

**PENGARUH BEBAN TEKAN EKSENTRIS
PADA KOLOM BETON BERTULANG BERLUBANG
TERHADAP LEBAR RETAK**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :
HESTI WULANDARI
NIM. 0210610037

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN SIPIL
MALANG
2007**

**PENGARUH BEBAN TEKAN EKSENTRIS
PADA KOLOM BETON BERTULANG BERLUBANG
TERHADAP LEBAR RETAK**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

HESTI WULANDARI
0210610037

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono MD., MS
NIP. 131 276 254

Ir. Prastumi, MT
NIP. 130 518 940

**PENGARUH BEBAN TEKAN EKSENTRIS
PADA KOLOM BETON BERTULANG BERLUBANG
TERHADAP LEBAR RETAK**

Disusun oleh :

HESTI WULANDARI

NIM. 0210610037

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Tanggal 9 Agustus 2007

DOSEN PENGUJI

Prof. Dr. Ir. Agoes SMD., MS

NIP. 131 276 254

Ir. Prastumi, MT

NIP. 130 518 940

Ir. Siti Nurlina, MT

NIP. 131 897 036

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. As'ad Munawir, MT

NIP. 131 574 850

RINGKASAN

HESTI WULANDARI, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2007, Pengaruh Beban Tekan Eksentris Pada Kolom Beton Bertulang Berlubang Terhadap Lebar Retak, Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono MD., MS. dan Ir. Prastumi, MT.

Pemasangan pipa pada kolom beton bertulang mengakibatkan penampang kolom menjadi berlubang. Peraturan SNI 03 – 2847 – 2002 menyatakan bahwa saluran dan pipa, bersama kaitnya, yang ditanam pada kolom tidak boleh menempati lebih dari 4% luas penampang yang diperlukan untuk kekuatan atau untuk perlindungan terhadap kebakaran. Apabila persentase lubang lebih dari 4%, maka besarnya lubang harus diperhitungkan terhadap pengaruh kekuatannya.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji kolom pendek beton bertulang penampang berlubang dan tanpa lubang bertulangan simetris, penampang kolom = $b \times h = 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$, diameter pipa = 45 mm, panjang kolom = $L = 450 \text{ mm}$, kolom direncanakan mengalami keruntuhan tarik dan tumpuannya adalah jepit bebas, kemudian kolom dibebani dengan beban tekan eksentris $e = 80 \text{ mm}$, 100 mm dan 120 mm . Variabel yang diamati berupa tegangan tulangan tarik dan lebar retak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lebar retak yang dihasilkan oleh kolom beton bertulang penampang berlubang lebih besar pada kolom yang dibebani dengan beban tekan eksentris, daripada lebar retak yang terjadi pada kolom beton bertulang tanpa lubang. Variasi beban tekan eksentris juga memberikan pengaruh terhadap lebar retak. Pada benda uji kolom beton bertulang tanpa lubang semakin besar eksentrisitas, lebar retak yang terjadi juga semakin besar. Demikian juga pada benda uji kolom beton bertulang penampang berlubang lebar retak paling besar terjadi saat beban tekan eksentris $e = 120 \text{ mm}$, kemudian lebar retak dibawahnya saat beban tekan eksentris $e = 100 \text{ mm}$, dan yang menghasilkan lebar retak paling kecil adalah pada saat diberi beban tekan eksentris $e = 80 \text{ mm}$.

Kata kunci : kolom beton bertulang penampang berlubang, kolom beton bertulang penampang tanpa lubang, beban tekan eksentris, lebar retak

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi Pengaruh Beban Tekan Eksentris pada Kolom Beton Bertulang Berlubang terhadap Lebar Retak sesuai dengan waktunya.

Skripsi ini disusun untuk mengetahui pengaruh adanya lubang terhadap besarnya lebar retak yang terjadi pada penampang kolom beton bertulang yang diberi beban tekan eksentris.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan pengetahuan, pengalaman serta kemampuan dalam melaksanakan sebuah penelitian. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan sumbangan baik berupa saran maupun kritik yang membangun guna kesempurnaan skripsi ini.

Dengan terselesaikannya skripsi ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuannya, khususnya kepada :

- Ibu, bapak dan seluruh keluarga
- Bapak Agoes Soehardjono selaku dosen pembimbing
- Ibu Prastumi selaku dosen pembimbing
- Ibu Siti Nurlina selaku dosen penguji
- Bapak As'ad Munawir selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Teman-teman sipil angkatan 2002 serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penyusun berharap semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat menambah wawasan keilmuan bagi para pembaca, Amin.

Malang, Agustus 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	viii
RINGKASAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Identifikasi masalah	1
1.3. Rumusan masalah	2
1.4. Batasan masalah	2
1.5. Tujuan penelitian	2
1.6. Manfaat penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Kolom	4
2.2. Jenis kolom	4
2.3. Kekuatan kolom pendek dengan beban sentris	6
2.3.1. Kolom pendek	6
2.3.2. Kolom dengan beban sentris	7
2.4. Kekuatan kolom pendek dengan beban eksentris	9
2.4.1. Penampang kolom bertulangan seimbang	9
2.4.2. Keruntuhan tekan	10
2.4.3. Keruntuhan tarik	11
2.5. Penggunaan diagram interaksi	13
2.6. Kapasitas kolom berlubang	14
2.7. Perilaku retak beton	16
2.8. Pengendalian lebar retak	16
2.9. Evaluasi lebar retak	17



2.10. Lebar retak izin	17
2.11. Hipotesis penelitian	18
III. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Tempat dan waktu penelitian	19
3.2. Peralatan dan bahan	19
3.3. Analisa bahan yang digunakan	20
3.4. Rancangan penelitian	20
3.5. Prosedur pembuatan benda uji	21
3.6. Prosedur penelitian	21
3.7. Variabel penelitian	22
3.8. Metode pengumpulan data	23
3.9. Analisis data	23
3.9.1. <i>Analysis of varians</i> (anova)	23
3.9.2. Analisis regresi linear tunggal	25
3.10. Langkah-langkah penelitian	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Sifat-sifat bahan penyusun kolom beton bertulang	29
4.1.1. Semen	29
4.1.2. Air	29
4.1.3. Agregat halus	29
4.1.4. Agregat kasar	30
4.1.5. Baja tulangan	30
4.2. Pengujian beton segar	30
4.3. Pengujian beton keras	31
4.4. Campuran beton	32
4.5. Pengujian kolom	32
4.6. Pengujian hipotesis	33
4.7. Pembahasan	34
4.7.1. Pembahasan perbandingan nilai lebar retak pada kolom beton bertulang berlubang dan tanpa lubang	34

4.7.2. Pembahasan pengaruh eksentrisitas terhadap nilai lebar retak pada kolom beton bertulang berlubang dan tanpa lubang	37
---	----

V. PENUTUP	40
-------------------	----

5.1. Kesimpulan	40
-----------------	----

5.2. Saran	40
------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemasangan instalasi pipa dan instalasi listrik yang tertanam pada elemen struktur kolom sering dijadikan alasan estetika, tanpa memperhatikan pengaruh pengurangan kekuatan kolom yang diakibatkan oleh adanya lubang instalasi tersebut.

Peraturan *SNI 03 – 2847 – 2002* menyatakan bahwa saluran dan pipa, bersama kaitnya, yang ditanam pada kolom tidak boleh menempati lebih dari 4 persen luas penampang yang diperlukan untuk kekuatan atau untuk perlindungan terhadap kebakaran. Sehingga apabila lebih besar dari 4% maka pengaruh lubang perlu diperhitungkan terhadap kekuatannya, mengingat elemen struktur adalah lebih penting dari elemen yang lain.

Suatu komponen struktur harus memiliki kemampuan kelayanan (*serviceability*) pada tingkat beban kerja (layar), atau mampu menjamin tercapainya perilaku struktur yang cukup baik pada strata beban kerja. Kemampuan kelayanan pada strata beban kerja ditentukan oleh lendutan, retak, korosi tulangan, dan rusaknya permukaan balok atau plat beton bertulang. Retak dapat terjadi selama masa perawatan maupun pada saat pembebanan itu sendiri. Baik yang hanya berupa retak-retak halus dan tidak menyebabkan kerusakan, sampai pada terjadinya lebar retak yang dapat membahayakan suatu bangunan konstruksi.

Beton normal memiliki kekuatan tekan yang tinggi dan ketahanan terhadap tarik yang rendah. Pada komponen beton bertulang cenderung mengalami retak yang tidak bisa dihindarkan di tempat yang mengalami tarik. Retak pada beton merupakan awal berlangsungnya proses korosi pada tulangan baja, yang jika dibiarkan dapat menyebabkan terlepasnya ikatan antara beton dan tulangan. Oleh karena itu pengetahuan tentang perilaku retak perlu mendapat perhatian secukupnya. Dengan demikian perkiraan lebar retak merupakan hal penting dalam memperhitungkan kelayanan komponen struktur untuk kondisi pembebanan jangka panjang.

1.2 Identifikasi Masalah

Penerapan lubang untuk penanaman instalasi air maupun listrik pada kolom beton bertulang semakin banyak digunakan, namun efek jangka panjang yang akan timbul dengan adanya lubang tersebut kurang begitu diperhatikan. Diantara beberapa

efek yang mungkin akan timbul akibat adanya lubang adalah timbulnya retak pada kolom beton bertulang tersebut. Retak mempunyai kontribusi terhadap proses korosi tulangan, rusaknya permukaan beton, dan efek-efek jangka panjang lainnya. Karena itu, perilaku retak dan kontrol lebar retak perlu dipelajari lebih lanjut.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh beban tekan eksentris pada kolom beton bertulang berlubang terhadap lebar retak ?
2. Berapakah besar lebar retak yang terjadi ?

1.4 Batasan Masalah

Supaya tercapai maksud dan tujuan yang diinginkan, maka dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah, meliputi :

1. Benda uji kolom yang digunakan adalah kolom pendek dengan penampang persegi.
2. Jumlah dan luas tulangan ditentukan.
3. Asumsi tumpuan pada kolom adalah jepit bebas.
4. Mutu beton yang dipakai ditentukan.
5. Mutu baja yang dipakai ditentukan.
6. Eksentrisitas pada kolom ditentukan.
7. Kolom direncanakan mengalami keruntuhan tarik
8. Lubang pada kolom ditentukan
9. Pengaruh komposit akibat elemen pembentuk lubang diabaikan.
10. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar lebar retak yang terjadi akibat adanya lubang pada kolom beton bertulang yang dibebani dengan beban tekan eksentris.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diambil dari penelitian ini adalah untuk mengetahui lebar retak yang dapat terjadi pada kolom akibat adanya lubang dengan beban tekan eksentris.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fundasi. (Edward G. Nawy, 1990: 306)

SNI 03 – 2847 – 2002 memberikan definisi kolom adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melebihi tiga yang digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan. Sedangkan komponen struktur tekan tegak yang mempunyai rasio tinggi bebas terhadap dimensi lateral terkecil rata-rata kurang dari tiga disebut dengan pedestal.

Sebagai bagian dari suatu kerangka bangunan dengan fungsi dan peran seperti tersebut, kolom menempati posisi penting dalam sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan komponen tekan tidak diawali dengan tanda peringatan yang jelas, bersifat mendadak. Oleh karena itu dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi daripada komponen untuk komponen struktur lainnya..

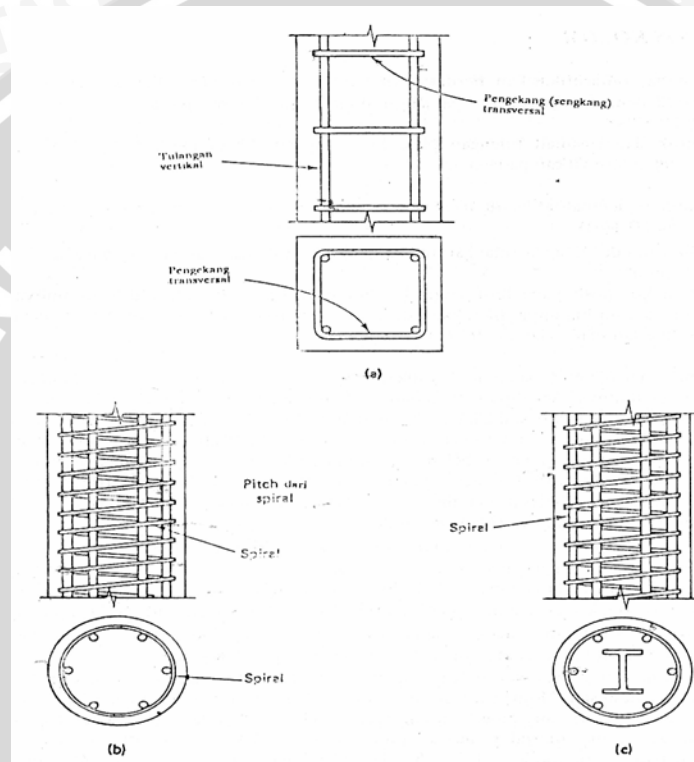
Selanjutnya, karena penggunaan di dalam praktek umumnya kolom tidak hanya bertugas menahan beban aksial vertikal, definisi kolom diperluas dengan mencakup juga tugas menahan kombinasi beban aksial tekan dan momen lentur. Atau dengan kata lain, kolom harus diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu.

2.2 Jenis Kolom

Kolom dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, posisi beban pada penampangnya, dan panjang kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateralnya.

Jenis kolom berdasarkan bentuk dan susunan tulangan dibagi menjadi tiga kategori : (Edward G. Nawy, 1990: 307)

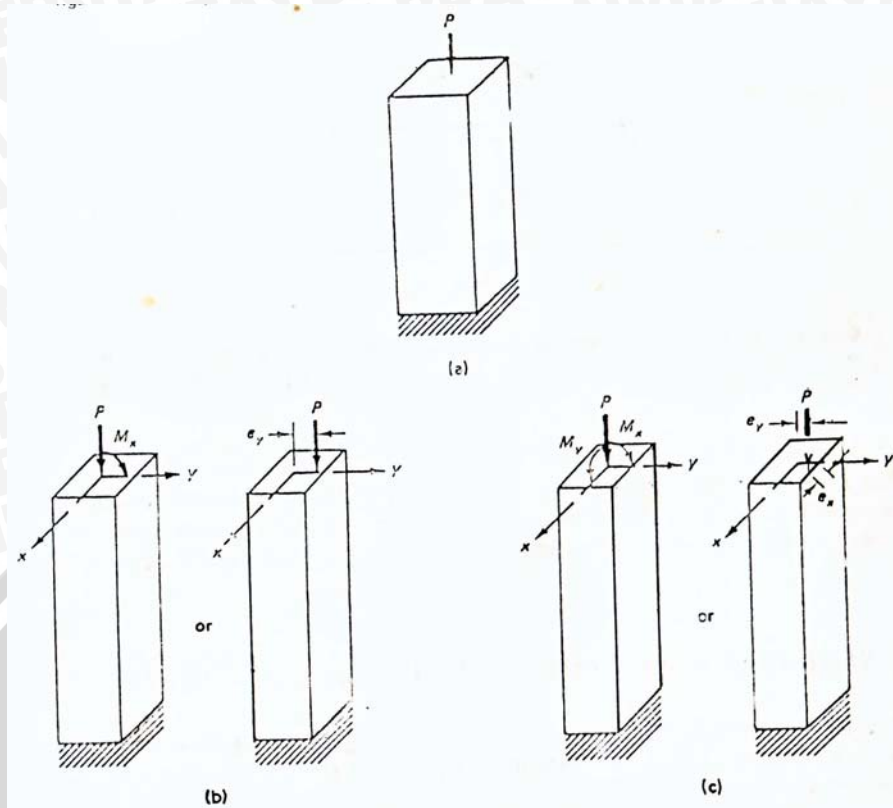
1. Kolom segiempat atau bujursangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang (Gambar 2.1(a)).
2. Kolom bundar dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral berupa sengkang atau spiral (Gambar 2.1(b)).
3. Kolom komposit yang terdiri atas beton dan profil baja struktural di dalamnya. Profil baja ini biasanya diletakkan di dalam selubung tulangan biasa seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1(c).



Gambar 2.1 Jenis kolom berdasarkan bentuk dan macam penulangan : (a) kolom bersengkang; (b) kolom berspiral; (c) kolom komposit.

Berdasarkan posisi beban terhadap penampang melintang, kolom dapat diklasifikasikan atas : (Edward G. Nawy, 1990: 307)

1. Kolom dengan beban sentris, berarti kolom tidak mengalami momen lentur (Gambar 2.2 (a)). Akan tetapi, dalam prakteknya semua kolom hendaknya direncanakan terhadap eksentrisitas yang diakibatkan oleh hal-hal tak terduga, seperti tidak tepatnya pembuatan acuan beton dan sebagainya.
2. Kolom dengan beban eksentris, berarti kolom mengalami momen lentur selain juga gaya aksial (Gambar 2.2 (b) dan (c)). Momen ini dapat dikonversikan menjadi suatu beban P dengan eksentrisitas e .



Gambar 2.2 Jenis kolom berdasarkan posisi beban pada penampang melintang : (a) kolom dengan beban sentris; (b) beban aksial ditambah momen satu sumbu (uniaksial); (c) beban aksial ditambah momen dua sumbu (biaksial).

2.3 Kekuatan Kolom Pendek dengan Beban Sentris

2.3.1 Kolom Pendek

Jumlah luas tulangan pokok memanjang kolom dibatasi dengan rasio penulangan ρ_g antara 0,01 dan 0,08. Tingkat kelangsingan suatu struktur kolom diungkapkan sebagai rasio kelangsingan,

$$\frac{kl_u}{r}$$

di mana,

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

l_u = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari – jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan,

ditetapkan 0,30 h dimana h adalah dimensi kolom persegi pada

arah bekerjanya momen atau 0,25 D dimana D adalah diameter

kolom bulat

Untuk komponen struktur tekan tanpa pengaku lateral, atau tidak disokong untuk tertahan ke arah samping, efek kelangsingan dapat diabaikan jika memenuhi : (Istimawan Dipohusodo, 1999: 331)

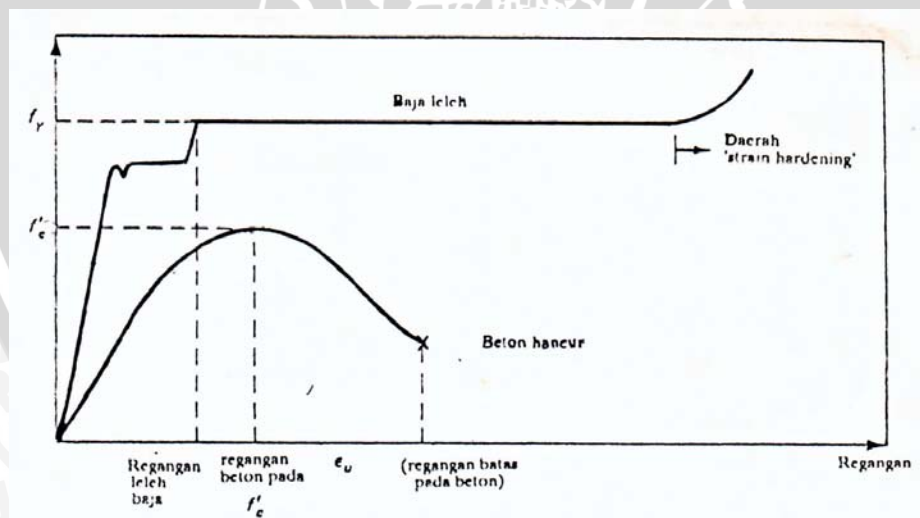
$$\frac{kl_u}{r} < 22$$

Panjang efektif kl_u diperlakukan sebagai panjang modifikasi kolom untuk memperhitungkan efek tahanan ujung yang bukan sendi. Faktor panjang efektif tahanan ujung k bervariasi antara nilai 0,50 – 2,0 tergantung kondisinya, untuk keadaan tipikal adalah sebagai nilai – nilai berikut ini : (Istimawan Dipohusodo, 1999: 331)

Kedua ujung sendi, tidak tergerak lateral	$k = 1,0$
Kedua ujung jepit	$k = 0,50$
Satu ujung jepit, ujung lain bebas	$k = 2,0$
Kedua ujung jepit, ada gerak lateral	$k = 1,0$

2.3.2 Kolom dengan Beban Sentris

Suatu kolom dengan luas penampang brutonya A_g dengan lebar b dan tinggi total h , bertulangan baja dengan luas total A_{st} (terbagi pada semua sisi kolom). Luas bersih penampang beton adalah $A_g - A_{st}$.



Gambar 2.3 Hubungan tegangan dan regangan pada beton dan baja (beban sentris). (sumber : Edward G. Nawy, 1990: 311)

Pada awalnya, baik beton maupun baja, berperilaku elastis. Pada saat regangannya mencapai sekitar 0,002 in./in. sampai 0,003 in./in., beton mencapai kekuatan maksimum f'_c . Secara teoritis beban maksimum yang dapat dipikul oleh kolom adalah beban yang menyebabkan terjadinya regangan f'_c pada beton.

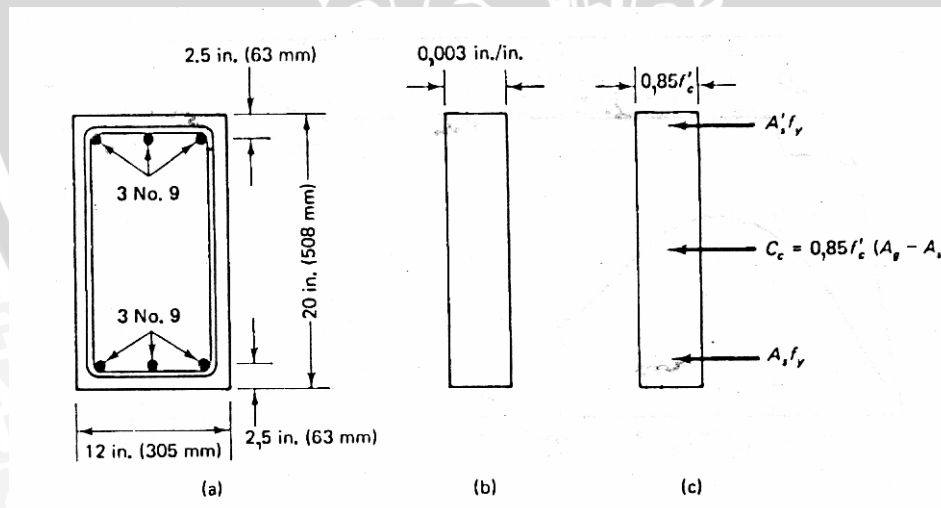
Penambahan beban lebih lanjut bisa saja terjadi apabila *strain hardening* pada baja terjadi di sekitar regangan 0,003 in./in. (Gambar 2.3)

Dengan demikian kapasitas beban sentris maksimum pada kolom dapat diperoleh dengan menambahkan kontribusi beton, yaitu $(A_g - A_{st}) 0,85 f'_c$ dan kontribusi baja, $A_{st}f_y$. A_g adalah luas bruto total penampang beton, dan A_{st} adalah luas total tulangan baja = $A_s + A'_s$. Yang digunakan dalam perhitungan disini adalah $0,85 f'_c$, bukan f'_c . Hal ini disebabkan bahwa kekuatan maksimum yang dapat dipertahankan pada struktur aktual mendekati harga $0,85 f'_c$. Dengan demikian, kapasitas beban sentris maksimum adalah P_0 yang dapat dinyatakan sebagai :

$$P_0 = 0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st}f_y \quad (2-1)$$

Perlu ditekankan disini bahwa beban yang sentris menyebabkan tegangan tekan yang merata di seluruh bagian penampang. Ini berarti bahwa pada saat terjadi keruntuhan, tegangan dan regangannya akan merata di seluruh bagian penampang (Gambar 2.4).

Mengadakan eksentrisitas sebesar nol merupakan hal yang sangat mustahil di dalam struktur aktual. Beberapa contoh yang dapat menyebabkan eksentrisitas sangat mudah terjadi adalah misalnya ketidak tepatan letak dan ukuran kolom, beban yang tidak simetris akibat adanya perbedaan tebal plat di sekitar kolom, atau adanya ketidaksempurnaan lainnya. (Edward G. Nawy, 1990)



Gambar 2.4 Geometri, regangan, dan tegangan kolom (beban sentris); (a) penampang melintang; (b) regangan beton; (c) tegangan (dan gaya-gaya). (sumber : Edward G. Nawy, 1990: 312)

Untuk mengurangi perhitungan eksentrisitas minimum yang diperlukan dalam analisa dan desain, diisyaratkan bahwa adanya suatu reduksi beban aksial sebesar 20 %

untuk kolom bersengkang. Dengan menggunakan faktor ini, kapasitas beban aksial nominal pada kolom tidak boleh diambil lebih besar daripada : (Edward G. Nawy, 1990)

$$P_{n(\max)} = 0,8 \{f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st}f_y\} \quad (2-2)$$

untuk kolom bersengkang

Selanjutnya, sewaktu terjadi pecah lepas di bagian luar (selimut beton) di kolom tersebut, berarti batas kekuatannya telah terlampaui. Untuk itu diberikan faktor reduksi dengan menggunakan faktor reduksi kekuatan ϕ . Besarnya faktor reduksi untuk kolom dengan pengikat sengkang adalah 0,65. (Istimawan Dipohusodo, 1999: 321)

Ketentuan tersebut di atas akan memberikan rumus kuat beban aksial maksimum seperti berikut : (SNI 03 – 2847 -2002, pasal 12.3 ayat 5)

$$\phi P_{n(\max)} = 0,80 \phi \{ 0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \} \quad (2-3)$$

untuk kolom dengan penulangan sengkang, dengan $\phi = 0,65$

2.4 Kekuatan Kolom Pendek dengan Beban Eksentris

2.4.1 Penampang Kolom Bertulangan Seimbang

Keadaan penampang bertulangan seimbang, adalah saat jumlah tulangan batang tarik sedemikian sehingga letak garis netral tepat pada posisi saat mana akan terjadi secara bersamaan regangan luluh tulangan baja tarik dan regangan beton desak maksimum 0,003. Kondisi ini merupakan pembatas antara dua keadaan penampang kolom beton bertulang yang berbeda cara hancurnya, yaitu hancur karena tarik dan hancur karena tekan.

Dengan menggunakan tulangan persegi seperti Gambar 2.5, keadaan keseimbangan regangan memberikan : (Istimawan Dipohusodo, 1999: 304)

$$\frac{C_b}{d} = \frac{0,003}{\frac{f_y}{E_s} + 0,003} \quad (2-4)$$

dengan $E_s = 2 \times 10^5$ Mpa, didapat

$$C_b = \frac{0,003 (d)}{\frac{f_y}{2 \times 10^5} + 0,003} = \frac{600(d)}{600 + f_y} \quad (2-5)$$

kesetimbangan gaya – gaya mensyaratkan : (Edward G. Nawy, 1990: 314)

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s \quad (2-6)$$

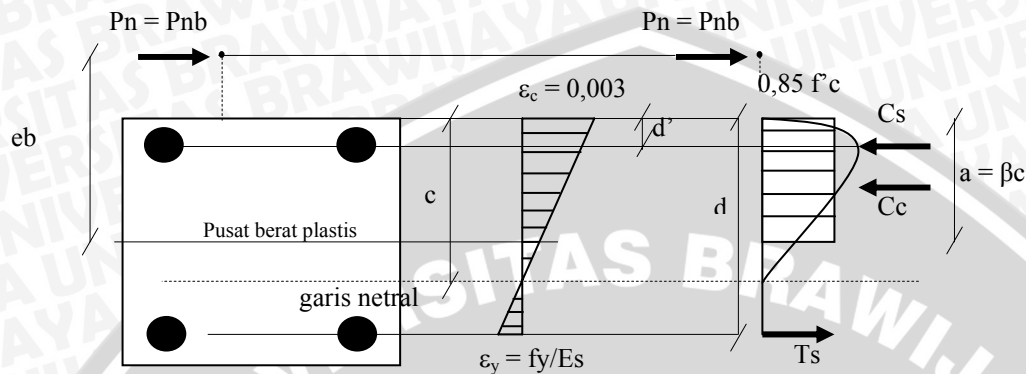
Dengan :

$$C_c = 0,85 f'_c \cdot b \cdot a = 0,85 f'_c \cdot b \cdot \beta_1 c \quad (2-7)$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s' = A_s' (f_y - 0,85 f'_c) \quad (2-8)$$

$$T_s = A_s \cdot f_y \quad (2-9)$$

$$M_n = P_{nb} \cdot e_b = C_c (\bar{y} - a/2) + C_s (\bar{y} - d') - T_s (d - \bar{y}) \quad (2-10)$$



Gambar 2.5 Keadaan keseimbangan regangan – tegangan kolom persegi. (sumber : Istimawan D, 1999:303)

2.4.2 Keruntuhan Tekan

Keruntuhan tekan berlaku saat kekuatan tekan P_n melampaui kekuatan berimbang P_{nb} , atau dapat dikatakan bila eksentrisitas e lebih kecil daripada eksentrisitas e_b . Kekuatan nominal P_n untuk eksentrisitas yang diberikan $e < e_b$ dapat diperoleh dengan jalan menuju variasi tegangan sebenarnya sebagai besaran yang tidak diketahui dan dengan menggunakan prinsip – prinsip statika. (Binsar Hariandja, Charles G. Salmon, Chu Kia Wang, 1994)

Anggapan – anggapan pada keadaan beton batas runtuh adalah : (Istimawan Dipohusodo, 1999)

- Regangan beton maksimum 0,003
- Apabila $\epsilon_s' > \epsilon_y$, dengan demikian $f_s' = f_y$
- ϵ_s adalah tarik
- Apabila $\epsilon_s < \epsilon_y$, dengan demikian $f_s < f_y$

Selanjutnya dilakukan evaluasi besarnya gaya tekan dan tarik dimana bilangan yang belum diketahui adalah P_n dan c .

1. $C_c = 0,85 f'_c \cdot b \cdot a = 0,85 f'_c \cdot b \cdot \beta_1 c$
2. $C_s = A_s' \cdot f_s' = A_s' (f_y - 0,85 f'_c)$

3. $T_s = f_s A_s = \varepsilon_s E_s A_s = \frac{600(d-c)}{c}(A_s)$
4. Dengan kesetimbangan gaya $\sum \text{gaya} = 0$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$
5. Dengan kesetimbangan momen pada T_s $\sum \text{momen} = 0$

$$P_n (d-e) = C_c (d - a/2) + C_s (d - d')$$
6. Dengan hasil tersebut dapat diketahui besarnya $\emptyset P_n$, kemudian memeriksa anggapan awal dan jika anggapan awal terpenuhi maka menentukan momen pada eksentrisitas e adalah

$$M_n = \phi P_n e$$

2.4.3 Keruntuhan Tarik

Pada penampang kolom pendek yang dibebani dengan beban aksial eksentrisitas besar, yaitu $e > e_b$ atau $P_n < P_b$, awal keruntuhan ditandai dengan luluhnya tulangan baja tarik. Dengan demikian berarti $f_s = f_y$, sedangkan tegangan pada tulangan baja tekan masih terdapat dua kemungkinan, sudah mencapai luluh atau belum. (Istimawan Dipohusodo, 1999)

Kesetimbangan gaya $\sum H = 0$, menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$P_n = C_c + C_s - T_s, \text{ atau} \quad (2-11)$$

$$P_n = 0,85 f'_c .b. a + A_s' . f_s' - A_s f_s \quad (2-12)$$

Kesetimbangan gaya $\sum \text{Momen} = 0$, menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$P_n e = 0,85 f'_c .b. a (h/2 - a/2) + A_s' f_s' (h/2 - d') + A_s f_s (d - h/2) \quad (2-13)$$

Apabila penulangan tekan dan tarik simetris $A_s = A_s'$ dan tulangan tekannya belum leleh sedangkan tulangan tarik sudah leleh, didapatkan

$$P_n = 0,85 f'_c .b. a + A_s' . f_s' - A_s . f_y \quad (2-14)$$

dan

$$P_n e = 0,85 f'_c .b. a (h/2 - a/2) + A_s' f_s' (h/2 - d') + A_s f_y (d - h/2) \quad (2-15)$$

Tegangan f'_s pada baja dapat mencapai f_y apabila keruntuhan yang terjadi berupa hancurnya beton. Apabila keruntuhan berupa lelehnya tulangan baja, besarnya f'_s harus didistribusikan dengan f_y . Apabila f'_s atau f_s lebih kecil daripada f_y , maka yang disubstitusikan tegangan aktualnya.

$$f'_s = E_s \varepsilon'_s = E_s \frac{0,003(c-d')}{c} \leq f_y \quad (2-16)$$

$$f_s = E_s \varepsilon_s = E_s \frac{0,003(d-c)}{c} \leq f_y \quad (2-17)$$

Apabila penulangan tekan dan tarik simetris $A_s = A_s'$ dan keduanya sudah mencapai luluh, didapatkan

$$P_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \quad (2-18)$$

$$M_n = P_n e = 0,85 f'_c \cdot b \cdot a \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A_s' f_y \left(\frac{h}{2} - d' \right) + A_s f_y \left(d - \frac{h}{2} \right) \quad (2-19)$$

atau

$$M_n = P_n e = 0,85 f'_c \cdot b \cdot a \left(y - \frac{a}{2} \right) + A_s f_y (d - d') \quad (2-20)$$

Selain itu persamaan 18 dan 20 dapat digabungkan sehingga menghasilkan satu persamaan untuk mencari P_n . Dengan mengganti $0,85f'_c$ dalam persamaan 20 dengan persamaan 14, maka:

$$P_n e = P_n \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A_s f_y (d - d') \quad (2-21)$$

Karena $a = \frac{P_n}{0,85 f'_c b}$ dari persamaan 18, diperoleh:

$$P_n e = P_n \left(\frac{h}{2} - \frac{P_n}{1,7 f'_c b} \right) + A_s f_y (d - d') \quad (2-22)$$

$$\frac{P_n^2}{1,7 f'_c b} - P_n \left(\frac{h}{2} - e \right) - A_s f_y (d - d') = 0 \quad (2-23)$$

Jika

$$\rho = \rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$P_n = 0,85 f'_c b \left[\left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 A_s f_y (d - d')}{0,85 f'_c b}} \right] \quad (2-24)$$

Dan jika

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c}$$

maka persamaan 24 dapat ditulis kembali sebagai :

$$P_n = 0,85 f'_c b \left[\left(\frac{h - 2e}{2d} \right) + \sqrt{\left(\frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2m\rho \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right] \quad (2-25)$$

2.5 Penggunaan Diagram Interaksi

Kapasitas penampang kolom beton bertulang dapat dinyatakan dalam bentuk diagram interaksi P - M yang menunjukkan hubungan beban aksial dan momen lentur pada pada kondisi batas.

Setiap titik kurva menunjukkan kombinasi P dan M sebagai kapasitas penampang terhadap suatu garis netral tertentu. Suatu kombinasi beban yang diberikan pada kolom tersebut, bila diplotkan ternyata berada di dalam diagram interaksi dari kolom yang dibuat menyatakan bahwa kombinasi beban tersebut dapat dipikul oleh kolom dengan baik. Demikian pula sebaliknya, yaitu jika suatu kombinasi beban P dan M yang berada diluar diagram tersebut maka kombinasi beban tersebut adalah di luar kapasitas kolom dan dapat menyebabkan keruntuhan.

Titik-titik yang terdapat pada diagram interaksi terdapat lima kategori, yakni :

1). Tekan murni

Asumsi mengabaikan luas beton yang ditempati baja

$$P = 0,85 f_c' b d + A_{st} f_y$$

2). Keruntuhan tekan (*compression failure*)

Terjadi bilamana $P > P_b$ atau $a > a_b$, tulangan tekan sudah leleh sehingga $f_s' = f_y$

$$f_s = 0,003 \left(\frac{\beta_1 d - a}{a} \right) E_{st}$$

$$P = 0,85 f_c' a b + A_s' f_y - A_s f_s$$

$$M = 0,85 f_c' a b \left(\frac{h}{2} - d'' \right) + A_s' f_y d'' + A_s f_s d''$$

3). Keruntuhan seimbang

$$a_b = \frac{0,003 E_{st}}{0,003 E_{st} + f_y} \beta_1 d$$

$$P = 0,85 f_c' a b + A_s' f_y - A_s f_y$$

$$M = 0,85 f_c' a b \left(\frac{h}{2} - d'' \right) + A_s' f_y d'' + A_s f_y d''$$

4). Keruntuhan tarik (*tension failure*)

Terjadi bilamana $P < P_b$ atau $a < a_b$, tulangan tarik sudah leleh sehingga $f_s = f_y$

$$f_s' = 0,003 \left(\frac{a - \beta_1 d'}{a} \right) E_{st}$$

$$P = 0,85 f_c' a b + A_s' f_s' - A_s f_y$$

$$M = 0,85 f_c' a b \left(\frac{h}{2} - d'' \right) + A_s' f_s' d'' + A_s f_y d''$$

5). Lentur murni

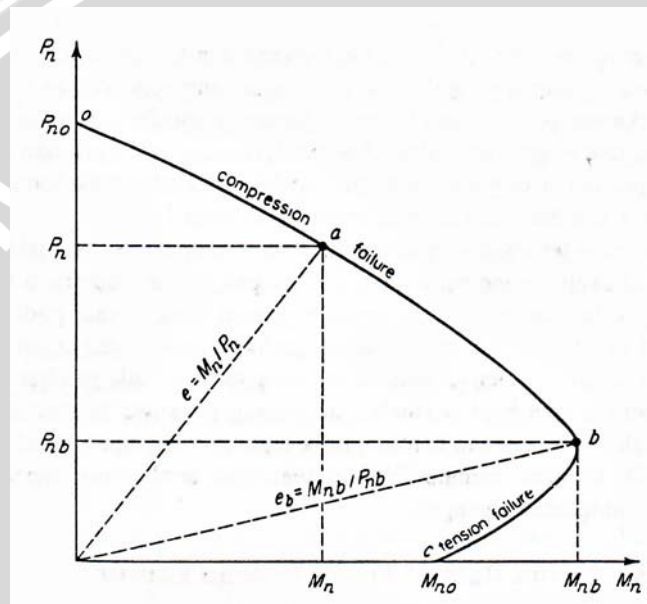
Pada kondisi ini kemungkinan f_s' belum meleleh sehingga

$$f_s' = 0,003 \left(\frac{a - \beta_1 d'}{a} \right) E_{st}$$

$$P = 0,85 f_c' b a + A_s' 0,003 \left(\frac{a - \beta_1 d'}{a} \right) E_{st} - A_s f_y$$

Dengan nilai $P = 0$, nilai a dapat dihitung dari persamaan polinomial derajat dua.

$$M = 0,85 f_c' a b \left(\frac{h}{2} - d'' \right) + A_s' f_s' d'' + A_s f_y d''$$



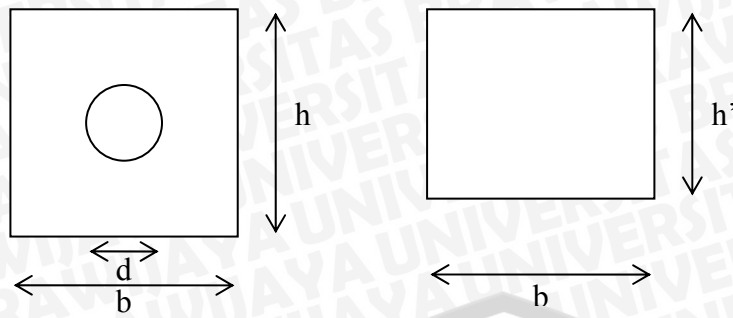
Gambar 2.6 Diagram interaksi untuk tekan dengan lentur, P_n terhadap M_n

Untuk keperluan dalam penelitian ini, ditentukan bahwa kolom mengalami keruntuhan tarik (*tension failure*) di suatu titik pada diagram interaksi dimana letak titik tersebut berada di luar kapasitas kolom. Dengan diberikan nilai beban (P_u) tertentu maka diperoleh P dan M sehingga nilai eksentrisitas dapat ditentukan yaitu $e = M/P$.

2.6 Kapasitas Kolom Berlubang

Nilai kapasitas kolom berlubang sudah barang tentu berbeda dengan kolom tidak berlubang dan dapat dipastikan bahwa nilai kapasitas kolom tidak berlubang lebih besar daripada kolom berlubang.

Hal yang berperan pada pengurangan nilai kapasitas kolom berlubang adalah nilai tinggi blok tekan beton (a). Tinggi blok tekan beton berbanding senilai dengan tinggi penampang kolom (h). Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 2.7 Penampang Kolom berlubang

Luas kolom berlubang sama dengan penampang pada sebelah kanan pada lebar kolom (b) yang sama akan diperoleh h' .

$$bh' = bh - \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$h' = h - \frac{\pi d^2}{4b}$$

(2-16)

Tinggi blok tekan (a) bernilai ekuivalen dengan tinggi penampang kolom (h) dengan mensubtitusikan persamaan (2-16) pada h'/h

$$\frac{a'}{a} = \frac{h'}{h}$$

$$a' = a \frac{h'}{h} = a \left(1 - \frac{\pi d^2}{4bh} \right)$$

(2-17)

Keterangan : h' = tinggi ekuivalen pada kolom berlubang

a' = tinggi blok tekan kolom berlubang

Pada kolom berlubang terdapat tiga keadaan sehubungan dengan tinggi blok tekan, sebagai berikut :

a. Keadaan I ($0 \leq a < 52,5$)

$$a' = a$$

(2-18)

b. Keadaan II ($52,5 \leq a \leq 97,5$)

$$a' = a \left(1 - \frac{\pi(a - 52,5)^2}{4bh} \right)$$

(2-19)

c. Keadaan III ($97,5 < a \leq 150$)

$$a' = a \left(1 - \frac{\pi d^2}{4bh} \right)$$

(2-20)

Nilai tinggi blok tekan kolom berlubang (a') digunakan untuk perhitungan kapasitas pada kolom berlubang.

2.7 Perilaku Retak Beton

Pada struktur bangunan dewasa ini sering digunakan bahan-bahan kuat tinggi, termasuk penggunaan bahan beton dan baja tulangan. Apabila komponen struktur terlentur penulangannya menggunakan baja kuat tinggi, agar mencapai tegangan tinggi diperlukan kemampuan regangan yang lebih besar pula baik bagi baja maupun beton. Bagian struktur beton pada daerah yang mengalami tarik umumnya memperlihatkan suatu fenomena retak permukaannya. Retak-retak ini tidak merugikan kecuali bila lebar retaknya menjadi melebihi batas, dalam hal ini keawetan beton terganggu karena kondisi tulangnya menjadi terbuka terhadap korosi.

Retak pada beton merupakan kontribusi awal dari kesan yang lebih parah lagi yaitu berlangsungnya proses korosi tulangan baja, rusaknya permukaan beton dan dampak kerusakan jangka panjang lainnya. Oleh karena itu pengetahuan perilaku retak dan pengendalian lebar retak merupakan hal penting dalam memperhitungkan kemampuan komponen struktur pembebanan jangka panjang.

2.8 Pengendalian Lebar Retak

Pada pengendalian suatu retak pada struktur beton bertulang, hal utama yang menjadi persoalan adalah bukan jumlah retak yang terbentuk melainkan lebar retak tersebut. Disini sangat diharapkan untuk membuat lebar retak sekecil mungkin dari sudut penampakan struktur, karena dapat menjadikan karat yang merugikan tulangan apabila tulangan berhubungan dengan udara karena besarnya lebar retak.

Dengan demikian perkiraan lebar retak dan lentur retak merupakan hal yang paling utama dalam *serviceability* untuk pembebanan jangka panjang. Metode-metode yang ada dewasa ini mengenai retak, sebagian besar didasarkan atas studi percobaan yang telah menunjukkan hal-hal berikut :

1. Lebar retak dapat dibuat menjadi sekecil mungkin melalui penggunaan tulangan ulir.
2. Lebar maksimum retak yang disebabkan oleh bekerjanya beban kurang lebih berbanding lurus dengan besar tegangan yang terjadi pada tulangan.
3. Lebar retak lentur dapat dibuat sekecil mungkin apabila tulangan tersusun dengan baik pada daerah tarik beton.

4. Lebar retak pada permukaan beton berbanding lurus dengan jumlah penutup beton yang disediakan untuk menutup tulangan.

2.9 Evaluasi Lebar Retak

Lebar retak yang sesungguhnya di dalam struktur beton bertulang akan bervariasi diantara batas-batas yang tidak dapat ditaksir secara tepat. Jadi syarat pembatasan yang harus dipenuhi adalah bahwa kemungkinan lebar maksimum melampaui suatu harga yang memuaskan adalah kecil. Harga maksimum yang dapat diterima dianjurkan sebesar 0,3 mm pada setiap posisi pada permukaan beton dalam keliling yang normal dan dianjurkan harga yang lebih rendah untuk bagian konstruksi yang penting seperti konstruksi penahan air.

Pada evaluasi lebar retak ini, untuk meramalkan besar lebar maksimum dan retak yang terjadi pada permukaan tarik suatu gelagar, dipakai rumus :

$$w = 11 \times 10^{-6} \cdot \beta \cdot f_s (d_c \cdot A)^{1/3} \quad (2-21)$$

(SK SNI 03-2847-2002 pasal 12.6 ayat 4)

dimana :

w = lebar retak maksimum dan retak yang diberi satuan dalam seperseribu inch (0,001 inch / 0,0254 mm)

f_s = tegangan maksimum pada tulangan untuk taraf beban kerja yang apabila tidak dihitung dapat digunakan $0,6f_y$

$\beta = \frac{h-c}{d-c}$ = perbandingan jarak dan permukaan tarik dari pusat tulangan terhadap sumbu netral

d_c = tebal selimut beton sampai pusat tulangan

A = luas penampang beton yang mengelilingi suatu tulangan

2.10 Lebar Retak Izin

Lebar retak maksimum yang diizinkan pada suatu elemen struktur bergantung pada fungsi khusus elemen tersebut dan kondisi lingkungan elemen struktur tersebut. Tabel 2.1 dari *ACI Committee 224* memberikan petunjuk mengenai lebar retak maksimum yang diizinkan untuk berbagai kondisi lingkungan.

Tabel 2.1 Lebar Retak yang Diizinkan

Kondisi Lingkungan	Lebar retak toleransi	
	in.	mm
Udara kering atau membran terlindung	0,016	0,41
Udara lembab, tanah	0,012	0,30
Senyawa kimia	0,007	0,18
Air laut, basah maupun kering	0,006	0,15
Struktur penahan air (tidak termasuk pipa tak bertekanan)	0,004	0,10

Sumber : Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, G. Nawy, Edward

2.11 Hipotesis Penelitian

Diduga dengan adanya lubang pada penampang kolom akan mempengaruhi lebar retak yang terjadi. Pengurangan luas penampang kolom akibat adanya lubang mengakibatkan lebar retak yang terjadi akan lebih besar.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang. Waktu penelitian dimulai pada bulan Februari – selesai.

3.2 Peralatan dan Bahan

Sebelum melakukan penelitian, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah persiapan alat dan bahan.

a. Persiapan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Timbangan
- Mesin uji tekan beton
- Portal pengujian (*frame*)
- Molen
- *Dial gauge*
- *Strain gauge*
- *Crack detector*
- Jangka sorong
- Proving ring
- Alat penggetar (*vibrator*)
- Alat Uji Tarik

b. Bahan yang diperlukan

- Semen Gresik type 1
- Air yang berasal dari air bersih Perusahaan Air Minum (PDAM), kodya Malang
- Agregat kasar dan pasir (agregat halus) yang digunakan adalah agregat yang dijual di pasaran
- Baja tulangan ukuran $\emptyset 6$ dan $\emptyset 8$ yang digunakan sebagai tulangan pada kolom.

3.3 Analisa bahan yang digunakan

- **Semen**

Semen yang digunakan semen gresik tipe I dan tidak dilakukan pengujian khusus pada bahan ini.

- **Air**

Air yang digunakan tidak diuji secara khusus (berasal dari air bersih PDAM kota Malang yang tersedia di laboratorium)

- **Pasir dan Kerikil**

Agar kondisinya mendekati keadaan yang sebenarnya di lapangan, maka diusahakan tidak dicuci akan tetapi dijaga dari adanya kotoran organik, lumpur, maupun sampah.

- **Baja Tulangan**

Baja tulangan diuji tarik terlebih dahulu

3.4 Rancangan Penelitian

Rancangan Penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rancangan Benda uji kolom 15 /15 dengan tinggi 45 cm

Benda Uji	Perlakuan		
	I	II	III
Kolom berlubang	2×	2×	2×
Kolom tidak berlubang	2×	2×	2×

Benda uji berupa kolom ini dibuat dengan 3 perlakuan.

- Perlakuan I → kolom beton bertulang dengan beban eksentris $e = 8$ cm.
- Perlakuan II → kolom beton bertulang dengan beban eksentris $e = 10$ cm.
- Perlakuan III → kolom beton bertulang dengan beban eksentris $e = 12$ cm

Masing – masing perlakuan memakai 2 buah benda uji sehingga total benda uji adalah 12 buah dan pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.

3.5 Prosedur Pembuatan Benda Uji

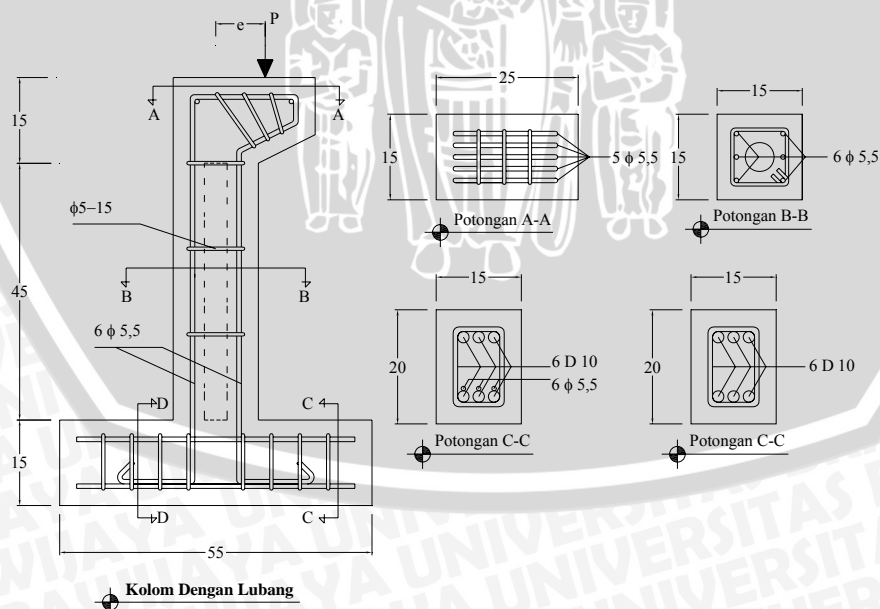
Tahapan-tahapan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Persiapan material dan peralatan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji.
2. Pembuatan cetakan beton (bekisting) dan pembuatan cetakan lubang berdiameter 4,5 cm.
3. Pemasangan tulangan dan pemasangan bekisting.
4. Pemasangan bekisting lubang untuk kolom yang berlubang.
5. Pencampuran bahan beton dengan menggunakan mesin pencampur beton (*concrete mixer*).
6. Memasukan campuran adukan beton ke dalam bekisting.
7. Perawatan (*curing*).
8. Pelepasan bekisting setelah 28 hari.

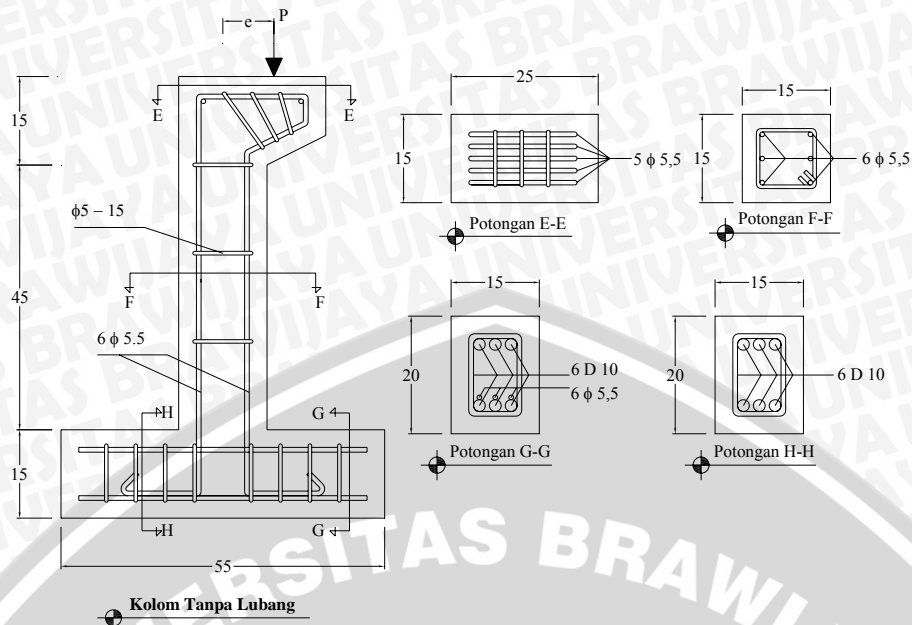
3.6 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang kami laksanakan adalah sebagai berikut :

1. Setelah perawatan selama 28 hari sejak pengecoran, pembebanan dilakukan. Kolom beton ditempatkan pada alat uji. Kemudian kolom diberi beban aksial eksentris seperti gambar dibawah ini :



(a)



(b)

Gambar 3.1 Pembebanan eksentris pada kolom; (a) Kolom dengan lubang, (b) Kolom tanpa lubang

2. Benda uji 1 dengan eksentrisitas $e = 8$ cm dibebani sampai dengan beban runtuh
3. Benda uji 2 dengan eksentrisitas $e = 10$ cm dibebani sampai dengan beban runtuh
4. Benda uji 3 dengan eksentrisitas $e = 12$ cm dibebani sampai dengan beban runtuh
5. Dilakukan pembebanan pada setiap benda uji dan catat lebar retak yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

3.7 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini antara lain:

1. Variabel bebas (*independent variable*) yaitu variabel yang perubahannya bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah eksentrisitas.
2. Variabel terikat (*dependent variable*) yaitu variabel yang tergantung pada variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah lebar retak yang terjadi pada kolom beton bertulang.

3.8 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapat dari hasil pengujian benda uji sebanyak 12 buah. Pengambilan data dilakukan melalui pengamatan dan pencatatan hasil lebar retak yang terjadi.

3.9 Analisis Data

3.9.1 *Analysis of Variance* (anova)

Hipotesis merupakan suatu pernyataan tentang probabilitas dari suatu distribusi populasi yang mungkin saja dalam pengamatan (kenyataan) dapat betul atau mungkin juga salah. Hipotesis yang diformulasikan dengan harapan ditolak maka dapat dinamakan sebagai hipotesis nol (H_0) dan sebaliknya dengan menolak H_0 berarti akan menerima suatu hipotesis alternatif (H_a) (Samsubar S, 1996: 195).

Dengan demikian, dapat dibuat hipotesis mengenai pengamatan dari penelitian tentang ada tidaknya pengaruh hubungan antara beban tekan eksentris dengan lebar retak pada kolom beton bertulang. Untuk mengetahui adanya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dilakukan pengujian hipotesis menggunakan analisis varian (anova) satu arah.

Tergolong anova satu arah lantaran didasarkan hanya pada satu kriteria yang diukur yaitu variasi yang terjadi pada kolom beton bertulang ($e = 8$ cm, 10 cm dan 12 cm) terhadap lebar retak. Tahapan dalam pengujian hipotesis menggunakan analisis varian satu arah, sebagai berikut :

1. Tentukan hipotesis

$$H_0 : \mu_A = \mu_B = \mu_C$$

$$H_a : \mu_A \neq \mu_B \neq \mu_C$$

2. Tentukan *level of significance* (α)

Nilai α yang digunakan untuk penelitian ini adalah 0,05 (5%)

3. Buat tabel penolong anova untuk kolom berlubang atau kolom tidak berlubang.

Tabel 3.2 Tabel penolong anova untuk kolom berlubang / tidak berlubang

	Nilai eksentrisitas (mm)					
	e = 80		e = 100		e = 120	
Nilai lebar retak	X_{11}	$X_{11'}$	X_{21}	$X_{21'}$	X_{31}	$X_{31'}$
	X_{12}	$X_{12'}$	X_{22}	$X_{22'}$	X_{32}	$X_{32'}$
	X_{13}	$X_{13'}$	X_{23}	$X_{23'}$	X_{33}	$X_{33'}$

	Σn_1	$\Sigma n_{1'}$	Σn_2	$\Sigma n_{2'}$	Σn_3	$\Sigma n_{3'}$
	ΣX_{1n}	$\Sigma X_{1n'}$	ΣX_{2n}	$\Sigma X_{2n'}$	ΣX_{3n}	$\Sigma X_{3n'}$
	\bar{X}_1	$\bar{X}_{1'}$	\bar{X}_2	$\bar{X}_{2'}$	\bar{X}_3	$\bar{X}_{3'}$
	s^2_1	$s^2_{1'}$	s^2_2	$s^2_{2'}$	s^2_3	$s^2_{3'}$
						ΣN
						ΣX

4. Hitung jumlah kuadrat rata-rata.

$$JK_R = \frac{(\Sigma X_1 + \Sigma X_{1'} + \Sigma X_2 + \Sigma X_{2'} + \Sigma X_3 + \Sigma X_{3'})^2}{\Sigma n_1 + \Sigma n_{1'} + \Sigma n_2 + \Sigma n_{2'} + \Sigma n_3 + \Sigma n_{3'}}$$

5. Hitung jumlah kuadrat antar kelompok.

$$JK_A = \frac{(\Sigma X_1)^2}{n_1} + \frac{(\Sigma X_{1'})^2}{n_{1'}} + \frac{(\Sigma X_2)^2}{n_2} + \frac{(\Sigma X_{2'})^2}{n_{2'}} + \frac{(\Sigma X_3)^2}{n_3} + \frac{(\Sigma X_{3'})^2}{n_{3'}} - JK_R$$

6. Hitung jumlah kuadrat dalam kelompok.

$$JK_D = \Sigma X^2 - JK_R - JK_A$$

7. Hitung derajat kebebasan rata-rata.

$$dk_{rata-rata} = 1$$

8. Hitung derajat kebebasan antar kelompok.

$$dk_A = k - 1$$

9. Hitung derajat kebebasan dalam kelompok.

$$dk_D = N - k$$

10. Hitung rata-rata jumlah kuadrat..

$$RK_{rata-rata} = \frac{JK_R}{dk_R}$$

11. Hitung rata-rata jumlah kuadrat antar kelompok.

$$RK_A = \frac{JK_A}{dk_A}$$

12. Hitung rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok.

$$RK_D = \frac{JK_D}{dk_D}$$

13. Cari F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{RK_A}{RK_D}$$

14. Cari F_{tabel}

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dkA,dkB)}$$

15. Bandingkan nilai F_{tabel} dan F_{hitung} , jika nilai $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka H_0 diterima, demikian pula sebaliknya.

3.9.2 Analisis Regresi Linear Tunggal

Untuk mengetahui hubungan antara beban tekan eksentris dengan lebar retak yang terjadi pada kolom beton bertulang penampang berlubang dan tanpa lubang maka digunakan analisis regresi linear tunggal.

Variabel yang mempengaruhi dalam analisis regresi disebut sebagai variabel prediktor dengan lambang X , sedangkan variabel yang dipengaruhi disebut variabel kriterium dengan lambang Y . Hubungan fungsional antara satu variabel prediktor dengan satu variabel kriterium disebut analisis regresi linear tunggal.

Persamaan analisis regresi:

$$\hat{Y} = a + bX \quad (3-1)$$

dengan \hat{Y} = variabel kriterium

X = variabel prediktor

a = bilangan konstan

b = koefisien arah regresi linear

Tahapan dalam pengujian hipotesis menggunakan analisis varian satu arah, sebagai berikut:

1. Buat hipotesis dalam bentuk kalimat.

H_0 : terdapat hubungan fungsional linear dan signifikan antara variabel X dan Y .

H_a : tidak terdapat hubungan fungsional linear dan signifikan antara variabel X dan Y .

2. Tulis hipotesis dalam bentuk statistik.

H_0 : $r \neq 0$

H_a : $r = 0$

3. Buat tabel penolong perhitungan untuk regresi tunggal.

Tabel 3.3 Tabel penolong perhitungan untuk regresi tunggal

No. Responden	X_i	Y_i	$X_i Y_i$	X_i^2	Y_i^2
1					
2					
.					
.					
n					
	ΣX_i	ΣY_i	$\Sigma X_i Y_i$	ΣX_i^2	ΣY_i^2

4. Hitung a dengan rumus:

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

5. Hitung b dengan rumus:

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

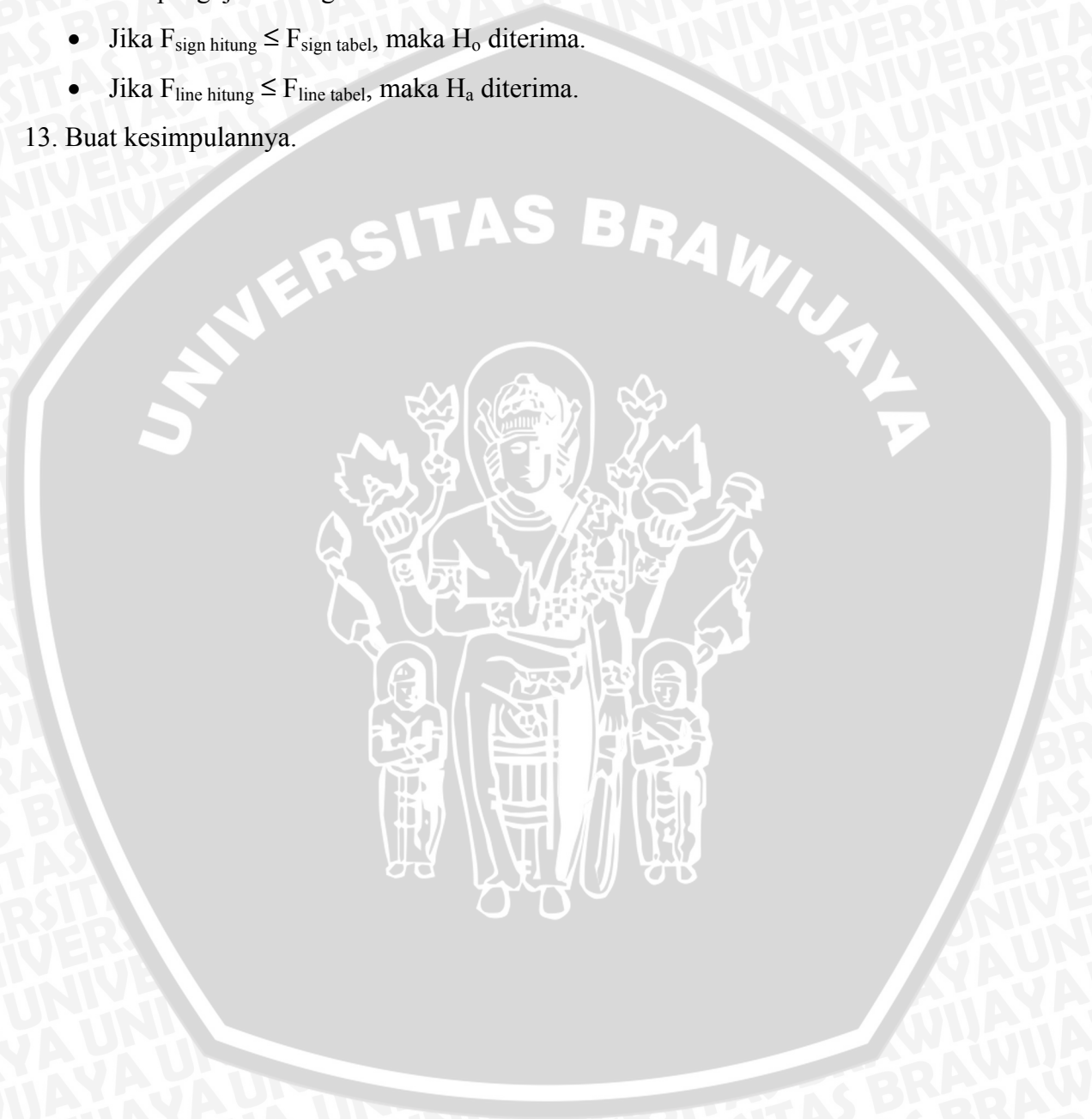
6. Masukkan nilai a dan b dalam persamaan (3-1)
 7. Ujilah signifikansi dan linearitas persamaan regresi tersebut dengan menggunakan tabel penolong yang disebut tabel *Analysis of Varians* (anova) dengan bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 3.4 Tabel *Analysis of Varians* (anova)

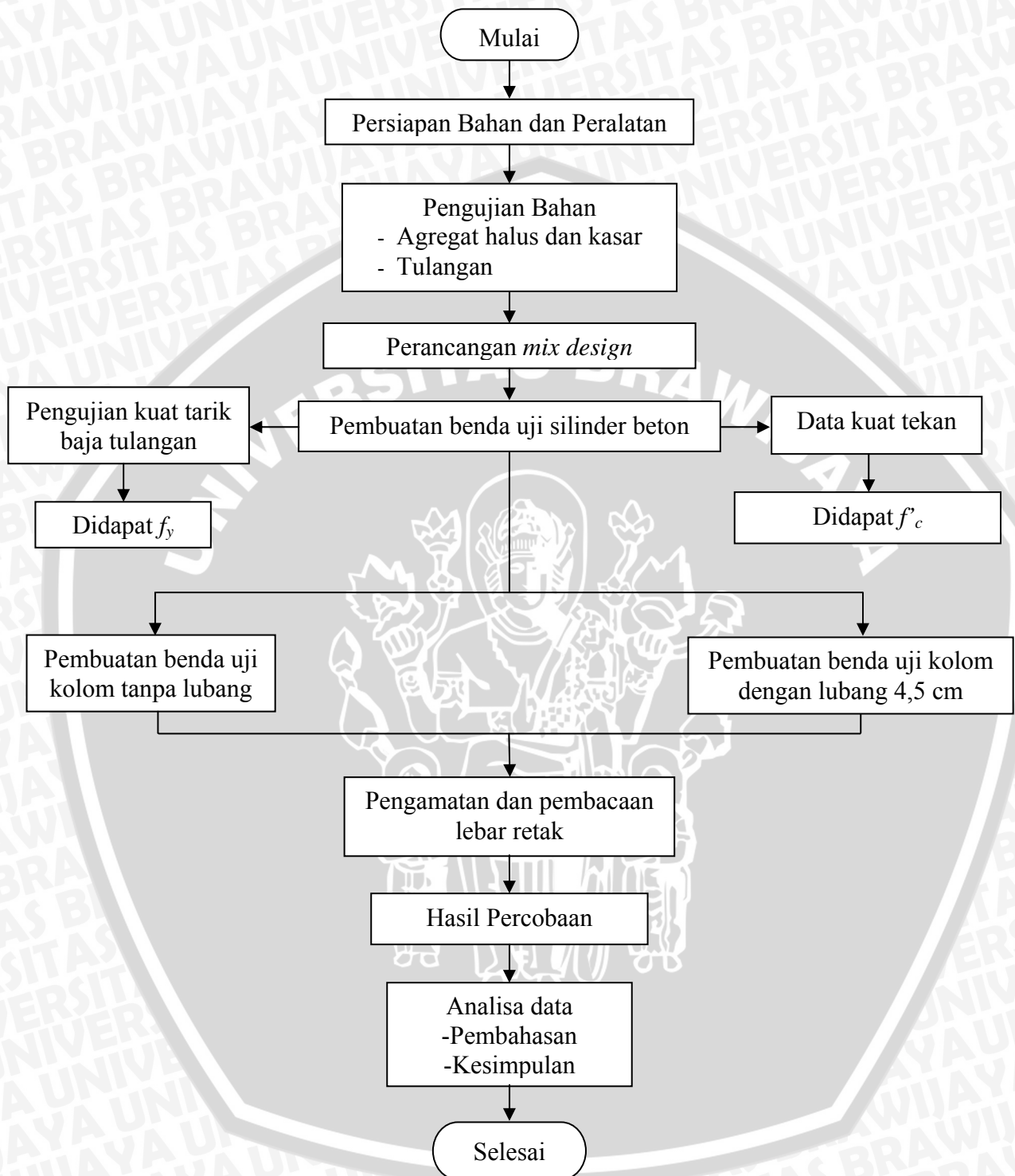
Sumber Variasi	dk	Jumlah Kuadrat (RJK)	Rata-rata Jumlah Kuadrat (RJK)	F
Total	n	$\sum Y_i^2$		
Regresi (a)	1	$JK_{(reg a)} = \frac{(\sum Y_i)^2}{n}$	$RJK_{(reg a)} = JK_{(reg a)}$	$F_{(sign)} = \frac{RJK_{(reg bla)}}{RJK_{(res)}}$
Regresi (bla)	1	$JK_{reg (bla)} = b \sum X_i Y_i - \frac{(\sum X_i)(\sum Y_i)}{n}$	$RJK_{(reg bla)} = JK_{(reg bla)}$	
Residu	n-2	$JK_{res} = \sum Y_i^2 - JK_{reg (bla)} - JK_{reg (a)}$	$RJK_{(E)} = \frac{JK_{res}}{n-2}$	
Tuna Cocok (TC)	k-2	$JK_{(TC)} = JK_{res} - JK_{(E)}$	$RJK_{(TC)} = \frac{JK_{(TC)}}{k-2}$	$F_{(line)} = \frac{RJK_{(TC)}}{RJK_{(E)}}$
Kekeliruan (E)	n-k	$JK_{(E)} = \sum_x \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}$	$RJK_{(E)} = \frac{JK_{(E)}}{n-k}$	

8. Isilah rumus-rumus yang terdapat dalam tabel 3.4 berdasarkan hasil perhitungan.
 9. Tentukan taraf signifikasinya (α).

10. Cari $F_{\text{sign tabel}}$ dengan rumus $F_{\text{sign tabel}} = F_{(1-\alpha)(dk_{\text{reg}})(b|a), dk_{\text{res}}}$ dan dengan melihat tabel F didapat nilai $F_{\text{sign tabel}}$.
11. Cari $F_{\text{line tabel}}$ dengan rumus $F_{\text{line tabel}} = F_{(1-\alpha), dk(TC), dk(E)}$ dan dengan melihat tabel F didapat nilai $F_{\text{line tabel}}$.
12. Kriteria pengujian sebagai berikut :
 - Jika $F_{\text{sign hitung}} \leq F_{\text{sign tabel}}$, maka H_0 diterima.
 - Jika $F_{\text{line hitung}} \leq F_{\text{line tabel}}$, maka H_a diterima.
13. Buat kesimpulannya.



3.10 Langkah-langkah Penelitian



BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Sifat-sifat Bahan Penyusun Kolom Beton Bertulang

Pengujian utama dari penelitian ini adalah pengujian pembebanan kolom dengan beban tekan eksentris. Beberapa pengujian lain dilakukan untuk melengkapi data yang diperlukan oleh pengujian utama, antara lain : analisa agregat halus, analisa agregat kasar, uji tarik tulangan baja, pengujian beton segar dengan slump dan uji kuat tekan beton keras dengan benda uji silinder.

4.1.1 Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Portland Cement tipe 1 produksi PT. Semen Gresik yang umum digunakan sehingga tidak dilakukan pengujian khusus terhadap semen.

4.1.2 Air

Dalam penelitian ini air yang digunakan adalah air PDAM Kodya Malang yang tersedia di laboratorium dan tidak dilakukan pengujian terhadap air.

4.1.3 Agregat Halus

Agregat halus berupa pasir alami dari daerah Malang. Dari hasil analisis ayakan didapat pasir termasuk daerah gradasi no. 2. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian Agregat Halus

Keterangan	Hasil Penelitian
Modulus halus	2.566
Berat jenis SSD	2.604
Berat isi (gr/ml)	1.441
Absorpsi (%)	1.626

Sumber : Hasil pengujian dan perhitungan

4.1.4 Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah dengan ukuran 20 mm yang berasal dari Malang. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian Agregat Kasar

Keterangan	Hasil Penelitian
Modulus halus	6.855
Berat jenis SSD	2.695
Berat isi (gr/ml)	1.653
Absorpsi (%)	1.958

Sumber : Hasil pengujian dan perhitungan

4.1.5 Baja Tulangan

Pemeriksaan tegangan leleh rata-rata baja tulangan dilakukan di laboratorium struktur Fakultas Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tegangan Leleh Baja Tulangan

Diameter Baja (mm)	No.	Tegangan (MPa)	Tegangan Rata-rata (MPa)
6	1	305,577	373,484
	2	407,437	
	3	407,437	
8	1	361,630	371,675
	2	376,698	
	3	376,698	

Sumber : Hasil pengujian dan perhitungan

4.2 Pengujian Beton Segar

Pengujian yang dilakukan pada beton segar adalah pengujian slump. Uji ini dilakukan untuk mengetahui kekentalan dan kemudahan pengerjaan campuran adukan beton. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Slump

Pengecoran	Faktor Air Semen	Slump (cm)
1	0.38	19
2	0.38	10
3	0.38	8
4	0.38	8
5	0.38	8
6	0.38	8.2
7	0.38	9
8	0.38	10

Sumber : Hasil pengujian dan perhitungan

4.3 Pengujian Beton Keras

Pada beton keras dilakukan pengujian kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No. Benda Uji	Berat (kg)	Berat Isi (kg/cm ³)	Beban Maksimum (kg)	Tegangan Benda Uji (x) (kg/cm ²)	(x - \bar{x}) ²
1	12,4	0,00234	71889,978	406,814	0,250
2	12,25	0,00231	64140,136	362,959	1879,659
3	12,75	0,00241	70564,347	399,313	49,020
4	12,7	0,00240	71686,035	405,660	0,428
5	12,5	0,00236	69238,716	391,811	210,336
6	12,8	0,00241	82800,939	468,557	3874,255
7	12,65	0,00239	74949,126	424,125	317,244
8	12,35	0,00233	75662,927	428,165	477,450
9	12,4	0,00234	60673,102	343,340	3965,779
10	14,8	0,00279	87185,718	493,370	7578,797
11	14,85	0,00280	51291,715	290,252	13470,440
12	14,65	0,00276	84432,485	477,790	5108,843
13	14,65	0,00276	77600,388	439,128	1076,786
14	14,65	0,00276	77906,302	440,859	1193,394
15	14,9	0,00281	57002,124	322,566	7013,713
Jumlah				6094,709	46216,392

$$\text{Rata-rata tegangan } (\bar{x}) = \frac{\sum x}{n} = \frac{6094,709}{15} = 406,314 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Nilai deviasi standar} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{46216,392}{15-1}} = 57,456 \text{ kg/cm}^2$$

Faktor pengali deviasi standar = 1,16 (karena benda uji berjumlah 15 buah)

Nilai tambah (M) = $K \times Sd$

Keterangan :

M = nilai tambah

K = 1,64

Sd = Standar deviasi

Sehingga nilai M didapat

$$\begin{aligned} M &= 1,64 \times 57,456 \\ &= 109,304 \end{aligned}$$

Kekuatan tekan beton rata-rata dapat dirumuskan

$$\begin{aligned} f'_c &= \text{Rata-rata tegangan} - \text{Nilai tambah} \\ &= 406,314 - 109,304 \\ &= 297,010 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4.4 Campuran Beton

Untuk mendapatkan perbandingan campuran beton digunakan teori perancangan proporsi campuran adukan beton cara Inggris "*The British Standard / Department of Environment*". Perhitungan proporsi campuran dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.5 Pengujian Kolom

Uji pembebanan dilakukan pada frame uji yang telah dipasang dongkrak yang dihubungkan dengan pompa. Kolom yang akan diuji dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu kolom tanpa lubang dengan dimensi (15 × 15 × 45) cm dan kolom berlubang dengan diameter lubang 4,5 cm dan dimensi (15 × 15 × 45) cm. Total benda uji sebanyak 12 buah, dengan macam pengujian dibedakan dalam 6 kelompok berdasarkan pada perlakuan yang berbeda. Hal ini dapat ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Pengelompokan dan perlakuan kolom

No	Perlakuan	e = 8 cm	e = 10 cm	e = 12 cm
	Kolom			
1	Tanpa lubang	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji
2	Berlubang	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji

4.6 Pengujian Hipotesis

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh beban tekan eksentris terhadap lebar retak pada kolom beton bertulang berlubang dan tanpa lubang maka dilakukan pengujian hipotesis secara statistik. Pengujian hipotesis ini menggunakan analisis ragam dengan klasifikasi satu arah.

Hipotesis yang diambil sebagai berikut :

H_0 : hipotesis awal yang menyatakan bahwa variasi eksentrisitas tidak memberikan perbedaan rata-rata yang signifikan terhadap nilai lebar retak baik pada kolom berlubang maupun yang tanpa lubang.

H_a : hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa variasi eksentrisitas memberikan perbedaan rata-rata yang signifikan terhadap nilai lebar retak baik pada kolom berlubang maupun yang tanpa lubang.

Pengujian hipotesis juga digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan nilai lebar retak pada kolom beton bertulang berlubang dan tanpa lubang dengan jarak eksentrisitas yang sama, berdasarkan data pengamatan pada masing-masing kolom yang diperoleh pada saat pengujian.

Hipotesis yang diambil sebagai berikut :

H_0 : hipotesis awal yang menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan nilai lebar retak antara kolom beton bertulang penampang berlubang dan tanpa lubang pada beban tekan dengan eksentrisitas yang sama.

H_a : hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan nilai lebar retak antara kolom beton bertulang penampang berlubang dan tanpa lubang pada beban tekan dengan eksentrisitas yang sama.

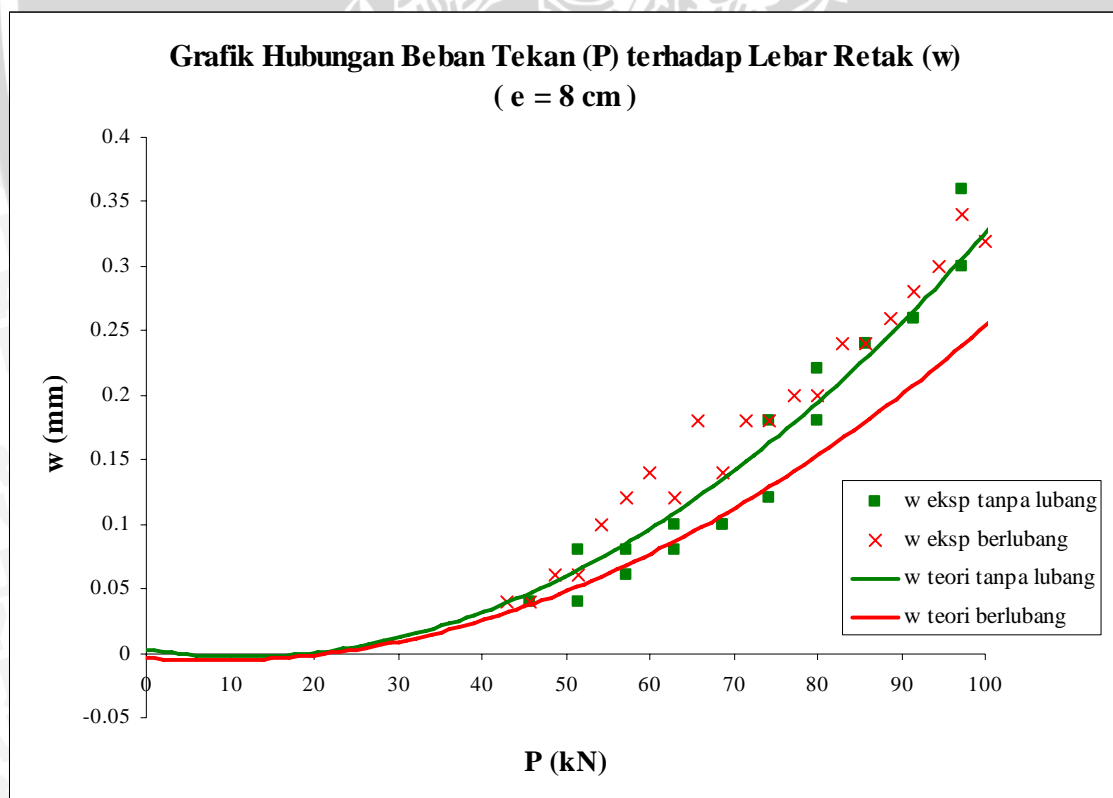
Dari analisa pada lampiran 12, didapatkan bahwa lubang sebesar 7% pada kolom beton bertulang dengan dimensi $(15 \times 15) \text{ cm}^2$ memberikan nilai lebar retak yang lebih besar dibandingkan dengan nilai lebar retak pada kolom beton bertulang tanpa lubang pada eksentrisitas yang sama. Demikian juga dengan variasi eksentrisitas juga memberikan pengaruh terhadap nilai lebar retak. Dimana semakin besar eksentrisitas yang diberikan maka nilai lebar retak yang dihasilkan semakin besar.

4.7 Pembahasan

4.7.1 Pembahasan Perbandingan Nilai Lebar Retak pada Kolom Beton Bertulang Berlubang dan Tanpa Lubang

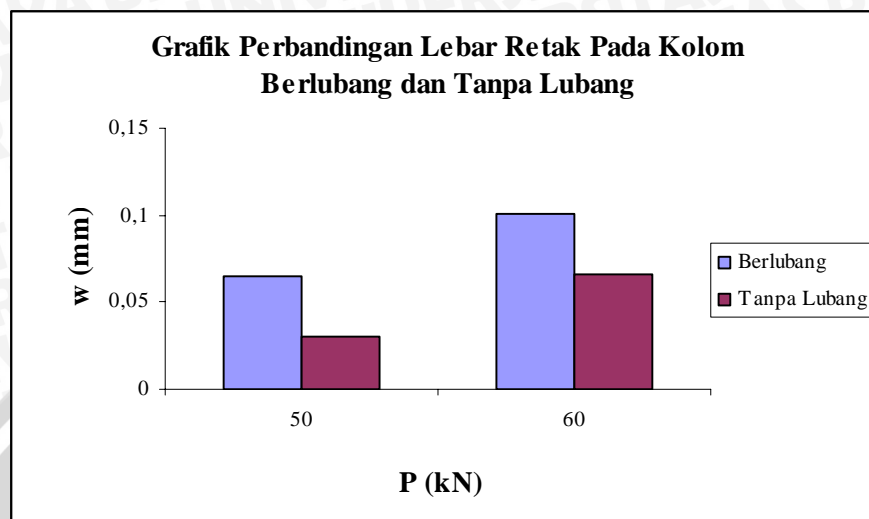
Untuk mendapatkan data awal, kolom beton bertulang baik berlubang maupun tidak berlubang diberi beban tekan dengan eksentrisitas berturut-turut sebesar 8 cm, 10 cm, dan 12 cm untuk mendapatkan nilai lebar retak. Data lebar retak diperoleh melalui dua cara yaitu dengan menggunakan *crack detector* dan dihitung dengan menggunakan tegangan tulangan tarik yang diperoleh dari pembacaan regangan tulangan tarik. Data yang diperoleh dari perhitungan menggunakan tegangan tulangan tarik kemudian digunakan sebagai teori, sedangkan data lebar retak yang diperoleh melalui pembacaan dengan *crack detector* digunakan sebagai data eksperimen. Data-data tersebut kemudian dibuat grafik untuk melihat ada tidaknya perbedaan nilai lebar retak yang dihasilkan oleh beton bertulang berlubang dan tidak berlubang.

Perbedaan nilai lebar retak pada kolom beton bertulang berlubang dan tanpa lubang dengan eksentrisitas sebesar 8 cm dapat dilihat pada gambar 4.1.



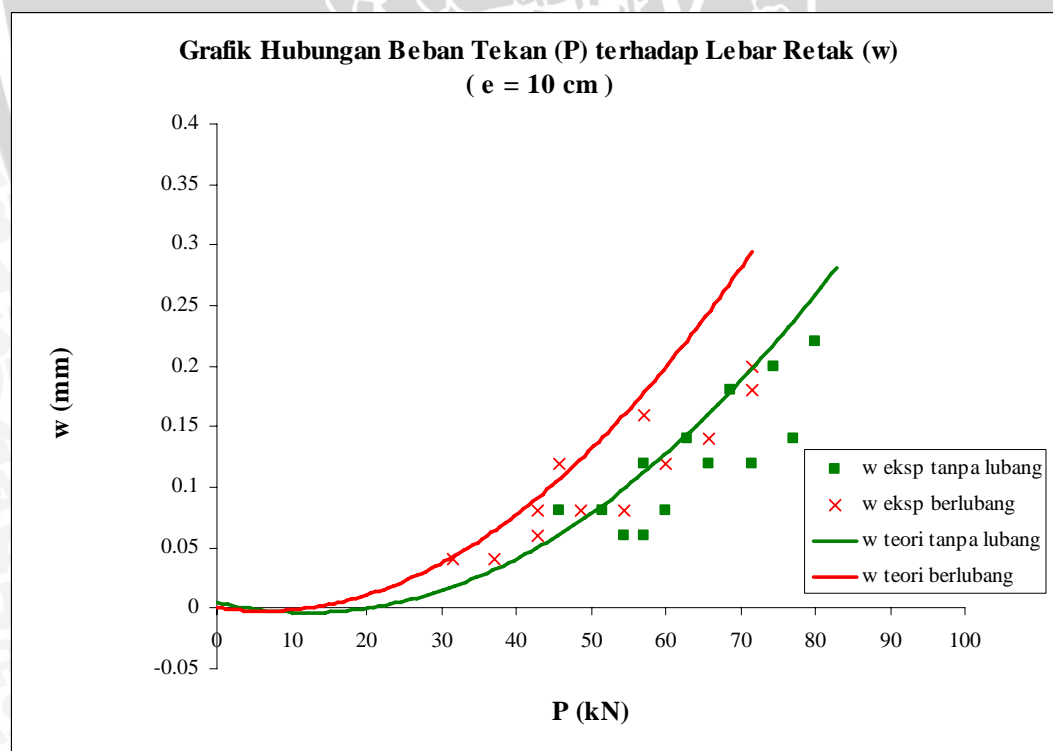
Gambar 4.1 Hubungan beban tekan dan lebar retak pada $e = 8$ cm

Dari grafik pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pada eksentrisitas 8 cm, kolom beton bertulang berlubang menghasilkan lebar retak yang lebih besar jika dibandingkan dengan lebar retak pada kolom beton bertulang tanpa lubang.



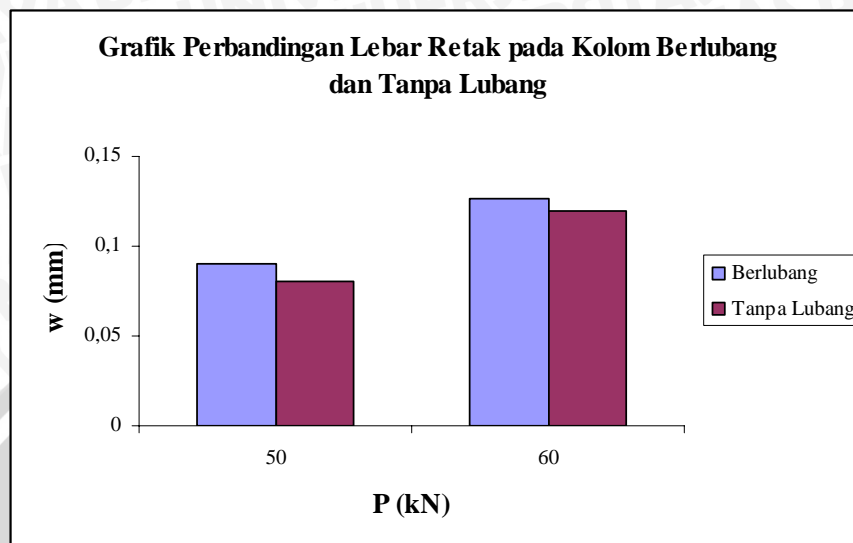
Gambar 4.2 Perbandingan lebar retak pada kolom berlubang dan tanpa lubang pada $e = 8$ cm

Hal tersebut juga terjadi pada eksentrisitas 10 cm, dimana lebar retak yang terjadi pada kolom beton bertulang berlubang lebih besar jika dibandingkan dengan lebar retak pada kolom yang tanpa lubang.



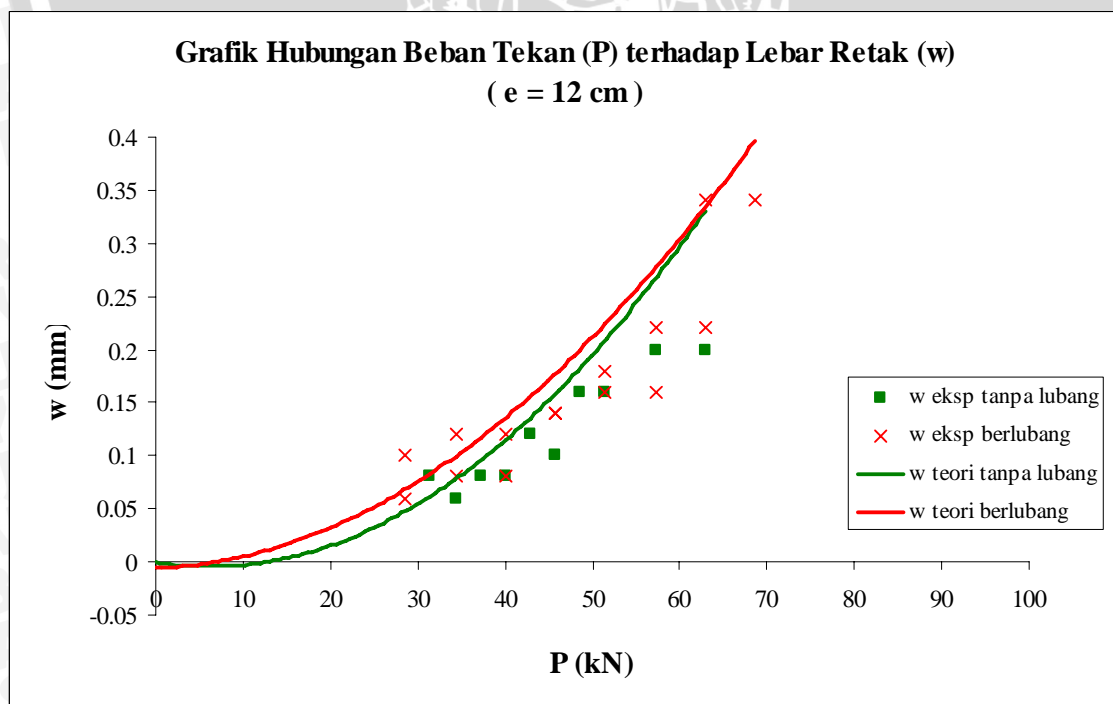
Gambar 4.3 Hubungan beban tekan dan lebar retak pada $e = 10$ cm

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.4. Dari gambar dapat diketahui bahwa pada nilai beban tekan yang sama terjadi perbedaan nilai lebar retak yang terjadi antara kolom berlubang dan tanpa lubang.



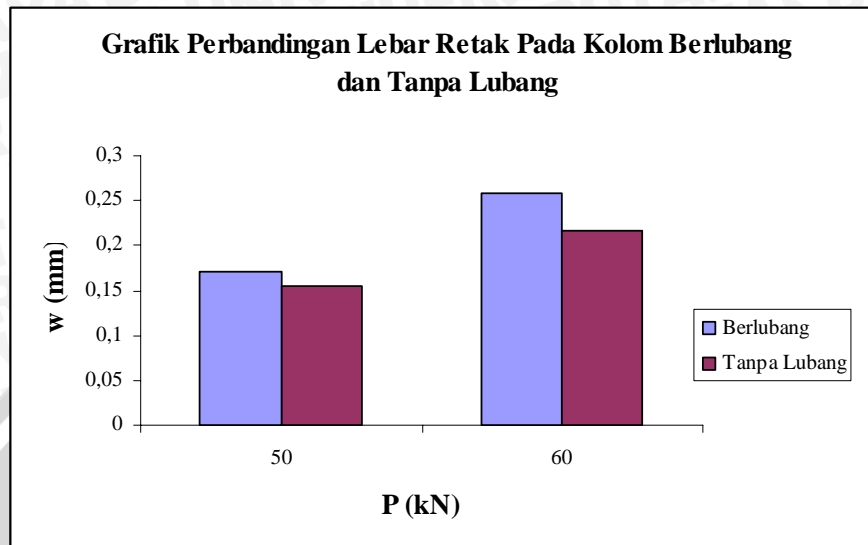
Gambar 4.4 Perbandingan lebar retak pada kolom berlubang dan tanpa lubang pada $e = 10$ cm

Pada gambar 4.5 ditampilkan hubungan antara beban tekan dan lebar retak pada eksentrisitas 12 cm. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa lebar retak yang terjadi pada kolom beton bertulang berlubang lebih besar jika dibandingkan dengan lebar retak pada kolom yang tanpa lubang.



Gambar 4.5 Hubungan beban tekan dan lebar retak pada $e = 12$ cm

Perbandingannya dapat dilihat pada gambar 4.6, dimana lebar retak retak yang terjadi pada kolom berlubang lebih besar jika dibandingkan dengan lebar retak pada kolom tanpa lubang.



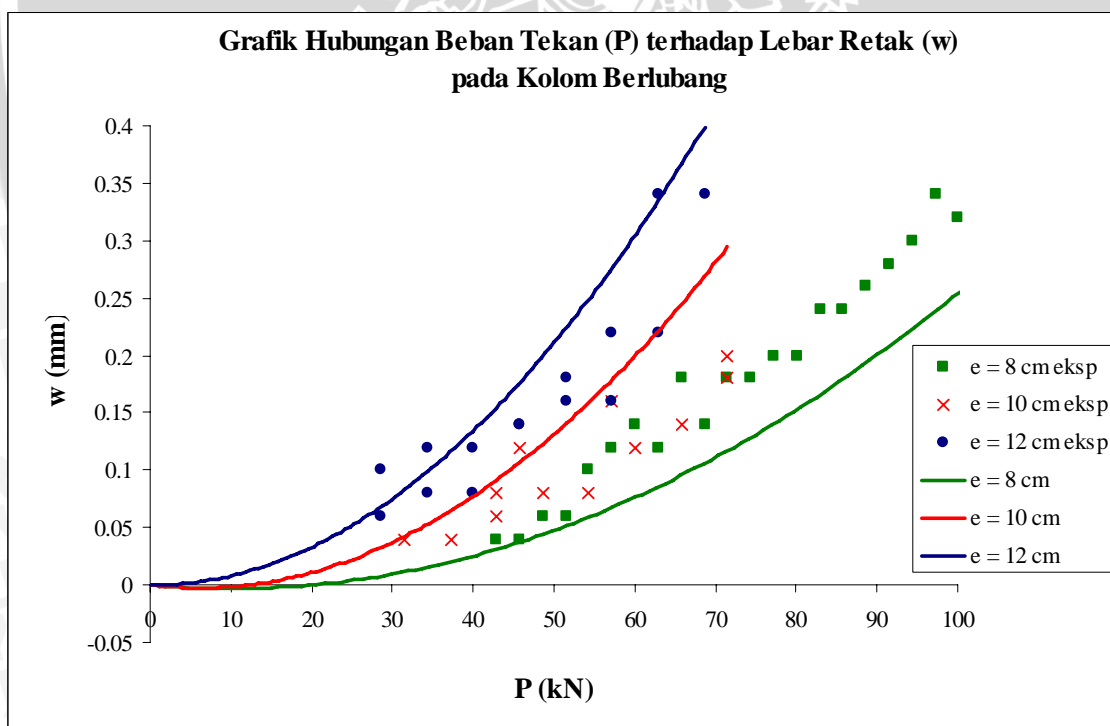
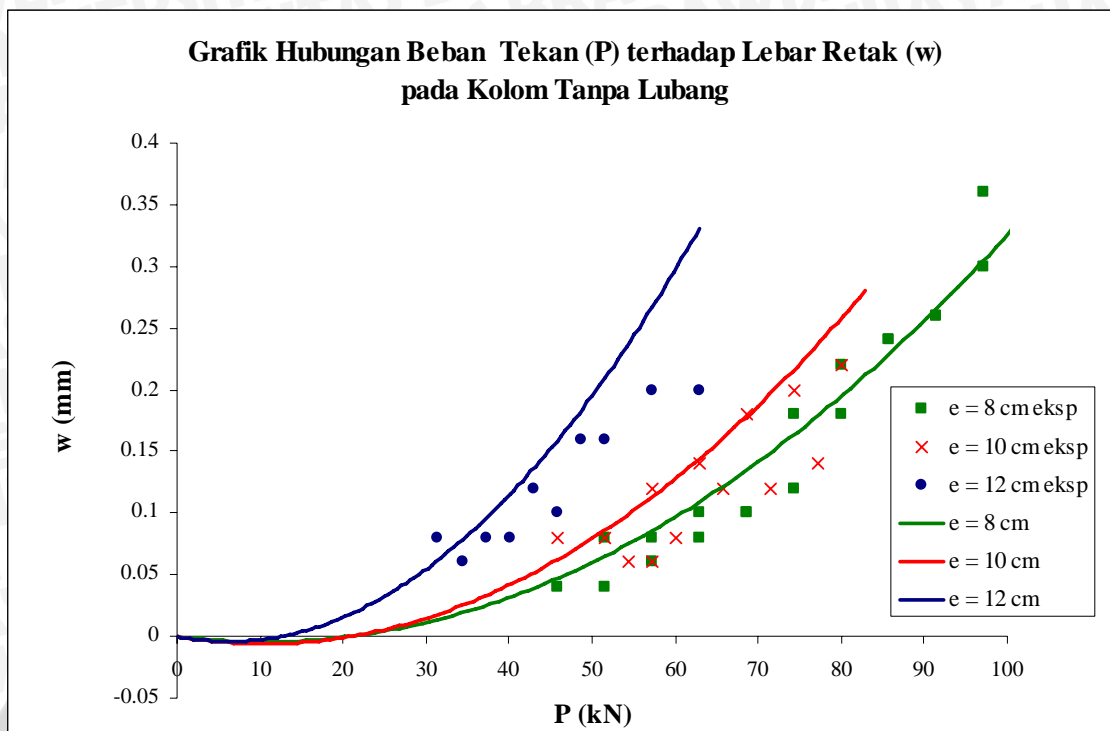
Gambar 4.6 Perbandingan lebar retak pada kolom berlubang dan tanpa lubang pada $e = 12$ cm

Perbedaan nilai lebar retak pada kolom berlubang dan tanpa lubang terjadi karena adanya pengurangan luas akibat adanya lubang sebesar 7% dari luas total penampang kolom. Dari semua grafik yang ada dapat diketahui bahwa dengan bertambah besarnya beban tekan eksentris disertai pula dengan bertambah besarnya nilai lebar retak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa beban tekan eksentris memiliki hubungan yang linier dengan lebar retak.

4.7.2 Pembahasan Pengaruh Eksentrisitas terhadap Nilai Lebar Retak pada Kolom Beton Bertulang Berlubang dan Tanpa Lubang

Pembebanan tekan pada kolom beton bertulang berlubang dan tanpa lubang dengan variasi eksentrisitas diberikan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari eksentrisitas yang berbeda-beda terhadap nilai lebar retak yang dihasilkan.

Pada gambar 4.7 digambarkan hubungan beban tekan dan lebar retak pada 3 nilai eksentrisitas yakni 8 cm, 10 cm, dan 12 cm yang terjadi pada kolom beton bertulang tanpa lubang. Dari gambar 4.7 tersebut dapat dilihat bahwa pada $e = 8$ cm, lebar retak yang terjadi adalah paling kecil, kemudian secara berturut-turut $e = 10$ cm dan $e = 12$ cm memiliki lebar retak yang lebih besar.



Gambar 4.8 Hubungan beban tekan dan lebar retak pada kolom beton bertulang berlubang pada eksentrisitas yang berbeda

Dari gambar 4.8 diketahui bahwa pada kolom beton bertulang berlubang nilai lebar retak yang paling kecil diperoleh pada saat pembebanan pada $e = 8$ cm, kemudian berturut-turut di atasnya yang menghasilkan lebar retak lebih besar adalah $e = 10$ cm dan $e = 12$ cm.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemberian lubang sebesar 7% dari penampang kolom memberikan pengaruh terhadap lebar retak yang terjadi. Kolom berlubang mengalami lebar retak yang lebih besar jika dibandingkan dengan lebar retak pada kolom tanpa lubang, hal ini terjadi pada semua kondisi beban tekan eksentrisitas 8 cm, 10 cm maupun 12 cm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dengan adanya lubang, lebar retak yang terjadi lebih besar, diakibatkan adanya pengurangan luas penampang kolom.
2. Penambahan eksentrisitas beban memberikan pengaruh terhadap lebar retak. Semakin besar eksentrisitas yang diberikan, lebar retak yang terjadi semakin besar. Hal ini terjadi pada kolom tanpa lubang maupun kolom penampang berlubang.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Usahakan panjang konsol lebih panjang daripada eksentrisitas terjauh dengan memberikan jarak overlap minimal 5 cm dari titik eksentrisitas terjauh.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memberikan variasi dan perilaku yang berbeda, seperti variasi lubang, tipe keruntuhan, jenis kolom, kondisi tumpuan dan sebagainya untuk menambah keilmuan dan wawasan.
3. Penempatan strain gauge harus tepat berada pada daerah yang diperkirakan akan putus atau mengalami momen terbesar, sehingga pengamatan yang dilakukan lebih teliti.
4. Dongkrak yang digunakan sebaiknya tidak mengalami kebocoran, hal ini dikarenakan agar pada saat dilakukan pembacaan beban yang diberikan dapat selalu konstan sesuai dengan interval pembacaan proving ring.
5. Setelah pengujian sebaiknya benda uji dibongkar untuk mengetahui penyebaran agregat di dalamnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Binsar Hariandja, Charles G. Salmon, Chu Kia Wang. 1994. *Desain Beton Bertulang, Jilid 1*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Standard Nasional Indonesia (SK SNI 03 – 2847 - 2002) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gideon Kusuma, P. Kole, R. Sagel. 1993. *Dasar –Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Seri 1*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar*. Bandung : PT. Eresco.
- Saleh, Samsubar. 1996. *Statistik Induktif*. Yogyakarta: UPP AMP YKPN.
- Usman, Husnaini, MPd dan R. Purnomo Setiady Akbar, S.Pd MPd. *Pengantar Statistika*. 2003. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Winter, George dan Arthur H. Nilson. 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

