

PERBANDINGAN NILAI KAPASITAS BEBAN MAKSIMUM BETON BERTULANG KOLOM UTUH DENGAN KOLOM YANG DIPERKUAT MENGGUNAKAN *CHEMICAL ANCHOR*

Fernando Willem Gamaliel Papulele

Steenie E. Wallah, Ronny Pandaleke

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: nandowg79@gmail.com

ABSTRAK

Kolom beton bertulang adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (Collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (Total Collapse) seluruh Ada bermacam inovasi perkuatan struktur saat ini yang telah di teliti antara lain adalah memperpendek bentang dari struktur dengan beton maupun baja, memperbesar dimensi daripada beton (Concrete Jacketing), menambah plat baja, melakukan eksternal prestressing, dll.

Pada penelitian ini yang menjadi benda uji adalah kolom beton bertulang ukuran 100mm x 100mm x 350mm yang diperbesar (Metode Concrete Jacketing) menjadi 150mm x 150mm x 350mm diperkuat menggunakan Chemical Anchor dan Kolom Ukuran 100mm x 100mm x 350mm yang diperbesar tanpa menggunakan Chemical Anchor. Pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh Chemical Anchor terhadap Kapasitas Beban Maksimum pada kolom.

Pada model benda uji kolom cor utuh memiliki nilai kapasitas beban aksial hasil analitis lebih kecil 143,816 kN (12,168 %) dari hasil uji lab. Kemudian untuk kolom Jacketing dengan Chemical Anchor nilai kapasitas beban aksial hasil analitis lebih besar 5,444 kN (0,549 %) dari hasil uji lab. Selanjutnya untuk kolom Jacketing tanpa Chemical Anchor nilai kapasitas beban aksial hasil analitis lebih besar 117,784 kN (13,413 %) dari hasil uji lab.

Kata kunci : Kolom Beton Bertulang, Concrete Jacketing, Chemical Anchor

PENDAHULUAN

Latar belakang

Dalam suatu perencanaan konstruksi, para perencana selalu mengikutsertakan kemungkinan yang nantinya akan memberi pengaruh lebih baik dan lebih aman pada hasil konstruksi. Diantaranya perencana akan mempertimbangkan untuk disain yang lebih besar distrukturnya pada daerah rawan gempa maupun daerah pantai dibandingkan dengan daerah pemukiman penduduk kota. Walaupun suatu konstruksi telah didisain sebaik mungkin, namun dilapangan selalu ada perubahan-perubahan struktur konstruksi.

Beton Bertulang dalam Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) memiliki fungsi yang sangat luas dalam suatu konstruksi bangunan. Sehingga dalam perkembangannya beton bertulang menjadi bagian konstruksi yang banyak digunakan dalam bangunan rumah, gedung, jalan raya, jembatan, pelabuhan, lapangan terbang, dll. Dalam penggunaannya beton memiliki kelebihan dibandingkan dengan

bahan lainnya, antara lain memiliki kekuatan tekan yang relatif tinggi, ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, struktur yang kokoh, biaya pemeliharaan yang rendah serta bahan baku penyusun yang mudah didapat. Sehingga dalam konstruksi suatu bangunan pembuatan beton yang bermutu tinggi dapat diperoleh dengan mudah sesuai kreasi seorang teknik sipil .

Kolom beton bertulang adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (Collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (Total Collapse) seluruh Ada bermacam inovasi perkuatan struktur saat ini yang telah di teliti antara lain adalah memperpendek bentang dari struktur dengan beton maupun baja, memperbesar dimensi daripada beton (*Concrete Jacketing*), menambah plat baja, melakukan eksternal prestressing, dll.

Kegagalan struktur kolom beton bertulang pada gedung dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain: kesalahan konsep/desain, kesalahan pelaksanaan atau dapat pula terjadi karena perubahan pemanfaatan gedung.

Masalah-masalah tersebut dapat diatasi dengan suatu perkuatan struktur beton dengan bahan tertentu yang dilakukan berdasarkan jenis kerusakan yang terjadi. Cara ini dilakukan karena lebih efisien baik dari segi waktu maupun biaya dari pada harus membangun kembali gedung tersebut. Oleh sebab itu metode yang diambil adalah *Concrete Jacketing* sebagai salah satu alternatif perkuatan struktur. Metode tersebut diperkuat dengan *Chemical Anchor* sebagai pengikat antara beton lama dengan beton baru. Perkuatan ini akan difokuskan pada kolom yang merupakan elemen struktur yang sangat penting.

Rumusan Masalah

Seberapa besar kapasitas beban maksimum benda uji beton bertulang pada elemen struktur kolom utuh dengan kolom yang telah diperkuat menggunakan *Chemical Anchor*

Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya kesalahan penelitian sesuai dengan tujuan penelitian, maka dalam penelitian ini diperlukan adanya batasan - batasan masalah sebagai berikut:

- Bahan atau material pembentukan beton yang digunakan, yaitu:
 1. Semen Portland Tiga Roda
 2. Air yang ada di laboratorium Rekayasa Material Fakultas Teknik
 3. Agregat Kasar : Batu Pecah Lansot (lolos saringan 1/2" tertahan 4")
 4. Agregat Halus : Pasir Girian (lolos saringan No. 4")
- Benda uji yang digunakan berbentuk kolom dengan ukuran (100x100x350) mm yang diperbesar (150x150x350) mm untuk pengujian kapasitas beban maksimum. dan kolom yang berbentuk silinder dengan ukuran (100x200) mm untuk pengujian kuat tekan.
- Benda uji kolom memiliki rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil sama dengan 2,3
- Tulangan memanjang/logitudinal yang digunakan $\varnothing 8$ mm.
- Sengkang yang di gunakan $\varnothing 6$ mm.
- Angkur baja yang digunakan diameter 8 mm
- *Chemical Anchor* yang digunakan merk HILTI HIT-RE 500

- Pada penelitian ini pengujian beton yang dilakukan untuk mencari kapasitas beban maksimum dari kolom beton bertulang utuh dan kolom beton bertulang yang diberi selimut beton tambahan yang diperkuat menggunakan *Chemical Anchor*
 - Penelitian ini hanya dilakukan pada skala laboratorium.
 - Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 28 hari.
 - Perhitungan komposisi campuran beton sesuai SNI Beton 03-2834-2000
 - Mutu beton yang direncanakan adalah 32 MPa.
 - Kolom hanya menerima beban aksial, sedangkan pengaruh eksentrisitas dan momen tidak diperhitungkan.
- Pembatasan masalah perlu dilakukan.

Tujuan Penelitian

Adapun beberapa Tujuan dari Penelitian ini adalah :

- Untuk mendapatkan nilai kapasitas beban maksimum yang mampu dipikul kolom sampai hancur.
- Penelitian ini untuk membandingkan nilai uji kapasitas beban maksimum kolom yang menggunakan *Chemical Anchor* dengan kolom yang tidak menggunakan *Chemical Anchor*.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat bagi perkembangan teknologi beton, antara lain sebagai berikut :

- Memberikan informasi tentang *Chemical Anchor* sebagai bahan perkuatan tambahan struktur pada beton.
- Hasil penelitian ini akan menjadi sumber informasi tentang pembuatan benda uji beton yang diperbesar penampangnya dengan cara diberikan cairan perekat kimia.

LANDASAN TEORI

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras, dan akan mencapai kekuatan

rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton ini sangat dipengaruhi oleh faktor air semen dan suhu selama perawatan. Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m^3 .

Tabel 1. Klasifikasi Beton Berdasarkan Berat Massa dan Kuat Tekan.

Berat Massa Volume Beton (kg/m^3)	Tegangan Beton (MPa)	Klasifikasi
< 2000	$f'c_{28} \leq 20$ $20 \leq f'c_{28} \leq 50$ $50 \leq f'c_{28} \leq 100$ $f'c_{28} \geq 100$	Beton ringan pengisi Beton ringan struktural Beton ringan kinerja tinggi Beton ringan kinerja sangat tinggi
Berat Massa Volume Beton (kg/m^3)	Tegangan Beton (MPa)	Klasifikasi
2000 – 3000	$f'c_{28} \leq 60$ $60 \leq f'c_{28} \leq 120$ $120 \leq f'c_{28} \leq 200$ $f'c_{28} \geq 20$	Beton normal Beton normal kinerja tinggi Beton normal kinerja sangat tinggi Beton ringan kinerja ultra tinggi
>3000	$f'c_{28} = 340$	Beton Berat

Sumber: Tjokrodinuljo, K., 2003

Bahan pembentuk beton

Bahan inti penyusun beton adalah campuran dari tiga jenis bahan yaitu semen, agregat dan air. Kadang-kadang ditambahkan bahan tambahan untuk memodifikasi sifat-sifat tertentu pada beton.

Semen

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesif* maupun *kohesif* yaitu bahan pengikat, beragam jenis yang dipakai dalam campuran adukan beton berdasarkan kualitasnya, semen pada saat ini masih menjadi bahan pengikat beton yang terpenting dengan kemampuan reaksi dapat berlangsung dimana saja setelah dicampur dengan air.

Agregat

Agregat menjadi komponen yang berperan penting dalam menentukan kekuatan, kekakuan dan kekerasan dari beton. Agregat harus memiliki gradasi yang ditetapkan agar massa beton seluruhnya dapat difungsikan, sebagai penyusun dan pengisi beton. Ada tiga hal dalam pemilihan agregat untuk beton (Troxell, 1968) :

1. Memberikan nilai ekonomis dalam pencampuran dan pengerjaan beton
2. Massa potensial terhadap kekuatan dan kekerasan agregat

3. Keawetan dan kelayakan dari beton

Agregat dibagi menjadi dua :

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan-pecahan dari blast-furnance)
2. Agregat halus (pasir alami dan buatan)

Agregat kasar

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir dari beton keras dan daya tahan terhadap disintegrasi dengan komponennya, cuaca, pengaruh kimia dan faktor perusak lainnya. Agregat kasar merupakan krikil. Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03, bahwa agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,00 mm sampai 40 mm.

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

Agregat Halus

Agregat halus yang dipakai sebagai pengisi pada beton diantara selah agregat kasar, Agregat dinyatakan agregat halus adalah agregat yang lolos # no.4 - # no.10, yang mempunyai ukuran butir maksimum sebesar 5,00 mm, agregat halus yang baik bila bebas dari bahan organik, lempung dan partikel yang dapat merusak adukan beton.

Air

Pencampuran antara semen dan agregat pembentuk beton, mutlak memerlukan air agar bisa membentuk adukan pasta beton. Air dalam pencampuran beton harus bersih supaya proses hidrasi dapat berjalan dengan baik. Air harus selalu ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya lecah (*workable*).

Mempertahankan daya layan yang berhubungan dengan keawetan beton, maka sebaiknya digunakan air seperti dipakai untuk minum dan dalam keadaan jernih yang bebas dari kontaminasi zat buangan. Hal lainnya yang tidak bisa diabaikan adalah air tidak boleh mengandung, garam, lumpur, minyak, asam, alkali garam, zat organik, dan material suspensi lainnya.

Menurut PBB1 1971 N.I-2, pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik
4. Tidak mengandung minyak dan alkali

5. Tidak mengandung senyawa asam
Fungsi air dalam pencampuran beton :

- Fungsi fisik yang memberikan sifat rheologi cairan pada beton
- Fungsi kimia untuk membentuk perkembangan proses dehidrasi.

Pengertian Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur.

SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Kolom terbagi menjadi 3 berdasarkan bentuk dan susunan tulangannya (Nawy, 1990) yaitu :

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.
2. Kolom menggunakan pengikat spiral. Bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud.
3. Struktur kolom komposit, merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.

Kolom Pendek dengan Beban Aksial

Beton dan baja dianggap sebagai satu kesatuan dalam kolom yang dibebani dengan

beban aksial. Tegangan & regangan yang terjadi pada kolom dianggap terdistribusi merata ke seluruh penampang kolom, akibat beban aksial yang bekerja. Sehingga regangan yang terjadi pada beton dianggap sama dengan regangan yang terjadi pada baja ($\epsilon_c = \epsilon_s$). Beton mencapai kekuatan maksimum f'_c , saat regangan yang terjadi mencapai sekitar 0,002 in./in. – 0,003 in./in.

Sehingga kapasitas beban aksial maksimum yang dapat dipikul oleh kolom pendek beton bertulang merupakan penjumlahan dari kekuatan beton dan kekuatan baja. Kontribusi beton yaitu $\sigma_c A_c$ atau $0,85f'_c A_g$. Apabila digunakan luas penampang beton dihitung menggunakan luas penampang bersih beton, maka kontribusi kekuatan beton menjadi $0,85f'_c (A_g - A_{st})$. Sedangkan kontribusi kekuatan baja adalah $\sigma_s A_s$ atau $f_s A_s$. Dalam analisis dan desain kolom, faktor reduksi beban aksial untuk kolom bersengkang yang disyaratkan adalah sebesar 20%. Sehingga kapasitas beban sentris maksimum pada kolom pendek bersengkang yang dibebani aksial menjadi,

$$P_{n(max)} = 0,8\{0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\}$$

Sesuai dengan SNI 2847-2013 tentang “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” pasal.10.3.6.2 untuk desain beban aksial maksimum pada komponen struktur non-prategang dengan tulangan pengikat (termasuk kolom bersengkang), adalah:

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

Tulangan

Fungsi utama baja tulangan pada struktur beton bertulang yaitu untuk menahan gaya tarik, Oleh karena itu pada struktur balok, pelat, fondasi, ataupun struktur lainnya dari bahan beton bertulang.

Berdasarkan bentuknya, baja tulangan beton dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu baja tulangan beton polos dan baja tulangan beton sirip

Tulangan polos

Baja tulangan beton polos Baja tulangan beton polos adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tapi tidak bersirip, disingkat BJTTP.

Tabel 2. Ukuran baja tulangan beton polos (SNI 07-2052-2002)

No	Penamaan	Diameter Nominal (mm)	Luas penampang nominal (cm^2)	Berat nominal (kg/m)
1	P 6	6	0,2827	0,222
2	P 8	8	0,5027	0,395
3	P 10	10	0,7854	0,617
4	P 12	12	1,131	0,888
5	P 14	14	1,539	1,21
6	P 16	16	2,011	1,58
7	P 19	19	2,835	2,23
8	P 22	22	3,801	2,98
9	P 25	25	4,909	3,85
10	P 28	28	6,158	4,83
11	P 32	32	8,042	6,31

Tulangan Sirip

Baja tulangan beton sirip Baja tulangan beton sirip adalah baja tulangan beton dengan bentuk khusus yang permukaannya memiliki sirip melintang dan rusuk memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat dan guna menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton, disingkat BjTS.

Tabel 3. Ukuran baja tulangan beton sirip

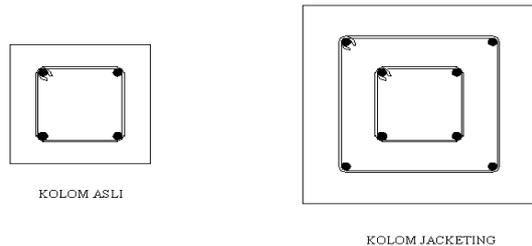
No.	Penamaan	Diameter Nominal (d)	Luas penampang nominal	Diameter Dalam Nominal (d_g)	Tinggi sirip Melintang		Jarak sirip Melintang (maks)	Lebar rusuk memanjang (maks)	Berat nominal
					min	maks			
					mm	Mm			
1	S.6	6	0,2827	5,5	0,3	0,6	4,2	4,7	0,222
2	S.8	8	0,5027	7,3	0,4	0,8	5,6	6,3	0,395
3	S.10	10	0,7854	8,9	0,5	1,0	7,0	7,9	0,617
4	S.13	13	1,327	12,0	0,7	1,3	9,1	10,2	1,04
5	S.16	16	2,011	15,0	0,8	1,6	11,2	12,6	4,58
6	S.19	19	2,835	17,8	1,0	1,9	13,3	14,9	2,23
7	S.22	22	3,801	20,7	1,1	2,2	15,4	17,3	2,98
8	S.25	25	4,909	23,6	1,3	2,5	17,2	19,7	3,85
9	S.29	29	6,625	27,2	1,5	2,9	20,3	22,8	5,18
10	S.32	32	8,042	30,2	1,6	3,2	22,4	25,1	6,31
11	S.36	36	10,18	34,0	1,8	3,6	25,2	28,3	7,99
12	S.40	40	12,57	38,0	2,0	4,0	28,0	31,4	9,88
13	S.50	50	19,64	48,0	2,5	5,0	38,0	39,3	17,4

(SNI 07-2052-2002)

Sistem Perkuatan Struktur dengan Metode Concrete Jacketing

Concrete jacketing adalah suatu sistem perkuatan atau perbaikan beton dengan cara meyelimuti beton yang telah ada dengan beton tambahan (Arifi Soenaryo, M.Taufik H dan Hendra Siswanto, 2009). Keuntungan utama dari sistem ini adalah memberikan peningkatan dan pertambahan batas dari pada kekuatan dan duktilitas beton, dan keuntungan kedua, bahwasannya jacket dalam melindungi dari kerusakan fragment dan struktur yang diperbaiki memiliki kemampuan dalam menerima beban, karena jacket dapat mengurangi kegagalan geser langsung (direct shear), namun dapat juga

menyediakan peningkatan kapasitas struktur itu sendiri. Dalam melakukan perkuatan dengan Concrete jacketing biasanya digunakan bahan micro concrete yang sifatnya dapat memadat sendiri tanpa bantuan vibrator (self compaction) dimana micro concrete adalah suatu campuran beton dengan ukuran butiran agregat yang kecil (< 0,25mm), agregat yang digunakan sebagai campuran dalam micro concrete ini biasanya adalah pasir silika yang mempunyai gradasi yang heterogen.



Gambar 1. Penampang Melintang Metode Perkuatan Concrete Jacketing

Adanya Perkuatan kolom beton adalah tindakan untuk mengantisipasi kolom dari kerusakan yang dapat terjadi, misalnya kerusakan akibat pengaruh lingkungan yang disebabkan karena cuaca dan suhu, kesalahan dalam perencanaan, adanya perubahan fungsi bangunan dari rencana semula (disain) dan akibat beban yang berlebihan dari kapasitas yang direncanakan serta akibat beban sementara seperti gempa, beban hidup yang besar yang tidak terduga, dan lain sebagainya.

SikaCim Bonding Adhesive

Sikacim Bonding Adhesive berfungsi untuk menyambung beton lama dengan beton baru.

Modulus Elastisitas

Modulus elastis atau modulus Young merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan yang dialami oleh suatu benda. Menurut SNI-03-2847- 2002 nilai modulus elastisitas beton, baja tulangan, dan tendon sebagai berikut :

1. Untuk nilai w_c diantara $1500 kg/m^3$ dan $2500 kg/m^3$, nilai modulus elastisitas beton E_c dapat diambil sebesar $(w_c)^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'c}$ (dalam MPa). Untuk beton normal E_c dapat diambil sebesar $4700\sqrt{f'c}$.
2. Modulus elastisitas untuk tulangan non-prategang E_s boleh diambil sebesar 200.000 MPa.

3. Modulus elastisitas untuk beton prategang E_s ditentukan melalui pengujian atau dari pabrik.

- Rumus modulus elastisitas adalah:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

dimana : E = Modulus elastisitas (N/m^2)

σ = Regangan (N/m^2)

ϵ = Tegangan

- Rumus tegangan adalah:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

dimana : F = Besar gaya tekan (N)

A = Luas penampang (m^2)

- Rumus regangan adalah :

$$\epsilon = \frac{\Delta x}{x}$$

dimana : Δx = Pertambahan panjang (m)

x = Panjang mula-mula (m)

Kuat Tekan Beton

Menurut SNI03 – 1974 – 1990 tentang metode pengujian kuat tekan beton, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur, bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Rumus kuat tekan beton, yaitu :

$$f'c = \frac{P}{A} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

dimana : $f'c$ = Kuat Tekan (MPa)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas Penampang Beton (cm^2)

Chemical Anchor

Chemical Anchor adalah angkur yang menggunakan campuran zat kimia untuk keperluan baik untuk penambah kekuatan, agar tahan kondisi seperti air atau air laut dan lain-lain. Mekanisme angkur kimia ini bisa berbeda-beda. Umumnya terdiri dari dua komponen, dimana komponen utama adalah angkur besi dan kedua adalah bahan kimia sebagai bahan pengikatnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan pekerjaan. Dimulai dari persiapan bahan, pemeriksaan bahan, perencanaan campuran dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dan pengujian benda uji. Semua pekerjaan dilakukan berpedoman pada peraturan/standar yang berlaku dengan penyesuaian terhadap kondisi dan fasilitas laboratorium yang ada. Pemeriksaan material

dibatasi hanya pada material tertentu yang penting dalam perhitungan campuran.

Dimensi benda uji dan penulangan baja yang digunakan

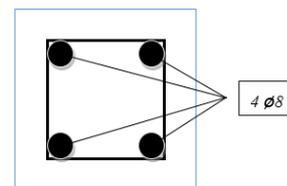
Dimensi kolom yang akan diuji:

- Tinggi kolom = 350 mm
- Kolom berpenampang segi empat sebelum di *jacketing*: 100 mm x 100 mm x 350 mm.
- Kolom berpenampang segi empat sesudah di *jacketing*: 150mm x 150 mm x 500 mm.

Tulangan longitudinal yang digunakan.

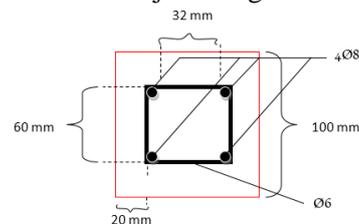
Tabel 4. Hasil Perhitungan Tulangan Logitudinal Kolom Segi Empat

Kolom Segi Empat		Satuan
Parameter	Nilai	
Dimensi Penampang	100x100	mm
A_g	10000	mm^2
$f'c$	30	Mpa
Tulangan Longitudinal	Dipilih $\phi 8$	
$0,01 \leq p \leq 0,08$	0,02	
N	4 $\phi 8$	
A_{st}	201,06	mm^2
Tulangan sengkang	$\phi 6$	
P_n maks	360,365	kN



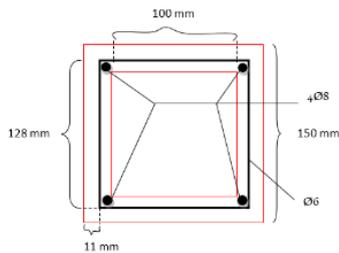
Gambar 2. Penampang Melintang Kolom Berpenampang Segi Empat

- Perencanaan kolom 100 mm x 100 mm x 350 mm sebelum di *jacketing*.

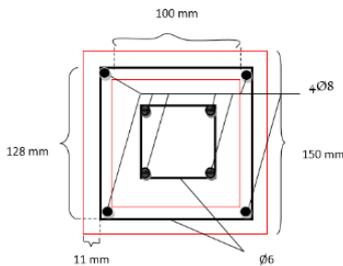


Gambar 3. Perencanaan Jarak Tulangan Kolom 100 mm x 100 mm x 350 mm.

- Perencanaan kolom 150 mm x 150 mm x 350 mm sesudah di jacketing.



Gambar 4. Perencanaan Jarak Tulangan Kolom 150 mm x 150 mm x 350 mm.



Gambar 5. Desain Kolom Dengan Metode Concrete Jacketing.

Jarak sengkang

Jarak minimum

Berdasarkan SNI Beton 03-3976-1995 pasal 1.3.8 yang menjelaskan tentang pengertian dan ukuran butir agregat kasar, dan SNI beton 03-2487-2013 pasal 3.3.2 yang menjelaskan tentang hubungan antara ukuran butir maksimum agregat kasar dengan jarak bersih minimum antar tulangan maka diperoleh:

- Ukuran butir maksimum agregat kasar yang disyaratkan adalah 40 mm. Namun dalam perisapan material di laboratorium Rekayasa Material Fakultas Teknik, digunakan batas atas saringan $\frac{3}{4}$ " dan batas bawah 4". Sehingga ukuran butir terbesar yaitu 19,05 mm. Namun dalam penelitian ini penggunaan saringan batas atas $\frac{1}{2}$ " dan batas bawah 4". Sehingga ukuran butir terbesar yaitu 9,52 mm.
- Hubungan jarak bersih minimum antar tulangan dengan ukuran butir minimum agregat kasar:

Maka menurut SNI Beton 03-2847-2013 pasal 3.3.2 tentang ukuran maksimum nominal agregat kasar yang tidak boleh melebihi $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antar tulangan/kawat.

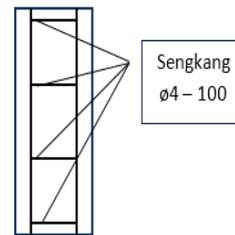
Jarak bersih minimum antar tulangan $> 25,36$ mm.

Jarak maksimum

Sesuai dengan SNI Beton 2013 pasal 7.10.5.2 tentang spasi vertikal perngikat tidak boleh melebihi 3 ketentuan berikut yaitu:

- 16 kali diameter batang tulangan logitudonal : $16 \times 8 = 128$ mm
- 48 kali diameter batang tulangan/kawat pengikat : $48 \times 6 = 288$ mm
- Ukuran terkecil komponen struktur: $D=10$ cm = 100 mm

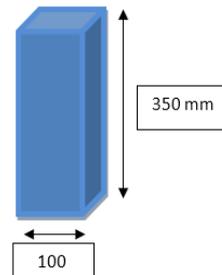
Sehingga jarak maksimum antar sengkang yang terkecil dari 3 persyaratan di atas yang harus dipenuhi, yaitu 100 mm.



Gambar 6. Desain Kolom dengan Jarak Sengkang 100 mm

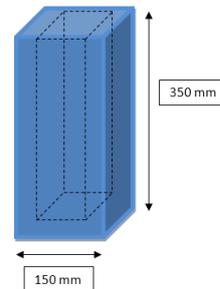
Gambar desain kolom Penampang melintang

- Kolom beton penampang 100 mm x 100 mm x 350 mm



Gambar 7. Dimensi Penampang Kolom 100mm x 100mm x 350mm.

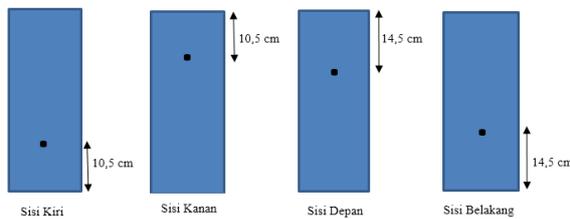
- Kolom beton penampang 100mm x 100mm x 350mm yang diperkuat dengan metode concrete jacketing dengan selimut 25 mm.



Gambar 8. Penampang Kolom 100x100x350 (mm) yang Telah di Perbesar Penampangnya

Posisi *Anchor* pada setiap sisi kolom

- Posisi pemasangan *Anchor* pada Kolom beton penampang 100 mm x 100 mm x 350 mm



Gambar 9. Posisi *Anchor* pada setiap sisi kolom 100 mm x 100 mm x 350 mm.

- Desain *Anchor* yang direncanakan berdasarkan Katalog HILTI HIT-RE 500
 - Diameter *Achor* = 8 mm
 - Panjang *Anchor* = 80 mm
 - Diameter Lubang = 10 mm
 - Kedalaman Lubang = 80 mm

Pembuatan Benda Uji Beton

Pada tahap ini dilakukan pembuatan benda uji. Adapun dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- Pembuatan campuran beton (*mixing*)
- Pemeriksaan nilai *slump*
- Pencetakan benda uji silinder (100×200) mm untuk pengujian kuat tekan dan benda uji kolom (150×150×350) mm untuk pengujian kapasitas beban maksimum.

Pengujian Nilai Slump

Slump beton adalah besarnya kekentalan dan konsistensi dari adukan beton segar yang dipengaruhi kemudahan pengerjaan beton.

Pencetakan Benda Uji

Benda uji yang dipakai untuk pengujian kapasitas beban maksimum. pada saat pengecoran, tulangan baja terlebih dahulu dimasukkan ke dalam cetakan kolom. Setelah tulangan baja dimasukkan, maka dilakukan pengecoran.

Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton selalu lembab, mulai dari pelepasan dari cetakan hingga saat pengujian. Kelembaban permukaan beton ini harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi pengikat semen dan air) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan

akan terjadi beton yang kurang kuat dan timbul retak-retak pada beton akibat panas hidrasi yang ditimbulkan pada proses hidrasi semen.

Pemeriksaan Benda Uji Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari. 1 hari sebelum waktu pengujian, benda uji dibuka dari karung basah kemudian dikering-anginkan.

Selanjutnya benda uji dicapping pada bagian yang tidak rata dengan menggunakan belerang yang dipanaskan sebelumnya. Hal ini dimaksudkan agar pada saat pengujian kuat tekan, benda uji berada dalam posisi tegak lurus dalam mesin uji kuat tekan sehingga distribusi tegangan merata.

Selanjutnya benda uji diletakkan dalam mesin uji kuat tekan secara sentris dan kemudian mesin dijalankan. Mesin tersebut akan berhenti secara otomatis jika sampel telah menerima beban maksimum.

Pengujian Kapasitas Beban Maksimum

Pengujian kuat tekan dilakukan pada kolom umur 28 hari. 1 hari sebelum waktu pengujian, benda uji dibuka dari karung basah kemudian dikering-anginkan.

Selanjutnya benda uji diletakkan dalam mesin uji, benda uji berada dalam posisi tegak lurus dalam mesin uji kuat tekan sehingga distribusi tegangan merata

Pengujian *Bonding* (Lekatan)

Pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian menggunakan mesin tes merek ENERPAC.

Langkah-langkah Penelitian

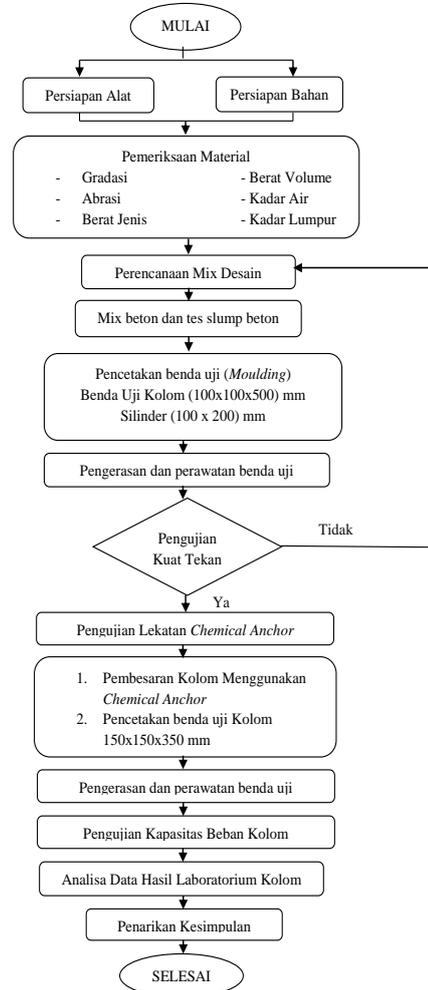
Adapun langkah-langkah penelitian, yaitu :

- Langkah I
Pada tahap ini dilakukan persiapan baik bahan maupun alat yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji beton.
- Langkah II
Pada tahap ini dilakukan pembuatan benda uji. Adapun pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :
 - Pembuatan campuran beton (*mixing*)
 - Pemeriksaan nilai *slump*
 - Pembuatan benda uji
- Langkah III

Pada tahap ini benda uji dilakukan perawatan selama 28 hari, dengan cara dimasukan didalam air, tetapi sebelum dimasukan didalam air benda uji terlebih dahulu di dtimbang.

- Langkah IV
 Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap benda uji, pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton. Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Sebelum dilakukan pengujian beton terlebih dahulu di timbang beratnya.
- Langkah V
 Pada tahap ini dilakukan pengujian lekatan atau bounding. Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.
- Langkah VI
 Pada tahap ini dilakukan pembuatan benda uji kolom utuh dan pembesaran benda uji menggunakan chemical anchor. Caranya dengan bor lubang, kemudian bersihkan lubang dari debu dan puing-puing sisa, setelah itu masukkan bahan kimia ke dalam lubang dan ditunggu sekitar satu jam dengan tujuan agar zat kimia tersebut bisa melekat dengan sempurna, kuat dan erat. Setelah kering masukkan tulangan.
- Langkah VII
 Pada tahap ini benda uji kembali mengalami perawatan selama 28 hari di dalam air. Tetapi sebelum itu benda uji di timbang terlebih dahulu.
- Langkah VIII
 Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap benda uji, pengujian yang dilakukan adalah pengujian kapasitas beban maksimum beton. Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian dilakukan pada kolom utuh 150mm x 150mm x 350mm, kolom yang diperbesar 150mm x 150mm x 350mm yang menggunakan *chemical anchor*, dan kolom yang diperbesar 150mm x 150mm x 350mm tanpa menggunakan *chemical anchor*. Sebelum dilakukan pengujian, beton terlebih dahulu ditimbang beratnya.
- Langkah IX
 Pada tahap ini dilakukan analisa data. Data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisis sehingga dapat diperoleh berapa besar perbedaan kekuatan pada kolom utuh, kolom yang diperbesar dan menggunakan *Chemical Anchor*, dan kolom yang diperbesar tanpa menggunakan *Chemical Anchor*.

- Langkah X
 Pada tahap yang terakhir, diambil kesimpulan dari data pengujian yang telah dianalisis yang merupakan inti dari penelitian ini.



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Nilai Slump

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui *workability* campuran beton adalah dengan cara pemeriksaan nilai slump. Nilai slump merupakan nilai perbedaan tinggi dari adukan dalam suatu cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan tinggi adukan setelah cetakan diambil. Menurut SNI 03-2834-2000 untuk $f'c$ rencana 32 MPa, nilai slump yang digunakan adalah 7-150 mm.

Dalam penelitian ini didapat nilai slump 115mm. Nilai slump ini diakibatkan dari kadar air

yang terdapat dalam agregat saat pengecoran, dimana kondisi agregat akan mempengaruhi jumlah air rencana adukan (menambah atau menyerap air) pada proses pencapaian nilai slump. Bila kondisi agregat cenderung basah maka dapat menambah air rencana adukan, sebaliknya jika agregat cenderung kering maka akan menyerap air.

Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton (berat benda uji) dengan volume beton (volume benda uji). Benda uji ditimbang pada saat permukaan benda uji mengering dari rendaman air. Hasil perhitungan berat volume rata-rata tiap benda uji pada umur 28 hari adalah sebagai berikut :

Contoh perhitungan :

Pada benda uji silinder (1)

Berat benda uji = 3,51 kg

Volume benda uji = $\pi \times 0.05^2 \times 0.2 = 0,00157 \text{ m}^3$

Berat Volume Beton = $\frac{3.51}{0,00157} = 2234,54 \text{ kg/m}^3$

Pada benda uji Kolom (1)

Berat benda uji = 19,28 Kg

Volume benda uji = $0,15 \times 0,15 \times 0,35 = 0.0078 \text{ m}^3$

Berat Volume Beton = $\frac{19,28}{0,0079} = 2448,25 \text{ kg/m}^3$

Tabel 5. Berat Volume Beton Rata-Rata Silinder Pada Umur 28 hari

K	Uji Kuat Tekan Beton Silinder			
	Berat Benda Uji	Berat Volume Benda Uji	Berat Volume Beton	Berat Volume Rata-rata
(Mpa)	(Kg)	(m3)	(Kg/m3)	(Kg/m3)
32	3,51	0,001571	2234,54	2240,9016
32	3,49	0,001571	2221,80	
32	3,56	0,001571	2266,37	

Tabel 6. Berat Volume Beton Bertulang Rata-Rata Kolom Pada Umur 28 hari

Model Benda Uji	K	Uji Kapasitas Kolom			
		Berat Benda Uji	Berat Volume Benda Uji	Berat Volume Beton	Berat Volume Rata-rata
	(Mpa)	(Kg)	(m3)	(Kg/m3)	(Kg/m3)
Kolom Cor Utuh tanpa Jacketing	32	19,28	0,0079	2448,25	2439,51
	32	19,34	0,0079	2455,87	2438,41
	32	19,21	0,0079	2439,37	2435,92
Kolom Jacketing dengan Chemical Anchor	32	19,08	0,0079	2422,86	2435,34
	32	19,16	0,0079	2433,02	2437,84
	32	19,31	0,0079	2452,06	2439,05
Kolom Jacketing Tanpa Chemical Anchor	32	19,12	0,0079	2427,94	2434,71
	32	19,17	0,0079	2434,29	2438,10
	32	19,23	0,0079	2441,90	2441,90

Berdasarkan hasil tabel diatas didapat rata-rata volume beton benda uji silinder sebesar 2240,9 Kg/m³, dan untuk rata-rata volume beton bertulang benda uji kolom sebesar 2437,86 Kg/m³. maka jenis beton dalam penelitian ini termasuk dalam jenis beton normal karena berat massa volume beton tersebut berada pada interval 2000-3000 kg/m³.

Pengujian Kuat Tekan

Dalam penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder 100 × 200 mm. Hasil pengujian kuat tekan sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Kuat Tekan (untuk benda uji sebelum diperbesar penampangnya).

Hasil Uji Kuat Tekan				
Benda Uji	Berat (kg)	P (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	Fcr (Mpa)
1	3,51	312,8	39,83	42,03
2	3,49	324,3	41,29	
3	3,56	353,1	44,96	

Tabel 8. Hasil Uji Kuat Tekan (untuk benda uji setelah diperbesar penampangnya).

Hasil Uji Kuat Tekan				
Benda Uji	Berat (kg)	P (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	fcr (Mpa)
1	3,48	341,3	42,32	40,65
2	3,57	325,7	40,19	
3	3,54	351,1	39,44	

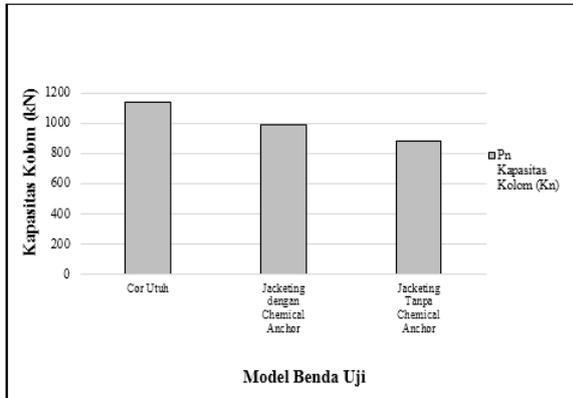
Pengujian Kapasitas Beban Aksial

Pengujian kolom beton bertulang dilakukan pada saat kolom telah melewati perawatan standar, dan kolom telah berumur 28 hari di Laboratorium Rekayasa Material Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Benda uji yang akan di uji yaitu Kolom 150mm x 150mm x 350mm.

Tabel 9. Hasil Uji Kapasitas Beban Maksimum Kolom Beton Bertulang 150 mm x 150mm x 350mm.

Model Benda Uji	No. Benda uji	Hasil pengujian Kolom [kN]	Pn rata-rata [kN]	Pn rata-rata [kg]	Persentase perbandingan nilai kapasitas beban
Kolom Cor Utuh Tanpa Jacketing	A1	1106,0	1139,73	113973,33	100 %
	A2	1128,8			
	A3	1184,4			
Kolom Jacketing dengan Chemical Anchor	B1	1099,0	990,47	99046,67	87,16 %
	B2	938,0			
	B3	934,4			
Kolom Jacketing Tanpa Chemical Anchor	C1	880,3	878,13	87.813,33	77,04 %
	C2	827,7			
	C3	926,4			

Berdasarkan hasil tabel sebelumnya, maka hasil uji kapasitas kolom berpenampang persegi digambarkan dalam diagram batang berikut ini;



Gambar 11. Diagram Nilai Pn Rata-rata Hasil Pengujian Kapasitas Kolom

Pada model benda uji kolom yang diperbesar penampangnya (*Concrete Jacketing*) menggunakan *Chemical Anchor* memiliki nilai kapasitas beban aksial hasil uji lab lebih kecil 149,260 kN (87,16%) dari hasil uji lab kolom yang dicor utuh tanpa *Jacketing*. Kemudian untuk kolom yang diperbesar penampangnya (*Concrete Jacketing*) tanpa menggunakan *Chemical Anchor* nilai kapasitas beban aksial hasil uji lab lebih kecil 261,600 kN (77,048 %) dari hasil uji lab kolom yang dicor utuh tanpa *Jacketing*.

Menganalisa Nilai Regangan yang Terjadi Pada Kolom

- Diketahui modulus elastisitas (E) = $4700 \sqrt{f'c}$.
- Untuk Kolom Cor Utuh tanpa *Jacketing*
- $P_n = 1139,73 \text{ kN}$, $f'c = 50,67 \text{ MPa} = 5,067 \frac{kg}{mm^2}$
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$4700 \sqrt{50,67 \text{ MPa}} = 50,67 \text{ MPa} / \epsilon$$

$$\epsilon = 0,00151$$
- Untuk Kolom *Jacketing* dengan *Chemical Anchor*
- $P_n = 990,47 \text{ kN}$, $f'c = 44,03 \text{ MPa} = 4,403 \frac{kg}{mm^2}$
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$4700 \sqrt{44,03 \text{ MPa}} = 44,03 \text{ MPa} / \epsilon$$

$$\epsilon = 0,00141$$
- Untuk Kolom *Jacketing* dengan *Chemical Anchor*

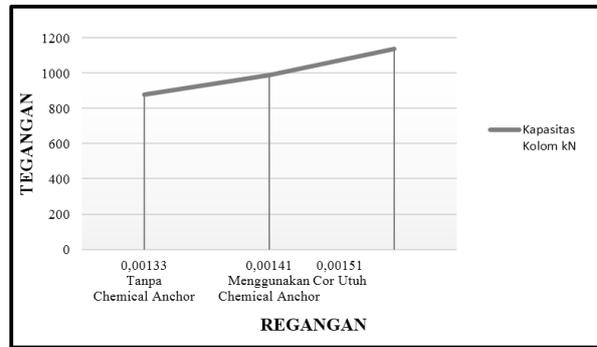
- $P_n = 878,13 \text{ kN}$, $f'c = 39,03 \text{ MPa} = 3,903 \frac{kg}{mm^2}$
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$4700 \sqrt{39,03 \text{ MPa}} = 39,03 \text{ MPa} / \epsilon$$

$$\epsilon = 0,00133$$

Tabel 10. Hasil Perhitungan Analitis Tegangan dan Regangan

Model Benda Uji	Tegangan [kN]	Elastisitas $[\frac{N}{mm^2}]$	Regangan
Kolom Cor Utuh Tanpa <i>Jacketing</i>	1139,73	$4700 \sqrt{f'c}$	0,00151
Kolom <i>Jacketing</i> dengan <i>Chemical Anchor</i>	990,47	$4700 \sqrt{f'c}$	0,00141
Kolom <i>Jacketing</i> Tanpa <i>Chemical Anchor</i>	878,13	$4700 \sqrt{f'c}$	0,00133



Gambar 12. Grafik Tegangan dan Regangan

Perhitungan Kapasitas Beban Aksial Kolom Beton Bertulang.

Menurut SNI Beton 03-2847-2013 pasal.10.3.6.2 rumus untuk kapasitas beban aksial maksimum pada komponen struktur non-prategang dengan jumlah pengikat (sengkang), adalah:

$$P_{n(max)} = 0,8\{0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\}$$

Karena menggunakan perhitungan skala lab maka faktor reduksi diabaikan sehingga menjadi :

$$P_{n(max)} = 1x\{0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\}$$

dimana:

- P_n (maks) = Kapasitas Beban Aksial Kolom (kN)
- $f'c$ = Kuat Tekan Beton
- f_y = Tegangan Leleh Baja Tulangan Logitudinal (MPa)
- A_g = Luas Bruto Penampang Kolom (mm^2)
- A_{st} = Luas Total Tulangan Logitudinal (mm^2)

Menganalisa Kapasitas Beban Aksial Maksimum Kolom Beton Bertulang

Rumus menghitung kapasitas beban aksial maksimum kolom beton bersengkang sesuai dengan SNI 03-2847-2013, adalah:

$$P_{n(max)} = 1x\{0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_yA_{st}\}$$

Sehingga kapasitas beban aksial maksimum (Pn maks) yang dapat dipikul kolom persegi adalah:

- Diketahui kolom sebelum diperbesar penampangnya memiliki data sebagai berikut:
 - $f_y = 549,552$ (Hasil uji Laboratorium, $\phi 8$)
 - $A_{st} = 4 \times (\pi \times 8^2 / 4) = 209,96 \text{ mm}^2$
 - $A_g = 100 \times 100 = 10.000 \text{ mm}^2$
 - $f'_c = 42,03 \text{ MPa}$ (kuat tekan silinder rata-rata sebelum *jacketing*)

Penyelesaian:

$$P_n \text{ maks} = 1x(0,85x42,03(10.000-209,96) + (549,552x209,96))$$

$$P_n \text{ maks} = 460513,573 \text{ N} = 460,513 \text{ kN}$$

- Diketahui kolom sebelum diperbesar penampangnya memiliki data sebagai berikut:
 - $f_y = 549,552$ (Hasil uji Laboratorium, $\phi 8$)
 - $A_{st} = 4 \times (\pi \times 8^2 / 4) = 200,96 \text{ mm}^2$
 - $A_g = (150 \times 150) - (100 \times 100) = 12.500 \text{ mm}^2$
 - $f'_c = 42,03 \text{ MPa}$ (kuat tekan silinder rata-rata setelah *jacketing*)

Penyelesaian:

$$P_n \text{ maks} = 1x(0,85x40,65(12.500-200,96) + (549,552x200,96))$$

$$P_n \text{ maks} = 535400,549 \text{ N} = 535,401 \text{ kN}$$

- Maka nilai Pn maksimum analitis yang didapat:

$$P_n \text{ maks} = 460,513 \text{ kN} + 535,401 \text{ kN} = 995,914 \text{ kN}$$

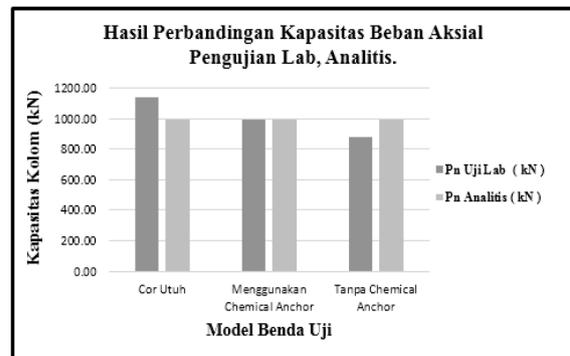
Perbandingan Nilai Hasil Uji Analitis Kapasitas Beban Aksial Kolom dengan Hasil Uji Laboratorium.

Pada model benda uji kolom cor utuh memiliki nilai kapasitas beban aksial hasil analitis lebih kecil 143,816 kN (12,168 %) dari hasil uji lab. Kemudian untuk kolom *Jacketing* dengan *Chemical Anchor* nilai kapasitas beban aksial hasil analitis lebih besar 5,444 kN (0,549 %) dari hasil uji lab. Selanjutnya untuk kolom *Jacketing* tanpa *Chemical Anchor* nilai kapasitas beban

aksial hasil analitis lebih besar 117,784 kN (13,413 %) dari hasil uji lab.

Tabel 11. Perbandingan Nilai Hasil Uji Laboratorium, Analitis, dan Kuat Tekan Beton.

Model Benda Uji	Pn Uji Lab (kN)	Pn Analitis (kN)
Kolom Cor Utuh Tanpa <i>Jacketing</i>	1139.73	995,914
Kolom <i>Jacketing</i> dengan <i>Chemical Anchor</i>	990.47	995,914
Kolom <i>Jacketing</i> Tanpa <i>Chemical Anchor</i>	878.13	995,914



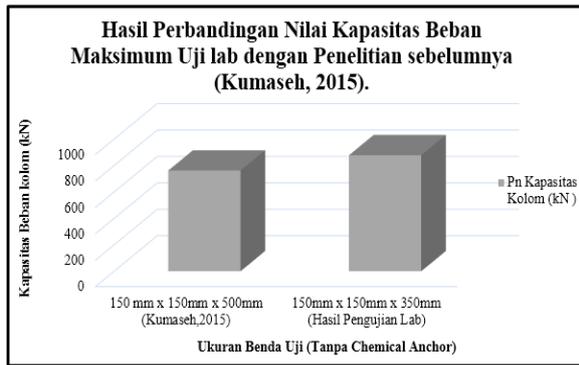
Gambar 13. Diagram Perbandingan Nilai Kapasitas Beban Maksimum

Perbandingan Nilai Hasil Uji Laboratorium dengan Hasil Penelitian sebelumnya.

Berikut ini adalah tabel perbandingan nilai hasil uji kapasitas beban aksial maksimum kolom ukuran 150 mm x 150mm x 350mm tanpa menggunakan *Chemical Anchor* dengan kolom 150mm x 150mm x 500mm (Kumaseh,2015):

Tabel 12. Perbandingan Nilai Kapasitas Beban Maksimum Kolom Hasil uji lab dengan penelitian sebelumnya.

Benda Uji (tanpa <i>Chemical Anchor</i>)	Jarak sengkang (mm)	Sampel	Hasil Uji Lab	
			Pn maks (kN)	Rata-rata (kN)
	150 mm x 150mm x 500mm (Kumaseh,2015)	100	B1 B2 B3	783,3 763,2 740,5
150mm x 150mm x 350mm (Hasil Pengujian Lab.)	100	B1 B2 B3	1099,0 938,0 934,4	878,13



Gambar 14. Diagram Perbandingan Nilai Kapasitas Beban Maksimum Hasil Uji Lab dengan Penelitian sebelumnya (Kumaseh, 2015).

Hasil uji lab kolom 150mm x 150mm x 350mm tanpa menggunakan *Chemical Anchor* yang memiliki nilai Pn sebesar 878,13 kN, jika dibandingkan memiliki nilai kapasitas beban aksial lebih besar 115,8 kN (15,190%) dari hasil pengujian laboratorium kolom 150mm x 150mm x 500mm (Kumaseh, 2015).

Pengujian Bonding (Lekatan)

Pengujian ini dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dan telah melewati perawatan standar. Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah mesin tes merek ENERPAC P-18.

Tabel 13. Hasil Uji Bonding (Lekatan).

Benda Uji	T (kN)		
	Hasil perhitungan Analitis	Hasil Uji Laboratorium	Katalog Hilti HIT-RE 500
1	1,15	8,80	8,60
2	1,22	8,83	8,60
3	1,35	8,34	8,60
Rata-rata	1,24	8,66	8,60

PENUTUP

Kesimpulan

1. Pada penelitian ini didapat berat volume rata-rata beton benda uji silinder sebesar 2240,9 Kg/m³, dan untuk berat volume rata-rata beton bertulang benda uji kolom sebesar 2437,86 Kg/m³. maka jenis beton dalam penelitian ini termasuk dalam jenis beton normal karena berat massa volume beton

tersebut berada pada interval 2000-3000 kg/m³.

2. Kuat tekan yang direncanakan sebesar 32 MPa, didapat hasil kuat tekan rata-rata sebesar 42,03 MPa untuk benda uji sebelum diperbesar penampangnya (*Concrete Jacketing*) dan kuat tekan rata-rata sebesar 40,65 MPa untuk benda uji setelah diperbesar penampangnya (*Concrete Jacketing*)
3. Pengujian kapasitas beban aksial maksimum didapat hasil Pn rata-rata kolom cor utuh sebesar 1139,73 kN, Kolom diperbesar penampangnya (*Jacketing*) menggunakan *Chemical Anchor* sebesar 990,470 kN dan Kolom yang diperbesar penampangnya (*Jacketing*) tanpa menggunakan *Chemical Anchor* sebesar 878,130 kN.
4. Perhitungan dengan menggunakan rumus teoritis Pn pada penelitian ini memiliki hasil yang sama sehingga tidak menggambarkan perbandingan untuk setiap model benda uji. Hasil perhitungan benda uji kolom cor utuh memiliki nilai kapasitas beban aksial hasil analitis lebih kecil 143,816 kN (12,168 %) dari hasil uji lab. Kemudian untuk kolom Jacketing dengan *Chemical Anchor* nilai kapasitas beban aksial hasil analitis lebih besar 5,444 kN (0,549 %) dari hasil uji lab. Selanjutnya untuk kolom Jacketing tanpa *Chemical Anchor* nilai kapasitas beban aksial hasil analitis lebih besar 117,784 kN (13,413 %) dari hasil uji lab.

Saran

1. Perhitungan yang didapat dari hasil teoritis perlu direduksi untuk memperhitungkan kapasitas kolom yang diperkuat menggunakan metode *Concrete Jacketing* dan *Anchor*.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dan lebih teliti untuk mengetahui penyebab nilai Pn menggunakan *anchor* lebih besar dari nilai Pn tanpa *anchor*.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang faktor reduksi yang dipakai dalam rumus Pn maks pada perhitungan analitis.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh letak pemasangan anchor terhadap nilai Kapasitas Beban Aksial yang terjadi pada kolom.
5. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang *anchor* sebagai pengaruh tulangan geser.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin Soenaryo, M.Taufik H dan Hendra Siswanto, 2009, *Perbaikan Kolom Beton Bertulang menggunakan Concrete Jacketing dengan Prosentase Beban Runtuh yang Bervariasi*, Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 3, No.2, 2009. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-1974-1990 tentang “*Metode Pengujian Kuat Tekan*”.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 07-2052-2002 tentang “*Baja Tulang beton*”
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-2834-2000 tentang “*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.”
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-2847-2002 tentang “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*”
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-2847-2013 tentang “*Persyaratan beton struktur untuk bangunan gedung*.” Hal 17,25,56,75,78
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-3976-1995 tentang “*Tata cara pengadukan dan pengecoran beton*.” Hal 1
- Ferbianti Kumaseh, 2015, *Pengaruh Jarak Sengakang Terhadap Kapasitas Beban Aksial Maksimum Kolom Beton Berpenampang Lingkaran & Segi Empat*, Skripsi. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Sam Ratulangi Manado.
- Nawy.E.G, 1990. *Beton bertulang (suatu Pendekatan Dasar)*, PT. Eresco, Bandung
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia, PBBI 1971 N.1-2
- SK SNI T-15-1991-03 “*Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*”. Hal 1,3
- Tjokrodinuljo, K., 2003, *Teknologi Bahan Konstruksi*, Buku Ajar. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Troxell, G.E. et al, *Composition and Properties of Concrete*, Second Edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1986.