

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Beton

2.1.1 Pengertian Beton

Beton adalah material komposit yang terdiri dari campuran semen, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), air, dan bahan tambahan (aditif) yang digunakan untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Beton memiliki karakteristik utama berupa kekuatan tekan yang tinggi, tetapi lemah dalam menahan tarik, sehingga dalam konstruksi sering dikombinasikan dengan baja tulangan untuk meningkatkan daya tahannya terhadap gaya tarik dan geser (Dumyati & Manalu, 2015). Kombinasi antara beton dan baja tulangan menciptakan beton bertulang yang banyak digunakan dalam elemen struktural seperti balok, kolom, dan pelat lantai, guna memastikan stabilitas dan ketahanan bangunan dalam jangka panjang.

Menurut standar yang berlaku, seperti (SNI 03-2847-2002) beton diklasifikasikan berdasarkan mutu dan fungsinya. Mutu beton umumnya diukur dari kuat tekannya dalam satuan MegaPascal (MPa) yang diperoleh melalui pengujian kuat tekan setelah beton berumur 28 hari. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa beton yang digunakan dalam konstruksi memenuhi persyaratan teknis yang diperlukan, terutama dalam proyek dengan tuntutan keamanan tinggi.

2.1.2 Material Penyusun Beton

Beton umumnya tersusun dari 3 (tiga) bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, dan air. Jika diperlukan, bahan tambah kimia (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Berikut ini adalah bahan penyusun beton :

2.1.2.1 Semen

Semen adalah zat yang digunakan untuk merekatkan batu bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya. Salah satu jenis semen yaitu

portland composite cement (PCC), kegunaan *portland composite cement* (PCC) secara luas adalah bahan pengikat untuk konstruksi beton umum, pasangan batu, beton pracetak, beton pratekan, *paving block*, plesteran, acian dan sebagainya. Karakteristik *portland composite cement* (PCC) lebih mudah dikerjakan, kedap air, tahan sulfat, dan tidak mudah retak.

Bahan kimia yang terkandung dalam bahan baku semen dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kandungan Bahan-bahan Kimia Dalam Bahan Baku Semen

Oksida	%
Kapur (CaO)	60-65
Silica (SiO ₂)	17-25
Alumina (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

(Sumber : Tjokrodimuljo, 2007)

2.1.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik beton akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Dari ukuran butirannya, agregat dibedakan menjadi 2 (dua) golongan yaitu agregat halus dan agregat kasar:

A. Agregat Halus

Agregat halus disebut pasir, berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau hasil pemecahan batu. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari 4,75

mm (ASTM C 125-06). Agregat yang butir-butirnya lebih kecil 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut *slit*, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut *clay*. Adapun gradasi agregat halus yang baik dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Batasan Susunan Butiran Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos Saringan			
	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : Tjokrodinuljo, 2007)

Keterangan :

Daerah 1 : Pasir kasar

Daerah 2 : Pasir agak kasar

Daerah 3 : Pasir agak halus

Daerah 4 : Pasir halus

B. Agregat Kasar

ASTM C 33-03 dan ASTM C 125-06 mengemukakan, agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 4,75 mm. ketentuan mengenai agregat kasar, antara lain :

1. Harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori.
2. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang relative alkali.

4. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 2%, apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat harus dicuci.

Batasan susunan butir agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Persyaratan Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos Saringan	
	40 mm	20mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	22-55
4.8	0-5	0-10

(Sumber : Tjokrodinuljo, 2007)

2.1.2.3 Air

Air memainkan peranan penting dalam komposisi beton karena menjadi medium bagi reaksi hidrasi semen, proses kimia yang menghasilkan kekuatan struktural pada beton. Mutu air yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas beton akhir. Apabila air mengandung kontaminan seperti garam atau zat organik, maka akan terjadi penurunan kekuatan serta ketahanan beton secara drastis (Hamdi et al., 2022). Selain itu, jumlah air harus disesuaikan dengan rasio air terhadap semen yang optimal, sebab kelebihan air akan meningkatkan porositas dan menurunkan kekuatan tekan beton.

Menurut penelitian Andika & Safarizki (2019), air tidak hanya berfungsi sebagai salah satu bahan pembentuk beton, tetapi juga sebagai agen kimia yang mengawali proses pengerasan. Penggunaan air dalam takaran yang tepat dapat menghasilkan beton yang lebih padat dan memiliki daya tahan tinggi. Pane et al., (2015) juga menjelaskan bahwa dalam pengujian terhadap kuat tarik lentur beton, keberadaan air sangat berperan dalam menjaga keseragaman campuran dan memperkuat ikatan antar bahan, terlebih saat digunakan bersama agregat dengan ukuran yang bervariasi. Dengan demikian, air tidak hanya bersifat tambahan, tetapi merupakan komponen kunci dalam menentukan mutu akhir beton

Persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut (SNI 03-6861 . 1-2002b) antara lain :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Air campuran yang digunakan tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
4. Kandungan klorida (Cl) < 0,50 gram/liter dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO₃.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
6. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat di atas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 0,05 gram/liter.

2.1.3 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan beban tekan per satuan luas hingga batas kegagalannya, yaitu saat beton mulai retak atau hancur. Nilai ini dinyatakan dalam satuan megapascal (MPa) atau (N/mm²) dan umumnya diperoleh melalui pengujian di laboratorium dengan menggunakan mesin uji tekan pada benda uji berbentuk silinder atau kubus setelah beton mencapai umur tertentu, biasanya 28 hari (Dumyati & Manalu, 2015).

Menurut (SNI 1974-2011) menyatakan bahwa rumus kuat tekan beton sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

f'_c = kuat tekan (Mpa)

P = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

2.1.4 Pengaruh Asam Sulfat Terhadap Beton

Beton yang terpapar lingkungan agresif seperti larutan asam sulfat (H_2SO_4) cenderung mengalami penurunan kualitas dan kekuatan struktural. Reaksi kimia antara asam sulfat dengan senyawa kalsium hidroksida $[Ca(OH)_2]$ pada pasta semen menghasilkan kalsium sulfat ($CaSO_4$) atau gipsum yang bersifat rapuh. Selanjutnya, gipsum dapat bereaksi dengan senyawa aluminat dalam semen membentuk ettringite yang memiliki volume lebih besar sehingga menimbulkan retakan dan memperbesar porositas beton. Proses ini mempercepat degradasi serta menurunkan kemampuan beton dalam menahan beban. Penelitian dalam negeri menunjukkan bahwa beton yang direndam dalam larutan H_2SO_4 setelah proses *curing* mengalami penurunan kuat tekan secara signifikan seiring dengan bertambahnya waktu perendaman (Suhana & Mualifah, 2017).

2.2 Balok Beton

2.2.1 Pengertian Balok

Balok beton bertulang adalah bagian penting dari struktur bangunan karena mampu menahan beban lentur dan gaya geser dengan baik. Menurut penelitian oleh Wicaksono et al. (2019), bentuk dan susunan tulangan, seperti penggunaan sengkang, sangat berpengaruh dalam memperkuat balok. Dalam uji coba yang dilakukan, balok yang dipasang sengkang terbukti lebih stabil dibandingkan dengan balok yang tidak menggunakan sengkang, terutama saat menerima beban dari atas. Hasil ini menunjukkan bahwa elemen tambahan seperti sengkang memiliki peran penting dalam menjaga kekuatan dan kestabilan balok agar tidak mudah berubah bentuk.

Selain itu, kekuatan tekan beton juga sangat memengaruhi kemampuan balok dalam menahan lentur. Dalam studi oleh Sumajouw et al. (2015), ditemukan bahwa balok yang dibuat dari beton berkualitas tinggi memiliki daya tahan lentur yang lebih baik. Beton dengan mutu tinggi mampu membentuk ikatan yang lebih kuat dengan tulangan di dalamnya, sehingga membuat balok menjadi lebih kokoh secara keseluruhan. Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pemilihan bahan dan susunan tulangan yang tepat sangat penting dalam merancang balok beton, terutama untuk bangunan bertingkat dan konstruksi tahan gempa.

2.2.1.1 Balok Berdasarkan Tulangan

1. Balok Beton dengan Tulangan

Beton memiliki kelebihan yaitu dapat menahan gaya desak yang cukup tinggi tetapi memiliki kekurangan yaitu kemampuannya dalam menahan gaya tarik yang begitu rendah. Sedangkan besi atau baja memiliki kelebihan yaitu mampu menahan gaya tarik yang begitu tinggi tetapi memiliki gaya tekan yang rendah. Kedua hal inilah yang mencoba dikombinasikan dengan cara membuat balok dengan memberikan tulangan terutama bagian bawah karena gaya tarik terbesar yang dialami balok terjadi pada bagian bawah.

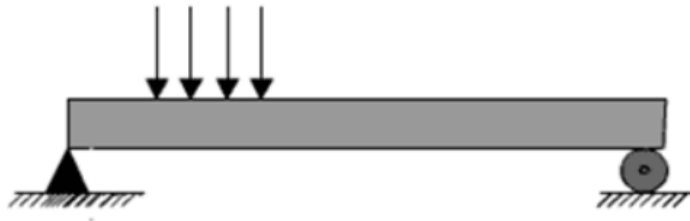
2. Balok Tanpa Tulangan

Balok semacam ini dibuat untuk bagian struktural yang tidak begitu penting dan hanya menahan gaya tekan saja karena beton memiliki kelebihan yaitu mampu menahan gaya tekan yang begitu tinggi tetapi memiliki kekurangan dalam menahan gaya tarik.

2.2.1.2 Balok Berdasarkan Perkembangannya

1. Balok Sederhana (Simple Beam)

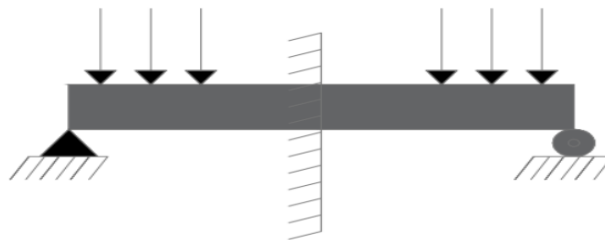
Balok sederhana adalah sebuah balok yang ditumpu pada kedua ujungnya dengan memiliki sebuah sendi di salah satu ujungnya dan sebuah rol di salah satu ujung yang lainnya. Balok sederhana (simple beam) ditunjukkan pada gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Balok Sederhana

2. Balok Teritisan

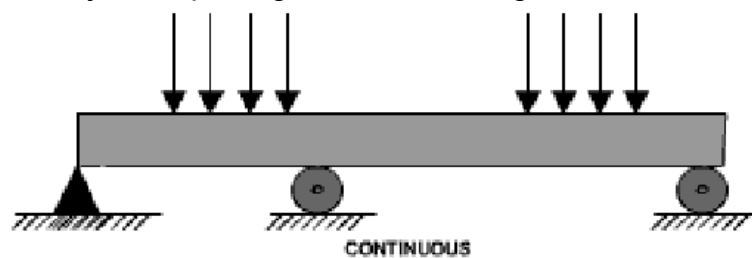
Balok teritisan adalah contoh balok sederhana yang memiliki bentuk memanjang dan melewati salah satu kolom tumpuannya. Balok teritisan ditunjukkan pada gambar 2.2 sebagai berikut :



Gambar 2. 2 Balok Teritisan

3. Balok Menerus

Balok menerus adalah balok yang memanjang secara menerus dan melewati lebih dari dua kolom tumpuan agar diperoleh momen yang lebih kecil dan kekakuan yang lebih besar dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang sama pada bangunan. Balok menerus ditunjukkan pada gambar 2.3 sebagai berikut :



Gambar 2. 3 Balok Menerus

4. Balok Kantilever

Balok kantilever adalah balok yang hanya didukung oleh salah satu ujungnya saja sedangkan ujung yang lainnya menggantung atau tidak mempunyai penyangga. Balok kantilever ditunjukkan pada gambar 2.5 sebagai berikut :



Gambar 2. 4 Balok Kantilever

5. Balok Bentang Tersuspensi

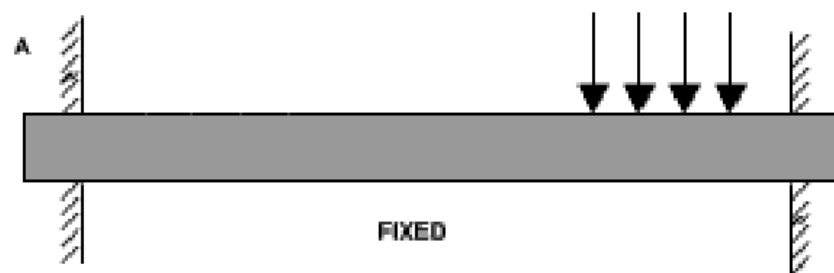
Balok dengan bentang tersuspensi adalah suatu balok yang didukung oleh teritisan dari dua bentang dengan konstruksi sambungan pin pada momen nol dan balok ini termasuk dari jenis balok sederhana. Balok tersuspensi ditunjukkan pada gambar 2.6 sebagai berikut :



Gambar 2. 5 Balok Bentang Tersuspensi

6. Balok Ujung Tetap

Balok dengan ujung tetap adalah suatu balok yang dibuat dengan ujungnya dikaitkan dengan kuat serta mampu menahan translasi dan rotasi akibat gaya momen. Balok ujung tetap ditunjukkan pada gambar 2.7 sebagai berikut:

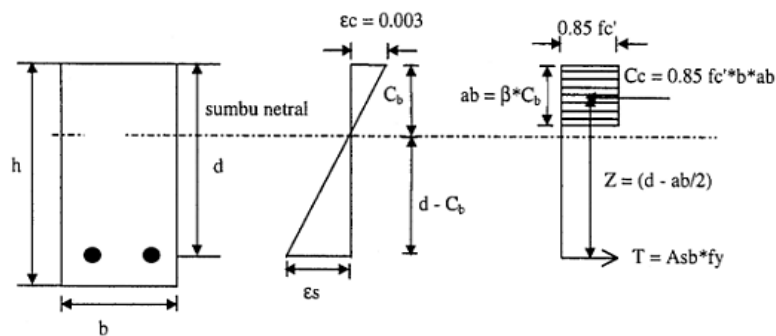


Gambar 2. 6 Balok Ujung Tetap

2.2.2 Kapasitas Lentur Balok

2.2.2.1 Kapasitas Lentur Balok Analisis

Kapasitas lentur balok beton bertulang adalah kemampuan balok untuk menahan momen lentur yang terjadi akibat pembebanan. Kapasitas lentur balok dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk kuat tekan beton, kuat tarik tulangan, jumlah dan diameter tulangan dan desain balok. Teori kapasitas lentur balok didasarkan pada asumsi bahwa penampang balok tetap rata setelah mengalami deformasi, dan tulangan tarik dan tekan berperilaku elastis – plastis, Kuat tarik beton diabaikan (tidak diperhitungkan) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan kepada tulangan bambu.



Gambar 2. 7 Distribusi tegangan dan regangan pada penampang beton

Menurut (SNI 2847-2019), menetapkan nilai β_1 sebagai berikut:

$$17 \leq f'_c \leq 28 \text{ MPa} \quad \beta_1 = 0.85$$

$$28 < f'_c < 55 \text{ MPa} \quad \beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 (f'_c - 28)}{7}$$

$$f'_c \geq 55 \text{ MPa} \quad \beta_1 = 0.65$$

Kondisi regangan seimbang (balance) terjadi jika:

$$\epsilon_c' = 0.003 \text{ dan } \epsilon_s = \epsilon_y \frac{f_y}{E_s}$$

sehingga pada kondisi balance, momen nominal analisis dapat dihitung dengan persamaan:

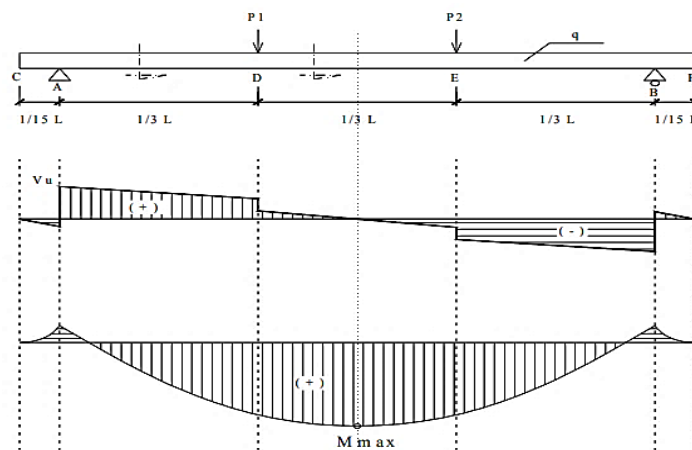
$$M_n = (A_s \times f_y) \times (d - a/2)$$

$$a = \frac{(A_s \times f_y)}{0.85 \times f'_c \times b}$$

dengan M_n = Kapasitas lentur nominal, ϕ = Faktor reduksi kekuatan, A_s = Luas tulangan tarik (mm^2), f_y = Kuat leleh tulangan, d = Tinggi efektif balok, a = Tinggi blok tegangan tekan, dan c = jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)

Dalam desain struktur beton bertulang konvensional, parameter tegangan leleh (f_y) digunakan karena baja tulangan memiliki perilaku plastis yang jelas, di mana terdapat batas leleh sebelum material mencapai kegagalan. Namun, bambu sebagai material alami berserat tidak menunjukkan perilaku leleh yang jelas seperti baja, melainkan menunjukkan peningkatan tegangan secara linier hingga mencapai titik patah (failure). Oleh karena itu, dalam penelitian ini, kuat tarik maksimum (ultimate tensile strength) hasil uji tarik bambu digunakan sebagai pendekatan terhadap nilai f_y dalam perhitungan kapasitas lentur nominal. Pendekatan ini umum dilakukan dalam penelitian yang melibatkan material alami seperti bambu yang tidak memiliki zona plastis atau titik leleh yang terdefinisi secara jelas (Amada et al., 1997)

2.2.2.2 Kapasitas Lentur Balok Pengujian



Gambar 2. 8 Diagram Momen Lentur dan Geser

Reaksi Tumpuan:

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ &= - (RBV \times 0,78) + (0,5P \times 0,52) + (0,5P \times 0,26) + (q \times 0,78) \times 0,39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,39P + 0,304 q - 0,78 RBV \\
 RAV=RBV &= 0,5P + 0,39q \\
 X &= \frac{1}{2} L = \frac{1}{2} \times 0,78 = 0,39 \\
 M_{max} &= (RAV \times 0,39) - (0,5P \times 0,13) - (q \times 0,39) 0,195 \\
 &= (0,5P \times 0,39q) 0,39q - 0,065P - 0,076q \\
 &= (0,195P - 0,065P) + (0,152q - 0,076q) \\
 M_{max} &= 0,13P + 0,076q
 \end{aligned}$$

2.3 Tulangan Beton

2.3.1 Pengertian Tulangan Beton

Tulangan beton merupakan elemen penting dalam struktur beton bertulang yang berfungsi untuk menahan gaya tarik, tekan, dan geser dalam suatu bangunan. Meskipun beton memiliki kemampuan menahan tekanan yang tinggi, material ini kurang efektif dalam menghadapi gaya tarik. Oleh karena itu, penambahan tulangan (biasanya berupa baja) diperlukan guna meningkatkan kekuatan dan kestabilan struktur. Dalam praktik konstruksi modern, fungsi tulangan tidak hanya terbatas pada aspek struktural, tetapi juga menjadi fokus dalam kajian ketahanan terhadap lingkungan yang bersifat agresif, seperti wilayah yang rentan korosi. (Barmawi et al., 2021).

2.3.2 Tulangan Longitudinal

Tulangan longitudinal merupakan elemen penting dalam beton bertulang yang berfungsi untuk menahan gaya tarik serta memperkuat struktur terhadap beban lentur dan beban aksial. Tulangan ini dipasang sejajar dengan arah memanjang dari elemen struktur, seperti balok, kolom, maupun pelat beton. Pada balok, tulangan longitudinal umumnya ditempatkan di sisi bawah untuk menahan gaya tarik akibat pengaruh momen lentur. Sementara itu, pada kolom, tulangan ini berperan dalam menahan gaya tekan, membantu menghadapi gaya geser, serta meningkatkan kelenturan (daktilitas) struktur. Pemilihan ukuran, jumlah, dan posisi tulangan longitudinal harus didasarkan pada hasil analisis

struktural dan mengikuti ketentuan dalam standar yang berlaku, seperti SNI atau ACI, demi memastikan kekuatan dan keamanan bangunan. Selain itu, tulangan longitudinal perlu dikombinasikan dengan tulangan transversal atau sengkang agar posisinya tetap stabil dan untuk membantu mengontrol retakan serta deformasi pada beton (Rahmatur et al., 2025).

2.3.3 Tulangan Geser

Tulangan geser memiliki peran krusial dalam balok beton bertulang, yakni untuk menahan gaya melintang atau gaya geser yang timbul akibat beban dari atas. Gaya ini dapat menyebabkan retakan diagonal pada balok jika tidak diantisipasi dengan baik. Untuk memperkuat balok terhadap gaya tersebut, sering kali digunakan kawat yang dipasang secara menyilang pada tulangan geser. Pemasangan kawat menyilang ini membantu menambah kekuatan struktur terhadap gaya diagonal, sehingga balok menjadi lebih kokoh dan tahan terhadap keretakan. Dengan demikian, tulangan geser tidak hanya meningkatkan ketahanan balok terhadap beban geser, tetapi juga memberikan kestabilan tambahan agar struktur lebih aman dalam penggunaannya (Buarlele et al., 2020).

2.3.4 Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan salah satu sifat mekanik material yang menunjukkan sejauh mana suatu bahan dapat menahan gaya tarik sebelum mengalami deformasi atau patah. Dalam bidang teknik sipil dan konstruksi, kuat tarik sangat penting karena mempengaruhi kemampuan suatu struktur dalam menahan beban tarik, terutama pada material seperti baja tulangan dalam beton bertulang (Mansur et al., 2024). Beton secara alami memiliki kuat tekan yang tinggi tetapi lemah dalam menahan gaya tarik, sehingga baja tulangan digunakan untuk meningkatkan daya tahan tarik keseluruhan struktur beton bertulang.

Uji tarik adalah metode standar yang digunakan untuk mengukur kuat tarik suatu material. Uji ini dilakukan dengan memberikan gaya tarik secara bertahap pada spesimen hingga mencapai titik luluh atau patah.

Hasil uji tarik menghasilkan parameter penting seperti tegangan luluh, tegangan tarik maksimum, dan regangan patah (Yudoprasetyo et al., 2024). Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tarik meliputi jenis material, komposisi kimia, perlakuan panas, serta kondisi lingkungan tempat material digunakan.

Dalam konstruksi beton bertulang, tulangan baja bertanggung jawab untuk menahan gaya tarik, sedangkan beton berfungsi sebagai material yang menahan gaya tekan. Kombinasi ini menciptakan struktur yang lebih kuat dan tahan lama dibandingkan beton tanpa tulangan. Menurut penelitian Yudoprasetyo et al. (2024), bentuk dan pola pemasangan tulangan dapat mempengaruhi distribusi gaya tarik dalam elemen struktur. Selain itu, kualitas lekatan antara tulangan baja dan beton juga mempengaruhi kinerja keseluruhan, di mana tulangan ulir cenderung memiliki daya rekat yang lebih baik dibandingkan tulangan polos.

$$f = \frac{P}{A}$$

keterangan:

f = kuat Tarik/tegangan Tarik bambu (kg/cm^2)

p = beban maksimum (kg)

A = Luas penampang

2.4 Bambu

2.4.1 Pengertian Bambu

Bambu adalah tanaman jenis rumput-rumputan (*Poaceae*, *subfamili Bambusoideae*) yang memiliki batang beruas-ruas dan berongga. Tumbuhan ini terkenal karena pertumbuhannya yang cepat dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti konstruksi, pertanian, seni, dan industri makanan. Bambu memiliki sifat mekanik yang unik, menjadikannya alternatif material yang kuat dan ringan. Beberapa spesies bambu bahkan memiliki kekuatan tarik yang mendekati baja, sehingga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi yang ramah lingkungan (Sudrajat, 2016).

Bambu tumbuh di berbagai wilayah tropis dan subtropis, terutama di Asia, Amerika Selatan, dan Afrika. Tumbuhan ini memiliki sistem perakaran yang kuat sehingga dapat membantu mencegah erosi tanah serta menyerap karbon dioksida dalam jumlah besar, menjadikannya tanaman yang sangat ramah lingkungan (Michandani & Arida, 2019).

2.4.2 Jenis-Jenis Bambu yang Digunakan dalam Konstruksi

Bambu telah lama digunakan sebagai bahan bangunan karena kekuatannya yang tinggi, kelenturannya, serta sifatnya yang ramah lingkungan. Beberapa jenis bambu memiliki karakteristik yang lebih sesuai untuk keperluan konstruksi, terutama dalam pembuatan rangka bangunan, dinding, atap, dan bahkan sebagai pengganti baja dalam balok beton bertulang. Berikut adalah beberapa jenis bambu yang sering digunakan dalam bidang konstruksi.

1. Bambu Petung

Bambu petung adalah salah satu jenis bambu terbesar dan paling kuat, sehingga sangat cocok digunakan dalam konstruksi bangunan berat. Bambu ini memiliki diameter batang yang bisa mencapai 20 cm dan dinding yang cukup tebal, membuatnya tahan terhadap tekanan tinggi. Bambu petung sering digunakan untuk tiang bangunan, rangka atap, dan balok struktural. Selain itu, bambu ini juga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan jembatan dan rumah panggung, terutama di daerah dengan kondisi lingkungan yang lembab dan rawan banjir.

2. Bambu Wulung

Bambu wulung memiliki karakteristik yang khas dengan warna batang yang keunguan hingga hitam keabu-abuan. Dengan diameter sekitar 5–10 cm, bambu ini memiliki dinding yang cukup tebal dan kuat, membuatnya tahan terhadap cuaca ekstrem dan serangan hama. Dalam konstruksi, bambu wulung sering digunakan untuk rangka rumah, dinding, dan perabot rumah tangga. Selain itu, karena warna batangnya yang gelap dan unik, bambu ini juga sering digunakan

sebagai bahan dekoratif untuk lantai, panel dinding, atau furnitur rumah tangga.

3. Bambu Apus

Bambu apus adalah jenis bambu dengan batang yang lebih kecil dibandingkan bambu petung dan wulung, dengan diameter sekitar 4–8 cm. Keunggulan utama bambu ini adalah fleksibilitasnya yang tinggi, sehingga mudah dibentuk dan dianyam. Dalam konstruksi, bambu apus sering digunakan untuk dinding rumah bambu, pagar, dan atap rumah. Karena sifatnya yang ringan dan mudah diproses, bambu ini juga digunakan dalam pembuatan kerajinan tangan, anyaman dinding, serta perabot rumah tangga.

2.4.3 Unsur-Unsur yang Terkandung dalam Bambu

Bambu merupakan material alami yang tersusun dari komponen utama penyusun kayu, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin, serta sebagian kecil komponen lain berupa ekstraktif dan abu mineral. Adapun unsur-unsur pada bambu menurut Larasati et al. (2019) yaitu:

1. Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel bambu dengan kadar yang cukup tinggi. Kandungan selulosa pada bambu betung (*Dendrocalamus asper*) dapat mencapai 45,02% sebelum perlakuan, dan masih berkisar antara 18,38% hingga 30,52% setelah dilakukan proses delignifikasi dengan variasi tekanan dan konsentrasi NaOH. Selulosa berfungsi sebagai penguat struktur sehingga sangat mempengaruhi kekuatan tarik dan kelenturan bambu.

2. Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polisakarida yang lebih mudah larut dibanding selulosa. Kadar hemiselulosa dalam bambu relatif lebih rendah. Pada penelitian yang sama, kandungan hemiselulosa awal mencapai 10,81%, dan mengalami penurunan drastis menjadi

2,96% setelah perlakuan delignifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa hemiselulosa mudah terdegradasi oleh perlakuan kimia dan panas

3. Lignin

Lignin berperan sebagai pengikat antar serat selulosa dan memberikan kekakuan serta ketahanan bambu terhadap serangan mikroorganisme. Bambu dari berbagai jenis (betung, ampel, andong, dan tali) mengandung lignin dengan tipe S-G-H (*Syringyl–Guaiacyl–p-Hydroxyphenyl*). Komposisi lignin berbeda antar spesies, yang memengaruhi kekuatan mekanis dan potensi penggunaan bambu dalam industri. Pada bambu betung, kadar lignin Klason dilaporkan sekitar 28,35% sebelum perlakuan.

4. Komponen Lain (Ekstraktif dan Abu)

Selain tiga komponen utama, bambu juga mengandung zat ekstraktif (seperti resin, tannin, dan gula sederhana) serta abu mineral. Meskipun jumlahnya kecil, komponen ini berpengaruh terhadap sifat ketahanan bambu terhadap degradasi biologis dan kualitas bambu dalam aplikasi struktural.

2.4.4 Kelebihan dan Kekurangan Bambu

2.4.4.1 Kelebihan Bambu dalam Konstruksi

Menurut Afdholy et al. (2025) ada beberapa kelebihan bambu dalam konstruksi antara lain:

1. Material yang ramah lingkungan dan berkelanjutan

Bambu memiliki siklus pertumbuhan yang cepat (sekitar 3-5 tahun) dibandingkan dengan kayu keras, menjadikannya sumber daya yang dapat diperbarui. Selain itu, bambu mampu menyerap karbon dioksida lebih banyak dibandingkan pohon lainnya, sehingga membantu mengurangi jejak karbon dalam industri konstruksi.

2. Kuat dan fleksibel

Bambu memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, bahkan dalam beberapa kondisi, kekuatan tariknya bisa lebih besar dibandingkan baja ringan. Fleksibilitasnya juga menjadikannya material

yang tahan terhadap guncangan gempa, terutama di daerah rawan gempa seperti Indonesia.

3. Cocok untuk struktur terapung

Dalam penelitian di Banjarmasin, bambu digunakan sebagai elemen utama dalam fondasi rumah lanting (rumah terapung). Fondasi bambu dapat bertahan dalam kondisi air dan memberikan daya apung yang baik, menjadikannya pilihan yang efisien untuk daerah dengan permukaan air yang tinggi.

4. Kemudahan dalam pemrosesan dan pemasangan

Bambu dapat dipotong dan dirakit dengan mudah tanpa memerlukan alat berat atau peralatan khusus. Dalam konstruksi rumah lanting di Banjarmasin, bambu yang digunakan hanya perlu direndam di sungai sebelum dipasang sebagai fondasi, menunjukkan bahwa proses pengolahannya sederhana dan hemat biaya.

5. Estetika dan sirkulasi udara yang baik

Bambu memberikan tampilan alami yang estetik dan cocok untuk desain bangunan tropis. Selain itu, sifatnya yang berongga memungkinkan sirkulasi udara yang lebih baik di dalam bangunan, membuatnya lebih sejuk dan nyaman di iklim panas.

2.4.4.2 Kekurangan Bambu dalam Konstruksi

Menurut Afdholy et al. (2025) ada beberapa kekurangan bambu dalam konstruksi antara lain:

1. Rentan terhadap serangan hama dan pelapukan

Bambu sangat rentan terhadap serangan rayap, kumbang bubuk, dan jamur. Untuk meningkatkan daya tahannya, diperlukan perlakuan khusus seperti perendaman dalam larutan garam atau pengasapan. Dalam penelitian di Banjarmasin, bambu yang digunakan untuk fondasi rumah lanting harus direndam di sungai sebelum digunakan agar lebih tahan lama.

2. Sensitif terhadap perubahan cuaca dan kelembapan

Bambu dapat mengalami pemuaian dan penyusutan akibat perubahan suhu dan kelembapan, yang dapat menyebabkan retakan atau deformasi pada struktur bangunan. Oleh karena itu, bambu kurang cocok digunakan di daerah dengan kondisi cuaca ekstrem tanpa perlakuan yang tepat.

3. Umur pakai yang terbatas

Tanpa perlakuan khusus, bambu memiliki umur pakai yang lebih pendek dibandingkan dengan beton atau baja. Dalam lingkungan yang lembab, bambu dapat membusuk lebih cepat, sehingga perawatan berkala diperlukan untuk memastikan ketahanan strukturnya.

4. Kurangnya standarisasi dalam konstruksi

Di Indonesia, penggunaan bambu dalam konstruksi masih terbatas pada bangunan tradisional dan beberapa proyek inovatif. Standarisasi dalam hal desain, pengolahan, dan ketahanan masih perlu ditingkatkan agar bambu dapat lebih luas diterapkan dalam konstruksi modern.

5. Perlunya perlakuan tambahan untuk meningkatkan kualitas

Untuk meningkatkan daya tahan dan kekuatan bambu, perlu dilakukan perlakuan tambahan seperti impregnasi dengan bahan pengawet atau karbonisasi. Namun, proses ini dapat meningkatkan biaya dan kompleksitas penggunaan bambu dalam konstruksi.

2.4.5 Pengawetan Bambu dengan Asam Sulfat

Pengawetan bambu merupakan proses penting untuk meningkatkan daya tahan bambu terhadap serangan organisme perusak seperti jamur dan serangga. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan merendam bambu dalam larutan asam sulfat (H_2SO_4). Asam sulfat berfungsi sebagai agen kimia yang dapat membantu menghidrolisis komponen organik seperti lignin dan hemiselulosa yang menjadi media tumbuh mikroorganisme. Dalam proses ini, bambu direndam dalam larutan asam sulfat dengan konsentrasi tertentu, lalu dikeringkan selama

14 hingga 28 hari untuk memaksimalkan penetrasi dan reaksi kimia dalam struktur serat bambu. Metode ini terbukti memperpanjang umur pakai bambu serta meningkatkan ketahanannya terhadap lingkungan lembab (Krisdianto & Ismanto, 2000)

Penggunaan asam sulfat dalam pengawetan bambu bertujuan untuk mengurangi kandungan senyawa organik yang mudah terurai, meningkatkan ketahanan terhadap kondisi alkali dalam beton, serta memperbaiki daya lekat antara bambu dan beton. Beberapa mekanisme utama dalam proses ini meliputi:

1. Pelarutan komponen organik

Asam sulfat berperan dalam menghidrolisis hemiselulosa dan sebagian lignin pada bambu, sehingga mengurangi kandungan senyawa organik yang rentan terhadap pelapukan. Dengan demikian, bambu menjadi lebih tahan terhadap mikroorganisme dan degradasi kimiawi saat digunakan dalam konstruksi beton bertulang.

2. Peningkatan adhesi dengan beton

Daya rekat antara bambu dan pasta semen sering kali menjadi tantangan dalam aplikasinya sebagai tulangan beton. Asam sulfat mampu menghilangkan minyak alami dari permukaan bambu, meningkatkan kekasaran permukaan, dan pada akhirnya memperbaiki daya lekat antara bambu dan beton.

3. Penguatan struktur serat bambu

Pengawetan menggunakan asam sulfat dapat meningkatkan kekuatan serat bambu melalui reaksi antara selulosa dan senyawa asam. Proses ini menghasilkan efek pengerasan yang meningkatkan modulus elastisitas bambu, menjadikannya lebih stabil terhadap perubahan kelembaban serta memperpanjang masa pakainya dalam konstruksi.

4. Pencegahan serangan hama dan jamur

Sifat korosif asam sulfat efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab pembusukan, seperti jamur dan bakteri.

Oleh karena itu, metode ini meningkatkan ketahanan bambu terhadap serangan hama, terutama ketika bambu digunakan dalam kondisi lembap atau kontak langsung dengan tanah.

Penelitian menunjukkan bahwa pengawetan bambu dengan asam sulfat dapat meningkatkan ketahanannya dalam beton hingga 30% dibandingkan dengan bambu yang tidak diawetkan. Selain itu, peningkatan daya rekat antara bambu dan beton berdampak positif terhadap peningkatan kuat lentur pada struktur balok beton bertulang bambu. Dengan demikian, metode ini menjadi solusi efektif untuk meningkatkan keandalan bambu sebagai material konstruksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Janssen, 1995).

2.5 Penelitian Terdahulu

Peneliti berupaya mencari penelitian sebelumnya yang relevan dengan judul penelitian ini sebagai bahan perbandingan serta untuk menggali ide-ide baru dalam penelitian ini. Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan judul penelitian ini antara lain:

1. Pengaruh Bukaannya (*Opening*) Terhadap Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang (Wijaya, 2017).

Dalam konstruksi bangunan modern, instalasi perpipaan menjadi kebutuhan penting untuk menunjang sistem mekanikal maupun elektrik. Salah satu alternatif penempatan instalasi tersebut adalah dengan membuat bukaan (*opening*) pada balok. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi jumlah bukaan pada zona tarik beton terhadap kekuatan serta kekakuan lentur balok beton bertulang. Pengujian yang dilakukan adalah uji lentur pada balok berukuran (15 x 25 x 200) cm. Variasi yang digunakan yaitu balok dengan dua bukaan berdiameter 5 cm (BB2), empat bukaan (BB4), serta balok tanpa bukaan (BK) sebagai kontrol. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa adanya bukaan pada zona tarik menyebabkan penurunan kekuatan lentur, meskipun tidak terlalu signifikan. Dibandingkan dengan balok kontrol (BK), penurunan kekuatan lentur pada BB2 sebesar 1,26% dan pada BB4

sebesar 5,66%. Untuk kekakuan lentur pada kondisi praretak, terjadi reduksi kekakuan, di mana BB2 mengalami penurunan sebesar 9% dan BB4 sebesar 15,24% dibanding BK. Sementara itu, pada kondisi pascaretak, kekakuan lentur juga menurun, dengan reduksi sebesar 13,03% untuk BB2 dan 18,68% untuk BB4 jika dibandingkan dengan BK.

2. Pengaruh Perendaman Dalam Air Sungai Dan Air Laut Terhadap Daya Tahan Tulangan Bambu Petung Asal Tomohon (Pojo, 2017).

Tujuan penelitian adalah untuk menguji perbedaan ketahanan tulangan bambu dengan perlakuan tanpa perendaman (dikeringanginkan), direndam di dalam air sungai, dan air laut. Penelitian dilakukan dengan percobaan lapangan untuk melihat daya tahan tulangan bambu terhadap serangan jamur dengan cara memaparkan tulangan bambu terhadap jamur dan mengamatinnya selama dua bulan, dan daya tahan tulangan bambu terhadap serangan rayap menggunakan metode graveyard test selama empat bulan. Data hasil penelitian dianalisis dengan metode Analisis of Varians menggunakan SPSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan perendaman di dalam air sungai dan di dalam air laut menurunkan tingkat serangan jamur pada tulangan bambu, dimana tulangan bambu dengan perlakuan tanpa perendaman “banyak ditumbuhi jamur”, sedangkan tulangan bambu yang direndam di dalam air laut dan direndam di dalam air sungai “cukup ditumbuhi jamur.”. Tulangan bambu yang dipendam di dalam tanah selama empat bulan menunjukkan ketahanan terhadap serangan rayap tanah yang berkisar antara “tahan” sampai “agak tahan.”

3. Kuat Lentur Balok Beton yang Menggunakan Batang Pohon Aren Sebagai Tulangan (Padang et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi batang pohon aren (*Arenga pinnata*) sebagai alternatif tulangan pada balok beton dalam rangka menciptakan solusi konstruksi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Batang pohon aren dipilih karena sifat mekanisnya yang

unggul, seperti kekuatan tarik dan tekan yang signifikan, serta modulus elastisitas yang cukup tinggi, sehingga memungkinkan penggunaannya dalam aplikasi struktural. Dalam penelitian ini, dilakukan serangkaian uji lentur terhadap balok beton yang ditulangi dengan batang kayu aren, yang kemudian dibandingkan dengan balok beton yang tidak memiliki tulangan untuk mengetahui kontribusi tulangan dari batang pohon aren terhadap kuat lentur balok beton. Hasil uji menunjukkan bahwa balok beton dengan tulangan batang pohon aren memiliki kekuatan dan daya lentur yang cukup baik, dimana nilai kuat lentur rata-rata untuk balok BLTA adalah 4,93 MPa, sementara untuk balok BLK hanya 3,20 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan tulangan batang pohon aren pada balok BLTA meningkatkan kapasitas lentur sebesar 1,73 MPa. Jika dihitung dalam persentase, peningkatan kapasitas lentur tersebut adalah sekitar 54,06% dibandingkan dengan balok BLK tanpa tulangan. Temuan ini menunjukkan bahwa batang pohon aren memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai material tulangan alternatif, yang tidak hanya mengurangi ketergantungan pada baja tetapi juga memberikan solusi yang lebih ramah lingkungan dalam industri konstruksi.

4. Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Pada Beton yang Direndam dengan Larutan Asam Sulfat Terhadap Kuat Tekan (Padang et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca pada beton yang direndam larutan asam sulfat pH3. Larutan asam sulfat merupakan larutan yang bersifat korosif terhadap beton. Proses pembuatan beton dilakukan dengan menambahkan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian pasir dengan kadar 10 % dan 20%. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15cm x tinggi 30 cm sebanyak 45 sampel yang akan diuji pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 setelah direndam larutan asam sulfat pH3. Penelitian eksperimental di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja menunjukkan bahwa kuat tekan beton yang

berusia 28 hari dengan penambahan 20 % serbuk kaca sebagai pengganti sebagian pasir memiliki kuat tekan optimal. Hasil yang didapat dari penambahan 20 % serbuk kaca pada umur 28 hari sebesar 20,75 MPa. Kuat tekan terus meningkat seiring penambahan kadar serbuk kaca dan umur dari beton yang direndam. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk kaca pada beton bisa menjadi alternatif untuk mengatasi serangan sulfat pada beton.

5. Studi Alternatif Batang Wanga Yang Di Rendam Dengan Larutan Asam Sulfat Sebagai Tulangan Balok Beton (Matarruk & Mendila, 2024)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas balok beton dengan menggunakan tulangan wanga yang telah dibentuk menyerupai tulangan pada umumnya dengan diameter 10 mm. Benda uji yang digunakan adalah balok beton dengan dimensi 10 cm x 15 cm x 60 cm, masing-masing sebanyak 2 sampel untuk balok beton dengan tulangan baja dan 3 sampel untuk balok beton dengan tulangan wanga. Uji kuat lentur balok dilakukan pada hari ke 28. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas rata-rata dari balok beton dengan tulangan baja adalah sebesar 12,2 MPa, sedangkan kapasitas balok beton dengan tulangan wanga adalah sebesar 12,93 MPa. Dengan demikian, persentase kapasitas lentur balok beton dengan tulangan wanga mengalami peningkatan sebesar 5,65% dari kapasitas balok beton dengan tulangan besi.