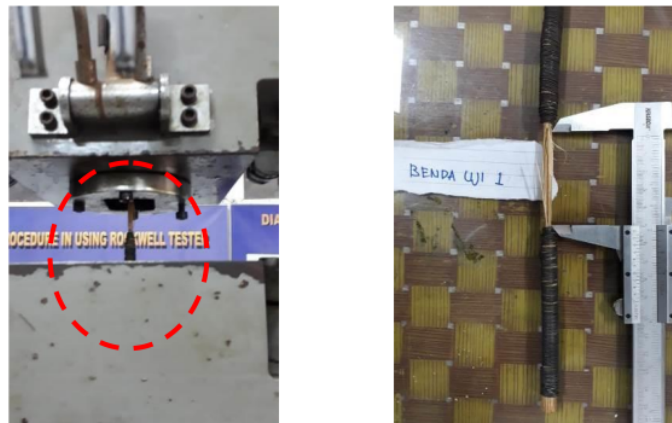
No	Jenis Pemeriksaan	Standar	Hasil	Syarat ASTM
1	Berat Jenis Bulk	ASTM C128-88R.38	2,465 gram/cm <sup>3</sup>	
2	Berat jenis SSD	ASTM C128-88R.38	2,500 gram/cm <sup>3</sup>	≥ 2,50gram/cm <sup>3</sup>
3	Berat Jenis Semu	ASTM C128-88R.38	2,555 gram/cm <sup>3</sup>	≥ 2,50gram/cm <sup>3</sup>
4	Absorpsi Air	ASTM C128-88R.38	1,440 %	≤ 1,50%
5	Kadar Air	ASTM C128-88R.38	1,420 %	≤ 1,50%
6	Berat Isi	ASTM C29/C29M-91a	1,605 gram/cm <sup>3</sup>	≥ 1,50gram/cm <sup>3</sup>
7	Zone Gradasi	ASTM C136-9	ZONE 3/2" - 3/16"	ZONE 3/2" - 3/16"
8	Modulus Kahalusan	ASTM C136-95	8,7682	≥ 6,30 – 7,00



Sesuai dengan persyaratan, data perolehan uji agregat kasar (tabel 4.2) bisa dimanfaatkan untuk menghitung Desain Campuran Beton (*Mix Design*).

#### 4.2.3 Pengujian Tulangan Tarik Bambu

*Universal Testing Machine (UTM)* digunakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang untuk pengujian bambu. Benda uji bambu berukuran 30 cm x 1 cm x 1 cm untuk kuat tarik. Dimensi diturunkan menjadi 0,35 cm x 0,35 cm pada tengah bagian. Setelah menjepit ujung bambu ke UTM dan menerapkan beban, pengujian dilakukan. Bila benda uji gagal, pengujian dihentikan. Hasil uji tarik bambu disajikan Gambar 4.1 dan tabel (4.3).



Gambar 4.1. Uji tarik Tulangan Bambu

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Tarik Tulangan Bambu

Nama	D (mm)	Do (mm)	L (mm)	Lo (mm)	A (mm)	Tegangan Leleh (Mpa)
Fy 1	10	3	300	27	7,071	548,51
Fy 2	10	3	300	25	7,071	506,21
Fy 3	10	3	300	27	7,071	382,09

### 4.3 Hasil Pengujian Material

#### 4.3.1 Pengujian Tulangan Tarik Bambu

Campuran beton (concrete mix design) berdasar cara pembuatannya sesuai SNI-03-2834-1992 digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan

studi.Mix design untuk beton dilaksanakan sesuai mutu beton desain (K-250 atau  $f'c$  20,75 Mpa).

Kebutuhan material untuk 1 m<sup>3</sup> beton ditunjukkan pada Tabel (4.4) setelah desain campuran dihitung.

**Tabel 4.4 Perhitungan Rencana Campuran Beton ( Mix Design)**

NO	PARAMETER	REFERENSI PERHITUNGAN	NILAI	SATUAN
1	Kuat Tekan yang disyaratkan	Ditetapkan pada umur 28 hari dengan 5% cacat	20,75	Mpa
2	Standar Deviasi (Sd)	Tabel 1 (SNI 03-2843-2002)	7	Mpa
3	Faktor modifikasi (k)	Tabel 1 dg perubahan sesuai SNI-03-xxx-2001 (jumlah benda uji >15)	1,64	
4	Nilai Tambah (Margin)	$m = k * Sd$ atau jika tidak ada data lapangan untuk menentukan sd pada langkah 2 maka harus sesuai tabel 5.3.2 SNI-03-2001	7	Mpa
5	Kuat Tekan target ( $f'cr$ )	$f'cr = f'c + k * Sd = (1) + (4) / f'cr = f'c + m$ SNI-03-2834-1992	27,75	Mpa
6	Jenis semen yang digunakan	Ditetapkan (tipe I,II,III,IV,V)	Tipe I	
7	Jenis Agregat kasar	Ditetapkan (pecah/tidak)	Batu pecah	
8	Jenis Agregat halus	Ditetapkan	Pasir Lumajang	
9	Faktor Air-Semen bebas	Tabel 2 & grafik 1	0,61	
10	Faktor Air-Semen Maksimum	Ditetapkan dari tabel 3 (beton di luar ruangan => tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari)	0,60	
11	Faktor Air-Semen yang dipakai	Terkecil antara (9) dan (10)	0,60	
12	Slump Rencana	Ditetapkan dari tabel 4	60-180	mm
13	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan dari analisa ayakan	10	mm
14	Kadar Air bebas	Ditetapkan dari tabel 5	250	kg/m <sup>3</sup>
15	Jumlah Semen	(14) / (11)	500	kg/m <sup>3</sup>
16	Jumlah Semen minimum	Ditetapkan dari tabel 3 (beton dlm ruangan => keadaan keliling non korosif)	325	kg/m <sup>3</sup>
17	Jumlah Semen yang dipakai	Terbesar antara (15) & (16)	500	kg/m <sup>3</sup>
18	Susunan butir Agregat halus	Ditentukan dari grading zone analisa ayakan	Zona 2	
19	% Agregat halus terhadap agregat gabungan	Ditentukan dari grafik 10	48	%
20	% Agregat kasar terhadap agregat gabungan	100% - (19)	52	%
21	Berat Isi agregat Halus	Ditetapkan dari hasil pengujian/pemeriksaan	2,508	kg/m <sup>3</sup>

22	Berat Isi Agregat Kasar	Ditetapkan dari pengujian/pemeriksaan	hasil	2,500	kg/m <sup>3</sup>
23	Berat Jenis Agregat Halus (SSD)	Ditetapkan dari pengujian/pemeriksaan	hasil	2,508	kg/m <sup>3</sup>
24	Berat Jenis Agregat Kasar (SSD)	Ditetapkan dari pengujian/pemeriksaan	hasil	2,500	kg/m <sup>3</sup>
25	Berat Jenis Agregat Gabungan	[(19*(23) + (20)*(24)]		2,503	kg/m <sup>3</sup>
26	Berat Jenis Beton Basah	Ditentukan dari grafik 13		2238	kg/m <sup>3</sup>
27	Total Jumlah Agregat	(26)-(14)-(17)		1488	kg/m <sup>3</sup>
28	Jumlah Agregat Halus	(19)*(27)		714,24	kg/m <sup>3</sup>
29	Jumlah Agregat Kasar	(20)*(27)		773,76	kg/m <sup>3</sup>

Kebutuhan material 1 m<sup>3</sup> beton bisa dilihat tabel (4.5) berdasarkan *mix design*.

**Tabel 4.5 Kebutuhan Material untuk 1 m<sup>3</sup>**

KETERANGAN	SEMEN (kg)	PASIR (kg)	BATU PECAH (kg)	AIR (kg)
Berat Material	500	714,24	773,76	250
Perbandingan Berat	1	1,428	1,548	0,50

#### 4.3.2 Kebutuhan Material Silinder dan Beton Terkekang Bertulang Bambu

Persyaratan bahan sebagai satu benda uji silinder berukuran 150 mm kali 300 mm dan sebuah benda uji kolom berukuran 110 mm kali 30 mm telah dihitung, seperti yang ditunjukkan (Tabel 4.6 dan 4.7).

**Tabel 4.6 Kebutuhan Material untuk 1 Silinder**

Keterangan	Perhitungan	Nilai	Satuan
Vol. 1 silinder	$(1 \times 1/4 \times \pi \times D^2 \times t)$	0,0053	m <sup>3</sup>
Berat Semen	$(0,0053 \times 500) + (15\% \times 0,0053 \times 500)$	3,0496	kg
Berat Pasir	$(0,0053 \times 714,24) + (15\% \times 0,0053 \times 714,24)$	4,3562	kg
Berat Kerikil	$(0,0053 \times 773,76) + (15\% \times 0,0053 \times 773,76)$	4,7192	kg
Berat Air	$(0,0053 \times 250) + (15\% \times 0,0053 \times 250)$	1,5248	kg

**Tabel 4.7 Kebutuhan Material untuk 1 Beton Tertekan**

Keterangan	Perhitungan	Nilai	Satuan
Diameter Beton Terkekang		0,11	m
Tinggi Beton terkekang		0,30	m
Vol. 1 silinder	$(1 \times 1/4 \times \pi \times D^2 \times t)$	0,0028	m <sup>3</sup>
Berat Semen	$(0,0028 \times 500) + (15\% \times 0,0028 \times 500)$	1,6399	kg
Berat Pasir	$(0,0028 \times 714,24) + (15\% \times 0,0028 \times 714,24)$	2,3427	kg
Berat Kerikil	$(0,0028 \times 773,76) + (15\% \times 0,0028 \times 773,76)$	2,5379	kg
Berat Air	$(0,0028 \times 250) + (15\% \times 0,0028 \times 250)$	0,8199	kg

#### 4.4 Proses Pembuatan Benda Uji Silinder dan Beton Terkekang dengan Tulangan Bambu

##### 4.4.1 Pembuatan Benda Uji Silinder

Langkah-langkah berikut dilakukan untuk membuat benda uji silinder berdiameter 150 x 300 mm:

- Ukur/ukur berat air, beton, pasir, serta batu pecah seperti yang ditunjukkan oleh efek samping dari rencana campuran. Gambar 4.2.



**Gambar 4.2 Penimbangan Material Benda Uji**

- Menunjukkan berat bahan benda uji. Nyalakan mesin molen serta tambahkan air seperlunya.
- Tambahkan semua batu yang telah dihancurkan dan sebagian air sampai bercampur rata.

- d. Tambahkan semua semen dan aduk rata.
- e. Tuangkan seluruh pasir serta sisa air dan tunggu 3-5 menit samapi bercampur rata. Memasukkan material campuran beton ke molen (gambar 4.3).



**Gambar 4.3 Memasukkan Material Campuran Beton Ke Molen**

- f. Menunjukkan cara memasukkan campuran beton ke dalam mixer. Tuang semua beton dari mixer ke bak untuk membuat benda uji berbentuk silinder. Gambar 4.4.



**Gambar 4.4 Campuran Beton yang dituang ke Bak**

- g. Menggambarkan campuran beton yang dituangkan ke dalam bak. Untuk memastikan tingkat kemampuan kerja, lakukan Uji Kemerostan sesuai dengan ASTM C143-78. Pada Gambar 4.5, Anda bisa melihat uji kemerostan.



**Gambar 4.5 Pengujian Slump**

- h. Isi silinder dengan 1/3 beton. Kemudian besi digunakan untuk memadatkan tanah. Beton dipadatkan agar tidak keropos. Setelah itu, isi silinder sampai penuh dengan memadatkan dua pertiga sisa isinya .Gambar 4.6 menggambarkan pemadatan beton ke dalam silinder.



**Gambar 4.6 Pemadatan bagian beton pada silinder**

- i. Ratakan permukaan beton bekisting melingkar.  
j. Pada suhu kamar, biarkan campuran beton dalam cetakan silinder mengeras selama satu hari.  
k. Setelah beton mengeras, buka cetakan dan perlakukan benda uji beton dengan merendamnya selama tujuh hari, kemudian didiamkan pada suhu kamar ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ) sampai beton mencapai kuat tekan 28 hari. Gambar 4.7, menggambarkan percobaan campuran benda uji perendaman.



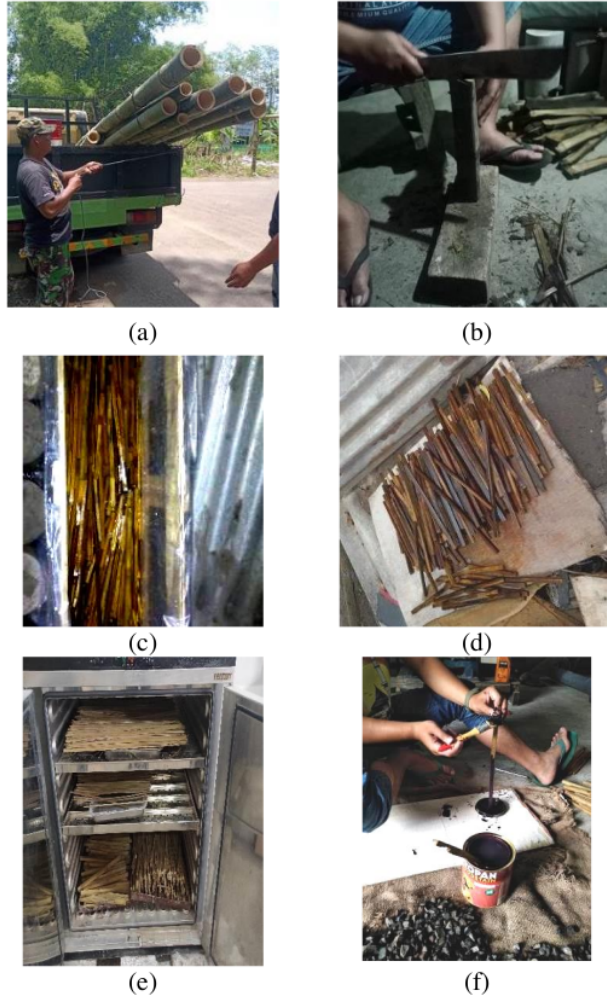
**Gambar 4.7 Perendaman Benda Uji Trial Mix**

- l. Menerapkan belerang ke bagian atas beton sampai rata untuk kuat tekan terbaik.

#### **4.4.2 Fabrikasi Tulangan Bambu**

Tahapan proses fabrikasi tulangan bambu adalah:

- a. Memindahkan bambu dari habitat aslinya, khususnya hutan bambu. Pemotongan bambu menjadi beberapa bagian untuk memudahkan mobilisasi
- b. Membagi bambu menjadi beberapa bagian agar mudah dibentuk menjadi 10 x 10 mm untuk tulangan memanjang, 1,5 mm x 5 mm untuk tulangan cincin melintang, dan diameter 3 mm untuk jarak antar tulangan.
- c. Selain itu, bambu direndam dalam NaOH yang telah dilarutkan dalam air selama enam jam. Bambu dibentuk menjadi 10 mm x 10 mm untuk tulangan memanjang, 1,5 mm x 5 mm untuk tulangan cincin melintang, dan diameter 3 mm untuk jarak tulangan.
- d. Setelah enam jam, bambu yang sudah direndam diangkat, dan langkah selanjutnya adalah mengangin-anginkan untuk mengurangi jumlah air di dalamnya. Proses oven adalah langkah selanjutnya, dan dilakukan dalam oven yang sudah disiapkan. Setelah itu, bambu kering tersebut dipanggang di oven sampai kering dan merata.
- e. Langkah selanjutnya adalah mengeringkan bambu di dalam oven tanpa menambahkan uap air, membuat bambu yang telah dikeringkan dengan aerasi menjadi kering.
- f. Pengecatan (pelapisan) secara kimia. Lapisan bambu sekarang bisa dibuat sebagai penguat setelah dikeringkan. Untuk mempercepat proses fabrikasi, harus disiapkan alat dan bahan. Gambar 4.9 menggambarkan fabrikasi tulangan bambu.



**Gambar 4.8 Persiapan Bambu Sebagai Bahan Tulangan**

- g. Pembuatan penunjang dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan untuk mempercepat interaksi pembuatan. Gambar 4.9 menggambarkan fabrikasi tulangan bambu.





(g)



(h)

**Gambar 4.9 Fabrikasi Tulangan Bambu**

h. Selesai.





**Gambar 4.10 Tulangan Bambu Yang Telah Difabrikasi**

#### **4.4.3 Pembuatan Benda Uji Beton Terkekang Dengan Tulangan Bambu**

Proses membuat benda uji untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton bertulang dengan tulangan memanjang bambu berubah ketika tulangan melintang bambu diberi jarak. Dua belas benda uji beton terbatas berdiameter 110 milimeter serta tinggi 300 mm digunakan dalam penelitian ini. Tiga benda uji terbuat dari bambu beton bertulang membujur tanpa tulangan melintang (BTT), dan tiga lainnya terbuat dari bambu beton bertulang memanjang dengan tulangan, spasi transversal 20 mm (BTS20), spasi transversal 40 mm (BTS40), dan jarak melintang 70 mm (BTS70) untuk tiga buah beton bertulang bambu.

Berikut tahapan dalam pembuatan benda uji dari beton bertulang bambu:

1. Tulangan bambu dipasang di atas lantai beton terbatas yang tersedia setelah fabrikasinya. Kait pengikat digunakan untuk mengikat tulangan bambu yang sudah disiapkan ke bekisting untuk mengamankannya ke benda uji pada langkah.



**Gambar 4.11 Setting Tulangan Pada Bekisting**

2. Menggunakan hasil campuran perhitungan desain, berat air, semen, pasir, dan batu pecah.



**Gambar 4.12 Takar/timbangan Material Campuran Beton**

3. Hidupkan mesin molen serta tambahkan air seperlunya.



**Gambar 4.13 Basahi molen secukupnya dengan air**

4. Aduk rata setelah menambahkan semua batu yang dihancurkan dan sedikit air.
5. Aduk rata setelah menambahkan semua semen.
6. Biarkan pasir dan sisa air tercampur rata selama tiga sampai lima menit.



**Gambar 4.14 Masukan Material Kedalam Molen**

7. Tuang seluruh campuran beton ke bak siap pakai kemudian dimasukkan dalam bekisting beton terkekang setelah tercampur rata dan bisa dikerjakan.



**Gambar 4.15 Campuran beton dituang pada bak**

8. Slump test menggunakan ASTM C143-78 dalam mengerti tingkat workability-nya.



**Gambar 4.16 Pengujian Slump**

9. Setelah campuran beton dari bak dimasukkan ke dalam bekisting beton terkekang dan dipadatkan dengan besi sampai cetakan diisi penuh, permukaan beton bekisting diratakan.



**Gambar 4.17 Pemasukan Campuran Beton Pada Bekisting Beton Terkekang**

10. Setelah itu, beton diberi waktu 24 jam untuk mengeras.



**Gambar 4.18 Beton Mengeras 24 Jam**

11. Buka cetakan beton setelah beton mengeras.

12. Beton terkekang diawetkan dengan cara direndam selama enam hari kemudian diangin-anginkan sampai berumur 28 hari.



**Gambar 4.19 Direndam Selama 6 Hari**

#### 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder ( Trial Mix )

Kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder dibentuk serta dirawat pada laboratorium sampai dengan 28 hari dan memiliki tinggi  $\phi$  150 dan 300 mm. Hasil uji sesuai SNI 03-1974- 1990 dan ASTM C39M-01 menggunakan CTM (Compressing Testing Machine). Rumus  $f_c = P/A$  digunakan dalam penentuan kuat tekan beton. Gambar Penempatan benda uji bentuknya silinder CTM (Gambar 4.20).



Gambar 4.20 Pengujian Benda Uji Silinder Pada Alat Uji Tekan Silinder (CTM)

##### 4.5.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Trial Mix Design

Untuk percobaan campuran beton silinder, enam silinder dengan tinggi 300 mm serta diameter 150 mm dimanfaatkan untuk benda uji. 20,75 MPa (250 Kg/cm<sup>2</sup>) adalah mutu beton yang direncanakan selama 28 hari ( $f_c$ ). Diuji untuk memahami besarnya pengaruh trial mix design pada kuat tekan aksial beton. Berikut merupakan ilustrasi bagaimana cara menghitung kuat tekan beton mutu normal umur 28 hari:

- Tekanan Hancur (P) = 510000 N
  - Luas silinder =  $1/4 \times \pi \times d^2 = 1/4 \times 3,14 \times 150^2 = 17662,5 \text{ mm}^2$
  - Faktor Umur (m) 7 hari = 0,65
  - Faktor Umur (m) 28 hari = 1
- Kuat tekan ( $f_c$ ) B1,7 Hari =  $(P/A) = (510000/17662,5)/0,65 = 44,42 \text{ Mpa}$

- $f'_c$  B6,28 Hari =  $(P/A) = (600000/17671,46)/1 = 33,97$  Mpa  
Tabel (4.8) menunjukkan hasil kuat tekan beton silinder normal..

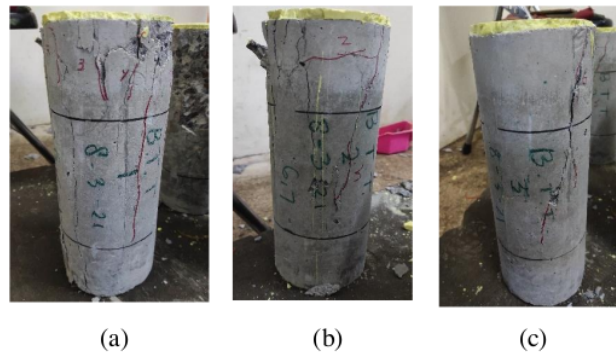
**Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder 15 x 30 cm ( Mix Design )**

Kode Benda Uji	Umur Benda Uji Saat Pengujian (Hari)	Berat (Kg)	P ( N )	Kuat Tekan (Mpa)
B-1	7	12,62	510000	44,42
B-2	7	12,73	500000	43,55
B-3	7	12,67	490000	42,68
B-4	28	12,67	700000	39,63
B-5	28	12,73	760000	43,02
B-6	28	12,70	600000	33,97
Rata – Rata				41,21

Hasil uji kuat tekan dalam enam benda uji silinder berkisar antara 33,97 Mpa sampai dengan 44,42 Mpa, seperti terlihat pada tabel 4.8. Beton memiliki kuat tekan yang cukup memenuhi syarat karena hasil rata dari keenam benda uji silinder yaitu  $f'_c$  41,21 Mpa, yang lebih tinggi dari  $f'_c$  desain yaitu 20,75 Mpa.

#### 4.5.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Beton Bertulang Memanjang Bambu Tidak Terkekang

Ada tiga silinder (BT.T 1, BT.T 2, dan BT.T 3) dari beton bertulang dengan bambu tidak dibatasi memanjang, masing-masing berukuran diameter 110 mm dan tinggi 300 mm. Pola retak bisa diamati ketika benda uji dikenai uji kuat tekan. Gambar 4.21 menggambarkan pola retakan pada benda uji beton bertulang longitudinal bambu tak terikat (BT.T 1 (a), BT.T 2 (b), dan BT.T 3 (c)).



**Gambar 4.21 Pola Retak Pada Benda Uji BT (tanpa tulangan transversal)**

Pola retak bisa diamati selama pengujian. Ketika beban 83,0 kN diterapkan, retak pertama pada spesimen beton bertulang memanjang (BT.T) bambu yang tidak diikat terjadi, dan retakan terlihat seperti garis vertikal dari ujung ke ujung. Pada beton terkekang dengan tulangan longitudinal bambu tekan, pola ini dikenal sebagai pola retak kolom. Retak runtuh atau pecah ketika beban dinaikkan menjadi 180,0 kN, dan kuat tekan aksial beton tidak terkekang mencapai titik tertinggi pada saat yang bersamaan. Menurut tabel (4.9), benda uji BT.T mengalami kegagalan pada beban maksimum ( $P_{max}$ ) sebesar 180,0 kN.

**Tabel 4.9 Retak Pada Benda Uji BT.T**

No	Benda Uji	Type Pola Keretakan	P (Retak Pertama) (kN)	P (Retak Putus) (kN)	P (Putus/max Rerata) (kN)
1	BT.T 1	<i>columnar</i>	120,0	120,0	120,0
2	BT.T 2	<i>columnar</i>	140,0	180,0	180,0
3	BT.T 3	<i>columnar</i>	83,0	171,0	171,0

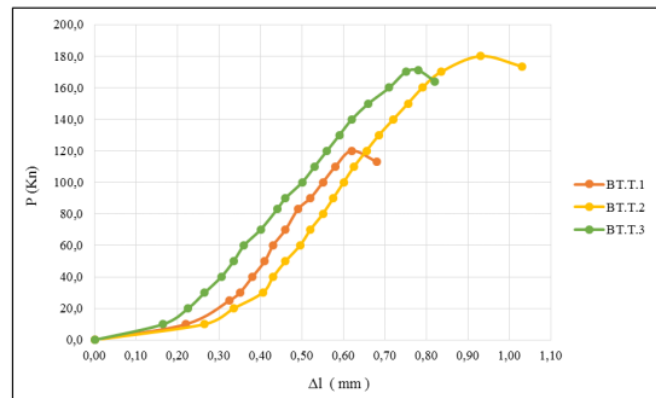
Selain itu, pengujian menunjukkan bahwa benda uji beton bertulang longitudinal bambu tak terikat memendek akibat beban pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.22.



**Tabel 4.10 Hubungan Gaya Tekan Aksial dan Perpendekan Benda Uji BT.T**

BT.T.1			BT.T.2			BT.T.3		
No	Beban Tekan P (kN)	Δl (mm)	No	Beban Tekan P (kN)	Δl (mm)	No	Beban Tekan P (kN)	Δl (mm)
1	0,0	0,00	1	0,0	0,00	1	0	0,00
2	10,0	0,22	2	10,0	0,27	2	10,0	0,17
3	25,0	0,33	3	20,0	0,34	3	20,0	0,23
4	30,0	0,35	4	30,0	0,41	4	30,0	0,27
5	40,0	0,38	5	40,0	0,43	5	40,0	0,31
6	50,0	0,41	6	50,0	0,46	6	50,0	0,34
7	60,0	0,43	7	60,0	0,50	7	60,0	0,36
8	70,0	0,46	8	70,0	0,52	8	70,0	0,40
9	83,0	0,49	9	80,0	0,55	9	83,0	0,44
10	90,0	0,52	10	90,0	0,58	10	90,0	0,46
11	100,0	0,55	11	100,0	0,60	11	100,0	0,50
12	110,0	0,58	12	110,0	0,63	12	110,0	0,53
13	120,0	0,62	13	120,0	0,66	13	120,0	0,56
14	113,0	0,68	14	130,0	0,69	14	130,0	0,59
			15	140,0	0,72	15	140,0	0,62
			16	150,0	0,76	16	150,0	0,66
			17	160,0	0,79	17	160,0	0,71
			18	170,0	0,84	18	170,0	0,75
			19	180,0	0,93	19	171,0	0,78
			20	173,5	1,03	20	164,0	0,82

Gambar 4.17 menggambarkan grafik hubungan antara P dan l berdasarkan Tabel 4.10.

**Gambar 4.22 Hubungan P- Δl BT.T**

Spesimen BTT1, BTT2, dan BTT3 memendek sebelum runtuh pada  $P_{max} = 120 \text{ kN}$ ,  $180 \text{ kN}$ , dan  $171 \text{ kN}$ , masing-masing, seperti yang ditunjukkan oleh kurva hubungan P-l BT.T pada Gambar 4.22.0.82mm.

Dari ketiga benda uji tersebut dipilih yang terbaik. Tabel 4.11 menampilkan hasil uji kuat tekan aksial beton. Berikut ini adalah contoh cara menghitung kuat tekan benda uji berumur 43 hari:

- Tekanan Hancur (P) = 180000 N
- Luas silinder =  $1/4 \times \pi \times d^2 = 1/4 \times 3,14 \times 110^2 = 9498,5 \text{ mm}^2$

- Faktor Umur (m) 43 hari = 1,048
- Kuat tekan ( $f'c$ ) BT.T.2, 43 hari= $(P/A) = (180000/9498,5 / 1,048 )= 18,08$  Mpa

**Tabel 4.11 Kuat Tekan Silinder Benda Uji 110 x 300 mm**

Kode Benda Uji	P (N)	A (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Aksial $F'co = P/A$ (Mpa)	Kuat Tekan Aksial Rata-rata $f'co$
BT.T 1	120000	9498,5	12,05	15,77
BT.T 2	180000	9498,5	18,08	
BT.T 3	171000	9498,5	17,18	

Perolehan uji kuat tekan tiga benda uji silinder berkisar antara 12,05 Mpa sampai dengan 18,08 Mpa, seperti terlihat pada tabel 4.11. Untuk tiga benda uji silinder dibisa dari hasil rata 15,77 Mpa.

#### 4.5.3 Pengujian Kuat Tekan Aksial Beton Terkekang Dengan Tulangan Memanjang Bambu

Pengujian kuat tekan poros beton terbatas dilakukan untuk menentukan kapasitas semen tumpu bambu untuk menerima beban, sehingga diketahui bahwa kuat tekan hub beton terikat dengan tumpuan longitudinal bambu tergantung pada nilai beban percobaan yang dibaca pada setiap ekspansi beban. pada gadget UTM yang langsung dihubungkan dengan gadget PC. Dalam penelitian ini menggunakan 12 buah benda uji kuat tekan aksial.

Laboratorium Universitas Negeri Malang dengan alat uji UTM (Universal Testing Machine) (ASTM C-192) sebagai pembebanan satu titik untuk mengukur kuat tekan aksial beton terkekang, seperti digambarkan (Gambar 4.23).



**Gambar 4.23** Alat Pengujian Kuat Tekan Aksial Beton UTM (*Universal Testing Machine*)( ASTM C192)

#### **4.5.3.1 Mekanisme Pola Retak Beton Terkekang Tulangan Memanjang Bambu Berdasarkan Variabel Spacing Tulangan Transversal Bambu**

Pada penelitian ini benda uji yakni tiga buah beton bertulang memanjang bambu dengan jarak tulangan 20 mm (BT.S.20) dan sembilan buah beton bertulang berdiameter 110 mm serta tinggi 300 mm. jarak antar tulangan 40 mm (BT.S.40) dan tiga potong memanjang bambu bertulang beton dengan spacing 70 mm (BT.S.70). Retak paling parah dengan beban retak terbesar akan dipilih untuk setiap variabel jarak antar tulangan bambu.

Pola retak yang terjadi pada saat dilaksanakan uji kuat tekan di benda uji diamati. Jika pola retak terjadi pada variabel yang sama adalah sama, maka campuran beton homogen. Pola retak yang diamati benda uji serta bentuk pola retak sesuai (Gambar 4.26).



**Gambar 4.24 Pola Retak pada BT.S20  
(spacing 20 mm.)**



**Gambar 4.25 Pola Retak pada BT.S40  
(spacing 40 mm.)**



**Gambar 4.26 Pola Retak pada BT.S70  
(spacing 70 mm.)**

Ketika beban 45,0 kN diterapkan, retak pertama pada beton terkekang dengan tulangan memanjang bambu tekan, yang dikenal sebagai pola retak kolom dalam BT.S.20, terjadi. Retakan berbentuk seperti garis vertikal

dari ujung ke ujung. Retakan runtuh atau pecah ketika beban dinaikkan menjadi 160,0 kN. Pada saat yang sama, tulangan longitudinal bambu dengan variabel spasi 20 mm mengalami kuat tekan maksimum menahan kuat tekan aksial beton. Benda uji BT.S.20 patah pada beban terbesar ( $P_{max}$ ) sebesar 160,0 kN.

Pada beton terikat BT.S40 dikenal sebagai desain patahan kolumnar dimana patahan menyerupai garis vertikal dari satu ujung ke ujung lainnya pada beton terbatas dengan penyangga longitudinal bambu yang diremas, ketika timbunan 90,0 kN diberikan patahan primer terjadi. Tulangan longitudinal bambu dengan jarak variabel 40 mm mengalami kuat tekan maksimum pada saat beban dinaikkan menjadi 142,8 kN sehingga membatasi kuat tekan aksial beton. Benda uji BT.S40 patah pada beban maksimum ( $P_{max}$ ) sebesar 142,8 kN. Pada benda uji BT.S70 pola retakan tersebut disebut dengan pola retak kolumnar.

Pada beton terkekang dengan tulangan longitudinal bambu tekan, retak pertama terjadi ketika diberikan beban sebesar 105,0 kN. Tulangan longitudinal bambu dengan jarak variabel 70 mm mengalami kuat tekan maksimum ketika beban dinaikkan menjadi 116,0 kN, membatasi kuat tekan aksial pada beton. Ketiga benda uji BT.S mempunyai pola retak hampir sama: retak pertama berada di daerah tumpuan, disusul retak selanjutnya di daerah lapangan, serta retak menyebar ke bawah seiring dengan beban yang bertambah. Benda uji BT.S70 putus pada beban maksimum ( $P_{max}$ ) sebesar 116,0 kN. Setiap variabel spasi tulangan bambu yang dipasang pada benda uji BT.S memiliki nilai beban maksimum yang unik.

Selain itu, seperti bisa dilihat pada tabel (4.12), kondisi retak yang terkait dengan beban yang diberikan juga bisa diamati..

**Tabel 4.12 Beban Retak Putus Pada Benda Uji Beton Terkekang Tulangan Memanjang Bambu Dengan Variabel Spacing Tulangan Transversal Bambu.**

<b>1</b> Nomer	Benda Uji	Type Pola Keretakan	P (Retak Pertama) ( kN )	P (Retak Putus) ( kN )	P (Putus/max Rerata) ( kN )
1	BT.S20	columnar	45,0	160,0	160,0
2	BT.S40	columnar	90,0	142,8	142,8
3	BT.S70	columnar	105,0	116,0	116,5

#### 4.5.3.2 Hubungan Gaya Tekan Aksial dan Perpindahan Benda Uji Beton Bertulang Memanjang Bambu Terkekang Tulangan Transversal Bambu Berdasarkan Variasi Spacing Tulangan Transversal Bambu

Berdasarkan variabel jarak antar tulangan bambu, penelitian ini menguji kuat tekan aksial beton bertulang menggunakan tulangan memanjang bambu. Pengujian dilaksanakan melalui bantuan alat UTM (Universal Testing Machine) (ASTM C-192) di laboratorium Universitas Negeri Malang. Kemampuan beton untuk ditahan oleh tulangan memanjang bambu berdasarkan variabel spasi tulangan melintang bambu untuk menerima beban ditentukan dengan menguji kuat tekan aksial beton sehingga nilai P bisa digunakan untuk menentukan gaya aksial kuat tekan beton bertulang bambu.

Terdapat tiga variabel jarak tulangan melintang bambu yang berbeda dimanfaatkan sebagai uji kuat tekan aksial beton bertulang menggunakan tulangan longitudinal bambu. Ada tiga benda uji untuk setiap variabel. Variabel asing benda uji selanjutnya dimanfaatkan sebagai perhitungan rata nilai beban masing-masing benda uji. Berdasarkan variabel spasi tulangan melintang bambu, berikut adalah hasil pengujian dan analisis kuat tekan aksial beton bertulang yang dibuat tulangan memanjang bambu:

##### 1. Variasi Spacing Tulangan Transversal 20 mm (BT.S20)

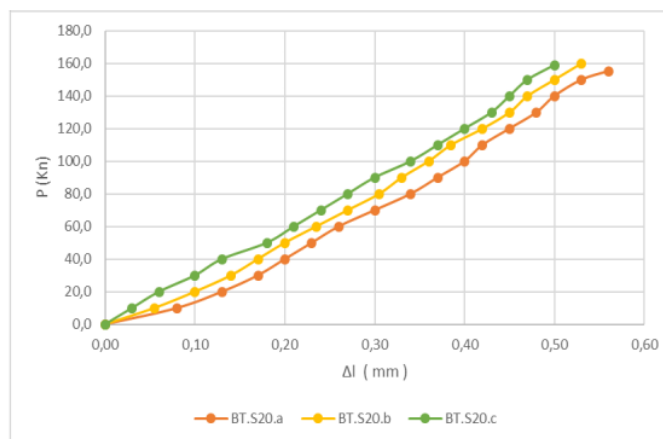
Benda uji BT.S20 terdiri dari tiga buah tulangan berukuran tinggi 110 mm x 300 mm, enam buah tulangan bambu polos berukuran 10

mm kali 10 mm, tulangan melintang berukuran 2 x 1,5 mm kali 5 mm, dan spasi tulangan melintang 20 mm. Pada beton 44 hari, pengujian ini dilakukan. Tabel 4.13 dan Gambar 4.27 menampilkan perolehan uji dan analisis kuat tekan aksial beton bertulang dengan tulangan longitudinal bambu berdasarkan variabel spasi tulangan melintang bambu.

**Tabel 4.13 Hubungan Gaya Tekan Aksial Dan Perpendekan Benda Uji BT.S20**

BT.S20.a			BT.S20.b			BT.S20.c		
No	Beban Tekan P (kN)	$\Delta l$ (mm)	No	Beban Tekan P (kN)	$\Delta l$ (mm)	No	Beban Tekan P (kN)	$\Delta l$ (mm)
1	0,0	0,00	1	0,0	0,00	1	0,0	0,00
2	10,0	0,08	2	10,0	0,06	2	10,0	0,03
3	20,0	0,13	3	20,0	0,10	3	20,0	0,06
4	30,0	0,17	4	30,0	0,14	4	30,0	0,10
5	40,0	0,20	5	40,0	0,17	5	40,0	0,13
6	50,0	0,23	6	50,0	0,20	6	50,0	0,18
7	60,0	0,26	7	60,0	0,24	7	60,0	0,21
8	70,0	0,30	8	70,0	0,27	8	70,0	0,24
9	80,0	0,34	9	80,0	0,31	9	80,0	0,27
10	90,0	0,37	10	90,0	0,33	10	90,0	0,30
11	100,0	0,40	11	100,0	0,36	11	100,0	0,34
12	110,0	0,42	12	110,0	0,39	12	110,0	0,37
13	120,0	0,45	13	120,0	0,42	13	120,0	0,40
14	130,0	0,48	14	130,0	0,45	14	130,0	0,43
15	140,0	0,50	15	140,0	0,47	15	140,0	0,45
16	150,0	0,53	16	150,0	0,50	16	150,0	0,47
17	155,3	0,56	17	160,0	0,53	17	159,0	0,50
18	160,0		18	170,0		18	160,0	

Gambar 4.27 menggambarkan grafik hubungan antara P dan  $\Delta l$  berdasarkan tabel 4.13.



**Gambar 4.27 Hubungan P-  $\Delta l$  BT.S20**

Benda uji BT.S20a, BT.S20b, dan BT.S20c 0,50 mm memendek sebelum runtuh pada  $P_{max}$  (155,30 Kn untuk BT.S20a, 160,00 kN untuk BT.S20b 0,53 mm, dan 159,00 kN untuk BT.S20c 0,56 mm), seperti yang diperlihatkan tabel 4.13 dan gambar 4.27.

## 2. Variasi Spacing Tulangan Transversal 40 mm (BT.S40)

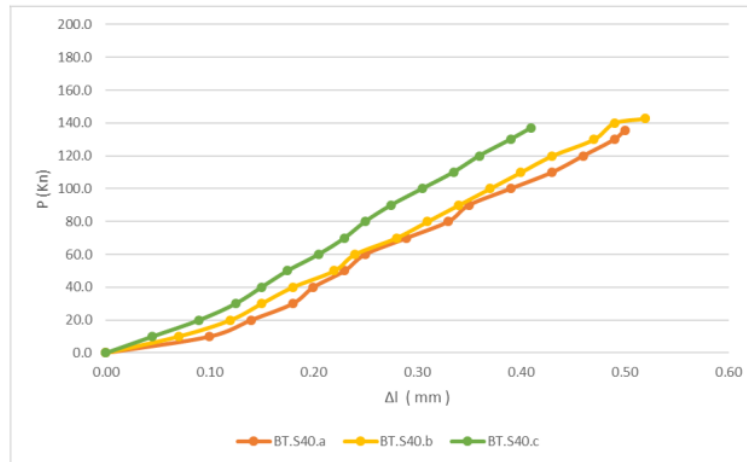
Benda uji BT.S40 terdiri dari tiga buah dengan dimensi 110 mm kali 300 mm dan tulangan bambu polos berupa enam buah dengan dimensi 10 mm kali 10 mm, tulangan melintang berupa 2 x 1,5 mm kali 5 mm , dan jarak tulangan transversal 40 mm. Pada umur beton 44 hari, pengujian ini dilakukan. Tabel 4.14 serta Gambar 4.28 menampilkan hasil uji dan analisis kuat tekan aksial beton bertulang dengan tulangan longitudinal bambu berdasarkan variabel *space* antar tulangan melintang bambu.

**Tabel 4.14 Hubungan Gaya Tekan Aksial Dan Perpendekan Benda Uji BT.S40**

BT.S40.a			BT.S40.b			BT.S40.c		
No	Beban Tekan P (kN)	$\Delta l$ (mm)	No	Beban Tekan P (kN)	$\Delta l$ (mm)	No	Beban Tekan P (kN)	$\Delta l$ (mm)
1	0.0	0.00	1	0.0	0.00	1	0.0	0.00
2	10.0	0.10	2	10.0	0.07	2	10.0	0.05
3	20.0	0.14	3	20.0	0.12	3	20.0	0.09
4	30.0	0.18	4	30.0	0.15	4	30.0	0.13
5	40.0	0.20	5	40.0	0.18	5	40.0	0.15
6	50.0	0.23	6	50.0	0.22	6	50.0	0.18
7	60.0	0.25	7	60.0	0.24	7	60.0	0.21
8	70.0	0.29	8	70.0	0.28	8	70.0	0.23
9	80.0	0.33	9	80.0	0.31	9	80.0	0.25
10	90.0	0.35	10	90.0	0.34	10	90.0	0.28
11	100.0	0.39	11	100.0	0.37	11	100.0	0.31
12	110.0	0.43	12	110.0	0.40	12	110.0	0.34
13	120.0	0.46	13	120.0	0.43	13	120.0	0.36
14	130.0	0.49	14	130.0	0.47	14	130.0	0.39
15	135.7	0.50	15	140.0	0.49	15	137.0	0.41
			16	142.8	0.52			

Berdasarkan tabel 4.14 bisa dibuat grafik hubungan P dan  $\Delta l$  seperti pada gambar 4.28.





**Gambar 4.28 Hubungan P- Δl BT.S40**

Tabel 4.14 dan Gambar 4.28 menunjukkan bahwa benda uji BT.S40a, BT.S40b, dan BT.S40c memendek sebelum runtuh pada Pmax pada 135,70 Kn untuk ( $\Delta L$ ) BT.S40a, 142,80 kN untuk BT.S40b, dan 137.0 kN untuk BT.S40c.

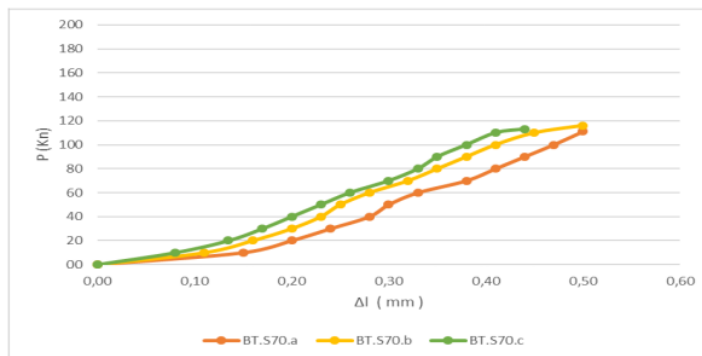
### 3. Variasi Spacing Tulangan Transversal 70 mm (BT.S70)

Benda uji BT.S70 terdiri dari tiga buah tulangan berukuran tinggi 110 mm kali 300 mm, enam buah tulangan bambu polos berukuran 10 mm kali 10 mm, tulangan melintang berukuran 2 x 1,5 mm kali 5 mm, dan jarak tulangan melintang 70 mm. Pada umur beton 44 hari, pengujian ini dilakukan. Berdasarkan variabel spasi tulangan melintang bambu, pengujian dan analisis kuat tekan aksial beton bertulang dengan tulangan memanjang bambu diperoleh hasil yang ditunjukkan Tabel 4.15 dan Gambar 4.29.

**Tabel 4.15 Hubungan Gaya Tekan Aksial Dan Perpendekan****Benda Uji BT.S70**

BT.S70.a			BT.S70.b			BT.S70.c		
No	Beban Tekan P (kN)	$\Delta l$	No	Beban Tekan P (kN)	$\Delta l$ (mm)	No	Beban Tekan P (kN)	$\Delta l$ (mm)
1	0.0	0.00	1	0.0	0.00	1	0.0	0.00
2	10.0	0.15	2	10.0	0.11	2	10.0	0.08
3	20.0	0.20	3	20.0	0.16	3	20.0	0.14
4	30.0	0.24	4	30.0	0.20	4	30.0	0.17
5	40.0	0.28	5	40.0	0.23	5	40.0	0.20
6	50.0	0.30	6	50.0	0.25	6	50.0	0.23
7	60.0	0.33	7	60.0	0.28	7	60.0	0.26
8	70.0	0.38	8	70.0	0.32	8	70.0	0.30
9	80.0	0.41	9	80.0	0.35	9	80.0	0.33
10	90.0	0.44	10	90.0	0.38	10	90.0	0.35
11	100.0	0.47	11	100.0	0.41	11	100.0	0.38
12	111.0	0.50	12	110.0	0.45	12	110.0	0.41
			13	116.0	0.50	13	113.0	0.44

Gambar 4.27 menggambarkan grafik hubungan antara P dan l berdasarkan tabel 4.15.

**Gambar 4.29 Hubungan P-  $\Delta l$  BT.S70**

Tabel 4.15 dan Gambar 4.29 menunjukkan bahwa benda uji BT.S70a, BT.S70b, dan BT.S70c memendek sebelum runtuh pada nilai  $P_{max}$  111,00 Kn untuk BT.S70a, 116,00 kN untuk BT.S70b, dan 113,00 kN untuk BT. S70c.

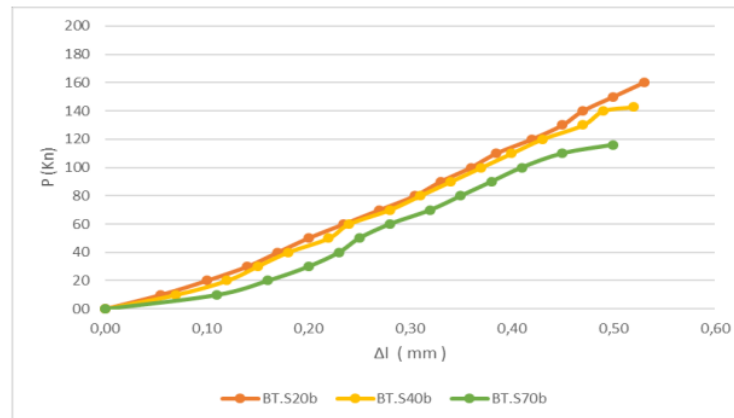
Dalam penelitian ini, kuat tekan aksial beton bertulang yaitu tulangan longitudinal bambu ditentukan berdasarkan tiga variabel jarak tulangan melintang, dengan variabel mewakili tiga benda uji. Setelah itu, benda uji dengan nilai  $P_{max}$  yang lebih pendek untuk masing-masing variabel yang akan dipilih. Tabel 4.16 dan Gambar 4.30 menampilkan

hasil uji dan analisis untuk beton terkekang dengan kuat tekan aksial tulangan bambu.

**Tabel 4.16 Hubungan Gaya Tekan Aksial Dan Perpendekan**  
**Benda Uji BT.S20b, BT.S40b, BT.S70b**

BT.S20b			BT.S40b			BT.S70b		
No	Beban Tekan P (kN)	Δl	No	Beban Tekan P (kN)	Δl (mm)	No	Beban Tekan P (kN)	Δl (mm)
1	0.0	0.00	1	0.0	0.00	1	0.0	0.00
2	10.0	0.06	2	10.0	0.07	2	10.0	0.11
3	20.0	0.10	3	20.0	0.12	3	20.0	0.16
4	30.0	0.14	4	30.0	0.15	4	30.0	0.20
5	40.0	0.17	5	40.0	0.18	5	40.0	0.23
6	50.0	0.20	6	50.0	0.22	6	50.0	0.25
7	60.0	0.24	7	60.0	0.24	7	60.0	0.28
8	70.0	0.27	8	70.0	0.28	8	70.0	0.32
9	80.0	0.31	9	80.0	0.31	9	80.0	0.35
10	90.0	0.33	10	90.0	0.34	10	90.0	0.38
11	100.0	0.36	11	100.0	0.37	11	100.0	0.41
12	110.0	0.39	12	110.0	0.40	12	110.0	0.45
13	120.0	0.42	13	120.0	0.43	13	116.0	0.50
14	130.0	0.45	14	130.0	0.47			
15	140.0	0.47	15	140.0	0.49			
16	150.0	0.50	15	142.8	0.52			
17	160.0	0.53						

Grafik berikut (4.30) menunjukkan data dengan kuat tekan tertinggi untuk masing-masing variabel:



**Gambar 4.30 Hubungan P- Δl BT.S20b, BT.S40b dan BT.S70b**

Benda uji BT.S20b, BT.S40b, dan BT.S70b mengalami pemendekan sebelum runtuh pada Pmax (ΔL) BT.S20 160.00 Kn, BT.S40 142.80 kN, dan BT.S70 116,00 kN, seperti tabel (4.16) serta gambar (4.30). Memperpendek (L) BT.S20 0,53 mm, BT.S40 0,52.

#### 4.5.3.3 Kuat Tekan Aksial Benda Uji Beton Bertulang Memanjang Bambu Terkekang Tulangan Transversal Bambu Berdasarkan Variasi Spacing Tulangan Transversal Bambu

Dalam memahami kapasitas beton bertulang bambu untuk menahan beban aksial sebelum keruntuhan, dilakukan pengujian kuat tekan aksial benda uji beton bertulang memanjang bambu yang ditahan melalui tulangan melintang bambu. Selain itu, kuat tekan aksial beton bertulang bambu ditentukan melalui pembagian beban maksimum berdasar luas permukaan beton terkekang. Keadaan pembebanan sentris tanpa eksentrisitas, bisa mengakibatkan lentur, berdampak menghasilkan kuat tekan maksimum dari beban sentris.

Berikut adalah ilustrasi bagaimana perhitungan kuat tekan spesimen bambu umur 43 hari dengan bambu bertulang memanjang dan bambu bertulang melintang:

- Tekanan Hancur (P) = 160000 N
  - Luas silinder =  $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 110^2 = 9498,5 \text{ mm}^2$
  - Faktor Umur (m) 43 hari = 1,048
- Kuat tekan ( $f'_c$ ) BT.T.2, 43 hari =  $(P/A) = (160000/9498,5 / 1,048) = 16,07 \text{ Mpa}$

Beban aksial benda uji beton bertulang dihitung dengan menggunakan contoh perhitungan sebelumnya. Bambu dikekang dengan tulangan bambu melintang dengan jarak tanam yang bervariasi.

#### 1. Kuat Tekan Aksial Benda Uji Beton Bertulang Memanjang Bambu Terkekang Tulangan Transversal Bambu Variasi BT.S20

Benda uji BT.S20 terdiri dari tiga buah tulangan berukuran tinggi 110 mm x 300 mm, enam buah tulangan bambu polos berukuran 10 mm kali 10 mm, tulangan melintang berukuran 2 x 1,5 mm kali 5 mm, dan spasi tulangan melintang 20 mm. Pengujian ini dilaksanakan saat beton berumur 43 hari. Tabel 4.17 menampilkan hasil pengujian dan analisis kuat tekan aksial beton bertulang menggunakan tulangan bambu memanjang dengan jarak variabel untuk tulangan bambu melintang.

**Tabel 4.17 Kuat Tekan Aksial BT.S20**

Kode	P	A	Kuat Tekan Aksial $F'_{co} = P/A$	Kuat Tekan Aksial Rata-rata
Benda Uji	(N)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)
BT.S20a	155300	9498,5	15,60	15,88
BT.S20b	160000	9498,5	16,07	
BT.S20c	159000	9498,5	15,97	

Hasil uji kuat tekan tiga benda uji silinder berkisar antara  $f_c$  15,60 Mpa sampai dengan  $f_c$  16,07 Mpa, seperti terlihat pada tabel 4.17. Ketiga benda uji tersebut menghasilkan nilai rata-rata  $f_c$  15,88 Mpa.

## 2. Kuat Tekan Aksial Benda Uji Beton Bertulang Memanjang Bambu Terkekang Tulangan Transversal Bambu Variasi BT.S40

Benda uji BT.S40 terdiri dari tiga buah dengan dimensi 110 mm kali 300 mm dan tulangan bambu polos berupa enam buah dengan dimensi 10 mm kali 10 mm, tulangan melintang berupa 2 x 1,5 mm kali 5 mm, dan jarak antar tulangan transversal 40 mm. Pengujian dilaksanakan saat beton memiliki umur 43 hari. Tabel 4.18 menampilkan hasil uji dan analisis kuat tekan aksial beton bertulang menggunakan tulangan bambu memanjang dengan jarak variabel untuk bambu melintang bala bantuan.

**Tabel 4.18 Kuat Tekan Aksial BT.S40**

Kode	P	A	Kuat Tekan Aksial $F'_{co} = P/A$	Kuat Tekan Aksial Rata-rata
Benda Uji	(N)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)
BT.S40a	135700	9498,5	13,63	13,91
BT.S40b	142800	9498,5	14,35	
BT.S40c	13700	9498,5	13,76	

Perolehan hasil uji tekan tiga benda uji silinder berkisar antara  $f_c$  13,63 Mpa sampai dengan  $f_c$  14,35 Mpa, seperti terlihat pada tabel 4.18. Ketiga benda uji tersebut menghasilkan nilai rata-rata 13,91 Mpa.

### 3. Kuat Tekan Aksial Benda Uji Beton Bertulang Memanjang Bambu Terkekang Tulangan Transversal Bambu Variasi BT.S70

Benda uji BT.S70 terdiri dari tiga buah tulangan berukuran tinggi 110 mm kali 300 mm, enam buah tulangan bambu polos berukuran 10 mm kali 10 mm, tulangan melintang berukuran 2 x 1,5 mm kali 5 mm, dan jarak tulangan melintang 70 mm. Pada umur beton 44 hari, pengujian ini dilakukan. Tabel 4.19 menampilkan hasil pengujian dan analisis kuat tekan aksial beton bertulang menggunakan tulangan bambu memanjang dengan jarak variabel untuk tulangan bambu melintang.

**Tabel 4.19 Kuat Tekan Aksial BT.S70**

Kode	P	A	Kuat Tekan Aksial $F'_{co} = P/A$ (Mpa)	Kuat Tekan Aksial Rata-rata (Mpa)
Benda Uji	(N)	(mm <sup>2</sup> )		
BT.S70a	111000	9498,5	11,15	11,39
BT.S70b	116000	9498,5	11,65	
BT.S70c	113000	9498,5	11,35	

Peolehan uji kuat tekan pada tiga benda uji silinder berkisar antara  $f'_c$  11,15 Mpa sampai dengan  $f'_c$  11,65 Mpa, seperti terlihat pada tabel 4.19. Ketiga benda uji tersebut menghasilkan nilai rata-rata  $f'_c$  11,39 Mpa.

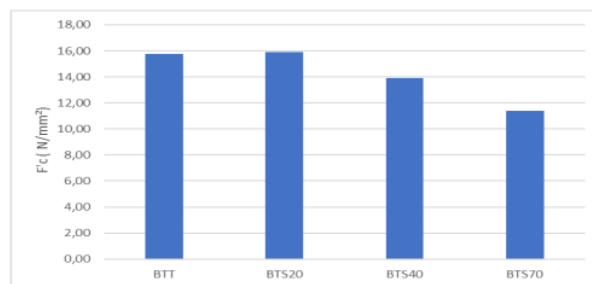
#### 4.5.3.4 Perbandingan Kuat Tekan Aksial Benda Uji Beton Bertulang Memanjang Bambu Terkekang Tulangan Transversal Bambu Berdasarkan Variasi Spacing Tulangan Transversal Bambu

Rata-rata kuat tekan aksial ( $f'_{cc}$ ) variasi jarak tulangan melintang bambu rata-rata kuat tekan aksial beton pada variabel (Tabel 4.20) berdasarkan hasil tiga variasi benda uji beton bertulang memanjang bambu yang dikekang dengan tulangan melintang bambu.

**Tabel 4.20 Kuat Tekan Aksial Rata-rata BTT, BT.S20 , BT.S40 , BT.S70**

Nomor	Benda Uji	Variabel	Kuat Tekan Aksial Rata - Rata F'c
1	B.T.T	Tidak Terkekang	15,77
2	BT.S20	Spacing 20 mm	15,88
3	BT.S40	Spacing 40 mm	13,91
4	BT.S70	Spacing 70 mm	11,39

Dilihat dari tabel (4.20), korelasi kuat tekan poros beton terikat dengan penyangga longitudinal bambu bisa dibuat berdasarkan variabel dispersi penyangga melintang bambu (Gambar 4.31).



**Gambar 4.31 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Aksial Beton Experimental Antara Spacing Tulangan Transversal**

Temuan menunjukkan bahwa kuat tekan beton bertulang bambu bisa dipengaruhi oleh jarak antar tulangan melintang bambu. Selain itu, kapasitas beton terkekang untuk menahan beban aksial meningkat dengan semakin rapatnya jarak antar tulangan melintang bambu. Kuat tekan aksial beton terkekang eksperimental, BT.T, meningkat sebesar 0,70 persen saat menggunakan BT.S20, menurun sebesar 12,40 persen saat menggunakan BT.S40, menurun sebesar 28,32% saat menggunakan BT.S70, dan menurun sebesar 18,17 persen saat menggunakan BT.S40 dan BT.S70. Benda uji BT.S20 memiliki kuat tekan rata beton aksial tertinggi, dengan nilai F'c 15,88 Mpa, sedangkan benda uji BT.S70 memiliki kuat tekan rata beton aksial terendah, dengan F'c 11,39 Mpa.

#### 4.6 Kuat Tekan Aksial Teoritis Berdasarkan Variabel Spacing Benda Uji Beton Bertulang Memanjang Bambu Terkekang Tulangan Transversal Bambu BT.S20,BT.S40,BT.S70

Berdasarkan eksplorasi, diketahui bahwa nilai kuat tekan beton hub normal dan paling ekstrim (P-Max) dari timbunan kemudian, pada saat itu, akan ditentukan secara hipotetis untuk mengetahui perbedaan dan kelebihan Varietas dalam bambu longitudinal didukung contoh substansial dikendalikan oleh penyangga bambu menyilang yang melibatkan resep hipotetis sebagai berikut.

Menurut hasil penelitian, kuat tekan aksial teoritis beton ditentukan dengan menghitung beban rata-rata beton tidak terkekang, yaitu:

$$f'c_c = f'c_0 + k_e * fl = f'c_0 + fl$$

Data :

$$f'c_0 = 15,77 \text{ Mpa}$$

$$s' = 15 \text{ mm}$$

$$d_s = D_c - 2(t) \\ = 110 - 2(10) = 90 \text{ mm}$$

$$A_{st} = A_b = 2 \times p_t \times l_t \\ = 2 \times 1,5 \times 5 = 15 \text{ mm}$$

$$p = 300 \text{ mm}$$

$$l = 110 \text{ mm}$$

$$s = 20 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 548,51$$

$$h_c = 110 \text{ mm}$$

$$\rho_{cc} = \frac{A_{st} * 2 * (p+l)}{p * l * s} = \frac{15 * 2 * (300+110)}{300 * 110 * 20} = 0,0186$$

$$k_e = \frac{\left(1 - \frac{s'}{2d_s}\right)^2}{1 - \rho_{cc}} = \frac{1 - \left[\frac{(20-5)}{2 * 90}\right]^2}{1 - 0,0186} = 0,856$$

$$f_i = \frac{2A_b f_{yh}}{p} = \frac{2 * 15 * 548,51}{300} = 7,479$$



$$\frac{sh_c}{20 \cdot 110}$$

$$f'l = k_e * fl = 0,856 * 7,479 = 6,404 \text{ kN}$$

$$f'_{cc} = f'_{co} + k_e * fl$$

$$= 15,77 + 6,404 = 22,174 \text{ kN}$$

Dimana :

$f'_{cc}$  = kuat tekan beton terkekang

$f'_{co}$  = kuat tekan beton tidak terkekang

$k_e$  = indeks kekangan relatif

$s'$  = jarak bersih antar sengkang

$d_s$  = dimensi inti kolom diukur dari tepi luar tulangan

sengkang

$A_{st} = A_b$  = luas tulangan sengkang

$p$  = panjang penampang inti beton terkekang

$l$  = lebar penampang inti beton

$s$  = jarak vertikal antar sengkang dihitung dari as ke as

$h_c$  = dimensi inti kolom

$f_{yh}$  = kuat leleh tulangan transversal

$k_e$  = koefisien tingkat keefektifan pengeangan

$f_l$  = gaya lateral

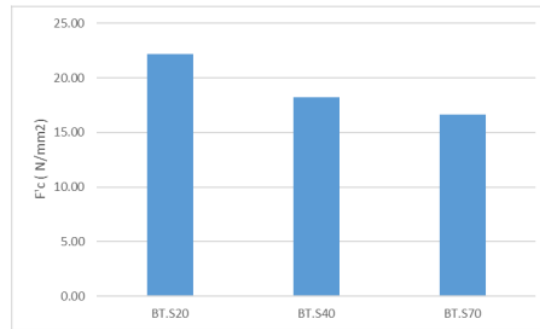
$f'l$  = gaya lateral; tulangan pengeang (tulangan transversal)

Tabel (4.21) menampilkan nilai kuat tekan teoritis untuk setiap variabel spasi benda uji beton bertulang dengan tulangan melintang bambu yang ditentukan oleh perhitungan teoritis tersebut di atas.

**Tabel 4.21 Kuat Tekan Aksial Teoritis BT.S20, BT.S40 Dan BT.S70**

Nomor	Benda Uji	Variabel	Kuat Tekan Aksial Terekang $F'_{cc}$ (Mpa)
1	BT.S20	Spacing 20 mm	22,17
2	BT.S40	Spacing 40 mm	18,22
3	BT.S70	Spacing 70 mm	16,65

Kuat tekan aksial teoritis beton bertulang bambu bertulang transversal digambarkan dalam grafik berikut Gambar (4.30) berdasarkan tabel (4.20).



**Gambar 4.32 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Aksial Beton Teoritis**

Kuat aksial beton teoritis BTS.20 dikombinasikan dengan BTS.40 menurun 5,49 persen, BTS.20 dikombinasikan dengan BTS.70 menurun 24,9%, dan BTS40 dikombinasikan dengan BTS.70 menurun 8,63 persen, layaknya ditunjukkan di Tabel 4.21 serta Gambar 4.32. Benda uji BTS.20 memiliki kuat tekan aksial beton tertinggi, dengan nilai  $F'_{cc}$  22,17 Mpa; benda uji BTS.70 memiliki kuat tekan aksial beton terendah, dengan nilai  $F'_{cc}$  16,65 Mpa.

#### 4.7 Perbandingan Kuat Tekan Aksial Teoritis Dan Eksperimental Berdasarkan Variabel Spacing Benda Uji Beton Bertulang Memanjang Bambu Terkekang Tulangan Transversal Bambu BT.S20, BT.S40, BT.S70

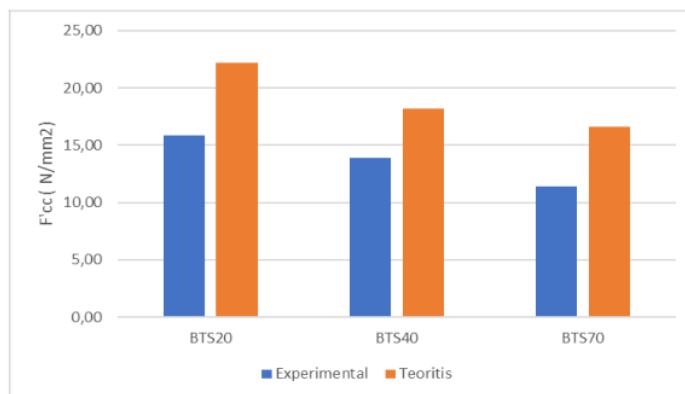
Perbedaan hasil teoritis dan eksperimen dari uji tekan aksial pada beton bertulang (Tabel 4.22):

**Tabel 4.22 Perbandingan Kuat Tekan Aksial Beton Experimental Dan Teoritis BT.S20, BT.S40 Dan BT.S70**

Nomor	Benda Uji	Variabel	Kuat Tekan Aksial $F'_{cc}$ (Mpa)	
			Experimental	Teoritis
1	BT.S20	Spacing 20 mm	15,88	22,17
2	BT.S40	Spacing 40 mm	13,91	18,22

Nomor	Benda Uji	Variabel	Kuat Tekan Aksial F'cc ( Mpa)	
			Experimental	Teoritis
3	BT.S70	Spacing 70 mm	11,39	16,65

Kuat tekan aksial beton terkekang dengan variabel spasi tulangan melintang bambu eksperimental dan teoritis bisa dibandingkan dengan menggunakan tabel berikut (4.17), layaknya Gambar (4.31).



**Gambar 4.33 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Aksial Beton Eksperimental dan Teoritis**

Perbandingan kuat tekan aksial beton terbatas eksperimental serta teoritis ditunjukkan pada Tabel 4.21 dan Gambar 4.33. Dengan kuat tekan beton aksial  $f'_{cc}$  22,17 MPa untuk teoritis dan  $f'_{cc}$  15,88 MPa untuk beton eksperimental, benda uji (BT.S20) menunjukkan bahwa nilai teoritis  $f'_{cc}$  lebih tinggi dari nilai beton eksperimen. Kuat tekan aksial beton eksperimen sebesar 28,34%. Dengan kuat tekan beton aksial  $f'_{cc}$  18,22 MPa untuk teoritis dan 13,91 MPa untuk beton eksperimen, pengujian benda uji (BT.S40) menunjukkan bahwa nilai teoritis  $f'_{cc}$  lebih tinggi dari beton eksperimen. Kuat tekan aksial beton eksperimen sebesar 23,64%. Pada benda uji (BT.S70), kuat tekan aksial teoritis beton adalah 16,65 MPa, sedangkan kuat tekan aksial beton eksperimental adalah 11,39 MPa. Artinya nilai teoritis  $f'_{cc}$  lebih besar dari kuat tekan aksial eksperimental sebesar 31,61%. Tulangan transversal bambu eksperimental memiliki jarak yang bervariasi dan memiliki kuat tekan aksial yang lebih rendah daripada

teoritis pada beton terbatas. beton dan berbagai permukaan bambu, hal ini karena dugaan proses slip antara tulangan bambu dan beton.

#### 4.8 Pembahasan Hasil Penelitian.

Kapasitas kuat tekan beton dipengaruhi secara nyata pada masing-masing variabel dengan hasil perhitungan kuat tekan beton bertulang melalui tulangan longitudinal bambu berdasar variasi jarak antar tulangan melintang. Jarak tanam 20 mm, beton bertulang memiliki kuat tekan sebesar 160,00 kN dan pemendekan 0,53 mm. Beton dengan spasi pengekanan 40 mm mempunyai kuat aksial 142,80 mm, tetapi pemendekannya hanya 0,52 mm. Beton dengan spasi 70 mm memiliki kuat tekan aksial 116,00 kN dan pemendekan sebesar 0,50 mm. Kuat tekan aksial beton bertulang bambu dipengaruhi oleh jarak antar tulangan melintang. Meskipun hasilnya tidak terlalu berbeda, beton dengan spasi 20 mm memiliki kuat tekan aksial yang lebih tinggi dibandingkan beton dengan spasi 40 mm dan 70 mm. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan aksial beton bertulang bambu dipengaruhi oleh jarak tulangan bambu melintang. Kuat tekan aksial beton bertulang bambu sebanding dengan jarak antar tulangan melintang bambu, dan sebaliknya; semakin lebar tulangan bambu, semakin kecil hasilnya.

Berdasarkan perbedaan jarak antar tulangan transversal bambu teoritis dan eksperimental, diperoleh hasil bahwa kuat tekan aksial beton bertulang dengan tulangan longitudinal bambu berbeda. Dengan selisih 28,34 persen, beton bertulang dengan jarak teoritis 20 mm mempunyai kuat tekan aksial lebih tinggi daripada beton eksperimen. Selisih 23,64%, kuat tekan aksial beton terbatas secara teoritis lebih besar dari kuat tekan aksial eksperimental pada jarak 40 mm. Selain itu, terdapat perbedaan sebesar 31,61 persen antara kuat tekan aksial beton eksperimental dan beton terkekang dengan jarak teoritis 70 mm. Kuat tekan penting beton terbatas dengan tumpuan longitudinal bambu sehubungan dengan variasi pendispersi penopang silang percobaan lebih sederhana daripada yang hipotetis. pengujian beton terkekang dan berbagai permukaan bambu, hal ini karena dugaan proses slip

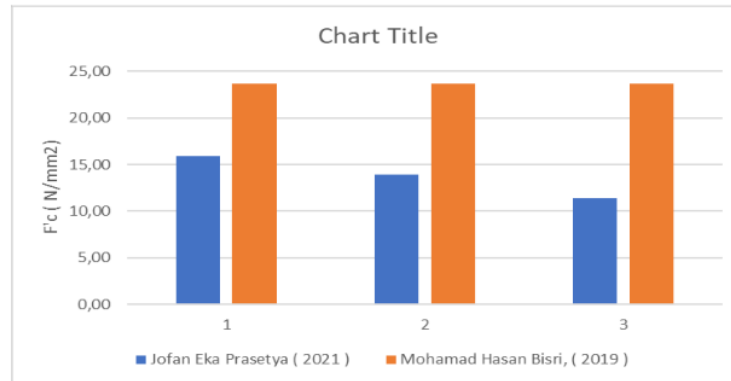
antara tulangan bambu dan beton. Oleh karena itu, bambu tidak mempunyai perekat lurus, tetapi baja mempunyai perekat lurus serta tidak bercacat.

#### 4.9 Perbandingan dengan Hasil Penelitian Terdahulu.

Mohamad Hasan Bisri sebelumnya melakukan penelitian tentang beton bertulang bambu tahun 2019. Tabel 4.23 menampilkan perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya tentang kuat tekan, serta histogram perbandingan yang ditunjukkan (Gambar 4.32).

**Tabel 4.23 Perbandingan Hasil Kuat Tekan Dengan Penelitian Terdahulu**

No	Nama Peneliti	Variable	Perbedaan Benda Uji	Kuat Tekan $f_c$ (Mpa)
1	Mohamad Hasan Bisri, 2019	Kuat Tekan Aksial Kolom Bertulang Bambu Berdasarkan : Rasio Minimum = 4 Buah Tulangan Rasio Tengah = 6 Buah Tulangan Rasio Maks. = 8 Buah Tulangan	- Bambu Petung - Kolom $\phi 11$ x tinggi 30 cm - $4 \square 1 * 1$ cm - $6 \square 1 * 1$ cm - $8 \square 1 * 1$ cm	18,59 23,69 26,43
2	Jofan Eka Prasetya, 2021	Pengaruh spacing tulangan transversal bambu terhadap kuat tekan beton terkekang dengan tulangan memanjang bambu: Spacing = 20 mm Spacing = 40 mm Spacing = 70 mm	-Bambu Petung - Benda Uji $\phi 11$ x tinggi 30 cm - Tulangan Transversal 2 x ( 1,5 x 5 mm ) Spacing Tulangan Transversal : - 20 mm - 40 mm - 70 mm	15,88 13,91 11,39



**Gambar 4.34. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu**

Perbandingan tersebut menggunakan rasio antara karena memiliki workability yang baik dan berdasarkan hasil penelitian kuat tekan Jofan Eka Prasetya (2021) yang nilai  $f'_{cn}$ nya lebih kecil dibandingkan dengan Mohamad Hasan Bisri (2019). Tulangan bambu membuat perbedaan, Jofan Eka Prasetya (2021) menggunakan tulangan melintang dari bambu petung, sedangkan Mohamad Hasan Bisri (2019) tidak. Jofan Eka Prasetya menggunakan tulangan bambu yang berbeda dari yang ini. Mohamad Hasan Bisri, 2019, 6 x 1 cm x 1 cm untuk tulangan memanjang dan 2 x (1,5 x 2) untuk tulangan melintang Keduanya diuji dengan alat uji UTM (Universal Testing Machine) (ASTM C-192) melalui beban titik tunggal. Tulangan memanjang adalah 6 x 1 cm x 1 cm, serta tulangan melintang adalah 2 x (1,5 x 2).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan berikut bisa ditarik melalui temuan penelitian ini:

1. Pemanfaatan sekat melintang penyangga bambu yang semakin tebal bisa meningkatkan kuat tekan beton binaan bambu. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan aksial beton terkekang dipengaruhi oleh jarak antar tulangan melintang bambu. Kuat tekan aksial tulangan melintang bambu beton bertulang bambu sebanding dengan seberapa dekat tulangan melintang dengan beton. Pada variasi jarak 20 mm, nilai kuat tekan rata-rata ditunjukkan sebagai 15,88 Mpa, sedangkan pada variasi jarak 70 mm, nilai kuat tekan rata-rata ditunjukkan sebagai 11,39 Mpa.
2. Pada jarak 20 milimeter dan pemendekan 0,53 milimeter, kuat tekan beton bertulang adalah 160,00 kN. Beton dengan jarak tanam 40 milimeter memiliki kuat aksial 142,80 Kn, tetapi pemendekannya hanya 0,52 milimeter. Beton dengan jarak 70 mm memiliki kuat tekan aksial 116,00 kN dan pemendekan 0,50 mm.
3. Berdasarkan perbedaan jarak antar tulangan melintang bambu teoritis dan eksperimental, diperoleh hasil bahwa kuat tekan aksial beton terbatas dengan tulangan memanjang bambu berbeda. Dengan selisih 28,38 persen, kuat tekan aksial teoritis beton terbatas dengan jarak 20 milimeter lebih besar dari kuat tekan aksial eksperimental. Dengan selisih 23,64%, kuat tekan aksial beton terbatas teoritis lebih besar dari kuat tekan aksial beton eksperimental. Selain itu, ada perbedaan sebesar 31,61 persen antara beton eksperimental kuat tekan aksial dan beton terkekang dengan jarak teoretis 70 mm.

## 5.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa rekomendasi untuk penelitian masa depan berdasarkan penelitian ini:

1. Dimasukkannya variasi skala penuh dalam dimensi benda uji.
2. Penambahan berbagai jenis bambu pada tulangan beton bertulang bambu untuk mengetahui kekuatan benda uji berdasarkan jenis bambu yang digunakan..



**DAFTAR PUSTAKA**

- Arry Kurniansyah, Elvira, M.Yusuf (2013). *Pengaruh Pengekangan (Convinement) Dengan Variasi Jarak Sengkang Terhadap Peningkatan Kapasitas Kekuatan Kolom. Jurnal Teknik Sipil Untan/Volume 13 Nomor 1.*
- Morisco, (1999). *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offsets, Yogyakarta.
- Febry Ramadhan (2019). *Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Transversal Pada Kolom Pendek Penampang Bulat Yang Diperkuat CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer )Terhadap Kemampuan Menerima Kuat Tekan Aksial* Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
- Febrianti Kumaseh, S. Wallah, R. Pandaleke (2015). *Pengaruh Jarak Sengkang Terhadap Kapasitas Beban Aksial Maksimum Kolom Beton Berpenampang Lingkaran Dan Segi Empat* Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.9.
- SNI 03-2847-2013. *Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Mohamad Hasan Bisri (2019). *Pengaruh Rasio Tulangan Memanjang Bambu Terhadap Kuat Tekan Aksial Kolom Beton Bertulang Bambu* Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang.
- Julio Cezar Haryantho (2017). *Usulan Dan Perencanaan Tulangan Pengekangan (Convinement) Pada SNI 2847 2013* Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

ORIGINALITY REPORT

---

12%

SIMILARITY INDEX

4%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

11%

STUDENT PAPERS

---

PRIMARY SOURCES

---

1

Submitted to Universitas Merdeka Malang

Student Paper

11%

2

adoc.pub

Internet Source

1%

3

repository.its.ac.id

Internet Source

1%

---

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On

FINAL GRADE

**/0**

GENERAL COMMENTS

**Instructor**

---

PAGE 1

---

PAGE 2

---

PAGE 3

---

PAGE 4

---

PAGE 5

---

PAGE 6

---

PAGE 7

---

PAGE 8

---

PAGE 9

---

PAGE 10

---

PAGE 11

---

PAGE 12

---

PAGE 13

---

PAGE 14

---

PAGE 15

---

PAGE 16

---

PAGE 17

---

PAGE 18

---

PAGE 19

---

PAGE 20

---

PAGE 21

---

PAGE 22

---

PAGE 23

---

PAGE 24

---

PAGE 25

---

PAGE 26

---

PAGE 27

---

PAGE 28

---

PAGE 29

---

PAGE 30

---

PAGE 31

---

PAGE 32

---

PAGE 33

---

PAGE 34

---

PAGE 35

---

PAGE 36

---

PAGE 37

---

PAGE 38

---

PAGE 39

---

PAGE 40

---

PAGE 41

---

PAGE 42

---

PAGE 43

---

PAGE 44

---

PAGE 45

---

PAGE 46

---

PAGE 47

---

PAGE 48

---

PAGE 49

---

PAGE 50

---

PAGE 51

---

PAGE 52

---

PAGE 53

---

PAGE 54

---

PAGE 55

---

PAGE 56

---

PAGE 57

---

PAGE 58

---

PAGE 59

---

PAGE 60

---

PAGE 61

---

PAGE 62

---

PAGE 63

---

PAGE 64

---

PAGE 65

---

PAGE 66

---

PAGE 67

---

PAGE 68

---

PAGE 69

---

PAGE 70

---

PAGE 71

---

PAGE 72

---

PAGE 73

---

PAGE 74

---

PAGE 75

---

PAGE 76

---

PAGE 77

---

PAGE 78

---

PAGE 79

---