

TUGAS AKHIR

**UJI *PULL OUT* BAMBU BULLUPERING TIPE V TIDAK
SEJAJAR TERHADAP BETON SCC**

***PULL OUT TEST OF BAMBOO BULLUPERING TYPE V NO-
PARALLEL TO CONCRETE SCC***

**FRANSISKUS XAVERIUS RIWU UNA
D011 18 1337**



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

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**UJI PULL-OUT BAMBU BULLUPERING TIPE V TIDAK SEJAJAR TERHADAP
BETON SCC**

Disusun dan diajukan oleh:

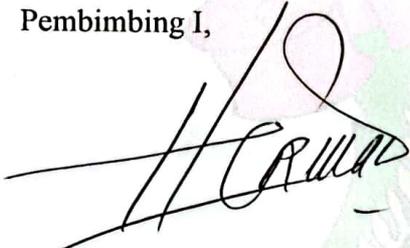
FRANSISKUS XAVERIUS RIWU UNA

D011 18 1337

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 Fransiskus Xaverius Riwu Una, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul " **UJI PULL OUT BAMBU BULLUPERING TIPE V TIDAK SEJAJAR 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,



Fransiskus Xaverius Riwu Una
NIM: D011 18 1337

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 “**UJI PULL OUT BAMBU BULLUPERING TIPE V TIDAK SEJAJAR TERHADAP BETON SCC**” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen 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. Ir. H. M. Wihardi Tjaronge S.T., 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. Ir. Andi Arwin Amiruddin, S.T., M.T.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini dan juga selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.
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 **Ayub Riwu** dan ibunda **Yuliana T. Tangkesalu** atas doa, kasih sayang, dan segala dukungan

dan kebaikan selama ini, baik spritual maupun material, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.

2. Kakak tercinta **Ika Yuanita, Ima Maria dan Inggrid Fransiska** atas doa, kasih sayang, segala dukungan dan kebaikan selama ini.
3. **Kak Fajar, Kak Herlina dan Kak Nasrun** selaku mahasiswa S2 dan rekan TA yang senantiasa yang memberi masukan, semangat dan doa dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Rekan-rekan seperjuangan di **Laboratorium Riset Gempa dan Rekayasa Struktur Asih, Eka, Ica, Malsi, Mega, Nadia, Sukma dan Yusril** yang senantiasa membantu selama proses penelitian serta memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. **KMKO SIPIL, Amos, Bara, Egi dan Yogi** selaku sahabat yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Teman-teman **KKN GELOMBANG 106 POSKO TORUT 1** yang telah menghibur, membantu dan memberikan dukungan serta pengalaman yang sangat berkesan selama berKKN hingga saat ini.
7. Saudara-saudari **TRANSISI 2019**, teman-teman Departemen Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin **Angkatan 2018** yang senantiasa memberikan warna yang 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 penulis 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, 18 November 2022

Fransiskus Xaverius Riwu Una

ABSTRAK

Beton bertulang dikenal mengambil peran yang penting dalam setiap konstruksi pembangunan dan bambu dapat menjadi salah satu inovasi dalam pembuatan beton bertulang. Bambu sendiri telah dikenal oleh masyarakat Indonesia sedari dulu sebagai salah satu tanaman yang digunakan dalam proses pembangunan rumah seperti perancah, reng, atap dan dinding. Bambu memiliki sifat-sifat yang baik untuk dimanfaatkan sebagai pengganti tulangan dikarenakan batangnya yang kekuatan, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk, beratnya yang relative ringan dan mudah diangkut.

Dengan berbagai sifat yang baik pada bambu tersebut tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh takikan tipe V tidak sejajar pada Bambu Bullupering terhadap nilai tegangan lekat bambu beton SCC dan hubungan nilai tegangan lekat terhadap panjang penyaluran.

Pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Metode yang digunakan dalam penenelitian ini adalah metode secara eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Terdapat 12 jenis sampel yang dibedakan berdasarkan jenis takikan dan mutu beton yang digunakan yang terdiri dari 3 sampel takikan sejajar beton normal, 3 sampel takikan tidak sejajar, 3 sampel takikan sejajar beton SCC dan 3 sampel takikan tidak sejajar beton SCC. Bentuk benda uji yaitu silinder 150 mm x 300 mm dengan tulangan bambu takikan sejajar dan takikan tidak sejajar.

Nilai tegangan lekat yang didapatkan pada takikan tidak sejajar, tidak lebih besar jika dibandingkan pada takikan sejajar baik itu untuk beton normal maupun beton SCC dengan nilai tegangan lekat takikan tidak sejajar beton normal 0,47 MPa, tegangan lekat takikan sejajar beton normal 0,53 MPa, tegangan lekat takikan tidak sejajar beton SCC 0,52 MPa dan tegangan lekat takikan sejajar beton SCC 0,63 MPa. Dengan hubungan antara tegangan lekat dan panjang penyaluran yang berbanding terbalik semakin besar tegangan lekat maka panjang penyaluran yang dihasilkan semakin kecil begitu pula sebaliknya.

Kata kunci : Beton SCC, Bambu, Takikan Bambu Tipe V

ABSTRACT

Bamboo may be one of the inventions used in the production of reinforced concrete, which is recognized to play a significant role in all construction projects. The Indonesian people have long recognized that bamboo is one of the plants used to construct homes, including scaffolding, battens, roofs, and walls. Bamboo's stems are robust, ductile, straight, flat, hard, easy to split, easy to shape, relatively light weight, and convenient to transport, making them a viable substitute for reinforcement.

This study sought to ascertain the impact of the non-parallel V-type notch on Bullupering Bamboo on the bonding stress value of SCC bamboo concrete as well as the link between the adhesive stress value and the distribution length. Bamboo has a number of beneficial features.

At the Structure and Materials Laboratory, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, test items are made and put through their paces. This study used an experimental approach that was carried out in a lab setting. Twelve different types of samples—three each of parallel and non-parallel notches, parallel and non-parallel notches of SCC concrete, and parallel and non-parallel notches of SCC concrete—are separated based on the type of notch and the quality of the concrete used. The test object has a cylinder shape that measures 150 mm by 300 mm and is reinforced with bamboo that has both parallel and non-parallel notches.

For both normal and SCC concrete, the adhesive stress obtained for the non-parallel notches is not higher than that of the parallel notch, measuring 0.47 MPa for the non-parallel notch and 0.53 MPa for the parallel notch in normal concrete. For SCC concrete, the non-parallel notch bonding stress is 0.52 MPa, and the parallel notch adhesion stress is 0.63 MPa. Because of the inversely proportionate link between adhesive stress and distribution length, the latter decreases as adhesive stress increases and vice versa.

Keywords : SCC Concrete, Bamboo, Bamboo Notch Type V

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Penelitian Terdahulu	7
B. Karakteristik Bambu	13
C. Takikan Pada Bambu	16
D. Material Penyusun Beton	17
E. Beton Segar	24
F. Kekuatan Tekan Beton.....	28
G. <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC).....	30
H. Perawatan Benda Uji.....	33
I. sTegangan Lekat.....	34
J. Panjang Penyaluran	37

BAB 3. METODE PENELITIAN.....	39
A. Bagan Progres Penelitian.....	39
B. Waktu Dan Lokasi Penelitian.....	40
C. Alat Dan Bahan Yang Digunakan.....	41
D. Karakteristik Material.....	44
E. Pembuatan Benda Uji.....	45
F. Perawatan (<i>curing</i>) Benda Uji.....	49
G. Pengujian Benda Uji.....	50
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
A. Karakteristik Agregat.....	52
B. Hasil Pengujian.....	54
C. Hubungan Beban Terhadap Perpindahan.....	62
D. Tegangan Lekat Bambu.....	66
E. Panjang Penyaluran.....	69
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	73
A. Kesimpulan.....	73
B. Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA.....	75
LAMPIRAN.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pengujian Kekuatan Tarik Bambu	15
Gambar 2 Jenis-jenis takikan	17
Gambar 3 Detail Takikan tipe V.....	17
Gambar 4 Pengujian <i>Pull out</i>	35
Gambar 5 Tegangan lekat antara bambu dan beton.....	36
Gambar 6 Panjang penyaluran tulangan.....	37
Gambar 7 Bagan Progres Penelitian.....	40
Gambar 8 Lokasi Pengujian	41
Gambar 9 Bahan-Bahan Penelitian.....	43
Gambar 10 Bambu Bullupering	43
Gambar 11 Bambu Takikan Seajar	46
Gambar 12 Bambu Takikan Tidak Seajar.....	47
Gambar 13 Proses Pencampuran Material	48
Gambar 14 Proses Penuangan Adukan Beton Ke Dalam Cetakan.....	49
Gambar 15 Perawatan Benda Uji.....	50
Gambar 16 <i>Set Up</i> UTM untuk pengujian <i>Pull out</i>	51
Gambar 17 Grafik Gabungan Agregat Halus dan Gregat Kasar	53
Gambar 18 Sampel Pengujian Kadar Air Bambu	54
Gambar 19 Bagian-Bagian Bambu.....	55
Gambar 20 Perbandingan Kadar Air Bambu.....	55
Gambar 21 Pengujian Kekuatan Tarik Bambu	57
Gambar 22 Pengujian Kekuatan Tekan Beton	59
Gambar 23 Grafik Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Normal dan SCC	60
Gambar 24 Pengujian Kekuatan Lentur Beton	61
Gambar 25 Grafik Rata-Rata Hubungan Beban Terhadap Perpindahan Beton Normal.....	63

Gambar 26 Grafik Hubungan Beban Terhadap Perpindahan Beton SCC	64
Gambar 27 Grafik Gabungan Rata-Rata Hubungan Beban Terhadap Perpindahan (LVDT).....	65
Gambar 28 Pengujian <i>Pull Out</i> Sampel.....	66
Gambar 29 Perbandingan Rata-Rata Tegangan Lekat Bambu Takikan Tipe V Dan Bambu Polos.....	68
Gambar 30 Perbandingan Panjang Penyaluran Minimum Takikan Sejajar dan Tidak Sejajar Pada Beton Normal dan Beton SCC	70
Gambar 31 Perbandingan Panjang Penyaluran Minimum Takikan Tidak Sejajar Beton Normal dan Beton SCC	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Unsur Semen Portland	19
Tabel 2 Pengaruh Sifat Agregat Pada Sifat Beton.....	20
Tabel 3 Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus	44
Tabel 4 Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar	45
Tabel 5 Pemeriksaan Karakteristik Bambu.....	45
Tabel 6 Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus	52
Tabel 7 Rekapitulasi Pengujian Agregat Kasar	53
Nilai kadar air kadar air tiap bagian dari bambu dapat dilihat pada table 8.	
Tabel 8 Nilai Kadar Air Bambu	54
Tabel 9 Nilai Kekuatan Tarik Bambu	57
Tabel 10 Kekuatan Tekan Beton Normal Umur 7 Hari dan 28 Hari.....	59
Tabel 11 Kekuatan Tekan Beton SCC Umur 7 Hari dan 28 Hari.....	60
Tabel 12 Data Hasil Pengujian Kekuatan Lentur.....	62
Tabel 13 Tegangan Lekat Beton Normal Takikan Sejajar dan Takikan Tidak Sejajar.....	67
Tabel 14 Tegangan Lekat Beton SCC Takikan Sejajar dan Takikan Tidak Sejajar.....	67
Tabel 15 Presentase Perbedaan Beban Pada Ketiga Jenis Bambu.....	68
Tabel 16 Panjang Penyaluran Minimum Bambu Takikan Sejajar	69
Tabel 17 Panjang Penyaluran Minimum Bambu Takikan Tidak Sejajar ..	70

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada era pembangunan infrastruktur yang modern saat ini, konstruksi memiliki peran yang sangat penting dalam kemajuan pengembangan suatu bangsa. Beton bertulang mengambil suatu peran penting dalam setiap pembangunan konstruksi dengan penggunaannya yang semakin banyak dijumpai pada berbagai bidang konstruksi saat ini.

Struktur beton dapat didefinisikan sebagai bangunan beton yang terletak di atas tanah yang menggunakan tulangan atau tidak menggunakan tulangan. Beton merupakan salah satu material yang banyak dipilih dalam bidang konstruksi karena memiliki banyak keunggulan, mulai dari sisi kekuatan yang kuat dan awet, dapat dengan mudah dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi, pemeliharaan yang memakan biaya yang kecil, serta tahan terhadap temperature yang tinggi. Beton dikenal kuat terhadap gaya tekan tetapi lemah terhadap gaya tarik agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, sehingga perlu diperkuat kekuatan tariknya dengan material baja tulangan yang membentuk satu kesatuan material yang sering disebut beton bertulang.

Menurut Mahmood dan Hashmi (2014) penggunaan material dari sumber daya alam untuk kebutuhan industri beton setelah tahun 2010 mencapai 8-10 juta ton pertahun. Besarnya kebutuhan tersebut mendorong industry konstruksi untuk melakukan pengembangan yang berkelanjutan

dengan menggunakan material non-konvensional, inovasi material, penggunaan kembali material dan daur ulang material buangan serta sebagai beberapa cara yang ditempuh untuk mengatasi kelangkaan sumber daya alam dan menemukan beberapa cara untuk menyelamatkan lingkungan.

Salah satu inovasi dalam hal material dapat dilakukan dengan memanfaatkan bambu sebagai pengganti tulangan pada beton bertulang. Bambu telah dikenal oleh masyarakat Indonesia sedari dulu sebagai salah satu tanaman yang digunakan dalam proses pembangunan rumah seperti perancah, reng, atap dan dinding. Selain itu bambu merupakan hasil sumber daya alam yang mudah ditanam, harga yang relative murah, pertumbuhannya yang cepat, dan dapat diperbaharui.

Bambu dikenal memiliki sifat-sifat yang baik untuk dimanfaatkan sebagai pengganti tulangan dikarenakan batangnya yang kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk, beratnya yang relative ringan dan mudah diangkut. Bambu juga memiliki kekuatan tarik yang jauh lebih tinggi dari pada kayu, bahkan diketahui kekuatan tarik kulit bambu petung setara dengan kekuatan tarik baja mutu sedang yang biasa digunakan oleh masyarakat sebagai tulangan beton.

Dari uraian yang telah dikemukakan diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul:

**“UJI *PULL OUT* BAMBU BULLUPERING TIPE V TIDAK SEJAJAR
TERHADAP BETON SCC”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Bagaimana pengaruh takikan tipe V tidak sejajar pada Bambu Bullupering terhadap nilai tegangan lekat bambu beton SCC?
2. Bagaimana hubungan nilai tegangan lekat pada Bambu Bullupering terhadap nilai panjang penyaluran?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Untuk menganalisis pengaruh takikan tipe V tidak sejajar pada Bambu Bullupering terhadap nilai tegangan lekat bambu beton SCC.
2. Untuk menganalisis hubungan nilai tegangan lekat pada Bambu Bullupering terhadap nilai panjang penyaluran.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai tegangan lekat bambu Bullupering dengan model takikan tipe V sejajar dan tidak sejajar terhadap beton SCC.

E. Batasan Masalah

Untuk mencapai maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini serta menguraikan pokok bahasan diatas ditetapkan batasan-batasan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bambu yang digunakan merupakan Bambu Bullupering yang merupakan bambu khas Sulawesi Selatan khususnya di daerah Gowa.
2. Bambu diberikan bentuk takikan berbentuk V dengan posisi takikan sejajar dan tidak sejajar.
3. Cetakan benda uji berupa silinder berukuran 150 x 300 mm
4. Jumlah sampel sebanyak 12 buah yang terdiri dari 3 buah beton SCC takikan sejajar, 3 buah beton SCC takikan tidak sejajar, 3 buah beton Normal takikan sejajar dan 3 buah beton Normal takikan tidak sejajar.
5. Digunakan beton SCC dan beton normal sebagai pembandingnya.
6. Semen yang digunakan adalah salah satu semen campuran (*blended cement*), yaitu *Portland Composite Cement* (PCC)
7. Dilakukan pengujian kekuatan tarik untuk menentukan bagian bambu mana yang memiliki nilai kekuatan tarik lebih optimum.
8. Pengujian *Pull out* dilaksanakan pada umur 28 hari.
9. Perawatan benda uji dengan *curing* udara.

10. Pengujian dilakukan di Laboratorium yang sesuai dengan standar resmi (ASTM dan SNI) sehingga akan didapatkan hasil pengujian-pengujian yang diharapkan.

F. Sistematika Penulisan

Agar lebih terarah penulisan tugas akhir, sistematika penulisan yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan dapat diurutkan yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini, pokok-pokok bahasan dalam bab ini adalah latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori penting yang memiliki keterkaitan dengan topik permasalahan dan dijadikan sebagai landasan atau acuan dalam melakukan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini yang dituangkan dalam bentuk flowchart penelitian, lokasi dan waktu penelitian, data penelitian berupa jenis dan sumber data serta analisis yang digunakan dalam mengolah data yang didapatkan dari lapangan maupun dari laboratorium.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, disusun hasil-hasil pengujian diantaranya adalah hasil pemeriksaan karakteristik agregat, pengujian penyerapan air, dan hasil Analisa pengujian *Pull out* dengan benda uji silinder berukuran 150 mm x 300 mm.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab yang menyimpulkan hasil dari analisis penelitian dan memberikan saran-saran dan rekomendasi penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Budi Santoso (2014), Tulangan baja adalah bahan bangunan yang tidak dapat diperbaharui. Bahan dasar pembuatan baja (biji besi) juga semakin terbatas dan tidak mungkin ditingkatkan produksinya. Bambu dipilih sebagai alternatif pengganti karena merupakan hasil alam yang murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek global warming serta memiliki kekuatan tarik sangat tinggi yang dapat dipersaingkan dengan baja. Salah satu hal yang terpenting dalam beton bertulang adalah adanya kelekatan antara tulangan yang digunakan dengan beton sehingga beton tidak mengalami selip. Tulangan bambu bertakikan dapat mengurangi pengaruh penyusutan atau pengembangan karena kandungan air dengan adanya bagian saling mengunci antara permukaan tulangan dan beton. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Mesin dan Struktur Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini beton silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Tulangan bambu yang digunakan adalah bambu ori takikan V dengan dimensi lebar 20 mm dan tebal 5,2 mm. Sebagai pembanding tulangan baja polos dengan diameter 8 mm. Tulangan ditanam pada pusat beton silinder sedalam 150 mm. Dari hasil pengujian diperoleh nilai kekuatan lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu ori

bernoda jarak 30 mm adalah 0,1092 MPa dan bambu ori bernoda jarak 20 mm adalah 0,1254 MPa. Nilai kekuatan lekat rerata beton dengan tulangan bambu ori tanpa nodia jarak 30 mm adalah 0,0412 MPa dan bambu ori tanpa nodia jarak 20 mm adalah 0,0571 MPa. Nilai kekuatan lekat tulangan baja polos diameter 8 mm adalah 0,2782 MPa. Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan nilai kekuatan lekat rerata beton dengan tulangan bambu ori 3,3427 kali dari nilai kekuatan lekat tulangan baja polos diameter 8 mm.

Bedri Fahrul Churniawan (2014), Penggunaan baja tulangan sebagai bahan yang dipadukan dengan beton sudah dilakukan sejak lama, hal ini disebabkan karena masing-masing material dapat saling melengkapi yaitu beton sebagai bahan yang lemah terhadap gaya tarik dapat diatasi dengan adanya baja tulangan yang kekuatan terhadap gaya tarik begitu pula sebaliknya, sehingga beton bertulang banyak digunakan sebagai bahan bangunan sampai saat ini. Akan tetapi permasalahannya adalah baja tulangan merupakan bahan hasil tambang yang tidak dapat diperbaharui sehingga semakin lama akan semakin habis. Sebagai alternatif dicoba menggunakan tulangan yang murah, mudah didapat dan dapat diperbaharui serta bermutu tinggi yaitu tulangan dari bahan bambu. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan benda uji yang digunakan adalah silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Penelitian ini menggunakan 4 macam variasi untuk penulangan bambu, Tulangan bambu petung takikan sejajar dengan jarak 40 mm dan

50 mm, dan tulangan bambu petung takikan tidak sejajar dengan jarak takikan 40 mm dan 50 mm. Masing-masing benda uji 3 buah dengan takikan tipe V, lebar takikan 8 mm dan kedalaman takikan 5 mm. Dimensi tulangan bambu panjang 700 mm, lebar 20 mm dan tebal 5,2 mm. Sebagai pembanding menggunakan tulangan baja diameter 8 mm dengan panjang 700 mm dan benda uji 3 buah. Mutu beton direncanakan dengan $f'c = 17,5$ MPa. Uji lekat dilakukan pada umur beton 28 hari dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM).

Kristian Adicandra (2014), Penelitian kekuatan lekat tulangan bambu Wulung bertakikan tipe "V" sejajar dan tidak sejajar dengan jarak takikan 60 mm dan 70 mm pada beton normal bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan lekat tulangan bambu sebagai bahan alternatif pengganti tulangan baja pada beton normal. Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium. Benda uji berupa silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Di bagian tengah benda uji ditanam tulangan dengan panjang penanaman 15 cm. Tulangan berupa baja dan bambu Wulung. Tulangan bambu yang digunakan ada 4 variasi, yaitu bambu Wulung bertakikan sejajar tipe "V" dengan jarak takikan 60 mm, 70 mm dan bambu Wulung bertakikan tidak sejajar tipe "V" dengan jarak takikan 60 mm, 70 mm. Kemudian dibandingkan hasilnya dengan tulangan baja polos diameter 8 mm. Dari hasil pengujian, diperoleh nilai kekuatan lekat rata-rata tulangan baja polos adalah 0,259 MPa. Kekuatan lekat rata-rata tulangan

bambu Wulung bertakikan sejajar dengan jarak 60 mm dan 70 mm berturut-turut adalah 0,01085 MPa dan 0,00687 MPa. Kekuatan lekat rata-rata tulangan bambu Wulung bertakikan tidak sejajar dengan jarak takikan 60 mm dan 70 mm berturut-turut adalah 0,0053 MPa dan 0,0158 MPa. Perbandingan nilai kekuatan lekat rata-rata tulangan bambu Wulung bertakikan sebesar 1/27 terhadap tulangan baja polos.

Mustamir Saifuddin (2014), Kajian kekuatan lekat tulangan bambu petung takikan tipe V dengan jarak takikan 2 cm dan 3 cm pada beton normal. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan total benda uji 15 buah. Benda uji yang digunakan adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebagai tulangan menggunakan tulangan bambu petung tanpa nodia dengan jarak takikan 2 cm dan 3 cm. Bambu petung bernodia dengan jarak takikan 2 cm dan 3 cm. Masing-masing benda uji 3 buah dengan takikan tipe V, lebar takikan 0,8 cm dan kedalaman takikan 0,5 cm. Dimensi tulangan bambu panjang 70 cm, lebar 2 cm dan tebal 0,52 cm. Sebagai pembanding menggunakan tulangan baja diameter 0,8 cm dengan panjang 70 cm dan benda uji 3 buah. Mutu beton direncanakan dengan $f'c = 17,5$ MPa. Uji lekat ini dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)*.

Purnawan Gunawan (2014), Dalam pembangunan rumah tinggal, terdapat beberapa masalah yang sering dihadapi beberapa di antaranya yaitu, harga bahan bangunan yang relative mahal dan selalu mengalami

kenaikan dari waktu ke waktu, diperlukan adanya alternative bahan yang murah, mudah didapatkan, namun memiliki kekuatan yang tinggi. Permasalahan harga bangunan yang relative mahal dan tingginya tingkat polusi pemakaian bahan bangunan dapat diatasi salah satunya dengan penggunaan bahan alam yaitu bamboo. Salah satu persyaratan dalam struktur beton bertulang adalah adanya lekatan antara tulangan dengan beton sehingga apabila pada struktur beton tersebut diberikan beban tidak akan terjadi selip antara tulangan dan beton, asalkan tersedia panjang penyaluran yang cukup. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan data kekuatan lekat tulangan bamboo bertakikan pada beton normal untuk jenis bamboo ori. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan benda uji yang digunakan adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Penelitian ini menggunakan 4 macam variasi untuk penulangan bambu, Tulangan bambu petung takikan sejajar dengan jarak 4 cm dan 5 cm, dan tulangan bambu petung takikan tidak sejajar dengan jarak takikan 4 cm dan 5cm. Masing-masing benda uji 3 buah dengan takikan tipe V, lebar takikan 0,8 cm dan kedalaman takikan 0,5 cm. Dimensi tulangan bambu panjang 70 cm, lebar 2 cm dan tebal 0,52 cm. Sebagai pembanding menggunakan tulangan baja diameter 0,8 cm dengan panjang 70 cm dan benda uji 3 buah. Mutu beton direncanakan dengan $f'c = 17,5$ MPa. Uji lekat dilakukan pada umur beton 28 hari dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM).

Ria Fahrina (2014), Pemakaian beton semakin banyak dijumpai untuk berbagai macam konstruksi bangunan. Dalam perkembangan bidang perekayasaan material, saat ini terus diupayakan penelitian dan inovasi material termasuk material untuk bangunan atau komponen struktur. Harga tulangan baja semakin mahal karena ketersediaan bahan dasarnya semakin terbatas. Penggunaan bambu sebagai material konstruksi selama ini masih bersifat sekunder seperti perancah, reng, atap, dinding. Kenyataan ini lebih disebabkan minimnya pengetahuan masyarakat mengenai sifat-sifat mekanik dan fisik struktur 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. Dilakukan pengujian fisik bambu dan beton seperti kadar air bambu, kekuatan tarik bambu sejajar serat, kekuatan tekan beton, kekuatan lekat bambu terhadap beton dan kekuatan lentur balok beton bertulangan bambu dengan umur masing-masing beton 28 hari. Setelah dilakukan pengujian kekuatan lentur, kemudian dibandingkan nilai kekuatan lentur balok bertulang secara teori dengan eksperimen. 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.

B. Karakteristik Bambu

Bambu tumbuh secara alami dan berumpun di kawasan hutan Indonesia, tak terkecuali di daerah Gowa, Sulawesi Selatan. Manfaat bambu bagi masyarakat antara lain :sebagai bahan konstruksi ringan, sebagai bahan mebel dan kerajinan, sebagai papan komposit (papan lamina, papan partikel dan papan serat), sebagai bahan baku pembuatan kertas dan lain-lain.

Bambu merupakan tanaman yang tergolong dalam *family Poaceae* (rumput-rumputan) atau yang disebut juga *Giant Grass* (rumput raksasa). Tanaman bambu terdiri dari sejumlah batang (buluh) yang tumbuh secara bertahap mulai dari rebung, batang muda dan dewasa saat berumur 3-4 tahun. Batang bambu berbentuk silinder, berbuku-buku/beruas-ruas, berongga, berdinding keras dan pada setiap buku terdapat mata tunas atau cabang (Andoko, 2003). Keunggulan bambu dibandingkan dengan kayu yaitu dapat tumbuh lebih cepat sehingga bisa dipanen dalam waktu singkat, tahan terhadap kekuatan beban yang tinggi, serta mampu mengurangi polusi lingkungan karena menyerap nitrogen dan karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah yang tinggi.

B.1. Kadar Air Bambu

Kadar air bambu merupakan indikator banyaknya air dalam sepotong bambu yang dinyatakan sebagai persentase dari berat kering tanurnya. Kadar air bambu bervariasi dalam suatu batang dipengaruhi oleh umur,

musim pemanenan bambu dan jenis bambu. Kadar air pada ujung bambu lebih rendah jika dibandingkan dengan pangkal bambu dikarenakan pada bagian pangkal proporsi parenkim tinggi dan kerapatan serat rendah sehingga penyerapan air tinggi.

Kadar air bambu ditentukan oleh berat air yang terkandung dalam batang bambu. Dalam penggunaan bambu, kadar air yang terdapat pada batang bambu bekisar kurang dari 20%. (ISO 22157-2019).

Rumus untuk mengetahui kadar air bambu (Rochadi 1996) dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 1.

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

W = Kadar air (%)

W1 = Berat spesimen awal bambu (gram)

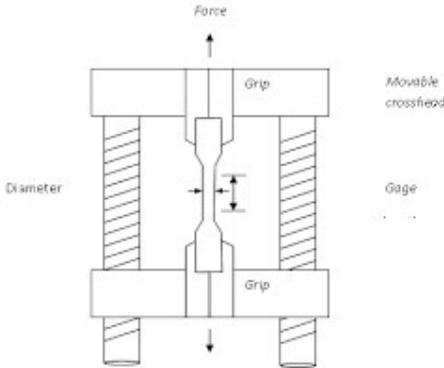
W2 = Berat spesimen akhir bambu (gram)

B.2. Kekuatan Tarik Bambu

Kekuatan tarik adalah salah satu komponen struktur yang berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam (beban aksial) berupa tarik. Kekuatan tarik bambu yaitu suatu ukuran kekuatan bambu dalam hal kemampuannya untuk menahan gaya-gaya yang cenderung menyebabkan bambu itu terlepas satu sama lain. Dengan kata lain kekuatan tarik bambu merupakan

kekuatan dari bambu tersebut didalam menerima gaya tarik sampai bambu tersebut putus.

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. Untuk pengujian kekuatan tarik bambu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pengujian Kekuatan Tarik Bambu

Dalam perhitungan nilai kekuatan tarik bambu yang mengacu pada ASTM D3039 dapat dilihat pada rumus persamaan 3.

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

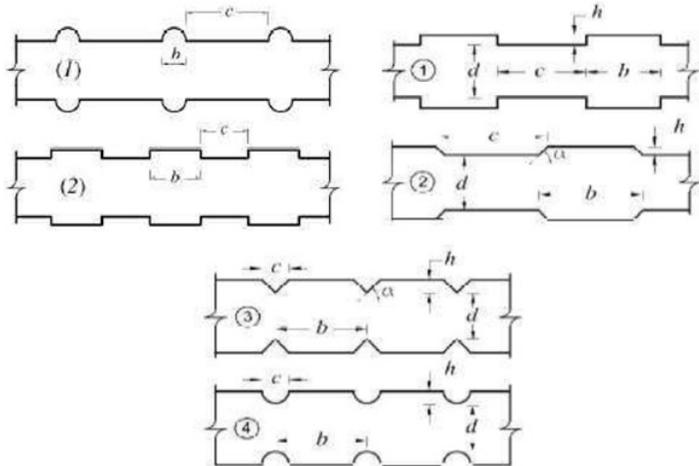
- σ = Kekuatan tarik sejajar serat (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas penampang (mm²)

C. Takikan Pada Bambu

Ikatan efektif antara beton dan tulangan sangat diperlukan secara mutlak, kuat ikatan antara beton dan tulangan, paling baik ditentukan sebagai tegangan yang ada dimana terjadi pergelinciran yang sangat kecil. Ikatan awal ditahan oleh adhesi (daya perlekatan dua buah benda yang berlainan) dan daya tahan terhadap geseran. Tetapi segera setelah pergelinciran dimulai, maka adhesi hilang dan ikatan yang berikutnya ditahan oleh ketahanan terhadap geseran dan secara mekanik (Murdock, 1991).

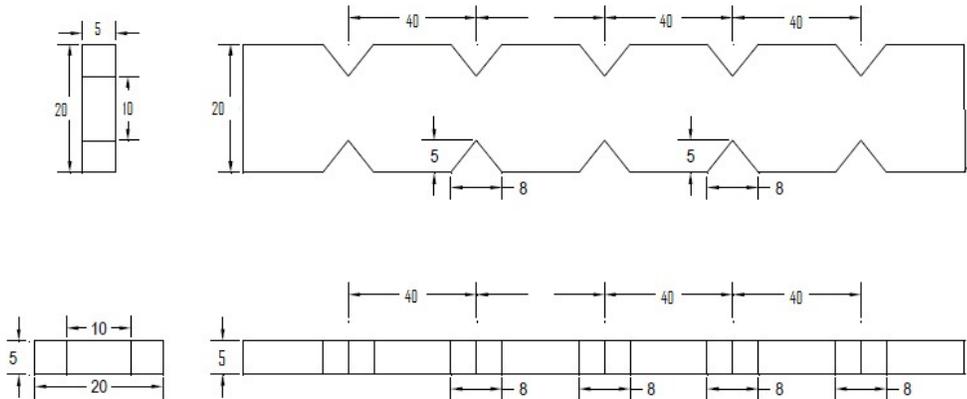
Bambu yang memiliki permukaan yang polos dapat mengakibatkan terjadi pergelinciran antara bambu dan beton. Penggunaan takikan pada tulangan bambu dapat meningkatkan kuat lekat antara bambu dan beton. Takikan dapat mengunci beton yang berada di sekeliling tulangan sehingga mengurangi pergelinciran. Pemberian takikan pada bambu memiliki fungsi yang sama dengan ulir pada tulangan baja.

Untuk jenis-jenis takikan terdapat beberapa jenis takikan seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Jenis-jenis takikan

Untuk detail takikan tipe V yang akan digunakan dapat diperhatikan pada gambar 3.



Gambar 3 Detail Takikan tipe V

D. Material Penyusun Beton

Beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai

pengikat serta kadang-kadang ditambahkan *additive* [Adi P, 2013]. Semen dan air berinteraksi secara kimiawi untuk mengikat partikel-partikel agregat menjadi suatu massa yang padat. Tambahan air yang dibutuhkan untuk reaksi kimia ini, diperlukan untuk memberikan campuran tersebut sifat mudah diolah yang memungkinkannya untuk mengisi cetakan-cetakan dan membungkus baja penguat sebelum mengeras.

Penggunaan beton saat ini tidak hanya pada ruang lingkup struktur saja, akan tetapi bisa juga digunakan untuk non struktur. Banyak komponen non struktur bangunan yang terbuat dari beton misalnya, dinding, kolom praktis, perabot rumah, maupun berbagai macam hiasan. Berikut merupakan material penyusun beton :

D.1. Semen Portland Komposit

Semen Portland Berdasarkan SNI nomor 15-2049-2004, semen Portland adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (Clinker) portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat hidrolisis dan digiling bersama sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Fungsi utama semen adalah mengikat butiran-butiran agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga udara diantara butiran-butiran agregat.

Menurut Kardiyono Tjokrodimulyo (1996) unsur penyusun semen Portland dapat dilihat pada Table 1.

Tabel 1 Unsur Semen Portland

Oksidasi	%
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumunia (Al ₂ O ₃)	3-8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO ₃)	1-2
Soda Potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5-1

Menurut SNI 15-2049-2004 semen Portland dibedakan menjadi 5 tipe seperti diuraikan di bawah ini :

1. Jenis I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
2. Jenis II, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat

Semen Portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: konstruksi beton umum, pasangan batu dan batu bata, plesteran dan acian, selokan, jalan, pagar dinding, pembuatan elemen khusus seperti beton pracetak, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

D.2. Agregat

Agregat merupakan material alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan campuran beton. Kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton dengan agregat yang baik beton dapat dikerjakan (*workable*), kekuatan, tahan lama dan ekonomis. Pengaruh sifat agregat pada sifat beton dapat dilihat pada Table 2.

Tabel 2 Pengaruh Sifat Agregat Pada Sifat Beton

Sifat Agregat	Pengaruh pada	Sifat Bahan
Bentuk, tekstur, gradasi	Beton cair	Kelecekan, pengikatan, dan pengerasan
Sifat fisik, sifat kimia, mineral	Beton keras	Kekuatan, ketahanan (<i>durability</i>)

Sumber : Antoni dan Nugraha P (2007)

Berdasarkan sumber diperolehnya, agregat digolongkan menjadi 2 macam yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam merupakan agregat yang bentuknya alami, terbentuk berdasarkan aliran air sungai dan degradasi. Agregat yang terbentuk dari aliran air sungai berbentuk bulat dan

licin, sedangkan agregat yang terbentuk dari proses degradasi berbentuk kubus (bersudut) dan permukaanya kasar. Agregat buatan merupakan agregat yang berasal dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu.

Menurut Silvia Sukirman (2003), agregat merupakan buti-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil (fragmen-fragmen) yang berfungsi sebagai bahan campuran atau pengisi dari suatu beton.

Berdasarkan ukurannya agregat dapat dibedakan menjadi agregat kasar dan agregat halus. Batasan agregat kasar dan agregat halus berbeda antar disiplin ilmu yang satu dengan yang lain. Meskipun demikian dapat diberikan Batasan ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4,80 mm (*British Standard*) atau 4,75 mm (Standar ASTM). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm).

D.2.1. Agregat Halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batuyang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, serta tidak mengandung zat-zat organik

yang dapat merusak beton. Kegunaannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar.

Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI-03-6821-2002 adalah sebagai berikut :

- Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras
- Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur karena faktor cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpurnya melebihi 5% maka pasir harus di cuci.

D.2.2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang butirannya lebih besar dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya dapat tertahan diayakan 4,75 mm. agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual atau mesin.

Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras, permukaan yang kasar. agregat harus memenuhi syarat kebersihan yaitu, tidak mengandung lumpur lebih dari 1%, dan tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton.

D.3. Air

Air berperan vital dalam pembuatan beton ringan karena kegunaannya dapat menyebabkan campuran bersifat plastis. Air berfungsi sebagai bahan pengikat (bahan penghidrasi semen) dan bahan pelumas antara butir - butir agregat supaya mempermudah proses pencampuran agregat dengan semen serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (*workability*).

Air yang baik adalah air yang terhindar dari asam dan limbah. Air minum atau PDAM yang terdapat di kota bebas dari bahan kimia yang dapat merusak beton ringan. Namun tidak semua air minum dapat dipakai pada campuran beton ringan Air yang baik harus dipilih agar tidak mengandung kotoran-kotoran atau bahan kimia agar tidak mempengaruhi kualitas dari beton ringan.

D.4. Superplastiziser

Superplasticizer adalah bahan tambah (*admixture*). Bahan tambah , additive dan admixture adalah bahan selain semen agregat dan air yang ditambahkan dalam adukan beton, sebelum atau selama pengadukan beton untuk mengubah sifat beton sesuai dengan keinginan perencanaan. Tujuan dari penambahan tersebut pada pencampuran beton untuk meningkatkan kinerja beton seperti kekuatan, keawetan, kemudahan pekerjaan, dan kinerja lainnya dalam memenuhi teknologi konstruksi modern. Pada penelitian bermaksud dengan menggunakan

superplasticizer dapat mengurangi penggunaan air namun tetap mendapatkan *workability* beton yang diinginkan.

Superplasticizer merupakan jenis bahan tambah baru yang dapat disebut sebagai “bahan tambah kimia pengurang air”, yang terdiri atas beberapa jenis, yaitu (Nugraha P):

1. Kondensasi *Sulphonate Melamine Formaldehyde Condensates* (SMFC).
2. *Sulphonate Naphthalena Formaldehyde Condensates* (SNFC)
3. *Polycarboxylate Ethers* (PCE)

Ketiga jenis bahan tambah ini terbuat dari sulfonat organik dan disebut *superplasticizer* karena bahan ini dapat mengurangi air pada campuran beton.

E. Beton Segar

Beton segar merupakan beton yang masih cair setelah pengecoran berakhir. Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat penting yang harus selalu diperhatikan adalah *workability* (kemudahan pengerjaan), *segregasi* (pemisahan kerikil) dan *bleeding* (naiknya air) (Mulyono T, 2003).

E.1. Kemudahanan Pengerjaan (*Workability*)

Workability menurut Newman mengusulkan sekurang-kurangnya ada tiga buah sifat terpisah (Murock dan Brook, 1978), yaitu:

1. Kompaktibilitas, yaitu kemudahan mengeluarkan udara dan pemadatan.
2. Mobilitas, yaitu kemudahan mengisi atau mengalir ke cetakan dan membungkus tulangan.
3. Stabilitas, yaitu kemudahan untuk tetap menjadi massa homogen tanpa pemisah.

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya (Mulyono T, 2003). Unsur-unsur yang memepengaruhi *workability* antara lain:

1. Jumlah air pencampuran
Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.
2. Kandungan semen
Jika faktor air semen (FAS) tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga sifat plastisnya akan menjadi lebih tinggi.
3. Gradasi campuran pasir-kerikil
Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
4. Bentuk butiran agregat kasar
Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah dikerjakan.
5. Butir maksimum
6. Cara pemadatan dan alat pemadat

E.2. Segregasi

Segregasi merupakan pemisah unsur-unsur pokok dari campuran yang heterogen sehingga distribusi atau proses penyebarannya tidak lagi merata. Setiap komponen penyusun beton cenderung untuk memisahkan diri karena sifatnya yang tidak sama. Pada beton yang terlalu basah dalam suatu container atau cetakan, komponen agregat kasar yang lebih berat cenderung untuk lari ke bawah dan material yang lebih ringan khususnya air, cenderung untuk naik ke permukaan. Segregasi ini dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu :

1. Campuran kurang semen.
2. Terlalu banyak air.
3. Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm.
4. Permukaan butir agregat kasar.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah jika (Mulyono T, 2003):

1. Tinggi jatuh diperpendek.
2. Penggunaan air sesuai dengan syarat.
3. Cukup ruang antara batang tulangan dengan acuan.
4. Ukuran agregat sesuai dengan syarat.
5. Pematatan baik.

E.3. *Bleeding*

Kecenderungan air untuk naik ke permukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butiran-butiran halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput.

Pada beton yang cukup tebal biasanya terjadi 3 lapisan horizontal, yaitu air di lapisan teratas, beton dengan kepadatan seragam, dan beton terkompresi (ada gradient, makin bertambah kebawah).

Selain dari itu kadang-kadang air yang naik ke atas itu terjebak oleh tulangan dan agregat yang besar. Ini menyebabkan terbentuknya kantong air di bawah besi tulangan dan agregat yang menyebabkan berkurangnya lekatan.

Bleeding dapat dipengaruhi oleh:

1. Susunan butir agregat

Jika komposisi sesuai, kemungkinan untuk terjadi *bleeding* kecil.

2. Banyaknya air

Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*.

3. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya *bleeding*.

4. Proses pemadatan

Pemadatan yang berlebihan bisa menyebabkan *bleeding*.

Bleeding dapat dikurangi dengan cara:

1. Memberi lebih banyak semen.
2. Menggunakan air sesedikit mungkin.
3. Menggunakan butiran halus lebih banyak.
4. Memasukkan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus.

F. Kekuatan Tekan Beton

Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas (Mulyono T, 2003). Kekuatan tekan beton mengidentifikasi mutu dari suatu struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kekuatan tekan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton yang telah dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekuensi terjadinya beton dengan kekuatan tekan yang lebih rendah dari f'_c yang disyaratkan.

Besar kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan tekan rata-rata dan kekuatan batas beton.
2. Jenis dan lekuk-lekuk bidang permukaan agregat, penggunaan agregat batu pecah akan meningkatkan kekuatan tekan dibanding penggunaan kerikil halus dari sungai

3. Perawatan beton harus diperhatikan, sebab kehilangan kekuatan akibat pengeringan sebelum waktunya sekitar 40%.
4. Suhu mempengaruhi kecepatan pengerasan, semakin tinggi suhu semakin cepat pengerasan pada beton.
5. Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. Kecepatan bertambahnya kekuatan bergantung pada jenis semen yang digunakan, misalkan semen dengan almina yang tinggi akan menghasilkan beto dengan kekuatan hancurnya pada umur 24 jam sama dengan semen Portland biasa umur 28 hari.

Kekuatan tekan diwakili oleh tegangan tekan maksimum $f'c$ dengan satuan newton per mm^2 atau MPa. Nilai kekuatan tekan didapat melalui tata cara pengujian standar yang menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton sampai beton itu hancur. Pada persamaan 4 merupakan rumus untuk menghitung kuat tekan beton (SNI-1974-2011).

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan

- $f'c$: Kekuatan tekan beton (mpa atau N/mm^2)
 P : Gaya tekan aksial (N)
 A : Luas Penampang (mm^2)

G. Self Compacting Concrete (SCC)

G.1. Pengertian Self Compacting Concrete (SCC)

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan konsep inovatif untuk menghasilkan beton yang dapat “mengalir” (*flowable*) namun tetap kohesif dan bermutu tinggi. Beton memadat mandiri (*self compacting concrete*) adalah beton yang mampu mengalir sendiri pada cetak (bekisting) dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali (Budi et al, 2018). Beton SCC memanfaatkan ukuran agregat, porsi agregat dan bahan tambahan (*admixture*) berupa *superplastiziser* untuk mencapai keenceran tertentu yang mengakibatkan campuran dapat mengalir sendiri tanpa membutuhkan alat pemadat (*vibrator*).

Pada dasarnya *Self Compacting Concrete* (SCC) terdiri dari komponen-komponen yang sama dengan beton normal, meskipun terdapat perbedaan-perbedaan yang muncul dalam komposisi beton. Dalam hubungannya antara beton SCC dan beton normal terdapat beberapa perbedaan sehingga perlu dilakukan pengujian kekuatan tekan, kekuatan lentur, dan modulus elastisitas.

Self Compacting Concrete (SCC) tetap memiliki sifat yang homogen, kohesif, tidak memiliki segregasi (memisah) dan *bleeding*. Pada saat dalam kondisi beton segar, SCC tidak memerlukan vibrasi, sangat plastis dan mudah mengalir. Setelah padat dan mengeras, beton SCC memiliki kualitas

yang bagus dan relative mudah untuk mencapai beton mutu tinggi. Sifat SCC dapat diperoleh dengan jalan memenuhi kriteria-kriteria dalam pembuatan sebagai berikut (Pd T-04-2004-C):

1. Agregat gabungan harus dilakukan perhitungan (analisis) secara teliti untuk memperoleh gradasi yang baik dan kompak sesuai dengan persyaratan.
2. Presentase gabungan pasir dan kerikil 45% - 50%. Makin kecil diameter maksimum kerikil, maka presentase gabungan pasir dan kerikil akan saling mendekati pada perhitungan penggabungan agregat.
3. Penggunaan *additive superplastiziser* dibutuhkan sebagai bahan tambah yang mereduksi air campuran sehingga factor air semen yang rendah (pada beton mutu tinggi) tetap dapat dipertahankan serta mudah dituang dan dicor, mengurangi *bleending* dan seegregasi.
4. *Slump flow* yang baik agar beton dapat mengalir sendiri pada pengecoran berkisar pada 60 – 75 cm.
5. Air yang dibutuhkan harus memenuhi Spesifikasi Bahan Bangunan A (Bahan Bangunan Bukan Logam)

G.2. Keunggulan Self Compacting Concrete (SCC)

Adapun keunggulan SCC ditinjau dari beberapa segi antara lain :

1. Segi *durability* (keawetan)
 - ❖ Meningkatkan homogenitas beton
 - ❖ Dapat membungkus tulangan dengan baik
 - ❖ Porositas dari matriks beton yang rendah
2. Segi Produktivitas
 - ❖ Pemompaan yang lebih mudah
 - ❖ Pengecoran yang cepat
 - ❖ Pekerjaan pemadatan tidak perlu dilakukan
 - ❖ Pekerjaan *finishing* lantai lebih ringan
 - ❖ Sangat cocok untuk pengerjaan perbaikan beton baik dalam skala besar maupun kecil
3. Segi tenaga kerja
 - ❖ Human error akibat pemadatan yang kurang sempurna dapat dihilangkan
 - ❖ Angka kecelakaan tenaga kerja dapat diperkecil
 - ❖ Tidak terjadi polusi suara akibat vibrator
4. Segi *ready mix concrete*
 - ❖ Waktu tuang beton dari *truck mixer* lebih singkat
 - ❖ Beton mudah dipompa

H. Perawatan Benda Uji

Perawatan beton (*curing*) adalah suatu usaha untuk mencegah kehilangan air pada beton segar dan membuat kondisi suhu didalam beton berada pada suhu tertentu segera setelah beton dicor sehingga sifat-sifat beton yang diinginkan dapat berkembang dengan baik. Perawatan beton sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton keras seperti keawetan, kekuatan, sifat rapat air, ketahanan abrasi, stabilitas volume dan ketahanan terhadap pembekuan.

Waktu yang diperlukan untuk perawatan beton tergantung pada tipe semen, proporsi campuran, teknik perawatan, dan kuat tekan rencana. Untuk beton dilapangan juga tergantung pada cuaca, bentuk dan ukuran elemen beton.

Dengan melaksanakan perawatan beton yang seharusnya, akan didapat beton yang lebih kuat, lebih padat, lebih awet dan lebih tahan abrasi dibandingkan beton yang dibuat dengan tanpa perawatan beton (Nizar, 2011).

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain: faktor air-semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi faktor air-semen semakin lambat kenaikan kekuatan beton, semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan beton. Laju kenaikan kuat tekan beton ini mula-mula cepat, akan tetapi semakin lama laju kenaikan itu makin lambat (Tjokrodimuljo, 1996).

I. Tegangan Lekat

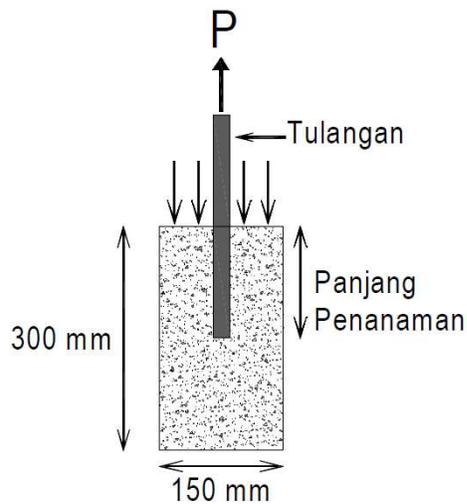
Tegangan lekat merupakan kombinasi kemampuan antara tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya-gaya yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara batang tulangan dan beton.

Menurut Nawy (1998), tegangan lekat antara baja tulangan dan beton yang membungkusnya dipengaruhi oleh factor :

1. Adesi antara elemen beton dan bahan penguatnya yaitu tulangan.
2. Efek gripping (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton di sekeliling tulangan, dan saling geser antara tulangan dengan beton di sekelilingnya.
3. Efek kualitas beton dan kekuatan tarik dan tekannya.
4. Efek mekanis penjangkauan ujung tulangan.
5. Diameter tulangan.

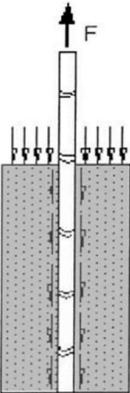
Percobaan *pull out* dapat memberikan perbedaan yang baik antara efisien lekatan berbagai jenis permukaan tulangan dan panjang penanamannya (*embedment length*), akan tetapi hasilnya belum memberikan tegangan lekatan sesungguhnya pada struktur rangka. Pada percobaan ini beton mengalami tekan dan baja mengalami tarik, dimana beton dan baja di sekelilingnya mengalami tegangan yang sama (Nawy,1998).

Salah satu cara untuk menentukan kualitas lekatan adalah dengan cara pencabutan (*Pull Out*). Dalam pengujian *pull out* secara langsung, panjang penanaman tulangan baja dan bambu diperoleh dengan memperhitungkan tulangan yang ditanam di dalam massa beton. Gaya tarik sebesar P diberikan pada tulangan sehingga tercabut dan mengalami gaya geser antara permukaan tulangan dan beton. Berikut gambar 4 yang menunjukkan pengujian *pull out*.



Gambar 4 Pengujian *Pull out*

Tegangan lekat bekerja sepanjang tulangan yang tertanam di dalam massa beton, sehingga total gaya yang harus dilawan sebelum tulangan tercabut keluar dari massa beton adalah sebanding dengan luas selimut bambu tulangan yang tertanam dikalikan dengan kuat lekat antara beton dengan bambu tulangan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Tegangan lekat antara bambu dan beton

Perhitungan kuat lekat tulangan terhadap beton dapat dihitung dengan rumus pada persamaan 5 berdasarkan ASTM C-239-91a.

$$\mu = \frac{P}{(Ld \pi ds)} \dots\dots\dots (5)$$

Luas bidang kontak pada tulangan bambu dapat disesuaikan dengan keliling penampang melintang dikalikan panjang penanaman. Untuk kuat lekat tulangan bambu dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 6.

$$\mu = \frac{P}{(Ld 2(lb+tb))} \dots\dots\dots (6)$$

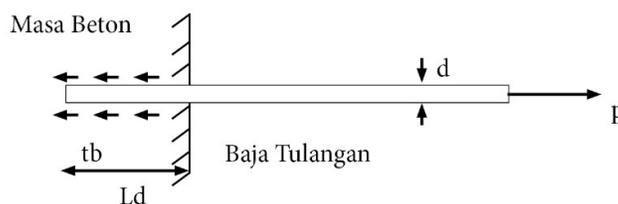
Keterangan:

- P : Beban (N)
- Ld : Panjang penanaman (mm)
- μ : Kuat lekat antara beton dengan tulangan bambu (MPa)
- ds : Diameter tulangan bambu (mm)
- lb : Lebar tulangan bambu (mm)
- tb : Tebal tulangan bambu (mm)

J. Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran menentukan tahapan terhadap tergelincirnya tulangan. Dasar utama teori panjang penyaluran dengan memperhitungkan suatu tulangan yang ditanam di dalam beton. Agar batang dapat menyalurkan gaya sepenuhnya melalui ikatan, harus tertanam didalam beton hingga suatu kedalaman tertentu yang dinyatakan dengan panjang penyaluran.

Sebuah gaya tarik P bekerja pada tulangan tersebut. Gaya ini ditahan oleh lekatan antar beton sekeliling dengan tulangan. Tegangan lekat bekerja merata pada sepanjang bagian batang tulangan yang tertanam di dalam beton, sehingga total gaya anker (gaya yang harus dilawan sebelum batang tulangan tercabut keluar dari massa beton) adalah sebanding dengan luas selimut baja tulangan yang tertanam dikalikan dengan kekuatan lekatan beton dengan baja tulangan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Panjang penyaluran tulangan

Menurut R. Park and T. Paulay (1974) rumus panjang penyaluran dapat dilihat pada persamaan 7.

$$l_d = \frac{d_b}{4\mu} f_s \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

ld : Panjang penyaluran (mm)

db : Diameter Tulangan bambu

μ : Tegangan Lekat (MPa)

fs : Tegangan Tarik Bambu (MPa)