

**PERBANDINGAN KUAT GESER ANTARA
SENGKANG “I” DAN SENGKANG “L” PADA BALOK
BETON BERTULANG**

SKRIPSI

ADE IRMA

15 811 0040



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN KUAT GESER ANTARA SENGKANG “I” DAN SENGKANG “L” PADA BALOK BETON BERTULANG

SKRIPSI

*Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat Menempuh
Ujian Sarjana Teknik Sipil*

Disusun oleh :

ADE IRMA

15 811 0040

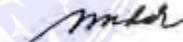
Disetujui :

Dosen Pembimbing I,



(Ir. H. Irwan, MT)

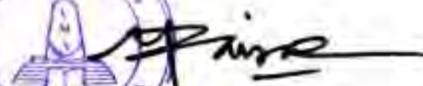
Dosen Pembimbing II,



(Ir. Nurmaidah, MT)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik,



(Dr. Faisal Amri Tanjung, S.ST. MT)



Prodi Teknik Sipil,

(Ir. Nurmaidah, MT)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis sumber nya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lain nya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan,

Juli 2019



ADE IRMA
NPM 15 811 0040

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ADE IRMA

NPM : 158110040

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karta : Skripsi

Demi membangun ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah yang berjudul “ Perbandingan Kuat Geser Antara Sengkang “I” dan Sengkang “L” Pada Balok Beton bertulang” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area Berhak menyimpan, mengalihmedia/memfotmatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir skripsi saya selama tetap emncantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 15 oktober 2019



Ade Irma

158110040

ABSTRAK

Beton bertulang memerlukan penulangan berupa penulangan lentur dan geser. Tulangan untuk menahan gaya geser biasa dinamakan tulangan geser atau tulangan sengkang. Gaya geser umumnya tidak bekerja sendiri, tetapi terjadi bersamaan dengan gaya lentur/momen, torsi atau normal/aksial. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji tentang kekuatan sengkang “I” dan membandingkan dengan kekuatan sengkang “L” yang sangat tidak lazim digunakan. Penelitian ini bertujuan mengetahui beban geser maksimal, kuat geser maksimal, dan besar perbedaannya antara sengkang “I” dan sengkang “L” pada balok beton bertulang sederhana. Lokasi penelitian adalah di Laboratorium Beton di Prodi Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Total sampel benda uji yang dibuat sejumlah 6 buah, tiap variasi dibuat 3 sampel. Variasi yang digunakan spasi sengkang 45 mm, ukuran balok lebar 15 cm dan tinggi 15 cm, dengan bentang balok 50 cm. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa pada beban geser maksimal sebesar 23,4 kN dan kuat geser maksimal sebesar 9,56 kN untuk sengkang “I”, beban geser maksimal sebesar 22,8 kN dan kuat geser maksimal sebesar 8,99 kN untuk sengkang “L” dan selisih kekuatan geser antara kedua jenis sengkang tersebut sebesar 6,25% dan terjadi pada beban geser sebesar 2,56 %. Dalam penggunaannya, pada sengkang “I” dapat meminimalisir nilai ekonomis, namun tidak terlampaui jauh dibanding dengan sengkang “L” dan tidak memiliki perbandingan yang begitu besar dengan nilai ekonomis bahan.

Kata kunci: kuat geser, sengkang “I”, sengkang “L”, balok beton bertulang.

ABSTRACT

Ade Irma. 158110040. “The Comparison of Shear Strength between “I” and “L” Cross-Sections on the Reinforced Concrete Beams”. Supervised by Ir. H. Irwan, M.T. and Ir. H. Nurmaidah, M.T.

Reinforced concrete needs reinforcement which is flexure and shear reinforcements. The reinforcement to resist shear forces commonly named as shear reinforcement or cross-section reinforcement. The shear forces generally occur along with flexural forces/moment, torque or normal/axial. The research was conducted to study the “I” cross-section strength and to compare it with the “L” cross-section strength which is uncommonly used. The study aimed to find out the maximum shear loads, maximum shear strength, and large of the differences between the “I” and “L” cross-sections to the simple reinforced concrete beams. The research was conducted at the Concrete Laboratory of Civil Engineering Study Program of the University of North Sumatra. The total sample of testing tools made were 6 tools, each variation made in 3 samples. The variations used were the 45 mm cross-section space, the beam measure was 15 cm width and 15 cm height, by the beam span of 50 cm. Based on the analysis, it was obtained on the maximum shear loads of 23.4 kN and maximum shear strength of 9.56 kN to the “I” cross-section, whereas the maximum shear loads of 22.8 kN and maximum shear strength of 8.99 kN to the “L” cross-section and the difference in flexural strength between both types of the cross-sections was 6.25% and occurred on the shear load of 2.56%. In the using, on the “I” cross-section, it can minimize the economic value, but it is not too high compared with the “L” cross-section and does not have a too large ratio with the material economic value.

Keywords: shear strength, “I” cross-section, “L” cross-section, reinforced concrete beams.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	III
ABSTRACT	IV
KATA PENGANTAR.....	V
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR GAMBAR.....	XII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Pengambilan Data	3
1.4.1 Bahan Penelitian	3
1.4.2 Peralatan Penelitian	4
1.4.3 Lokasi Penelitian	4
1.4.4 Tahapan penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Beton	5
2.1.1 beton Bertulang	6
2.2 Balok	8
2.2.1 Balok Beton Tanpa Tulangan.....	10

2.2.2 Balok Beton Dengan Tulangan	11
2.2.3 Retak Pada Balok	12
2.3 Pemasangan Tulangan.....	14
2.3.1 Jumlah Tulangan Maksimum Dalam Satu Baris	15
2.3.2 Pemasangan Tulangan Geser.....	17
2.4 Angkur (Kait Tulangan)	18
2.5 Faktor Momen Pikul Maksimum	19
2.6 Tebal Selimut Beton.....	21
2.7 Kombinasi Beban	21
2.8 Perhitungan Balok Beton Bertulang.....	23
2.9 Faktro Keamanan	
2.9.1 Faktor Beban	28
2.9.2 Faktor reduksi kekuatan ϕ	29
2.10 Kekuatan Baja Tulangan	30
2.11 Hubungan Baja Dan Beton Pada Beton Bertulang.....	31
2.12 Kuat Beton Terhadap Gaya Tarik	33
2.13 Tulangan Geser Balok.....	33
2.13.1 Retakan Pada Balok.....	33
2.13.2 Retak Balok Akibat Gaya Geser.....	34
2.13.3 Perencanaan Tulangan Geser	35
2.13.4 Pertimbangan Dalam Perhitungan Tulangan Geser	37
2.13.5 Skema Hitungan Senggang Balok	39
2.14 Kuat Geser Balok	

BAB III METODE PENELITIAN	48
3.1 Gambaran Umum	48
3.2 Bahan Penelitian.....	49
3.3 Peralatan Penelitian	49
3.4 Lokasi Penelitian	49
3.5 Persiapan Pengujian	49
3.5.1 Pembuatan Sample Balok Bertulang.....	49
 BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL	
4.1 Analisa Perhitungan Tulangan	58
4.1.1 Penyelesaian Analisa Perhitungan.....	58
4.2 Pengujian Kuat Geser Balok	62
4.2.1 Hasil Pengujian	62
4.3 Analisa Perhitungan Kuat geser	63
4.3.1 Penyelesaian Perhitungan Kuat Geser	63
4.4 Pembahasan	69
4.4.1 Pola Keretakan.....	71
4.4.2 Perbedaan Kuat Geser Dan Beban Geser	73
4.4.3 Perbedaan Nilai Ekonomis	73
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran	76

DAFTAR PUSTAKA.....77

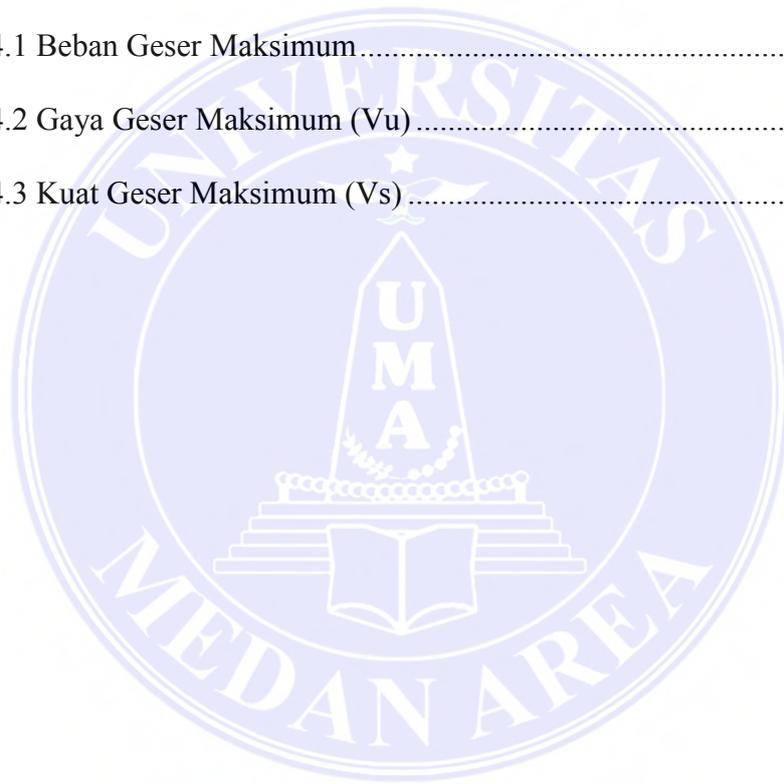
LAMPIRAN

FOTO DOKUMENTASI



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Momen Pikul Maksimum (K_{maks}) dalam MPa.....	19
Tabel 2.2 Tabel Minimu Selimut Beton Dari Jenis Pekerjaan Beton	21
Tabel 2.3 Tinggi (h) Minimum Balok Non Prategang	24
Table 2.4 Tulangan Ulir Dan Ukurannya.....	31
Table 2.5 Tegangan Tekan Dan Tarik Baja Yang Diizinkan	32
Tabel 2.6 Tegangan Tekan Dan Tarik Baja Leleh Karakteristik	32
Tabel 4.1 Beban Geser Maksimum.....	68
Tabel 4.2 Gaya Geser Maksimum (V_u).....	68
Table 4.3 Kuat Geser Maksimum (V_s).....	68



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Balok Beton Tanpa Tulangan.....	10
Gambar 2.2 Balok Beton Bertulang	12
Gambar 2.3 Retak Pada Balok	14
Gambar 2.4 Contoh Pemasangan Tulangan Longitudinal	15
Gambar 2.5 Penampang Notasi Balok	16
Gambar 2.7 Kait Tulangan Standar.....	18
Gambar 2.9 Jenis Retakan Pada Balok	33
Gambar 2.10 Retak Balok Akibat Gaya Geser	34
Gambar 2.11 Jenis-Jenis Sengkang	36
Gambar 2.12 Skema Perhitungan Sengkang Balok	42
Gambar 2.13 Tegangan-Tegangan Pada Balok Terlentur	42
Gambar 2.14 Retak Miring Pada Balok Beton Bertulang	44
Gambar 2.15 Elemen Pada Balok	45
Gambar 2.16 Resultan R dan Retak Geser	46
Gambar 3.5 Skema Penelitian	57
Gambar 4.1 Batang Dan Dimensi Balok Yang Direncanakan	58
Gambar 4.2 Potongan Tulangan	62
Gambar 4.3 Analisa Perhitungan Kuat Geser	63
Gambar 4.4 Grafik Kuat Dan Beban Geser Antara Sengkang “T” dan Sengkang “L”	69
Gambar 4.5 Pola Retak Geser	70
Gambar 4.6 Arah Reaksi	71

Gambar 4.7 Keretakan Balok Pada Senggang “L”72

Gambar 4.8 Keretakan Balok Pada Senggang “I”72

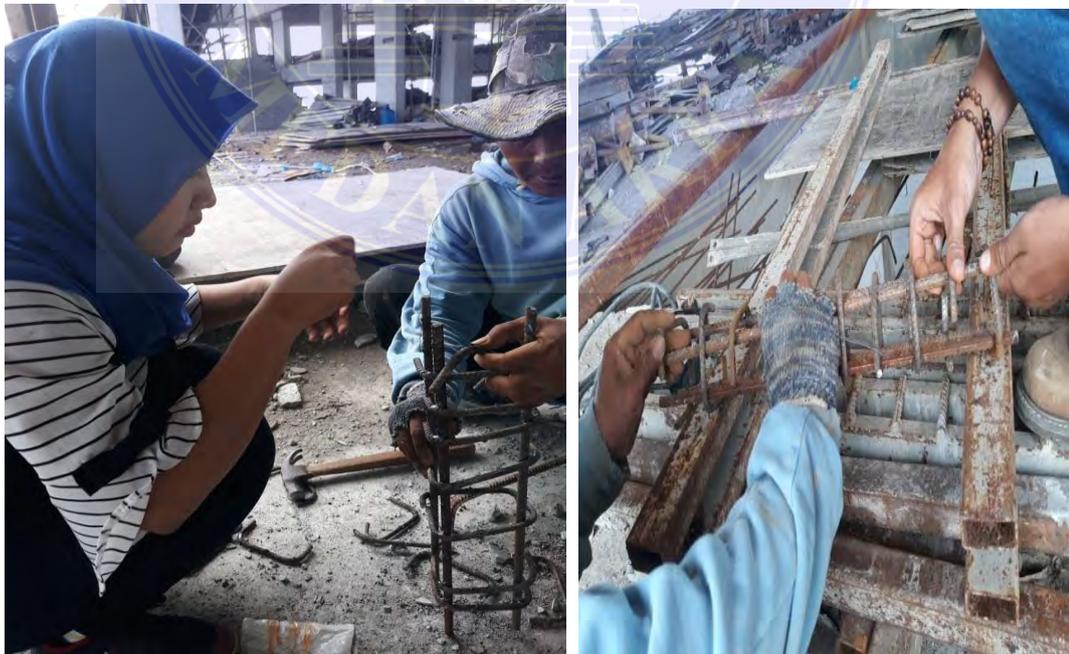


LAMPIRAN

FOTO DOKUMENTASI



Gambar 1. Bekisting/cetakan beton



Gambar 2. Perakitan tulangan



gambar 3. Tulangan yang sudah dirakit



Gambar 4. Pengecoran beton



gambar 5. Perataan campuran beton



Gambar 6. Beton yang sudah mongering



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah salah satu unsur yang sangat penting dalam struktur bangunan. Di Indonesia hampir seluruh konstruksi bangunan menggunakan beton sebagai bahan bangunan, seperti pada konstruksi bangunan gedung, jembatan, jalan dan lainnya. Kelebihan beton dibandingkan material lain diantaranya adalah tahan api, tahan lama, kuat tekannya cukup tinggi serta mudah dibentuk ketika masih segar. Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Kardiyono Tjokrodimulyo,2007). Di era modern seperti saat ini, Perkembangan yang telah sangat dikenal adalah ditemukannya kombinasi antara material beton dan baja tulangan yang digabungkan menjadi satu kesatuan konstruksi dan dikenal sebagai beton bertulang.

Beton bertulang memerlukan penulangan berupa penulangan lentur dan geser. Tulangan untuk menahan gaya geser biasa dinamakan tulangan geser atau tulangan sengkang. Gaya geser umumnya tidak bekerja sendiri, tetapi terjadi bersamaan dengan gaya lentur/momen, torsi atau normal/aksial. Beban geser balok menyebabkan terjadinya keretakan geser, yang pada umumnya dekat dengan tumpuan balok beban gesernya besar. Kondisi ini menjalar ke arah

vertical horisontal menuju tengah bentang balok sedangkan konsep penulangan sengkang yang menggunakan satu bagian tulangan horisontal tengah saja atau bawah saja diistilahkan sebagai penulangan sengkang model “T” atau “L”. Kedua model penulangan tersebut secara teoritis memberikan manfaat positif, yaitu dalam hal efisiensi bahan atau biaya

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini adalah untuk pemakaian bahan lebih ekonomis serta memberikan analisis tentang kuat geser sengkang “T” dengan sengkang “L” pada balok beton sedangkan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat geser maksimum dan besar beban geser yang dapat di tahan oleh sengkang “T” dengan sengkang “L” balok beton bertulang serta untuk mengetahui besar perbedaan kuat geser sengkang “T” dengan sengkang “L” balok beton bertulang.

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Seberapa besar beban geser dan kuat geser maksimum yang dapat ditahan oleh sengkang “T” dengan sengkang “L” pada balok beton bertulang.
2. Seberapa besar perbedaan kuat geser pada sengkang “T” dengan sengkang “L” pada balok beton bertulang.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibuat dalam penelitian ini adalah menguji seberapa besar beban dan kuat geser maksimum yang dapat ditahan oleh sengkang “T” dan

sengkang “L” dan juga seberapa besar perbedaan kuat geser nya pada balok beton bertulang.

1.4 Metode Pengambilan Data

Penelitian ini penulis melakukan penelitian dan pengumpulan data dengan cara menguji langsung di laboratorium. Pada pengumpulan data menggunakan data primer, data primer didapat langsung di lapangan. Data tersebut mencakup besar beban geser, dan juga data sekunder yang sifatnya mendukung keperluan data primer seperti buku-buku dan jurnal. Data tersebut mencakup besar kuat geser dan perbedaan kuat geser pada balok beton sederhana menggunakan sampel-sampel yang akan diuji.

1.4.1 Bahan Penelitian

1. Campuran beton k350 yang diambil dari Abadi Beton untuk pengujian kuat geser balok beton bertulang.
2. Tulangan baja berdiameter 8 mm dan 10 mm untuk pengujian kuat geser balok beton bertulang
3. Kawat untuk mengikat tulangan untuk pengujian kuat geser balok beton bertulang.,
4. Bekisting menggunakan triplek plywood 2 faced untuk cetakan balok beton bertulang
5. Bahan uji kuat tarik baja tulangan yaitu besi ulir dengan diameter 10 m sebanyak 2 buah.

1.4.2 Peralatan Penelitian

1. Alat pembuatan sampel uji kuat geser sengkang balok beton bertulang.
2. Alat pengujian kuat geser sengkang balok beton bertulang bertulang.

1.4.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang saya lakukan berada di Laboratorium Beton Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

1.4.4 Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam 5 tahap yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap I : Persiapan bahan-bahan dan alat-alat penelitian.
2. Tahap II : Pemeriksaan kualitas bahan-bahan penelitian, dan campuran beton (*mix design*)
3. Tahap III : Penyediaan benda uji
 - a. Pembuatan sampel balok beton bertulang untuk pengujian kuat geser sengkang balok beton sederhana.
 - b. Perawatan sampel kuat geser sengkang balok beton sederhana.
4. Tahap IV : Pengujian kuat geser sengkang balok beton sederhana.
5. Tahap V: Analisis data dan pembahasan, pembuatan kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton sebagai bahan struktur bangunan telah dikenal sejak lama karena mempunyai banyak keuntungan-keuntungan dibanding dengan bahan bangunan yang lain. Ilmu teknologi dalam bidang teknik sipil mengalami perkembangan dengan cepat. Beton merupakan salah satu unsur yang sangat penting dalam struktur bangunan pada saat ini, karena sistem konstruksi beton mempunyai kelebihan, diantaranya yaitu mempunyai kuat tekan tinggi. Beton juga telah banyak mengalami perkembangan-perkembangan baik dalam teknologi pembuatan campurannya ataupun teknologi pelaksanaan konstruksinya. Peningkatan kualitas mutu beton terus dilakukan untuk memenuhi kebutuhan struktur konstruksi modern yang beragam.

Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2847-2002, pasal 3.12, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung). Berat jenis beton normal antara 2200-2500 kg/m³ yang dibuat menggunakan agregat alam pecah atau tidak pecah, sedangkan berat jenis beton ringan di bawah 1900 kg/m³ (SNI 03-2847-2002, pasal 3.14 dan 3.18, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung).

1.1.1 Beton Bertulang

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 3.13 mendefinisikan beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya. Beton bertulang terbuat dari gabungan antara beton dan tulangan baja. Oleh karena itu, beton bertulang memiliki sifat yang sama seperti bahan-bahan penyusunnya yaitu sangat kuat terhadap beban tekan dan beban tarik.

Dalam struktur beton bertulang, baja digunakan sebagai tulangan yang ditanam di dalam beton. Tulangan baja diklaim sangat kuat terhadap beban tarik dan beban tekan. Namun karena harga tulangan baja terbilang mahal, maka hindari memanfaatkan tulangan baja untuk menopang beban tekan suatu bangunan. Adapun standar pada struktur baja di Indonesia dijelaskan dalam SNI 03-1729-2002.

Tulangan baja yang digunakan dalam pembuatan beton bertulang bisa berupa besi polos maupun besi ulir. Simbol untuk menyatakan diameter polos adalah Φ dan pada besi ulir dituliskan dengan D. Di bawah ini contoh-contoh penulisan keterangan dan ukuran suatu baja.

- a. $4\Phi 15$ dibaca 4 batang besi polos dengan diameter 15 mm
- b. $\Phi 12-300$ dibaca batang besi polos diameter 12 mm berjarak 300 mm
- c. $7D15$ dibaca 7 batang besi berulir dengan diameter 15 mm

d. D16-200 dibaca batang besi berulir diameter 16 berjarak 200 mm

Struktur beton bertulang terdiri dari balok beton, kolom beton, dan pelat beton. Balok beton berfungsi untuk menopang tegangan tarik dan tegangan tekan yang disebabkan oleh adanya beban lentur yang terjadi pada balok tersebut. Di samping itu, pembuatan balok beton juga wajib memperhatikan kapasitas geser, defleksi, retak, dan panjang penyaluran. Dalam menahan tegangan tarik, balok beton disokong oleh tulangan baja yang dipasang di daerah-daerah di mana tegangan tersebut bekerja.

Bagian beton bertulang yang kedua adalah kolom beton, yang berperan untuk menopang struktur atap, mengikat dinding, dan meneruskan beban ke sloof. Kolom bisa didirikan dalam bentuk persegi atau lingkaran. Pemasangan tulangan baja pada kolom dapat dilakukan secara simetris maupun melingkari sisi-sisinya. Penulangan juga bisa disambung secara praktis di atas permukaan tanah dan di tengah kolom.

Terakhir yaitu pelat beton, di mana ini merupakan bagian beton bertulang yang dibangun secara horisontal sehingga beban yang bekerja pada pelat beton tersebut menjadi tegak lurus. Tingkat ketebalan pelat beton jauh lebih tipis dibandingkan dengan ukuran bentang panjang/lebar bidangnya. Sifatnya yang sangat kaku memungkinkan pelat beton bisa dimanfaatkan sebagai unsur diafragma alias bagian pengaku horisontal yang menahan ketegaran balok portal. Adapun beban yang bekerja pada

bagian ini biasanya dihitung terhadap beban gravitasi yang mengakibatkan timbulnya momen lentur.

1.2 Balok

Balok mempunyai karakteristik utama yaitu lentur. Dengan sifat tersebut, balok merupakan elemen bangunan yang dapat diandalkan untuk menanggapi gaya geser dan momen lentur. Pendirian konstruksi balok pada bangunan umumnya mengadopsi konstruksi balok beton bertulang.

Apabila suatu gelagar balok bentangan sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur akan terjadi deformasi (regangan) lentur di dalam balok tersebut. Regangan-regangan balok tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di sebelah atas dan tegangan tarik dibagian bawah. Agar stabilitas terjamin, batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut karena tegangan baja dipasang di daerah tegangan tarik bekerja, di dekat serat terbawah, maka secara teoritis balok disebut sebagai bertulangan baja tarik saja (Dipohusodo,1996).

Untuk menjadi penyaluran gaya yang baik di dalam balok, maka di daerah momen lapangan dan momen tumpuan maksimum dianjurkan supaya antara batang tulangan utama tidak melebihi 150 mm. Bila momen di suatu tempat menurun, jarak batas ini dapat digandakan menjadi 300 mm. Oleh karena itu, dalam sebuah penampang balok persegi setidaknya harus terdapat empat batang tulangan dipasang pada tiap sudut penampang, batang-batang disudut ini

dan yang membentang sepanjang balok dilingkari oleh sekang-sekang. Agar mendapatkan kekakuan secukupnya bagi sengkang tulangan dianjurkan agar menggunakan batang-batang yang diameternya tidak kurang dari 6 mm.

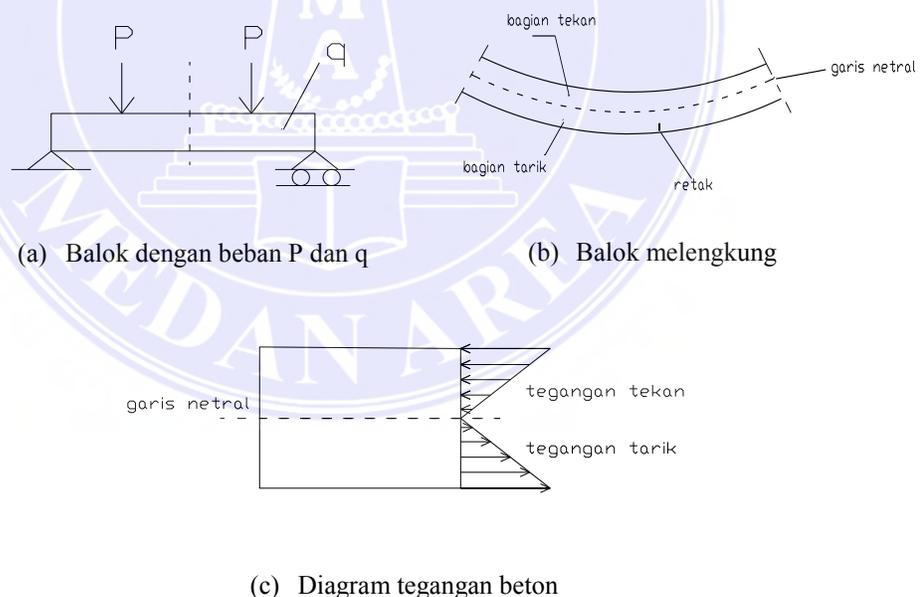
Persyaratan balok menurut PBT 1971.N.I - 2 hal. 91 sebagai berikut :

- a. Lebar badan balok tidak boleh diambil kurang dari $1/50$ kali bentang bersih. Tinggi balok harus dipilih sedemikian rupa hingga dengan lebar badan yang dipilih.
- b. Untuk semua jenis baja tulangan, diameter (diameter pengenal) batang tulangan untuk balok tidak boleh diambil kurang dari 12 mm. Sedapat mungkin harus dihindarkan pemasangan tulangan balok dalam lebih dari 2 lapis, kecuali pada keadaan-keadaan khusus.
- c. Tulangan tarik harus disebar merata didaerah tarik maksimum dari penampang.
- d. Pada balok-balok yang lebih tinggi dari 90 cm pada bidang-bidang sampingnya harus dipasang tulangan samping dengan luas minimum 10% dari luas tulangan tarik pokok. Diameter batang tulangan tersebut tidak boleh diambil kurang dari 8 mm pada jenis baja lunak dan 6 mm pada jenis baja keras.
- e. Pada balok senantiasa harus dipasang sengkang. Jarak sengkang tidak boleh diambil lebih dari 30 cm, sedangkan dibagian balok sengkang-sengkang bekerja sebagai tulangan geser. Atau jarak sengkang tersebut tidak boleh diambil lebih dari $2/3$ dari tinggi balok. Diameter batang sengkang tidak boleh diambil kurang dari 6 mm pada jenis baja lunak dan 5 mm pada jenis baja keras.

2.2.1 Balok beton tanpa tulangan

Sifat dari bahan beton, yaitu sangat kuat untuk menahan tekan, tetapi tidak kuat (lemah) untuk menahan tarik. Oleh karena itu, beton dapat mengalami retak jika beban yang dipikulnya menimbulkan tegangan tarik yang melebihi kuat tariknya.

Jika sebuah balok beton (tanpa tulangan) ditumpu oleh tumpuan sederhana (sendi-rol), dan diatas balok tersebut bekerja beban terpusat (P) serta beban merata (q), maka akan timbul momen luar, sehingga balok akan melengkung ke bawah seperti tampak pada gambar 2.1 (a) dan Gambar 2.1 (b).



Gambar 2.1 Balok beton tanpa tulangan

Sumber: Buku Teori dan Desain Plat Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

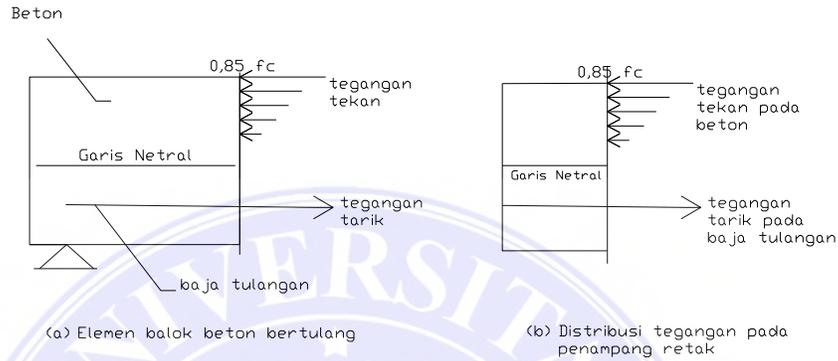
Pada balok yang melengkung ke bawah akibat beban luar ini pada dasarnya ditahan oleh kopel gaya-gaya dalam yang berupa tegangan tekan dan tarik. Jadi pada serat-serat balok bagian tepi atas akan menahan tegangan tekan, dan semakin ke bawah tegangan tekan tersebut akan semakin kecil. Sebaliknya, serat-serat bagian tepi bawah akan menahan tegangan tarik, dan semakin ke atas tegangan tariknya akan semakin kecil pula (lihat Gambar 2.1 (c)). Pada bagian tengah, yaitu pada batas antara tegangan tekan dan tarik, serat-serat balok tidak mengalami tegangan sama sekali (tegangan tekan maupun tegangan tarik bernilai nol). Serat-serat yang tidak mengalami tegangan tersebut membentuk suatu garis yang disebut garis netral.

Jika beban di atas balok itu cukup besar, maka serat-serat beton pada bagian tepi bawah akan mengalami tegangan tarik cukup besar pula, sehingga dapat terjadi retak beton pada bagian bawah. Keadaan ini terjadi terutama pada daerah beton yang momennya besar, yaitu pada bagian tengah bentang.

2.2.2 Balok beton dengan tulangan

Untuk menahan gaya tarik yang cukup besar pada serat-serat balok bagian tepi-bawah, maka perlu diberi baja tulangan sehingga disebut dengan istilah “beton bertulang”. Pada balok beton bertulang ini, tulangan baja ditanam di dalam beton sedemikian rupa, sehingga

gaya tarik yang dibutuhkan untuk menahan momen pada penampang retak dapat ditahan oleh baja tulangan, seperti tampak pada gambar 2.1.



Gambar 2.2 Balok Beton Bertulang

Sumber: Buku Teori dan Desain Plat Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

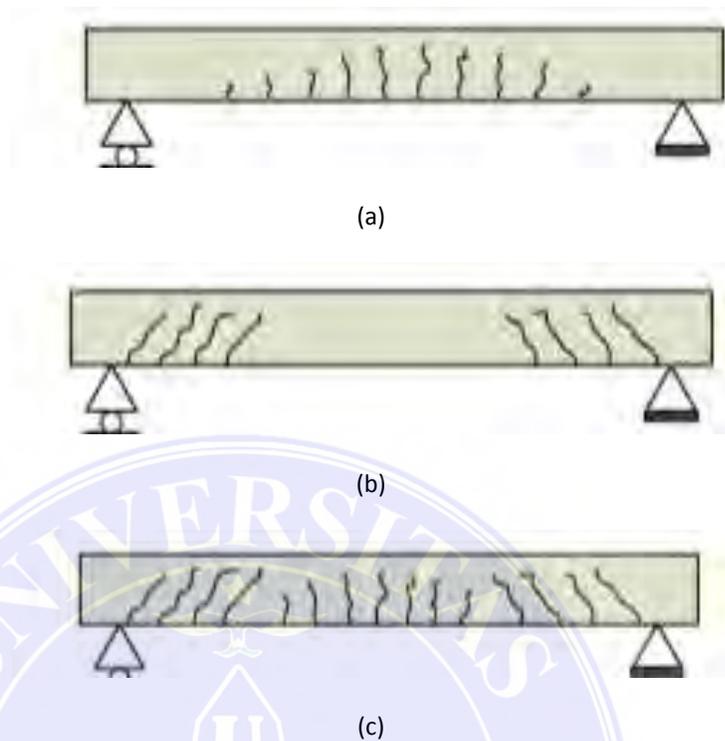
2.2.3 Retak pada balok

Retak merupakan jenis kerusakan yang paling sering terjadi pada struktur beton, dimana terjadi pemisahan antara massa beton yang relatif anjang dengan yang sempit. Secara visual retak nampak seperti garis. Retak pada struktur beton terjadi sebelum beton mengeras maupun setelah beton mengeras. Retak akan terjadi saat beton mulai mengeras tapi telah dibebani, beton mengeras pada musim dingin, susut (shrinkage), penurunan (settlement) dan penurunan acuan (formwork). Retak structural adalah retak yang terjadi setelah beton mengeras, terjadi karena adanya pembebanan yang

mengakibatkan timbulnya tegangan lentur, tegangan geser dan tegangan tarik.

Meskipun retak tidak dapat dicegah, namun ukurannya dapat dibatasi dengan cara menyebar atau mendistribusikan tulangan. Pada dasarnya ada tiga jenis keretakan pada balok (Gilbert, 1990):

1. Retak lentur (flexural crack), terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan beban lentur, sehingga biasanya terjadi pada daerah lapangan (bentang tengah) balok, karena pada daerah ini timbul momen lentur paling besar. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok (lihat Gambar 2.3.(a)).
2. Retak geser pada bagian balok (web shear crack), terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan beban geser, sehingga biasanya terjadi pada daerah ujung (dekat tumpuan) balok, karena pada daerah ini timbul gaya geser/gaya lintang paling besar. Retak yang terjadi yaitu arah keretakan miring, membentuk sudut sekitar 45° (lihat Gambar 2.3.(b)).
3. Retak geser-lentur (flexural shear crack), terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Retak geser lentur merupakan perambatan retak miring dari retak lentur yang sudah terjadi sebelumnya (lihat Gambar 2.3 (c)).



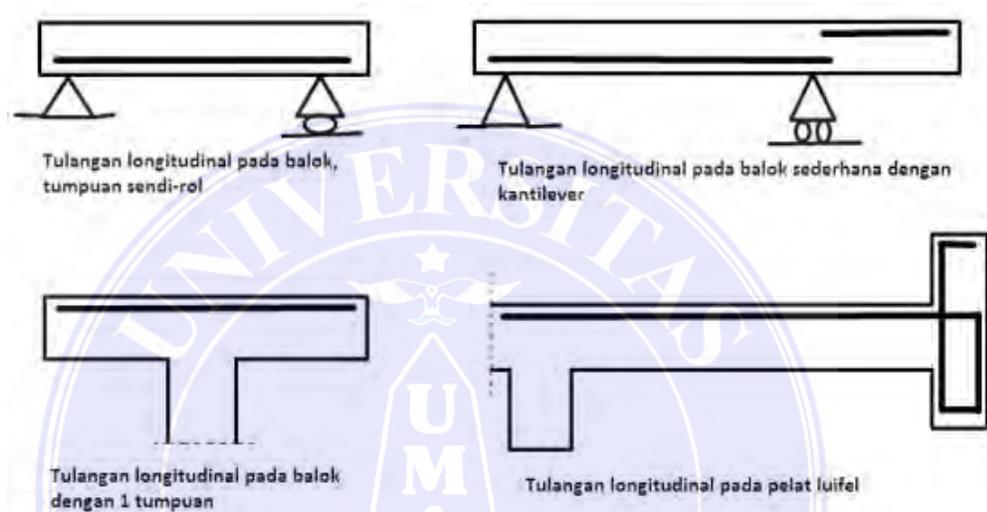
Gambar 2.3 Retak pada balok

Sumber : Jurnal Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Sistem Rangka dengan Variasi Jarak Spasi 2018

1.3 Pemasangan Tulangan

Fungsi utama baja tulangan pada struktur beton bertulang yaitu untuk menahan gaya tarik. Oleh karena itu pada struktur balok, pelat, fondasi, ataupun struktur lainnya dari bahan beton bertulang, selalu diupayakan agar tulangan longitudinal (memanjang) dipasang pada serat-serat beton yang mengalami tegangan tarik. Keadaan ini terjadi terutama pada daerah yang menahan momen lentur besar (umumnya di daerah lapangan/tengah bentang, atau di atas tumpuan), sehingga sering mengakibatkan terjadinya retakan beton akibat tegangan lentur tersebut.

Tulangan longitudinal ini dipasang searah sumbu batang .Berikut ini diberikan beberapa contoh pemasangan tulangan memanjang pada balok maupun pelat. Berikut ini diberikan beberapa contoh pemasangan tulangan memanjang pada balok maupun pelat (lihat Gambar 2.4).

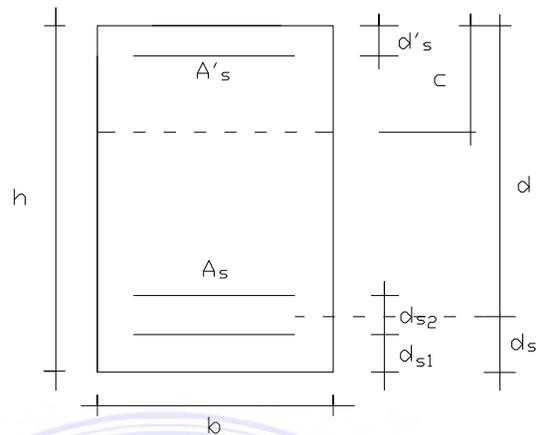


Gambar 2.4 Contoh pemasangan tulangan longitudinal pada balok dan plat

Sumber: Buku Teori dan Desain Plat Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

1.3.1 Jumlah tulangan maksimum dalam 1 baris

Dimensi struktur biasanya diberi notasi b dan h , dengan b adalah ukuran lebar dan h adalah ukuran tinggi total dari penampang struktur (lihat Gambar 2.6). Sebagai contoh dimensi balok ditulis dengan b/h atau $150/150$, berarti penampang dari balok tersebut berukuran lebar balok $b = 150$ mm dan tinggi balok $h = 150$ mm.



Gambar 2.6 Penampang dan notasi balok

Sumber: Buku Teori dan Desain Plat Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

Keterangan Gambar 2.6:

A_s = luas tulangan tarik, mm^2

$A's$ = luas tulangan tekan, mm^2

b = lebar penampang balok, mm

c = jarak antara garis netral dan tepi serat beton tekan, mm

d = tinggi efektif penampang balok, mm

d_{s1} = jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama dan tepi serat beton tarik, mm

d_{s2} = jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama dan kedua, mm

$d_{s'}$ = jarak antara titik berat tulangan tekan

h = tinggi penampang balok, mm

Karena lebar balok terbatas pada nilai b , maka jumlah tulangan yang dapat dipadang pada 1 baris (m) juga terbatas. Jika hasil hitungan tulangan balok diperoleh jumlah tulangan (n) ternyata lebih besar daripada nilai m , maka terpaksa dipasang tulangan pada baris berikutnya. Jumlah tulangan maksimum pada 1 baris (m) tersebut ditentukan dengan persamaan berikut:

$$m = \frac{b-ds}{Sn+D} + 1 \dots\dots\dots(i)$$

Dengan:

m = jumlah tulangan maksimum yang dapat dipasang pada 1 baris.

S_n = jarak bersih tulangan pada arah mendatar (Pasal 7.6.1 SNI 2847-2013) diambil ≥ 25 mm, dan $\geq D$, dan disarankan $4/3 \phi_{agregat maks}$, untuk memudahkan pengecoran (agar kerikil dapat memasuki celah tulangan).

D = diameter tulangan longitudinal, mm.

b = lebar penampang balok, mm

d_{s1} = jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama dan tepi serat beton tarik, mm

1.3.2 Pemasangan Tulangan Geser

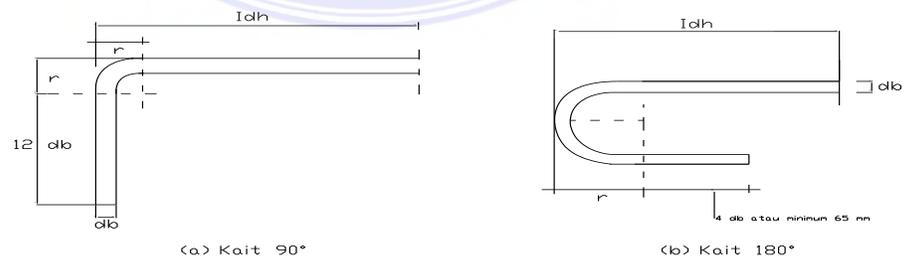
Retakan beton pada balok juga dapat terjadi di daerah ujung balok yang dekat dengan tumpuan. Retakan ini disebabkan oleh bekerjanya gaya geser atau gaya lintang balok yang cukup besar,

sehingga tidak mampu ditahan oleh material beton dari balok yang bersangkutan.

Agar balok dapat menahan gaya geser tersebut, maka diperlukan tulangan geser yang dapat berupa tulangan miring atau berupa sengkang. Jika sebagai penahan gaya geser hanya digunakan sengkang saja, maka pada daerah dengan gaya geser besar (misalnya pada ujung balok yang dekat tumpuan) dipasang sengkang dengan jarak yang rapat sedangkan pada daerah dengan gaya geser kecil (lapangan) dapat dipasang sengkang dengan jarak yang lebih besar/renggang.

1.4 Angkur (kait) Tulangan

Kait tulangan digunakan sebagai angkur tambahan pada suatu keadaan apabila daerah angkur yang tersedia pada elemen struktur tidak mencukupi kebutuhan panjang penyaluran tulangan lurus. Panjang penyaluran tulangan kait diberi notasi dengan l_{dh} . Bentuk kait standar yang biasa digunakan pada struktur beton ada 2 macam, yaitu kait 90° dan kait 180° seperti terlukis pada gambar 2.3.



Gambar 2.7 Kait tulangan Standar

Sumber : Buku Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

Pada Gambar 2.7, jari jari luar bengkokan tulangan (r) ditentukan berikut (Pasal 12.5.1 SNI 2847-2013) :

1. Untuk diameter 10 mm hingga 25 mm, $r \geq 4db$
2. Untuk diameter 29 mm hingga 36 mm, $r \geq 5db$
3. Untuk diameter 43 mm hingga 57 mm, $r \geq 6db$

1.5 Faktor Momen Pikul Maksimum

Faktor momen pikul maksimum (K_{maks}) hanya bergantung pada mutu beton (β_1 dan f'_c) serta mutu baja tulangan (f_y) saja, dan tidak bergantung pada ukuran penampang balok. Oleh karena itu nilai K_{maks} juga dapat ditabelkan seperti terlihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1. Faktor momen pikul maksimum (K_{maks}) dalam MPa.

Mutu beton f'_c (MPa)	Mutu baja tulangan f_y (Mpa)				
	240	300	350	400	450
15	4,4839	4,2673	4,1001	3,9442	3,7987
20	5,9786	5,6897	5,4668	5,2569	5,0649
25	7,4732	7,1121	6,8335	6,5736	6,3311
28	8,3700	7,9656	7,6535	7,3625	7,0908
30	8,8608	8,4291	8,0965	7,7866	7,4976
35	10,0179	9,5200	9,1376	8,7822	8,4514
40	11,0711	10,5103	10,0809	9,6827	9,3129
45	12,0157	11,3959	10,9227	10,4848	10,0787
50	12,8473	12,1730	11,6595	11,1852	10,7463

Sumber: Buku Teori dan Desain balok Pelat Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

Catatan untuk tabel 2.1:

Jika mutu beton (f'_c) dan atau mutu baja tulangan (f_y) tidak sesuai dengan yang tercantum pada tabel 2.2 diatas, maka faktor momen pikul maksimum ditentukan berdasarkan persamaan 2.1 yaitu:

$$K_{maks} = \frac{382,5 \beta_1 f'_c (600 + F_y - 225 \beta_1)}{(600 + F_y)^2} \dots\dots\dots(i)$$

Untuk f'_c : (17 ~ 28) Mpa, maka $\beta_1 = 0,85$

Untuk $f'_c > 28$ Mpa, maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 (F_c - 28)}{7} \dots\dots\dots(ii)$$

tetapi $\beta_1 \geq 0,65$.

Hubungan antara faktor momen pikul K dan faktor momen pikul K_{maks} dalam perencanaan beton bertulang dengan tulangan tunggal, dapat diperjelas lagi sebagai berikut:

- 1) Jika nilai $K \leq K_{maks}$, maka ukuran penampang balok beton dapat dipakai (sudah cukup), dan balok dapat dihitung dengan tulangan tunggal .
- 2) Jika nilai $K \geq K_{maks}$, maka balok tidak boleh direncanakan dengan tulangan tunggal, maka harus direncanakan tulangan rangkap.

1.6 Tebal Selimut Beton

Pada konstruksi beton bertulang dicor ditempat, harus mempunyai selimut atau penutup beton. Tebal minimum selimut beton dari jenis pekerjaan ditunjukkan oleh tabel 2.2;

Tabel 2.2 Tebal minimum selimut beton dari jenis pekerjaan beton

Jenis Konstruksi	Tebal Minimum Selimut Beton (cm)		
	Di dalam	Di luar	Tidak Terlihat
Pelat dan selaput	1,0	1,5	2,0
Dinding dan keeping	1,5	2,0	2,5
Balok	2,0	2,5	3,0
Kolom	2,5	3,0	3,5

Sumber : Buku Konsep dan Aplikasi Pengantar Teknik Sipil oleh Encu Sutarman 2013

Dengan :

Di dalam : Beton terlindung dari pengaruh cuaca dan air.

Di luar : Beton yang kontak dengan pengaruh cuaca dan air.

Tak Terlihat : Setelah di cor beton tidak dapat diperiksa kembali.

1.7 Kombinasi Beban

Faktor keamanan sangat diperlukan dalam setiap perencanaan struktur bangunan. Faktor keamanan mencegah kemungkinan terjadinya runtuh yang membahayakan bagi penghuni juga memperhitungkan faktor ekonomi bangunan, sehingga dalam perencanaan, struktur gedung mampu memikul beban yang lebih

besar dari beban yang direncanakan dengan dimensi elemen struktur tetap ekonomis.

Besar faktor beban yang diberikan untuk masing-masing beban yang bekerja pada suatu penampang struktur akan berbeda-beda, tergantung dari jenis kombinasi beban yang bersangkutan. Menurut pasal 11.2 SNI 03-2847-2002, agar supaya struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi beban, maka harus dipenuhi ketentuan dari kombinasi-kombinasi beban terfaktor sebagai berikut :

a) Jika struktur atau komponen struktur hanya menahan beban mati D saja, maka dirumuskan

$$U = 1,4D \dots\dots\dots(i)$$

b) Jika berupa kombinasi beban mati D dan beban hidup L, maka dirumuskan

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5A \dots\dots\dots(ii)$$

c) Jika berupa kombinasi beban mati D, beban hidup L dan beban angin W, maka diambil pengaruh yang besar dari dua macam rumus berikut:

$$U = 1,2D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 A \dots\dots\dots(iii)$$

$$U = 0,9 D \pm 1,6W \dots\dots\dots(iv)$$

d) Jika pengaruh beban gempa E diperhitungkan, maka diambil yang besar dari dua macam rumus berikut :

$$U = 1,2D + 1,0 L \pm 1,0 E \dots\dots\dots(v)$$

$$U = 0,9 D \pm 1,0 E \dots\dots\dots(vi)$$

Dengan :

U = kombinasi beban terfaktor

D = Beban Mati (Dead Load)

L = Beban Hidup (Life Load)

A = Beban hidup Atap

W = Beban angin (Wind Load)

E = Beban Gempa (Earth Quake Load), ditetapkan berdasarkan ketentuan SNI 03-1726-1989-F, Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung, atau penggantinya.

1.8 Perhitungan Balok Beton Bertulang

1. Tentukan tinggi penampang dengan metoda *trial-error*. SNI 2847-2013 Beton sudah mengatur tentang ukuran balok. Di pasal 9.5.2.1 memberikan tinggi penampang (h) minimum pada balok maupun plat seperti tercantum pada tabel 2.1.

Tabel 2.3. Tinggi (h) minimum balok non prategang

Komponen Struktur	Tinggi minimum, h			
	Tertumpu Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lain yang akan rusak oleh lendutan yang besar			
Plat masif satu arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok atau plat rusuk satu arah	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Sumber: Buku Teori dan Desain Balok Pelat Beton Bertulang Oleh Ali Asroni 2017

Jika H_{min} telah diketahui, kita dapat memperkirakan tinggi balok yang akan didesain, biasanya dengan menambahkan 100 sampai 200 mm dari H_{min} . Sementara lebar balok (b), normalnya dapat diambil sekitar $0.4 - 0.6 H_{min}$.

- Setelah itu tentukan nilai jarak antara pusat berat tulangan tarik dan tepi serat beton tekan (d) dalam mm, dengan rumus sebagai berikut:

$$d = H_{min} - \text{tebal selimut beton} \dots \dots \dots (i)$$

SNI juga sudah mengatur tebal selimut beton minimum (pasal 7.7).

Tujuan dari selimut beton adalah melindungi tulangan dari “serangan” korosi akibat uap air yang dapat masuk melalui celah-celah beton yang retak. Untuk daerah ekstrim, misalnya daerah dekat laut yang kadar garam uap airnya tinggi, tebal selimut beton harus ditambah.

- Hitung d_s , jarak antara titik berat tulangan dan tepi serat beton dan d, tinggi efektif penampang balok, dengan rumus sebagai berikut:

$$d_s = S_b + \phi_{\text{sengkang}} + 1/2D \dots\dots\dots(ii)$$

$$d = H - d_s \dots\dots\dots(iii)$$

Dengan:

d_s = jarak antara pusat berat tulangan tarik dan tepi serta beton tarik, mm

S_b = Selimut beton, mm

D = Diameter tulangan, mm

H = Tinggi penampang balok, mm

4. Tentukan jumlah tulangan maksimal yang dipasang perbaris (m), dengan rumus sebagai berikut:

$$m = \frac{b-d_s}{s_n+D} + 1 \dots\dots\dots(iv)$$

5. Tentukan Momen perlu (M_u) dalam satuan Nmm, dengan rumus sebagai berikut:

$$M_u = 1/8 q l^2 \dots\dots\dots(v)$$

6. Hitung nilai tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekuivalen (a) dalam satuan mm, dengan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c b} \dots\dots\dots(vi)$$

Catatan : 0.85 pada persamaan di atas bukan nilai ϕ , juga bukan β_1 . 0.85 itu adalah mm. Reduksi kuat tekan beton aktual terhadap kuat tekan beton silinder. Jadi, jika dikatakan beton mutu tekan $f'c$ 30 MPa, maka beton itu akan mulai hancur pada tekanan $0.85 \times 30 = 25.5$ MPa. Angka 0,85 $f'c$ juga digunakan pada perhitungan desain kolom beton (terhadap beban aksial tekan).

7. Hitung luas tulangan perlu (A_s) dalam mm^2 , dengan rumus sebagai berikut:

$$A_s = \frac{0,85 F_c a b}{f_y} \dots\dots\dots(\text{vii})$$

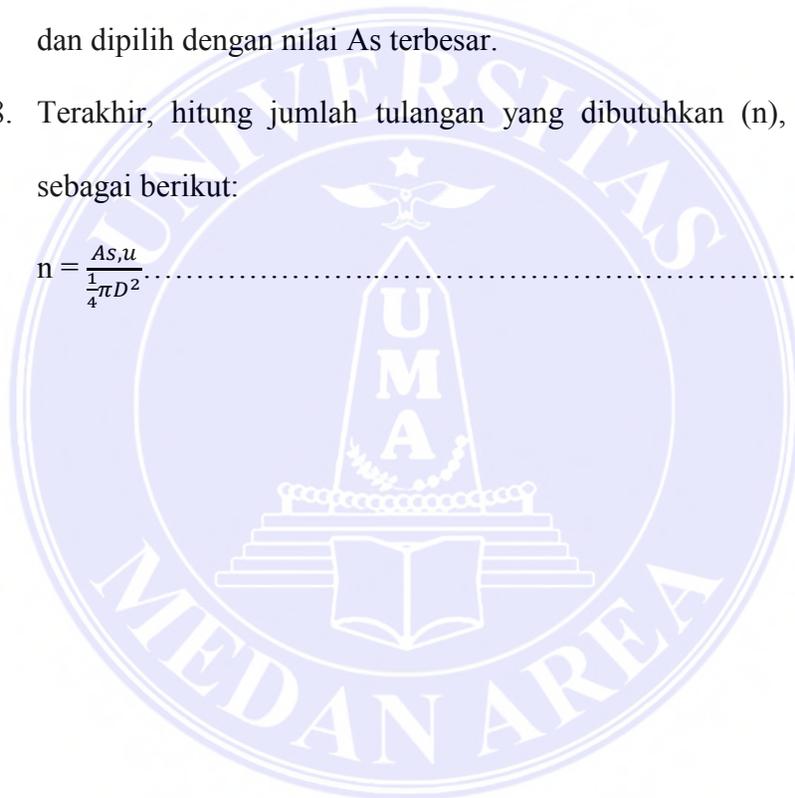
$$A_s = \frac{1,4}{f_y} b d \dots\dots\dots(\text{viii})$$

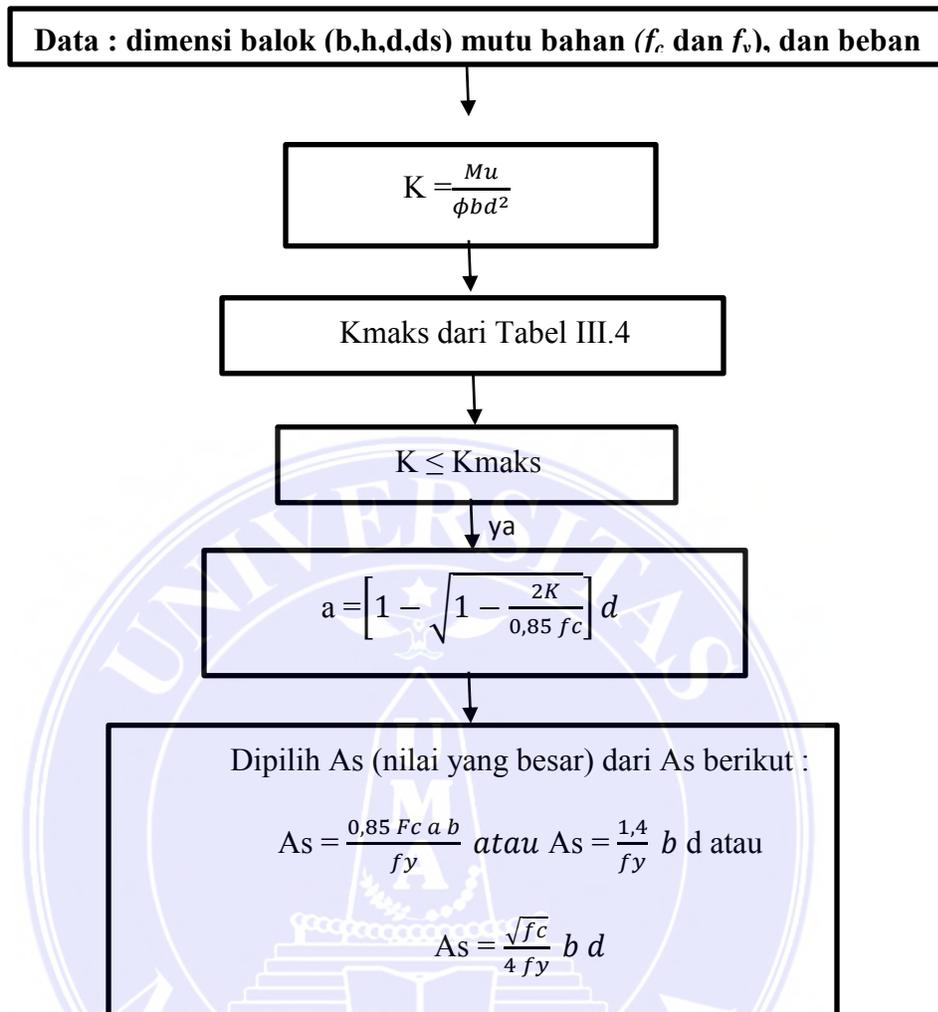
$$\text{Atau } A_s = \frac{\sqrt{f_c}}{4 f_y} b d \dots\dots\dots(\text{ix})$$

dan dipilih dengan nilai A_s terbesar.

8. Terakhir, hitung jumlah tulangan yang dibutuhkan (n), dengan rumus sebagai berikut:

$$n = \frac{A_s, u}{\frac{1}{4} \pi D^2} \dots\dots\dots(\text{x})$$





Gambar 2.8 Skema hitungan tulangan Longitudinal Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Tunggal)
 Sumber: Buku Teori dan Desain Balok Pelat Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

1.9 Faktor Keamanan

Agar dapat terjamin bahwa suatu struktur yang direncanakan mampu menahan beban yang bekerja, maka pada perencanaan struktur digunakan faktor keamanan tertentu. Faktor keamanan ini terdiri atas 2 (dua) jenis, yaitu:

- 1). Faktor keamanan yang berkaitan dengan beban luar yang bekerja pada struktur, disebut faktor beban.
- 2). Faktor keamanan yang berkaitan dengan kekuatan struktur gaya dalam), disebut faktor reduksi kekuatan (ϕ).

2.9.1 Faktor Beban

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (DPU,1983), beban yang harus diperhitungkan untuk suatu struktur adalah beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa dan kombinasi dari beban-beban tersebut. Pengertian dari setiap beban tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Beban-mati adalah berat dari semua bagian struktur gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu.
2. Beban-hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap Gedung tersebut.

3. Beban-gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut.
4. Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekan udara

Berat sendiri bahan bangunan dan komponen struktur gedung menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (DPU, 1983) yang akan digunakan adalah berat beton bertulang yaitu 24 kN/m³

2.9.2 Faktor Reduksi Kekuatan ϕ

Ketidakpastian kekuatan beton terhadap pembebanan pada komponen struktur dianggap sebagai factor reduksi kekuatan ϕ , yang nilainya ditentukan menurut pasal 11.3 SNI 03-2847-2013 sebagai berikut:

1. Struktur lentur tanpa beban aksial (misalnya: balok)

$$\phi = 0,80$$

2. Beban aksial dan beban aksial dengan lentur

- a. Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur,

$$\phi = 0,80$$

- b. Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur

i. Komponen struktur dengan tulangan spiral atau Sengkang ikat,

$$\phi = 0,70$$

ii. Komponen struktur dengan tulangan Sengkang biasa,

$$\phi = 0,65$$

3. Geser dan torsi

$$\Phi = 0,75$$

4. Tumpuan pada beton

$$\phi = 0,65$$

1.10 Kekuatan Baja Tulangan

Jenis baja tulangan menurut SNI 03-2847-2013, tulangan yang dapat digunakan pada elemen beton bertulang dibatasi hanya pada baja tulangan dan kawat baja saja. Belum ada peraturan yang mengatur penggunaan tulangan lain, selain dari baja tulangan atau kawat baja tersebut.

Baja tulangan yang tersedia di pasaran ada 2 jenis, yaitu baja tulangan polos (BJTP) dan baja tulangan ulir atau deform (BJTD). Tulangan polos biasanya digunakan untuk tulangan geser/begel/Sengkang, dan mempunyai tegangan leleh (F_y) minimal sebesar 240 MPa (Disebut BJTP-24), dengan ukuran $\phi 6$, $\phi 8$, $\phi 10$, $\phi 12$, $\phi 14$ dan $\phi 16$ (dengan ϕ adalah symbol yang menyatakan diameter tulangan). Tulangan ulir/deform digunakan untuk tulangan longitudinal

atau tulangan memanjang, dan mempunyai tegangan leleh (f_y) minimal 300 Mpa (disebut BJTD-30). Ukuran diameter nominal tulangan ulir dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Tulangan ulir dan ukurannya

Jenis Tulangan	Diameter nominal (mm)	Berat per m (kg)
D10	10	0,617
D13	13	1,042
D16	16	1,578
D19	19	2,226
D22	22	2,984
D25	25	3,853
D29	29	5,185

Sumber: Buku Teori dan Desain Balok Pelat Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

1.11 Hubungan Baja dan Beton pada Beton Bertulang

Besi beton atau baja tersedia bentuk polos atau ulir serta bervariasi diameternya, seperti D 6mm, D 8mm, D 10mm, D 12mm, D 14mm, D 16mm, D 19mm, dll.

Baja yang menjadi tulangan pada konstruksi beton dan tegangan baja pada kondisi tegangan leleh σ_y merupakan factor penting karena pada keadaan tersebut regangan baja maksimum, sehingga beton di sekitar tulangan ikut mulur sampai hancur.

Perlu diingat kembali bahwa setiap material memiliki modulus elastisitas E sendiri, yang merupakan rasio antara tegangan terhadap regangan. Modulus elastisitas baja E , sebesar $2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$.

Tabel 2.5 Tegangan tekan dan Tarik baja yang diizinkan

Mutu Baja	Tegangan Tekan dan Tarik Izin Baja σ'_a (kg/cm^2)	
	Pembebanan Tetap	Pembebanan Sementara
U ₂₂	1.250	1.800
U ₂₄	1.400	2.000
U ₃₂	1.850	2.650
U ₃₉	2.250	3.200
U ₄₈	2.750	4.000
U _{umum}	0,58 σ_{au}	0,83 σ_{au} atau 0,83 $\sigma_{0,2}$

Sumber : Buku Konsep dan Aplikasi Pengantar Teknik Sipil
oleh Encu Sutarman 2013

Tegangan tekan dan tarik baja leleh karakteristik atau yang memberikan tegangan tetap sebesar 0,2% ($\sigma_{0,2}$) ditunjukkan oleh Tabel 2.6 dalam satuan kg/cm^2 .

Tabel 2.6 Tegangan tekan dan tarik baja leleh karakteristik

Mutu Baja U	Σ_{au} atau 0,2% ($\sigma_{0,2}$) (kg/cm^2)	Keterangan
U ₂₂	2.200	Baja lunak
U ₂₄	2.400	Baja lunak
U ₃₂	3.200	Baja Sedang
U ₃₉	3.900	Baja Keras
U ₄₈	4.800	Baja Keras

Sumber : Buku Konsep dan Aplikasi Pengantar Teknik Sipil oleh Encu Sutarman

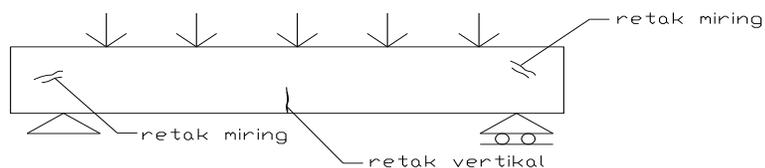
2.12 Kuat Beton Terhadap Gaya Tarik

Nilai kuat tekan dan tarik beton tidak berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan kasar yang dapat dipakai, bahwa nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik bahan beton yang tepat sulit untuk diukur. Menurut Dipohusodo (1994), nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan 0,50 – 0,60 kali (f^c) 0,5, sehingga untuk bentuk normal digunakan nilai 0,57 (f^c) 0,5.

2.13 Tulangan Geser Balok

2.13.1 Retakan Pada Balok

Jika ada sebuah balok yang ditumpu secara sederhana (yaitu dengan tumpuan sendi pada ujung yang satu dan tumpuan rol pada ujung lainnya), kemudian diatas balok diberi beban cukup berat, balok tersebut dapat terjadi 2 jenis retakan, yaitu retak yang arahnya vertical dan retak yang arahnya miring.



Gambar 2.9 Jenis Retakan Pada Balok

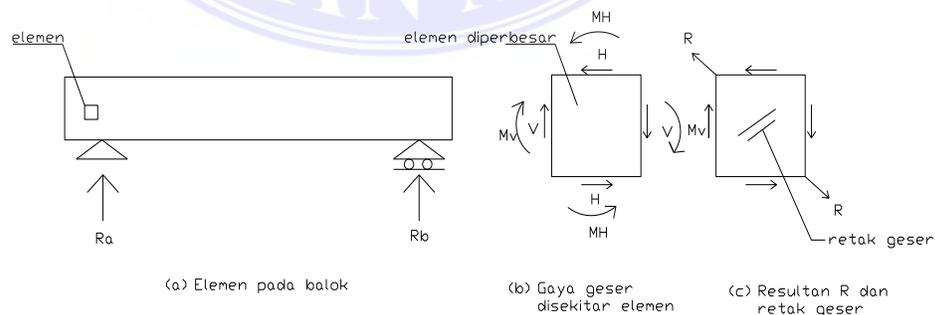
Sumber: Buku Teori dan Desain Balok Pelat Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

Retak vertikal terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan beban lentur, sehingga biasanya terjadi pada daerah lapangan (bentang tengah) balok, karena pada daerah ini timbul momen lentur paling besar. Retak miring terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan beban geser, sehingga biasanya terjadi pada daerah ujung (dekat tumpuan) balok, karena pada daerah ini timbul gaya geser paling besar. Retakan membentuk sudut 45° .

2.13.2 Retak Balok Akibat Gaya Geser

Untuk memberikan gambaran yang cukup jelas tentang bekerjanya gaya geser pada balok, diambil sebuah elemen kecil dari beton yang berada di dekat ujung balok, kemudian elemen tersebut diperbesar sehingga dapat dilukiskan gaya-gaya geser disekitar elemen beton seperti gambar 2.10.

Pada gambar 2.10, akibat berat sendiri dan beban-beban diatas balok, maka pada tumpuan kiri maupun kanan timbul reaksi (R_a dan R_b) yang arahnya ke atas, sehingga pada tumpuan kiri terjadi gaya geser sebesar R_a ke atas.



Gambar 2.10 Retak balok akibat gaya geser

Sumber: Buku Teori dan Desain Balok Pelat Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

Pada Gambar 2.5 (c), terjadi keadaan berikut:

1. Gaya geser V keatas pada permukaan bidang kiri dan gaya geser H ke kiri pada permukaan bidang atas, membentuk resultant R yang arahnya miring ke kanan-bawah dengan sudut 45°
2. Gaya geser V ke bawah pada permukaan bidang kanan dan gaya geser H ke kanan pada permukaan bidang bawah, juga membentuk resultant R yang arahnya miring ke kanan bawah dengan sudut 45° .
3. Kedua resultant yang terjadi sama besarnya, tetapi berlawanan arah dan saling tarik menarik.
4. Jika elemen beton tidak mampu menahan gaya tarik dari kedua resultant R , maka elemen beton akan retak dengan arah miring, membentuk sudut 45° .

2.13.3 Perencanaan Tulangan Geser

Perencanaan geser untuk komponen-komponen struktur terlentur didasarkan pada anggapan bahwa beton menahan sebagian dari gaya geser, sedangkan kelebihan atau kekuatan geser di atas kemampuan beton untuk menahannya dilimpahkan kepada tulangan baja geser. Cara yang umum dilaksanakan dan lebih sering dipakai untuk penulangan geser adalah dengan menggunakan sengkang. Dalam hal ini selain pelaksanaannya lebih mudah juga menjamin ketepatan pemasangannya. Penulangan dengan sengkang hanya memberikan andil terhadap sebagian pertahanan geser, karena formasi atau arah retak yang miring. Cara

penulangan demikian terbukti mampu memberikan sumbangan untuk peningkatan kuat geser ultimit komponen struktur yang mengalami lenturan.



Gambar 2.11 Jenis-Jenis Sengkang

Analisis kekuatan geser tulangan sengkang miring baik bentuk “I” maupun bentuk “L” menggunakan cara yang sama. Kekuatan geser kedua macam tulangan sengkang ini dipengaruhi oleh kekuatan geser beton (V_c) dan juga beban geser yang bekerja pada balok beton bertulang (V_u). Persamaan Pasal 13.3.1 SNI 03-2847-2013 untuk komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja, memberikan kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser adalah V_c dengan rumus :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \dots \dots \dots (i)$$

dengan:

V_c = Kuat geser beton (N)

f_{c} = Kuat tekan beton (N/mm²)

b = Lebar efektif penampang balok (mm)

Kuat geser ideal beton dikenakan faktor reduksi kekuatan $\phi = 0,75$. Sedangkan kuat geser rencana V_u didapatkan dari hasil penerapan faktor beban. Nilai V_u lebih mudah ditentukan dengan menggunakan diagram gaya geser. Meskipun secara teoritis tidak perlu penulangan geser apabila $V_u \leq \phi V_c$, peraturan mengharuskan untuk selalu menyediakan penulangan geser minimum pada semua bagian struktur beton yang mengalami lenturan (meskipun menurut perhitungan tidak memerlukannya), kecuali untuk plat dan fondasi plat, struktur balok beton rusuk. Ketentuan tulangan geser minimum tersebut untuk menjaga apabila timbul beban yang tak terduga pada komponen struktur yang akan mengakibatkan kerusakan (kegagalan) geser.

2.13.4 Pertimbangan dalam perhitungan tulangan geser/begel

Beberapa rumus yang digunakan sebagai dasar untuk perhitungan tulangan geser/begel balok yang tercantum dalam pasal-pasal SNI 2847-2013, yaitu sebagai berikut:

- a. Pasal 11.1.1 SNI 2847-2013, gaya geser rencana, gaya geser nominal, gaya geser yang ditahan oleh beton dan begel dirumuskan:

$$V_d = \phi V_n \text{ dan } \phi V_n \geq V_u \dots \dots \dots (i)$$

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots(ii)$$

Dengan :

V_d = gaya geser desain, Kn

V_n = gaya geser nominal, kN

V_c = gaya geser yang ditahan oleh beton, kN

V_s = gaya geser yang ditahan oleh Sengkang, kN

Φ = faktor reduksi kekuatan geser = 0,75 (Pasal 9.3.2.3)

- b. Pasal 11.3.1 SNI 2847-2013, nilai V_u boleh diambil pada jarak d (menjadi V_{ud}) dari muka kolom.

$$V_{ud} = V_{ut} + \frac{x}{y} (V_u - V_{ut}) \dots\dots\dots(iii)$$

- c. Pasal 11.2.1.1 SNI 2847-2013, gaya geser yang ditahan oleh beton (V_c) dihitung dengan rumus :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c'} b d \dots\dots\dots(iv)$$

- d. Gaya geser yang ditahan oleh Sengkang (V_s) dapat dihitung berdasarkan persamaan (i) dan (ii) sehingga menghasilkan:

$$V_s = (V_u - \phi V_c) / \phi \text{ dengan } \phi = 0,75 \dots\dots\dots(v)$$

- e. Pasal 11.4.7.9 V_s harus $\leq V_{smaks}$ dengan

$$V_{smaks} = 0,66 \sqrt{F'c'} b d \dots\dots\dots(vi)$$

Jika $V_s > V_{smaks}$, maka ukuran balok diperbesar.

- f. Luas tulangan geser per meter panjang balok yang diperlukan ($A_{v,u}$) dihitung dengan memilih nilai terbesar dari rumus berikut:

(a) Pasal 11.4.7.2

$$A_{v,u} = V_s S / (F_y \cdot d) \dots \dots \dots (vii)$$

Dengan:

S = Panjang balok 1000 mm,

F_y = Tegangan leleh tulangan.

(b) Pasal 11.4.6.3

$$A_{v,u} = 0,062 \sqrt{F'_c} b S / F_y \dots \dots \dots (viii)$$

(c) Pasal 11.4.6.

$$A_{v,u} = 0,35 b S / F_y \dots \dots \dots (ix)$$

g. Spasi begel (s) dihitung dengan rumus berikut:

$$(a) s = n^{1/4} \pi d_p^2 S / A_{v,u} \dots \dots \dots (x)$$

dengan S = Panjang balok 1000 mm

(b) Pasal 11.4.5.1

$$\text{Untuk } V_s < 0,33 \sqrt{F'_c} b d \dots \dots \dots (xi)$$

Maka $s \leq d/2$ dan $s \leq 600$ mm

(c) Pasal 11.4.5.3

$$\text{Untuk } V_s > 0,33 \sqrt{F'_c} b d \dots \dots \dots (xii)$$

Maka $s \leq d/4$ dan $s \leq 300$ mm

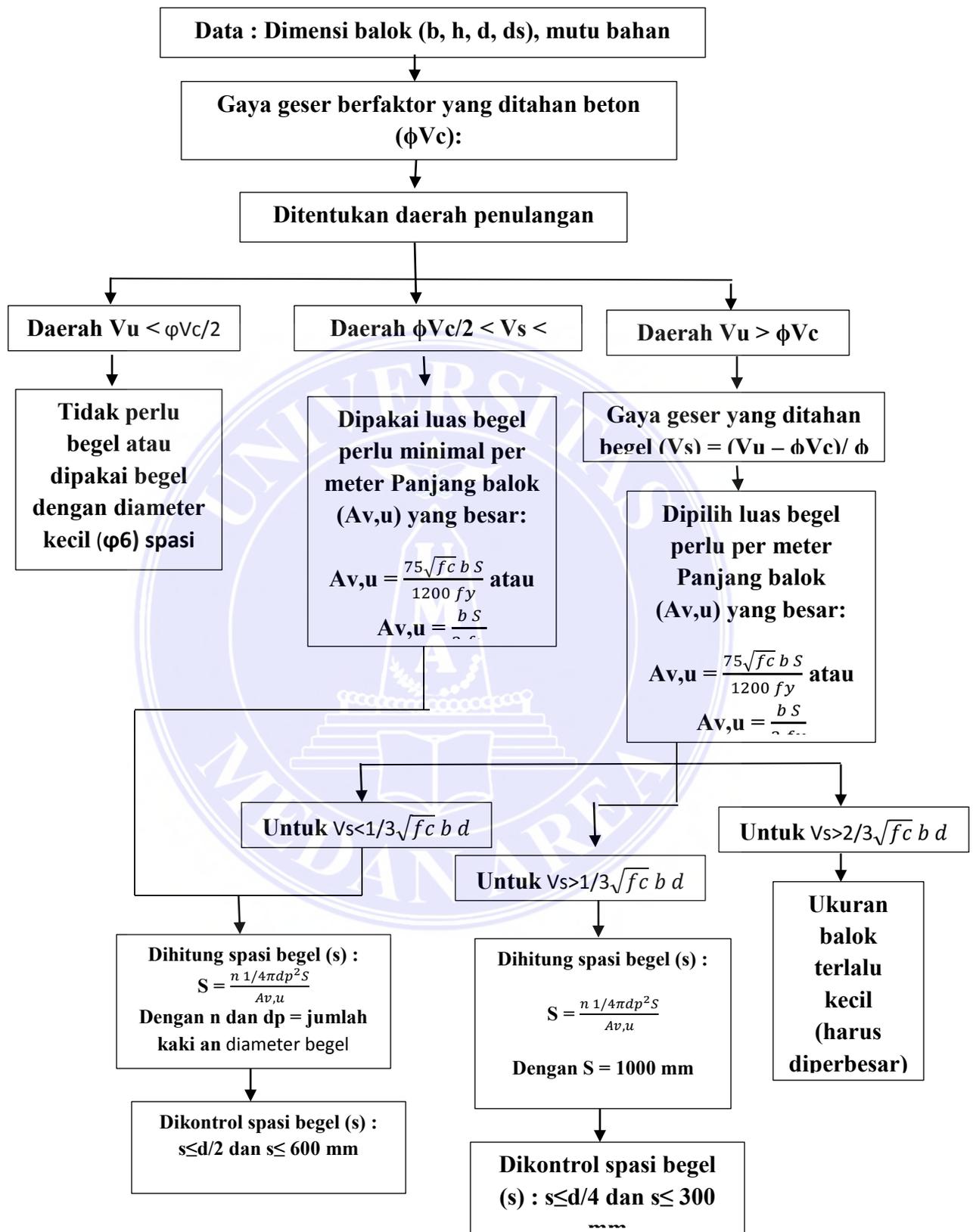
2.13.5 Skema Hitungan Senggang Balok

Dengan memperhatikan dan menggunakan rumus-rumus terkait dengan begel balok pada diatas maka langkah hitungan begel balok dapat ditentukan berdasarkan 3 tahap sebagai berikut:

1. Dihitung gaya geser V_u dan gaya geser yang ditahan oleh beton (ϕV_c).
2. Dihitung gaya geser yang ditahan oleh sengkang atau begel (V_s).
3. Dihitung luas begel yang diperlukan untuk setiap 1 meter panjang balok ($A_{v,u}$) dan jarak antara begel atau spasi begel.

Untuk mempermudah hitungan pada perencanaan begel balok, maka dibuat skema hitungan pada Gambar 2.7.



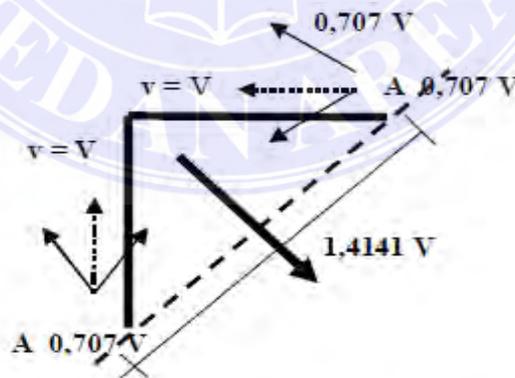


Gambar 2.12 Skema Hitungan Senggang Balok

Sumber : Buku Teori dan Desain Plat Balok Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

2.14 Kuat Geser Balok

Tegangan geser dan lentur akan timbul di sepanjang komponen struktur yang menahan gaya geser dan momen lentur, sehingga penampang komponen mengalami tegangan – tegangan pada wilayah antara garis netral dan serat tepi penampang. Komposisi tegangan – tegangan tersebut di suatu tempat akan menyesuaikan diri secara alami dengan membentuk keseimbangan tegangan geser dan tegangan normal maksimum dalam suatu bidang yang membentuk sudut kemiringan terhadap sumbu balok. Dengan menggunakan lingkaran mohr dapat ditunjukkan, bahwa tegangan normal maksimum dan minimum akan bekerja pada dua bidang yang saling tegak lurus satu sama lainnya. Bidang– bidang tersebut dinamakan bidang utama dan tegangan–tegangan yang bekerja disebut tegangan–tegangan utama (lihat Gambar II.1).



Gambar 2.13 Tegangan – tegangan pada balok terlentur

Sumber : Buku Teori dan Desain Plat Balok Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

Keterangan :

v = tegangan geser

V = gaya geser

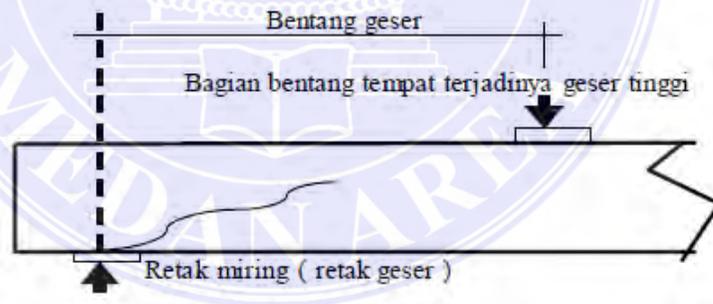
T = gaya tarik

$0,707 V$ = Komponen gaya normal terhadap terhadap bidang A – A

$T = 1,414 V$

Retak miring akibat geser di badan balok beton bertulang dapat terjadi tanpa disertai retak akibat lentur di sekitarnya, atau dapat juga sebagai kelanjutan proses retak lentur yang telah mendahuluinya. Retak miring pada balok yang sebelumnya tidak mengalami retak lentur dinamakan sebagai retak geser badan. Kejadian retak geser badan jarang dijumpai pada balok beton bertulang biasa dan lebih sering pada balok beton prategang berbentuk huruf I dengan badan tipis dan flens (sayap) lebar. Retak geser badan juga dapat terjadi di sekitar titik balik lendutan atau pada tempat di mana terjadi penghentian tulang balok struktur bentang menerus. Retak miring yang terjadi sebagai proses kelanjutan dari retak lentur yang telah timbul sebelumnya dinamakan sebagai retak geser lentur. Retak jenis terakhir ini dapat dijumpai baik pada balok beton bertulang biasa maupun prategang. Proses terjadinya retak lentur umumnya cenderung merambat dimulai dari tepi masuk ke dalam balok dengan arah hampir vertikal. Proses tersebut terus berlanjut tanpa mengakibatkan berkurangnya tegangan sampai tercapainya

suatu kombinasi kritis tegangan lentur dan geser di ujung salah satu retak terdalam. Hal ini terjadi tegangan geser cukup besar yang kemudian mengakibatkan terjadinya retak miring. Pada balok beton bertulangan lentur arah memanjang, tulangan baja akan bertugas sepenuhnya menahan gaya tarik yang timbul akibat lenturan. Sementara itu, apabila beban yang bekerja terus meningkat, tegangan tarik dan geser juga akan meningkat seiring dengan beban. Tulangan baja yang diperuntukkan menahan momen lentur di dalam balok letaknya tidak pada tempat timbulnya tegangan tarik diagonal, sehingga untuk itu diperlukan tambahan tulangan baja untuk menahan tegangan tarik diagonal tersebut di tempat tempat yang sesuai (Dipohusodo, 1994). Mengenai retak miring pada balok beton bertulang, maka lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar II.2.

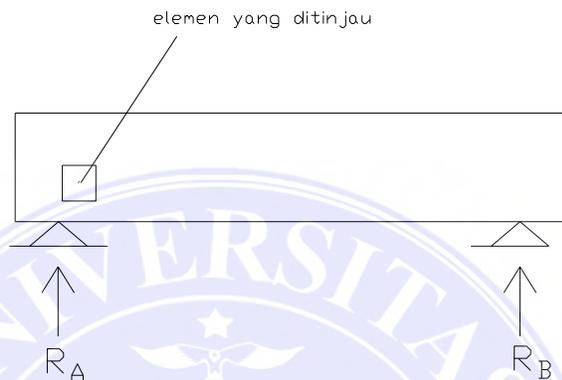


Gambar 2.14 Retak miring pada balok beton bertulang

Sumber : Buku Teori dan Desain Plat Balok Beton Bertulang oleh Ali Asroni 2017

Untuk memberikan gambaran cukup jelas tentang bekerjanya gaya geser/gaya lintang pada balok, diambil sebuah elemen kecil dari beton yang

berada di dekat ujung balok, kemudian elemen tersebut diperbesar sehingga dapat dilukiskan gaya-gaya geser di sekitar elemen beton seperti Gambar 2.15 dibawah ini.



Gambar 2.15 Elemen pada balok

Pada Gambar 4.4 , akibat berat sendiri dan beban-beban di atas balok, maka pada tumpuan kiri maupun kanan timbul reaksi (R_A dan R_B) yang arahnya ke atas, sehingga pada tumpuan kiri terjadi gaya lintang/geser sebesar R_A ke atas.

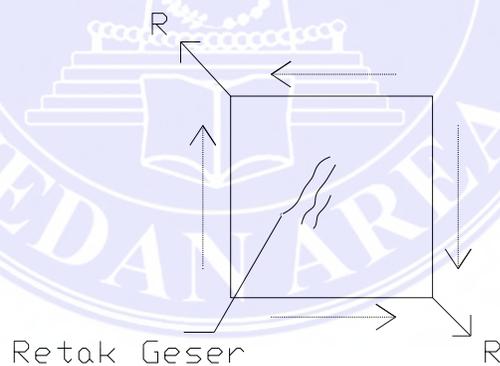
Gaya lintang R_A ini berakibat pada elemen beton (yang diperbesar) pada Gambar 4.5 sebagai berikut :

1. Arah reaksi R_A ke atas, sehingga pada permukaan bidang elemen sebelah kiri terjadi gaya geser dengan arah ke atas pula.
2. Karena elemen beton berada pada keadaan stabil, berarti terjadi keseimbangan gaya vertikal pada elemen beton, sehingga pada permukaan bidang elemen sebelah kanan timbul gaya geser ke bawah. Kedua gaya geser pada kedua permukaan bidang (bidang kiri dan kanan) ini besarnya sama.

3. Akibat gaya geser ke atas pada kedua permukaan bidang kiri dan gaya geser ke bawah pada permukaan bidang kanan, maka pada elemen beton timbul momen yang arahnya sesuai dengan arah putaran jarum jam.

4. Karena elemen beton berada pada keadaan stabil, berarti terjadi keseimbangan momen pada elemen beton, sehingga momen yang ada harus dilawan oleh momen lain yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan dengan arah putaran jarum jam.

5. Momen lawan yang arahnya berlawanan dengan arah jarum putaran jam pada item 4) dapat terjadi, jika ada permukaan bidang elemen sebelah atas ada gaya geser dengan arah kiri, dan pada permukaan bidang elemen sebelah bawah ada gaya geser dengan arah ke kanan. Kedua gaya geser terakhir ini besarnya juga sama.



Gambar 2.16 Resultan R dan retak geser

Pada Gambar 2.16, terjadi keadaan berikut :

1. Gaya geser ke atas pada permukaan bidang kiri dan gaya geser ke kiri pada permukaan bidang atas, membentuk resultante R yang arahnya miring ke kiri-atas.
2. Gaya geser ke bawah pada permukaan bidang kanan dan gaya geser ke kanan pada permukaan bidang bawah, juga membentuk resultante R yang arahnya miring ke kanan-bawah.
3. Kedua resultant yang terjadi dari item 1 dan item 2 tersebut sama besarnya, tetapi berlawanan arah dan saling tarik-menarik.
4. Jika elemen beton tidak mampu menahan gaya tarik dari kedua resultant R, maka elemen beton akan retak dengan arah miring, membentuk sudut 45 derajat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum

Penelitian ini penulis melakukan penelitian dan pengumpulan data dengan cara menguji langsung di laboratorium. Pada pengumpulan data menggunakan data primer, data primer didapat langsung di lapangan. Data tersebut mencakup besar beban geser, dan juga data sekunder yang sifatnya mendukung keperluan data primer seperti buku-buku dan jurnal. Data tersebut mencakup besar kuat geser dan perbedaan kuat geser pada balok beton sederhana menggunakan sampel-sampel yang akan diuji.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang dipergunakan antara lain:

1. Campuran beton yang diambil dari ready mix Abadi Beton.
2. Tulangan baja berdiameter 8 mm dan 10 mm,
3. Kawat untuk mengikat tulangan,
4. Bekisting untuk cetakan balok beton bertulang digunakan triplek plywood 2 faced.

3.2 Peralatan Penelitian

1. Alat pembuatan sampel uji kuat geser sengkang balok beton bertulang.
2. Alat pengujian kuat geser sengkang balok beton bertulang



Gambar 3.1 Alat uji kuat geser

3.4 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang saya lakukan berada di Laboratorium Beton Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

3.5 Persiapan Pengujian

3.5.1 Pembuatan Sampel Balok Beton Bertulang

1. Pembuatan Bekisting

Bekisting adalah cetakan sementara yang digunakan untuk menahan beton selama beton dituang dan dibentuk sesuai dengan yang diinginkan (Stephens,1985). Bekisting yang digunakan adalah triplek plywood 2 faced dengan ukuran dimensi 15 cm x 15 cm dan panjang 50 cm.

2. Pemotongan dan Pembengkokan Tulangan

Pemotongan besi tulangan dilaksanakan di lapangan atau lokasi penelitian. Pemotongan besi tulangan dilakukan dengan mesin bar cutter. Pemotongan tulangan sesuai dengan bentang yang dibutuhkan yaitu 50 cm dengan D10 mm untuk tulangan utama, tulangan D8 mm sepanjang 23,55 cm untuk tulangan sengkang “I” dan 30 cm untuk tulangan sengkang “L” .

Sebelum melakukan pemotongan besi sebaiknya perhatikan beberapa prinsip pemotongan besi seperti: pemotongan sebaiknya sesuai dengan rencana pemotongan, yang biasanya dibuat berdasarkan panjang standart (12 meter), pastikan pemotongan dilakukan sedemikian rupa sehingga sisa potongan besi yang terbuat relative kecil.

Pembengkokan dilakukan pada meja pembengkok menggunakan kunci besi dari ukuran kecil sampai besar. Pembuatan kait pada tulangan dapat berupa kait penuh, kait lurus dan kait

miring. Pembengkokan kait tulangan sengkang sesuai dengan syarat yaitu 4db, sehingga dibengkokkan sepanjang 5 cm pada kedua ujung tulangan sengkang sebagai kait tulangan.

Pembengkokan besi tulangan juga harus dilakukan sesuai dengan prosedur seperti: alat pemebengkok sesuai dengan diameter besi. Pembengkokan 135° untuk sengkang/begel besi polos pada ujung bebasnya harus dibuat kait atau penjangkaran 6x diameter besi (6D) atau ≥ 5 cm dan dibengkokkan ke rah dalam.

3. Perakitan Tulangan

Perakitan dilakukan dengan cara langsung merakit tulangan yang sudah dibengkok dan dipotong.

4. Pemasangan Tulangan

Sebelum pemasangan tulangan, perlu diperhatikan beberapa hal seperti; tulangan harus bebas dari kotoran, lemak, kulit gilingan baja, karat lepas, serta bahan-bahan lain yang dapat mengurangi daya lekat baja dengan beton, pemasangan tulangan harus dipasang sedemikian rupa sehingga sebelum dan selama pengecoran beton tidak berubah dari tempatnya, dan memperhatikan tebal selimut beton dan penempatan / elevasi tulangannya. Oleh karena itu tulangan harus dipasang dengan tahu beton.

5. Perletakan Tahu Beton

Tahu beton berfungsi untuk menjaga tulangan agar sesuai dengan posisi yang diinginkan. Tujuan digunakannya tahu beton adalah untuk membuat sela atau jarak antara permukaan bekisting dengan tulangan, sehingga pada waktu pengecoran nanti bisa terbentuk selimut beton sesuai yang diinginkan. Selain itu, selimut beton juga menjaga agar tulangan pada beton tidak berkarat (korosi). Tahu beton yang digunakan setebal 2 cm sesuai tebal selimut beton.

6. Pengecoran Balok Beton

Setelah semua telah selesai dipasang, maka dilakukan pengecoran balok dengan cara menuangkan campuran beton kedalam cetakan beton yang sudah dipasang. Campuran beton dimasukkan sedikit demi sedikit yaitu masukkan $\frac{1}{3}$ campuran beton lalu dirojok sebanyak 25 kali, dilakukan sampai selesai dan kemudian diratakan. Guna rojokan tersebut adalah untuk mengurangi rongga-rongga yang ada didalam beton.

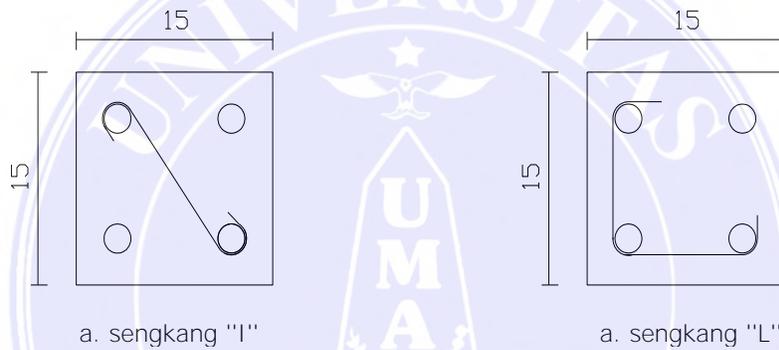
7. Pembongkaran Bekisting Beton

Proses pembongkaran bekisting dilakukan setelah beton dianggap mengeras. Pembongkaran bekisting dilakukan setelah 8-12 jam dari pengecoran terakhir. Jika pembongkaran dilakukan sebelum waktu maka akan terjadi kerusakan/cacat pada beton tersebut.

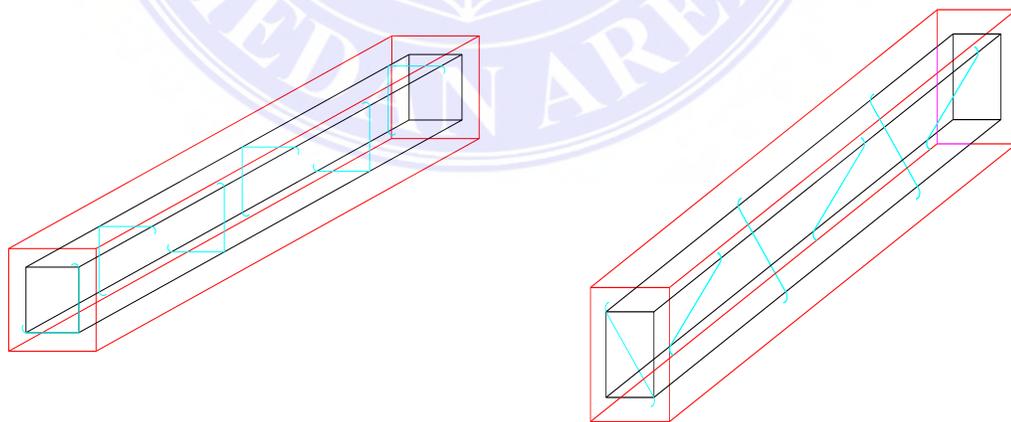
1.6 Pelaksanaan Penelitian

1.6.1 Sampel Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium dengan cara membuat sampel pengujian. Adapun sampel pengujian tersebut dibuat sebagai berikut:



Gambar 3.2 Sampel Penelitian



Sengkang "L"

sengkang "I"

1. Sampel berupa balok beton bertulang dengan tulangan sengkang “I” dengan ukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm dan bentang balok 50 cm. Spasi sengkang 45 mm. Jumlah sampel 2 buah.
2. Sampel berupa balok beton bertulang dengan tulangan sengkang “L” dengan ukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm dan bentang balok 50 cm. Spasi sengkang 45 mm. Jumlah sampel 2 buah.

1.7 Tahapan Penelitian

1. Pengujian material baja tulangan: Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan leleh (f_y)
2. Perakitan tulangan: Metode sambungan untuk tulangan dilakukan dengan jarak sesuai dengan perhitungan yang telah ditentukan. Untuk balok normal menggunakan tulangan geser arah vertikal, dengan variasi jarak spasi sesuai dengan perhitungan.
3. Pembuatan benda uji: Benda uji yang digunakan berbentuk balok persegi dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 50 cm. Sebelum pengecoran dilakukan persiapan bekisting. Pengecoran benda uji menggunakan ready mix dengan kuat tekan f'_c sebesar 32,56MPa atau K350.
4. Pengujian kuat geser balok beton bertulang
 - a. Pengujian dilakukan diatas loading frame yang terbuat dari profil baja yang didesain dengan perletakan sederhana (sendi-rol) untuk menguji kekuatan geser balok dengan panjang bentang 50 cm dan penampang berbentuk persegi empat berdimensi 15 cm x 15 cm.

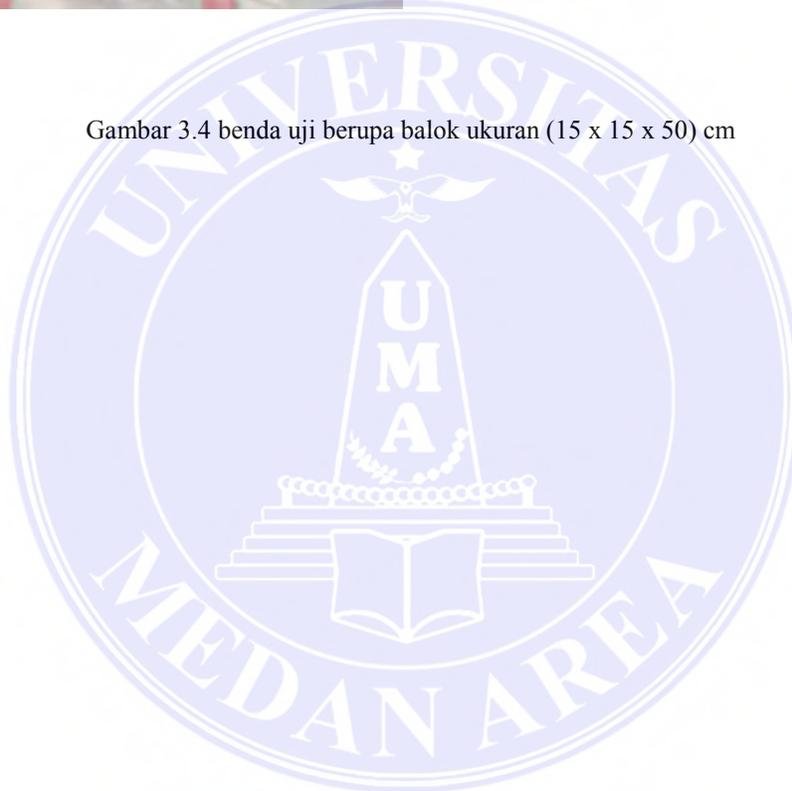
- b. Pengujian kuat geser pada balok beton bertulang dilaksanakan pada sampel yang telah berumur diatas 28 hari.
- c. Pengujian balok beton bertulang ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan balok dalam memikul beban. Pembacaan load cell untuk pengujian balok dilaksanakan setiap pembebanan 1 kN.
- d. Pengolahan data membahas hubungan antara beban dan kuat geser.

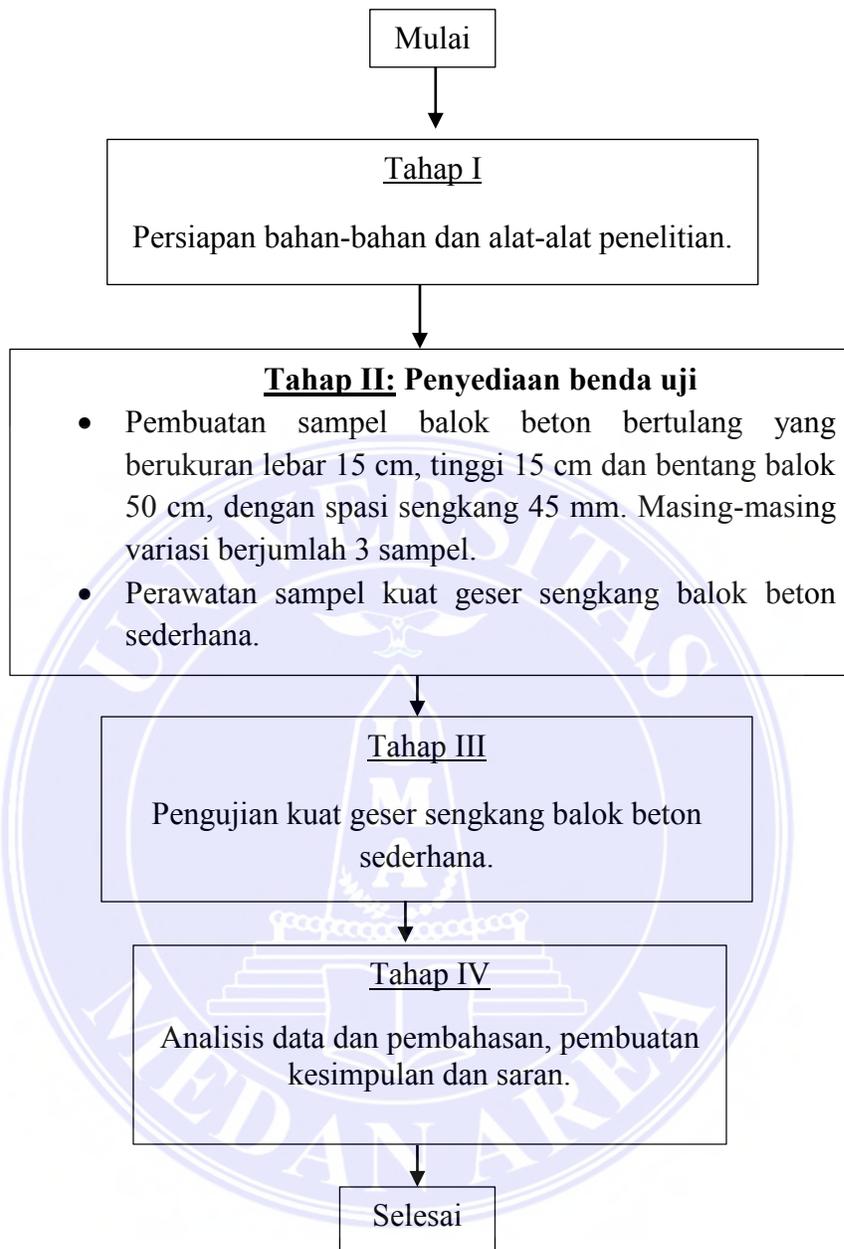


Gambar 3.3 Tulangan benda uji dengan menggunakan sengkang “I” dan sengkang “L”



Gambar 3.4 benda uji berupa balok ukuran (15 x 15 x 50) cm





Gambar 3.5 Skema penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh dinyatakan sebagai berikut:

1. Beban geser maksimal yang terjadi yaitu rata-rata sebesar 23,4 kN untuk sengkang "I" dan 22,8 kN untuk sengkang "L"
2. Kuat geser maksimal rata-rata sebesar 9,56 kN untuk sengkang "I" dan 8,99 kN untuk sengkang "L".
3. Terdapat perbedaan beban geser antara tulangan sengkang "I" dan tulangan sengkang "L" yaitu selisih kuat geser maksimal adalah sebesar 6,25%. Perbedaan nilai juga terjadi pada beban geser maksimalnya, yaitu sebesar 2,56%.
4. Dalam penggunaannya, sengkang "I" dapat meminimalisir nilai ekonomis dibandingkan dengan sengkang "L" tetapi perbedaannya tidak terlalu jauh.

4.2 Saran

1. Penelitian yang telah dilakukan ini terbatas dengan alat pengujian geser balok dengan dimensi maksimal penampang balok beton sebesar 15 cm dan kapasitas alat menahan beban sebesar maksimal 10 ton. Dengan kondisi semacam ini maka dapat dilakukan penelitian serupa untuk balok beton dengan dimensi penampang balok yang lebih besar dan dengan alat pengujian geser yang mempunyai kapasitas menahan beban maksimal yang lebih besar lagi.
2. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang jauh lebih baik, sampel yang digunakan perlu lebih banyak lagi agar didapatkan data yang lebih bervariasi. Selain itu pemilihan benda uji diupayakan merupakan perwakilan dari tiap tipe sampel yang hasilnya ingin dibandingkan.
3. Perlu juga dilakukan penelitian lanjutan dengan sengkang bentuk lain agar hasil penelitian lebih akurat dan dapat dinilai sengkang bentuk apa yang ketahanannya lebih tinggi
4. Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk mendapatkan hasil penelitian yang jauh lebih baik dari penelitian sebelumnya, yaitu dengan menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak lagi dan tetap dipakai sengkang bentuk “T” dan sengkang “L” . Sehingga data yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

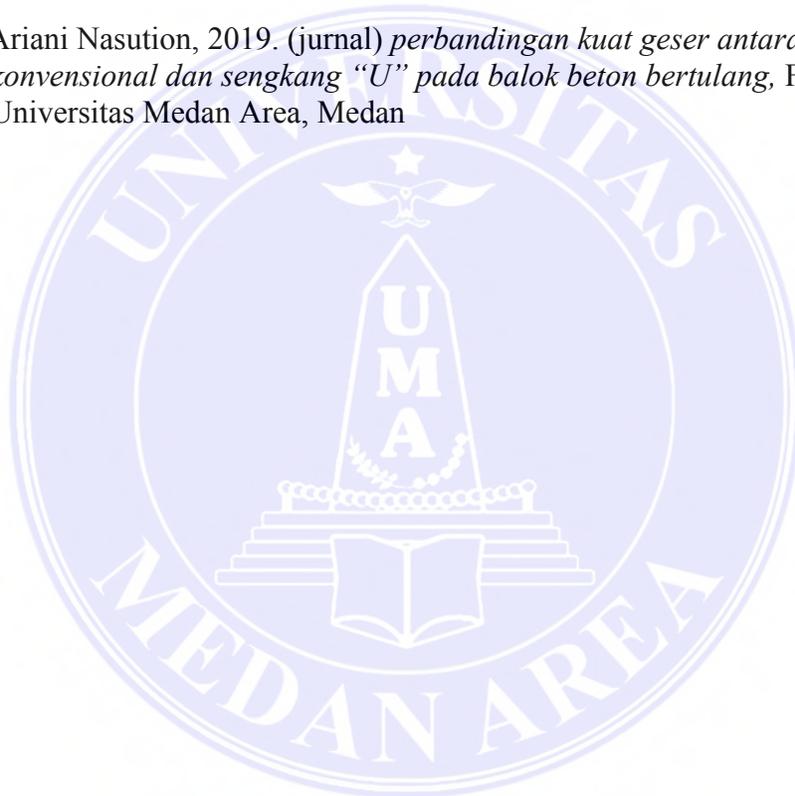
- Asroni, A., 2017. *Teori dan Desain Plat Balok Beton Bertulang*, Muhammadiyah University Press, Surakarta
- Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Asroni, A., 2010. *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Asroni, A., 2009. *Struktur Beton Lanjut*, Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asni Tandilino, 2018. (Jurnal) *Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Sistem Rangka dengan Variasi Jarak Spasi*, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar
- Bagus Soebandono, 2013 : “*Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE*”, (Jurnal) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- McCormac, Jack C, 2005. *Beton Bertulang Dasar 1*. Bandung: PT Penerbit Erlangga.
- Bambang Sutrisno, 2013. (Jurnal) *Tinjauan Kuat Geser Balok Beton Sederhana dengan Sengkang Kombinasi Antara Sengkang Alternatif dan Sengkang Model “U” atau “n” yang Dipasangkan Secara Miring Sudut Tiga Puluh Derajat*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Basuki, Nurul H., 2008. *Rekayasa Tulangan Sengkang Vertikal Pada Balok Beton Bertulang*, Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Muhammad Igbal, 2013. (Jurnal) *Pengujian Geser Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Sengkang Konvensional*, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Sangga Pramana, 2018. (artikel). *Retakan pada balok akibat gaya geser*, Semarang. <https://sanggapramana.wordpress.com/2010/07/31/retakan-pada-balok-akibat-gaya-geser/>

Suhendra, ST, MT, 2015. *Prosedur dan Teknik Pembuatan dan Pemasangan Pembesian/ Penulangan Beton*, Jambi
https://www.academia.edu/29302575/Prosedur_dan_Teknik_Pembuatan_dan_Pemasangan_Pembesian_Penulangan_Beton

Sutarman, Encu, 2013. *Konsep dan Aplikasi Pengantar Teknik Sipil*, Andi Offset, Yogyakarta

SNI Standar Nasional Indonesia : SNI 2847:2013: “*Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*”
<http://staffnew.uny.ac.id/upload/132256207/pendidikan/sni-28472013.pdf>

Yunita Ariani Nasution, 2019. (jurnal) *perbandingan kuat geser antara sengkang konvensional dan sengkang “U” pada balok beton bertulang*, Fakultas teknik, Universitas Medan Area, Medan



DAFTAR PUSTAKA

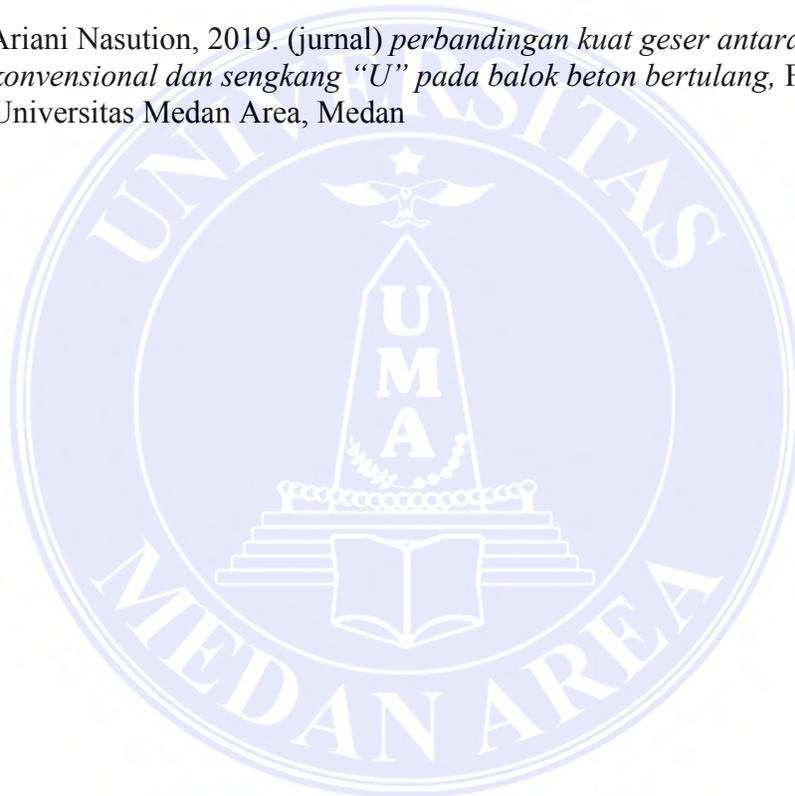
- Asroni, A., 2017. *Teori dan Desain Plat Balok Beton Bertulang*, Muhammadiyah University Press, Surakarta
- Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Asroni, A., 2010. *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Asroni, A., 2009. *Struktur Beton Lanjut*, Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asni Tandilino, 2018. (Jurnal) *Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Sistem Rangka dengan Variasi Jarak Spasi*, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar
- Bagus Soebandono, 2013 : “*Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE*”, (Jurnal) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- McCormac, Jack C, 2005. *Beton Bertulang Dasar 1*. Bandung: PT Penerbit Erlangga.
- Bambang Sutrisno, 2013. (Jurnal) *Tinjauan Kuat Geser Balok Beton Sederhana dengan Sengkang Kombinasi Antara Sengkang Alternatif dan Sengkang Model “U” atau “n” yang Dipasangkan Secara Miring Sudut Tiga Puluh Derajat*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Basuki, Nurul H., 2008. *Rekayasa Tulangan Sengkang Vertikal Pada Balok Beton Bertulang*, Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Muhammad Igbal, 2013. (Jurnal) *Pengujian Geser Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Sengkang Konvensional*, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Sangga Pramana, 2018. (artikel). *Retakan pada balok akibat gaya geser*, Semarang. <https://sanggapramana.wordpress.com/2010/07/31/retakan-pada-balok-akibat-gaya-geser/>

Suhendra, ST, MT, 2015. *Prosedur dan Teknik Pembuatan dan Pemasangan Pembesian/ Penulangan Beton*, Jambi
https://www.academia.edu/29302575/Prosedur_dan_Teknik_Pembuatan_dan_Pemasangan_Pembesian_Penulangan_Beton

Sutarman, Encu, 2013. *Konsep dan Aplikasi Pengantar Teknik Sipil*, Andi Offset, Yogyakarta

SNI Standar Nasional Indonesia : SNI 2847:2013: “*Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*”
<http://staffnew.uny.ac.id/upload/132256207/pendidikan/sni-28472013.pdf>

Yunita Ariani Nasution, 2019. (jurnal) *perbandingan kuat geser antara sengkang konvensional dan sengkang “U” pada balok beton bertulang*, Fakultas teknik, Universitas Medan Area, Medan





UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM BAHAN DAN REKAYASA BETON

Laman email: labbeton.ft@usu.ac.id



Jalan Perpustakaan No. 19 Kampus USU Medan 20155

Medan, 11 Juli 2019

Nomor : 159/LB/S/VII/2019
Perihal : Telah Memberikan Izin Penelitian di Lab. Bahan dan Rekayasa Beton FT USU
Lampiran :-

Kepada Yth.
Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik UMA
Di Tempat

Dengan Hormat,

Menindaklanjuti Surat No.27/FT.1/01.10/III/2019 tanggal 31 Maret 2019 perihal Izin Penelitian, memberitahukan bahwa telah memberi izin kepada mahasiswa Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area melakukan penelitian di Laboratorium Bahan dan Rekayasa Beton Universitas Sumatera Utara dengan data mahasiswa sebagai berikut:

No	Nama Mahasiswa	NPM	Judul	Program Studi
1	Ade Irma	158110040	Perbandingan Kuat Geser Antara Senggang "n" dengan sengkang "u" pada Balok Beton Bertulang Sederhana.	Teknik Sipil

Demikian surat ini kami sampaikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dibuat Oleh,
Kepala Laboratorium

LABORATORIUM
BETON
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

Ir. Torang Sitorus M.T.
NIP. 195710021986011001

Tembusan:
1. Peninggal



UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM BAHAN DAN REKAYASA BETON

Laman email: labbeton.ft@usu.ac.id



Jalan Perpustakaan No. 19 Kampus USU Medan 20155

Medan, 30 Juli 2019

Nomor : 190/LB/S/VII/2019

Prihal : Telah Selesai Melakukan Penelitian di Lab. Bahan dan Rekayasa Beton FT USU

Lampiran : -

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Teknik UMA
Di Tempat

Dengan Hormat,

Menindaklanjuti Surat No.159/LB/S/VII/2019 perihal Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir, memberitahukan bahwa mahasiswa Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area telah selesai melakukan penelitian di Laboratorium Bahan dan Rekayasa beton Universitas Sumatera Utara dengan data mahasiswa sebagai berikut :

No	Nama Mahasiswa	NPM	Judul	Program Studi
1	Ade Irma	158110040	Perbandingan Kuat Geser Antara Senggang "n" dengan Senggang "u" Pada Balok Beton Bertulang	Teknik.Sipil

Demikian surat ini kami sampaikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dibuat Oleh,

Kepala Laboratorium
FAKULTAS TEKNIK U.S.U
LABORATORIUM
BETON
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Situsus M.T.
NIP.195710021986011001

LAPORAN PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

LABORATORIUM BETON		PEMOHON PENGUJIAN		Lembar Ke		Dari													
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK USC JL. PERPUSTAKAAN NO.19		ADE IRMA TA SIPIL UMA																	
PROJEK		LOKASI																	
Jenis Benda Uji Mutu		Balok (15x15x50) cm K-350																	
Jumlah Benda Uji Nomor Benda Uji		6 1 L(A) 2 L(C) 3 L(D)																	
No. 1 2 3 1 2 3		UKURAN BENDA UJI (cm) l b h 50 15 15 50 15 15 50 15 15 50 15 15 50 15 15 50 15 15		DIPAERIKSA Asisten : 1 Muhammad Ridwan Siregar 2 Rizky Ananda Syahputra 3 Bagas Sangga Buana		BAHAN TAMBAHAN TANGGAL cetak uji 30-May-19 27-Jun-19 30-May-19 27-Jun-19 30-May-19 27-Jun-19 30-May-19 27-Jun-19 30-May-19 27-Jun-19 30-May-19 27-Jun-19		UMUR BETON (hari) 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28		BERAT uji (kg) 28,80 28,20 27,80 28,50 28,40 29,10 28,80 28,20 27,80 28,50 28,40 29,10		BEBAN TEKAN AKTUAL (kN) 44,8 46,4 45,8 44,8 46,0 47,6 44,8 46,4 45,8 44,8 46,0 47,6		BEBAN TEKAN PERLETAHAN (kN) 44,8 46,2 45,8 44,8 46,0 47,4 44,8 46,2 45,8 44,8 46,0 47,4		BENTANG PERLETAHAN L (cm) 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45		KUAT LENTUR BENDA Uji. σ (kg/cm ²) 80,91 82,81 82,00 80,64 84,99 84,45 80,91 82,81 82,00 80,64 84,99 84,45	
BENDA UJI DIBUAT OLEH PASIR : ϕ max asal KERIKIL : ϕ max asal		FM FM FM FM FM FM																	
NB : - Keaslian sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium. -- Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji.																			

Medan, 27 Juni 2019

KEPALA LABORATORIUM BETON FT - USU
 LABORATORIUM TEKNIK U.S.U
LABORATORIUM
BETON
 (Ir. Forang Sitohang, MT.)
 NIP. 1967100219650110006

