



**KAPASITAS LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN
LUBANG ARAH VERTIKAL PADA BADAN BALOK**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Program Studi Teknik Sipil**

Oleh

Muhammad Hilmi Fathoni

NIM.5113414063

**TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2018**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Muhammad Hilmi Fathoni

NIM : 5113414063

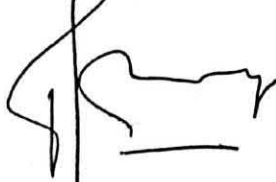
Program Studi: Teknik Sipil, S1

Judul : Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Lubang Arah
Vertikal Pada Badan Balok

Skripsi berikut telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi program studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 12 November 2018

Pembimbing 1,



Endah Kanti Pangestuti S.T.,M.T

NIP 197207091998032003

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul kapasitas lentur balok beton bertulang dengan lubang arah vertikal pada badan balok telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian skripsi Fakultas Teknik UNNES pada Tanggal 13 November 2018

Oleh

Nama : Muhammad Hilmi Fathoni

NIM : 5113414063

Program Studi : Teknik Sipil, S1

Panitia :

Ketua



Aris Widodo, S.Pd., M.T.
NIP. 197102071999031001

Sekretaris



Dr. Rini K, S.T., M.T., M.Sc.
NIP 197809212005012001

Pembimbing



Endah Kanti P, S.T.,M.T.
NIP 197207091998032003

Penguji 1



Dr.Eng. M Kori E, S.T., M.T.
NIP 198004022006041001

Penguji 2



Arie Taveriyanto, S.T., M.T.
NIP 196507222001121001

Mengetahui :

Dekan fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Skripsi/TA ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas
4. dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ke tidak-benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 6 November 2018

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Hilmi Fathoni

5113414063

Abstrak

Balok beton berlubang biasa digunakan para perencana struktur guna menyediakan tempat untuk berbagai hal seperti *ducting mechanical* atau *electrical*. Besaran lubang, jumlah lubang, atau letak lubang direkayasa para perencana tergantung oleh kebutuhan. Tetapi dengan adanya lubang pada balok bisa mempengaruhi nilai tegangan, nilai momen, nilai lendutan, serta perilaku struktur saat beban bekerja. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas lentur sebuah balok beton bertulang dengan kekuatan f'_c 40 dan ukuran 12 cm x 20 cm x 175 cm apabila diberi lubang sebesar 4% dari penampang melintang dengan arah vertikal di tengah badan balok. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan pemberian lubang vertikal pada tengah badan balok beton bertulang mengakibatkan percepatan munculnya *first crack*. Retak awal tersebut ditandai dengan adanya retak-retak rambut pada serat tarik balok sebagai indikasi telah terlampauinya regangan tarik beton. Percepatan munculnya retak awal mencapai 24% dari balok normal. Pemberian lubang vertikal pada tengah badan balok beton bertulang mengakibatkan menurunkan beban ultimit sebesar 25,92% secara eksperimen dan 19% secara teoritis. Pola keruntuhan yang terjadi pada balok beton bertulang dan balok beton bertulang dengan penambahan lubang sebenarnya hampir sama, perbedaan terdapat pada *first crack*. Balok kontrol muncul *first crack* pada beban 1250 Kg sedangkan balok dengan penambahan lubang *first crack* muncul pada beban 950 Kg. Letak dan arah lubang sangat berpengaruh pada kekuatan lentur sebuah balok beton. Dalam pengujian ini meski menggunakan luasan lubang yang diijinkan, kekuatan beton melemah sekitar 20% - 25%

Kata kunci : beton bertulang ; kuat lentur ; balok berlubang ; pola retak ; kapasitas lentur.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan karunia dan petunjuk-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi dengan judul “Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Lubang Arah Vertikal Pada Badan Balok” disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh Program S1 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas untuk menuntut ilmu di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
3. Aris Widodo, S.Pd., M.T. Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang
4. Dr. Rini Kusumawardani S.T., M.T., M.Sc. Ketua Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
5. Endah kanti P, S.T., M.T, pembimbing yang penuh perhatian dan berkenan memberikan bahan, bimbingan, dan menunjukkan sumber-sumber yang relevan sangat membantu penulisan karya ini.
6. Dr.Eng. M Kori E, S.T., M.T. penguji satu yang telah memberikan arahan, masukan, kritik, dan saran kepada penulis untuk kesempurnaan skripsi ini.

7. Arie Taveriyanto, S.T., M.T. penguji dua yang telah memberikan arahan, masukan, kritik, dan saran kepada penulis untuk kesempurnaan skripsi ini.
8. Amir Fauzan S.Pd. dan Fahrudin. A.Md. yang telah membimbing dan memberi saran ketika pratikum.
10. Seluruh dosen Jurusan Teknik Sipil yang memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama proses program studi di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
11. Ayah dan Ibu saya yang selalu memberikan doa serta dukungan setiap waktu.
12. Serta semua pihak yang membantu penulis dalam penyusunan skripsi yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, 6 November 2018

Penulis

Muhammad Hilmi Fathoni

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	1
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Rumusan Masalah.....	2
1.5 Tujuan.....	3
1.6 Manfaat.....	3
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Beton.....	4
2.2 Tulangan Baja.....	5
2.3 Balok Lentur.....	7
2.4 Lubang Pada Beton (<i>Web Opening</i>).....	9

2.5 Hipotesis	9
---------------------	---

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 PERSIAPAN	10
3.2 Tempat Pelaksanaan	12
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.3.1 Bahan	12
3.3.2 Alat	15
3.4 Uji Bahan.....	16
3.4.1 Pengujian Agregat Halus (pasir).....	16
3.4.2 Pengujian Agregat Kasar	17
3.5 <i>Mix Design</i>	19
3.6 Pembuatan Benda Uji	20
3.6.1 Pembuatan Lubang	21
3.7 Pengujian Kuat Tekan	22
3.8 Pengujian Kuat Lentur.....	24
3.9 Pengujian Tarik Baja Tulangan	25
3.10 <i>Set Up</i> Pengujian Balok.....	26
3.11 Tahapan Prosedur Penelitian	28
3.12 Teknik Pengumpulan Data	31

BAB IV. PERANCANGAN ALAT

4.1 Hasil Uji Bahan	34
4.1.1 Hasil Pengujian Agregat Hahus.....	34
4.1.1.1 Pemeriksaan Kadar Lumpur	35

4.1.1.2	Pemeriksaan Kadar Air.....	35
4.1.1.3	Pengujian Gradasi	36
4.1.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	37
4.1.2.1	Pemeriksaan Kadar Lumpur	38
4.1.2.2	Pengujian Gradasi.....	40
4.1.2.3	Pengujian Abrasi Agregat Kasar	41
4.1.3	Hasil Pengujian <i>Vicat</i> Semen.....	41
4.2	<i>Mix Design</i>	43
4.3	Hasil Uji Slump	43
4.4	Baja Tulangan.....	44
4.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	45
4.6	Hasil Uji Kuat Lentur	45
4.7	Perilaku Balok Kontrol.....	46
4.8	Perilaku Balok Berlubang.....	49
4.9	Perbandingan Balok Kontrol dengan Balok Berlubang	51
4.9.1	Respon Balok Dengan Pembebanan	51
4.9.2	Beban Ultimit.....	52
4.9.3	Defleksi.....	53
4.9.4	Retak Awal dan Pola Retak	54
4.9.5	Kuat Lentur	55

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	58
Daftar Pustaka	59
Lampiran	61

DAFTAR GAMBAR

2.1	Diagram Regangan-Tegangan.....	6
2.2	Bentuk Ideal Diagram Regangan Tegangan.....	6
3.1	Perencanaan Balok Beton Bertulang.....	11
3.2	Bahan Kerikil	12
3.3	Bahan Pasir.....	12
3.4	Bahan Air	13
3.5	Bahan Semen.....	13
3.6	Bahan Besi.....	13
3.7	Bahan Kayu	13
3.8	Cat Tembok	14
3.9	Karung Goni.....	14
3.10	Perencanaan Pembuatan Lubang.....	22
3.11	Alat Uji Tekan Beton	24
3.12	Letak Titik Tumpuan dan Pembebanan	25
3.13	Besi Untuk Pengujian.....	25
3.14	Tumpuan Sendi	26
3.15	Tumpuan Rol.....	26
3.16	Set Up Tumpuan.....	27
3.17	Set Up Pengujian Balok	28
3.18	Tahap Penelitian.....	29
4.1	Grafik Gradasi Agregat Halus.....	37
4.2	Grafik Gradasi Agregat Kasar.....	40

4.3	Hasil Uji <i>Slump</i>	44
4.4	Diagram Beban.....	44
4.5	Hasil Pembuatan Benda Uji	45
4.6	Hasil Uji Tekan Silinder.....	45
4.7	Grafik Hubungan Beban-Lendutan	46
4.8	Pola Retak Balok Kontrol	47
4.9	Grafik Hubungan Beban-Lendutan	49
4.10	Pola Retak Balok Berlubang	49
4.11	Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan (dial 1).....	51
4.12	Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan (dial 2).....	52
4.13	Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan (dial 3).....	52
4.14	Pola Retan dan <i>First Crack</i>	54

DAFTAR TABEL

3.1	Bahan dan Fungsinya.....	11
4.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	34
4.2	Pengujian Gradasi Agregat Halus	36
4.3	Hasil Pengujian Agregat Kasar	38
4.4	Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar.....	39
4.5	Hasil Uji <i>Vicat</i> Semen.....	42
4.6	Perbandingan Kebutuhan Bahan	43
4.7	Data Beban Ultimit.....	46
4.8	Beban Ultimit Balok Kontrol dan Berlubang.....	53
4.9	Kuat Lentur Balok.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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. Pada struktur bangunan beton biasanya digunakan menjadi pelat, kolom, atau balok.

Balok berlubang biasa digunakan para perencana struktur guna menyediakan tempat untuk berbagai hal seperti *ducting mechanical* atau *electrical*. Besaran lubang, jumlah lubang, atau letak lubang direkayasa para perencana tergantung oleh kebutuhan. Tetapi dengan adanya lubang pada balok bisa mempengaruhi nilai tegangan, nilai momen, nilai lendutan, serta perilaku struktur saat beban bekerja.

1.2 Identifikasi Masalah

Pemberian lubang pada badan balok sudah sering dipakai para perencana struktur. Sebenarnya pemberian lubang pada kolom ini telah diijinkan oleh ACI 318-95 pasal 6.3.4 selama luas lubang tidak melebihi 4 persen dari penampang melintang yang dipergunakan dalam perhitungan kekuatan.

Menurut penelitian Manuhua, dkk (2015) Seiring bertambah besar panjang dan tinggi lubang, maka nilai tegangannya pun semakin besar.

Lendutan semakin bertambah seiring dengan bertambah besarnya variasi lubang.

1.3 Pembatasan Masalah

1. Beton yang akan digunakan menggunakan f'_c 40
2. Dimensi balok beton bertulang yang akan diuji 12cm x 20cm x 175cm
3. Tulangan yang akan digunakan 2D10 dengan sengkang $\phi 6$
4. Bekisting yang digunakan menggunakan kayu triplek yang diperkuat dengan kayu sengon ukuran 2cm x 3cm
5. Pengujian menggunakan dua titik dengan tumpuan sendi rol

1.4 Rumusan Masalah

Pembangunan sebuah struktur harus direncanakan dengan matang. Pada perencanaan sebuah balok beton bertulang pun harus direncanakan berapa kapasitasnya untuk menahan beban. Berikut beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini :

- a) Berapakah kapasitas lentur balok beton bertulang dengan dimensi 12cm x 20cm x 175cm?
- b) Apakah balok beton bertulang yang diberi berlubang memenuhi kapasitas lentur yang direncanakan?
- c) Bagaimana pola retak balok beton bertulang saat beban bekerja?
- d) Bagaimana pola retak balok beton bertulang dengan lubang pada badan balok saat beban bekerja?

- e) Bagaimana perbandingan antara balok beton bertulang dengan balok beton bertulang dengan lubang?

1.5 Tujuan

- a) Untuk mengetahui kapasitas lentur sebuah balok beton bertulang dengan ukuran 12 cm x 20 cm x 175 cm apabila diberi lubang sebesar 4% dari penampang melintang dengan arah vertikal di tengah badan balok.
- b) Untuk membandingkan sebuah balok beton bertulang dengan ukuran 12 cm x 20 cm x 175 cm apabila diberi lubang sebesar 4% dari penampang melintang dengan arah vertikal di tengah badan balok dengan balok berukuran sama tanpa lubang.

1.6 Manfaat

Sebelum balok runtuh ketika beban bekerja akan terjadi retakan yang menimbulkan berbagai masalah dari kurangnya nilai estetika hingga kebocoran yang dapat melemahkan struktur. Supaya balok sesuai dengan perencanaan awal yang dapat menahan beban yang ditentukan, perencana harus berhati-hati dalam memberi lubang pada badan balok. Dengan adanya penelitian ini para perencana struktur dapat mengetahui kapasitas balok apabila diberi lubang dengan arah vertikal.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Beton

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2847-2002), beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan yang membentuk massa padat. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang homogen sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai keinginan. Campuran tersebut bila dibiarkan akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu tertentu.

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f'_c) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996).

Rumus yang digunakan pada persamaan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut.

f'_c = kuat tekan (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton (Dipohusodo, 1996). Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah:

- a. Permukaan dan bentuk agregat.
- b. Gradasi agregat.
- c. Ukuran maksimum agregat.

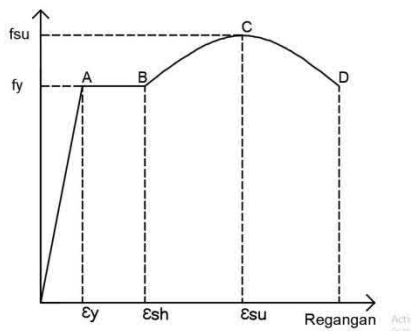
Perilaku kekuatan tekan beton normal dapat diperlihatkan dengan menggunakan kurva parabola tegangan regangan untuk beton mutu normal (Park & Paulay, 1975) dengan persamaan kuat tekan.

2.2 Tulangan Baja

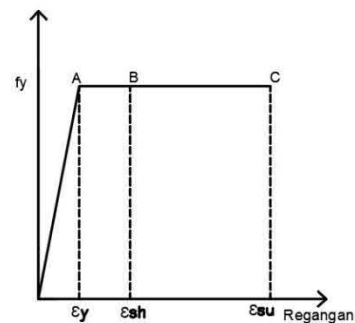
Baja adalah logam yang terbentuk dari campuran besi dan karbon. Dalam struktur beton bertulang, baja digunakan sebagai tulangan yang ditanam di dalam beton. Tulangan baja diklaim sangat kuat terhadap beban tarik dan beban tekan. Namun karena harga tulangan baja terbilang mahal, maka hindari memanfaatkan tulangan baja untuk menopang beban tekan suatu struktur 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.

Grafik hubungan antara tegangan - regangan dari uji tarik baja dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2. hubungan regangan tegangan untuk baja (Park and Paulay, 1975).



Gambar 2.1 Diagram Regangan-Tegangan



Gambar 2.2 bentuk ideal diagram regangan tegangan.

Dari Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 merupakan hubungan regangan tegangan untuk baja (Park and Paulay, 1975) pada daerah OA merupakan garis lurus yang menyatakan daerah linear elastis, sedangkan kemiringan garis ini menyatakan modulus elastisitas. Diagram tegangan – regangan untuk baja lunak mempunyai titik leleh di titik A, sedangkan daerah AB merupakan daerah plastis, dimana baja mengalami regangan terus bertambah tetapi tegangannya dapat dikatakan tetap. Daerah BC merupakan daerah *strain hardening*, dimana pertambahan regangan akan di ikuti dengan sedikit pertambahan tegangan mencapai nilai maksimum] yang disebut sebagai tegangan tarik ultimit (*ultimate tensile strenght*). Dan akhirnya terjadi putus di titik C.

Besarnya regangan dinyatakan dengan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

ε = besarnya regangan

l = panjang batang setelah mengalami perpanjangan

l_0 = panjang awal batang

Sedangkan besarnya tegangan dihitung dengan persamaan

$$f_s = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

f_s = besarnya tegangan

P = gaya aksial

A = luas penampang

2.3 Balok Lentur

Balok adalah anggota struktur yang paling utama mendukung beban luar serta berat sendirinya oleh momen dan gaya geser . Dua hal utama yang dialami oleh suatu balok adalah kondisi tekan dan tarik, yang antara lain karena adanya pengaruh lentur ataupun gaya lateral. Dari data percobaan diketahui bahwa kuat tarik beton sangatlah kecil, kira-kira 10% dibandingkan kekuatan tekannya. Bahkan dalam problema lentur, kuat tarik ini sering tidak diperhitungkan, sehingga timbul usaha untuk memasang baja tulangan pada bagian tarik guna mengatasi kelemahan beton tersebut, menghasilkan beton bertulang.

Kemungkinan 1 : Keruntuhan Tarik (*under-reinforced*)

Keruntuhan tarik terjadi bila regangan yang terjadi pada daerah baja tulangan lebih besar dari

regangan lelehnya sehingga diperoleh persamaan keseimbangan :

$$C_c = T_s \dots\dots\dots(2.3)$$

$$0,85 f'_c a b = A_s f_y \dots\dots\dots(2.4)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan demikian :

$$M_n = A_s f_y (d - \frac{1}{2} a) \dots\dots\dots(2.6)$$

$$M_n = A_s f_y (d - \frac{A_s f_y}{2 \cdot 0,85 f'_c b}) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$M_n = p b d^2 f_y (1 - \frac{0,59 p f_y}{f'_c}) \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Dimana } p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots(2.9)$$

Kemungkinan 2 : Keruntuhan Tekan (*over-reinforced*)

Keruntuhan tekan terjadi bila regangan yang terjadi pada daerah baja tulangan lebih kecil dari

regangan leleh baja, sehingga diperoleh persamaan keseimbangan :

$$\varepsilon_s = 0,003 \left(\frac{d-c}{c} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$f_s = \varepsilon_s E_s = 0,003 \left(\frac{d-c}{c} \right) E_s \dots\dots\dots(2.11)$$

Karena $a = \beta_1 c$, maka:

$$f_s = 0,003 \left(\frac{\beta_1 d - a}{a} \right) E_s \dots\dots\dots(2.12)$$

2.4 Lubang Pada Beton (*Web Opening*)

Lubang pada beton bertulang (*web opening*) biasanya ditempatkan pada balok yang digunakan untuk menyediakan tempat berbagai hal seperti ducting mechanical atau electrical. SNI 03 – 2847 – 2002 menyatakan bahwa saluran, pipa dan selubung yang menembus pelat, dinding atau balok tidak boleh menurunkan kekuatan konstruksi secara berlebihan. Jika luasan dari penampang balok berkurang akibat adanya lubang tersebut maka kapasitas balok dalam menahan beban juga akan berkurang. Untuk itu, pengaruh lubang terhadap kekuatan balok perlu diperhitungkan mengingat elemen struktur balok adalah penting dalam struktur.

2.5 Hipotesis

Terdapat penurunan kapasitas lentur pada balok beton bertulang yang diberi lubang dengan beton normal sebagai perbandingan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian uji lentur balok beton bertulang dengan penambahan lubang vertikal pada tengah badan balok. Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian dan pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Pemberian lubang vertikal pada tengah badan balok beton bertulang mengakibatkan percepatan munculnya *first crack*. Retak awal tersebut ditandai dengan adanya retak-retak rambut pada serat tarik balok sebagai indikasi telah terlampauinya regangan tarik beton. Percepatan munculnya retak awal mencapai 24% dari balok normal.
2. Pemberian lubang vertikal pada tengah badan balok beton bertulang mengakibatkan menurunkan beban ultimit sebesar 25,92 % secara eksperimen dan 19 % secara teoritis.
3. Pola keruntuhan yang terjadi pada balok beton bertulang dan balok beton bertulang dengan penambahan lubang sebenarnya hampir sama. Perbedaan terdapat pada *first crack*. Balok kontrol muncul *first crack* pada beban 1250 Kg sedangkan balok dengan penambahan lubang *first crack* muncul pada beban 950 Kg.
4. Letak dan arah lubang sangat berpengaruh pada kekuatan lentur sebuah balok beton. Dalam pengujian ini meski menggunakan luasan lubang yang diijinkan, kekuatan beton melemah sekitar 20%-25%.

5.2. SARAN

1. Mengingat adanya perbedaan perhitungan teoritis dengan eksperimen.
Maka perlu memperbanyak sampel pada setiap benda uji.
2. Mengingat dibutuhkananya lubang pada sebuah struktur balok beton untuk keperluan mekanikal atau estetika, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk letak dan arah paling efisien dalam pembuatan lubang.

DAFTAR PUSTAKA.

- ACI Committee 318, 1995, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318 M-95) And Commentary (ACI 318 RM-95), American Concrete Institute.
- Annual Book of ASTM Standards, 2002, ASTM C39-86 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03 6468. 2000. Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abu Terbang.* Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03 2834. 2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal .*Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *SNI 1972. 2008. Tata Cara Uji Slump.* Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03 1729. 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.* Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03 2847. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung .* Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *SNI 15 7064. 2004. Semen Portland Komposit.* Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1968-1990. Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar.* Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. *SNI 03-4804-1998. Metode Pengujian isi dan Rongga Udara Dalam Agregat.* Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *SNI 2417: 2008. Cara Uji Keausan Dengan Mesin Los Angles.* Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.* Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-6827-2002. Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland Dengan Menggunakan Alat Vicat Semen Untuk Pekerjaan Sipil.* Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-1729-2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.* Jakarta: BSN

- Dipohusodo, Istimawan. 1996. Struktur Beton Bertulang. Jakarta: PT Gramedia
- Fatoni, A. 2006. *Metodologi Penelitian Dan teknik Penyusunan Skripsi*. Jakarta: Rineka Cipta
- Manuhua, Y., Wallah, S.E., Dapas S.O. (2015). Analisis Kapasitas Balok Beton Bertulan Dengan Lubang Pada Badan Balok. *Jurnal Sipil Statik*. Volume 3 No.7. Hal 456-465.
- Park & Paulay*. 1975 Reinforced Concrete Structures, Departemen of Civil, University of Cantebury, Christburch, New Zealand
- PBI 1971. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Yayasan Lembaga Penyelidikam Masalah Pembangunan. Bandung.
- Sugiono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Alfabeta
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. 1996, Teknologi Beton. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada