

UJIAN TUTUP TESIS

STUDI RETROFIT WIRE MESH DAN SCC PADA BALOK
BETON TULANGAN BAMBU TAKIKAN SEJAJAR TIPE V

*Wire Mesh and SCC Retrofit Study on Bamboo Reinforced Concrete
Beams Parallel Notches Type V*

MUHAMMAD NUR FAJAR
D012211010



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023

UJIAN TUTUP TESIS

STUDI RETROFIT WIRE MESH DAN SCC PADA BALOK
BETON TULANGAN BAMBU TAKIKAN SEJAJAR TIPE V

*Wire Mesh and SCC Retrofit Study on Bamboo Reinforced Concrete
Beams Parallel Notches Type V*

MUHAMMAD NUR FAJAR
D012211010



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023

UJIAN TUTUP TESIS

STUDI RETROFIT WIRE MESH DAN SCC PADA BALOK
BETON TULANGAN BAMBU TAKIKAN SEJAJAR TIPE V

*Wire Mesh and SCC Retrofit Study on Bamboo Reinforced Concrete
Beams Parallel Notches Type V*

MUHAMMAD NUR FAJAR
D012211010



PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023

PENGAJUAN TESIS

**STUDI RETROFIT WIRE MESH DAN SCC PADA BALOK
BETON TULANGAN BAMBU TAKIKAN SEJAJAR TIPE V**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD NUR FAJAR
D012211010**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

TESIS

STUDI RETROFIT WIRE MESH DAN SCC PADA BALOK BETON TULANGAN BAMBU TAKIKAN SEJAJAR TIPE V

MUHAMMAD NUR FAJAR
D012211010

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 01 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



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

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng.A.Arwin Amiruddin, S.T.,M.T
NIP. 197912262005011001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST. MT. IPM
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. M. Asad Abdurrahman, ST. MEng.PM
NIP. 197303061998021001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Muhammad Nur Fajar

Nomor Mahasiswa : D012211010

Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “STUDI RETROFIT WIRE MESH DAN SCC PADA BALOK BETON TULANGAN BAMBU TAKIKAN SEJAJAR TIPE V” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof.Dr.Ing.Herman Parung, M.Eng selaku pembimbing pertama dan Dr. Eng.A.Arwin Amiruddin, S.T.,M.T selaku pembimbing kedua). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah diterima untuk dipublikasikan di Jurnal (KONSTRUKSIA, Volume 14 Nomor 2) sebagai artikel dengan judul “PERILAKU LEKATAN TULANGAN BAMBU TAKIKAN TERHADAP BETON NORMAL DAN BETON SCC”

Dengan ini saya limpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin

Gowa, 01 Februari 2023

Yang Menyatakan



Muhammad Nur Fajar

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusunan tesis yang berjudul “**Studi Retrofit Wire Mesh dan SCC pada Balok Beton Tulangan Bambu Takikan Sejajar Tipe V.**” ini dapat diselesaikan guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi magister pada program studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Perjalanan panjang telah penulis lalui dalam rangka perampungan penulisan tesis ini. Banyak hambatan yang dihadapi dalam penyusunannya, namun berkat kehendak-Nyalah sehingga penulis berhasil menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini patutlah kiranya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Eng. M. Isran Ramli, ST., MT.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Bapak **Dr. Muhammad Asad Abdurrahman, ST., M.Eng.PM.** selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Bapak **Prof.Dr.Ing.Herman Parung, M.Eng.**, dan **Dr. Eng.A.Arwin Amiruddin, S.T.,M.T.**, selaku dosen pembimbing yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu dan solusi pada setiap permasalahan atas kesulitan dalam penulisan tesis ini.
4. Seluruh Staf dan Dosen pengajar Fakultas Teknik terkhusus Program Magister Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar, atas ilmu pendidikan dan pengetahuan yang telah diberikan kepada penulis selama di bangku kuliah.
5. Kedua orang tua, ayahanda tercinta Muhammad Tayeb AD. dan Alm. ibunda tersayang Fatmawati yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis.
6. Kakak-kakak saya Fatahuddin AD. dan Khairia AD. yang selalu mensupport saya dalam setiap keputusan yang telah saya ambil.
7. Saudari Herlina Arifin dan Saudari Alfina Maysyurah, teman seperjuangan dari Kota Sorong selama menjalani bangku kuliah Magister di Universitas Hasanuddin Makassar.

8. Bapak Hendrik Pristiano dan Bapak Irman Amri yang selalu memberikan dukungan baik secara moral maupun material selama proses studi magister.
9. Teman-teman Lab Riset Gempa Angkatan 2022 yang telah mendampingi selama proses penelitian, Nasrul Sibela, Herlina Arifin, Yusril, Malsi, Ius, Nadia, Asih, Ica, Mega, Sukma, dan Eka. Terima kasih atas telah membantu dalam setiap proses yang dilaksanakan dalam penelitian ini.
10. Seluruh teman-teman Magister Teknik Sipil Konsentrasi Struktur angkatan 2021, terima kasih atas kebersamaannya selama di bangku kuliah.

Semoga Allah SWT. membalas segala kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam mengerjakan tesis.

Akhir kata, penulis mengharapkan tesis ini dapat memberikan manfaat kepada dunia pendidikan, terkhusus di bidang teknik sipil. Terima kasih.

Makassar, 01 Februari 2023

Muhammad Nur Fajar

ABSTRAK

MUHAMMAD NUR FAJAR. *Studi Retrofit Wire Mesh dan SCC pada Balok Beton Tulangan Bambu Takikan Sejajar Tipe V. (dibimbing oleh Prof. Dr.Ing.Herman Parung, M.Eng dan Dr. Eng.A.Arwin Amiruddin, S.T.,M.T)*

Dikarenakan maraknya penggunaan material beton bertulangan baja sebagai jenis material konstruksi utama perlu dilakukan penelitian terkait substitusi untuk material penyusun beton bertulangan baja, penelitian ini bertujuan untuk mensubstitusi material baja dengan material bambu takikan dan dalam penelitian ini jenis bambu yang digunakan adalah bambu jenis bulupering yang tumbuh di daerah Kabupaten Gowa-Sulawesi Selatan dengan takikan tipe V. Selain mengganti tulangan baja menggunakan bambu takikan sampel balok beton dengan ukuran 200 x 150 x 3000 mm akan diberikan retrofit menggunakan wiremesh dan self compacting concrete (SCC) untuk melihat peningkatan kapasitas beban lentur yang terjadi pada balok dengan tulangan bambu, selanjutnya pengujian yang akan pengujian pokok pada peniltian ini adalah pengujian static load dengan metode two point load. Dari hasil pengujian static load diperoleh hasil berupa peningkatan kapasitas beban lentur sebesar 18,82 % untuk sampel balok dengan tulangan bambu takikan jarak 40 mm dan penginkatan kapasitas beban lentur sebesar 6,29 % untuk sampel balok dengan tulangan bambu takikan jarak 20 mm. selain dapat meningkatkan kapasitas beban maksimum, pemberian retrofit berupa wiremesh dan self compacting concrete (SCC) pada beton dengan tulangan bambu dapat meningkatkan kapasitas beban di daerah elastis pada kurva hubungan beban-lendutan dan kurva hubungan beban-regangan beton.

Kata Kunci : Tulangan Bambu, Retrofit, Wiremesh, SCC

ABSTRACT

MUHAMMAD NUR FAJAR. *Wire Mesh and SCC Retrofit Study on Bamboo Reinforced Concrete Beams Parallel Notches Type V.* (supervised by Prof. Dr.Ing.Herman Parung, M.Eng dan Dr. Eng.A.Arwin Amiruddin, S.T.,M.T)

Due to the widespread use of steel-reinforced concrete as the primary type of construction material, research on alternatives to steel-reinforced concrete constituent materials is necessary. This study aims to replace steel material with notch bamboo material, and the variety of bamboo used is the bulupering type that grows in the Gowa Regency-South Sulawesi with type V notches. Using notch bamboo as reinforcement in addition to substituting steel The main test in this study will be static load testing using the two point load method. Concrete block samples with dimensions of 200 x 150 x 3000 mm will be retrofitted using wiremesh and self compacting concrete (SCC) to see the increase in bending load capacity that occurs on blocks with bamboo reinforcement. The results of the static load test showed an increase in bending load capacity of 18.82% for beam samples with bamboo reinforcement spaced 40 mm apart, and an increase in bending load capacity of 6.29% for beam samples with bamboo reinforcement spaced 20 mm apart. Retrofitting concrete with bamboo reinforcement in the form of wiremesh and self-compacting concrete (SCC) can enhance the maximum load capacity as well as the load capacity in the elastic limit on the load-deflection relationship curve and the concrete load-strain relationship curve.

Key words : bamboo reinforcement, wiremesh, SCC

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGAJUAN TESIS.....	ii
PERSETUJUAN TESIS.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xv
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terkait.....	5
2.2 Beton	6
2.2.1 Kuat Tekan Beton	7
2.2.2 Modulus Elastisitas Beton.....	9
2.2.3 Retak Pada Beton.....	9
2.2.4 Desain Kapasitas Struktur Terhadap Lentur	11
2.2.5 Lendutan Pada Balok	16
2.3 Bambu.....	16
2.3.1 Standar Pengujian (ISO 22157-2019)	17
2.3.2 Sifat-sifat Bambu	18
2.3.3 Takikan Pada Tulangan Bambu	21
2.4 Metode Retrofit Pada Beton Bertulang	22
2.5 Wiremesh.....	25

2.6 Self Compacting Concrete (SCC)	26
2.6.1 Bahan Tambah (Admixture)	24
2.6.2 Slump Flow	24
BAB III : METODELOGI PENELITIAN	26
3.1 Bagan Alir Penelitian (<i>Flow Chart</i>)	26
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	27
3.3 Standar Pengujian	27
3.4 Benda Uji	27
3.5 Set Up Alat	30
3.6 Alat dan Bahan	31
3.6.1 Alat Penelitian	31
3.6.2 Bahan Penelitian	32
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Uji Karakteristik	33
4.2 Komposisi Mix Design	34
4.3 Hasil Uji Mekanis Material	35
4.4 Hasil Pengujian Static Load Beton Tulangan Bambu Takikan type V jarak 40 mm	37
4.5 Hasil Pengujian Static Load Beton Tulangan Bambu Takikan Type V jarak 40 mm + Retrofit Menggunakan Wiremesh dan Beton SCC	41
4.6 Hasil Pengujian Static Load Beton Tulangan Bambu Takikan Type V jarak 20 mm	44
4.7 Hasil Pengujian Static Load Beton Tulangan Bambu Takikan Type V jarak 20 mm + Retrofit Menggunakan Wiremesh dan Beton SCC	47
4.8 Perbandingan Hasil Analisis	51
BAB IV : PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58
DOKUMENTASI	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1 : Klasifikasi Uji <i>Slump Flow</i>	26
Tabel 2 : Rincian Sampel Uji	29
Tabel 3 : Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	35
Tabel 4 : Hasil Pengujian Kadar Air Bambu	36
Tabel 5 : Hasil Perhitungan Mix Design Beton SCC	36
Tabel 6 : Hasil Pengujian Kuat Tarik Bambu	37
Tabel 7 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	37
Tabel 8 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Self Compacting Concrete (SCC)	38
Tabel 9 : Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah.....	38
Tabel 10 : Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok	38
Tabel 11 : Kapasitas Beban Dan Kapasitas Momen Balok Tulangan Bambu Takikan 40 mm	39
Tabel 12 : Kapasitas Beban Balok Tulangan Bambu Takikan 40 mm + Retrofit	43
Tabel 13 : Kapasitas Beban Dan Kapasitas Momen Balok Tulangan Bambu Takikan 20 mm	47
Tabel 14 : Kapasitas Beban Dan Kapasitas Momen Balok Tulangan Bambu Takikan 20 mm + Retrofit	49
Tabel 15 : Persentase Peningkatan Kapasitas Beban	53
Tabel 16 : Hasil Perhitungan Kekakuan	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 : Grafik umur beton	8
Gambar 2 : hubungan tegangan dan regangan tekan beton	9
Gambar 3 : Jenis Retak Pada Beton	11
Gambar 4 : Distribusi Regangan Ultimate Pada Keruntuhan Lentur	14
Gambar 5 : Distribusi Tegangan Regangan Balok Bertulang Rangkap	14
Gambar 6 : Hubungan Beban Lentutan Pada Balok	16
Gambar 7 : Bambu Khas Gowa	18
Gambar 8.a : Tipikal tulangan baja ulir	22
Gambar 8.b : Bambu Takikan	22
Gambar 9 : Bentuk Takikan	22
Gambar 10 : Wiremesh	24
Gambar 11 : <i>Slump Cone</i>	26
Gambar 12 : Flow Chart Penelitian	27
Gambar 13 : Potongan Memanjang Sampel Tanpa Retrofit	30
Gambar 14 : Potongan Memanjang Sampel Menggunakan Retrofit	30
Gambar 15 : Detail Penampang Balok Sampel Tanpa Retrofit	31
Gambar 16 : Detail Penampang Balok Sampel Menggunakan Retrofit	31
Gambar 17 : Detail Penulangan Sampel Tulangan Bambu Takikan 40 mm	31
Gambar 18 : Detail Penulangan Sampel Tulangan Bambu Takikan 20 mm	32
Gambar 19 : <i>Skema Set up Benda Uji</i>	33
Gambar 20 : <i>Detail Pembebanan Two Point Load</i>	33
Gambar 21 : Kurva Hubungan Beban dan Lentutan Sampel Bambu Takikan 40 mm	39
Gambar 22 : Kondisi Tulangan Bambu Pasca Pengujian, Jenis Sampel Balok Tulangan Bambu Takikan Type V jarak 40 mm	40
Gambar 23 : Kurva Hubungan Beban dan Regangan Beton Sampel Bambu Takikan 40 mm	41
Gambar 24 : Pola Retak Sampel Balok Tulangan Bambu Takikan 40 mm	42
Gambar 25 : Kurva Hubungan Beban dan Lentutan Sampel Bambu Takikan 40 mm + Retrofit	43

Gambar 26 : Kurva Hubungan Beban dan Regangan Beton Sampel Bambu Takikan 40 mm + Retrofit	44
Gambar 27 : Pola retak sampel balok tulangan bambu takikan 40 mm + Retrofit	45
Gambar 28 : Kondisi Sambungan Antara Beton Eksisting dan Beton Retrofit ...	45
Gambar 29 : Kondisi Wiremesh Pasca Pengujian	46
Gambar 30 : Kurva Hubungan Beban dan Lendutan Sampel Bambu Takikan 20 mm	46
Gambar 31 : Kondisi Tulangan Bambu Pasca Pengujian, Jenis Sampel Balok Tulangan Bambu Takikan Type V jarak 20 mm	47
Gambar 32 : Kurva Hubungan Beban dan Regangan Beton Sampel Bambu Takikan 20 mm	48
Gambar 33 : Pola Retak Sampel Tulangan Bambu Takikan 20 mm	48
Gambar 34 : Kurva Hubungan Beban dan Lendutan Sampel Bambu Takikan 20 mm + Retrofit	49
Gambar 35 : Kurva Hubungan Beban dan Regangan Beton Sampel Bambu Takikan 20 mm + Retrofit	50
Gambar 36 : Pola retak sampel balok tulangan bambu takikan 40 mm + Retrofit	51
Gambar 37 : Debonding Failure	52
Gambar 38 : Kondisi Wiremesh Pasca Pengujian	52
Gambar 39 : Kurva Hubungan Beban dan Lendutan Seluruh Variasi Sampel ...	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 01 : <i>Perhitungan Job Mix Design</i>	58
Lampiran 02 : Dokumentasi	60

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang / Singkatan	Arti dan keterangan
$f'c$: Kuat Tekan Beton (MPa)
P	: Beban (N)
A	: Luas Area Penampang (mm^2)
ϵ_c'	: Regangan Tekan Beton
ΔL	: Perpendekan Beton (mm)
L_0	: Tinggi Awal Slinder (mm)
E_c	: Modulus Elastisitas Beton
C_c	: Compresi Concrete / Daerah Tekan Beton
C_s	: Compresi Steel / Daerah Tekan Tulangan Baja
T	: Tension / Daerah Lentur
F_y	: Tegangan Leleh
A_s	: Luas Area Penampang Tulangan Daerah Lentur
A_s'	: Luas Area Penampang Tulangan Daerah Tekan
z	: Lengan Momen Dari Titik Berat Daerah Tekan ke Daerah Tulangan Lentur
d	: Tinggi Efektif Penampang
d'	: Tinggi Selimut Beton (mm)
ϕ	: Koefisien Reduksi
M_u	: Moment Ultimit
M_n	: Moment Nominal
KA	: Kadar Air Bambu (%)
BA	: Berat Bambu Sebelum di Oven (gr)
BKT	: Berat Bambu Setelah di Oven (gr)
BJ	: Berat Jenis Bambu
W_a	: Berat Benda Kering Uji Kering Oven (gr)
Gb	: Berat Air (gr)
ft//	: Kuat Tarik Sejajar Serat (MPa)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi, beton bertulang merupakan jenis konstruksi yang umum digunakan. Hal ini karena beton memiliki kelebihan pada bahan penyusunnya. Beton mudah diproses, dapat menahan gaya tekan yang tinggi, dan layak secara ekonomi dalam pembuatan dan pemeliharaan, sedangkan tulangan menawarkan kekuatan tarik dan daktilitas yang sangat baik untuk menutupi kelemahan beton yang lemah dalam gaya tarik dan tekuk.

Namun akibat banyaknya konstruksi yang menggunakan material beton bertulang perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menemukan alternatif untuk mengganti material dasar dari beton bertulang dengan tujuan meminimalkan konsumsi sumber daya alam yang berlebihan, melestarikan sumber daya alam yang tidak terbarukan. Dalam hal ini akan di coba menggunakan bambu takikan sebagai alternatif substitusi untuk baja tulangan.

Namun berdasarkan penelitian yang di lakukan oleh Patria Eka Ratih dkk menunjukkan bahwa kuat lentur dari balok tulangan bambu takikan hanya mencapai 5,29 N/mm² atau sekitar 42,83 % dari kuat lentur balok bertulangan baja. Hal ini menunjukkan bahwa balok dengan tulangan bambu belum bisa mencapai atau mendekati kekuatan dari balok dengan tulangan baja sehingga dalam penelitian ini akan dicoba memberikan perkuatan atau retrofiting pada balok dengan tulangan bambu untuk melihat seberapa besar peningkatan kapasitas lentur dari balok tersebut. Dengan menambahkan pelapisan wire mesh dan self compacting concrete (SCC) pada balok beton bertulang pada area lentur, daya dukung balok beton bertulang dapat ditingkatkan hingga 40,06% dibandingkan balok biasa. (Hery Dualembang, 2014).

Berdasarkan uraian di atas maka disusunlah tugas akhir ini dengan judul: **Studi Retrofit Wiremesh dan SCC pada Balok Beton Tulangan Bambu Takikan Sejajar Tipe V**

1.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini :

1. Bagaimana perilaku lentur yang terjadi pada balok beton dengan tulangan bambu takikan sejajar tipe V setelah diberikan perkuatan dengan wiremesh dan *Self Compacting Concrete (SCC)* ?
2. Bagaimana mode kegagalan / keruntuhan pada balok beton dengan tulangan bambu takikan sejajar tipe V setelah diberikan perkuatan dengan wiremesh dan *Self Compacting Concrete (SCC)* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut Tujuan Penelitian yang akan dibahas pada penelitian ini :

1. Untuk menganalisa perilaku lentur yang terjadi pada balok beton dengan tulangan bambu takikan sejajar tipe V setelah diberikan perkuatan dengan wiremesh dan *Self Compacting Concrete (SCC)*
2. Untuk menganalisa mode kegagalan / keruntuhan pada balok beton dengan tulangan bambu takikan sejajar tipe V setelah diberikan perkuatan dengan wiremesh dan *Self Compacting Concrete (SCC)*

1.4 Batasan Masalah

Berikut Batasan-batasan dalam penelitian ini :

1. Kuat tekan yang direncanakan adalah $f'_c = 25$ MPa. *Job Mix Design* di hitung berdasarkan SNI 03-2384-2000.
2. Jenis bambu yang digunakan adalah bambu Boulepering asal Kabupaten Gowa
3. Jenis wiremesh yang digunakan adalah *Wiremesh Galvanized type M3* ($\emptyset 3$ mm spasi 50 mm x 50 mm)
4. Pengujian kuat lentur menggunakan *Static Loading Frame* dengan metode dua titik pembebanan yang dilakukan pada umur 28 hari untuk mengetahui perilaku lentur benda uji.

1.5 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan bisa menjadi referensi untuk mengetahui perilaku lentur balok beton dengan tulangan bambu bambu takikan sejajar tipe V setelah diberikan perkuatan dengan wiremesh dan *Self Compacting Concrete (SCC)*
2. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat dilakukan penelitian lanjutan terkait perkuatan terhadap beton dengan tulangan bambu.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam tulisan ini dibagi menjadi lima bab yaitu pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian dan pelaksanaan, hasil dan pembahasan, dan yang terakhir adalah penutup, Berikut penjelasan singkat terkait masing-masing bab

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan masalah, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang ulasan penelitian sebelumnya terkait beton dengan tulangan bambu dan perkuatan dengan wiremesh yang dilapisi *Self compacting Concrete (SCC)*, teori dasar , dan yang terakhir kriteria dan konsep desain perkuatan lentur balok beton dengan tulangan bambu.

BAB III : METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang metode dan tahapan-tahapan yang akan digunakan selama penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan penjelasan dari hasil penelitian yang dilakukan serta akan membahas hasil yang diperoleh dari penelitian untuk menjawab rumusan masalah pada bab pertama.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini akan dipaparkan beberapa simpulan yang didapat dari hasil dan pembahasan juga akan diberikan beberapa saran penulis untuk penelitian lanjutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Pada penelitian **Patria Eka Ratih** (2016) dengan judul kuat lentur balok beton tulangan bambu petung vertikal takikan tidak sejajar tipe U lebar 2 cm tiap jarak 15 cm dengan posisi kullit bambu di sisi dalam memperoleh hasil

1. Nilai Beban maksimum yang dapat diterima oleh balok tulangan bambu petung vertikal dengan takikan tidak sejajar tipe U lebar takikan 20 mm sebesar 13,5 kN atau sebesar 1,3761 ton dan untuk balok bertulangan baja sebesar 24,5 kN atau sebesar 2,4975 ton.
2. Kapasitas beban lentur balok beton bertulangan bambu petung mampu memikul rata-rata 5,2976 N/mm² Atau sekitar 42,828 % dari kapasitas lentur balok bertulangan baja sebesar 12,3693 N/mm²
3. Keruntuhan Balok Beton tulangan Bambu Petung yang terjadi pada penilitian ini memiliki dua kategori yaitu runtuh pada 5% diluar 1/3 bentang tengah dan runtuh pada 1/3 bentang tengah. Hal tersebut menandakan bahwa balok mengalami keruntuhan lentur dan tidak mengalami keruntuhan geser.

Dari kesimpulan di atas kuat lentur balok dengan tulangan bambu takikan terhadap balok beton bertulangan normal adalah 42,828%, sedangkan pada penelitian **Andi Arwin Amiruddin** (2016) dengan judul efek sistem *retrofit* dengan *wiremesh* terhadap kapasitas lekatan dan lentur balok beton bertulang, hasil pada pengujian balok lentur, menggunakan wiremesh dan Self Compacting Concrete mampu meningkatkan kemampuan balok memikul beban pada balok WK sebesar 6,44% dan untuk balok WB sebesar 40,06% terhadap balok tanpa retrofit .

Dari kedua penelitian yang dijadikan sebagai referensi pada penelitian ini maka diharapkan dengan berikan sistem *retrofit* pada balok beton dengan tulangan bambu maka kekuatan lentur balok dapat meningkat.

2.2 Beton

Komponen utama beton adalah semen, air dan agregat. Agregat disini terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Semen dan air membentuk pasta pengikat yang mengeras dengan mengisi rongga antara butiran pasir dan agregat, yang menentukan kekuatan beton.

Beton bertulang adalah beton yang diberikan tulangan, memiliki luas tulangan dan jumlah tulangan lebih dari minimum yang dibutuhkan, selain itu dirancang dengan asumsi bahwa dua bahan dapat menyerap gaya secara bersamaan. Sifat utama beton adalah kuat menahan tekan tetapi lemah menahan tarik. Oleh karena itu, untuk mengimbangi kelemahan beton perlu ditambahkan tulangan untuk meningkatkan kekuatan menahan beban tarik. Oleh karena itu beton bertulang merupakan bahan bangunan yang tahan terhadap beban tekan dan tarik.

Tulangan dan beton dapat bekerja secara bersamaan jika beberapa faktor tercapai, yaitu :

1. Lekatan yang merupakan interaksi antara tulangan dan beton di sekitarnya, efek dari lekatan ini yang akan mencegah slip dari tulangan pada beton.
2. Karena nilai koefisien ekspansi yang relatif sama, tegangan antara baja dan beton dengan perubahan suhu dapat diabaikan.

Beton bertulang menjadi material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam berbagai macam konstruksi, baik konstruksi Gedung, jembatan, drainase, dan jalan. Hal ini dikarenakan pengaplikasian material ini sangat mudah dengan ketersediaan bahan yang juga mudah didapatkan, selain itu masih banyak kelebihan-kelebihan lain yang dimiliki material konstruksi beton bertulang, berikut adalah kelebihan material konstruksi beton bertulang :

1. Dibandingkan dengan material lain, beton lebih kuat untuk memikul beban aksial (gaya tekan).
2. Beton bertulang memiliki ketahanan api dan air yang sangat baik, sehingga ideal sebagai bahan bangunan untuk bangunan yang sering bersentuhan dengan air.

3. Sangat kokoh
4. Minim biaya pemeliharaan
5. Waktu umur layan bangunan yang lama
6. Salah satu sifat beton adalah dapat dibentuk menjadi berbagai bentuk, mulai dari pelat sederhana, balok dan kolom hingga kubah dan cangkang besar.
7. Keahlian pekerja bangunan struktur beton bertulang masih rendah dibandingkan bahan lain seperti baja struktural.

Selain kelebihan-kelebihan yang dimiliki beton bertulang tentu juga terdapat beberapa kelemahan dan kekurangan untuk menjadi material konstruksi, berikut beberapa kekurangan dan kelemahan yang dimiliki material beton :

1. Lemah terhadap gaya Tarik sehingga perlu diberikan tulangan pada daerah tarik
2. Beton bertulang membutuhkan bekisting untuk menahan beton pada tempatnya sampai mengeras. Selain itu, untuk menahan bekisting seperti kolom, dinding, atap, dan struktur serupa di tempatnya sampai elemen beton ini cukup kuat untuk menopang beratnya sendiri, tiang penopang atau tiang penopang sementara mungkin diperlukan.
3. Beton bertulang lebih berat karena kekuatan per satuan berat beton lebih rendah. Karena kekuatannya yang rendah per satuan berat, beton relatif besar karena kekuatannya yang rendah per satuan volume.

2.2.1 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beban beton adalah jumlah beban permukaan di mana benda uji beton runtuh ketika mengalami gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh alat kuat tekan.

Menurut ASTM C 39-86, Standar Uji Kuat Tekan Spesimen Kubus, dihitung sebagai tegangan maksimum yang dicapai selama pengujian dibagi dengan luas permukaan benda uji beton. Berikut adalah rumus menghitung kuat tekan:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

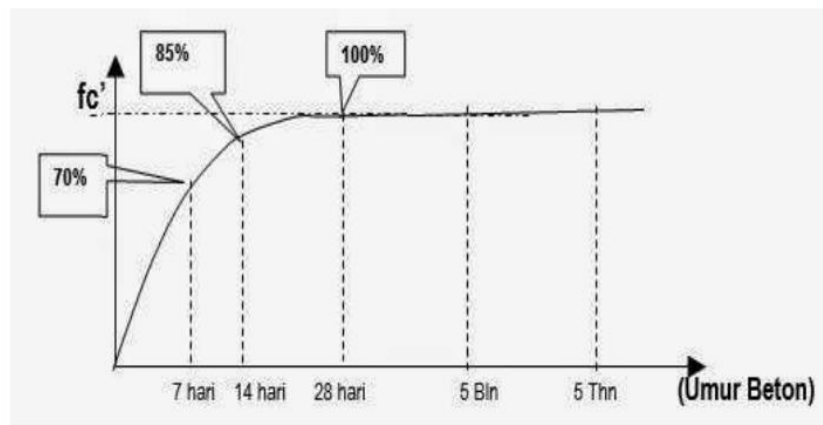
Dimana :

f_c = Kuat Tekan Beton (MPa)

P = Beban (N)

A = Luas area penampang

Kuat tekan (keadaan normal) beton meningkat tajam sampai umur 28 hari, kemudian perlahan-lahan meningkat selama beberapa bulan sampai beberapa tahun. Oleh karena itu acuan untuk menghitung kekuatan beton adalah 28 hari.



Gambar 1 : Grafik umur beton

(Sumber : Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang, 2010)

Seperti terlihat pada Gambar 1, kuat tekan beton berumur 7 hari sekitar 70% dari beton berumur 28 hari, sedangkan kuat tekan beton berumur 1 hari sekitar 85% dari beton berumur 28 hari. Beton tua. Penelitian menunjukkan bahwa kekuatan beton terus meningkat hingga usia lima tahun.

Beban P (tekanan pada beton) memperpendek bentuk fisik benda uji beton dan mendistorsi beton atau terjadi regangan terhadap sampel beton. berikut rumus regangan pada beton :

$$\epsilon_c' = \Delta L / L_0 \dots\dots\dots(2)$$

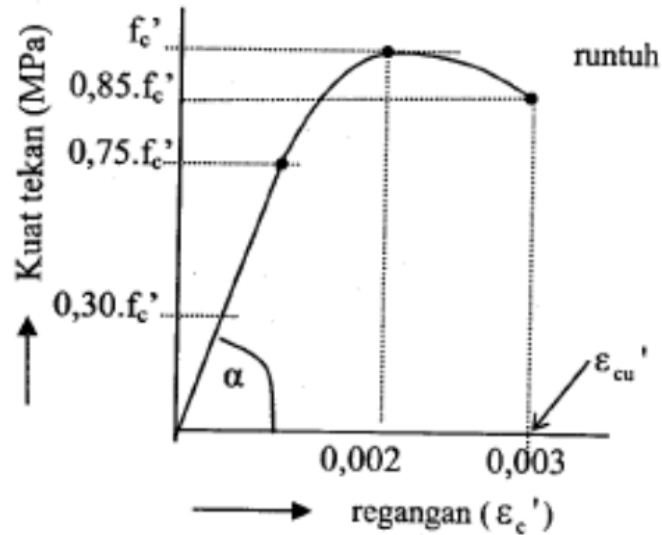
Dimana :

ϵ_c' = regangan tekan beton

ΔL = perpendekat beton (mm)

L_0 = tinggi awal silinder (mm)

Hubungan antara tegangan dan regangan tekan beton dapat dilihat pada gambar di bawah :



Gambar 2 : hubungan tegangan dan regangan tekan beton
 (Sumber : Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang, 2010)

2.2.2 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton, E_c , dapat diperoleh dari berat beton normal, W_c , dan kuat tekan beton, f_c' , dengan menggunakan rumus berikut:

$$E_c = (W_c^{1.5}) 0,043 \times \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan untuk beton konvensional, besaran E_c bisa menggunakan rumus

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots(3)$$

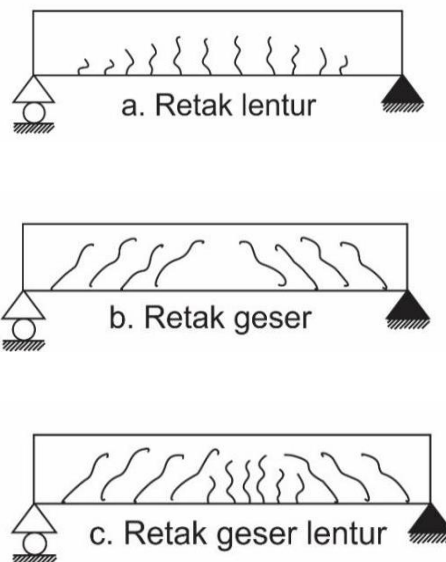
2.2.3 Retakan Pada Balok

Inisiasi retak umumnya menunjukkan bahwa lebar retak sebanding dengan jumlah tegangan yang berkembang pada ketebalan beton tertentu yang menutupi

tulangan tarik dan tulangan. Retakan tidak dapat dicegah, tetapi ukuran retakan dapat dikurangi dengan menyebarkan atau mendistribusikan tulangan..

Bahkan jika struktur dibebani sedemikian rupa sehingga momen lentur lebih kecil dari momen retak, tegangan yang dihasilkan akan lebih kecil dari modulus kegagalan beton. Retakan kecil terjadi ketika beban dinaikkan hingga tegangan tarik mencapai f_r . Jika tegangan tarik lebih besar dari f_r , penampang akan retak. Pada dasarnya ada tiga jenis retakan balok:

1. Retakan lentur terjadi pada daerah yang momen lenturnya besar dan gaya gesernya kecil. Arah retak hampir tegak lurus terhadap sumbu balok (Gambar 3.a)
2. Retak geser balok (web shear cracks), yaitu retak miring yang terjadi pada garis netral penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil (Gambar 3.b)
3. Retak geser-lentur (*flexural shear crack*), terjadi pada sebagian balok yang sebelumnya mengalami retak bengkok. Retakan geser lentur adalah perambatan retak miring dari retak lentur yang dimulai sebelumnya (Gambar 3.c)



Gambar 3 : Jenis Retak Pada Beton

(Sumber : Dr. Edward G. Nawy, P.E. 1998)

2.2.4 Desain Kapasitas Struktur terhadap lentur

1. Lentur Pada Balok

Beban yang bekerja pada struktur dapat berupa beban berat (berorientasi vertikal) maupun beban lain seperti beban angin (yang dapat berorientasi horizontal) atau beban akibat penyusutan atau perubahan suhu, atau menyebabkan deformasi elemen struktur. Lendutan balok merupakan hasil pemanjangan akibat beban luar. Dengan bertambahnya beban, balok mengalami deformasi dan regangan tambahan, menyebabkan retak lentur (bertambah) di sepanjang bentang balok. Pada akhirnya, dengan meningkatnya beban, yaitu ketika beban luar mencapai kekuatan struktural dari elemen struktural, elemen struktural dapat runtuh. Tingkat tegangan seperti itu disebut kondisi batas kegagalan lentur

2. Keruntuhan Lentur

Jenis kegagalan yang dapat terjadi pada balok lentur tergantung pada karakteristik penampang balok dan dapat dibagi menjadi tiga jenis:

a. Kegagalan struktur Terhadap Tekan

Kondisi penampang beton dengan kegagalan tekan menyebabkan beton runtuh sebelum tulangan runtuh. Artinya regangan tekan beton sudah melebihi regangan kritis 0,003, tetapi regangan tarik tulangan belum mencapai leleh, atau $\epsilon_c' = \epsilon_{cu}'$ tetapi $\epsilon_s < \epsilon_y$ seperti gambar 4 (b). Balok yang mengalami mode kegagalan ini terjadi terhadap penampang dengan rasio tulangan (ρ) yang besar, dan disebut *over-reinforced*.

Beton kuat terhadap beban tekan, tetapi rapuh, sehingga keruntuhan beton semacam ini disebut keruntuhan tekan atau keruntuhan getas. Untuk balok yang mengalami keruntuhan getas, lendutan balok relatif konstan (tidak bertambah) karena tulangan masih kuat (belum meleleh) pada awal keruntuhan beton. Namun, beban berat di bagian atas balok dapat melelehkan tulangan dan menyebabkan balok runtuh secara tiba-tiba tanpa

ada tanda atau peringatan adanya peningkatan defleksi. Sistem desain beton bertulang yang mengarah pada penguatan berlebih tidak diperbolehkan, karena situasi seperti itu sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup manusia.

b. Kegagalan struktur seimbang

Pada penampang beton dengan keruntuhan seimbang, baja luluh segera setelah beton runtuh. Artinya, regangan tekan beton mencapai regangan kritis 0,003 sedangkan regangan tulangan mencapai luluh, seperti gambar 4 (c). Kegagalan balok tersebut terjadi pada penampang beton dengan rasio tulangan yang seimbang (balance). Rasio tulangan *balance* diberi notasi ρ_b .

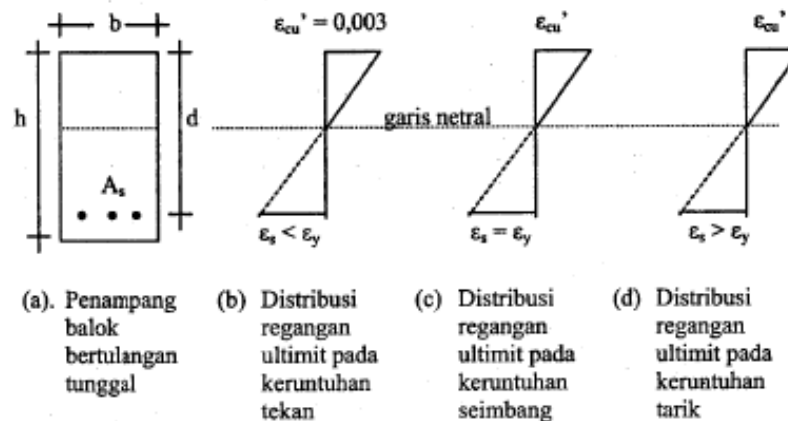
Karena beton dan tulangan rusak pada saat yang sama, kekuatan beton dan tulangan dapat dimanfaatkan sepenuhnya, dan kombinasi penggunaan beton dan tulangan menjadi ekonomis. Sistem perencanaan beton bertulang yang demikian merupakan sistem perencanaan yang ideal, namun dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ketidaktepatan mutu baja dengan grade baja yang direncanakan, ketidaktepatan mutu beton pada saat pelaksanaan, dll sulit dilakukan. Produksi mortar kualitas beton yang direncanakan dan ketidaktepatan perhitungan perencanaan karena pembulatan.

c. Kegagalan struktur terhadap tarik

Pada bagian beton dengan kegagalan tarik, tulangan patah sebelum beton runtuh. Artinya regangan tarik tulangan sudah mencapai titik leburnya, tetapi regangan tekan beton belum mencapai regangan ultimate 0,003. atau $\varepsilon_s = \varepsilon_y$ tetapi $\varepsilon_c < \varepsilon_{cu}$, seperti terlihat pada gambar 4 (d). Balok patah seperti itu terjadi pada bagian dengan tingkat tulangan (ρ) yang kecil, dan disebut *under – reinforced*.

Karena kerusakan terjadi pada tulangan di bawah beban tarik terlebih dahulu dan tulangan bersifat ulet, jenis kegagalan beton ini disebut kegagalan tarik atau ulet. Bila terjadi kegagalan balok dalam tarik, meskipun tulangan sudah mulai mencair, beton masih kuat (belum runtuh) dan balok dapat melorot. Beban yang besar pada bagian atas balok dapat menyebabkan balok menjadi lentur dan akhirnya roboh. Sistem desain beton bertulang lebih aman dan lebih dapat diterima karena situasi seperti itu mungkin "menguntungkan" bagi kelangsungan hidup manusia karena memberikan "peringatan" tentang peningkatan defleksi sebelum runtuh. (Asroni, 2010)

Gambar berikut menunjukkan distribusi regangan penampang beton untuk tiga jenis keruntuhan.

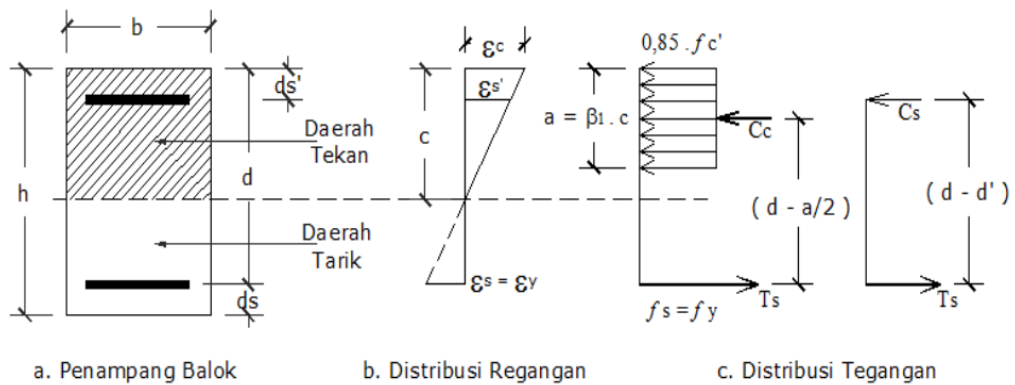


Gambar 4 : Distribusi Regangan *Ultimate* Pada Keruntuhan Lentur

(Sumber : Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang, 2010)

3. Kuat Lentur Balok Bertulang

Distribusi tegangan dan regangan pada beton di seluruh penampang sesuai dengan kurva tegangan-regangan beton seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. :



Gambar 5 : Distribusi Tegangan Regangan Balok Bertulang Rangkap

(Sumber : Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang, 2010)

Pada Gambar 5 di atas, distribusi tegangan berbentuk kurva dengan nilai 0 pada garis netral, dan tegangan maksimum, tegangan tekan C_c , tidak berada di tepi luar serat tekan, melainkan di dalamnya. Pada suatu takaran tertentu balok beton dapat memikul beban hingga regangan tekan beton maksimum (ϵ_c maks) mencapai 0,003 sedangkan tegangan tarik tulangan mencapai titik luluh f_y . Ketika ini terjadi, bagian tersebut disebut bagian keseimbangan perpanjangan atau bagian penguatan keseimbangan. Ini berarti komposisi beton yang mengandung baja dalam jumlah tertentu juga memberikan tingkat kegagalan tertentu.

Notasi T_s adalah resultan tegangan dalam, tegangan total yang dihitung untuk daerah di bawah garis netral. Kedua gaya ini bekerja dengan besaran yang sama dan sejajar tetapi berlawanan arah dan dipisahkan oleh jarak (c), sehingga membentuk sepasang modulus penampang dalam. Nilai maksimumnya adalah kekuatan lentur atau modulus penampang salib. Bagian dari balok lentur. Kapasitas momen nominal dapat dihitung dengan rumus berikut:

daerah Compresi / Tekan (C_c)

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \dots\dots\dots(4)$$

daerah Compresi / Tekan tulangan (C_s)

$$C_s = A_s' \cdot F_y \dots\dots\dots(5)$$

Daerah lentur (T)

$$T = A_s \cdot F_y \dots\dots\dots(6)$$

Berdasarkan keseimbangan gaya horizontal gaya internal $C_c + C_s = T$, sehingga menghasilkan persamaan $0,85 \cdot f_c' \cdot a + A_s' \cdot F_y = A_s \cdot F_y$.

Tinggi blok tegangan (a)

$$a = \frac{(A_s - A_s') F_y}{0,85 \cdot f_c' b} \dots\dots\dots(7)$$

Lengan Momen gaya-gaya dalam (z)

$$z = d - a/2 \dots\dots\dots(8)$$

dari uraian di atas, kemudian untuk menghitung Momen lentur nominal (M_n) dapat menggunakan persamaan :

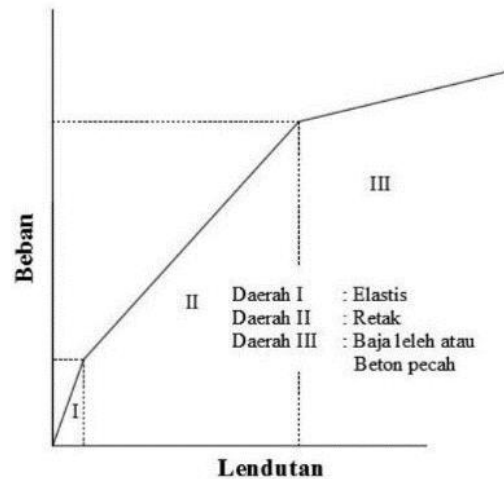
$$M_n = (A_s - A_s') \cdot F_y \cdot z + A_s' \cdot F_y (d - d') \dots\dots\dots(9)$$

Saat mengukur kekuatan lentur, diperlukan faktor reduksi untuk momen yang dihasilkan.

$$\phi M_u \leq M_n \dots\dots\dots(10)$$

dimana untuk koefisien reduksi lentur (ϕ) lentur adalah 0,8

2.2.5 Lendutan Pada Balok



Gambar 6 : Hubungan Beban Lendutan Pada Balok

(Sumber : Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang, 2010)

Hubungan beban-lendutan balok beton bertulang pada dasarnya dapat diidealkan menjadi bentuk trilinear, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Hubungan ini memiliki tiga area sebelum putus.

Daerah I : Daerah Pra-retak, tidak terjadi retak sama sekali

Daerah II : Daerah setelah retak, di mana komponen mengembangkan retakan yang terkendali dan dalam toleransi yang dapat diterima baik dalam distribusi maupun lebarnya.

Daerah III : Daerah pasca-*serviceability*, di mana tegangan pada tulangan tarik sudah mencapai tegangan lelehnya.

2.3 Bambu

Bambu memiliki sifat yang bermanfaat yaitu kuat, lurus, pipih, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk, mudah diolah dan dikerjakan, menjadikannya salah satu sumber daya alam yang banyak dimanfaatkan masyarakat. batang transportasi. Selain itu, bambu banyak dijumpai di dekat pemukiman, terutama di pedesaan,

sehingga harganya relatif murah dibandingkan bahan lainnya. Bambu merupakan tanaman serbaguna bagi sebagian besar masyarakat di Indonesia.

Bambu merupakan bahan bangunan yang banyak digunakan sebagai elemen struktur seperti kolom, balok, kasau, jembatan dan furnitur. Selain manfaat di atas, bambu diketahui masih sangat muda dan tumbuh sangat cepat (Frick, 2004). Pada penelitian ini jenis bambu yang digunakan adalah bambu khas Kabupaten Gowa yaitu bambu jenis bulupering



Gambar 7 : Bambu Khas Gowa

(Sumber : Penelitian Fajar dkk.)

2.3.1 Standar Pengujian (ISO 22157 – 2019)

Standar ini menetapkan prosedur pengujian untuk specimen yang diperoleh dari batang bambu bulat. Data yang diperoleh dari metode pengujian ini dapat digunakan untuk menetapkan sifat fisik dan mekanik dari bambu yang akan digunakan untuk desain rekayasa struktur atau penelitian lainnya.

Dokumen ini menyediakan metode untuk mengevaluasi sifat fisik dan kekuatan berikut: kadar air, densitas, massa per satuan panjang; sifat kekuatan sejajar dengan arah serat, tekan, tarik dan tekuk, dan sifat kekuatan tegak lurus terhadap arah serat, tarik dan tekuk.

2.3.2 Sifat bambu

Penggunaan bambu sebagai alternatif tulangan beton pada struktur bangunan sederhana memerlukan pengetahuan yang baik tentang sifat fisik dan mekanik material, serta ekonomis, aman, dan harus memenuhi persyaratan secara uji laboratorium.

1. Sifat Karakteristik Bambu

a. Kadar Air dan Berat Jenis

Kadar air didefinisikan sebagai jumlah air yang terkandung dalam bahan sampel atau dinyatakan sebagai persentase berat air yang terkandung dalam bahan sampel relatif terhadap berat kering oven. Kadar air setiap bambu bisa berbeda-beda. Hal ini disebabkan pengaruh kondisi udara atau atmosfer. Kadar air bambu pada kondisi kering udara maksimum adalah 20%. Untuk menghitung kadar air berdasarkan ISO 3130-1975 dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$KA (\%) = \frac{BA-BKT}{BKT} \times 100\% \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

BA = Berat bambu sebelum dioven

BKT = Berat bambu setelah dioven

Berat jenis bambu adalah perbandingan antara berat bambu dengan berat air yang sama dengan volumenya. Berat jenis dan berat jenis bambu ditentukan oleh jumlah material kayu, sehingga berat jenis dan berat jenis bambu menentukan sifat fisik dan mekaniknya. Menurut Leise (1980), berat jenis

bambu berkisar antara 0,5 – 0,9 gr/cm². Untuk menghitung berat jenis bambu berdasarkan ISO 3130-1975 dapat menggunakan rumus :

$$BJ = \frac{Wa}{Gb} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

Wa = Berat benda uji kering oven (gr)

Gb = Berat air (gr)

b. Swelling dan Shringkage

Pembengkakan dan penyusutan didefinisikan sebagai perubahan dimensi material yang menyebabkan perubahan kadar air material. Bambu dikenal sebagai bahan dengan tingkat penyusutan yang tinggi, sehingga perlu dipahami penggunaannya sebagai bahan pengolahan dan bahan bangunan.

2. Sifat Mekanis Bambu

a. Kapasitas tarik

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Morisco pada tahun 1999 menunjukkan perbandingan kekuatan tarik bambu ori dan bambu petun terhadap baja ringan dengan kekuatan luluh 2400kg/cm². Kekerasan bambu untuk retak.

Rumus untuk mengetahui kuat tarik bambu berdasarkan ISO 3132-1975 adalah sebagai berikut :

$$ft// = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

Ft // = Kuat tarik sejajar serat (MPa)

P = Beban (N)

A = Luas Area Penampang

b. Kapasitas Lentur

Kekuatan lentur mengukur kemampuan suatu bahan untuk menahan lentur (beban) tegak lurus terhadap sumbu longitudinal serat di tengah bahan yang didukung pada kedua ujungnya, tanpa deformasi permanen.

2.3.2 Bambu Sebagai Material Konstruksi

Bambu merupakan salah satu alternatif pengganti tulangan baja pada struktur beton karena memiliki banyak keunggulan. Dari segi kekuatan, kekuatan tarik bambu tergolong tinggi, mencapai 370 MPa (Ghavami, 2005). Dari segi ekonomi, harga bambu jauh lebih murah dibandingkan dengan harga baja tulangan dengan kekuatan yang sama. Pada saat yang sama, bambu mudah didapat, mudah ditanam, dapat tumbuh dengan cepat dan merupakan sumber daya terbarukan. Bambu yang digunakan sebagai bahan bangunan minimal berumur 2-3 tahun tanam dan dapat dipanen kembali tanpa penanaman kembali.

Bambu yang digunakan sebagai tulangan beton harus direndam, dikeringkan dan dilapisi dengan lapisan kedap air seperti wood stain, epoksi, melamin, pernis dan lain-lain. Hal ini untuk mencegah saling resapan air antara bambu dan beton. Penyerapan berlangsung dalam dua tahap. Tahap pertama adalah saat beton basah. Air beton basah diserap oleh bambu higroskopis, menyebabkannya membengkak. Pada tahap kedua setelah beton mengeras, air di dalam bambu diikat oleh molekul semen di dalam beton. Proses ini disebut proses hidrolisis dan berlanjut tanpa batas. Oleh karena itu, jika bambu tidak dilapisi dengan lapisan kedap air, maka bambu yang awalnya mengandung banyak air akan menyusut karena air tersebut terikat oleh beton.

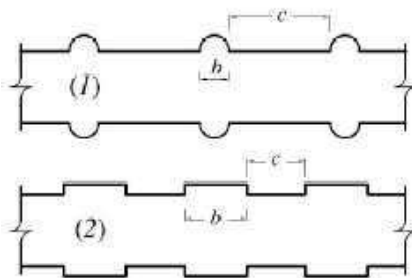
Sebagian besar kegagalan beton bertulang bambu disebabkan oleh daya lekat yang kurang baik antara beton bertulang bambu dengan beton. Hal ini menyebabkan daya rekat yang buruk antara tulangan bambu dan beton :

- Tulangan bambu memiliki permukaan yang licin.
- Koreksi kekasaran permukaan tulangan bambu yang tidak sempurna.
- modulus elastis material tulangan bambu lebih kecil dibandingkan dengan beton.

Peningkatan daya dukung balok beton bertulang bambu dapat ditingkatkan setelah diterapkan beberapa perlakuan pada tulangan bambu seperti Perendaman, pengeringan, pengaplikasian lapisan anti air, taburan pasir kering untuk tujuan memodifikasi kekasaran permukaan tulangan bambu seperti takikan.

2.3.3 Takikan Bambu

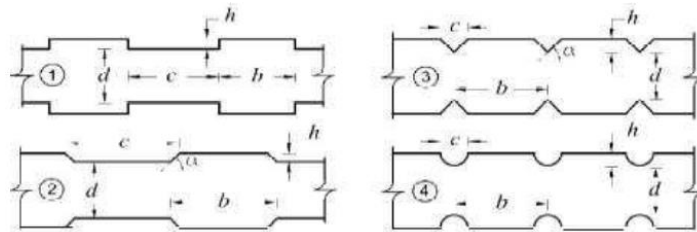
Permukaan bambu yang halus (tidak berulir) dapat menyebabkan selip antara tulangan dan beton. Penggunaan takikan pada permukaan tulangan bambu dapat meningkatkan kekuatan rekat antara tulangan dan beton. Takik pada tulangan bambu memiliki fungsi yang sama dengan baut pada tulangan baja karena takikan dapat mengunci beton di sekitar tulangan agar tidak tergelincir sehingga beton dapat masuk ke dalam ceruk antara ulir tulangan baja.



Gambar 8 : (a) Tipikal tulangan baja ulir (b) Bambu Takikan

(Sumber : Azadeh, 2013)

Untuk jenis-jenis takikan terdapat beberapa jenis tipe takikan yaitu takikan tipe U, takikan tipe trapesium, takikan tipe V, dan takikan tipe setengah lingkaran. Berikut gamabran masing-masing tipe takikan :



Gambar 9 : Bentuk Takikan

(Sumber : Azadeh, 2013)

2.4 Metode *retrofit* pada beton bertulang

Retrofitting adalah kegiatan memperkuat atau memperbaharui struktur bangunan yang sudah ada untuk menghemat biaya desain bangunan. Upgrade ini bertujuan untuk membuat peningkatan kapasitas beban bangunan yang lebih kuat dari sebelumnya. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum melakukan *retrofit* :

1. Survey Keadaan Eksisting Bangunan
2. Cek Kualitas Material Bangunan Yang Digunakan
3. Mencari sebab terjadinya kerusakan
4. Analisa kapasitas bangunan dalam menerima beban
5. Jika dianggap tidak mampu menahan beban maka perlu diadakan *retrofit*
6. Setelah dilakukan *retrofit* maka perlu dilakukan Analisa Kembali terhadap kemampuan struktur.

Berikut adalah jenis retrofit yang banyak kita jumpai pada saat pekerjaan konstruksi:

1. Persingkat bentang dengan menambahkan penyangga atau palang baru.
2. Pendimensian dengan memperbesar beton eksisting menggunakan bahan beton SCC (Self Compacting Concrete) atau mortar semen yang tidak menyusut.
3. Penambahan pelat baja untuk menambah kekuatan tarik bagian bangunan.
4. Menggunakan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*)

2.5 Galvanish Wiremesh

Wire mesh adalah jaring baja berbentuk persegi panjang yang dapat digunakan untuk tulangan beton, terutama pada struktur pelat beton bertulang. Keuntungan menggunakan kawat ayam adalah proses konstruksi bangunan lebih cepat dan konstruksi beton lebih presisi sehingga menghasilkan kualitas bangunan yang lebih baik dan biaya yang lebih rendah..



Gambar 10 : *Wiremesh*

(Sumber : Google)

2.6 Self Compacting Concrete (SCC)

Self compacting concrete (SCC) adalah beton yang memiliki sifat plastis dan dapat mengalir secara alami tanpa perlu dipadatkan dengan menggunakan alat pemadat/vibrator mekanik. Dalam pembuatannya, bahan yang digunakan harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Diameter agregat kasar maksimal 20 mm
2. Modulus kehalusan aggregate kasar antara 2.5 – 3.2
3. Agregat gabungan harus dianalisis secara hati-hati untuk mendapatkan gradasi yang tepat dan kompak sesuai dengan persyaratan.
4. Perbandingan jumlah gabungan agregat kasar dan aggregate kasar 45% - 55%

5. Aditif dapat digunakan untuk mengurangi air pencampur dan mempertahankan koefisien air semen yang rendah untuk mengurangi pencampuran dan pemisahan
6. Nilai *Slump flow* berkisar antara 60 – 75 mm

Dengan menerapkan kriteria di atas dapat diperoleh komposisi campuran SCC dengan keunggulan sebagai berikut: :

1. Stabil dan Homogen
2. Pemadatan manual tidak dibutuhkan
3. Porositas lebih kecil
4. Proses pekerjaan lebih singkat
5. Angka penyusutan lebih kecil
6. Lebih efisien membungkus tulangan pada beton

2.6.1 Bahan Tambah (*Admixture*)

Aditif yang digunakan, superplasticizers, adalah aditif kimia yang merupakan generasi terbaru dari superplasticizers untuk beton dan mortar. Khusus dikembangkan untuk produksi beton cair permanen. Penggunaan superplasticizer menghemat sejumlah besar air dan memastikan aliran yang sangat baik dengan kohesi yang optimal dan sifat pemadatan sendiri dari beton pada saat yang bersamaan. Bahan kimia ini digunakan dalam beton seperti :

1. Beton fluiditas tinggi
2. Beton yang dapat padat dengan sendirinya
3. Beton dengan kebutuhan reduksi air yang sangat tinggi (hingga 30%)
4. Beton berkekuatan tinggi

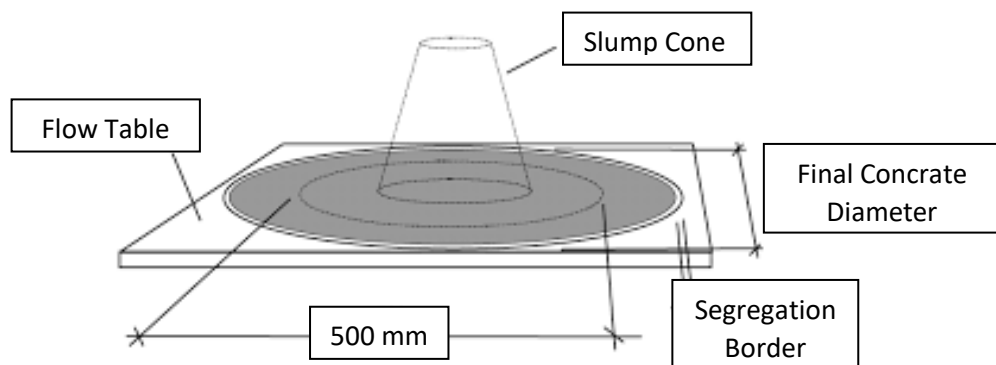
2.6.2 *Slump Flow*

Kapasitas pengisian campuran beton ditentukan dengan uji aliran slump, berbeda dengan beton konvensional, pengujian ini dilakukan secara terbalik. Persyaratan fillability yang harus dipenuhi menurut klasifikasi pada Tabel 1.

Tabel 1 : Klasifikasi Uji *Slump Flow*

Klasifikasi	Slump Flow (mm)
SF 1	550 – 650
SF 2	660 – 750
SF 3	760 – 850

(Sumber : EFNARC, 2005)

**Gambar 11** : *Slump Cone*

(Sumber : EFNARC, 2005)