

# KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG YANG DICOR HOMOGEN SECARA BERLAPIS DENGAN MUTU BERBEDA

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana

Oleh :

NOVERDI SAUT SIAHAAN

97.811.0017



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2004

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)22/7/24

Document Accepted 22/7/24

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis mengucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan dan juga menyertai penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir

Penulisan tugas akhir ini adalah salah satu persyaratan untuk sidang sarjana di suatu Universitas Medan Area Fakultas Teknik Sipil. Dalam penulisan tugas akhir ini penulis memilih judul :

### **KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG YANG DICOR HOMOGEN SECARA BERLAPIS DENGAN MUTU BERBEDA.**

Dalam hal ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini jauh dari sempurna baik susunan kalimat maupun isinya, hal ini disebabkan karena keberadaan penulis masih sangat perlu bantuan dan bimbingan. Untuk itu dengan segala kerendahan penulis masih mengharapkan kritikan dan saran untuk membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Hj. Siti Mariam, sebagai Yayasan Universitas Medan Area
2. Bapak Ir. Zulkarnain Lubis. MT, sebagai Rektor Universitas Medan Area
3. Drs.Dadan Ramdhan M.Eng.Sc, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area

4. Ibu Ir.Hj.Haniza.MT, sebagai Pembantu Dekan I fakultas Teknik Universitas Medan Area
5. Bapak Ir.Edi hermanto MT, sebagai Ketua Jurusan Sipil Medan Area
6. Bapak Ir.Irwan MT, sebagai Pembimbing I
7. Ibu Dra.Zuriah Sitorus MT, sebagai Pembimbing II
8. Bapak Ir.Mellouekey Ardan MT, sebagai Ka.lab.Beton Unversitas Medan Area
9. Para pegawai Fakutas Teknik Sipil ( Kakak Trisnawati ) Universitas Medan Area
10. Ayahanda J.Siahaan dan Ibunda R.Br Silalahi yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan
11. Teman-teman Saya Tony,Donald,Torang,Kardi, yang telah banyak membantu selama dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan Tugas akhir.

Akhirnya penulis mengucapkan banyak terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua yang ikut serta dalam penulisan skripsi ini dan penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan di dunia teknik sipil.

Hormat Saya,  
Penulis

(NOVERDY SAUT SIAHAAN )

## RINGKASAN

Disebabkan oleh tidak berperannya beton pada daerah tarik pada perhitungan kekakuan batas suatu balok dalam perhitungan secara teoritis, maka bagaimana hal ini pengaruhnya terhadap lenturan dan kekuatan runtuh beton jika fungsi balok yang berada di daerah tarik diganti dengan mutu beton yang lebih rendah dari mutu beton yang digunakan pada daerah tekan. Adakalanya jika suatu balok beton bertulang yang dicor dengan volume sangat besar dan pengawasan yang ketat akan memerlukan biaya operasional yang besar pada pelaksanaan di lapangan. Atas dasar pertimbangan - pertimbangan praktis dan ekonomis di lapangan dilakukan suatu metode bagaimana jika balok beton bertulang ini dibuat menjadi suatu balok bertulang yang berlapis dengan mutu yang berbeda. Hal-hal tersebut dapat saja akan menimbulkan pertentangan/perbedaan pendapat diantara pihak perencanaan dengan pihak pelaksana khususnya mengenai dampak ketahanan kekuatan balok yang direncanakan sebelumnya. Untuk itu dilakukan suatu pengujian di laboratorium struktur beton terhadap dampak dari pelaksanaan yang dilakukan dengan metode yang telah diuraikan diatas.

Pada penelitian ini diuji 2 ( dua ) buah balok beton bertulang dan dimensi dan penulangan yang sama hanya dibedakan mutu beton yang digunakan berbeda yaitu :

1. Balok I : dicor secara berlapis dimana beton mutu tinggi dicor pada daerah tekan dan beton mutu yang lebih rendah pada daerah tarik
2. Balok II : dicor seluruhnya dengan mutu beton yang lebih tinggi.

Beban yang diberikan adalah 2 ( dua ) buah beban terpusat dengan letak semetris.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kegagalan balok runtuh pada balok II (0,244) yang dicor secara berlapis tidak jauh berbeda dengan jenis balok I (0,194) yang dicor secara homogen. Hanya terjadinya perbedaan pada besar lenturan dan regangan dari tiap – tiap jenis balok

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
RINGKASAN	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR NOTASI	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Umum	1
1.2. Latar Belakang	1
1.3. Maksud dan Tujuan	2
1.4. Pembahasan	3
1.5. Pembatasan masalah	4
1.6. Metodologi	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Umum	7
2.2. Sifat Bahan	7
2.2.1. Bahan Beton	8
2.2.2. Bahan Baja Tulangan	11
2.3. Penampang Beton Bertulang dalam Keadaan Lenturan Murni	12
2.3.1. Kurva untuk Pembebanan Ultimit	14

2.3.2.	Retakan ( Crack ) . . . . .	17
2.4.	Jenis Penampang Balok Bertulang . . . . .	17
BAB III.	METHODOLOGI PENELITIAN . . . . .	21
3.1.	Bahan – bahan Penyusun Beton Bertulang . . . . .	21
3.1.1.	Baja Tulangan . . . . .	21
3.1.2.	Campuran Beton . . . . .	21
3.2.	Benda uji Beton . . . . .	30
3.2.1	Pembuatan Benda uji Beton . . . . .	30
3.2.2	Prosedur Pembuatan Benda uji. . . . .	31
3.3.	Prosedur pelaksanaan Pengujian Beton Bertulang . . . . .	32
3.3.1.	Pengujian kekuatan Tekan Beton . . . . .	33
3.3.2.	Pengujian Kekuatan Lentur Beton . . . . .	33
3.3.3.	Pengujian Regangan Beton . . . . .	34
BAB IV.	HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA . . . . .	36
4.1.	Praktek Balok Akibat Pembebanan . . . . .	36
4.2.	Lenturan dan Momen Inersia pada Tingkat Pembebanan . . . . .	36
4.3.	Momen Ultimit pada Keruntuhan Tarik . . . . .	40
4.4.	Regangan Kehancuran Beton . . . . .	42
BAB V.	PEMBAHASAN . . . . .	45
5.1.	Umum . . . . .	45

5.2.	Lenturan Balok Benda Uji . . . . .	46
5.3	Daya Dukung Teoritis . . . . .	47
5.4	Daya Dukung Balok Beton Berlapis . . . . .	48
BAB VI.	KESIMPULAN DAN SARAN . . . . .	50
6.1.	Kesimpulan . . . . .	50
6.2.	Saran . . . . .	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



## DAFTAR NOTASI

	Satuan
$E_c$ = Modulus Elastisitas beton	Mpa
$W_c$ = Berat isi beton	$m^3$
$F_c'$ = Kuat Tekan Beton	Mpa
$\beta$ = Konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat tekan beton	
$\epsilon_y$ = Regangan luluh pada baja	
$f_y$ = Tegangan luluh pada baja	
$E_s$ = Modulus elastisitas baja	Mpa
$\sigma'_b$ = Tegangan tekan beton	$kg/cm^2$
$P$ = Besarnya beban yang bekerja	kg
$A$ = Luas penampang kubus	cm
$\sigma'_{bm}$ = Kuat tekan beton rata-rata	$kg/cm^2$
$\sigma'_{bk}$ = Kuat tekan beton karakteristik	
$I_g$ = Momen Inersia penampang utuh terhadap sumber berat penampang	
$Y_t$ = Jarak serat tarik terluar kepusat berat penampang	
$f_r$ = modulus retak beton	
$A_s$ = Luas tulangan beton	
$I_{cr}$ = Momen Inersia penampang retak	
$M_{cr}$ = Momen pada saat timbul retak pertama kali	

$\xi_s$  = Tulangan tarik

$\xi_c$  = Regangan beton

S = Standart deviasi

n = Jumlah benda uji

D = Jarak gaya dan tekan

$\rho$  = Persentase tulangan

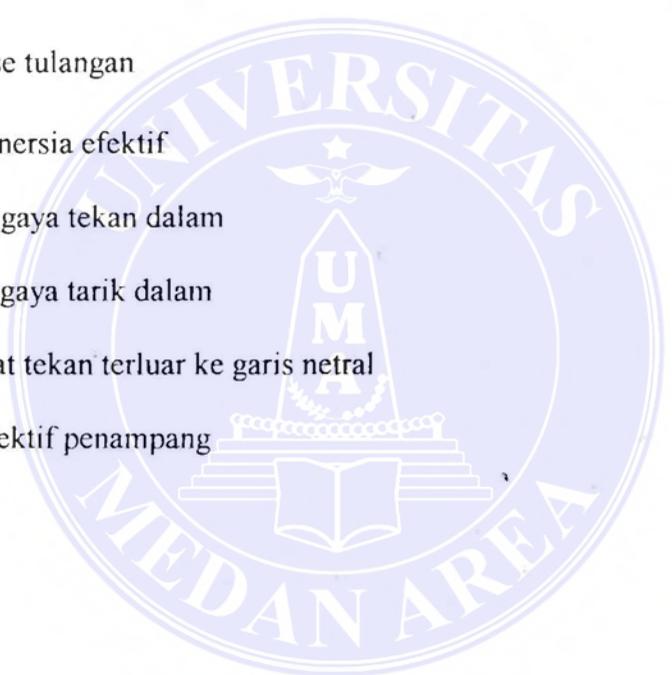
$I_e$  = Momen inersia efektif

C = Resultan gaya tekan dalam

T = Resultan gaya tarik dalam

c = Jarak serat tekan terluar ke garis netral

d = Tinggi efektif penampang



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Umum

Mutu Beton merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam pekerjaan bangunan sipil. Dalam usaha mencapai hasil suatu pekerjaan bangunan yang diinginkan dari perencanaan yang baik, maka hal ini tidak terlepas dari proses penelitian yang dilakukan di laboratorium sebagai pedoman untuk di lapangan. Begitu juga pemakaian bahan dari segi kualitas maupun dari segi kuantitasnya yang akan digunakan.

#### 1.2. Latar belakang

Salah satu bagian dari prosedur perencanaan dari bangunan sipil adalah pemilihan elemen-elemen struktur, dimana pada bagian ini akan ditentukan jenis material apa yang cocok digunakan untuk mendirikan bangunan tersebut. Diantara sekian banyak jenis konstruksi yang umum digunakan dalam pembangunan suatu struktur precana ( desainer ) sering memutuskan konstruksi beton sebagai konstruksi. Hal ini dikarenakan beton dapat dibentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan, relatif kuat dan tahan lama. Beton adalah suatu campuran dari beberapa bahan yang diikat oleh pengikat semen. Beton dibentuk dari agregat halus, kasar, semen portland, dan air. Dengan kata lain pasta semen pengikat pasir dan bahan agregat lainnya.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/24

Suatu gelagar balok bentang sederhana apabila diberi beban akan mengakibatkan timbulnya suatu moment lentur, seiring dengan kejadian tersebut akan terjadi deformasi (regangan) lentur didalam balok itu sendiri. Pada kejadian moment lentur positif, regangan tekan terjadi dibagian serat atas dan regangan tarik dibagian serat bawah dari penampang. Regangan-regangan tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan-tegangan yang harus ditahan balok. Seperti diketahui pada perencanaan tampang yang memikul moment peranan dari daerah beton yang mengalami tarikan ( dimana tegangan tarik telah melampaui kemampuan tegangan tarik beton ) tidak diikutsertakan lagi. Resultante tegangan tarik dialihkan kepada tulangan tarik. Inilah prinsip utama dari beton bertulang.

### 1.3. Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk menguji kemampuan suatu penampang beton bertulang yang dicor homogen secara berlapis dengan mutu bahan yang berbeda.

Sedangkan tujuan penelitian ini adalah memberikan suatu rekomendasi untuk menentukan beton yang aman dalam perencanaan suatu beton bertulang, juga untuk mendapatkan hubungan beban dan regangan yang terjadi pada penampang beton bertulang, dan juga membandingkan lendutan yang terjadi pada pengujian benda uji dengan lendutan seketika berdasarkan rumus Branson. Disamping untuk mendapatkan pemakaian bahan yang paling efektif baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/7/24

#### 1.4. Pembahasan

Beton sebagai bahan utama konstruksi sipil mempunyai kekuatan yang relatif kecil bila dibandingkan dengan baja. Agar dapat memenuhi tujuannya suatu struktur harus aman terhadap keruntuhan sehingga tidak menimbulkan kerugian dan bahaya pada pemakainya. Dikatakan aman apabila suatu struktur tersebut mampu menahan beban yang lebih besar dari beban yang diharapkan bekerja dengan tidak menyampingkan keekonomisan dari struktur tersebut. Agar stabilitasnya terjamin, batang balok sebagai bagian dari suatu sistem yang menahan lenturan harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut. Dengan demikian volume beton yang berada daerah tertarik tersebut yang besarnya kira-kira 60% dari volume balok. Oleh karena itu timbul suatu pemikiran apa pengaruhnya bila beton didaerah tarik ( retak ) tersebut diganti dengan beton bermutu rendah sehingga tercipta suatu balok berlapis, ini adalah sama seperti daya dukung dari balok yang seluruhnya memakai beton kuat.

Balok berlapis memberikan kelebihan ( keuntungan ) yakni lebih ekonomis karena menggunakan campuran yang lebih murah harganya. Selain regangan dan tegangan balok beton bertulang juga mengalami lendutan merupakan hal yang tidak dapat dilupakan karena kemampuan layanan suatu struktur ditentukan oleh besarnya lendutan, rusaknya permukaan beton oleh karena lebarnya retak dan korosi pada tulangan.

### 1.5. Pembatasan masalah

Mengingat banyaknya masalah dalam penelitian ini maka perlu dibatasi. Masalah yang akan dibahas pada penelitian ini diberikan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Balok ditumpu sederhana ( sendi dan rol )
2. Balok berpenampang segi empat
  - lebar 20 cm
  - tinggi 30 cm
  - bentang ( L ) = 3,30 m ( perletakan ke perletakan 3 m )
3. balok I dicor seluruhnya dengan K300  
balok II dicor 20 cm dari sisi bawah dengan K175 dan selebihnya K300
4. Kedua balok diberi tulangan tarik yang sama yang menghasilkan penulangan kuat ( over reinforced ) dan analisa hanya menahan lentur.
5. Evaluasi terhadap kekuatan beton bertulang pada umur 28 hari.

### 1.6. Methodologi

Methodologi penulisan dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Studi literatur/kepuustakaan

Mendimensi besar balok dan banyaknya tulangan untuk beton bertulang kuat (over reinforced ).

## 2. Pengujian dilaboratorium

Setelah didimensi dan banyaknya penulangan diperoleh maka :

- Bahan-bahan benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran organik dan kemudian direncanakan ( mix design) untuk beton K175 dan K300.
- Pembuatan benda uji

Setelah pengujian diatas dites maka benda uji dicetak.

Beton bertulang yang dicetak masing-masing satu buah untuk beton K300 dan satu buah untuk beton secara berlapis. Setelah 28 hari balok tersebut diuji dengan pemberian beban secara berangsur-angsur dengan bantuan jack hydroulik.

## 3. Analisa Data Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian diperoleh hasil yang selanjutnya dianalisa untuk mendapatkan kuat lentur ( kapasitas daya dukung ) , hubungan beban dan regangan dan lendutan pada kedua methode mutu bahan tersebut. Adapun rumus-rumus yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

- Untuk balok akibat pembebanan

$$M_{cr} = \frac{I_g \cdot f_r}{Y_t}$$

( sumber : Reinforce Concrete, Dr. Edward.G. Nawy. P.E )

- Untuk lenturan dan momen Inersia pada Tingkat Pembebanan

$$I_{cr} = 1/3 bc^3 + n \cdot A_s ( d - c )^2$$

$$I_e = I_{cr} + \frac{M_{cr}^3 (I_g - I_{cr})}{M_a} \leq I_g$$

( sumber : Reinforced Concrete, Dr. Edward G. Nawy. P.E )

- Untuk ultimit pada keruntuhan tarik

$$M_u = \rho \cdot f_{sy} \cdot b \cdot d^2 \left[ 1 - \frac{0,5 \rho \cdot f_{sy}}{0,8 f_c} \right]$$

( sumber : Struktur Beton Bertulang, L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim )

- Untuk regangan kehancuran beton

$$\xi_s = \xi_c \cdot (d - c) / c$$

( sumber : Struktur Beton Bertulang, L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim )

#### 4. Kesimpulan

Pemakaian bahan-bahan yang dipergunakan sebagai campuran sesuai dengan ketentuan yang ada dan kontrol terhadap campuran dilakukan dengan teliti serta dengan perencanaan keekonomisan beton

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Umum

Beton adalah pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah ( kerikil ) dengan menambah secukupnya bahan perekat yaitu semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung.

Kekuatan beton pada umur tertentu bergantung pada perbandingan berat air dan berat semen dalam campuran beton. Selain itu masih ada parameter-parameter lain yang mempengaruhi kualitas mutu beton yaitu :

1. Jenis semen dan kualitasnya.
2. Kekuatan dan kebersihan agregat.
3. Interaksi atau adesi antara pasta semen dan agregat.
4. Efisiensi dan perawatan beton ( Curing ).
5. Perawatan pada temperatur yang tepat.
6. Kandungan bahan-bahan tambahan lainnya.

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya. Nilai kuat tariknya banyak berkisar antara 9% - 15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan beton sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik. Dengan demikian tersusun pembagian tugas, dimana batang tulangan baja bertugas

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

memperkuat dan menahan gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan menahan gaya tekan komponen struktur beton dengan kerja sama seperti itu disebut **struktur beton bertulang**.

Kerja sama antara bahan beton dan baja tulangan hanya dapat terwujud dengan didasarkan pada keadaan-keadaan :

1. Letakan sempurna antara batang tulangan baja dengan beton keras yang membungkusnya sehingga tidak terjadi penggelinciran diantara keduanya.
2. Beton yang mengalami batang tulangan baja bersifat kedap sehingga mampu melindungi dan mencegah terjadinya karat pada baja.
3. Angka muai kedua bahan hampir sama, dimana untuk setiap kenaikan suhu satu derajat Celcius angka muai beton 0,00001 sampai 0,000013, sedangkan baja 0,000013, sehingga perbedaan nilai muai dapat diabaikan.

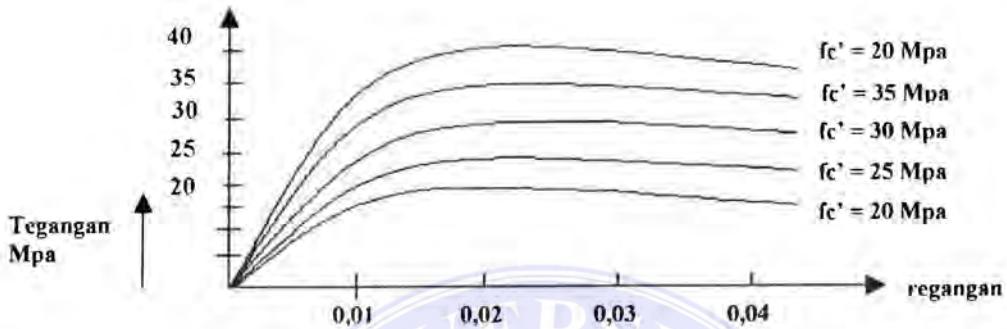
## 2.2. Sifat bahan

### 2.2.1. Bahan beton

Karena sifat bahan beton mempunyai nilai kuat tarik relatif rendah maka pada umumnya beton hanya diperhitungkan bekerja dengan baik didaerah tekan pada penampangnya, dan hubungan regangan-tegangan yang timbul karena pengaruh gaya tekan tersebut digunakan sebagai dasar pertimbangan.

Dengan mengamati bermacam tipikal kurva regangan-tegangan kuat beton yang berbeda, tampak bahwa umumnya kuat tekan beton maksimum tercapai pada saat nilai

satuan regangan tekan  $\epsilon$  mencapai  $\pm 0,002$ . Selanjutnya nilai tegangan  $f_c'$  akan turun dengan bertambahnya nilai regangan sampai benda uji hancur pada  $\epsilon' 0,003 - 0,005$ .



Gambar II.1.  
Tegangan - regangan

Beton mutu tinggi lebih getas dan akan hancur pada nilai regangan maksimum yang lebih rendah dibandingkan dengan beton mutu rendah. SK-SNI T - 15 - 1991 - 03 menetapkan bahwa nilai regangan maksimum diperhitungkan pada serat tepi beton terluar adalah 0,003 sebagai batas hancur. Regangan kerja maksimum  $f_c'$  antara 55 - 80 Mpa.

Secara umum kemiringan kurva tegangan-regangan pada tahap awal menggambarkan nilai modulus elastis suatu bahan. Kemiringan awal kurva tegangan-regangan pada beton sangat beragam dan umumnya sedikit agak lengkung. Kemiringan awal yang beragam tersebut tergantung dari kuat betonnya. Dengan demikian nilai modulus beton pun akan beragam pula. Dalam perkembangannya diberbagai negara, sejalan dengan semakin berkembangnya penggunaan beton ringan dipandang perlu untuk menyertakan besaran kerapatan ( density ) pada penetapan modulus elastis bahan beton, sehingga pada penerapannya digunakan rumus-rumus empiris yang

menyertakan besaran berat, disamping kuat betonnya. Menurut SK-SNI-T-1991-03 pasal 3.1.5 digunakan rumus nilai modulus elastis beton sebagai berikut :

$$E_c = 0,0043 W_c^{1.5} \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots 2.1$$

(sumber : Struktur Beton bertulang, L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim )

Dimana :  $E_c$  = Modulus elastis beton ( Mpa )

$W_c$  = Berat isi beton ( Kg/m<sup>3</sup> )

$f_c'$  = Kuat tekan beton ( Mpa )

Rumus empiris tersebut hanya berlaku untuk beton dengan isi berkisar antara 1500 – 2500 Kg/ m<sup>3</sup>. Untuk beton dengan kepadatan normal dengan berat isi ± 23 KN/m<sup>3</sup> dapat digunakan rumus  $E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$  ..... 2.2

**Tabel 2.1 Nilai Modulus elastis beton ( $E_c$ ) berbagai mutu beton.**

$f_c'$ ( Mpa )	$E_c$ ( Mpa )
17	19500
20	21000
25	23500
30	25700
35	27800
40	29700

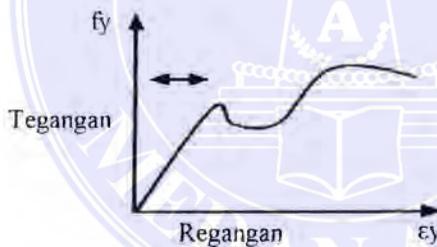
**Sumber : Struktur beton bertulang, Istiawan Dipohusodo**

### 2.2.2. Bahan baja tulangan

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi gaya tarik tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul didalam struktur tersebut.

Sifat fisik batang tulangan baja yang paling penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang ialah tegangan luluh ( $f_y$ ) dan modulus elastis ( $E_s$ ).

Suatu diagram hubungan regangan-tegangan tipikal untuk batang tulangan baja dapat dilihat pada gambar berikut :



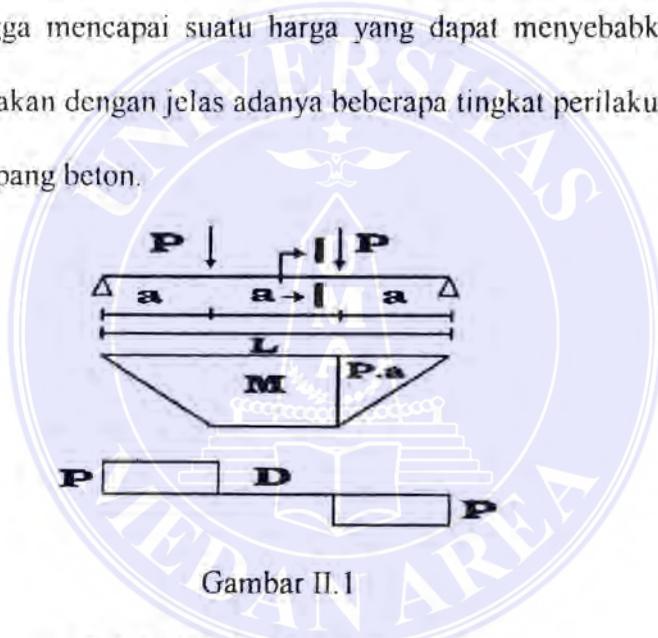
( Sumber : Struktur Beton Bertulang,L.Wahyudi dan Syarif A.Rahim )

Gambar 2.2 Diagram tegangan-regangan batang tulangan baja

Tegangan luluh ( $f_y$ ) adalah tegangan baja pada saat mana meningkatnya tegangan tidak disertai lagi dengan peningkatan regangannya. Menurut SK SNI T-15-1991-03 bahwa modulus elastisitas baja ( $E_s$ ) adalah 200000 Mpa, sedangkan modulus elastisitas untuk tendon prategangan harus dibuktikan dan ditentukan melalui pengujian.

### 2.3 Penampang Beton Bertulang dalam Keadaan Lentur Murni

Jika ditinjau sebuah balok bertulang tertumpu bebas dengan dua beban terpusat  $P$  di atasnya ( gambar II.1 ) yang berat sendiri balok diabaikan menyebabkan diantara kedua beban  $P$  besar gaya lintang adalah nol dan momen lentur  $M$  konstant, maka balok ini mendapat beban Lentur Murni. Analisa tegangan dan regangan penampang ( I - I ) pada tingkat-tingkat pembebanan gelagar secara berangsur-angsur mulai dari nol hingga mencapai suatu harga yang dapat menyebabkan hancurnya gelagar, dapat dibedakan dengan jelas adanya beberapa tingkat perilaku yang berbeda yang dialami penampang beton.



Gambar II.1

Balok dibebani lenturan murni

#### II.2.1. Tegangan Elastis Tidak Retak

Selama tegangan tarik maksimum pada Beton  $\sigma_c$  yang terjadi pada serat bawah lebih kecil dari pada kekuatan tarik rencananya  $f_c$  serta tegangan tekan  $\sigma_c$  masih demikian kecil maka penampang tersebut dianggap tidak terjadi retak tarik., dan distribusi tegangan / regangan masih linier, seperti diperlihatkan pada

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah  
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
 Access From (repository.uma.ac.id)22/7/24

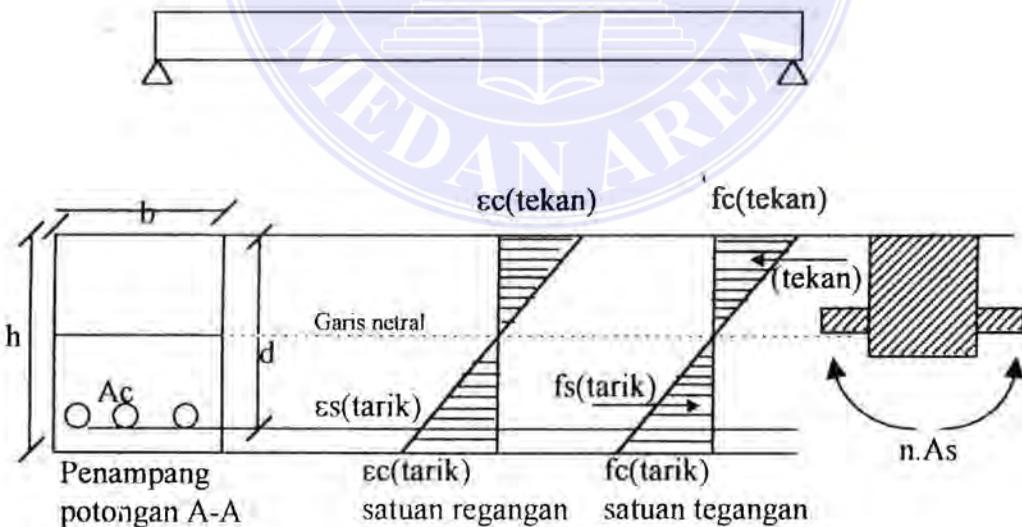
gambar II.2 ( a ). Regangan tekam dan regangan tarik ( dalam beton dan baja ) berbanding lurus dengan jarak dari sumbu netral. Dalam daerah elastis, untuk setiap harga regangan, besar tegangan pada beton, dapat ditulis sebagai:

$$\sigma_s = ( E_s / E_c ) \cdot \sigma_c = n \cdot \sigma_c$$

( sumber : Struktur Beton Bertulang, L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim )

dimana :  $n = E_s / E_c$  dikenal sebagai perbandingan modulus

Dari hal ini dengan menggantikan luas penampang tulangan yang sesungguhnya dan beton dengan suatu penampang ideal yang dianggap hanya terdiri dari beton saja. Pada penampang ideal ini luas beton yang ekuivalen, dan besarnya adalah  $n \cdot A_s$  yang ditempatkan sama dengan tulangan, seperti yang diperlihatkan pada gambar II.2 ( b )

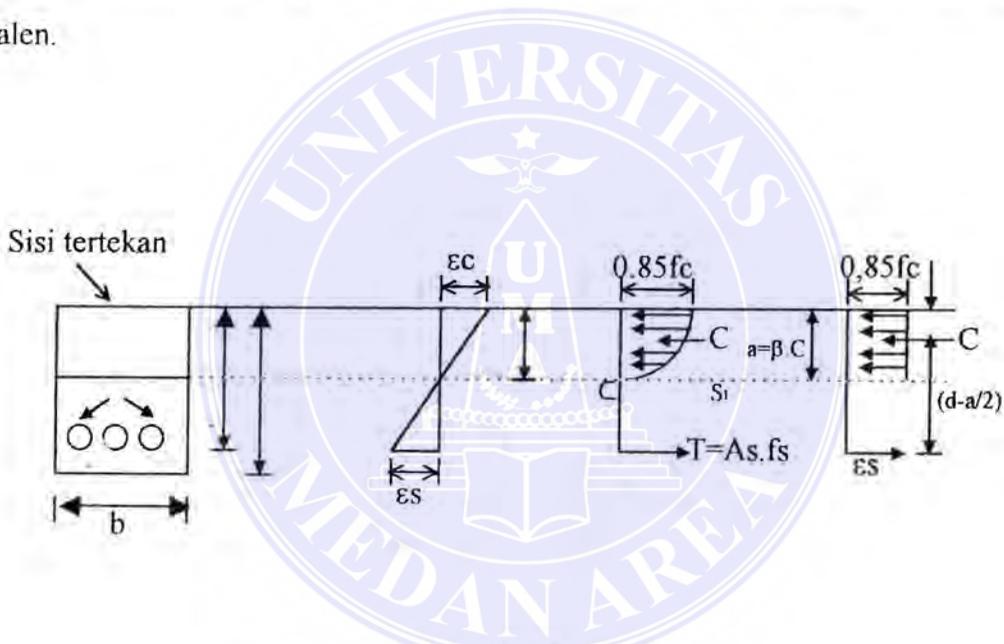


Gambar II.2

Penampang ideal yang tidak mengalami retak

### II.2.3. Kurva Tegangan untuk Pembebanan Ultimit

Pada beban yang lebih besar lagi, hingga keadaan mendekati pembebanan ultimit nilai regangan serta regangan akan meningkatkan dan cenderung tidak sebanding lagi antara keduanya, yang mana tegangan beton tekan akan membentuk kurva non-linier seperti gambar II.4. Distribusi tegangan pada kondisi ultimit yang berupa kurva parabola dapat diidealisasikan menjadi bentuk tegangan segiempat ekuivalen.



Gambar II.4  
Distribusi tegangan pada beban batas

Gelegar yang mengalami kegagalan / keruntuhan ada 2 ( dua ) kriteria model keruntuhan yang mungkin terjadi yaitu:

1. Model keruntuhan tulangan tarik
2. Model keruntuhan daerah beton

Pada kondisi tegangan karakteristik  $\sigma_c$ , kriteria kehancuran tekan beton untuk gelegar persegi, besarnya regangan yang terjadi di serat beton tekan mendekati nilai 0.003 sampai 0,004 mm / mm. Bila suatu penampang beton bertulang yang dibebani lentur murni dianalisa supaya penampang itu mempunyai probabilitas keruntuhan yang layak pada keadaan didasarkan atas anggapan-anggapan sebagai berikut:

1. Bidang penampang rata sebelum terjadi lenturan, tetap setelah terjadi lenturan dan tetap berkedudukan tegak lurus pada sumbu bujur balok ( prinsip Bernoulli ).
2. Tegangan sebanding dengan regangan hanya sampai beban sedang, dimana tegangan beton tekan tidak melampaui  $\pm 1/2 f_c$ .
3. Dalam perhitungan kapasitas momen ultimit komponen struktur, kuat tarik beton diabaikan ( tidak diperhitungkan ) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan kepada tulangan baja tarik.

Berdasarkan anggapan di atas dapat dilakukan pengujian regangan, tegangan dan gaya-gaya yang timbul pada penampang balok yang bekerja menahan momen batas, yaitu momen akibat beban luar yang timbul tepat pada saat terjadi kehancuran. Mekanisme tegangan-regangan dalam yang timbul dalam balok dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam seperti C ( resultan gaya tekan dalam ) di atas garis netral dan T ( resultan gaya tarik dalam ) di bawah garis netral. Dari segi keseimbangan gaya-gaya horizontal (  $\Sigma H = 0$  ), gaya resultan dalam beton sama besarnya dengan gaya resultan pada baja atau :  $C = T$  tetapi berlawanan arah dan dipisahkan dengan jarak "Z"

sehingga membentuk kopel momen tahanan dalam dimana nilai maksimumnya disebut sebagai kuat lentur atau momen tahanan penampang komponen struktur terlentur.

Berdasarkan bentuk persegi panjang distribusi tegangan beton, intensitas tegangan beton tekan rata-rata ditentukan sebesar  $0,85 \sigma'_c$  dan dianggap bekerja pada daerah tekan dan penampang balok selebar  $b$  dan sedalam  $a$ , yang mana besarnya dapat ditentukan dengan rumus.

$$a = \beta \cdot c$$

( sumber : Struktur Beton Bertulang, L. Wahyudi Dan Syahril A. Rahim )

dimana:

$c$  = jarak serat tekan terluar ke garis netral

$\beta$  = konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat beton

Standart SK-SNI-T-15-1991-03 menetapkan nilai  $\beta$  diambil 0,85 untuk  $\sigma'_c \leq 30$  Mpa. Berkurang 0,008 untuk setiap kenaikan 1 Mpa kuat beton, dan nilai tersebut tidak boleh kurang dari 0,65. Dengan menggunakan distribusi tegangan bentuk persegi empat ekuivalen serta anggapan –anggapan kuat rencana yang diberlakukan dapat ditentukan besarnya kuat lentur ideal  $M_n$  dari balok bertulang dengan penulangan tarik saja.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/7/24

### II.3. Retakan ( Crack )

Balok yang diberi beban bertambah besar sehingga tegangan tarik pada beton melampaui kekuatan tarik beton, maka menimbulkan retak-retak dilapisan yang tertarik keretakan ini mengakibatkan perubahan momen inersia penampang balok . Momen inersia ini tergantung pada jumlah yang ada. Dengan demikian “I” adalah momen inersia dari penampang yang telah retak, dan ini selalu lebih kecil dari momen inersia penampang yang tidak retak.

Adanya perletakan mikro dalam ( Internal Microcracking ) yang dimulai dengan terjadinya retak ikatan ( bond crack ) antara agregat dengan mortal yang berkembang dan menjalar dengan bertambahnya tegangan. Perletakan Mikro ini merupakan perletakan awal sebelum terbentuknya peretakan yang dapat dilihat oleh mata.

### II.4. Jenis Penampang Balok Bertulang

Berdasarkan jumlah tulang tarik pada penampang balok beton bertulang untuk mencapai keseimbangan regangan dapat dibedakan atas 3 ( tiga ) jenis penampang yaitu:

#### 1. Penampang balok bertulangan seimbang

seperti yang telah dikemukakan diatas, meskipun rumus lenturan tidak berlaku lagi dalam metode perencanaan kekuatan ( Ultimit ), akan tetapi prinsip dasar teori lentur masih digunakan pada analisis penampang. Untuk

letak garis netral tertentu, perbandingan antara regangan baja dengan regangan beton maksimum dapat ditetapkan berdasarkan distribusi regangan linier. Sedangkan letak garis netral tergantung pada jumlah tulangan baja tarik yang dipasang dalam suatu penampang sedemikian, sehingga blok tegangan tekan beton mempunyai kedalaman cukup, agar dapat tercapai keseimbangan gaya-gaya dimana resultante tegangan tekan seimbang dengan resultante tegangan tarik ( $\sum H = 0$ ).

Apabila jumlah tulangan baja tarik sedemikian sehingga letak garis netral pada posisi dimana akan terjadi secara bersamaan regangan luluh pada baja tarik dan regangan beton tekan maksimum 0,003, maka penampang disebut “ bertulang seimbang “. Besarnya regangan luluh pada baja tarik ( $\epsilon_y$ ) ditentukan dengan rumus :

$$\epsilon_y = f_y / E_s$$

( sumber : Struktur Beton Bertulang, L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim)

dimana:

$\epsilon_y$  = regangan luluh pada baja

$f_y$  = tegangan luluh baja

$E_s$  = modulus elastisitas baja ( 200000 Mpa )

Menentukan jumlah tulangan tarik yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

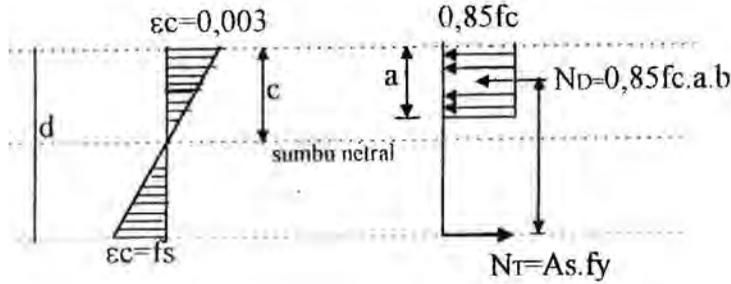
Document Accepted 22/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/7/24



Gambar II . 5

Regangan dan tegangan

Dari perbandingan segitiga pada diagram regangan :

$$\frac{\epsilon_c + \epsilon_s \cdot \frac{\epsilon_c}{c}}{d}$$

maka  $c = \frac{\epsilon_c \cdot d}{\epsilon_c + \epsilon_s}$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$N_D = (0,85 \cdot f_c) \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b$$

$$N_T = A_s \cdot f_y$$

Dimana  $\Sigma H = 0$  maka  $N_D = N_T$

Sehingga diperoleh  $A_s = \frac{N_T}{f_y} = \frac{N_D}{f_y} = \frac{(0,85 \cdot f_c) \cdot a \cdot b}{f_y}$

( sumber : Struktur Beton Bertulang,L.Wahyudi dan Syahril A.Rahim )

2.Penampang balok bertulang kuat ( Over reinforced )

Apabila suatu penampang beton bertulang mengandung jumlah tulangan baja

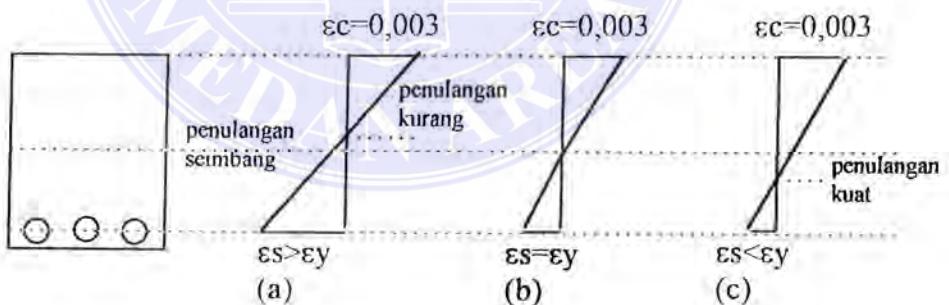
tarik lebih banyak dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan,

penampang balok demikian disebut bertulang kuat ( Over reinforced ). Berlebihnya tulangan baja tarik mengakibatkan garis netral bergeser kebawah. Hal demikian akan berakibat beton mendahului mencapai regangan maksimum 0,003 sebelum tulangan tariknya luluh.

3. Penampang balok bertulang rendah ( Under reinforced )

Apabila suatu penampang balok beton bertulang mengandung jumlah tulangan baja tarik kurang dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan, penampang demikian disebut bertulang rendah ( Under reinforced ). Letak garis netral akan lebih naik sedikit dari pada keadaan seimbang, tulangan baja sebelum beton mencapai maksimum 0,003.

Gambar dibawah ini memperlihatkan variasi letak garis netral dari ketiga jenis penampang balok seperti yang telah dijelaskan diatas.



Gambar II.6

Variasi letak garis netral berdasarkan distribusi regangan regangan saat runtuh

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENGUJIAN**

#### **III. I. Bahan-bahan Penyusunan Beton Bertulang**

##### **III. I. 1. Baja Tulangan**

Ada dua jenis baja tulangan yaitu tulangan polos dan tulangan ulir. Jenis tulangan yang banyak dipakai adalah tulangan yang polos yang menggunakan simbol “U”. Pada pengujian ini digunakan tulangan polos ( plain bar ) untuk baja lunak yang dijual dipasaran dengan mutu baja U-32 dan berdiameter 16 mm. Besar modulus elastisitas baja ( $E_s$ ) sebesar 200.000 Mpa. Sedangkan untuk sengkang digunakan baja tulangan berdiameter 6 mm yang berfungsi sebagai pengikat antar tulangan.

##### **III. I. 2. Campuran Beton**

Beton merupakan suatu material yang diperoleh dari suatu campuran yang mempunyai komposisi tertentu dari semen, pasir, dan koral atau agregat lainnya dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan. Beton dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya. Dalam pengujian ini untuk bentuk sifat kekuatan beton yang diinginkan dilakukan perencanaan perbandingan campuran beton (mix design) yang dilakukan di laboratorium beton seperti yang terlampir dibawah ini :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/7/24

## PERHITUNGAN MIX DESIGN DENGAN METODE ACI

### 1. Spesifikasi Perencanaan

- ❖ Direncanakan mutu beton = K 300
- ❖ Standard Deviasi Rencana = 45 Kg/cm<sup>2</sup>
- ❖ Slump Rencana = 75 – 100 mm
- ❖  $\varnothing$  Maksimum Agregat Kasar = 20 mm
- ❖ Agregat Halus = Pasir dari daerah Binjai
- ❖ Agregat Kasar = Batu guli dari daerah Binjai

### 2. Data Material dan Bahan

1. Semen : - Semen Portland Type I (Semen Padang)

- Berat Jenis = 3,15 T/m<sup>3</sup>

2. Pasir : - Berat Jenis = 2,62 T/m<sup>3</sup>

- Berat Isi = 1,670 gr/cm<sup>3</sup>

- FM = 2,615

- Absorpsi = 7,02 %

- Kadar Air = 1,643 %

3. Batu Pecah : - Berat jenis = 2,72 T/m<sup>3</sup>

$$\text{- Berat Isi} = 1,574 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{- FM} = 7.154$$

$$\text{- Absorpsi} = 0,644 \%$$

$$\text{- Kadar Air} = 0,972$$

$$4. \text{ Air} \quad \quad \quad \text{: - Berat Jenis Air} = 1$$

### 3. Perencanaan Beton K300

1. Kekuatan tekan beton yang direncanakan ( $\sigma'_{bm}$ ) pada umur 28 hari.

$$\sigma'_{bm} = \sigma'_{lk} - (1,64 \times S)$$

$$= 300 - 1,64 \times 45$$

$$= 226,2 \text{ Kg/cm}^2$$

2. Nilai Slump : 70 – 100 mm

3.  $\phi$  Agregat rata-rata =  $\phi$  20 mm

4. a. Agregat Kasar :

$$\text{➤ Berat Jenis (BJ)} = 2,72 \text{ T/m}^3$$

$$\text{➤ Berat Isi (BI)} = 1,574 \text{ gr/cm}^3$$

b. Agregat Halus :

$$\text{➤ Berat Jenis (BJ)} = 2,62 \text{ T/m}^3$$

$$\text{➤ FM} = 2,615$$

5. Dengan rata-rata diatas diperoleh jumlah air dan persentase udara yang

terperangkap sebagai berikut :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/7/24

- Jumlah air = 202 Kg/cm<sup>3</sup>
- Persentase udara yang terperangkap = 2,0 %

6. Untuk kuat tekan rencana 300 Kg/cm<sup>2</sup> diperoleh W/c = 0,57

7. Berat Semen yang diperlukan untuk 1m<sup>3</sup> beton :

$$\frac{202}{0,57} = 354,386 \text{ Kg/m}^3$$

8. Dari tabel 12 untuk ukuran agregat rata-rata  $\phi$  20 mm, FM = 2,615 ; Berat isi agregat kasar = 1,574 gr/cm<sup>3</sup> diperoleh volume agregat kasar sebesar = 0,6335T/m<sup>3</sup> maka berat agregat kasar yang diperlukan yang diperlukan = ( 0,6335 x 10<sup>8</sup> ) x 1,547 gr/cm = 99712900 gr/cm = 99712900 : 10<sup>3</sup> = 997,129 kg/cm

9. Penentuan proporsi unsur material beton untuk adukan 1 m<sup>3</sup> beton

- Vol. Semen = 354,386 / (3,15 x 1000) = 0,1125 m<sup>3</sup>
- Vol. Air = 202 / (1 x 1000) = 0,202 m<sup>3</sup>
- Vol. Agregat kasar = 997,129 / (2,72 x 1000) = 0,3666 m<sup>3</sup>
- Vol. Udara terperangkap sebesar 2 % = 0,02 m<sup>3</sup>

---

Total volume = 0,7011 m<sup>3</sup>

10. Volume Agregat Halus = (1 - 0,7011) = 0,2989 m<sup>3</sup>

Berat Jenis Pasir = 2,62 T/m<sup>3</sup>

Maka : berat agregat halus = 0,2989 x 2,62 x 1000 = 783,118 kg

11. Perhitungan berat untuk setiap 1 m<sup>3</sup> beton :

- Semen = 354,386 Kg
- Air = 202 Kg
- Pasir = 783,118 Kg .....(kondisi SSD)
- Batu pecah = 997,129 Kg .....(kondisi SSD)

12. Proporsi unsur beton pada kondisi lapangan :

- Agregat Kasar : - Kadar Air = 0,972 %  
 - Absorbsi = 0,644 %
- Agregat Halus : - Kadar Air = 1,643 %  
 - Absorbsi = 7,02 %

Penambahan / pengurangan air pada kondisi lapangan :

a.  $997,129 \times (0,00644 - 0,00972)/(1 - 0,00972) = -3,301 \text{ kg}$

b.  $783,118 \times (0,0702 - 0,01643)/(1 - 0,01643) = 42,812 \text{ kg}$

Sehingga jumlah air yang diperlukan  $202 - 3,301 + 42,812 = 241,511 \text{ kg}$

13. Proporsi akhir unsur material beton untuk 1 m<sup>3</sup>

- Semen = 354,386 Kg
- Air = 241,511 Kg
- Pasir = 814,486 Kg
- Batu pecah = 993,54 Kg

#### 14. Perbandingan campuran berat :

**Semen : Pasir : Kerikil : Air = 1 : 2,23 : 2,81 : 0,60**

### PERHITUNGAN MIX DESIGN DENGAN METODE ACI

#### 1. Spesifikasi Perencanaan

- ❖ Direncanakan mutu beton = K 175
- ❖ Standard Deviasi Rencana = 45 Kg/cm<sup>2</sup>
- ❖ Slump Rencana = 75 – 100 mm
- ❖ Ø Maksimum Agregat Kasar = 20 mm
- ❖ Agregat Halus = Pasir dari daerah Binjai
- ❖ Agregat Kasar = Batu guli dari daerah Binjai

#### 2. Data Material dan Bahan

1. Semen : - Semen Portland Type I (Semen Padang)

- Berat Jenis = 3,15 T/m<sup>3</sup>

2. Pasir : - Berat Jenis = 2,62 T/m<sup>3</sup>

- Berat Isi = 1,670 gr/cm<sup>3</sup>

- FM = 2,615

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/7/24

	- Absorpsi	= 7,02 %
	- Kadar Air	= 1,643 %
3. Batu Pecah	: - Berat jenis	= 2,72 T/m <sup>3</sup>
	- Berat Isi	= 1,574 gr/cm <sup>3</sup>
	- FM	= 7.154
	- Absorpsi	= 0,644 %
	- Kadar Air	= 0,972
4. Air	: - Berat Jenis Air	= 1

### 3. Perencanaan Beton K175

1. Kekuatan tekan beton yang direncanakan ( $\sigma'_{bm}$ ) pada umur 28 hari.

$$\begin{aligned}\sigma'_{bm} &= \sigma'_{bk} - (1,64 \times S) \\ &= 175 - 1,64 \times 45 \\ &= 101,2 \text{ Kg/cm}^2\end{aligned}$$

2. Nilai Slump : 70 – 100 mm

3.  $\phi$  Agregat rata-rata =  $\phi$  20 mm

5. a. Agregat Kasar :

- Berat Jenis (BJ) = 2,72 T/m<sup>3</sup>
- Berat Isi (BI) = 1,574 gr/cm<sup>3</sup>

b. Agregat Halus :

- Berat Jenis (BJ) = 2,62 T/m<sup>3</sup>
- FM = 2,615

5. Dengan rata-rata diatas diperoleh jumlah air dan persentase udara yang terperangkap sebagai berikut :

- Jumlah air = 202 Kg/cm<sup>3</sup>
- Persentase udara yang terperangkap = 2,0 %

6. Untuk kuat tekan rencana 175 Kg/cm<sup>2</sup> diperoleh W/c = 0,76

7. Berat Semen yang diperlukan untuk 1m<sup>3</sup> beton :

$$\frac{202}{0,76} = 265,789 \text{ Kg/m}^3$$

8. Dari tabel 12 untuk ukuran agregat rata-rata  $\phi$  20 mm, FM = 2,615 ; Berat isi agregat kasar = 1,574 Kg/m<sup>3</sup> diperoleh volume agregat kasar sebesar = 0,6335 T/m<sup>3</sup> maka berat agregat kasar yang diperlukan yang diperlukan = ( 0,6335 x 10<sup>8</sup> ) x 1,547 gr/cm = 99712900 gr/cm = 99712900 : 10<sup>5</sup> = 997,129 kg/m

9. Penentuan proporsi unsur material beton untuk adukan 1 m<sup>3</sup> beton

- Vol. Semen = 265,789 / (3,15 x 1000) = 0,085 m<sup>3</sup>
- Vol. Air = 202 / (1 x 1000) = 0,202 m<sup>3</sup>
- Vol. Agregat kasar = 997,129 / (2,72 x 1000) = 0,3666 m<sup>3</sup>
- Vol. Udara terperangkap sebesar 2 % = 0,02 m<sup>3</sup>

---


$$\text{Total volume} = 0,6736 \text{ m}^3$$

$$10. \text{ Volume Agregat Halus} = (1 - 0,6736) = 0,3264 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Jenis Pasir} = 2,62 \text{ T/m}^3$$

Maka : berat agregat halus =  $0,3264 \times 2,62 \times 1000 = 855,168 \text{ kg}$

11. Perhitungan berat untuk setiap  $1 \text{ m}^3$  beton :

- Semen = 265,789 Kg
- Air = 202 Kg
- Pasir = 855,168 Kg .....(kondisi SSD)
- Batu pecah = 997,129 Kg .....(kondisi SSD)

12. Proporsi unsur beton pada kondisi lapangan :

- Agregat Kasar : - Kadar Air = 0,972 %  
 - Absorpsi = 0,644 %
- Agregat Halus : - Kadar Air = 1,643 %  
 - Absorpsi = 7,02 %

Penambahan / pengurangan air pada kondisi lapangan :

- a.  $997,129 \times (0,00644 - 0,00972)/(1 - 0,00972) = -3,301 \text{ kg}$
- b.  $5,168 \times (0,0702 - 0,01643)/(1 - 0,01643) = 46,750 \text{ kg}$

Sehingga jumlah air yang diperlukan  $202 - 3,301 + 46,750 = 245,449 \text{ kg}$

13. Proporsi akhir unsur material beton untuk  $1 \text{ m}^3$

- Semen = 265,789 Kg
- Air = 245,449 Kg
- Pasir = 901,918 Kg

$$\circ \text{ Batu pecah} = 993,54 \text{ Kg}$$

14. Perbandingan campuran berat :

$$\text{Semen : Pasir : Kerikil : Air} = 1 : 3,39 : 3,74 : 0,59$$

### III. 2. Benda Uji Beton

#### III. 2. 1 Pembutan Benda Uji Beton

Benda uji balok beton bertulang dibuat dari 2 ( dua ) mutu beton yang berbeda yaitu beton mutu rendah ( K – 175 ) dan beton mutu tinggi ( K- 300 ) Dimensi dari balok bertulang yang digunakan adalah sama yaitu : ( 20 x 30 x 300 ) cm dan tulang tarik yang digunakan adalah 6  $\phi$  16 mm dan disusun secara 2 ( dua ) lapis yang merupakan penampang bertulang kuat ( over reinforced ) dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan . Pada penelitian ini jumlah benda uji ( balok beton bertulang ) yang digunakan adalah sebanyak 2 ( dua ) buah . Untuk mendapatkan hasil kesimpulan yang baik, sebenarnya jumlah benda uji tersebut dinilai dari analisa statistik masih sangat kurang, tetapi keadaan ini dibatasi oleh besarnya dana yang tersedia.

Kedua balok ini terdiri dari :

- Balok yang seluruhnya dicor dengan beton mutu tinggi ( K –300 ), gambar III ( a )
- Balok yang dicor secara berlapis yang mana beton mutu rendah ( K – 175 )

digunakan pada daerah tarik ( bagian bawah balok ) dan beton mutu tinggi

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

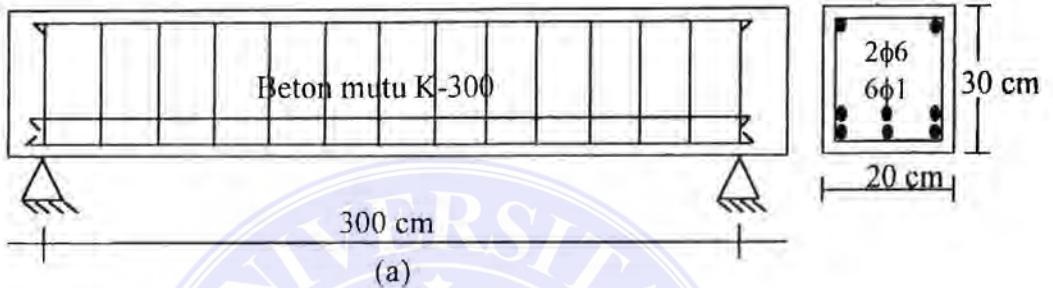
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

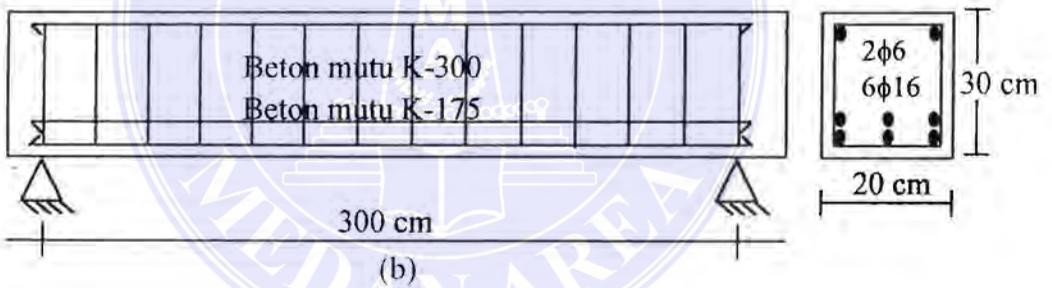
Access From (repository.uma.ac.id)22/7/24

o ( K -300 ) digunakan pada daerah tekan ( bagian atas balok ),  
gambar III . I ( b )

BALOK I



BALOK II



Gambar III.1

Dimensi balok beton bertulang dan pelapisan mutu beton yang berbeda

Selain itu dibuat juga sebanyak 5 ( lima ) buah benda uji kubus beton ( 15 x 15 x 15 )  
cm untuk masing-masing mutu beton yang digunakan untuk uji kekuatan tekan beton.

**III. 2. 2. Prosedur Pembuatan Benda Uji**

Pelaksanaa pengadukan material beton dan pencetakannya dilakukan seperti

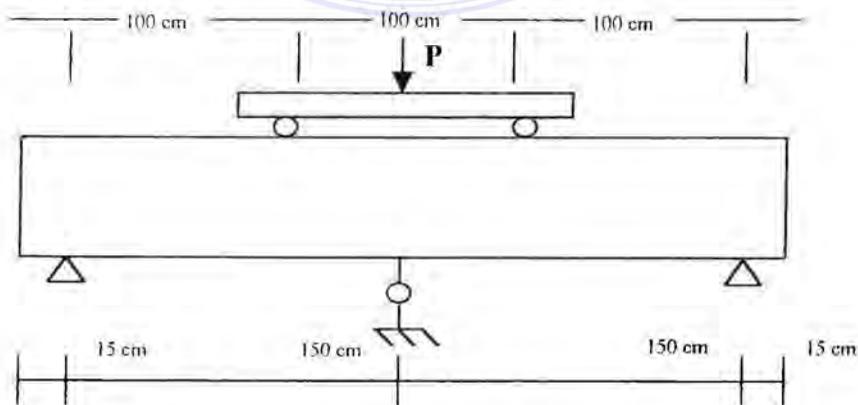
pada pembuatan beton konvensional. Sebelum adukan yang homogen dituang ke

dalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran besarnya Slump-Test untuk setiap pengadukan.

Khusus untuk balok beton dengan mutu berbeda, pengecoran beton mutu rendah lebih dulu dilakukan dan setelah beberapa saat kemudian pengecoran balok dengan mutu tinggi dilanjutkan, gunanya agar faktor air semen antara kedua jenis mutu beton ini tidak terjadi pencampuran yang terlalu besar. Beton yang telah cukup kering, seluruh mal-nya dibuka dan beton direndam didalam bak air .

### III. 3. Prosedur Pelaksanaan Pengujian Beton Bertulang.

Pengujian balok beton bertulang dilaksanakan setelah balok berumur 28 hari. Pengujian dilaksanakan dengan menggunakan peralatan seperti gambar III. 2 dibawah ini. Sebelum dimulai pengujian, pertama sekali yang harus kita perhatikan adalah kesiapan yang dipergunakan seperti Dial Indicator, letak dan jarak titik tempat perhitungan terjadinya regangan serta tempat-tempat perletakan tumpuan dan pembebanan yang harus tepat pada tempatnya dan balok tidak mengalami goyangan. Ini sangat penting agar saat pembebanan alat-alat dapat berfungsi dengan baik.



Gambar III . 2  
Sketsa pembebanan pada balok

### III.3.1 Pengujian kekuatan Tekan Beton

Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan menggunakan mesin kompres manual berkapasitas 200 ton terhadap masing – masing benda uji. Kekuatan tekan benda uji beton sesuai Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 dihitung dengan rumus .

$$\sigma'_b = P / A$$

dimana :  $\sigma'_b$  = tegangan tekan beton ( kg/ cm<sup>2</sup> )

P = besarnya beban yang bekerja (kg )

A = luas penampang kubus (15 x 15 x 15 ) cm

### III.3.2 Pengujian Kekuatan Lentur Beton

Pengujian kekuatan lentur balok beton bertulang dilakukan dengan menggunakan alat kompres ( Jacking ) yang berkapasitas 25 ton . Balok beton ditempatkan pada 2 (dua ) perletakan dengan jarak bentang 300 cm. Balok diberi beban terpusat P, yang diuraikan menjadi 2 (dua ) titik pembebanan, yang membagi balok dengan panjang yang sama, jarak masing – masing 100 cm.

Untuk mengukur besarnya lentur balok beton bertulang di tempatkan sebanyak 1 ( satu ) buah Dial Indicator. Sebelum dilakukan pembebanan, jarum – jarum penunjuk pada Dial Indicator ini harus pada posisi angka nol. Tekanan / gaya P pada tahap awal diberi sebesar 1 (ton ) dan ditambah secara bertahap sebesar 0,5 ton, yang besarnya dapat dibaca pada manometer jack. Untuk setiap tahap pembebanan dicatat lenturan yang terjadi Dial Indicator terpasang ( tengah bentang ).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/7/24

Selama pengujian berlangsung diperhatikan dan dicatat saat mulainya retak halus ( retak dapat dilihat dengan mata ) dan saat retakan – retakan tersebut semakin membesar, dan saat terjadinya kegagalan atau kapasitas dukung balok. Kejadian ini ditandai dengan penurunan yang membesar secara tiba – tiba.

### III.3.3. Pengujian Regangan Beton

Pengujian regangan beton dilakukan bersamaan dengan pengukuran lenturan beton, hanya pada pengukuran regangan beton lebih dulu ditentukan 3 ( tiga ) pasang titik tertentu yaitu pada daerah tarik, garis tengah penampang memanjang dan pada daerah tekan beton dengan jarak 300 cm satu sama lainnya.

Pada setiap tahap pembebanan yang ditingkatkan sebesar 500 kg besarnya pertambahan/pengurangan di serat atas, tengah dan bawah penampang balok. Pada saat pengukuran di serat atas bentang ( daerah tekan ), tengah dan bawah dilakukan, akan terlihat pada alat ukur.

### Pengujian Kuat Tekan Beton

a. Kuat tekan masing – masing benda uji kubus

$$\sigma'_b = \frac{P}{A}$$

( sumber : PBI 1971 )

Dimana,  $\sigma'_b$  = Kuat tekan benda uji (kg/cm<sup>2</sup>)

P = Beban tekan (kg)

A = Luas permukaan benda uji (cm<sup>2</sup>)

b. Kuat tekan beton rata-rata

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum \sigma'_b}{n}$$

( sumber : PBI 1971 )

Dimana,  $\sigma'_{bm}$  = Kuat tekan beton rata-rata

$n$  = Jumlah benda uji

c. Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\sigma'_b - \sigma'_{bm})^2}{n-1}}$$

( sumber : PBI 1971 )

d. Kuat tekan beton karakteristik

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1,64 ( S )$$

( sumber : PBI 1971 )

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### VI.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilaksanakan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Penggunaan jenis balok berlapis yang dicor ada daerah tariknya dengan kelas mutu beton yang lebih rendah dari mutu beton daerah dibandingkan dengan balok yang dicor secara homogen sama dengan mutu beton daerah tekan balok berlapis sangat kecil perbedaannya terhadap daya dukung maximum hingga mengalami kegagalan serta besar lenturan yang terjadi sebelum retak rambut terbentuk.
2. Dari hasil pengujian ini sesuai dengan berat semen yang digunakan pada balok yang dicor secara berlapis ( balok I ) dibandingkan dengan balok yang dicor seluruhnya sama dengan mutu balok tekan balok berlapis dapat dihemat .Tempat yang aman untuk melaksanakan penggunaan balok dicor berlapis ini dengan kelas mutu beton berbeda adalah dibagian bawah garis netral penampang balok sebelum pembebanan.
3. Jika dibandingkan antara beton mutu tinggi dan mutu rendah, pada beton mutu tinggi jumlah retak mikro ikatan lebih sedikit karena sifat komabilitas kekuatan dan sifat elastis agregat dengna mortal yang lebih baik dan makin tingginya kekuatan tekan dari pada kekuatan tarik.
4. Dari grafik regangan diperoleh nampak jelas bahwa regangan yang dialami tulangan-tulangantarik dan regangan beton tekan pada satu garis lurus.
5. Jenis balok yang dicor dengan sistem berlapis menimbulkan regangan kehancuran beton tekan yang lebih besar dibandingkan dengan regangan kehancuran beton tekan yang dicor secara homogen.Hal ini perlu mendapat pengkajian dan pengujian yang lebih mendalam dari jenis balok beton sistim berlapis.Kegagalan beton tekan akibat pembebanan pada beton persegi apabila regangan beton mencapai harga kurang lebih 0,002 hingga 0,003 mm/mm

6. Retakan yang timbul pada daerah tarik balok hingga batas tertentu yang secara umum suatu hal yang tidak membahayakan ( bagi struktur ), tetapi menimbulkan dampak bahaya korosi pada jangka panjang terhadap tulangan baja.

## VI.2. Saran

Berdasarkan hasil pengujian ini, ada beberapa saran yang dianggap penulis perlu yaitu:

1. Untuk memperoleh hasil pengujian yang memuaskan perlu sekiranya penambahan balok benda uji sebagai syarat statistik untuk mengambil kesimpulan.
2. Adanya baiknya pelaksanaan struktur bangunan terutama pada pekerjaan pengecoran balok bervolume besar pada bagian tepi bawah balok ( daerah tarik ) dapat dilakukan dengan mutu yang tidak terlalu jauh dari mutu beton daerah tekan.
3. Masih diperlukan rangkaian – rangkaian pengujian lanjutan yaitu pengaruh dari gaya lintang terhadap balok yang dicor secara berlapis, terutama pada ujung balok yang menerima gaya lintang terbesar.

## DAFTAR PUSTAKA

1. George Winter dan Arthur H. Nilson, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*, edisi ke –1, Penerbit PT.Pradnya Paramita Jakarta 1993
2. L.Wahyudi dan Syahril A.Rahim, *Struktur Beton Bertulang ( Standart Baru SNI-T-15-1991-03)*, edisi ke –1, Penerbit PT.Gramedia Jakarta, 1997.
3. Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, Penerbit PT.Gramedia Jakarta, 1994.
4. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI) 1971*, cetakan ke –7, diterbitkan oleh Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Departemen Pekerjaan Umum.
5. Edward G.Nawy,*Reinforced Concrete, Fundamental Approach*,1985.
6. Cernica John.N.Ph.d, *Fundamentals of Reinforced Concrete*, Addison-Wesley Publishing Company,INC.
7. W.C Vis Dan Gideon Kusuma, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang ( Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 )*, edisi ke–2, Penerbit PT.Gramedia Jakarta, 1997