

TUGAS AKHIR

**STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN LEKATAN
TULANGAN BAMBU BULLUPERING TAKIKAN SETENGAH
LINGKARAN TERHADAP BETON SCC**

***EXPERIMENTAL STUDY OF THE BOND STRENGTH OF
SEMICIRCULAR BULLUPERING BAMBOO
REINFORCEMENT TO SCC CONCRETE***

**MALSI LAMBA SIRUPANG
D011 18 1338**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN LEKATAN TULANGAN BAMBU
BULLUPERING TAKIKAN SETENGAH LINGKARAN TERHADAP BETON SCC**

Disusun dan diajukan oleh:

MALSI LAMBA SIRUPANG

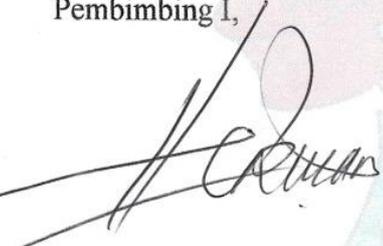
D011 18 1338

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 21 November 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,

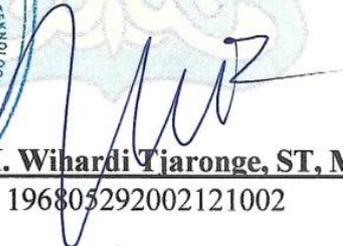
Pembimbing II,


Prof. Dr-Ing. Herman Parung, M.Eng.
NIP: 196207291987031001


Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST, MT
NIP: 197912262005011001

Ketua Program Studi,




Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Malsi Lamba Sirupang, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Studi Eksperimental Kekuatan Lekatan Tulangan Bambu Bullupering Takikan Setengah Lingkaran Terhadap Beton SCC**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 28 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Malsi Lamba Sirupang
NIM: D011 18 1338

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN LEKATAN TULANGAN BAMBU BULLUPERING TAKIKAN SETENGAH LINGKARAN TERHADAP BETON SCC**” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak **Prof Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Bapak **Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Prof. Dr.-Ing. Herman Parung, M.Eng.**, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan masukan dan dukungan dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
4. Bapak **Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.**, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan juga sebagai Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan bimbingan, serta memberikan motivasi dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
5. Seluruh Dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu Ayahanda **Hans** dan Ibunda **Alfrida** atas doa, kasih sayangnya, dan segala dukungan selama ini, baik spritual maupun material, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.

2. Ketiga saudara saya **Goldia, Kinancy dan Angrayni** yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaiannya tugas akhir ini.
3. Teman-teman terkasih di Laboratorium Riset Gempa terkhusus Tim Bambu yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir.
4. Teman-teman asisten Laboratorium Struktur dan Bahan yang selalu menyemangati dalam pembuatan tugas akhir ini.
5. Saudara-saudari se-**Transisi 2019** dan **KMKO Sipil** yang senantiasa memberikan warna yang sangat begitu indah, dukungan yang tiada henti, semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, 28 Agustus 2022

Penulis

ABSTRAK

Penggunaan bambu sudah banyak terlihat dalam konstruksi bangunan. Bambu yang digunakan dalam percobaan kali ini adalah bambu Bullupering (*Schizostachyum lima*) yang merupakan bambu lokal yang berasal dari Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Bambu ini dipilih karena jarak antar ruasnya lebih dari 400 mm dan memiliki tebal daging lebih dari 5 mm serta ingin mengembangkan kearifan lokal di daerah Sulawesi Selatan. Namun tulangan bambu tentunya tidak akan memberikan hasil yang diharapkan apabila bambu itu sendiri tidak memiliki kekuatan lekatan yang baik dengan beton. Oleh karena itu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan takikan pada bambu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar nilai kekuatan tarik bambu Bullupering dan mengetahui pengaruh kekuatan lekatan bambu Bullupering takikan tipe setengah lingkaran tidak sejajar terhadap beton normal dan beton SCC.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental dengan melakukan pengujian *Pull Out*. Terdapat dua jenis tipe beton yang digunakan yaitu beton normal dan SCC. Takikan yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu takikan tipe sejajar dan takikan tidak sejajar setengah lingkaran dengan jumlah masing-masing tiap sampelnya sebanyak 3 sampel.

Nilai kekuatan tarik bambu Bullupering pada penelitian kali ini sebesar 277,54 MPa pada bagian bawah, 308,51 MPa pada bagian tengah dan 357,10 MPa pada bagian atas sehingga digunakan bambu bagian atas. Pada penelitian kali ini nilai kekuatan lekat beton SCC lebih besar dari kekuatan lekat beton normal dan nilai kekuatan lekat tipe takikan setengah lingkaran sejajar lebih besar dibandingkan tipe takikan tidak sejajar. Dari hasil uji *Pull Out* didapatkan trngangan lekat beton normal takikan sejajar sebesar 0,647 MPa dan nilai tegangan lekat beton normal takikan tidak sejajar sebesar 0,608 MPa sedangkan untuk nilai tegangan lekat beton SCC takikan sejajar sebesar 0,733 MPa dan nilai tegangan lekat beton SCC takikan tidak sejajar sebesar 0,651 MPa.

Kata Kunci : Bambu, Kekuatan Tarik, Kekuatan Lekat

ABSTRACT

The use of bamboo has been widely seen in building construction. The bamboo used in this experiment is Bullupering bamboo (*Schizostachyum lima*) which is a local bamboo originating from Maros Regency, South Sulawesi. This bamboo was chosen because the distance between the segments is more than 400 mm and has a flesh thickness of more than 5 mm and wants to develop local wisdom in the South Sulawesi area. However, bamboo reinforcement will certainly not give the expected results if the bamboo itself does not have a good bond strength with concrete. Therefore, further research was carried out by adding notches to the bamboo.

The purpose of this study was to determine the value of the tensile strength of Bullupering bamboo and to determine the effect of the bond strength of Bullupering bamboo with non-parallel semicircular notches on normal concrete and SCC concrete.

This research was conducted at the Laboratory of Structures and Materials, Faculty of Engineering, Hasanuddin University. The research method used is an experimental method by testing *Pull Out*. There are two types of concrete used, namely normal concrete and SCC. The notches used in this study are parallel and non-parallel semi-circle notches with a total of 3 samples for each sample.

The tensile strength value of Bullupering bamboo in this study was 277.54 MPa at the top, 308.51 MPa at the middle and 357.10 MPa at the top, so that the upper part of bamboo was used. In this study, the value of the adhesive strength of SCC concrete was greater than the adhesive strength of normal concrete and the value of the adhesive strength of the parallel semicircular notch type was greater than that of the non-parallel notch type. From the results of the *Pull Out* it was found that the adhesive stress for normal concrete with parallel notch was 0.647 MPa and the value for the adhesive stress for normal concrete with non-parallel notch was 0.608 MPa, while for the adhesive stress value for SCC parallel notch concrete was 0.733 MPa and the value for adhesive stress for SCC non-parallel notch concrete was 0.651. MPa.

Keywords: Bamboo, Tensile Strength, Adhesive Strength

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Batasan Masalah.....	6
F. Sistematika Penulisan	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Penelitian Terdahulu	8
B. Beton.....	11
B.1. Sifat Beton	11
B.2. Kekuatan Tekan Beton	13
C. Bambu.....	17
C.1. Karakteristik Bambu.....	20
C.2. Kekuatan Tarik Bambu	24
D. Uji Cabut (<i>PULL-OUT</i>).....	26
E. <i>Self Compacting Concreate</i> (SCC).....	31
F. Sifat-Sifat Keruntuhan Lekatan.....	34

BAB 3. METODE PENELITIAN.....	35
A. Prosedur Penelitian	35
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	36
C. Alat dan Bahan Penelitian	37
C.1. Alat Penelitian.....	37
C.2. Bahan Penelitian.....	37
D. Pemeriksaan Karakteristik Material	38
D.1. Agregat Halus	38
D.2. Agregat Kasar.....	38
D.3. Bambu	39
E. Pembuatan Benda Uji	39
E.1. Pembuatan Takikan Bambu.....	39
E.2. Pembuatan Beton	40
F. Perawatan Benda Uji.....	42
G. Pengujian Benda Uji.....	43
G.1. Uji Kekuatan Tarik Bambu	43
G.2. Pengujian Kekuatan Tekan Beton	43
G.3. Pengujian Kekuatan Llentur Beton	43
G.4. Pengujian <i>Pull Out</i>	43
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	45
A. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Material	45
A.1. Agregat Halus	45
A.2. Agregat Kasar	46
A.3. Kadar Air Bambu.....	46
B. Rancangan Campuran Beton	47
B.1. Mix Design Beton Normal	47
B.2. Mix Design Beton SCC	48
C. Hasil Pengujian Benda Uji	48
C.1. Uji Kekuatan Tarik Bambu	48
C.2. Uji Kekuatan Tekan Beton	50

C.3. Uji Kekuatan Lentur Beton	52
C.4. Uji Kekuatan Lekat Bambu	53
D. Penentuan Panjang Penyaluran Minimum	60
E. Hubungan Kekuatan Lekat dan Panjang Penyaluran	63
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
A. Kesimpulan.....	66
B. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bambu Bullupering	18
Gambar 2. Pengambilan Spesimen Bambu (Sumber: Morisco, 1999)	20
Gambar 3. Hubungan Tegangan-Regangan Bambu dan Baja (Marisco, 1999).....	25
Gambar 4. Tegangan Lekat Beton Tulangan Bambu	29
Gambar 5. Panjang tulangan (<i>l_d</i>) yang tertanam dalam Beton.....	30
Gambar 6. Diagram Alir Pengujian.....	36
Gambar 7. Lokasi Penelitian	36
Gambar 8. Takikan Setengah Lingkaran Sejajar.....	40
Gambar 9. Takikan Setengah Lingkaran Tidak Sejajar	40
Gambar 10. Proses <i>curing</i> benda uji	42
Gambar 11. Pengujian <i>Pull Out</i>	44
Gambar 12. Grafik Kadar Air Bambu Bullupering.....	47
Gambar 13. Pengujian Kekuatan Tarik Bambu	49
Gambar 14. Grafik Kekuatan Tarik Bambu Bullupering.....	50
Gambar 15. Pengujian Kekuatan Tekan Beton	52
Gambar 16. Pengujian Kekuatan Lentur Beton	53
Gambar 17. Pengujian <i>Pull Out</i>	54
Gambar 18. Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan Takikan Setengah Lingkaran Beton Normal	55
Gambar 19. Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan Takikan Setengah Lingkaran Beton SCC	56
Gambar 20. Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan Takikan Setengah Lingkaran Beton Normal dan SCC.....	57
Gambar 21. Grafik Gabungan Tegangan Lekat Bambu Terhadap Beton Normal dan SCC.....	59
Gambar 22. Grafik Panjang Penyaluran Minimum	62

Gambar 23. Grafik Hubungan Tegangan Lekat dan Panjang Penyaluran Minimum Beton Normal	64
Gambar 24. Grafik Hubungan Tegangan Lekat dan Panjang Penyaluran Minimum Beton SCC	64

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur	15
Tabel 2. Pemeriksaan karakteristik agregat halus	38
Tabel 3. Pemeriksaan karakteristik agregat kasar	38
Tabel 4. Pemeriksaan karakteristik bambu.....	39
Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus	45
Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar	46
Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Bambu.....	47
Tabel 8. Komposisi Mix Design Beton Normal.....	48
Tabel 9. Komposisi Mix Design Beton SCC	48
Tabel 10. Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Bambu	49
Tabel 11. Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Beton.....	51
Tabel 12. Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Beton	52
Tabel 13. Tabel Perhitungan Panjang Penyaluran Minimum Beton Normal	61
Tabel 14. Tabel Perhitungan Panjang Penyaluran Minimum Beton SCC	61

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan material yang paling banyak digunakan di bidang konstruksi saat ini. Hal ini dikarenakan bahan dalam pembuatannya yang sangat mudah didapatkan di sekitar kita, selain itu beton juga memiliki kekuatan tekan yang besar, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan. Banyaknya penggunaan beton di bidang konstruksi membuat para peneliti terus berusaha untuk melakukan pengembangan.

Beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Saat ini beton banyak digunakan sebagai bahan struktural, salah satunya yaitu beton bertulang. Beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang bekerja secara bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja itu sendiri akan memberikan kekuatan tarik yang tidak dimiliki oleh beton itu sendiri.

Mutu beton merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi daya lekatan antara tulangan dengan beton yang ada di sekelilingnya. Beton dengan mutu yang tinggi memiliki karakteristik kekuatan tekan yang besar namun memiliki sifat getas. Hal ini sangat mempengaruhi daya lekatan

yang terjadi pada tulangan dengan beton di sekelilingnya dalam menahan beban yang bekerja, terutama gaya aksial yang bersifat tarik.

Dalam pembuatan tulangan baja, bahan dasar yang digunakan adalah biji besi yang merupakan bahan yang tidak dapat diperbaharui dan keberadaannya semakin terbatas. Selain itu tulangan baja juga memiliki harga yang relatif tinggi, mudah mengalami korosif, dan dapat menjadi limbah yang tidak dapat terurai secara alamiah. Harga tulangan baja yang semakin mahal dan bahan dasarnya yang semakin terbatas membuat para penggunanya mencari alternatif lain sebagai penggantinya. Salah satu alternatif pengganti tulangan baja adalah bambu.

Bambu merupakan salah satu tanaman jenis rerumputan yang memiliki rongga dan ruas pada batangnya. Menurut Shupe (2002) bambu merupakan salah satu material konstruksi yang tersebar di seluruh daerah tropis dan subtropis. Penggunaan bambu sudah banyak terlihat dalam konstruksi bangunan. Berdasarkan data, pemanfaatan bambu telah memberikan pendapatan, makanan dan perumahan pada lebih dari 2,2 milyar penduduk di seluruh dunia. Bambu yang digunakan dalam percobaan kali ini adalah bambu Bullupering (*Schizostachyum lima*) yang merupakan bambu lokal yang berasal dari Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Bambu ini dipilih karena jarak antar ruasnya lebih dari 400 mm dan memiliki tebal daging lebih dari 5 mm serta ingin mengembangkan kearifan lokal di daerah Sulawesi Selatan.

Dibandingkan dengan baja, bambu merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui (*renewable*), serta memiliki harga yang lebih murah, mudah untuk ditanam dan pertumbuhannya yang cepat. Bambu juga memiliki kekuatan tarik yang tinggi yang dapat bersaing dengan tulangan baja, hal ini mengakibatkan bambu menjadi salah satu alternatif pengganti tulangan pada beton. Penelitian Morisco (1994-1999) memperlihatkan kekuatan tarik bambu dapat mencapai sekitar dua kali kekuatan tarik baja tulangan. Sebagai pembanding dipakai baja tulangan beton dengan tegangan luluh sekitar 240 MPa yang mewakili baja beton yang banyak terdapat di pasaran. Diperoleh hasil bahwa kuat tarik kulit bambu ori cukup tinggi yaitu hampir mencapai 500 MPa, sedang kuat tarik rata-rata bambu petung juga lebih tinggi dari tegangan luluh baja, hanya satu spesimen yang mempunyai kuat tarik lebih rendah dari tegangan luluh baja. Namun tulangan bambu tentunya tidak akan memberikan hasil yang diharapkan apabila bambu itu sendiri tidak memiliki kekuatan lekatan yang baik dengan beton. Oleh karena itu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan takikan pada bambu.

Pengujian kekuatan lekatan pada penelitian kali ini dilakukan dengan metode *pull-out* pada tulangan bambu yang ditanam di dalam beton. Pengujian *pull-out* ini merupakan metode yang digunakan untuk mengukur besarnya gaya maksimum yang dibutuhkan untuk mencabut tulangan yang terpasang di suatu struktur beton atau baja. Pengujian *pull-*

out ini banyak dan sering digunakan karena mudah dalam pembuatan dan sederhana dalam pengujiannya.

Alif Sasmito (2015) melakukan penelitian mengenai kekuatan lekat bambu petung bertakikan tipe “U” jarak 15 mm. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan baja polos diameter 8 mm sebesar 0,548 MPa dan nilai kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu petung bertakikan sebesar 0,059 MPa. Nilai kuat rata-rata bambu petung bertakikan “U” jarak 15 mm lebih rendah 9,3 kali disbanding nilai rerata kuat lekat rata-rata lekat beton dengan tulangan baja polos diameter 8 mm.

Seiring dengan berjalannya waktu, teknologi beton terus berkembang sehingga pada tahun 1980-an peneliti Jepang memperkenalkan beton yang mampu memadat dengan sendirinya (*Self Compacting Concrete* atau SCC). SCC merupakan suatu beton yang ketika masih berbentuk beton segar mampu mengalir melalui tulangan dan memenuhi seluruh ruang yang ada di dalam cetakan secara padat tanpa adanya bantuan pemadatan manual atau getaran mekanik. Beton SCC yang baik harus tetap homogen, kohesif, tidak terjadi segregasi, *blocking* dan *bleeding*.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian eksperimental dengan judul **“STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN LEKATAN TULANGAN BAMBU BULLUPERING TAKIKAN SETENGAH LINGKARAN TERHADAP BETON SCC”**

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah adalah langkah yang penting untuk membatasi masalah yang akan diteliti. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka diambil rumusan masalah :

1. Bagaimana pengaruh kekuatan lekatan bambu Bullupering takikan tipe setengah lingkaran sejajar terhadap beton normal dan beton SCC?
2. Bagaimana pengaruh kekuatan lekatan bambu Bullupering takikan tipe setengah lingkaran tidak sejajar terhadap beton normal dan beton SCC?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis pengaruh kekuatan lekatan bambu Bullupering takikan tipe setengah lingkaran sejajar terhadap beton normal dan beton SCC.
2. Menganalisis pengaruh kekuatan lekatan bambu Bullupering takikan tipe setengah lingkaran tidak sejajar terhadap beton normal dan beton SCC.

D. Manfaat Penelitian

Dari penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat bermanfaat untuk mengetahui kekuatan lekatan tulangan bambu pada pengujian *pull out* beton dan menjadi inovasi dalam dunia konstruksi dalam penggunaan tulangan yang ramah lingkungan serta membantu pihak-pihak yang membutuhkan informasi mengenai penelitian ini.

E. Batasan Masalah

Dalam penyelesaian penelitian ini tentunya banyak parameter yang berkaitan oleh karena itu diperlukan adanya batasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Bambu yang digunakan adalah bambu Bullupering dari kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.
2. Takikan pada tulangan bambu yang digunakan adalah takikan tipe setengah lingkaran.
3. Metode perawatan pada tulangan bambu dilakukan dengan cara dikeringkan.
4. Semen yang digunakan adalah semen Portland Komposit (PCC).
5. Benda uji *Pull Out* yang digunakan berupa silinder 150 x 300 mm.
6. Pengujian benda uji dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.
7. Perawatan benda uji dilakukan dengan metode *curing* udara.
8. Perhitungan panjang penyaluran minimum menggunakan $f_y = f_u$.
9. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin berdasarkan standar-standar yang berlaku.

F. Sistematika Penulisan

Agar penulisan tugas akhir lebih terarah, sistematika penulisan yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Pendahuluan memuat suatu gambaran secara singkat dan jelas tentang latar belakang mengapa penelitian ini perlu dilaksanakan. Dalam pendahuluan ini juga memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan mengenai konsep teori yang relevan dan memberikan gambaran mengenai metode pemecahan masalah yang akan digunakan pada penelitian ini.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini menyajikan tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, benda uji dan prosedur penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan penjabaran hasil-hasil pengujian benda uji yang diperoleh serta pembahasan dari analisa pengujian tersebut.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup dari keseluruhan penulisan tugas akhir yang berisi tentang kesimpulan yang disertai dengan saran-saran mengenai keseluruhan penelitian maupun untuk penelitian yang akan datang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Marisco (1999) melakukan penelitian tentang bambu juga dilakukan oleh Morisco pada tahun 1994 – 1999. Kekuatan tarik sejajar serat bambu hasil penelitian yang dilakukan oleh Morisco (1999) menunjukkan nilai yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 2000 – 3000 kg/cm². Sementara itu kekuatan batas 981 – 3920 kg/cm² dan tegangan ijin bambu 294,2 kg/cm². Morisco membandingkan kekuatan tarik bambu Ori dan petung dengan baja struktur bertegangan leleh 2400 kg/cm² mewakili baja beton yang banyak terdapat dipasaran, dilaporkan kekuatan tarik kulit bambu Ori cukup tinggi yaitu hampir mencapai 5000 kg/cm² atau sekitar dua kali tegangan leleh baja.

Rizki, Teuku Fachruzi (2018) dari hasil pengujian yang dilakukan didapat hasil kekuatan tarik pada bambu Betung tanpa buku yang berasal dari Serdang Bedagai dengan rata – rata 276,40 MPa. Daril hasil pengujian kekuatan tarik sejajar serat didapat perbedaan yang signifikan. Hasil pengujian bambu tanpa buku memiliki kekuatan tarik rata – rata lebih tinggi 163% dibandingkan bambu dengan buku.

Janssen (1980) mulai melakukan penelitian sifat mekanik bambu pada tahun 1974, khususnya yang berkaitan dengan sambungan kuda-kuda untuk keperluan gedung sekolah dan bengkel. Penelitian ini

dilakukan untuk memenuhi permintaan bantuan suatu Negara berkembang. Sebagai acuan awal untuk penelitian ini adalah berkas-berkas yang dibuat oleh kerajaan tentara Belanda tahun 1880-an.

Berbagai pengujian telah dilakukan oleh Janssen di Laboratorium untuk mengetahui kekuatan bambu terhadap tarik, tekan, lentur dan geser dengan pembebanan jangka panjang dan jangka pendek. Dalam penelitian ini dipakai bambu dengan spesies *Bambusa blumeana* berumur 3 tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan bambu sangat dipengaruhi oleh kelembaban bahan. Lebih lanjut dilaporkan bahwa kekuatan lentur rata-rata adalah sebesar 84 MPa, modulus elastisitas sebesar 20.000 MPa. Kekuatan geser rata-rata cukup rendah yaitu 2,25 MPa pada pembebanan jangka pendek dan 1 MPa pada pembebanan jangka panjang (6 – 12 bulan). Dalam laporan juga dinyatakan bahwa kekuatan tarik sejajar serat cukup tinggi, yaitu 200 – 300 MPa.

Penelitian Bethony (2019) melakukan penelitian mengenai kekuatan tarik bambu dengan cara terlebih dahulu menghitung luas penampang 30 mm^2 kemudian gaya tiap spesimen $F \text{ (N)}$ masing-masing 2 buah spesimen normal 11800N dengan 2 minggu 2 spesimen yaitu spesimen 1: 13200 N, spesimen 2: 12000 N, 4 minggu 2 spesimen yaitu spesimen 1: 9000 N, spesimen 2 9200 N, 6 minggu 2 spesimen yaitu spesimen 1: 9800 N, spesimen 2: 8200 N. Sesudah itu mencari gaya/luas penampang (F/A_0) masing-masing normal $11800 \text{ N}/30 \text{ mm}^2 = 393,33 \text{ N/mm}^2$, 2 minggu spesimen 1: $3200 \text{ N}/30\text{mm}^2 = 440 \text{ N/mm}^2$, spesimen 2:

$12000 \text{ N}/30\text{mm}^2 = 400 \text{ N}/\text{mm}^2$, 4 minggu spesimen $19000 \text{ N}/30\text{mm}^2 = 300 \text{ N}/\text{mm}^2$, spesimen 2: $9200 \text{ N}/30\text{mm}^2 = 306.67 \text{ N}/\text{mm}^2$, 6 minggu spesimen 1: $9800 \text{ N}/30\text{mm}^2 = 326,67 \text{ N}/\text{mm}^2$, spesimen 2: $8200 \text{ N}/30\text{mm}^2 = 273,33 \text{ N}/\text{mm}^2$. Setelah mencari gaya/luas penampang kemudian mencari rata-rata (σ) spesimen diperoleh nilai normal $393,33 \text{ N}/\text{mm}^2$, 2 minggu $420 \text{ N}/\text{mm}^2$, 4 minggu $303,35 \text{ N}/\text{mm}^2$, 6 minggu $300 \text{ N}/\text{mm}^2$. Nilai kekuatan tarik strip bambu petung pada spesimen normal kekuatan tariknya lebih rendah, yaitu rata-rata $393 \text{ N}/\text{mm}^2$ dibandingkan dengan setelah mengalami perendaman selama 2 minggu, yaitu $420 \text{ N}/\text{mm}^2$. Namun demikian setelah direndam selama 4 dan 6 minggu kekuatan tariknya mengalami penurunan, yaitu masing-masing $303 \text{ N}/\text{mm}^2$ dan $300 \text{ N}/\text{mm}^2$.

Purnawan Gunawan (2014) Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil kekuatan lekatan tulangan bambu ori bertakik sejajar dan tidak sejajar berbentuk "V" dengan jarak takikan 40 mm dan 50 mm berturut-turut nilainya 0,026 MPa; 0,023 MPa dan 0,021 MPa; 0,019 MPa, sedangkan kekuatan lekat tulangan baja polos nilainya 0,1331 MPa.

Kekuatan lekatan tulangan bambu yang memberikan hasil maksimum adalah bambu Ori takikan sejajar jarak takikan 40 mm, sedangkan kekuatan lekatan tulangan bambu yang memberikan hasil minimum adalah bambu Ori takikan tidak sejajar jarak takikan 50 mm, dengan $f'c$ 18,30 MPa.

B. Beton

Beton (concrete) adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (admixture) (SNI 2847:2019).

Menurut Dipohusodo (1994), beton adalah material yang memiliki nilai daktilitas dan kekuatan tekan yang tinggi dibandingkan kekuatan tariknya. Karena itu beton hanya diperhitungkan bekerja dengan baik di daerah tekan pada penampangnya, sedangkan gaya tarik dipikul oleh tulangnya, baik tulangan dari baja maupun dari bahan lainnya. Kekuatan tekan beton akan semakin bertambah sesuai dengan umur beton. Kekuatan beton akan mengalami peningkatan secara cepat pada umur satu hari sampai 28 hari, namun peningkatan kekuatan yang terjadi pada beton akan semakin melambat setelah umur 28 hari.

B.1. Sifat Beton

Sifat-sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya. Karakteristik semen mempengaruhi kualitas beton dan kecepatan pengerasannya. Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaannya, sedang gradasi agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas dan kuantitas air mempengaruhi pengerasan dan kekuatan (Murdock dan Brook, 2003).

Beton mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan dibandingkan dengan bahan bangunan yang lain, misalnya:

1. Ekonomis yaitu pertimbangan yang sangat penting meliputi material, kemudahan dalam pelaksanaan, waktu untuk konstruksi, pemeliharaan struktur, daktilitas dan sebagainya.
2. Harganya dapat menjadi murah apabila bahan-bahan dasar lokal banyak tersedia.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak. Cetakan dapat pula dipakai ulang beberapa kali sehingga secara ekonomi lebih murah.
4. Kekuatan tekannya yang cukup tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kekuatan tariknya tinggi) dapat digunakan untuk struktur berat.

Selain memiliki beberapa kelebihan, beton juga mempunyai beberapa kekurangan yaitu:

1. Beton mempunyai kekuatan tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton.
3. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

B.2. Kekuatan Tekan Beton

Dalam sebuah proses konstruksi, metode uji kekuatan tekan beton sangat diperlukan. Uji kekuatan tekan beton bertujuan untuk memperoleh nilai kekuatan tekan beton dengan prosedur yang benar dengan menggunakan benda uji atau sample beton berbentuk silinder atau kubus.

Pengertian kekuatan tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kekuatan tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air. Perbandingan dari air semen, semakin tinggi kekuatan tekannya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 1990).

Ada beberapa bentuk metode pengujian kekuatan tekan beton yang dapat digunakan diantaranya pengujian-pengujian yang bersifat tidak merusak (non destructive test), setengah merusak (semi destructive test) dan yang merusak secara keseluruhan komponen-komponen yang diuji (destructive test). Destructive test inilah yang paling mendekati nilai kekuatan tekan beton sebenarnya dimana pengujian ini harus dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat compression testing machine. Standar benda uji yang digunakan untuk pengujian kekuatan tekan beton

di laboratorium adalah silinder 150 x 300 mm (ASTM C-39). Namun apabila ukuran agregat kurang dari sepertiga diameter silinder 150 x 300 mm, maka benda uji silinder yang digunakan berukuran 100 x 200 mm (ASTM STP 169D, Chapter 13). Kekuatan tekan silinder 100 x 200 mm lebih besar 20% dibandingkan silinder 150 x 300 mm pada umur beton 28 hari dan berlaku untuk mix design yang sama.

Sifat beton yang baik adalah jika beton tersebut memiliki kekuatan tekan tinggi (antara 20 – 50 MPa, pada umur 28 hari). Dengan kata lain dapat diasumsikan bahwa mutu beton ditinjau hanya dari kekuatan tekannya saja (Tjokrodimuljo, 1996).

Kekuatan tekan beton dapat ditulis pada rumus (1) sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

(Sumber: SNI 1974-2011)

Di mana:

$f'c$ = Kekuatan tekan beton (MPa)

P = Beban (kN)

A = Luas Penampang (mm²)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton, yaitu :

a. Faktor air semen (FAS) dan kepadatan

Didalam campuran beton air mempunyai dua fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar lebih mudah dalam pencetakan beton.

Kekuatan beton tergantung pada perbandingan faktor air semennya, semakin rendah nilai faktor air semen maka semakin tinggi kekuatan tekan betonnya (Duff Abrams, 1919). Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua beton yang mempunyai faktor air semen minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan, merupakan beton yang terbaik. (L.J. Murdock and K.M. Brooks, 1979)

b. Umur beton

Kekuatan tekan beton akan semakin bertambah tinggi dengan bertambahnya umur beton. Yang dimaksudkan disini adalah sejak beton mulai dicetak, laju kenaikan kekuatan tekan beton mula-mula cepat, namun seiring berjalannya waktu, laju kenaikannya melambat. Sehingga sebagai standar kekuatan tekan beton adalah kekuatan tekan beton pada umur 28 hari seperti pada tabel 1 (Johan Oberlyn Simanjuntak, 2015).

Tabel 1. Perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur

Umur(Hari)	3	7	14	21	28	90	365
PC biasa	0.40	0.65	0.88	0.95	1.00	1.20	1.35
PC dengan kekuatan awal tinggi	0.55	0.75	0.90	0.95	1.00	1.15	1.20

c. Workabilitas

Workabilitas merupakan tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam pencampuran, pengangkutan, penuangan, dan pemadatannya.

Suatu adukan dapat dikatakan cukup workable jika memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Plasticity, artinya adukan beton harus cukup plastis (kondisi antara cair dan padat), sehingga dapat dikerjakan dengan mudah tanpa perlu usaha tambahan ataupun terjadi perubahan bentuk pada adukan.
2. Cohesiveness, artinya adukan beton harus mempunyai gaya-gaya kohesi yang cukup sehingga adukan masih saling melekat selama proses pengerjaan beton.
3. Fluidity, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk mengalir selama proses penuangan.
4. Mobility, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk bergerak/berpindah tempat tanpa terjadi perubahan bentuk.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian slump. Semakin tinggi nilai slump berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan (Tjokrodimuljo,1996).

d. Perencanaan Campuran Beton (mix design)

Perencanaan campuran beton (concrete mix design) dimaksudkan untuk mendapatkan beton dengan mutu sebaik-baiknya, antara lain:

1. Kekuatan tekan yang tinggi
2. Mudah dikerjakan

3. Tahan lama
4. Murah / ekonomis
5. Tahan aus

Unsur-unsur pembentuk beton (semen, pasir, kerikil dan air) harus ditentukan secara proporsional, sehingga terpenuhi syarat-syarat:

1. Nilai kekenyalan atau kelecakan tertentu yang memudahkan adukan beton ditempatkan pada cetakan / bekisting (sifat kemudahan dalam mengerjakan) dan memberikan kehalusan permukaan beton segar.

Kekenyalan ditentukan dari :

- a. Volume pasta adukan
 - b. Keenceran pasta adukan
 - c. Perbandingan campuran agregat halus dan kasar
2. Kekuatan rencana dan ketahanan beton setelah mengeras.
 3. Ekonomis dan optimum dalam pemakaian semen.

Ada beberapa metode untuk merencanakan campuran beton, antara lain menurut SNI 7656: 2012 dengan judul buku "Tata cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal" adalah metode DOE (Departement of Environment) dari Inggris, metode JIS dari Jepang dan metode ACI (American Concrete Institute) dari Amerika.

C. Bambu

Bambu di dunia tercatat tumbuh dilebih dari 75 negara dan terdapat 1250 spesies bambu, selanjutnya kuantitas bambu yang ada di Asia

Selatan dan Asia Tenggara kira-kira 80% dari keseluruhan bambu yang ada di dunia, sedangkan di Indonesia sendiri terdapat 176 spesies bambu. Genus *Bambusa* mempunyai jumlah spesies paling banyak, terutama tersebar di daerah tropis, termasuk Indonesia. Bambu yang bergerombol dalam rumpun pada dasarnya termasuk tanaman hutan. Bambu yang tumbuh menjalar pertumbuhannya cenderung merajarela ke segala arah untuk menguasai lahan yang ada. (Sharma, 1987 dan Uchimura, 1980).



Gambar 1. Bambu Bullupering

(Sumber: Malsi dkk, 2022)

Bambu mempunyai keunggulan sebagai bahan multi fungsi, tanaman cepat tumbuh (3 - 5 tahun), dan mempunyai sifat kekuatan tarik yang hampir mendekati baja. Batang bambu terdiri atas dua bagian yaitu:

a. Nodia (ruas/buku bambu)

Nodia adalah bagian terlemah terhadap gaya tarik sejajar sumbu batang dari bambu, karena pada nodia sebagian serat bambu berbelok.

Serat yang berbelok ini sebagian menuju sumbu batang, sedang sebagian lain menjauhi sumbu batang, sehingga pada nodia arah gaya tidak lagi sejajar semua serat. Secara umum nodia mempunyai kapasitas memikul bahan yang tidak efektif baik dari segi kekuatan ataupun deformasi. Meskipun demikian adanya nodia pada batang bambu mencegah adanya tekuk lokal yang sangat penting dalam perancangan bambu sebagai elemen tekan (kolom).

b. Internodia (antar ruas)

Internodia adalah daerah antar nodia, semua sel yang terdapat pada internodia mengarah pada sumbu aksial, sedang pada nodia mengarah pada sumbu transversal. Tiap-tiap jenis bambu mempunyai jarak internodia yang berbeda-beda. Bagian internodia adalah bagian yang paling kuat dari bambu, sehingga mempunyai kapasitas memikul bahan yang efektif (Morisco 1999).

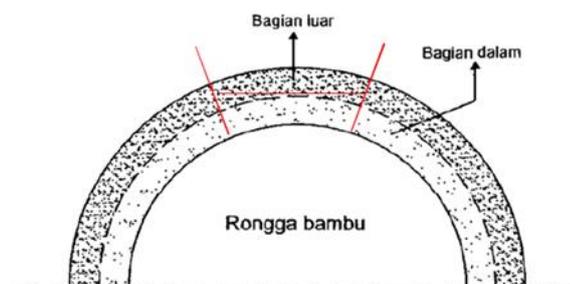
Pada umumnya, bagian-bagian bangunan yang dapat dibuat dari bambu jauh lebih murah jika dibandingkan dengan bahan bangunan lain untuk kegunaan yang sama. Bambu terdapat hampir di seluruh Indonesia. Bambu adalah bahan ramuan yang penting sebagai pengganti kayu biasa bagi penduduk desa (Frick, 2004).

Bambu mudah mengembang jika menyerap air dan menyusut jika mengering atau melepas kandungan airnya. Kembang susut ini sangat berpengaruh kekuatan lekatan bambu terhadap spesi. Pada saat spesi dicor, bambu menyerap air dari pasta semennya sehingga bambu

mengembang. Sebaliknya pada saat spesi mengeras, bambu melepas kandungan airnya sehingga bambu menyusut. Pengembangan mortar pada saat spesi mengalami proses pengeringan menyebabkan terjadi retak-retak halus disepanjang bidang rekat bambu. Sedangkan penyusutan bambu pada saat spesi mengeras menyebabkan kurangnya lekatan bambu terhadap spesi.

C.1. Karakteristik Bambu

Bambu mempunyai ruas dan buku, pada setiap ruas tumbuh cabang-cabang yang berukuran jauh lebih kecil dibandingkan dengan buluhnya sendiri. Pada ruas-ruas ini pula tumbuh akar-akar sehingga pada bambu dimungkinkan untuk memperbanyak tanaman dari potongan-potongan setiap ruasnya, disamping tunas rimpangnya.



Gambar 2. Pengambilan Spesimen Bambu (Sumber: Morisco, 1999)

Ukuran dan jumlah benda uji untuk pengujian sifat fisika dan mekanika bambu mengikuti standar ISO (International Standard Organization) meliputi benda uji kadar air, kerapatan, tekan sejajar serat, tekan tegak lurus serat, tarik sejajar serat, lentur, modulus elastisitas dan geser sejajar serat. Kadar air dinyatakan sebagai kandungan air yang

berada dalam bambu. Kadar air pada bambu berbeda untuk setiap kondisi cuaca, namun akan relatif tetap untuk bambu yang berada pada kondisi kering udara. Kadar air bambu pada kondisi kering udara maksimum 20% (Ria Fahrina, 2014)

Sifat fisika bambu terdiri dari berat jenis, kadar dan kembang susut. Kualitas bambu sangat tergantung dari nilai sifat fisika bambu. Semakin tinggi kualitas bambu akan ditunjukkan oleh nilai berat jenis yang tinggi, kadar air yang rendah dan kembang susut yang rendah. Sehingga dalam pemilihan bambu akan sangat perlu melihat sifat fisika dari bambu yang akan kita pakai. Pada batang bambu yang baru dipotong kadar air berkisar antara 50-99% dan pada bambu kering sekitar 12-18%. Berat jenis bambu berkisar antara 600-900 kg/cm³. Beberapa hal yang mempengaruhi sifat fisika bambu adalah umur, posisi ketinggian, diameter, tebal daging bambu, posisi beban (pada buku atau ruas), posisi radial dari luar sampai ke bagian dalam dan kadar air bambu (Taurista dkk, 2006).

a. Kadar Air (*Moisture Content*)

Kadar air terdiri dari tiga jenis,

1. Kadar air segar,

nilai kadar air bambu sesaat baru ditebang (*fresh moisture content*),

nilai kadar air bambu sangat tinggi.

2. Kadar air TJS (Titik Jenuh Serat),

Kadar air setelah bambu diawetkan baik secara tradisional maupun modern dimana dinding sel bambu dalam keadaan penuh berisi air sedangkan lumenselnya kosong air.

3. Kadar air oven-dry,

Kadar air setelah bahan bambu di oven/dikeringkan sampai air dalam dinding sel dan lumen sel menguap seluruhnya.

Kandungan air (kadar air) dalam bambu dapat dihitung menggunakan rumus (2) sebagai berikut :

$$KA (\%) = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100 \% \quad (2)$$

(Sumber: Taurista dkk, 2006)

b. Berat Jenis (Specific Gravity= SG)

Berat jenis merupakan sifat fisika yang terbaik dalam memprediksi sifat suatu bahan. Berat jenis bambu berkisar 0,4-0,8. Berat jenis diukur dari jumlah zat padat yang terkandung didalam dinding sel. Merupakan rasio dari berat kering oven (oven-dry = OD) pada kadar air 0% bahan bambu terhadap berat yang sama volume dalam air (Taurista dkk, 2006).

Berat jenis dapat dihitung dengan rumus (3) :

$$Berat\ Jenis = \frac{\text{berat kering oven bambu}}{\text{berat bambu dalam air}} \quad (3)$$

(Sumber: Taurista dkk, 2006)

Dalam pengukuran berat jenis ada dua jenis, yaitu:

1. Variasi Radial Berat jenis yang diukur berdasarkan spesimen bambu arah radial (dari dalam ke sisi luar bambu.

2. Variasi Longitudinal Berat jenis yang diukur berdasarkan spesimen bambu arah logitudinal (sepanjang dan sejajar arah serat).

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap berat jenis bambu:

1. Kadar air, semakin tinggi akan menyebabkan berat jenis semakin rendah. Berat jenis tertinggi bambu terjadi pada kadar air 0%,
2. Proporsi tipe sel penyusun volume bambu dan ketebalan dinding sel. Semakin tebal dinding sel maka semakin tinggi berat jenis bambu,
3. Ukuran sel dan lumen sel, ukur sel dan lumen sel yang lebar akan membuat nilai berat jenis bambu semakin rendah.

c. Kerapatan (Density)

Kerapatan (ρ) didefinisikan sebagai massa per unit volume dengan rumus (4) :

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad (4)$$

(Sumber: Taurista dkk, 2006)

Dari hasil penelitian Taurista dkk (2006) kerapatan dari bahan bambu sekitar 0,5-0,8 g/cm³ . Walaupun kenyataan dilapangan density bambu melebihi dari 1 g/cm³ . Kerapatan dari bahan bambu juga dapat dihitung dengan rumus density berat (weight density – Wt density) terhadap volume pada kadar air tertentu, seperti rumus (6) berikut:

$$Wt \text{ Density} = \frac{\text{berat bambu pada kadar air tertentu}}{\text{volume bambu pada kadar air tertentu}} \quad (5)$$

(Sumber: Taurista dkk, 2006)

d. Kembang susut (Shrinkage and Swelling)

Kembang susut dipelajari rangka mengatasi bambu pecah pada saat dipakai sebagai bahan konstruksi. Kembang susut terjadi saat air terikat mulai keluar ataupun masuk pada dinding sel. Saat air terikat masuk ke dinding sel sampai dengan kondisi TJS bambu akan mengembang (shrinkage) dan sebaliknya, dari kondisi TJS air terikat pada bambu keluar dinding sel bambu akan menyusut (Swelling).

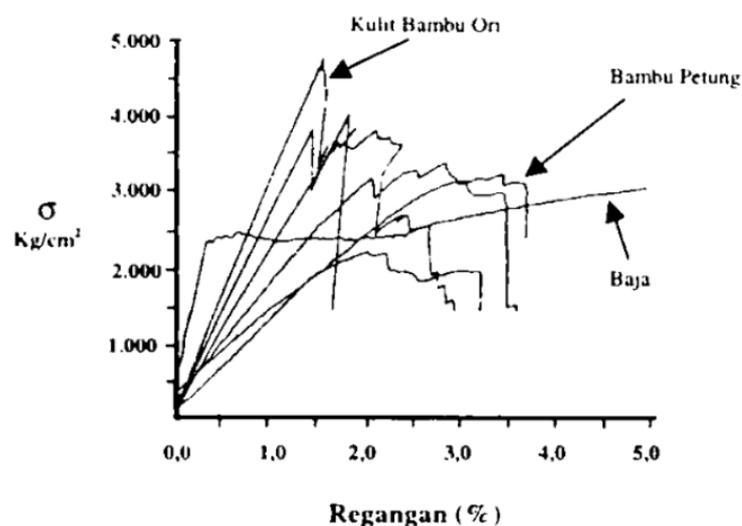
C.2. Kekuatan Tarik Bambu

Uji tarik merupakan pengujian dengan teknik penarikan. Penarikan dilakukan dengan menjepit dua ujung bagian pada bagian atas dan bawah bahan. Pengujian dilakukan menggunakan alat bernama Universal Testing Machine (UTM) (Anonim, 1983). Alat ini mampu menarik atau menekan benda dengan kekuatan tertentu. Dengan kekuatan tertentu, akan di peroleh data yang diperoleh dengan pembacaan pada pressure meter (penunjuk tekan). Kekuatan tarik bambu yaitu suatu ukuran kekuatan bambu dalam hal kemampuannya untuk menahan gaya-gaya yang cenderung menyebabkan bambu itu terlepas satu sama lain. Kekuatan tarik dibedakan menjadi dua macam yaitu kekuatan tarik tegak lurus serat dan kekuatan tarik sejajar serat. Kekuatan tarik sejajar arah serat merupakan kekuatan tarik yang terbesar pada bambu. Kekuatan tarik tegak lurus serat mempunyai hubungan dengan ketahanan bambu terhadap pembelahan.

Menurut Meyer dan Ekuland bambu memiliki kekuatan mekanis yang baik terhadap gaya tarik dan gaya tekan namun lemah terhadap

gaya geser. Bambu memiliki serat yang rapat dan kuat sehingga bambu memiliki kekuatan tarik yang tinggi.

Selain itu dalam penelitian Morisco (1994-1999) memperlihatkan kekuatan tarik bambu dapat mencapai sekitar dua kali kekuatan tarik baja tulangan. Sebagai pembanding dipakai baja tulangan beton dengan tegangan luluh sekitar 240 MPa yang mewakili baja beton yang banyak terdapat di pasaran. Diperoleh hasil bahwa kekuatan tarik kulit bambu ori cukup tinggi yaitu hampir mencapai 500 MPa, sedang kekuatan tarik rata-rata bambu petung juga lebih tinggi dari tegangan luluh baja, hanya satu spesimen yang mempunyai kekuatan tarik lebih rendah dari tegangan luluh baja.



Gambar 3. Hubungan Tegangan-Regangan Bambu dan Baja (Marisco, 1999)

Janssen (1980) menyatakan bahwa kekuatan tarik bambu akan menurun dengan meningkatnya kadar air, kekuatan tarik maksimum

bagian luar bambu paling besar dibandingkan dengan bagian-bagian yang lain. Di dalam internodia sel-selnya berorientasi kearah sumbu aksial, sedang pada nodia sel- selnya mengarah pada sumbu transversal. Oleh karena itu bagian batang yang bernodia mempunya kekuatan tarik maksimum yang lebih rendah daripada bagian batang yang tidak bernodia.

Kekuatan tarik bambu dapat dihitung menggunakan persamaan (6) berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (6)$$

(Sumber: SNI 8389-2017)

dengan:

σ = kekuatan/tegangan tarik(MPa)

A = luas penampang batang benda uji (mm²)

P = beban tarik (kN)

D. Uji Cabut (*PULL-OUT*)

Percobaan *pull out* dapat memberikan perbedaan yang baik antara efisien lekatan berbagai jenis permukaan tulangan dan panjang penanamannya (*embedment length*), akan tetapi hasilnya belum memberikan tegangan lekatan sesungguhnya pada struktur rangka. Pada percobaan ini beton mengalami tekan dan baja mengalami tarik, dimana beton dan baja di sekelilingnya mengalami tegangan yang sama (Nawy,1990:398).

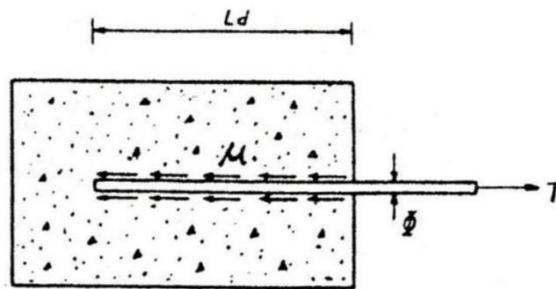
Suwaro (2012) menjelaskan salah satu cara untuk menentukan kualitas lekatan adalah dengan cara pengujian pencabutan (*Pull Out*). Prinsip pengujian pencabutan adalah suatu batang ditanamkan dalam sebuah silinder atau kubus empat persegi panjang masing-masing 150 mm dari beton dan gaya yang dibutuhkan untuk mencabut batang itu keluar atau membuatnya bergeser secara berlebihan. Hasil uji diukur, geseran batang relative terhadap beton di bawah ujung yang dibebani dan di atas ujung bebas, bahkan suatu beban yang sangat kecilpun dapat menyebabkan pergeseran dan menimbulkan tegangan lekatan yang tinggi di dekat ujung yang dibebani, tetapi membiarkan bagian atas batang sama sekali tidak menerima tegangan.

Daya lekatan beton dan baja tulangan merupakan gaya luar. Untuk menunjang hal tersebut, slip atau gelicir antara beton dan tulangan diharapkan tidak terjadi, sehingga memerlukan adanya daya lekatan (*bonding*) yang memadai antara beton dan baja tulangan . Untuk mengetahui perilaku dan mekanisme bond antara beton dan tulangan dengan melakukan pengujian cabut (*pull-out test*) pada tulangan yang ditanam di dalam beton. Mekanisme bond antara beton dan tulangan terdiri dari :

- Adhesi antar beton dan tulangan
- Griffing effect pada beton dan bar deformation
- Tahanan friksi pada tulangan berupa tegangan tarik
- Efek mutu dan kekuatan beton baik tarik maupun tekan.

- Efek pengangkuran berupa panjang pengangkuran, hook, lewatan dan persilangan
- Diameter, bentuk dan jarak tulangan pada perkembangan retakan

Kekuatan lekatan antara baja tulangan dengan beton merupakan susunan yang khas dan kompleks dari adhesi, tahan geser, dan aksi penguncian mekanis dari perubahan permukaan baja tulangan. Ini mempunyai pengaruh penting pada keretakan dan perubahan bentuk bahan struktur bertulang. Kekuatan lekatan tergantung pada besarnya perikatan baja tulangan di dalam beton. Kekuatan lekatan antara beton dan baja tulangan akan berkurang apabila mendapat tegangan yang tinggi karena pada beton terjadi retak-retak. Hal ini apabila terus berlanjut akan dapat mengakibatkan retakan yang terjadi pada beton menjadi lebih lebar dan biasanya bersamaan dengan itu akan terjadi defleksi pada balok. Dalam hal ini fungsi dari beton bertulang menjadi hilang karena baja tulangan telah terlepas dari beton. Meskipun demikian, penggelinciran yang terjadi antara baja tulangan dan beton disekelilingnya kadang tidak mengakibatkan keruntuhan balok secara menyeluruh. Hal ini disebabkan karena ujungujung baja tulangan masih berjangkar dengan kekuatan, sekalipun telah terjadi pemisahan diseluruh batang baja tulangan.



Gambar 4. Tegangan Lekat Beton Tulangan Bambu

Untuk menghitung kekuatan lekatan antara beton dan tulangan digunakan rumus (7) sebagai berikut:

$$\mu = \frac{P}{(Ld \times 2 (lb + tb))} \quad (7)$$

(Sumber: Edward G. Nawy, *Reinforced Concrete*, 2005)

Keterangan :

μ = Kekuatan lekat antara beton dengan tulangan (MPa)

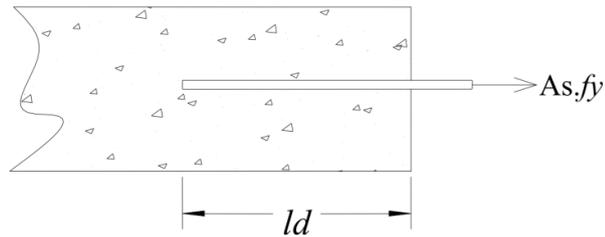
P = Beban (kN)

Ld = Panjang penyaluran (mm)

lb = Lebar tulangan bambu (mm)

tb = Tebal tulangan bambu (mm)

Salah satu persyaratan dalam perancangan beton bertulang yang harus diperhatikan adalah panjang penyaluran tulangan. Menurut Dipohusodo (1994), panjang penyaluran (ld) adalah panjang penambatan yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan luluh pada tulangan yang merupakan fungsi dari tegangan luluh baja (f_y), diameter tulangan, dan tegangan lekat. Panjang penyaluran menentukan tahanan terhadap tergelincirnya tulangan. Adapun model penanaman tulangan dalam beton tampak seperti pada gambar 5 dibawah ini



Gambar 5. Panjang tulangan (l_d) yang tertanam dalam Beton

Untuk menentukan panjang penyaluran dasar l_d min digunakan rumus sebagai berikut:

$$l_d \text{ min} = k \frac{f_y}{\sqrt{f'c}} A_b \quad (8)$$

(Sumber: Edward G. Nawy, *Reinforced Concrete*, 2005)

dimana:

$l_d \text{ min}$ = panjang penyaluran dasar (mm)

f_y = tegangan leleh tulangan (MPa)

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

A_b = luas tulangan (mm²)

k = koefisien panjang penyaluran minimum

Dalam menentukan panjang penyaluran l_d digunakan persamaan 9 dari R. Park dan T. Paulay dan dianalisa dengan variasi yang dibuat dalam 3 macam kondisi yaitu A (elastis), Ay (leleh) dan R (putus), dimana penentuan l_d didasarkan pada persamaan 9 :

$$l_d = \frac{d_b \cdot f_s}{4u} \quad (9)$$

Alif sasmito dkk melakukan penelitian mengenai kekuatan lekatan tulangan bambu petung takikan tipe "U" dengan metode penelitian adalah eksperimental di laboratorium. Benda uji berupa silinder diameter 15 cm

dan tinggi 30 cm. Di bagian tengah benda uji ditanam tulangan bambu petung takikan tipe “u” jarak 15 cm dengan dimensi 20 x 5 mm dan panjang penanaman 25 cm.

E. *Self Compacting Concrete (SCC)*

Self Compacting Concrete atau yang umum disingkat dengan istilah SCC adalah beton segar yang sangat plastis dan mudah mengalir karena berat sendirinya mengisi keseluruhan cetakan yang dikarenakan beton tersebut memiliki sifat-sifat untuk memadatkan sendiri tanpa adanya bantuan alat penggetar untuk pemadatan. Beton SCC yang baik harus tetap homogen, kohesif, tidak terjadi segregasi, blocking, dan bleeding (Risdianto, 2010).

Dengan beton SCC, struktur beton repair menjadi lebih padat terutama pada daerah pembesian yang sangat rapat, dan waktu pelaksanaan pengecoran juga lebih cepat. Kelebihan dari SCC diantaranya :

- Sangat encer, bahkan dengan bahan aditif tertentu bisa menahan slump tinggi dalam jangka waktu lama (slump keeping admixture).
- Tidak memerlukan pemadatan manual.
- Lebih homogen dan stabil.
- Kekuatan tekan beton bisa dibuat untuk mutu tinggi atau sangat tinggi.
- Lebih kedap, porositas lebih kecil.
- Susut lebih rendah.

- Dalam jangka panjang struktur lebih awet (durable).
- Tampilan permukaan beton lebih baik dan halus karena agregatnya biasanya berukuran kecil sehingga nilai estetis bangunan menjadi lebih tinggi.
- Karena tidak menggunakan penggetaran manual, lebih rendah polusi suara saat pelaksanaan pengecoran.
- Tenaga kerja yang dibutuhkan juga lebih sedikit karena beton dapat mengalir dengan sendirinya sehingga dapat menghemat biaya sekitar 50 % dari upah buruh.

SCC cocok untuk struktur-struktur yang sangat sulit untuk dilakukan pemadatan manual misalnya karena tulangan yang sangat rapat ataupun karena bentuk bekisting tidak memungkinkan, sehingga dikhawatirkan akan terjadi keropos apabila dipadatkan secara manual. Selain itu bisa juga diaplikasikan untuk lantai, dinding, tunnel, beton precast dan lain-lain.

Berdasarkan spesifikasi SCC dari EFNARC, workabilitas atau kecekan campuran beton segar dapat dikatakan sebagai beton SCC apabila memenuhi kriteria sebagai berikut, yaitu :

- a. *Filling ability*, adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui beratnya sendiri. Untuk menentukan "filling ability" dari beton SCC digunakan Slump-flow Test dengan menggunakan kerucut Abrams dapat diketahui kondisi workabilitas beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 600-750 mm.

- b. *Passing ability*, adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir melalui celacela antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan tanpa terjadi adanya segregasi atau blocking. Untuk menentukan “passing ability” dari beton SCC , digunakan alat uji yaitu L-Shape box. Dengan L-shape box test akan didapatkan nilai blocking ratio, yaitu nilai yang didapat dari perbandingan H2/H1. Semakin besar nilai blocking ratio, semakin baik beton segar mengalir dengan viskositas tertentu. Untuk kriteria beton SCC nilai blocking ratio berkisar antara 0,8 – 1,0.
- c. *Segregation resistance*, adalah kemampuan beton SCC untuk menjaga tetap dalam keadaan komposisi yang homogen selama waktu transportasi sampai pada pengecoran. V- Funnel test digunakan untuk mengukur viskositas beton SCC dan sekaligus mengetahui “segregation resistance’. Kemampuan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut diujung bawah alat ukur V- funnel diukur dengan besaran waktu antara 3 – 15 detik.

Menurut H. Okamura dan M. Ouchi (2003) suatu solusi untuk mendapatkan suatu struktur beton tahan lama yang terikat pada kemampuan pekerjaan konstruksi adalah kemampuan sendiri beton untuk memadat, yang dapat mengalir ke dalam tiap-tiap sudut suatu cetakan, karena berat sendiri dan tanpa kebutuhan akan alat penggetar, dengan komposisi agregat kasar 50% dari volume beton, agregat halus 40% dari volume mortar dan faktor air semen antara 0,25-0,40.

F. Sifat-Sifat Keruntuhan Lekatan

Keruntuhan lekatan antara baja tulangan dan beton yang mungkin terjadi pada saat dilakukan pengujian biasanya ditunjukkan oleh salah satu atau lebih dari peristiwa berikut ini (Nuryani TA, 2005:12) :

1. Transverse Failure yaitu adanya retak pada beton arah transversal/melintang akibat tegangan tarik yang tidak dapat ditahan oleh selimut beton, keruntuhan ini akan menurunkan tegangan lekatan antara baja tulangan dan beton.
2. Splitting Failure yaitu adanya retak pada beton arah longitudinal/memanjang akibat tegangan radial geser yang tidak dapat ditahan oleh selimut beton, keruntuhan ini akan menurunkan tegangan lekatan antara baja tulangan dan beton.
3. Pull Out Failure/Slip yaitu kondisi dimana baja tulangan tercabut dari beton tanpa mengalami retak yang diakibatkan komponen tegangan geser yang memecah lekatan antara baja tulangan dan beton.
4. Baja tulangan mencapai leleh yaitu apabila baja tulangan meleleh diikuti oleh kontraksi/pengecilan diameter tulangan, hal ini mengakibatkan tidak berfungsinya lekatan terhadap beton yang mengelilinginya, sehingga akan menurunkan atau bahkan hilangnya daya lekatan antara baja tulangan dan beton.
5. Putusnya tulangan apabila penanamannya terlalu panjang