

TUGAS AKHIR

**KEKUATAN LEKATAN TULANGAN BAMBU BULLUPERING
TAKIKAN TIPE U TERHADAP BETON SCC**

***BOND STRENGTH OF BULLUPERING BAMBOO
REINFORCEMENT WITH TYPE U NOTCH ON SELF
COMPACTING CONCRETE***

**ANDI AZIZAH AFRIANSYA
D011 18 1308**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**KEKUATAN LEKATAN TULANGAN BAMBU BULLUPERING TAKIKAN TIPE U
TERHADAP BETON SCC**

Disusun dan diajukan oleh:

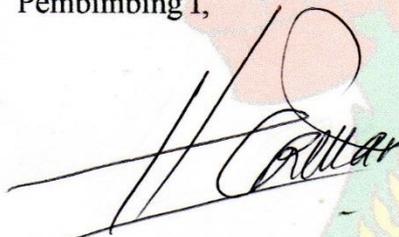
ANDI AZIZAH AFRIANSYA

D011 18 1308

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 November 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



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 Andi Azizah Afriansya, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul " **KEKUATAN LEKATAN TULANGAN BAMBU BULLUPERING TAKIKAN TIPE U 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, 18 November 2022

Yang membuat pernyataan,



Andi Azizah Afriansya
NIM: D011 18 1308

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**KEKUATAN LEKATAN TULANGAN BAMBU BULLUPERING TAKIKAN TIPE U 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. Muhammad Isran Ramli, ST., MT.**, 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 meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
4. **Bapak Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.**, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan dan selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan 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. Orang tua tercinta **Drs. H. Andi Fausih AR, Ir. Andi Nina, MP**, dan **Andi Basse** atas doa, kasih sayangnya, dan segala dukungan selama ini, baik spiritual maupun material, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dorongan yang telah diberikan

2. Saudara-saudari tercinta **Andi Afif Afriansya, Andi Adhilah Afriansya**, dan **Andi Arjih Afriansya** yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Anggota tim bambu, **kak Fajar, kak Herlina, kak Nasrun** dan **teman-teman S1** yang telah banyak berjuang bersama selama penelitian.
4. Seluruh rekan-rekan S1 Laboratorium Rekayasa Gempa, **Asih, Nadia, Malsi, Ius, Mega, Eka, Yusril**, dan **Sukma** yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Sahabat-sahabat tercinta **Nadia, Yuqni, Fitri, Wana, Ipa, Upe, Asih, Yusriah, Melani, Fiqih, Fikri, Radix** dan **Charlie** yang selalu menemani suka duka kehidupan kampus dari mahasiswa baru hingga berada di titik ini.
6. Saudara-saudari **TRANSISI 2019** yang senantiasa memberikan warna serta kenangan yang sangat indah, dukungan yang tiada henti serta semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaruan 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, 18 November 2022

Penulis

ABSTRAK

Beton bertulang adalah material komposit yang sangat baik untuk konstruksi bangunan. Tulangan yang digunakan umumnya adalah material baja sebagai penahan tegangan tarik. Berdasarkan data dari kementerian perindustrian, proyeksi konsumsi baja nasional pada tahun 2025 akan mencapai sekitar 29.726 ribu ton sedangkan produksi produknya hanya mencapai sekitar 7.758 ribu ton sehingga kekurangan produksi baja nasional di tahun 2025 yaitu sekitar 21.968 ton. Salah satu pengganti tulangan baja adalah bambu karena pertumbuhan cepat di Indonesia, mudah ditanam dan tidak perlu perawatan khusus, serta memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Bagian terpenting yang menyebabkan tulangan dan beton dapat bekerja sama adalah adanya lekatan antara beton dan permukaan tulangan. Untuk meningkatkan tegangan lekat pada bambu maka dibuatkan takikan bentuk U pada sisi bambu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis nilai kekuatan lekatan antara bambu bullupering takikan tipe U sejajar pada beton konvensional dan beton SCC serta untuk menganalisis nilai kekuatan lekatan bambu bullupering takikan tipe U tidak sejajar pada beton konvensional dan beton SCC.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Dalam penelitian ini digunakan bambu bullupering dengan dimensi lebar 20 mm, tebal 5 mm, dan panjang 400 mm serta variasi takikan sejajar dan tidak sejajar tipe U sebagai tulangan pada beton. Benda uji *pull out* menggunakan silinder ukuran 150 mm x 300 mm dan telah di *curing* selama 28 hari.

Hasil pengujian kuat tarik bambu per bagian secara berurutan dari atas ke bawah adalah 357,10 MPa, 308,51 MPa, dan 277,54 MPa. Sedangkan untuk kadar air bambu dari bagian atas ke bawah adalah 14,89%, 25,89%, dan 34,44%. Hasil pengujian lekatan diperoleh nilai tegangan lekat rata-rata pada beton konvensional dengan variasi takikan sejajar adalah 0,63 MPa dan variasi takikan tidak sejajar adalah 0,56 MPa. Nilai tegangan lekat rata-rata pada beton SCC, dengan variasi takikan sejajar adalah 0,70 MPa dan tidak sejajar adalah 0,64 MPa.

Kata kunci: *tulangan bambu, takikan, kekuatan tarik bambu, kadar air bambu, tegangan lekat*

ABSTRACT

For the construction of buildings, reinforced concrete makes an ideal composite material. As a tensile stress resister, steel is frequently utilized as the reinforcement material. According to data from the Ministry of Industry, national steel demand is predicted to reach 29,726 thousand tons in 2025, while product output will only total 7,758 thousand tons. This would result in a national shortage of steel production of about 21,968 tons in 2025. Bamboo is one of the alternatives to steel reinforcement since it grows quickly in Indonesia, is simple to plant, requires little maintenance, and has a high tensile strength. The link between the concrete and the reinforcement's surface is crucial for making reinforcement and concrete operate together. A U-shaped slot is cut into the side of the bamboo to increase the bonding stress on the material.

This study aimed to evaluate the bond strength between U-type bullupering bamboo with parallel notch in conventional concrete and SCC concrete, as well as the bond strength between U-type bullupering bamboo with non-parallel notch in conventional concrete and SCC concrete.

The Structure and Materials Laboratory at the Department of Civil Engineering at Hasanuddin University is where this study is being done.

The experimental method is the one that is employed. Bullupering bamboo, which has dimensions of 20 mm wide, 5 mm thick, and 400 mm long, was utilized in this investigation as reinforcement for concrete together with several types of parallel and non-parallel notches of type U. The 150 mm x 300 mm cylinder used in the pull-out test object was cured for 28 days.

The findings of the bamboo's tensile strength test were 357.10 MPa, 308.51 MPa, and 277.54 MPa for each segment, respectively. From top to bottom, bamboo has water contents of 14.89%, 25.89%, and 34.44%. According to the bonding test results, typical concrete had an average bond stress value of 0.63 MPa for a parallel notch variation and 0.56 MPa for a non-parallel notch variation. With variations in parallel and non-parallel notches, the average bond stress value in SCC concrete is 0.70 MPa and 0.64 MPa, respectively.

Keywords: *bamboo reinforcement, notches, tensile strength of bamboo, moisture content of bamboo, bond strength*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Batasan Masalah.....	5
F. Sistematika Penulisan	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Penelitian Terdahulu	8
B. Beton.....	11
B.1 Beton.....	11
B.2 Beton Self Compacting Concrete (SCC)	14
C. Bambu	16
C.1 Bambu Bullupering.....	20
C.2 Kekuatan Tarik Bambu.....	22
C.3 Kadar Air Bambu	24
C.4 Kembang Susut Bambu	26
C.5 Takikan Bambu	27
D. Kekuatan Lekatan Tulangan Bambu pada Beton	28
E. Pengujian <i>Pull-Out</i>	30
F. Tipe Keruntuhan.....	31
G. Panjang Penyaluran	32

BAB 3. METODE PENELITIAN.....	34
A. Bagan Alir Penelitian.....	34
B. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	35
C. Metode Penelitian dan Sumber Data.....	36
D. Alat dan Bahan Penelitian.....	37
D.1 Peralatan Penelitian.....	37
D.2 Material Penelitian.....	37
E. Persiapan Material.....	38
F. Pemeriksaan Karakteristik Material.....	39
F.1 Pasir.....	39
F.2 Kerikil.....	39
F.3 Bambu.....	40
G. Pembuatan Benda Uji.....	40
H. Perawatan Benda Uji.....	46
I. Pengujian Kekuatan Tekan.....	46
J. Pengujian Tarik Belah.....	47
K. Pengujian Kekuatan Lentur.....	48
L. Pengujian <i>Pull-Out</i>	49
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
A. Karakteristik Material.....	51
A.1 Pasir.....	51
A.2 Kerikil.....	52
A.3 Bambu.....	52
B. Rancangan Campuran (<i>Mix Design</i>).....	54
C. Hasil Pengujian Beton.....	55
C.1 Kekuatan Tekan Beton.....	55
C.2 Kekuatan Tarik Belah Beton.....	56
C.3 Kekuatan Lentur Beton.....	56
D. Tegangan Lekat.....	57
D.1 Gaya Cabut.....	57
D.2 Tegangan Lekat.....	62

E. Panjang Penyaluran Minimum.....	65
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	68
A. Kesimpulan.....	68
B. Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerucut Abram.....	14
Gambar 2. <i>Slump-Flow Test</i>	16
Gambar 3. Bambu Bullupering	21
Gambar 4. Diagram Tegangan Bambu dan Baja	23
Gambar 5. Bentuk tulangan baja dan bambu bertakikan	27
Gambar 6. Tegangan lekat penjangkaran tarik	29
Gambar 7. gaya-gaya diantara tulangan dan beton	31
Gambar 8. Panjang Penyaluran	33
Gambar 9. Bagan Alir Penelitian	35
Gambar 10. Peta lokasi penelitian.....	36
Gambar 11. Bahan-bahan dalam penelitian	38
Gambar 12. Bentuk Takikan Tidak Sejajar	41
Gambar 13. Bentuk Takikan Sejajar.....	41
Gambar 14. Persiapan bambu dan <i>Mould</i>	42
Gambar 15. Persiapan Material.....	42
Gambar 16. Proses Pengecoran	43
Gambar 17. proses pengujian slump.....	44
Gambar 18. hasil pengujian slump	44
Gambar 19. Hasil pengujian <i>slump</i> beton SCC	45
Gambar 20. Proses <i>curing</i> benda uji	46
Gambar 21. <i>Set-up</i> alat pengujian kekuatan tekan	47
Gambar 22. <i>Set-up alat</i> pengujian kekuatan tarik belah.....	48
Gambar 23. <i>set-up</i> alat pengujian kekuatan lentur	49
Gambar 24. <i>set-up alat</i> pengujian <i>pull-out</i>	50
Gambar 25. Bagian-bagian Pohon Bambu.....	54
Gambar 26. Grafik Nilai Kekuatan Cabut Bambu Bullupering Takikan Sejajar Pada Beton Konvensional.....	58
Gambar 27. Grafik Nilai Kekuatan Cabut Bambu Bullupering Takikan Tidak Sejajar Pada Beton Konvensional.....	58

Gambar 28. Grafik Nilai Kekuatan Cabut Bambu Bullupering Takikan Sejajar Pada Beton SCC.....	59
Gambar 29. Grafik Nilai Kekuatan Cabut Bambu Bullupering Takikan Tidak Sejajar Pada Beton SCC.....	60
Gambar 30. Hasil Kekuatan Cabut Bambu Bullupering Takikan Sejajar dan Tidak Sejajar Pada Beton Konvensional	61
Gambar 31. Hasil Kekuatan Cabut Bambu Bullupering Takikan Sejajar dan Tidak Sejajar Pada Beton SCC	62
Gambar 32. Tegangan lekat pada beton konvensional	63
Gambar 33. Tegangan lekat pada beton SCC	63
Gambar 34. Tegangan lekat pada beton konvensional dan beton SCC..	64
Gambar 35. Hubungan Panjang Penyaluran minimum dan tegangan lekat	67

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat Mekanis SCC.....	16
Tabel 2. Pemeriksaan karakteristik pasir	39
Tabel 3. Pemeriksaan karakteristik kerikil.....	39
Tabel 4. Pemeriksaan karakteristik bambu.....	40
Tabel 5. Variasi Benda Uji	40
Tabel 6. Hasil Penguian Karakteristik Agregat Halus	51
Tabel 7. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	52
Tabel 8. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Bambu Bullupering.....	53
Tabel 9. Hasil Pengujian Kadar Air Bambu Bullupering.....	53
Tabel 10. Rancangan Campuran Beton dalam 1m ³	55
Tabel 11. hasil pengujian kekuatan tekan beton.....	55
Tabel 12. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah Beton	56
Tabel 13. Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Beton	57
Tabel 14. Perhitungan I_{dmin}	66

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan dasar manusia atau biasa dikenal kebutuhan primer merupakan kebutuhan guna mempertahankan hidup secara layak. Kebutuhan primer diantaranya sandang, pangan dan papan. Seiring dengan perkembangan zaman, berkembang pula jumlah manusia, yang akan mengakibatkan kebutuhan rumah tinggal semakin bertambah. Bertambahnya jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga, akan berbanding lurus terhadap kebutuhan permintaan terhadap rumah baru yang terus meningkat dari tahun ke tahun.

Elemen terpenting dari bangunan rumah tinggal atau konstruksi lainnya ialah beton. Beton merupakan campuran semen, kerikil, dan pasir yang dipersatukan oleh air dengan perbandingan tertentu untuk menghasilkan kekuatan tertentu serta menghasilkan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan. Penggunaan beton menjadi pilihan utama karena merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk. Beton yang baik mempunyai nilai kekuatan tekan yang tinggi. Beton adalah bahan yang mampu menahan gaya tekan sedangkan kemampuan menahan gaya tariknya kecil.

Kurangnya kemampuan beton menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu sehingga perlunya diberikan perkuatan penulangan yang berperan sebagai penahan gaya tarik yang timbul dalam beton tersebut. Oleh karena

itu, pengaplikasian beton selalu dipadukan dengan bahan yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi contohnya baja. Perpaduan antara beton dan baja yang telah di cor menjadi bahan yang kuat menahan gaya-gaya utama yaitu gaya tekan dan gaya tarik. Tulangan baja adalah bahan yang dapat membantu kelemahan dari beton, terkhusus pada bagian yang menahan gaya tarik sehingga dapat bekerja sama membentuk komponen struktur bangunan.

Baja merupakan campuran yang berasal dari besi dan karbon. Banyaknya kandungan karbon dalam baja sekitar 0,2% sampai 2,1%. Fungsi karbon dalam baja yaitu untuk mengeraskan tiap-tiap kisi kristal pada atom besi. Komponen-komponen utama pada baja yaitu unsur karbon, mangan, fosfor, sulfur, oksigen, nitrogen, dan aluminium. Adapun unsur campuran lain yang digunakan yaitu mangan, nikel, krom, vanadium, dan tungsten.

Indonesia termasuk negara yang mengkonsumsi baja cukup tinggi. Pada tahun 2013, konsumsi baja Indonesia baru mencapai 61,6 kg per kapita per tahun dan menempati urutan ke-6 diantara negara-negara ASEAN. Konsumsi per kapita industri baja dihitung dari jumlah produksi baja kasar dibagi dengan jumlah penduduk negara tersebut. Karena produsen baja dasar di dalam negeri masih sangat sedikit dibandingkan kebutuhan nasional. Kekurangan kebutuhan nasional terpaksa dipenuhi dari produk impor. Berdasarkan data dari kementerian perindustrian, proyeksi konsumsi baja nasional pada tahun 2025 akan mencapai sekitar

29.726 ribu ton sedangkan produksi produknya hanya mencapai sekitar 7.758 ribu ton sehingga kekurangan produksi baja nasional di tahun 2025 yaitu sekitar 21.968 ton.

Kebutuhan konstruksi yang menggunakan struktur beton bertulang semakin meningkat mengakibatkan kebutuhan baja sebagai tulangan beton juga meningkat. Adanya hal ini maka perlu diadakan alternatif pengganti baja pada tulangan beton. Bambu dipilih sebagai produk alternatif pengganti tulangan baja dikarenakan produk hasil alam yang ramah lingkungan, mudah ditanam dan tidak memerlukan pemeliharaan khusus, serta bambu banyak digunakan untuk berbagai konstruksi bangunan khususnya di pedesaan. Bambu juga mudah dibentuk karna bersifat ringan dan elastis. Sehingga konstruksi bambu tahan terhadap gaya gempa. Bambu juga mempunyai kekuatan cukup tinggi yaitu kekuatan tariknya dapat disamakan dengan kekuatan tarik baja. Ghavani (2005) menjelaskan bahwa kekuatan tarik bambu yang relative tinggi mencapai 370 MPa.

Bagian terpenting yang menyebabkan tulangan dan beton dapat bekerja sama adalah adanya lekatan antara beton dan permukaan tulangan. Lekatan antara tulangan dengan beton adalah salah satu syarat struktur beton bertulang tidak mengalami selip. Agus Setiya Budi dan Sugiyarto (2013) melakukan penelitian mengenai kekuatan lekatan tulangan bambu wulung dan petung takikan pada beton normal dengan bentuk takikan menyiku. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian tarik terlebih dahulu pada bambu wulung dan petung diperoleh hasil berturut-

turut sebesar 137,046 Mpa dan 170,596 Mpa. Adapun kekuatan lekatan bambu petung lebih tinggi dibandingkan bambu wulung. Selain itu, nilai kekuatan lekatan bambu takikan tidak sejajar lebih tinggi daripada takikan sejajar. Takikan pada bambu bertujuan untuk menghindari terjadinya selip pada bambu maka dibuatlah takikakan pada bambu agar membantu mengunci ikatan antara beton dan tulangan bambu.

Selain beton normal, ada juga beton mutu tinggi atau yang lebih dikenal beton SCC (*Self Compacting Concrete*). Beberapa sifat khas yang dimiliki beton mutu tinggi adalah kekuatan yang tinggi, kekuatan awal yang tinggi, modulus elastisitas yang tinggi, ketahanan terhadap abrasi yang tinggi, durability, dan tetap survive dalam waktu yang lama pada berbagai kondisi, permeabilitas yang rendah, lebih tahan terhadap serangan kimia, susut yang rendah dan sebagainya.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka penulis melakukan penelitian dengan judul:

**“KEKUATAN LEKATAN TULANGAN BAMBU BULLUPERING
TAKIKAN TIPE U TERHADAP BETON SCC”.**

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat dirumuskan sesuai dengan latar belakang yang telah dijelaskan, yaitu:

1. Bagaimana kekuatan lekatan antara bambu bullupering takikan tipe U sejajar pada beton konvensional dan beton SCC?

2. Bagaimana kekuatan lekatan antara bambu bullupering takikan tipe U tidak sejajar pada beton konvensional dan beton SCC?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis nilai kekuatan lekatan antara bambu bullupering takikan tipe U sejajar pada beton konvensional dan beton SCC.
2. Untuk menganalisis nilai kekuatan lekatan antara bambu bullupering takikan tipe U tidak sejajar pada beton konvensional dan beton SCC

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui nilai kekuatan lekatan antara bambu bullupering takikan sejajar dan tidak sejajar pada beton dan juga beton SCC.

E. Batasan Masalah

Untuk mencapai maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini maka ditetapkan batasan-batasan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bambu yang digunakan adalah bambu bullupering yang tumbuh di daerah Gowa.
2. Semen yang digunakan adalah jenis semen PCC (Portland Composite Cement).
3. Bambu yang digunakan sebagai pengganti tulangan baja.

4. Penelitian menggunakan cetakan benda uji berbentuk silinder 150 mm x 300 mm.
5. Perawatan benda uji menggunakan suhu ruang.
6. Pengujian kekuatan lekatan dilakukan pada benda uji umur 28 hari.
7. Pengujian dilakukan di Laboratorium yang sesuai dengan standar resmi dan akan didapatkan hasil pengujian-pengujian yang diharapkan.
8. Pada perhitungan panjang penyaluran minimum ($L_{d \text{ min}}$), nilai f_y yang digunakan adalah nilai f_u tulangan bambu

F. Sistematika Penulisan

Sesuai dengan aturan dan persyaratan untuk membantu sistematika penulisan tugas akhir, maka terdapat tahapan-tahapan yang telah diurutkan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan materi yang terkait latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan yang menggambarkan secara garis besar mengenai materi yang ditulis dan dibahas pada bab-bab berikutnya.

BAB 2 TINJAUAN PUSATAKA

Bab ini berisi tentang beberapa teori penting yang telah dilakukan terlebih dahulu yang memiliki keterkaitan erat

dengan topik permasalahan serta dijadikan landasan dan acuan dalam melakukan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini dijelaskan tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Terdapat flowchart yang berisikan langkah-langkah penelitian, lokasi serta waktu penelitian, data penelitian berupa jenis dan sumber data dan juga analisis yang digunakan untuk mengolah data yang di dapatkan dari laboratorium.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisi tentang hasil pemeriksaan karakteristik agregat, karakteristik bambu, pengujian kekuatan tekan beton dan beton SCC, kekuatan lekatan benda uji.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini terdapat kesimpulan hasil dari analisis penelitian yang telah dilakukan dan saran maupun rekomendasi yang dapat dilakukan untuk penelitian yang lebih lanjut.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Yudha Krakata dkk (2017) melakukan penelitian mengenai analisis kekuatan lekatan tulangan bambu ori bertakikan tipe “U” jarak takikan 10 cm terhadap tulangan baja. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh nilai kekuatan lekatan tulangan bambu sebagai pengganti tulangan baja pada beton normal. Bambu yang digunakan pada penelitian ini adalah bambu ori bertakikan dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 2 cm, dan tebal 0,53 cm serta tertanam pada pusat beton dengan kedalaman 25 cm. Adapun variasi takikan ada 4 diantaranya takikan 1 cm sejajar jarak 10 cm, takikan 2 cm sejajar jarak 10 cm, takikan 1 cm tidak sejajar jarak 10 cm, dan takikan 2 cm tidak sejajar jarak 10 cm. benda uji yang dibuat yaitu beton silinder dengan diameter 24 cm dan tinggi 30 cm kemudian dilanjutkan dengan pengujian pull out. Hasil penelitian memperlihatkan diagram hubungan kekuatan lekatan terhadap variasi tulangan. Kekuatan lekatan tulangan baja polos diameter 8 mm senilai 0,5483 MPa. Kekuatan lekatan tulangan bambu ori takikan 1 cm sejajar jarak 10 cm senilai 0,0547 MPa. Kekuatan lekatan tulangan bambu ori takikan 2 cm sejajar jarak 10 cm senilai 0,0827 MPa. Kekuatan lekatan tulangan bambu ori takikan 1 cm tidak sejajar jarak 10 cm senilai 0,166 MPa. Kekuatan lekatan tulangan bambu ori takikan 2 cm tidak sejajar jarak 10 cm senilai 0,0497 cm.

Maryanto (2016) telah meneliti tentang kekuatan lekatan dan panjang penyaluran tulangan bambu dengan pengasaran permukaan (bambu dengan lilitan kawat diameter 1,6 mm). Pada penelitian ini, diteliti bambu polos serta bambu pengasaran dengan lilitan kawat berdiameter 1,6 mm jarak lilitan 4 mm, 6 mm, dan 8 mm dibandingkan dengan baja polos dan baja ulir. Hasil rata-rata nilai kekuatan lekatan yang diperoleh yaitu bambu polos sebesar 0,773 MPa, bambu dengan kawat jarak lilitan 4 mm sebesar 3,208 MPa, bambu dengan kawat jarak lilitan 6 mm sebesar 2,841 MPa, bambu dengan kawat jarak lilitan 8 mm sebesar 2,689 MPa, tulangan bambu polos sebesar 5,975 MPa, tulangan bambu ulir sebesar 14,766 MPa. Dapat disimpulkan bahwa tulangan bambu dengan pemberian kawat dapat menaikkan nilai tegangan lekat 4 kali lipat. Walaupun pada realitanya tulangan bambu memiliki permukaan halus sama halnya dengan tulangan polos, namun dikarenakan pengaruh lilitan kawat spiral sehingga memiliki nilai tegangan lekat yang lebih baik. Apabila ditinjau dari nilai tegangan lekat maka bambu dengan lilitan kawat berdiameter 1,6 mm jarak 4 mm mempunyai persentase 53,842% dibandingkan baja polos dan 21,357% dibandingkan baja deform.

I Ketut Sudarsana dkk (2020) melakukan penelitian tentang kekuatan lekatan tulangan bambu petung dan bambu tali dalam beton normal dimana kekuatan tarik bambu Petung tanpa buku memperoleh nilai paling besar senilai 268,08 MPa dan kekuatan tarik bambu paling rendah pada bambu tali dengan buku senilai 138,42 MPa. Nilai modulus elastisitas diperoleh

bambu petung dan bambu tali tanpa buku secara berurutan adalah 5200,8 MPa dan 4755,24 MPa. Adapun nilai modulus elastisitas bambu petung dan bambu tali dengan buku masing masing sebesar 3954,98 MPa dan 3382,30 MPa. Dari hasil pengujian ini terlihat bahwa buku/nodia pada bambu mengurangi nilai modulus elastisitas dan juga mengurangi kekuatan tarik maksimumnya. Pengujian kekuatan lekatan bambu dengan tulangan bambu petung, dapat dinyatakan bahwa bambu tanpa buku memiliki kekuatan lekatan lebih besar dari bambu dengan buku dikarenakan nodia/buku mengurangi kekuatan lekatan. Jika ditinjau dari panjang penanamannya maka diperoleh bahwa semakin besar panjang penanamannya maka kekuatan lekatan antara bambu dan beton semakin kecil.

Ria Fahrina (2014) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan bambu Betung Bangka sebagai pengganti tulangan balok bertulangan bambu. Dalam penelitian ini bambu digunakan sebagai pengganti tulangan untuk balok beton bertulang. Bambu yang digunakan adalah bambu betung yang kemudian dikeringkan selama 7 hari. Dari hasil penelitian diperoleh nilai kadar air bambu sebesar 18,29%, kekuatan tekan beton rata-rata sebesar 28,5771 MPa, kekuatan tarik bambu sejajar serat sebesar 350,9741 MPa dengan kekuatan leleh bambu sebesar 247,42 MPa, kekuatan lekat bambu terhadap beton sebesar 0,341 Mpa, dan kekuatan lentur balok bertulang bambu sebesar 3,8735 MPa.

Devi Fahreza (2020) melakukan penelitian mengenai analisis korelasi bentuk benda uji standar dari kuat tarik bambu wilayah Sumatera Utara bagian timur. Pengujian kekuatan tarik dapat dilakukan dengan beberapa bentuk benda uji yang sesuai dengan standar umum yang sering digunakan pada metode uji standar, yaitu bentuk benda uji *dogbone* dan bentuk benda uji *strip*. Hasil pengujian kadar air 14 jenis bambu adalah 14%. Hasil pengujian kekuatan tarik bambu menunjukkan bambu bagian bawah yang memiliki kekuatan tarik yang lebih besar baik pada bambu berbentuk *dogbone* maupun *strip*. Hasil pengujian kekuatan tarik bambu menunjukkan bambu yang tidak berbuku memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih besar daripada bambu berbuku baik pada bambu berbentuk *dogbone* maupun *strip*. Pengujian pada bambu *strip* menunjukkan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada bambu *dogbone*.

B. Beton

B.1 Beton

Beton (Concrete) adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (admixture). Tujuannya adalah untuk mengatur sifat dan karakteristik beton agar sesuai dengan yang kita inginkan, diantaranya yaitu memudahkan dalam pengerjaan, menambah kekuatan, serta efisiensi. Notasi dari kekuatan tekan beton ialah "f'c". Nilai f'c diperoleh dari nilai rata-rata kekuatan tekan pengujian silinder minimal 2 buah

diameter 150 mm tinggi 300 mm atau minimal 3 buah diameter 100 mm tinggi 200 mm yang terbuat dari adukan beton yang sama dan diuji pada beton umur 28 hari. (SNI 2847:2019).

Beton terdiri dari $\pm 15\%$ semen, $\pm 8\%$ air, $\pm 3\%$ udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton. (Wuryati dan Candra, 2001).

Bahan bangunan yang berupa beton ini, sekarang banyak dipakai untuk konstruksi bangunan. Bahkan hampir setiap hari dijumpai bangunan yang terbuat dari beton, mulai dari yang sederhana (misalnya patung kecil) sampai pada bangunan besar (gedung bertingkat, jembatan, jembatan layang, bendungan, dermaga, dan sebagainya). Bangunan yang menggunakan konstruksi beton mempunyai beberapa keunggulan yaitu:

- 1) Beton termasuk tahan aus dan tahan terhadap kebakaran
- 2) Beton sangat kokoh dan kuat terhadap beban gempa bumi, getaran, maupun beban angin
- 3) Berbagai bentuk konstruksi dapat dibuat dari bahan beton menurut selera perancang
- 4) Biaya pemeliharaan atau perawatan sangat sedikit (tidak ada)

Konstruksi beton juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu:

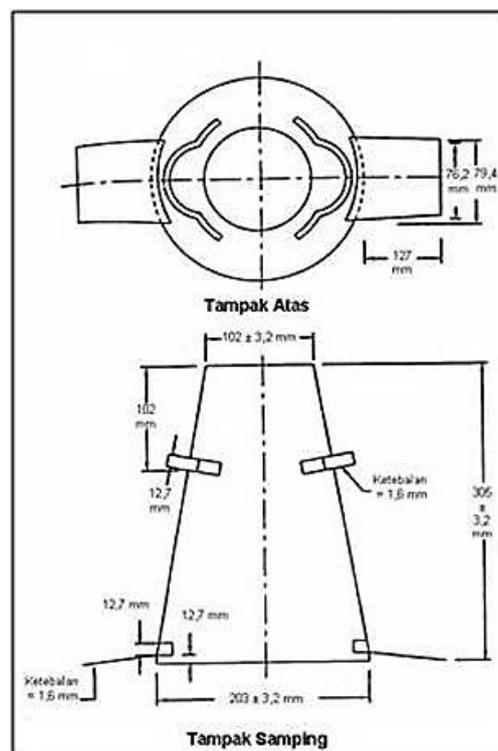
- 1) Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah mengalami retak
- 2) Konstruksi beton itu berat, sehingga jika dipakai pada bangunan harus disediakan fondasi yang cukup besar/kuat
- 3) Untuk memperoleh hasil beton dengan mutu yang baik, perlu biaya pengawasan tersendiri
- 4) Konstruksi beton tidak dapat dipindah, disamping itu bekas beton tidak ada harganya

Menurut SNI 1972-2008, pengujian *slump* adalah salah satu cara mengukur homogenitas dan tingkat kelecakan suatu adukan. Pengertian nilai *slump* sendiri adalah besarnya penurunan adukan yang ditinjau dari alat uji yaitu kerucut *abrams*. Nilai *slump* berbanding lurus dengan kadar air adukan beton, sehingga akan berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Pengujian *slump* menurut SNI 1972-2008 dilakukan dengan cara:

1. Membasahi cetakan berupa kerucut *Abrams* dan meletakkan di atas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air dan kaku.
2. Mengisi cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis sekira sepertiga dari volume cetakan. Padatkan setiap lapisan dengan 25 tusukan menggunakan batang pemadat. Sebarkan penusukan secara merata di atas permukaan setiap lapisan.
3. Setelah lapisan atas selesai dipadatkan, permukaan beton diratakan pada bagian atas cetakan.

4. Lepaskan segera cetakan dari beton dengan cara mengangkat dalam arah vertikal secara-hati-hati.
5. Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, ukur segera *slump* dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan atas beton.

Gambar 1 menunjukkan bentuk kerucut *abram*.



Gambar 1. Kerucut Abram

(Sumber: SNI 1972-2008)

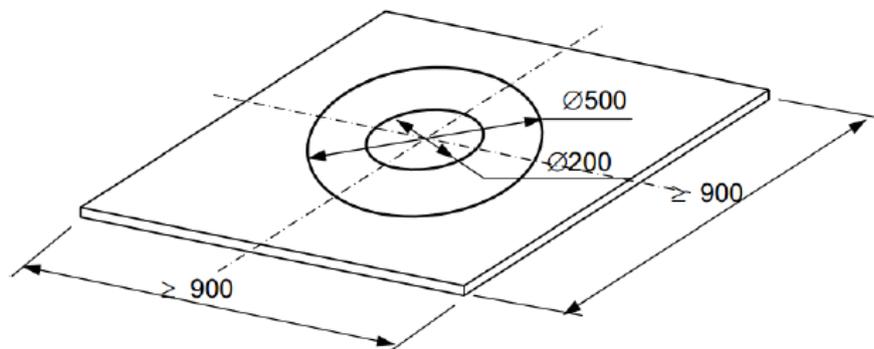
B.2 Beton Self Compacting Concrete (SCC)

SCC (*Self Compacting Concrete*) merupakan beton yang mampu memadat sendiri dengan *slump* yang cukup tinggi. Dalam proses penempatan pada volume bekisting (*placing*) dan proses pemadatannya

(*compaction*). SCC tidak memerlukan proses penggetaran seperti pada beton normal. SCC mempunyai *flowability* yang tinggi sehingga mampu mengalir, memenuhi bekisting, dan mencapai kepadatan tertingginya sendiri. (EFNARC, 2005). Beton SCC (*Self Compacting Concrete*) pertama kali dikembangkan di Jepang pada pertengahan tahun 1980-an dan mulai digunakan pada konstruksi beton pada awal tahun 1990-an (Okamura et. al., 2003).

Material campuran tambahan (*Admixture*) adalah material selain air, agregat, atau semen hidrolis, yang digunakan sebagai bahan penyusun beton dan ditambahkan pada beton sebelum atau selama pencampurannya untuk memodifikasi property. (SNI 2847:2019)

Berdasarkan EFNARC, workabilitas atau kececekan campuran beton segar dapat dikatakan sebagai beton SCC apabila memenuhi kriteria yaitu *Filling ability*. *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. Kondisi workabilitas beton dapat diketahui berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 60-75 cm. Pengujian *slump flow* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. *Slump-Flow Test*

(Sumber: EFNARC, 2005)

Ouichi, 2003 merangkum sifat sifat mekanis dari sejumlah penelitian beton SCC yang telah dilakukan seperti tercantum pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat Mekanis SCC

(Sumber: Ouichi, 2003)

Keterangan	Sifat SCC
Faktor air semen	25 – 40
Rongga udara	4,5 – 6,0
Kuat tekan (28 hari)	40 – 80
Kuat tekan (91 hari)	55 – 100
Kuat tarik (28 hari)	2,4 – 4,8
Modulus elastisitas (Gpa)	30 – 36
Susut regangan ($\times 10^{-6}$)	600 – 800

Bahan penyusun beton mutu tinggi pada umumnya mempunyai karakteristik khusus dan pilihan dan dirancang sedemikian rupa agar dapat mencapai kekuatan yang superior. Secara umum rasio air terhadap semen pada beton mutu tinggi berada di kisaran nilai 0,20 hingga 0,45. Untuk mengantisipasi rendahnya kandungan air yang digunakan, ditambahkan

bahan superplasticizer agar workability beton segar dapat terjaga dengan baik. (Antonius, 2021)

Menurut Antonius,2021 superplasticizer merupakan bahan yang digunakan untuk mengurangi air pada campuran beton agar didapat faktor w/c yang kecil tetapi workabilitas normal. Menurut ASTM C 494-82 terdapat 7 jenis bahan tambah kimia (*chemical admixture*) diantaranya sebagai berikut:

1. Tipe A (*Water Reduce* atau *Plasticizer*)

Bahan ini digunakan untuk mengurangi kebutuhan air yang akan digunakan. . Dengan pemakaian bahan ini, akan diperoleh nilai fas yang lebih rendah pada nilai nilai kekentalan adukan yang sama.

2. Tipe B (*Retader*)

Bahan ini digunakan untuk memperlambat proses ikatan beton, biasanya dipakai oleh perusahaan beton ready mix untuk keperluan pengecoran proyek.

3. Tipe C (*Accelerator*)

Bahan kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Biasanya dipakai dalam pengecoran dibawah permukaan air atau pada struktur beton yang memerlukan pengerasan segera.

4. Tipe D (*Water Reduce Retader*)

Tipe ini diperlukan dalam kaitannya untuk pengurangan air dan memperlambat proses ikatan.

5. Tipe E (*Water Reduce Retarder*)

Tipe ini digunakan untuk mengurangi air dan untuk mempercepat proses ikatan.

6. Tipe F (*High Range Water Reduce / Superplasticizer*)

Bahan kimia ini berfungsi untuk mengurangi kebutuhan air sampai 12 % atau bahkan lebih.

7. Tipe G (*High Range Water Reduce*)

Bahan ini memiliki beberapa kegunaan yaitu, mengurangi kebutuhan air, mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

C. Bambu

Bambu adalah tanaman rakyat dimana untuk mendapatkannya relatif mudah disekitar tempat tinggal. Menurut Elizabeth dalam primack (2004), bambu adalah hasil hutan bukan kayu yang belum sepenuhnya dimanfaatkan tetapi memiliki potensi pemanfaatan yang sangat besar misalnya sebagai bahan bangunan. Potensi bambu di Indonesia cukup tinggi dan tersebar hamper di seluruh daerah. Saat ini tercatat lebih dari 130 jenis bambu di Indonesia (10% dari bambu di Indonesia) dengan umur panen 4-5 tahun. (Pramono, 2012).

Pemakaian bambu sebagai bahan bangunan mendapatkan berbagai kendala baik kendala teknis maupun non teknis. Kendala teknis antara lain adalah teknik penyambungan bambu dan keterbatasan dimensi bambu untuk struktur-struktur yang memerlukan bentang panjang dan dimensi lebih besar. Diameter bambu berkisar antar (7,5 – 175 mm) dan panjang

efektif bambu berkisar antara (750 – 2500 mm) merupakan keterbatasan bambu pada dimensinya. Kendala non teknis adalah rendahnya tingkat apresiasi masyarakat terhadap bambu karena adanya stigma masyarakat pengguna bambu sebagai masyarakat miskin. (Mujiman, 2004)

Menurut Jansen (1980) faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan bambu adalah:

- a. Kandungan air, kekuatan tarik bambu akan menurun dengan meningkatnya kandungan air
- b. Bagian arah melintang bahan, kekuatan tarik maksimum bagian luar batang bambu paling besar dibandingkan dengan bagian-bagian yang lain. Kekuatan tarik maksimum yang besar diikuti dengan presentase serabut sklerenkim yang besar pula
- c. Ada tidaknya nodia. Di dalam inter nodia sel-selnya berorientasi ke arah sumbu aksial sedang di dalam nodia sel-selnya mengarah pada sumbu transversal. Oleh karena itu, batang-batang yang bernodia mempunyai kekuatan yang lebih rendah daripada batang-batang yang tidak bernodia.

Menurut Jansen (1980), ada beberapa keuntungan pemakaian bambu diantaranya:

- a. Bambu tumbuh sangat cepat dan mudah dibudidayakan oleh penduduk
- b. Bambu mempunyai sifat mekanik yang baik
- c. Dalam proses pengerjaannya membutuhkan alat yang sederhana

- d. Kulit terluar banyak mengandung silica yang berfungsi melindungi bambu

Sedangkan kerugiannya ialah:

- a. Bambu membutuhkan upaya pengawetan untuk memperoleh jangka pemakaian yang cukup lama
- b. Bentuk batang bambu bukan silinder sempurna melainkan agak kerucut
- c. Bambu mudah terbakar (*combustible material*)

Bambu juga memiliki keunggulan sebagai bahan bangunan dan merupakan salah satu material yang sangat potensial untuk pemenuhan kebutuhan perumahan, serta telah diakui masyarakat dunia dengan terbitnya standar internasional atau dikenal ISO yang masih perlu diadaptasi untuk diterapkan di Indonesia. Adapun keunggulan bambu yang lain adalah harga yang relatif murah, ramah lingkungan, dan ketersediaan yang melimpah. (BMTPC, 2007).

C.1 Bambu Bullupering

Tanaman bambu memiliki nama ilmiah *Bambusa Sp.* Merupakan tanaman jenis rumput-rumputan dengan rongga dan ruas di batangnya. Bambu memiliki nama lain yaitu Pring (Jawa), Swanggi (Papua), Aya (Bali), Awi (Sunda), Aur (Sumatra), Bulu (Maluku), Awo dan Pering (Bugis), dan Aor Selat (Kalimantan Barat). (Hani Dwi Aryanti, 2019). Gambar 3 merupakan gambar bambu bullupering yang ada di Sulawesi.



Gambar 3. Bambu Bullupering

(Andi Azizah Afriansya dkk, 2022)

Batang bambu berbentuk silinder yang beruas-ruas dengan rongga di dalamnya. Batangnya tumbuh dari akar-akar rimpang ketika tanaman mulai menuai. Batang bambu bersifat lentur, serta terdiri dari serat-serat yang kuat. Batang bambu ditumbuhi oleh daun-daun yang muncul pada ruas-ruas batang. Daun ini disebut pelepah dan akan mengering dan gugur ketika bambu mulai menua. Pada bagian pelepah bambu terdapat subang, yaitu perpanjangan dari batang yang bentuknya seperti segitiga. (Hani Dwi Aryanti, 2019)

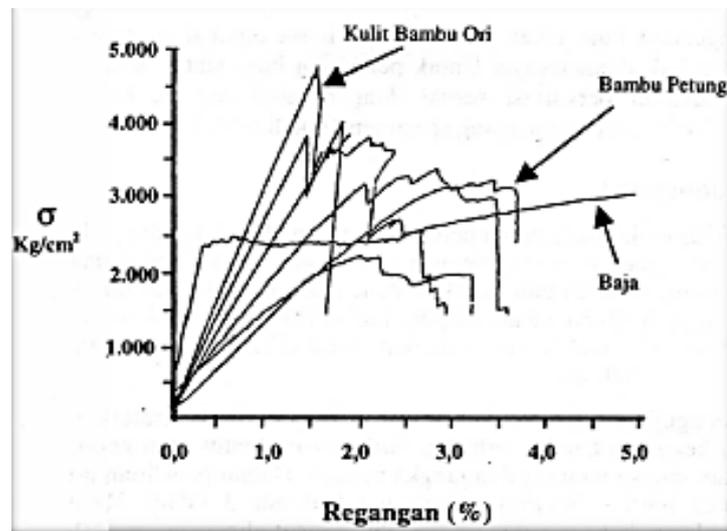
Secara umum, bambu tumbuh sekitar 0,3 meter hingga 30 meter dengan diameter batang sekitar 0,25 sampai 25 cm. Ketebalan dinding bambu berukuran sekitar 2,5 cm. Bambu memiliki daun yang lengkap, yaitu terdiri dari pelepah daun, helaian daun, serta tangkai daun. Daunnya adalah jenis pertulangan sejajar, yakni ada satu tulang daun berukuran besar yang

berada di tengah dan tulang daun kecil di sekitarnya yang tersusun secara sejajar. Ujung daun bambu berbentuk runcing, rata pada bagian tepi, berbentuk lanset, serta teksturnya mirip kertas. Permukaan daun bambu bagian atas berwarna hijau terang dan bagian bawahnya berwarna hijau lebih gelap dengan bulu-bulu kasar. (Hani Dwi Aryanti, 2019)

C.2 Kekuatan Tarik Bambu

Pengujian kekuatan tarik merupakan pengujian dengan teknik penarikan. Penarikan dilakukan dengan menjepit dua ujung pada bagian atas dan bawah bahan. Pengujian dilakukan menggunakan alat bernama UTM (Universal Testing Machine). Alat ini mampu menarik atau menekan benda dengan kekuatan tertentu. Kemudian diperoleh data dengan pembacaan pada *pressure meter* (penunjuk tekan). Kekuatan tarik (*Ultimate Tensile Strength*) merupakan sifat penting material. Kekuatan tarik bambu adalah suatu ukuran kekuatan bambu dalam hal kemampuannya untuk menahan gaya-gaya yang cenderung akan menyebabkan bambu itu terlepas satu sama lain (Pathurahman, 1998).

Morisco (1999) melakukan penelitian dengan membandingkan kuat tarik bambu ori dan bambu petung dengan baja struktur bertegangan leleh 2400 kg/cm² mewakili baja yang banyak terdapat di pasaran, dilaporkan kuat tarik kulit bambu ori mencapai 5000 kg/cm² dan kuat tarik bambu petung mencapai 3100 kg/cm². Hasil pengujian Morisco (1999) dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Tegangan Bambu dan Baja
(Morisco,1999)

Kekuatan tarik bambu dibedakan menjadi dua macam yaitu kekuatan tarik tegak lurus serat dan kekuatan tarik sejajar serat. Kekuatan tarik sejajar serat merupakan kekuatan tarik terbesar pada bambu. Kekuatan tarik tegak lurus mempunyai hubungan dengan ketahanan bambu terhadap pembelahan. Bagian ujung memiliki kekuatan terhadap gaya tarik 12% lebih rendah dibandingkan dengan bagian pangkal (I Gusti Lanang Bagus Eratodi, 2017). Kekuatan tarik bambu akan menurun dengan meningkatnya nilai 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. Sehingga bagian batang yang bernodia memiliki kekuatan tarik maksimum yang lebih rendah dari bagian batang yang tidak bernodia. (Janseen, 1980).

Pengujian kuat tarik tulangan baja dihitung berdasarkan SNI 8389:2017 menggunakan persamaan (1) berikut:

$$R_m = \frac{F_m}{S_o} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

R_m = Kekuatan Tarik (MPa)

F_m = Beban Maksimum (N)

S_o = Luas penampang awal bagian parallel (mm²)

C.3 Kadar Air Bambu

Kadar air bambu adalah faktor penentu penggunaannya sebagai elemen structural semua sifat mekanik dan fisiknya. Umur bambu juga tergantung pada kadar air, karena dapat menarik jamur dan serangga. Proses pembusukan lebih cepat pada bambu yang memiliki kandungan air lebih banyak. Bambu lebih rentan terhadap serangga dibandingkan dengan pohon dan rerumputan lainnya karena kandungan nutrisi yang tinggi. (Kibar, Ozturk, dan Esen, 2013).

Bambu bersifat higroskopis seperti halnya kayu, yakni kandungan air di dalam sel-selnya tergantung pada suhu dan kelembaban udara di sekitarnya. Bagian buku bambu mengandung kadar air lebih kecil dibandingkan bagian ruas. Pada bambu tua, kadar air pangkal batang lebih besar daripada bagian ujung dengan perbedaan sekitar 50% atau lebih. (Yap, 1967).

Bambu dengan kadar air 15% atau lebih rendah cenderung memiliki sifat mekanik yang baik dan kurang rentan terhadap serangan jamur. Dalam menentukan kekuatan bambu, 12% kadar air dalam kondisi kering-udara telah dianggap sebagai standar. Mengenai daya tahan, bervariasi sesuai dengan spesies dan rentang usia. Diperkirakan bahwa bambu yang tidak dirawat memiliki umur desain 10-15 tahun jika disimpan dengan benar, sedangkan bambu yang dirawat memiliki umur desain yang lebih lama. (Lee et al, 2018).

Menurut Liese (dalam Pathurahman, 1998), kandungan air dalam batang bambu bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang. Hal itu tergantung dari umur, waktu penebangan dan jenis bambu. Pada umur satu tahun, batang bambu mempunyai kadar air yang relative tinggi, yaitu kurang lebih 120 hingga 130% baik pada pangkal maupun ujungnya. Pada bagian ruas, kandungan air lebih rendah daripada bagian nodia.

Pengujian kadar air bambu adalah menentukan dengan menimbang kehilangan massa benda uji pada saat pengeringan hingga massa konstan. Perhitungan kehilangan massa sebagai persentase massa benda uji setelah pengeringan. Benda uji untuk penentuan kadar air bentuknya harus seperti prisma, lebarnya kira-kira 25 mm, tinggi 25 mm dan setebal tebal dinding. Bambu disimpan di bawah kondisi yang memastikan bahwa kelembaban konstan tetap tidak berubah. (ISO 22157:2019).

Prosedur pengujian kadar air berdasarkan ISO 22157:2019 yaitu benda uji harus ditimbang dengan timbangan ketelitian 0,01 g, dan

kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 103 ± 2 °C. Setelah 24 jam, massa harus dicatat. Perhitungan besarnya kadar air bambu menurut ISO 22157:2019 terdapat pada persamaan (2)

$$MC = \frac{m - m_o}{m_o} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

MC = Kadar air (%)

m = Berat sebelum di oven (gram)

m_o = Berat setelah di oven (gram)

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).

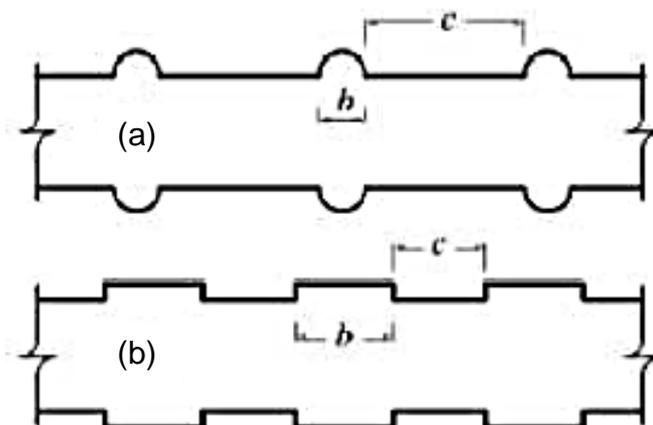
C.4 Kembang Susut Bambu

Sifat fisik bambu dari peneitian menunjukkan bahwa kekuatan lekatan tulangan bambu (petung) yang dilapisi cat dapat mencapai 1,0 MPa, sedangkan yang dilapisi aspal banyak terjadi slip (penggelinciran). Dalam satu batang bambu sifat mekaniknya berbeda-beda maka disarankan diambil bagian luar (kira-kira 30% tebal dari bambu bagian pangkal dan 50% tebal dari bambu bagian tengah atau ujung) sebagai bahan tulangan. Dari berbagai jenis bambu yang sudah diteliti kekuatannya, bambu petung terpilin memiliki kekuatan lekatan paling tinggi sekitar 1,1 MPa.

Kekuatan lekatan bambu apus, bambu ori, dan bambu wulung hampir sama yaitu 0,6 MPa. Jika dilihat keterkaitannya antara kekuatan lekatan dan kembang susut bambu, ternyata kembang susut bambu petung memiliki nilai lebih rendah dari jenis bambu lainnya. (Triwiyono, 2000)

C.5 Takikan Bambu

Pembuatan model uji tulangan bambu dilakukan dengan membuat takikan pada bagian sisi. Hal ini diharapkan akan meningkatkan kekuatan lekatan antara bambu dan beton seperti penggunaan tulangan baja ulir (*steel deformed bar*). Tulangan bambu bertakikan dapat mengurangi pengaruh penyusutan atau pengembangan karena kandungan air dengan adanya bagian saling mengunci antara permukaan tulangan bambu dan beton. (Azadeh, 2013). Gambar 5 menunjukkan bentuk takikan bambu.



Gambar 5. Bentuk tulangan baja dan bambu bertakikan

Untuk jenis-jenis takikan terdapat beberapa variasi. Pada penelitian ini, digunakan variasi model takikan seperti yang terlihat pada gambar 7 bagian (b).

D. Kekuatan Lekatan Tulangan Bambu pada Beton

Dalam struktur beton bertulang, kekuatan lekatan antara tulangan baja dan beton sama pentingnya dengan kekuatan tekan beton. Lekatan antara tulangan baja dan beton adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi perilaku dari beton bertulang pada saat terjadi retak. Lebar retak dan lendutan dipengaruhi oleh tegangan lekat yang terjadi pada tulangan dan juga slip yang terjadi. (P. Desnerk dkk, 2010). Salah satu dasar anggapan yang digunakan dalam perancangan dan analisis struktur beton bertulang ialah bahwa ikatan antara tulangan dan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi penggelinciran atau pergeseran. Berdasarkan atas anggapan tersebut dan juga sebagai akibat lebih lanjut, pada waktu komponen struktur beton bertulang bekerja menahan beban akibat timbul tegangan lekat yang berupa *shear interlock* pada permukaan singgung antara batang tulangan dengan beton. (Dipohusodo, 1999).

Banyak faktor yang mempengaruhi kekuatan lekat antara tulangan dan beton diantaranya tebal selimut beton, diameter nominal tulangan, panjang penyaluran, tulangan geser, kekuatan tekan beton, dan luasan relatif rib. (R. El-Hacha dkk, 2006).

Untuk memperoleh nilai tegangan lekat rata-rata, maka digunakan rumus pada persamaan (3):

$$\mu = \frac{T}{\pi \cdot D \cdot l_d} \dots\dots\dots (3)$$

(Sumber: Edward G. Nawy, Reinforced Concrete, 1998)

Dimana:

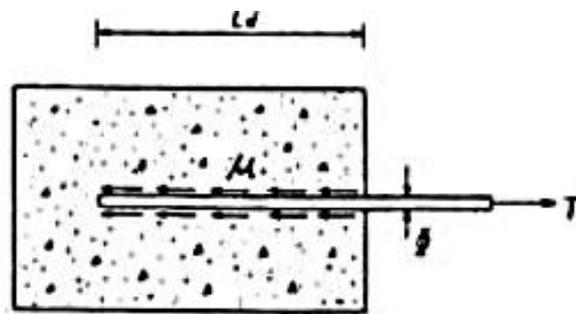
μ = tegangan lekat rata-rata (MPa)

T = Beban Maksimum (N)

D = Diameter Tulangan (mm)

l_d = panjang penyaluran (mm)

Gambar 6 menjelaskan mengenai gaya yang dapat ditahan oleh lekatan sepanjang panjang penjangkaran.



Gambar 6. Tegangan lekat penjangkaran tarik

Kekuatan struktur beton dengan bambu sebagai tulangan yang paling penting adalah lekatan atau interaksi antara tulangan bambu dan beton. Kelemahan utama penggunaan bambu sebagai tulangan adalah kuat lekat antara bambu dan beton yang rendah. Setelah pasta beton mengeras, bambu tidak dapat menyerap air sehingga mengalami penyusutan. Akibatnya timbul rongga udara disekeliling tulangan bambu yang akan berpengaruh terhadap daya lekat antara bambu dan beton (Suseno, 2001)

Kekuatan lekat tulangan baja dan beton SCC menunjukkan perilaku yang lebih baik, nilai kekuatan lekat lebih tinggi daripada beton konvensional (beton dengan pemadatan vibrator). Hal ini disebabkan

karena meningkatnya kelecakan dan daya alir beton segar sehingga beton dapat menyelimuti tulangan secara sempurna. (P. Desnerck dkk, 2010).

E. Pengujian *Pull-Out*

Proses yang mudah dalam pembuatan dan sederhana dalam pengujian maka *pull-out test* banyak dipakai oleh para peneliti untuk mengevaluasi lekatan tulangan dengan beton. Pada *pull-out test* tulangan ditartik dari beton sehingga beton di sekelilingnya mengalami tekan. Perilaku lekatan yang sebenarnya terjadi pada balok beton bertulang tidak seperti pada *pull-ou test*, tulangan dan beton di sekelilingnya keduanya mengalami tarik. (Elagroudy, 2003).

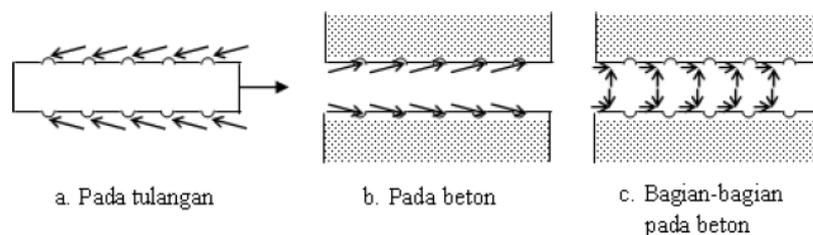
Menurut Nawy, 1998 kekuatan lekatan bergantung pada faktor-faktor diantaranya

1. Adhesi antara elemen beton dan tulangan baja
2. Efek *gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton disekeliling tulangan dan saling geser antara tulangan dengan beton disekitarnya.
3. Tahanan gesekan (friksi) terhadap gelincir dan saling mengunci pada saat tulangan mengalami tarik
4. Kualitas beton yaitu kekuatan tarik dan tekannya
5. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan yaitu dengan panjang penyaluran (*development length*), panjang lewatan (*splicing*), bengkokan tulangan (*hooks*) dan persilangan tulangan.

6. Diameter, bentuk, dan jarak tulangan karena semuanya mempengaruhi pertumbuhan retak.

Ada dua macam mekanisme kegagalan pada *pull out test*. Jenis kegagalan yang pertama adalah terbelahnya penutup beton dan jenis kegagalan yang kedua adalah tercabutnya tulangan. Ada beberapa parameter yang mengakibatkan kegagalan diantaranya adalah: jenis beban, besar beban, ketebalan penutup beton, diameter tulangan, kekangan terhadap tulangan, dan bentuk tulangan (Alavi-Fard dan Marzouk, 2004)

Gaya-gaya interaksi antara tulangan berprofil dan beton sekeliling dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini (Wang, 1993).



Gambar 7. gaya-gaya diantara tulangan dan beton

F. Tipe Keruntuhan

Nuryani TA, 2005 menyebutkan keruntuhan lekatan antara baja tulangan dan beton mungkin terjadi pada saat dilakukan pengujian biasanya ditunjukkan oleh salah satu atau lebih dari peristiwa di bawah ini:

1. *Transverse Failure* yaitu adanya retak pada beton arah *transversal*/melintang akibat tegangan tarik yang tidak dapat ditahan

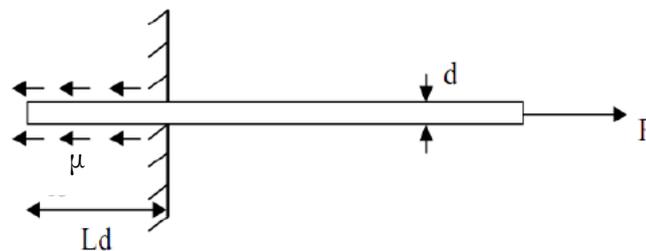
oleh selimut beton, keruntuhan ini akan menurunkan tegangan lekat antara baja tulangan dan beton.

2. *Spitting 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 lekat 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.

G. Panjang Penyaluran

Panjang Penyaluran dasar l_d merupakan suatu fungsi dari ukuran (dimensi) dan tegangan leleh tulangan yang sangat menentukan ketahanan tulangan untuk terjadi slip. Kekuatan lekatan beton (μ) adalah suatu fungsi dari kekuatan tekan beton. Sebuah baja tulangan harus diperpanjang sejauh l_d . Jarak l_d dibutuhkan untuk menyalurkan gaya tulangan kepada beton melalui lekatan.

Panjang penyaluran menentukan tahanan terhadap tergelincirnya tulangan. Dasar utama teori panjang penyaluran adalah dengan memperhitungkan suatu baja tulangan yang ditanam di dalam masa beton. Agar batang dapat menyalurkan gaya sepenuhnya melalui ikatan, harus tertanam di dalam beton hingga suatu kedalaman tertentu yang dinyatakan dengan panjang penyaluran. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 8. (Armeyn, 2012)



Gambar 8. Panjang Penyaluran

Jika tegangan lekat rata-rata diasumsikan terdistribusi secara merata sepanjang l_d maka panjang penyaluran dirumuskan menjadi persamaan (4).

$$l_d = \frac{d}{4\mu} f_y \dots\dots\dots (4)$$

(Sumber: R. Park and T. Paulay, 1974)

Dimana:

l_d = Panjang penyaluran (mm)

d = Diameter baja (mm)

μ = Tegangan lekat rata-rata (MPa)

f_y = Tegangan leleh (MPa)