



YAYASAN KESEJAHTERAAN PENDIDIKAN DAN PERUMAHAN  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT



# Sertifikat

Diberikan kepada :

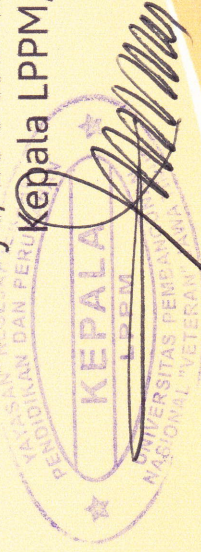
**SAFRIN ZURAI DAH, ST, MT.**

Atas peran serta sebagai :

**PEMAKALAH**

**SEMINAR NASIONAL DALAM RANGKA KEGIATAN RESEARCH MONTH TAHUN 2013  
DENGAN TEMA "PENGELOLAAN HASIL LUARAN PENELITIAN DALAM Mendukung DUNIA INDUSTRI"  
YANG DI LAKSANAKAN PADA TANGGAL 10-11 DESEMBER 2013  
DI UPN "VETERAN" JAWA TIMUR**

Surabaya, 11 Desember 2013  
Kepala LPPM,



**Prof. Dr. Ir. H. Akhmad Fauzi, MMT**  
NIP. 19651109 199103 1002

Zafrin Zuraidah, ST.,MT

**PROSIDING**

**SEMINAR NASIONAL**

ISBN 978-602-9372-63-2

Surabaya, 10 - 11 Desember 2013

Di Selenggarakan oleh LPPM UPN "Veteran" Jawa Timur

**PENGEMBANGAN LUARAN PENELITIAN  
MENDUKUNG DUNIA INDUSTRI**



**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR**

Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya  
Telp./Fax. 031-8781400, Email : [lppm\\_upn@yahoo.com](mailto:lppm_upn@yahoo.com)



SEMINAR HASIL PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT YANG DIDANAI  
DP2M DIKTI, RISTEK, KKP3T, KPDT, PEMDA DAN UPNVJ TAHUN 2013

Surabaya, 10 – 11 Desember 2013

Diselenggarakan Oleh LPPM – UPN “Veteran” Jawa Timur

- 74 **Produksi Bio-Etanol Dari Menir Dan Onggok Limbah Tapioka** ..... (1-20) Teknik 151  
Oleh : Edi Mulyadi, Soemargono Dan Rudy Laksmono
- 83 **Pemberdayaan Masyarakat Untuk Meningkatkan Kualitas Lingkungan Dengan Pembuatan Sumur Resapan Biopori** ..... (1-21) Teknik 161  
Oleh : Minto Basuki, Syamsuri, Sukendro Broto S
- 94 **Model Tulangan Geser Kolom Berongga Untuk Memikul Beban Tekan** ..... (1-22) Teknik 168  
Oleh : Safrin Zuraidah, Ikhsan, K Budihastono
- 105 **Pembuatan Imunostimulan Dari Protein Membran Immunogenik *Zoothamnium Penei* Untuk Penanggulangan Zoothamniosis Pada Usaha Glondongan Vannamei** ..... (1-23) Teknik 177  
Oleh : Didik Budiyanto, Harijanto, Dwirini Kartikasari
- 112 **Pemanfaatan Biji Lamtoro Gung-Angkak Untuk Pembuatan Kecap Manis Dan Dampaknya Pada Aktivitas Antioksidan Dan Profil Lipid Tikus Wistar Jantan** ..... (1-24) Teknik 182  
Oleh : Dedin F.Rosida,, Hapsari N, Djajati S
- 120 **Efektivitas Metode Pemisahan Terhadap Rendemen Konsentrat Protein Lamtoro Gung (*Leucaena Eucocephala*)** ..... (1-25) Teknik 197  
*(Effectiveness Of Separation Methods On The Yield Of Protein Concentrate Of Lamtoro Gung (Leucaena Eucocephala))*  
Oleh : Dedin F.Rosida, Sudiarto, Hapsari N

## Model Tulangan Geser Kolom Berongga Untuk Memikul Beban Tekan

Safrin Zuraidah

Ikhsan

K Budihastono

Email : [safrini@yahoo.com](mailto:safrini@yahoo.com)

### ABSTRAK

Menurut 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. Menurut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dengan perbandingan 4,5% luas penampang yang melebihi ketentuan dari SNI maka pengaruh lubang perlu diperhitungkan terhadap kekuatannya yang akan menyebabkan penurunan kekuatan dari beton tersebut. Dalam penelitian ini menggunakan kolom berongga 4,5% luas penampang dengan menambah sengkang dan tulangan memanjang guna meningkatkan kekuatan tekan kolom struktur dengan model sengkang rektanguler/ persegi dan spiral untuk memikul beban maksimum. Ukuran benda uji kolom 200x200x600 mm, jumlah benda uji 6 buah kolom berongga, 6 buah kolom pejal, pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada perhitungan teoritis kuat tekan kolom beton berongga dengan sengkang *spiral* lebih besar 3,03% di

dengan sengkang spiral lebih besar 7,94% dibandingkan dengan sengkang rektanguler. Sedangkan kebutuhan tulangan geser (sengkang) lebih ekonomis 8% dibandingkan model *rectangular*.

hitungannya menunjukkan pemakaian tulangan sengkang model *Spiral* mempunyai luas tulangan 6.3 % dibandingkan *Rectangular*. Sedangkan kebutuhan tulangan geser (sengkang) lebih ekonomis 8% dibandingkan model *rectangular*.

**Keyword** : kolom, sengkang, *spiral*, *rectangular*, kuat tekan

### PENDAHULUAN

Pada saat ini pelaku jasa konstruksi membangun properti tidak hanya mengutamakan juga mengutamakan nilai-nilai estetika atau keindahan, dalam pelaksanaan di lapangan banyak saluran air dalam suatu pembangunan gedung maupun bangunan struktur lainnya yang terpasang ditempatnya, sehingga hal tersebut dapat mengurangi nilai-nilai estetika pada bangunan. Untuk menghindari hal tersebut dengan cara memasukkan pipa-pipa tersebut kedalam beton, sehingga berongga/berlubang pada bagian tengahnya untuk memasang instalasi air, baik air kotor maupun instalasi listrik dan sebagainya. Pada SNI 03 – 2847 – 2002 menyatakan bahwa saluran dan kaitnya, yang ditanam pada kolom tidak boleh menempati lebih dari 4% luas penampang yang diperlukan untuk kekuatan atau untuk perlindungan terhadap kebakaran. Menurut penelitian sebelumnya dengan perbandingan 4,5% luas penampang yang melebihi ketentuan dari SNI maka pengaruh lubang perlu diperhitungkan terhadap kekuatannya yang akan menyebabkan penurunan kekuatan dari beton tersebut, yang pada kenyataannya kekuatan yang lebih untuk menerima gaya tekan namun lemah untuk menerima gaya tarik. Untuk mengatasi kelemahan dari sifat beton, maka perlu adanya penambahan rangkaian tulangan di dalam beton. Dalam penelitian ini dilakukan dengan membuat kolom pendek dan balok beton bertulang dengan menggunakan tulangan geser yaitu model sengkang *rectangular* dan *spiral*.

### II. TINJAUAN PUSTAKA

Beton berongga adalah beton yang potongan penampang melintang pada benda uji berbentuk tulangan atau kolom pendek dengan tulangan terdapat rongga/ lobang pipa di dalamnya untuk pemasangan instalasi listrik atau air. Beton untuk mencapai kuat tekan perlu diperhatikan kepadatan dan massanya, umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatannya (daya tahan



penurunan mutu dan akibat pengaruh cuaca). Untuk itu diperlukan susunan gradasi butiran yang baik. Nilai kuat tekan beton yang dicapai ditentukan oleh mutu bahan agregat ini.

**Penelitian sejenis yang pernah dilakukan, Renaningsih “ 2006 “Anlisis Penampang Kolom Beton Bertulang Persegi Berlubang Menggunakan PCA COL “** Yang menghasilkan Luas conduit yang melebihi persyaratan SNI 03-2847-2002, yaitu 7%, apabila penampang kolom berada di daerah keruntuhan tarik (*tension failure*) tidak menyebabkan penurunan kekuatannya dalam memikul beban, Luas conduit yang melebihi persyaratan SNI 03-2847-2002, yaitu 7%, apabila penampang kolom berada di daerah keruntuhan tekan (*compression failure*) akan menyebabkan penurunan momen kapasitas kolom sampai dengan 10,52%.

**Iham Wijaya “ 2007” Pengaruh Variasi Lubang Pada Kolom Pendek Beton Bertulang Terhadap Kapasitas Tekan”** Yang Menghasilkan kuat tekan beton pada lubang 4 % dari luas penampang kolom menurun sampai 20,44%.

**Ahmad Nirwan “ 2008 ”Perbandingan Kuat Lentur Balok Berpenampang Persegi Dengan Balok Berpenampang I “** Yang menghasilkan Apabila dibandingkan kapasitas lentur antara balok berpenampang persegi dengan balok berpenampang I didapatkan nilai sebesar 1,055 yang secara teoritis kedua balok tersebut tidak berbeda dengan yakni dengan kapasitas lentur sebesar 15,951 KNm. Apabila kapasitas lentur praktek dibandingkan dengan teori pada balok persegi didapatkan nilai sebesar 1,809 sedangkan balok I didapatkan nilai sebesar 1,570.

**Wiku A.K dkk,2010,“ Perilaku Geser pada Keadaan Layan dan Batas Balok beton bertulang Memanjang”**, menyatakan kapasitas geser balok uji hasil eksperimen mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan hasil perhitungan teoritis berdasarkan

**Wawan Sudarsana “ 2011 ”Perilaku Silinder Beton Berongga Yang Dikekang Dengan Tulangan Spiral “** Yang menghasilkan \* Silinder beton berongga yang dikekang dengan tulangan spiral cenderung lebih getas dibandingkan dengan silinder masip yang dikekang dengan tulangan spiral, adanya peningkatan kekuatan desak karena adanya pengekangan dengan tulangan spiral, walaupun peningkatan itu hanya berkisar antara 8-15% pada keruntuhan silinder berongga yang dikekang sama seperti pola keruntuhan silinder masip yang dikekang.

#### Tulangan

Didalam perencanaan beton bertulang khususnya balok dan kolom tentunya kita mengenal tulangan. Tulangan keduanya mempunyai kegunaan masing-masing. Seperti yang diketahui bahwa sifat beton adalah kuat terhadap gaya tekan dan lemah terhadap gaya tarik. Sedangkan tulangan baja sebaliknya, dimana kuat terhadap gaya tarik dan lemah terhadap gaya tekan. Maka tulangan baja pun sangat di butuhkan dalam percampuran beton. Yang biasa di gunakan beton bertulang.

Maka dengan adanya teori beton kuat menahan gaya tekan maka peneliti ingin mengetahui seberapa kuat beton jika di dalamnya diberikan rongga, dengan pengujian menggunakan kolom pendek dengan membandingkan kuat tekan benda uji yang sebenarnya dengan model sengkang rectanguler dan spiral.

#### Perbedaan kolom dengan sengkang *rectanguler* dan *spiral*

Tulangan Sengkang pada kolom berfungsi mencegah tulangan longitudinal menekuk keluar dan menahan desakan lateral beton inti akibat menerima beban aksial. Pada kolom sengkang persegi, (Gambar. Tulangan sengkang mempunyai jarak tertentu yang berarti juga merupakan jarak sokongan tulangan longitudinal, apabila kolom persegi diberi beban aksial sampai runtuh, mula – mula beton pembungkus (beton sengkang) akan retak dan seteah itu tulangan longitudinal akan menekuk keluar karena beton pembungkus (yang berfungsi sebagai sokong lateral) sudah hancur, tulangan sengkang juga akan bengkok karena beton mengalami ekspansi keluar akibat beban aksial, yang pada akhirnya akan menyebabkan runtuhnya, kajadian ini seringkali terjadi tiba – tiba pada struktur kolom persegi. Sedangkan apabila kolom bertulangan geser bentuk spiral di beri beban aksial sampai runtuh, perilaku keruntuhan berbeda dengan keruntuhan geser bentuk persegi dan relatif lebih baik. Ketika beton pembungkus mulai retak. Kolom tidak runtuh tiba – tiba, karena kekuatan beton inti masih bisa memberikan kontribusi menahan beban akiabat tulangan spiral seperti (gambar 2) yang selanjutnya kolom akan terdeformasi lebih lanjut sampai tulangan longitudinal leleh dan kolom runtuh. Retak pada pembungkus beton sebagai peringatan akan terjadi runtuhnya kolom apabila beban terus bertambah, walaupun beton inti masih dapat sedikit memikul beban lagi



sampai akhir runtuh. Hal ini menjadikan kolom dengan tulangan geser bentuk spiral lebih daktil (runtuh bertahap) dibandingkan kolom dengan tulangan geser bentuk persegi. (Gambar .3)

Perilaku keruntuhan pada kolom dengan tulangan geser bentuk persegi dan spiral diatas di (gambar 2) pada diagram beban – lendutan akibat aksial, pada mulanya, kedua kurva sama. Ketika beban terus meningkat sampai maksimum, kolom persegi akan runtuh tiba – tiba dan kolom spiral akan mengalami keruntuhan bertahap

$$P_s = 0,85 \cdot f_c (A_s - A_c) \dots\dots\dots(1) \dots\dots (2.1)$$

Keterangan :  $A_g$  = luas penampang beton,  $A_c$  = luas beton inti

Kekuatan tulangan spiral adalah

$$T_s = 2 \cdot \rho_s \cdot A_c \cdot F_y \dots\dots\dots(2) \dots\dots (2.2)$$

Keterangan :  $\rho_s$  = persentasi tulangan spiral

Persentase tulangan spiral minimum adalah (ACI 10 – 6)

$$\rho_s = 0,45 \left[ \frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \frac{f_c'}{f_y} \dots\dots\dots(3) \dots\dots (2.3)$$

$$\rho_s = \frac{A_{sp}}{A_c} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

$D_c$  = diameter dari inti diameter luar spiral,  $A_s$  = luas penampang tulangan spiral dan  
 $d_b$  = diameter tulangan spiral.

Tegangan yang terjadi pada kolom terdiri dari tegangan beton dan baja. Dimana tegangan terjadi ( $P_o$ ) adalah penjumlahan dari gaya yang terjadi pada beton dan baja  $P_c = f_c A_c$  dan  $P_s = T_s$  akan hancur apabila beban aksial mencapai beban maksimum, kapasitas meksimum suatu kolom menerima beban adalah

$$P_o = 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \dots\dots\dots(5)$$

Apabila momen yang terjadi sangat kecil atau diabaikan, sehingga kondisi batas eksentrisitas  $e < 0,1h$  untuk kolom persegi  $0,05h$  untuk kolom spiral maka, kuat tekan rencana kolom tidak akan tercapai (SNI. 12. 3 – 5).

a. untuk kolom dengan tulangan sengkang spiral

$$P_n (max) = 0,85 P_o \dots\dots\dots(6)$$

b. untuk kolom dengan tulangan sengkang ikat

$$P_n (max) = 0,80 P_o \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

$P_n (max)$  = kekuatan nominal maksimum suatu penampang kolom

### Uji Kuat Tekan

Tujuan dari pengujian kuat tekan silinder adalah untuk mengetahui mutu dari beton yang dilakukan dengan cara memberikan gaya tekan aksial terhadap benda uji silinder dengan pembebanan yang ditentukan sampai benda uji mengalami keruntuhan. Besarnya kuat tekan beton dapat ditentukan dengan membagi beban maksimum pada saat benda uji hancur dengan luas penampang persegi dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) kapasitas 100 ton Merk Tokyo Testing Machine 200.

Benda uji akan dibebani sampai hancur dengan kecepatan pembebanan rata-rata 0.14 s/d 0.34 MPa/dt. Sesuai ASTM C39-94.

Kuat tekan beton dihitung dengan persamaan :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

$f_c'$  = Kuat tekan beton (Mpa)

P = Beban maksimum (KN)

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



daktail (runtuh

as di (gambar 2)  
terus meningkat  
lami keruntuhan

Dari hasil kuat tekan masing-masing benda uji akan dihitung kuat tekan beton rata-rata. Benda uji kolom yang digunakan adalah: 12 benda uji, yaitu masing – masing menggunakan 3 buah dengan sengkang rectanguler dan 3 buah dengan sengkang spiral dengan dimensi 20/20 panjang 60 cm untuk pengujian umur 28 hari.

### METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini yang merupakan variabel terukur :

- a. Variabel bebas : Model sengkang : *rectanguler, spiral.*
- b. Variabel tak bebas : Kuat tekan untuk kolom pejal dan berongga

#### Benda uji kolom berongga

Untuk proses pengecoran beton pada benda uji kolom struktur beton berongga pertama kita harus menghitung berapa besar diameter rongga yang direncanakan, dalam percobaan penelitian yang dilakukan dengan hasil penelitian sebelumnya maka diameter rongga di tetapkan 4,5% dari luas penampang kolom, yang di rumuskan sebagai berikut :

$$P \cdot L = X \dots\dots\dots(\text{pers 1})$$

$$P = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots(\text{pers 2})$$

$$\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L = X \dots\dots\dots(\text{pers 3})$$

total beban yang  
Ps = fy As. Beton  
ritis kolom dapat

e lebih kecil dari  
oleh melebihi dari

Setelah di ketahui dimeter rongga yang di butuhkan maka kita menggunakan pipa PVC sebagai pengganti rongga dengan diameter sesuai dengan perhitungan, dalam proses pengecoran beton pipa PVC dan rangkaian besi dimasukkan bersamaan usahakan pipa dan rangkaian besi dalam kondisi tegak lurus supaya mendapatkan hasil maksimal pada saat pengujian beton. Pada saat penuangan adonan beton kedalam bekisting harus dirojok beton dan pukuk – pukuk permukaan papan bekisting yang bertujuan agar beton padat dan mendapatkan hasil beton yang baik dan mulus.

#### Penelitian tekan kolom

Tujuan pengtesan kuat tekan adalah untuk mengetahui kekuatan tekan beton yang terjadi pada umur 28 hari. Jumlah benda uji untuk masing percobaan adalah 8 buah benda uji silinder diantaranya 6 benda uji tulangan geser spiral dan 6 benda uji tulangan geser Rectangular. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian Beton FTSP ITS Surabaya. Dalam hal ini benda uji berbentuk Balok dengan ukuran 20x20x60 cm tulangan utama Ø8, dan tulangan geser Ø6.

### HASIL PENELITIAN dan ANALISA

#### Pengujian Kolom

##### Perhitungan teoritis Kolom berongga

- $f_c = 25,48 \text{ Mpa}$  ;  $f_y = 240 \text{ Mpa}$
- $b = 200 \text{ mm}$  ;  $h = 200 \text{ mm}$
- $d_{geser} = 50 \text{ mm}$  ;  $L = 600 \text{ mm}$
- $\rho = 0,85$  ;  $\phi = 0,65$
- $d_{tulangan} = 8 \text{ mm}$  ; Tulangan geser = 6 mm
- $d = h - \text{deking} - \text{Øgeser} - \frac{1}{2} \cdot \text{ØLong}$
- $= 200 - 50 - 6 - \frac{1}{2} \cdot 8 \text{ mm} = 140 \text{ mm}$
- $A_{geser} = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 200,96 \text{ mm}^2$  (Luas tulangan longitudinal)
- $A_{geser} = b \cdot h = 200 \cdot 200 = 40.000 \text{ mm}^2$

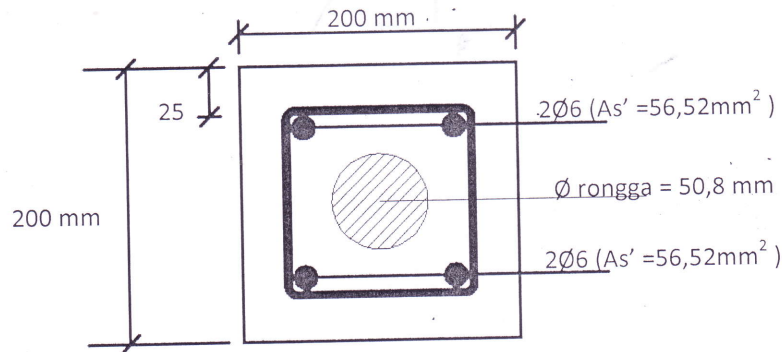
tersebut. Pengujian peningkatan beban dihitung dengan cara menggunakan RAT -200.

34 MPa/dt. Sesuai

i



$$\text{Luas Diameter Rongga} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 50,8^2 = 2.025,8 \text{ mm}^2$$



a. Kolom berongga *rectangular*

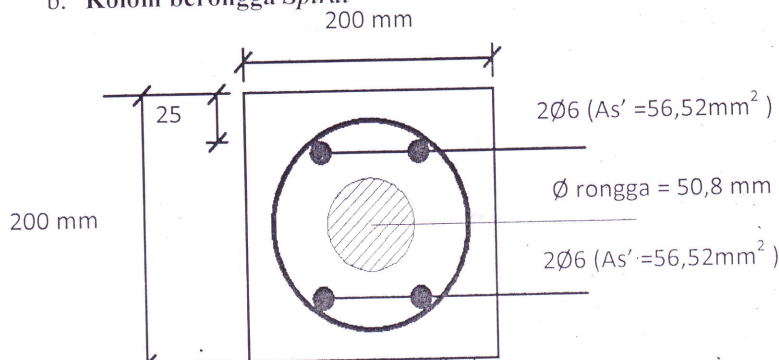
Rumus :

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \\ \phi P_{n \max} &= 0,80 \cdot \phi \cdot P_o \\ P_{n \max} &= 0,80 \cdot P_o \\ P_{n \max} &= 0,80 \cdot [0,85f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ P_{n \max} &= 0,80 \cdot [0,85f'c (A_g - \text{luas rongga} - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ &= 0,80 \cdot [0,85 \cdot 25,48 \cdot (40.000 - 2.025,80 - 2 \cdot 200,96) + 240 \cdot 200,96] \\ &= 0,80 \cdot [0,85 \cdot 25,48 \cdot 37.572,28 + 48230,4] \\ &= 0,8 \cdot [813.740,440 + 48230,4] \\ &= 0,8 \cdot 861.970,84 \text{ N} = 689.576,672 \text{ n} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_U &= 1,2 \times P_n \\ &= 1,2 \times 689.576,672 \text{ N} \\ &= 827.492,006 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi kuat tekan aksial maksimum teoritis adalah  $= 827.492,006 \text{ N}$

b. Kolom berongga *Spiral*



$$\begin{aligned} P_o &= 0,85f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \\ \phi P_{n \max} &= 0,85 \cdot \phi \cdot P_o \\ P_{n \max} &= 0,85 \cdot P_o \\ P_{n \max} &= 0,85 \cdot [0,85f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ P_{n \max} &= 0,85 \cdot [0,85f'c (A_g - \text{luas rongga} - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ &= 0,85 \cdot [0,85 \cdot 25,48 \cdot (40.000 - 2.025,80 - 2 \cdot 200,96) + 240 \cdot 200,96] \\ &= 0,85 \cdot [0,85 \cdot 25,48 \cdot 37.572,28 + 48230,4] \\ &= 0,85 \cdot [813.740,440 + 48230,4] \\ &= 0,85 \cdot 732.675,214 \text{ N} = 732.675,241 \text{ N} \\ P_U &= 1,2 \times P_n \\ &= 1,2 \times 732.675,241 \\ &= 879.210,256 \text{ N} \end{aligned}$$





Hasil Uji dan Teoritis Pada Kolom Berongga(200x200x600) mm

lihat Grafik 5, 6, 7

Model sengkang	Panjang Begel (mm)	Beban P Max Hasil Uji (N)	Beban P <sub>U</sub> Teoritis (N)
<i>Rectangular</i>	280	945.000	827.492,006
<i>Spiral</i>	220	1.003.000	879.210,256

Melihat hasil perhitungan teoritis kuat tekan kolom beton berongga dengan sengkang *spiral* lebih besar 12% di bandingkan sengkang *rectangular*, sedangkan hasil pengujian laboratorium kuat tekan kolom dengan sengkang *spiral* lebih besar 2,98% dibandingkan *rectangular*... Bila ditinjau terhadap kebutuhan tulangan sengkang *spiral* lebih hemat 12% dibandingkan sengkang model *rectangular*

## SIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan,

1. Model sengkang *spiral* lebih besar memikul kuat tekan di bandingkan sengkang model *rectangular* pada beton berongga
2. Dari segi kebutuhan tulangannya Model sengkang *spiral* lebih ekonomis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. "Saluran Dan Pipa Yang Ditanam Dalam Beton", SNI 03-2847-2002, Departemen Perumahan Dan Prasarana Wilayah, Badan Penelitian Dan Pengembangan, Jakarta.
- Murdock, L. J. dan Brook, K. M., 1991, "Bahan dan Praktek Beton", Erlangga, Jakarta.
- Nirwati Ahmad. 2008. "Perbandingan Kuat Lentur Balok Berpenampang Persegi Dengan Balok Berpenampang I". Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, from <http://scribd.com>.
- RSNI (Rancangan Standar Nasional Indonesia). 2002. "Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung", Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Renaningsih. 2006. "Anlisis Penampang Kolom Beton Bertulang Persegi Berlubang Menggunakan PCA COL". Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta. From [p://eprints.ums.ac.id/620/1/\\_6\\_Renaningsih.pdf](http://eprints.ums.ac.id/620/1/_6_Renaningsih.pdf).
- Subakti, A. 1994. "Teknologi Beton Dalam Praktek", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.