

**UJI KEKUATAN LENTUR BALOK BETON PROFIL C UNTUK LANTAI
BANGUNAN BERTINGKAT**

(Skripsi)

**Oleh
TRI SUSANTO**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

UJI KEKUATAN LENTUR BALOK BETON PROFIL C UNTUK LANTAI BANGUNAN BERTINGKAT

Oleh :

TRI SUSANTO

Penelitian ini dilatar belakangi oleh berkurangnya lahan tempat tinggal sehingga pembangunan gedung menjadi vertical keatas, untuk mengurangi penggunaan kayu, semen dan pasir dalam pembuatan lantai bertingkat agar lantai lebih ringan dan murah biaya pembuatannya, maka dibuatlah balok beton profil c dengan panjang 200 cm, lebar 20 cm, berat 47,2 N dan biaya untuk pembuatannya sebesar Rp64.468,04. Diuji dengan system dua titik pembebanan (SNI 03-4431-1997). Tiga kali pengujian tunggal batang balok beton profil c, specimen pertama mampu menahan beban hingga 14.130 N, specimen kedua 15.543 N dan specimen ketiga 12.717 N. sedangkan hasil uji KERATON dengan cara yang sama, specimen pertama mampu menahan beban hingga 8.478 N, specimen kedua 9.891 N dan specimen ketiga 7.065 N.

Tiga batang profil c dirangkai seperti lantai dan diuji, profil c mampu menahan beban hingga 33.912 N sedangkan tiga batang KERATON menahan beban hingga 22.608 N. kedua specimen mengalami penurunan ketahanan terhadap tekanan.

Kata kunci: system dua titik pembebanan, SNI 03—4431-1997, Lantai bangunan bertingkat, beton profil ringan

ABSTRACT

**TEST OF CONCRETE OF CONCRETE BEAM PROFILE C
FOR FLOOR BUILDING FLOOR**

By :

TRI SUSANTO

This research is based on the decrease of residential land so that the construction of the building becomes vertical upwards, in order to reduce the use of wood, cement and sand in the flooring to make the floor lighter and cheaper the cost of manufacture, then made concrete beam c profile with length 200 cm, width 20 cm, weighing 47.2 N and the cost for manufacture is Rp64.468,04. Tested with two point loading system (SNI 03-4431-1997). Three times of a single bar a block of concrete C profile, the first specimen was able to withstand loads up to 14,130 N, 15,543 N second specimens and a third specimen of 12,717 N. While the results of the KERATON the same way, the first specimen was able to withstand loads up to 8,478 N, a second specimen of 9,891 N and the third specimen is 7,065N. Three c profile bars are strung together like floors and tested, c profiles are able to withstand loads of up to 33,912 N while three stems of KERATON bear loads of up to 22,608 N. both specimens decrease resistance to pressure.

Keywords: two-point loading system, SNI 03-4431-1997, Floor-level building, lightweight concrete profile.

**UJI KEKUATAN LENTUR BALOK BETON PROFIL C UNTUK LANTAI
BANGUNAN BERTINGKAT**

**Oleh
TRI SUSANTO**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi : **UJI KEKUATAN LENTUR BALOK BETON
PROFIL C UNTUK LANTAI BANGUNAN
BERTINGKAT**

Nama Mahasiswa : **Tri Susanto**

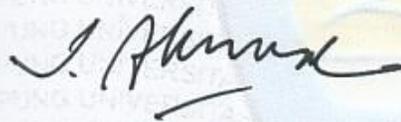
Nomor Pokok Mahasiswa : 1115021070

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

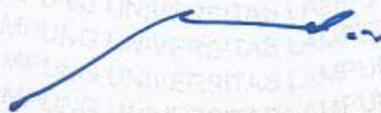


Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T.
NIP 19690801 199903 1 002



Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin



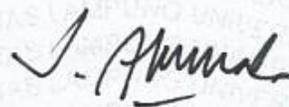
Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

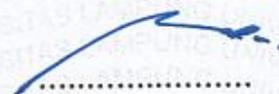
Ketua

: Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T.



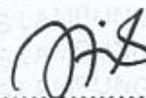
Sekretaris

: Ahmad Su'udi, S.T., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing **: Novri Tanti, S.T., M.T.**

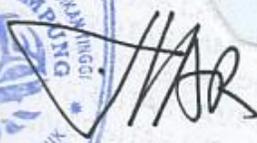


2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 September 2017

PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL
PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN
AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN
REKTOR No. 3187/H26/DT/2010.

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



TRISUSANTO
NPM. 1115021070

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung, Daya Murni pada 1992, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Pardi dan Slamet Winarsih. Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak Aisyiyah Bustanul Athfal di Daya Murni cabang Tulang Bawang Udik daerah Tulang

Bawang wilayah Lampung pada tanggal 10 juli 1999, melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN 01 Daya Asri, kecamatan Tumijajar kabupaten Tulang Bawang profinsi Lampung selesai pada tanggal 4 juli 2005, melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Tumijajar, Tulang Bawang Lampung selesai pada tanggal 21 juni 2008, menyelesaikan sekolah menengah kejuruan di SMK N 2 Terbangi Besar pada tanggal 16 mei 2011, dan pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Kemudian pada bidang akademik, penulis melaksanakan kerja praktek di PT. Daya Radar Utama Unit Lampung pada tahun 2014. Selama menjadi Mahasiswa, penulis aktif dalam Lembaga Kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai Kepala Divisi Kaderisasi periode 2013-2014, kemudian

menjadi Kepala Dinas Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) periode 2014-2015, setelah itu menjabat sebagai Dewan Pembina Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin periode 2015-2016. Pada skripsi ini penulis melakukan penelitian pada bidang perancangan dengan judul **“UJI KEKUATAN LENTUR BALOK BETON PROFIL C UNTUK LANTAI BANGUNAN BERTINGKAT”** dibawah bimbingan Bapak Dr. Jamiatul Akmal, S.T.,M.T. dan Bapak Ahmad Su’udi, S.T.,M.T.

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Segala puji dn syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **UJI KEKUATAN LENTUR BALOK BETON PROFIL C UNTUK LANTAI BANGUNAN BERTINGKAT**. Shalawat teriring salam penulis sanjung agungkan kepada suri tauladan Nabi besar Muhamad SAW, kepada para sahabat, keluarga, serta kepada pengikutnya yang sampai detik ini masih istiqomah menjalankan sunnah-sunah-Nya.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku dean fakultas teknik Universitas Lampung.

2. Bapak Ahmad Su'udi, S.T.,M.T. selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung dan sebagai pembimbing kedua tugas akhir ini, yang telah banyak mencurahkan waktu dan fikirannya bagi penulis.
3. Bapak Dr. Jamiatul Akmal, S.T.,M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir, yang telah banyak meluangkan waktu, ide, perhatian, sabar dan motivasi untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Novri Tanti, S.T.,M.T. selaku pembahas tugas akhir ini, yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
5. Seluruh Dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung dan para staf Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
6. Ayahanda pardi serta ibundaku slamet winarsih yang selalu memberikan kasih sayang, semangat sabar menunggu dan selalu memberikan do'anya kepadaku serta kedua saudaraku Natam dan suyati yang selalu memberikan motivasinya.
7. Rekan-rekan korewa syarif, yudi, anam, fahmi, wahyu, dedek, rian, andica dan fadli yang selalu ada disaat senang maupun sedih
8. Seluruh Rekan-rekan angkatan 2011 yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu persatu
9. Rekan seperjuangan dalam menyelesaikan tugas akhir ini deni demulas. Serta prasetyo budyanto, beby tetha dartini, agung, tofik dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri maupun bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Bandar Lampung, 9 september 2017

Penulis

Tri Susanto

KARYA INI KUPERSEMBAHKAN UNTUK:

Kedua Orang Tuaku Tercinta

**Sahabat-Sahabat Seperjuangan Penulis
Teknik Mesin 2011**

**Almamater Tercinta
Teknik Mesin Universitas Lampung**

MOTTO

**“ALLAH SWT TIDAK MEMBEBANI SESEORANG
MELAINKAN DENGAN KESANGGUPANNYA”**

(Al-Qur'an, Surat Al-Baqarah : 286)

**“BARANG SIAPA KELUAR UNTUK MENCARI ILMU MAKA DIA BERADA
DIJALAN ALLAH”**

(HR. Tarmidzi)

“DAN, ALLAH MENYERTAI ORANG-ORANG YANG BERSABAR”

(QS Al-Anfal : 66)

DAFTARISI

	Halaman
DAFTARISI	i
DAFTARSIMBOL	iii
DAFTARGAMBAR	iv
DAFTARTABEL	vi
BABI PENDAHULUAN	1
1.1Latar Belakang.....	1
1.2TujuanPenelitian.....	3
1.3BatasanMasalah.....	3
1.4SistematikaPenulisan.....	4
BABII TINJAUANPUSTAKA	5
2.1Jenis-JenisBalokBeton.....	5
2.2Jenis-jenisPengujianBalokBetonBertulang.....	9
2.3KonstruksiBatangBetonBertulang.....	12
2.4Tegangan.....	12
2.5MomenInersia.....	14
2.6Diagramgayageserdanmomenlentur.....	17
2.7Defleksi.....	22
2.8DongkrakHidrolik.....	24
2.9MomenInersiapada BalokBetonProfilC.....	25

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	29
	3.1 Alur Penelitian.....	29
	3.2 Pembuatan Spesimen.....	31
	3.3 Pembuatan Alat Uji Kekuatan Lentur Balok Beton Profil C.....	37
	3.4 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	43
	3.5 Teknik Eksperimental.....	43
	3.6 Analisa Teoritik Untuk Balok Beton Bertulang.....	46
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	54
	4.1 Pengujian Balok Beton Profil C.....	54
	4.2 Pengujian Beton Keraton	59
	4.3 Pengujian Balok Beton Profil C Dengan Menggunakan Software.....	64
	4.4 Pengujian Tiga Buah Beton Profil C yang Dijiadikan Satu	70
	4.5 Pengujian Tiga Buah Beton Keraton yang Dirangkai Menjadi Satu.....	72
	4.6 Pengujian Tiga Buah Batang Balok Beton Profil C yang Dirangkai menjadi Satu menggunakan software	74
	4.7 Perbandingan biaya pembuatan balok beton profil C dengan keraton (keramik komposit beton).....	79
	4.8 Pembahasan.....	80
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	82
	5.1 Simpulan.....	82
	5.2 Saran.....	83

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
f_{lt}	Kuat Lentur bendajaji	mm^2 N/
P	beban maksimum	kN
L	jarak (bentang) antar dua perletakan	m
b	lebar tampang lintang patah arah horizontal	m
h	lebar tampang lintang patah arah vertical	m
c	jarak rata-rata antar tampang lintang patah dan tumpuan terdekat, diukur pada tempat-tempat pada sisi titik dari bentang	m
σ	tegangan	N/m ²
F	beban yang diberikan atau gaya	Newton
A _o	luas penampang mula-mula	mm ²
V	gayageser	kN
M	momen lentur	kNm

E	modulusElastisitas	Gpa
R	jari-jari	mm
G	grafitasi	m/s
q	bebanmati	N
p1,p2	bebanhidup	N
I	momeninersia	kgm ²

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
Gambar1.1 Balok Material Keramik Komposit.....	2
Gambar1.2 BalokBeton profil C.....	2
Gambar 2.1 Dak Keraton.....	7
Gambar2.2 BetonBerpori (Baliton CLC).....	8
Gambar2.3 BendaUji, Perletakan dan Pembebanan.....	9
Gambar2.4. (a) Kontruksi Batang BetonBertulang,(b)bodi beton, (c)rangkatulangan beton profile.....	12
Gambar2.5 PotonganPenampang.....	14
Gambar2.6 Penampang Dengan Sumbu Transformasi.....	16
Gambar2.7 GayaGeserdan MomenLenturpadaBalok.....	18
Gambar2.8. PerjanjianTandaUntuk GayaGeserdan MomenLentur.....	19
Gambar2.9 Deformasi Akibat GayaGeserdanMomenLentur.....	20
Gambar2.10 Diagram GayaGeserdan MomenLenturBeban Terpusat.....	20
Gambar2.11 Diagram GayaGeserdan MomenLenturBeban Terbagi Rata	21
Gambar2.12 (a)Balok sebelum terjadi deformasi,(b)Balok dalam konfigurasi terdeformasi.....	23
Gambar2.13 Penampang BalokBeton.....	26
Gambar3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian.....	31

Gambar3.2	Cetakan balok beton profil c.....	32
Gambar3.3	Proses Pembuatan Besi Cincin.....	33
Gambar3.4	Besi Tulangan.....	33
Gambar3.5	LubangBesi Tulangan.....	34
Gambar3.6	Menyatukan besi tulangan.....	34
Gambar3.7	Proses meratakan adukansemen pada cetakan.....	35
Gambar3.8	proses pelepasan balok beton profil cdari cetakan.....	35
Gambar3.9	pemasangan keraton dengan semendan pasir.....	36
Gambar3.10	hasil PerakitanKeraton	37
Gambar3.11	sketsa alatujibeton	38
Gambar3.12	PengelasanTitik Untuk Penyambungan Awal.....	39
Gambar3.13	PengelasanKeseluruhanUntuk Penyambungan Permanen	40
Gambar3.14	Pemasangan Dongkrak Hidrolik PadaRangka.....	40
Gambar3.15	Pemasangan RangkaUji PadaPondasi.....	41
Gambar3.16	Proses Pengamplasan RangkaUji.....	41
Gambar3.17	Proses Pengecatan RangkaUji.....	42
Gambar3.18	hasil modifikasi dongkrakyangdilengkapi dengan <i>PressureGauge</i>	43
Gambar3.19	BendaUji, Peletakan PadaBendaUji.....	45
Gambar3.20	ModelBalok (Beton Sketsa).....	46
Gambar3.21	DiagramBendaBebas.....	47
Gambar3.22	Diagram Momen.....	48
Gambar3.23	titik tegangan	51
Gambar4.1	spesimen tunggal balok beton profil cpengujian pertama.....	55

Gambar4.2 spesimentunggal balok beton profilc pengujian kedua.....	57
Gambar4.3 spesimentunggal balok beton profilc pengujian ketiga.....	58
Gambar4.4 spesimentunggal beton keraton pengujian pertama.....	60
Gambar4.5 spesimentunggal beton keraton pengujian kedua.....	62
Gambar4.6 spesimen tunggal beton keraton pengujian ketiga.....	64
Gambar4.7 tegangan terbesar pada pengujian tunggal balok beton profil c menggunakan software dengan tumpuan jepit.....	65
Gambar4.8 tegangan terbesar pada pengujian tunggal balok beton profil c yang kedua menggunakan software dengan tumpuan sederhana.....	67
Gambar4.9 grafik perbandingan hasil pengujian antar beton profil c dengan beton keraton.....	68
Gambar4.10 pengujian tiga buah balok beton profil c yang dirangkai menjadi Satu.....	71
Gambar4.11 hasil pengujian tiga buah keraton yang dirangkai menjadi Satu.....	73
Gambar4.12 tegangan terbesar pada pengujian tiga buah balok beton profil c yang dirangkai menjadi satu menggunakan software dengan tumpuan dijepit.....	75
Gambar 4.13 tegangan terbesar pada pengujian tiga buah balok beton profil c yang dirangkai menjadi satu menggunakan software dengan tumpuan sederhana.....	76
Gambar4.14 grafik perbandingan hasil pengujian beton profil c dan keraton secara langsung menggunakan alat uji beton serta pengujian balok beton profil c menggunakan software dengan tiga batang specimen yang dirangkai menjadi satu.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
Tabel 2.1 Luas dan Titik <i>Centroid</i> pada Penampang Balok Beton.....	26
Tabel 4.1 Hasil pengujian specimen tunggal beton profil C nomor 1.....	53
Tabel 4.2 Hasil pengujian specimen tunggal beton profil C nomor 2.....	56
Tabel 4.3 Hasil pengujian specimen tunggal beton profil C nomor 3.....	58
Tabel 4.4 Hasil pengujian specimen tunggal keraton nomor 1.....	59
Tabel 4.5 Hasil pengujian specimen tunggal keraton nomor 2.....	61
Tabel 4.6 Hasil pengujian specimen tunggal keraton nomor 3.....	63
Tabel 4.7 Hasil pengujian tunggal balok beton profil C menggunakan software dengan tumpuan jepit.....	65
Tabel 4.8 Hasil pengujian tunggal balok beton profil C yang kedua menggunakan software dengan tumpuan sederhana.....	68
Tabel 4.9 Hasil pengujian specimen tiga batang balok beton profil C yang dirangkai menjadi satu.....	70
Tabel 4.10 Hasil pengujian specimen tiga batang beton keraton yang dirangkai menjadi satu.....	72
tabel 4.11 Hasil pengujian tiga batang balok beton profil C yang dijadikan satu menggunakan software dengan tumpuan jepit.....	72

tabel4.12hasilpengujiantigabatangbalokbetonprofilmenggunakansoftware dengantumpuansederhana.....	76
Tabel4.13Rincianbiayamembuatbalokbetonprofilcdenganpanjang 2meter.....	79
Tabel4.14Rincianbiayamembuatkeratondenganpanjang2meter.....	80

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk di dunia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Semakin bertambahnya jumlah penduduk pada saat ini, serta sifat manusia yang selalu hidup berkumpul disuatu tempat agar lebih dekat dengan tempat kerja, lebih mudah mendapatkan fasilitas kesehatan, pendidikan, dan fasilitas umum lainnya Menyebabkan penumpukan penduduk di suatu daerah. Permintaan akan kebutuhan lahan kosong juga semakin meningkat. Berkurangnya lahan kosong yang tersedia mengakibatkan harga tanah yang semakin mahal harganya. Naiknya harga tanah serta semakin sedikitnya lahan kosong inilah yang mendorong pembangunan gedung menjadi vertikal. Munculnya gedung bertingkat seperti gedung perkantoran, rumah sakit, gedung sekolah, dan rumah tinggal adalah salah satu solusi dari permasalahan tersebut.

Pada bangunan gedung bertingkat, balok beton bertulang pada saat ini banyak digunakan untuk pembuatan lantainya. Dikarenakan harganya lebih murah, cepat dan mudah pemasangannya, serta mengurangi penggunaan kayu sebagai alas pengecorannya, Seperti pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Balok Material Keramik Komposit
(sumber : <http://dakbetonkeraton.com>)

Untuk mengurangi penggunaan dari bahan dasar berupa pasir dan semen supaya memiliki berat yang lebih ringan dari balok beton lainnya, maka dibuatlah rancangan balok beton profil ringan untuk pemasangan lantai bangunan bertingkat yang efektif oleh Joko Pransytio pada tahun 2015 yang memiliki keunggulan lebih murah biaya pembuatan dan lebih ringan di bandingkan dengan balok beton keraton. Balok beton tersebut diberi nama balok beton profil C karena bentuknya yang seperti huruf C seperti gambar 1.2.



Gambar 1.2. Balok Beton profil C

Untuk keamanan atau layak tidaknya pemakaian dari balok beton profil C sebelum diaplikasikan kepada masyarakat. Maka, perlu dilakukan uji kekuatan lentur balok beton profil C tersebut untuk mengetahui kuat lentur dan sifat keruntuhan dari balok beton profil C.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat lentur dari balok beton profil C dan sifat keruntuhannya. Kemudian membandingkannya dengan hasil pengujian balok beton keraton yang sudah di pakai oleh masyarakat pada saat ini.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Pengujian kuat lentur dengan sistem dua titik pembebanan terpusat dengan menggunakan standar pengujian (SNI 03-4431-1997).
2. Panjang specimen 2 m
3. Membandingkan hasil uji balok beton profil C dengan balok beton keraton.
4. Perbandingan semen dan pasir pada beton profil c adalah 2:1
5. Umur beton yang akan diuji harus lebih dari 28 hari.
6. Specimen yang diuji adalah beton profil c tunggal dan tiga batang beton profil c yang dirangkai menjadi satu seperti lantai.

1.4 Sistematika penulisan

Adapun sistematika penulisan pada tugas akhir ini dibagi menjadi lima, yaitu:

I. Pendahuluan

Bab ini berdiri atas beberapa sub bab, yaitu tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang berisikan teori dasar yang mendukung penelitian ini, serta parameter-parameter yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.

III. Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang tahapan-tahapan yang akan digunakan dalam perancangan alat, serta menjelaskan tentang bagaimana cara penelitian dan pengambilan data yang dilakukan.

IV. Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisikan data-data yang telah didapatkan dari hasil penelitian dan juga berisikan tentang pembahasannya.

V. Simpulan dan Saran

bab ini berisikan simpulan yang dapat ditarik beserta saran yang dapat disampaikan dari penelitian yang telah dilakukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis-Jenis Balok Beton

Ada beberapa macam jenis balok beton diantaranya yaitu, beton keraton (keramik komposit beton) dan beton berpori (baliton CLC).

2.1.1 Beton Keraton (keramik komposit beton)

Dak keraton itu sendiri adalah singkatan dari dak keramik komposit beton. Sebelum dibawa ke Indonesia melalui proyek bantuan pembangunan industri dan diawasi oleh UNIDO/UNDP (PBB Project INS/74/034) beton keraton ini lahir dari hasil kerjasama beberapa Negara di Eropa.

Konstruksi keraton merupakan struktur pelat lantai bangunan bertingkat yang efisien, praktis dan ekonomis. Bahan pembuat keramik komposit beton atau keraton ini menyerupai bahan pembuatan balok bata tetapi dibuat berlubang-lubang di tengahnya, lubang di tengah adalah konstruksi yang sudah dihitung dengan tepat, agar bisa kuat menahan beban ketika digunakan sebagai pelat lantai atau pelat rusuk lantai dan lubang pada tengah juga berfungsi untuk mengurangi berat dari bata keraton itu

sendiri. Keraton yang baik adalah campuran tanah liat yang dipanaskan hingga mencapai suhu diatas 1000 derajat celcius. Konstruksi keraton merupakan struktur pelat lantai bangunan bertingkat yang ekonomis, praktis dan efisien karena penggunaan keraton juga dapat menghemat besi beton hingga 70%, jika pemasangannya menggunakan teknik pelat satu arah/one way slab.

Beberapa keuntungan menggunakan dak beton keraton (keramik komposit beton) adalah sebagai berikut:

1. Beton Keraton dapat menahan beban hingga 750Kg/m, kekuatannya relative sama dengan pelat lantai konvensional
2. Proses pengerjaannya lebih cepat Lebih hemat karena penghematan tenaga kerja dan waktu Lebih efisien karena dapat dikerjakan secara bersamaan dengan pekerjaan yang lain di lantai bawah atau pun dibagian atasnya Lebih murah dibanding plat beton konvensional biasa
3. Lebih ringan sehingga mengurangi beban bangunan
4. Tidak banyak memerlukan Scaffolding/kayu stagger (penyangga cetakan pelat beton)
5. Bisa sebagai peredam panas dan suara, karena ada rongga udara
6. Tidak bocor, jika digunakan
7. sebagai atap Bisa sebagai elemen estetika/artistic untuk lantai dibawahnya, jika tanpa di tutup plafon
8. Keberadaan Rongga di dalam keraton (Keramik Komposit Beton) akan memudahkan kita untuk menangkap “signal”



Gambar 2.1 Dak Keraton

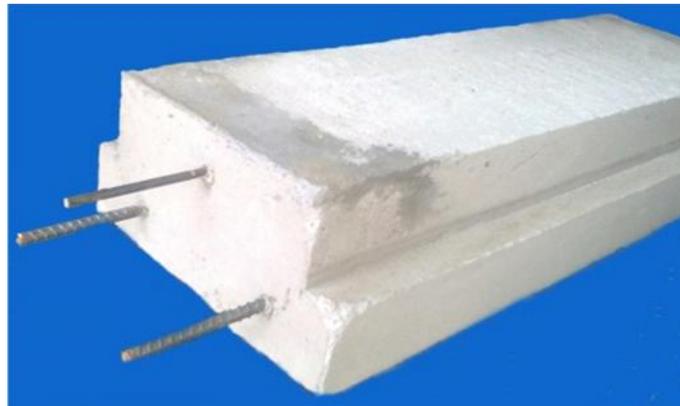
Unsur aman pengecoran dak keraton kekuatan dak *ceiling brick* (keramik komposit beton) sudah diuji laboratorium yang mendapat hasil bahwa *ceiling brick* akan melendut pada beban diatas 500 kg/m^2 . Hasil ini sesuai dengan loading Test-II No LB/ BPPU/ 001-12/ IX/ 9906.09.99. Dak Keraton memiliki dua jenis yaitu yang memiliki ketebalan 10 cm dan 12 cm. Harga per-satuan dak Keraton Rp 9.500 untuk ketebalan 12 cm dan Rp 8.500 untuk ketebalan 10 cm. Harga pemasangan dan *finishing* per- m^2 berkisar Rp 550.000 sampai Rp 750.000 (<http://dakbetonkeraton.com>, 2016).

2.1.2 Beton Berpori (Baliton CLC)

Balok lantai beton atau juga disingkat menjadi baliton, sedangkan CLC nya sendiri adalah singkatan dari cellular lightweight concrete. Karena

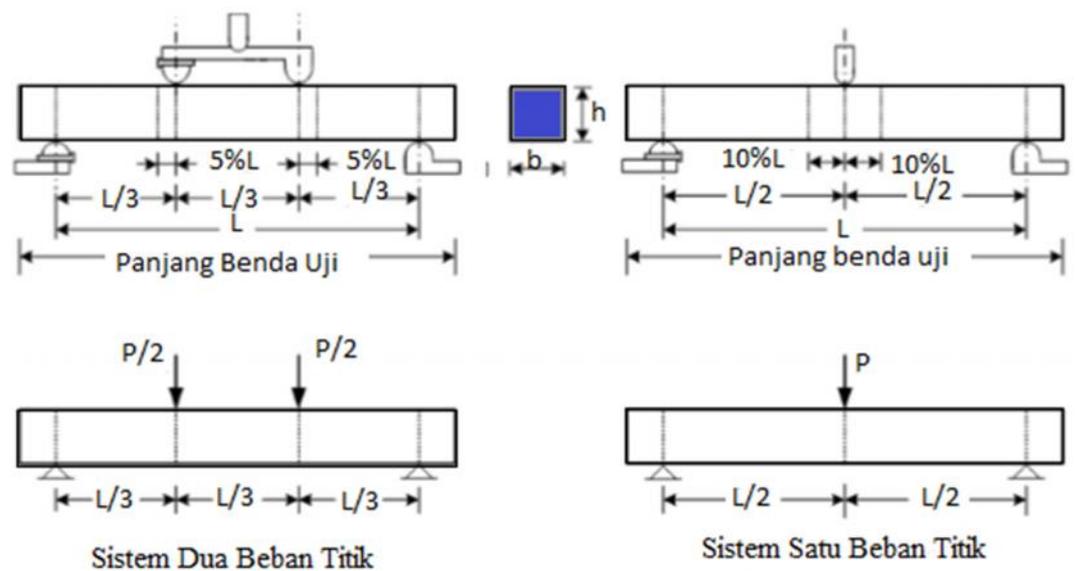
baliton itu sendiri memiliki berat jenis (density) lebih ringan daripada beton pada umumnya maka juga sering disebut dengan beton ringan. Berat dari beton ringan ini dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Dan berat pada umumnya beton ringan memiliki berat berkisar antara 600 – 1600 kg/m³. Karena itu beton ringan memiliki keunggulan pada beratnya, sehingga akan berdampak pada perhitungan pondasi bangunan, karena penggunaan beton ini mengurangi berat dari bangunan itu sendiri. harga dari baliton CLC itu sendiri adalah sebesar Rp 550.000 permeter persegi.

Keunggulan kompetitif yang dimiliki dari baliton clc ini adalah sangat cocok untuk Negara tropis seperti Indonesia karena tahan terhadap kelembapan, daya serap airnya kurang dari 16%, Kedap suara dan ramah lingkungan (www.baliton.net,2016).



Gambar 2.2 Beton Berpori (Baliton CLC)
(sumber: <http://www.baliton.net>)

2.2 Jenis-jenis Pengujian Balok Beton Bertulang



Gambar 2.3 Benda Uji, Perletakan dan Pembebanan
(sumber: http://uji_pembebanan_balok_beton.net)

metode yang digunakan untuk pengujian kuat lentur beton normal dengan sistem dua titik pembebanan (SNI 03-4431-1997) atau sistem satu titik pembebanan (SNI 03- 4145-1996), dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam melaksanakan pengujian kuat lentur beton di laboratorium Tujuannya adalah untuk memperoleh nilai kuat lentur beton normal guna keperluan perencanaan dan pelaksanaan.

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah. Titik pembebanan adalah titik (satu atau dua titik tergantung sistem pembebanan yang digunakan) pada jarak

tertentu sebagai tempat beban diberikan. Perhitungan Kuat lentur beton dihitung dengan ketentuan dan rumus-rumus yang tergantung metoda pengujian atau sistem pembebanan, sbb:

a. Sistem Pembebanan Dua Titik

- a) Bila akibat pengujian patahnya benda uji berada didaerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik beton, maka dihitung menurut persamaan

$$f_{lt} = \frac{F.L}{b.h^2} \quad (1)$$

- b) Bila akibat pengujian benda uji patah diluar pusat (diluar 1/3 jarak titik perletakan) dibagian tarik beton, dan jarak antara titik patah dan titik pusat (beban) kurang dari 5% jarak titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung dengan rumus:

$$f_{lt} = \frac{3.P.c}{b.h^2} \quad (2)$$

- c) Untuk benda uji akibat pengujian patah diluar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik patah dan titik pembebanan lebih dari 5% bentang, maka /hasil pengujian tidak dipergunakan.

b. Sistem Pembebanan Satu Titik

- a) Bila akibat pengujian patahnya benda uji tepat berada dibawah beban (ditengah benda uji), maka dihitung menurut persamaan

$$f_{lt} = \frac{3.F.L}{2.b.h^2} \quad (3)$$

b) Bila akibat pengujian benda uji patah tidak tepat dibawah beban dibagian tarik beton, dan jarak antara titik patah dan titik beban kurang dari 10% jarak titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung dengan rumus:

$$f_{lt} = \frac{3.P.c}{b.h^2} \quad (4)$$

c) Untuk benda uji akibat pengujian patah tidak tepat dibawah beban pada bagian tarik beton dan jarak antara titik patah dan titik beban lebih dari 10% bentang, maka hasil pengujian tidak dipergunakan. Dengan :

f_{lt} : Kuat Lentur benda uji

P : beban maksimum

L : jarak (bentang) antara dua perletakan

b : lebar tampang lintang patah arah horizontal

h : lebar tampang lintang patah arah vertikal

c : jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan terdekat, diukur pada tempat-tempat pada sisi titik dari bentang.

Besaran pengukuran intensitas gaya atau reaksi dalam yang timbul per satuan luas disebut dengan tegangan. Dalam praktik teknik, gaya umumnya diberikan dalam *pound* atau *newton*, dan luas yang menahan dalam inch^2 atau mm^2 . Akibatnya tegangan biasanya dinyatakan dalam $\text{pound}/\text{inch}^2$ yang sering disingkat *psi* atau $\text{Newton}/\text{mm}^2$ (MPa). Tegangan yang dihasilkan pada keseluruhan benda tergantung dari gaya yang bekerja. Dalam praktik, ada dua pengertian kata tegangan, yaitu :

- a. Gaya dalam total suatu batang tunggal yang umumnya dikatakan sebagai tegangan total.
- b. Gaya per satuan luas atau intensitas tegangan, yang umumnya ditunjukkan sebagai tegangan satuan.

Benda akan bertambah panjang sebesar L mm Pada saat benda menerima beban sebesar F kg. Dan pada Saat itu tegangan yang bekerja pada material dapat dihitung dengan rumus (*engineering stress*) :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (5)$$

Keterangan:

σ = tegangan (N/m^2)

F = beban yang diberikan (*Newton*),

A_0 = luas penampang mula - mula (mm^2).

Sedangkan tegangan hasil pengukuran intensitas gaya reaksi yang dibagi dengan luas permukaan sebenarnya (*actual*) disebut dengan *true stress*. True stress itu sendiri dapat kita hitung dengan (Beer dan Jhonson, 1987):

$$\sigma = F/A \quad (6)$$

dengan:

= tegangan (N/m^2)

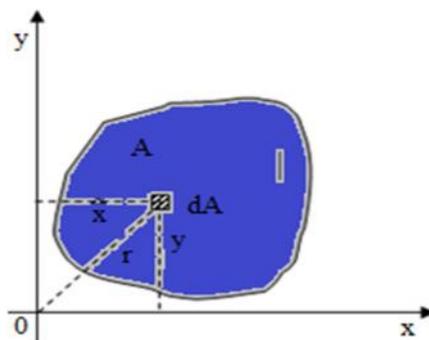
$F = \text{Gaya (N)}$

$A_0 = \text{Luas permukaan sebenarnya (mm}^2\text{)}$

Tegangan pada balok beton sama dengan tegangan normal pada balok. Tegangan normal dianggap negatif jika menimbulkan penekanan (*compression*) dan dianggap positif jika menimbulkan suatu tarikan (*tensile*).

2.5 Momen Inersia

Momen inersia dapat disebut juga momen kedua. Data momen inersia suatu penampang dari komponen struktur akan diperlukan pada perhitungan-perhitungan tegangan lentur, tegangan geser, tegangan torsi, defleksi balok, kekakuan balok/kolom dan sebagainya. Luasan A pada Gambar 2.5 merupakan bidang datar yang menggambarkan penampang dari suatu komponen struktur, dengan dA merupakan suatu luasan/elemen kecil (Cheng,1997).



Gambar 2.5. Potongan Penampang

Secara sistematis momen inersia ditentukan dengan persamaan-persamaan berikut:

Momen Inersia terhadap sumbu x :

$$I_x = \int y^2 dA \quad (7)$$

Momen Inersia terhadap sumbu y:

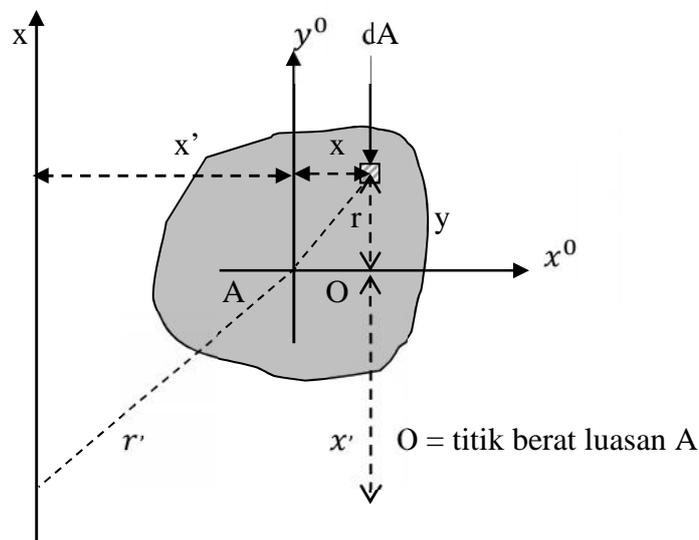
$$I_y = \int x^2 dA \quad (8)$$

Momen Inersia Perkalian (*Product of Inertia*):

$$I_{xy} = \int xy dA \quad (9)$$

Momen inersia pada Persamaan (7) dan Persamaan (8), selalu bertanda positif, sedangkan momen inersia perkalian pada Persamaan (9) dapat bertanda negatif. Momen inersia pada ketiga persamaan tersebut penggunaannya terbatas pada momen inersia bidang tunggal, sedangkan secara umum banyak bidang/penampang merupakan gabungan dari beberapa penampang tunggal. Misalnya penampang yang berbentuk L adalah gabungan dari dua penampang segi empat. Untuk menyelesaikan momen inersia pada penampang gabungan diperlukan pengembangan dari Persamaan (7), (8), dan (9). yang disebut dengan Teori Sumbu Sejajar (Cheng, 1997).

a. Teori Sumbu Sejajar





Gambar 2.6. Penampang Dengan Sumbu Transformasi

Momen inersia terhadap sumbu x:

$$I_x = \int (y + y')^2 dA$$

$$I_x = \int y^2 dA + \int 2yy' dA + \int y'^2 dA$$

$$I_x = \int y^2 dA + 2y' \int ydA + y'^2 \int dA$$

Sumbu x^0 melalui titik berat bidang A, maka $\int ydA = 0$, sehingga:

$$I_x = I_x^0 + Ay'^2 \quad (10)$$

Momen inersia terhadap sumbu y:

$$I_y = \int (x + x')^2 dA$$

$$I_y = \int x^2 dA + \int 2xx' dA + \int x'^2 dA$$

$$I_y = \int x^2 dA + 2x' \int xdA + x'^2 \int dA$$

Sumbu y^0 melalui titik berat bidang A, maka $\int xdA = 0$, sehingga:

$$I_y = I_y^0 + Ax'^2 \quad (11)$$

Momen inersia polar:

$$I_p = \int [(x + x')^2 + (y + y')^2] dA$$

$$I_p = \int [x^2 + 2xx' + x'^2 + y^2 + 2yy' + y'^2] dA$$

$$I_p = \int (x^2 + y^2) dA + (x'^2 + y'^2) \int dA + 2x' \int x dA + 2y' \int y dA$$

Sumbu x^o dan sumbu y^o melalui titik berat luasan A, maka :

$$\int x dA = 0 \text{ dan } \int y dA = 0$$

Sehingga:

$$I_p = I_p^o + Ar'^2 \tag{12}$$

Momen inersia perkalian:

$$I_{xy} = \int (x + x')(y + y') dA$$

$$I_{xy} = \int xy dA + y' \int x dA + x' \int y dA + x' y' \int dA$$

Sumbu x^o dan sumbu y^o melalui titik berat luasan A, maka

$$\int x dA = 0 \text{ dan } \int y dA = 0$$

Sehingga:

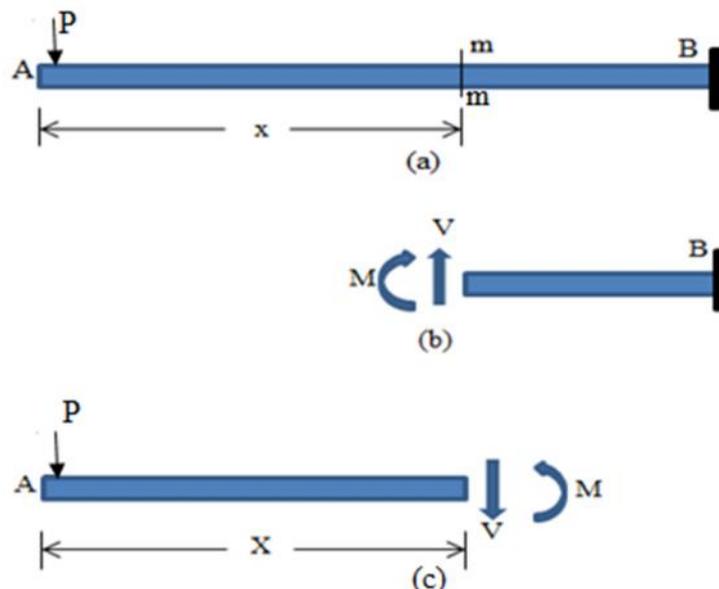
$$I_{xy} = I_{xy}^o + Ax'y' \tag{13}$$

Untuk mempermudah tampilan distribusi tegangan yang terjadi maka dibuatkan diagram yaitu diagram gaya gesar dan momen lentur.

2.6 Diagram gaya geser dan momen lentur

Pada saat suatu balok dibebani oleh gaya atau kopel, tegangan dan regangan akan terjadi diseluruh bagian interior balok. Untuk menentukan besarnya tegangan dan regangan,

Pada gambar 2.7 dapat kita lihat sebuah batang yang dijepit pada titik B dan diberi beban pada titik A.



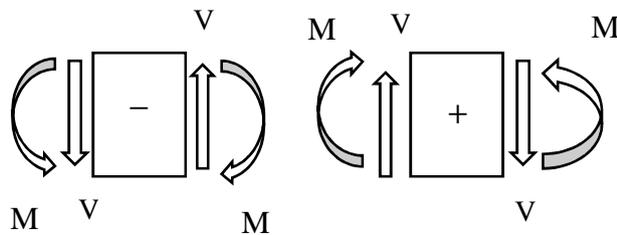
Gambar 2.7. Gaya Geser dan Momen Lentur pada Balok

Balok dipotong melintang mm yang terletak pada jarak x dari ujung bebas. Resultan dari tegangan yang bekerja di penampang adalah gaya geser (V) dan momen lentur (M). Beban (P) beban berarah transversal terhadap sumbu balok, maka tidak ada gaya aksial pada penampang. Gaya geser dan momen lentur dihitung dari persamaan keseimbangan untuk potongan pada gambar 2.7.c diperoleh :

$$\Sigma V = 0 \rightarrow P - V = 0 \rightarrow V = P$$

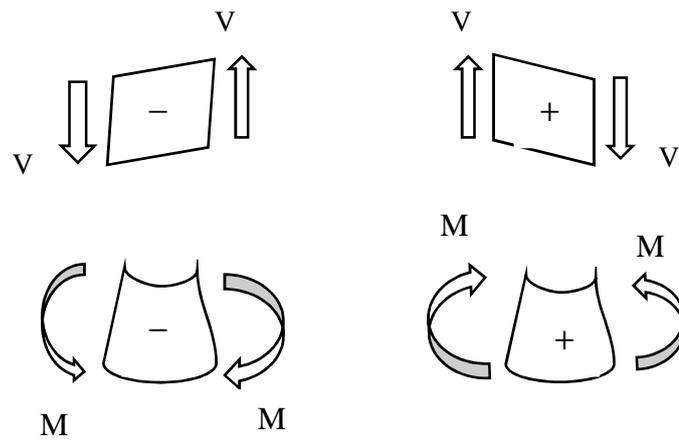
$$\Sigma M = 0 \rightarrow M - Px = 0 \rightarrow M = Px$$

Gaya dan momen bekerja pada elemen balok yang dipotong antara dua penampang yang jaraknya berdekatan satu sama lain. Pada balok, gaya geser positif bekerja searah jarum jam terhadap bahan dan gaya geser negatif bekerja berlawanan jarum jam terhadap bahan. Momen lentur positif menekan bagian atas balok dan momen lentur negatif menekan bagian bawah balok.



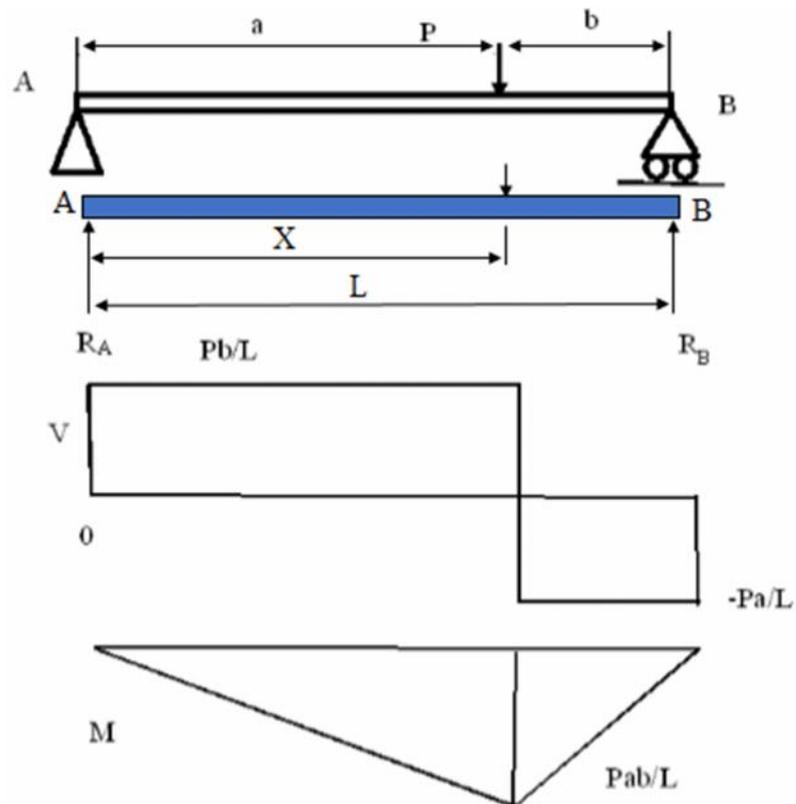
Gambar 2.8. Perjanjian Tanda Untuk Gaya Geser dan Momen Lentur

Gaya geser positif cenderung mengubah bentuk elemen dengan muka kanan bergerak ke bawah relatif terhadap muka kiri. Momen lentur positif menekan (memperpendek) bagian atas dan menarik bagian bawah balok (Wang dan Charles, 1984).



Gambar 2.9. Deformasi Akibat Gaya Geser dan Momen Lentur

Diagram pada Gambar 2.10 menunjukkan kondisi balok jika menerima beban terpusat.



Gambar 2.10. Diagram Gaya Geser dan Momen Lentur Beban Terpusat

Dari gambar 2.10 didapatkan persamaan sebagai berikut

$$R_A = \frac{Pb}{L}; R_B = \frac{Pa}{L}$$

$$V = R_A = \frac{Pb}{L} \rightarrow (0 < x < a)$$

$$M = R_A x = \frac{Pbx}{L}$$

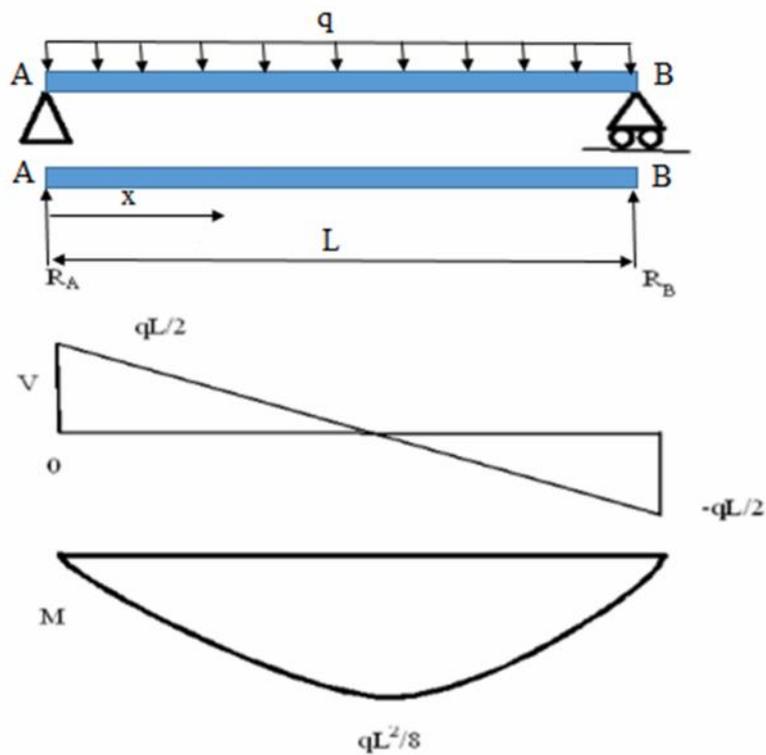
$$V = R_A - P = \frac{Pb}{L} - P = \frac{Pa}{L} \rightarrow (a < x < L)$$

$$M = R_A x - P(x - a) = \frac{Pbx}{L} - P(x - a)$$

$$M = \frac{Pa}{L}(L - a)$$

$$M_{max} = \frac{Pab}{L}$$

Diagram pada gambar 2.11 menunjukkan kondisi balok jika menerima beban terdistribusi di sepanjang balok.



Gambar 2.11. Diagram Gaya Geser dan Momen Lentur Beban Terbagi Rata

$$R_A = R_B = \frac{qL}{2}$$

$$V = R_A - qx = \frac{qL}{2} - qx \rightarrow (0 < x < L)$$

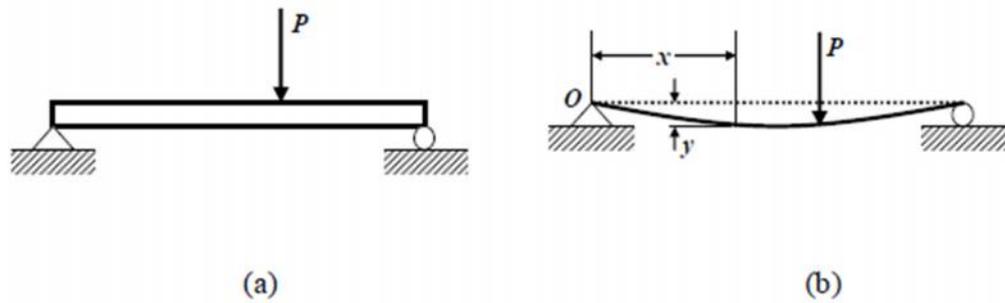
$$M = R_A x - qx = \frac{qL}{2}x - qx$$

$$M_{max} = \frac{qL^2}{8}$$

Untuk menunjang data distribusi tegangan maka menentukan defleksi atau perubahan bentuk harus diketahui.

2.7 Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah sumbu y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Gambar 2.12.(a) memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar 2.12.(b) adalah balok dalam konfigurasi terdeformasi yang diasumsikan akibat aksi pembebanan (Thimoshenko S.P. dan Goodier J.N, 2004).



Gambar 2.12. (a)Balok sebelum terjadi deformasi,(b)Balok dalam konfigurasi terdeformasi

Jarak perpindahan y didefinisikan sebagai defleksi balok. Dalam penerapan, kadang kita harus menentukan defleksi pada setiap nilai x disepanjang balok. Hubungan ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan yang sering disebut persamaan defleksi kurva (atau kurva elastis) dari balok.

Sistem struktur yang di letakkan horizontal dan yang terutama diperuntukkan memikul beban lateral, yaitu beban yang bekerja tegak lurus sumbu aksial batang. Beban semacam ini khususnya muncul sebagai beban gravitasi, seperti misalnya bobot sendiri, beban hidup vertikal, dan lain-lain. Contoh sistem balok dapat dikemukakan antara lain, balok lantai gedung, gelagar jembatan, balok penyangga keran, dan sebagainya. Sumbu sebuah batang akan terdeteksi dari kedudukannya semula bila benda dibawah pengaruh gaya terpakai. Dengan kata lain suatu batang akan mengalami pembebanan *transversal* baik itu beban terpusat maupun terbagi merata akan mengalami defleksi.

a. Teori Momen Luas Pertama

Sudut antara tangen A dan tangen B sama dengan luasan diagram M M antara kedua titik dibagi EI.

$$\theta = \int_B^A \frac{M dx}{EI} \quad (14)$$

Keterangan: θ = Sudut Kemiringan

M = Momen Lentur dengan jarak x dari titik B

E = modulus Elastisitas

I = momen Inersia

Teori ini dipergunakan untuk:

1. Menghitung lendutan.
2. Menghubungkan putaran sudut antara titik-titik yang dipilih sepanjang sumbu balok.

b. Teori Momen Luas Kedua

Jarak vertikal B pada kurva defleksi dan tangen A sama dengan momen dikali jarak (*centroid area*) dibagi EI.

$$\Delta = \int_B^A \frac{Mx dx}{EI} \quad (15)$$

= Defleksi

Teori momen luasan kedua berguna untuk mendapatkan lendutan, karena memberikan posisi dari suatu titik pada balok terhadap garis singgung disuatu titik lainnya (Thimoshenko S.P. dan Goodier J.N, 2004).

2.8 Dongkrak Hidraulik

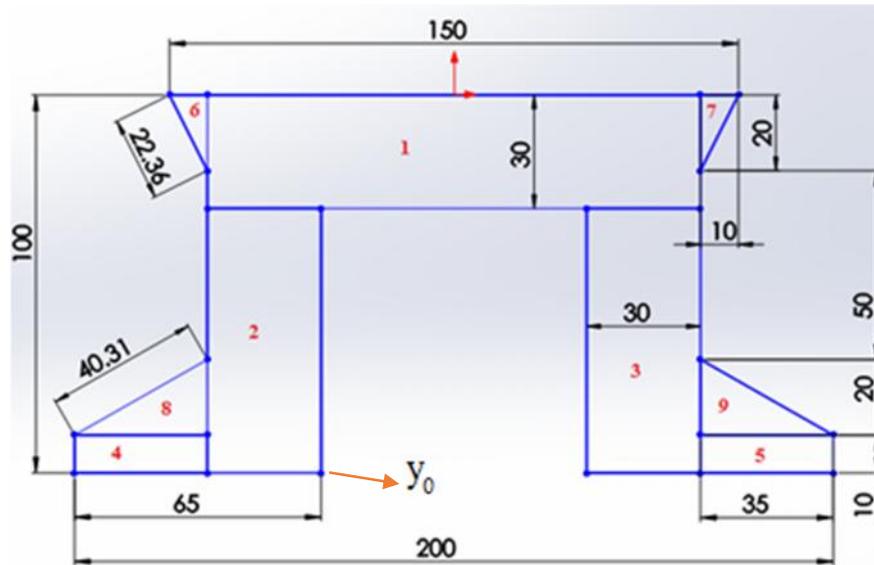
Dongkrak dimodifikasi dengan ditambahkan pressure gauge bertujuan agar ketika pengujian untuk mengetahui seberapa besar tekanan yang dihasilkan dari dongkrak tersebut. Adapun perhitungan untuk pressure gauge nya yaitu :

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \times 30^2 \text{ mm}^2 \\ &= 2826 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2.9 Momen Inersia pada Balok Beton Profil C

a. Menentukan titik *Centroid*

Pada penampang balok beton profil c dibuat menjadi 9 bangun yang bisa kita lihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Penampang Balok Beton (Joko Pransytio, 2015)

Untuk mempermudah dalam melakukan perhitungan maka penampang balok beton dibagi menjadi 9 bangun dan ditabelkan pada Tabel berikut ini. Cara menghitung titik centroid dimulai dari bawah bentuk gambarnya.

Tabel 2.1. Luas dan Titik *Centroid* pada Penampang Balok Beton.

Bangun	Luas(A), mm ²	Titik <i>centroid</i> (y), mm
1	3900	85
2	2100	35
3	2100	35
4	350	5
5	350	5
6	100	93,33
7	100	93,33
8	350	16,67
9	350	16,67
Jumlah	9700	385

$$y = \frac{\sum y \cdot A}{\sum A}$$

$$y = \frac{(2 \times 93,33 \times 100) + (2 \times 16,67 \times 350) + (2 \times 5 \times 350) + (2 \times 35 \times 2100) + (85 \times 3900)}{(2 \times 100) + (2 \times 350) + (2 \times 350) + (2 \times 2100) + 3900}$$

$$y = 52,28 \text{ mm (jarak dihitung dari bawah)}$$

b. Besar Momen Inersia (I)

Untuk menghitung momen inersia dapat dihitung dengan persamaan ini .

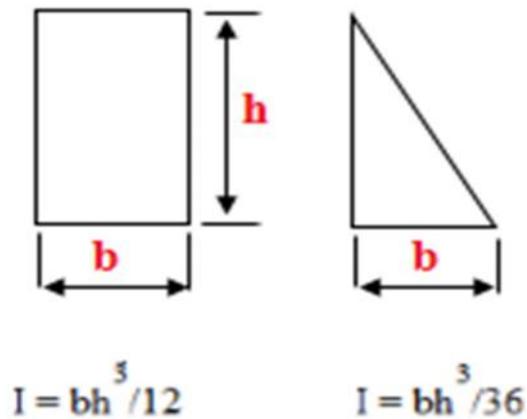
$$I = I_o + A (d)^2 \quad (16)$$

Keterangan ;

I_o = momen Inersia, mm^4

A = Luas penampang, mm^2

d = Jarak *centroid* bangun dengan titik *centroid* penampang, mm



$$1. \text{ Momen inersia } (I_1) = (bh^3/12) + A (d)^2$$

$$= (130 \times 30^3/12) + 3900 \times (32,72)^2$$

$$= 4467833,76 \text{ mm}^4$$

$$2. \text{ Momen inersia } (I_2 \text{ dan } I_3) = (bh^3/12) + A (d)^2$$

$$= (30 \times 70^3/12) + 2100 \times (17,28)^2$$

$$= 148556,64 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Momen inersia } (I_4 \text{ dan } I_5) &= (bh^3/12) + A (d)^2 \\
 &= (35 \times 10^3 / 12) + 350 \times (47,28)^2 \\
 &= 785306,1 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ Momen inersia } (I_6 \text{ dan } I_7) &= (bh^3/36) + A (d)^2 \\
 &= (10 \times 20^3 / 36) + 100 \times (38,1)^2 \\
 &= 147383,22 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ Momen inersia } (I_8 \text{ dan } I_9) &= (bh^3/36) + A (d)^2 \\
 &= (35 \times 20^3 / 36) + 350 \times (35,61)^2 \\
 &= 451603,035 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I = I &= 2 \times 147383,22 + 2 \times 451603,035 + 2 \times 785306,1 + 2 \times \\
 &148556,64 + 4467833,76 \\
 I &= 10205531,75 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

c. Besar Tegangan Pada Balok Beton

Untuk menghitung besar tegangan menggunakan persamaan

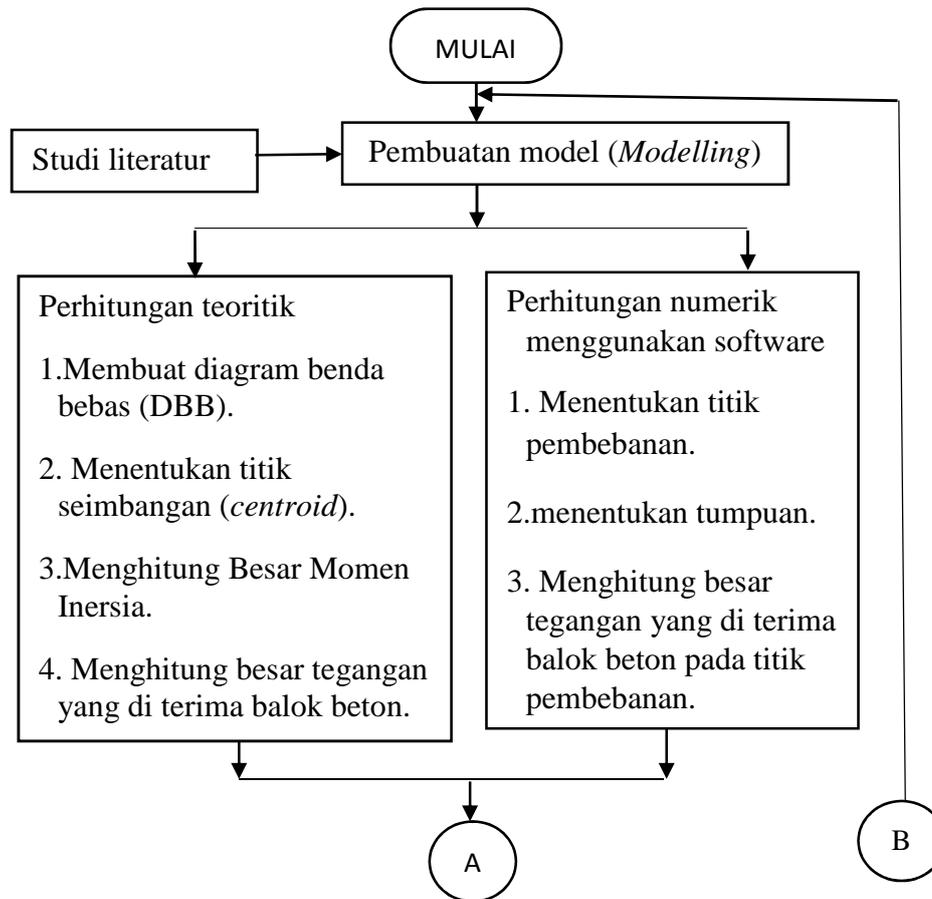
$$\begin{aligned}
 &= \frac{M \times y}{I} \\
 &= \frac{1,233 \times 10^6 \text{ Nmm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4} \\
 &= 6,316 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

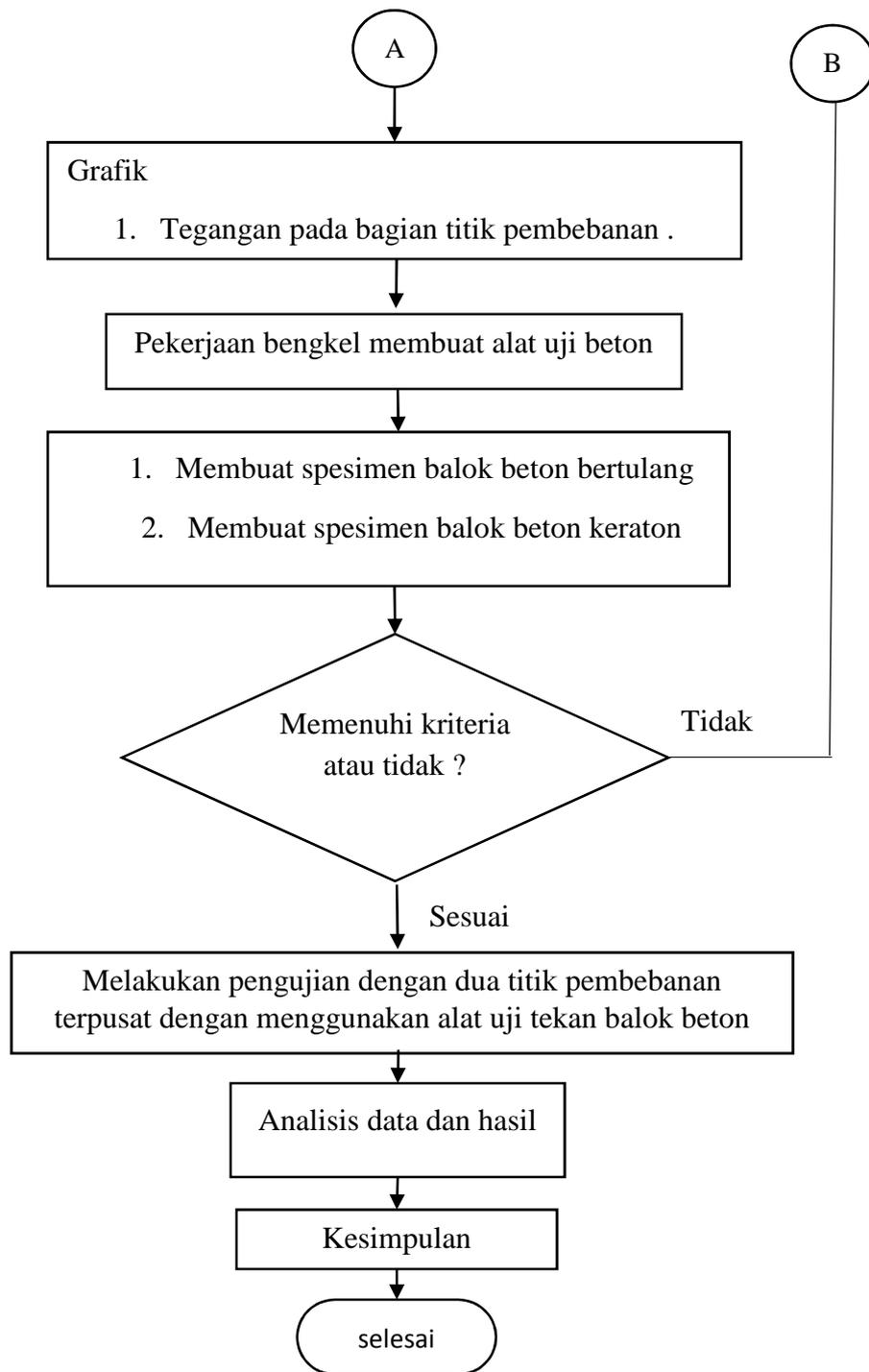
III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam menguji kuat uji tekan balok beton profil C dengan pengujian dua titik pembebanan ditekan hingga patah atau hingga mengalami kegagalan pada balok beton profil C.

3.1 Alur Penelitian

Secara garis besar alur penelitian ini dijelaskan pada gambar 3.1 :





Gambar 3.1. *Flowchart* Penelitian

3.2 Pembuatan Spesimen

3.2.1 Langkah Pembuatan Specimen

a) Balok Beton Profil C

Tahapan-tahapan dalam membuat spesimen balok beton bertulang adalah sebagai berikut.

- a. Membuat cetakan sesuai dengan dimensi balok beton. Namun, untuk spesimen dibatasi 2000 mm, karena panjang tersebut sudah dapat mewakili dimensi balok yang akan dibuat. cetakan terbuat dari kayu. Digunakan untuk membentuk adonan semen agar menjadi bentuk dan ukuran sesuai yang di inginkan.



Gambar 3.2. Cetakan balok beton profil c

- b. Membuat dan membentuk besi cincin dengan diameter 4 mm menggunakan alat pembengkok besi. besi cincin ini berfungsi sebagai penguat balok beton dan untuk mencegah balok beton terbelah. Besi cincin yang digunakan berukuran 4 mm.



Gambar 3.3. Proses Pembuatan Besi Cincin

- c. Menyiapkan besi tulangan yang berdiameter 10 mm dan 8 mm yang dipotong sepanjang 240 mm. 400 mm digunakan disamping spesimen agar dalam pengaplikasian dapat disatukan dengan dinding bangunan.



Gambar 3.4. Besi Tulangan

- d. Memasukkan besi tulangan ke lubang-lubang yang ada pada cetakan. Besi berdiameter 8 mm pada lubang nomer 1 dan 2. Sedangkan besi berdiameter 10 mm pada lubang 3 dan 4



Gambar 3.5. Lubang Besi Tulangan

- e. lalu menyatukan besi tulangan dengan besi cincin. Jarak antar besi cincin yaitu 250 mm.



Gambar 3.6 Menyatukan besi tulangan

- f. Membuat adukan paduan semen dan pasir dengan komposisi 1:2, dalam membuat adukan semen disarankan sedikit cair agar dalam penuangan ke cetakan, adukan semen dapat masuk kesela-sela cetakan.
- g. Meratakan adukan semen pada cetakan khususnya pada permukaan cetakan.



Gambar 3.7. Proses meratakan adukan semen pada cetakan

- h. Proses pelepasan balok beton profil ringan dari cetakan



Gambar 3.8. proses pelepasan balok beton profil c dari cetakan

b) Balok Beton Keraton

1. Sebelum kerato (keramik komposit beton) dirangkai dalam satu rangkaian memanjang, dianjurkan agar keraton direndam ke dalam air sampai benar-benar jenuh air (± 15 menit).
2. Aturlah keraton ke arah memanjang sepanjang bentangan maksimal 2 meter.
3. Letakkan besi tulangan 10 mm di bagian atas dan 8 mm di bagian bawah keraton. kemudian ikatlah rangkaian tersebut dengan kawat bendrat pada setiap 4-5 blok keraton (1 meter) dan pada kedua ujungnya agar besi tulangan benar-benar lurus
4. Sisi sambungan antara keraton ditutup rapat dengan adukan semen dan pasir (1:3), dengan demikian rangakaian blok keraton telah terbentuk menjadi balok keraton.



Gambar 3.9 pemasangan keraton dengan semen dan pasir

5. Diamkan dulu \pm 2 hari hingga mencapai pengerasan maksimum. Usahakan rangkaian KERATON selalu dalam keadaan lembab (disiram-siram setiap hari).
6. Setelah 2 hari didiamkan, maka rangkaian dibalik dan setelah berumur 28 hari maka siap untuk di uji.



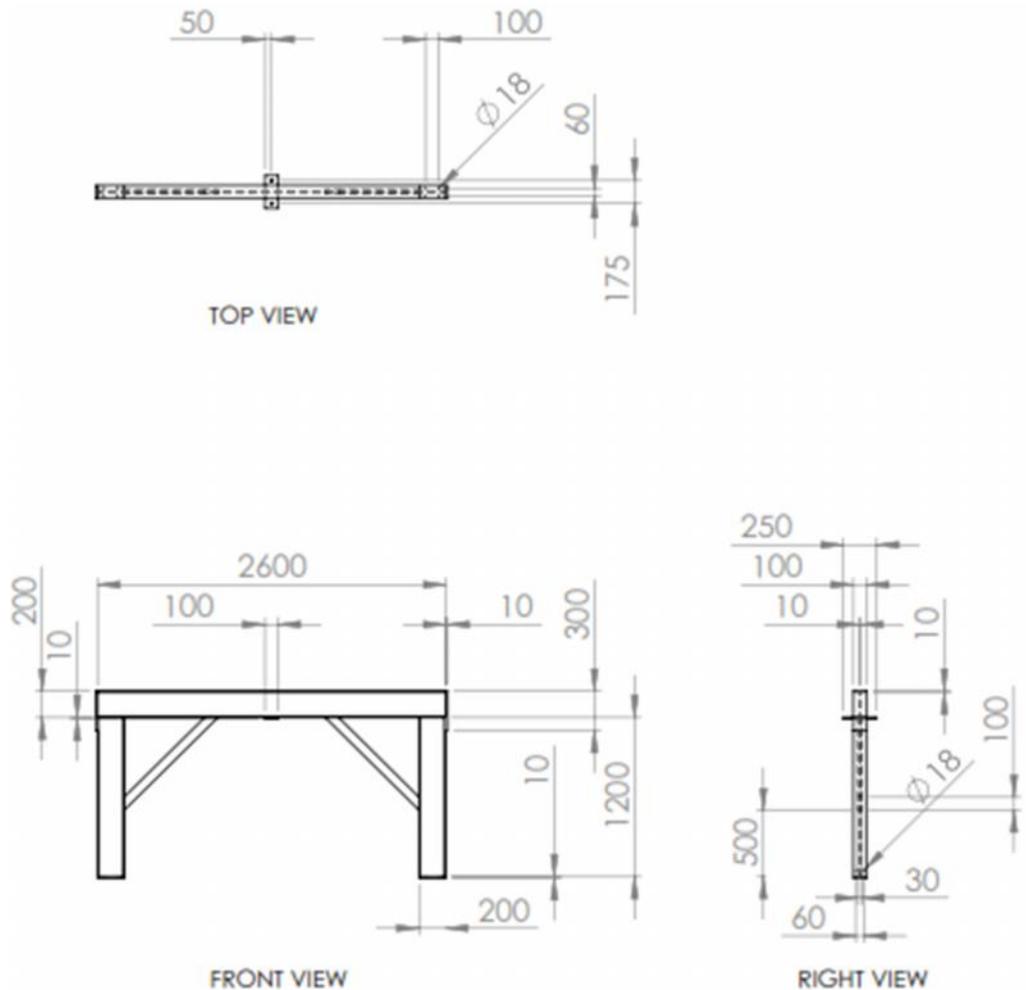
Gambar 3.10. hasil Perakitan Keraton

3.3 Pembuatan Alat Uji kekuatan Lentur Balok Beton Profil C

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan alat uji lentur profil ringan. adalah sebagai berikut :

3.3.1. Tahap Pembuatan Gambar Rangka Uji

Dalam proses pembuatan alat uji tekan beton bertulang ini, yang pertama dilakukan adalah membuat gambar sketsa. Tujuan pembuatan gambar sketsa ini untuk mempermudah pembuatan sesuai dengan keinginan dan langkah kerja.



Gambar 3.11. sketsa alat uji beton

3.3.2 Tahap Pembuatan Rangka

Setelah peralatan dan bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap, maka tahap selanjutnya adalah tahap pembuatan rangka. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan alat uji lentur profil ringan sebagai berikut :

a. Proses Pengeboran

Langkah pertama yaitu dilakukan pengeboran untuk dudukan baut-baut. Pengeboran dilakukan agar rangka dapat dibongkar pasang pada coran pondasi, apabila saat terjadi kerusakan sehingga dapat di perbaiki /diganti dengan hanya melepas komponen yang rusak saja. Proses pengeboran ini menggunakan mata bor 25 mm.

b. Pengelasan Kerangka Alat Uji Lentur Profil Ringan.

Tahap selanjutnya yaitu pembuatan/pengelasan kerangka alat uji lentur profil ringan adalah mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan. Bahan yang digunakan dalam pembuatan alat uji lentur profil ringan ini adalah besi H, besi U, dan plat besi.



Gambar 3.12. Pengelasan Titik Untuk Penyambungan Awal

Setelah dilas titik dan besi sudah sesuai dengan sketsa, barulah dilas keseluruhan sambungannya



Gambar 3.13. Pengelasan Keseluruhan Untuk Penyambungan Permanen

c. Proses Pemasangan Dongkrak Hidrolik

Setelah rangka telah di bor, maka selanjutnya pemasangan dongkrak hidrolik pada rangka alat uji lentur balok beton profil ringan.



Gambar 3.14. Pemasangan Dongkrak Hidrolik Pada Rangka

d. Proses Pemasangan Rangka Uji Pada Pondasi Rangka Uji



Gambar 3.15. Pemasangan Rangka Uji Pada Pondasi

e. Proses Pengamplasan Rangka Uji

proses pengamplasan dilakukan untuk menghilangkan karat pada rangka agar cat melekat sempurna.



Gambar 3.16. Proses Pengamplasan Rangka Uji

f. Proses Pengecatan

proses pengecatan ini dilakukan agar besi rangka uji lebih tahan terhadap korosi sehingga alat uji bisa lebih tahan lama umur pakainya.



Gambar 3.17. Proses Pengecatan Rangka Uji

3. Tahap Modifikasi Dongkrak

Modifikasi dongkrak menggunakan pressure gauge ini bertujuan supaya ketika dilakukannya pengujian kita lebih mudah untuk mengetahui seberapa besar tekanan yang di hasilkan dari dongkrak tersebut. Dongkrak yang di gunakan memiliki kapasitas angkat hingga 30 ton.

Dongkrak berfungsi sebagai alat untuk memberikan tekanan kepada benda uji.



Gambar 3.18. hasil modifikasi dongkrak yang dilengkapi dengan *Pressure Gauge*

3.4 Waktu Dan Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di laboratorium teknik mesin. Sedangkan waktu pengambilan data dilakukan pada tanggal sebelas oktober 2016 untuk beton bertulang dan tanggal dua November 2016 pengambilan data untuk beton keraton.

3.5 Teknik Eksperimental

3.5.1 Prosedur Pengujian

- a) Ukur dan catat dimensi penampang benda uji, minimal di tiga tempat.
Kemudian ukur dan catat panjang benda uji pada keempat rusuknya.
- b) Timbang dan catat berat benda uji.

c) Buat garis-garis melintang (gambar 3.19) sebagai tanda dan petunjuk letak titik peletakan, dan titik pembebanan, serta:

(a) garis sejauh 5% dari jarak bentang, diluar titik perletakan beban, untuk sistem pembebanan 2 titik beban.

(b) garis sejauh 10% dari jarak bentang, diluar titik perletakan beban, untuk sistem pembebanan satu titik beban.

d) Letakkan blok tumpuan diatas meja mesin uji desak bagian bawah, dengan jarak antara kedua blok tumpuan tertentu sesuai dengan panjang benda uji.

e) Tempatkan benda uji yang sudah ditimbang, diukur, dan diberi tanda diatas dua blok tumpuan/perletakan, sedemikian sehingga letak benda uji tepat pada pusat tumpuan, dengan kedudukan sisi benda uji pada waktu pengecoran berada dibagian samping.

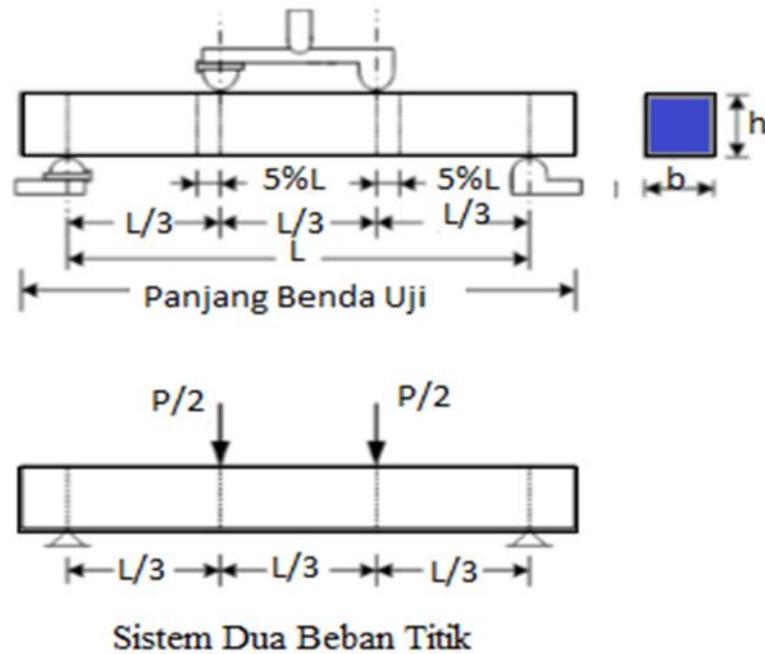
f) Letakkan blok beban pada titik pembebanan pada benda uji, sesuai dengan jumlah beban (gambar 3.19).

g) Jalankan mesin tekan, atur titik beban uji dari mesin tekan sehingga tepat ditengah-tengah blok beban. Pembebanan harus diatur sedemikian sehingga tidak menimbulkan beban kejut.

h) Kecepatan pembebanan harus kontinyu. Pada pembebanan sampai $\pm 50\%$ dari beban maksimum yang diperkirakan, kecepatan pembebanan boleh lebih cepat dari 6 kN per-menit. Setelah itu

sampai terjadi keruntuhan balok uji, kecepatan pembebanan harus diatur antara 4,3 kN s.d 6 kN per-menit.

- i) Setelah benda uji patah, hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan benda uji patah.



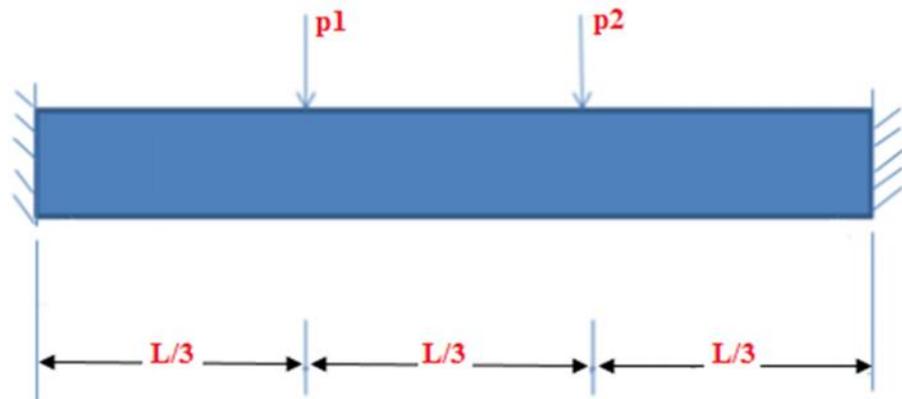
Gambar 3.19 Benda Uji, Peletakan Pada Benda Uji

- j) Ambil benda uji yang telah selesai diuji, Ukur dan catat tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm, sedikitnya pada tiga tempat dan ambil harga rata-ratanya.
- k) Ukur dan catat jarak rata-rata antara penampang lintang patah dari tumpuan terdekat pada empat tempat dibagian tarik pada arah bentang dan ambil harga rata-ratanya.
- l) Pada bidang patah, perhatikan apakah agregatnya pecah, lepas, atau kombinasi keduanya.

3.6 Analisa Teoritik Untuk Balok Beton Bertulang

3.6.1 Distribusi Tegangan Balok Beton

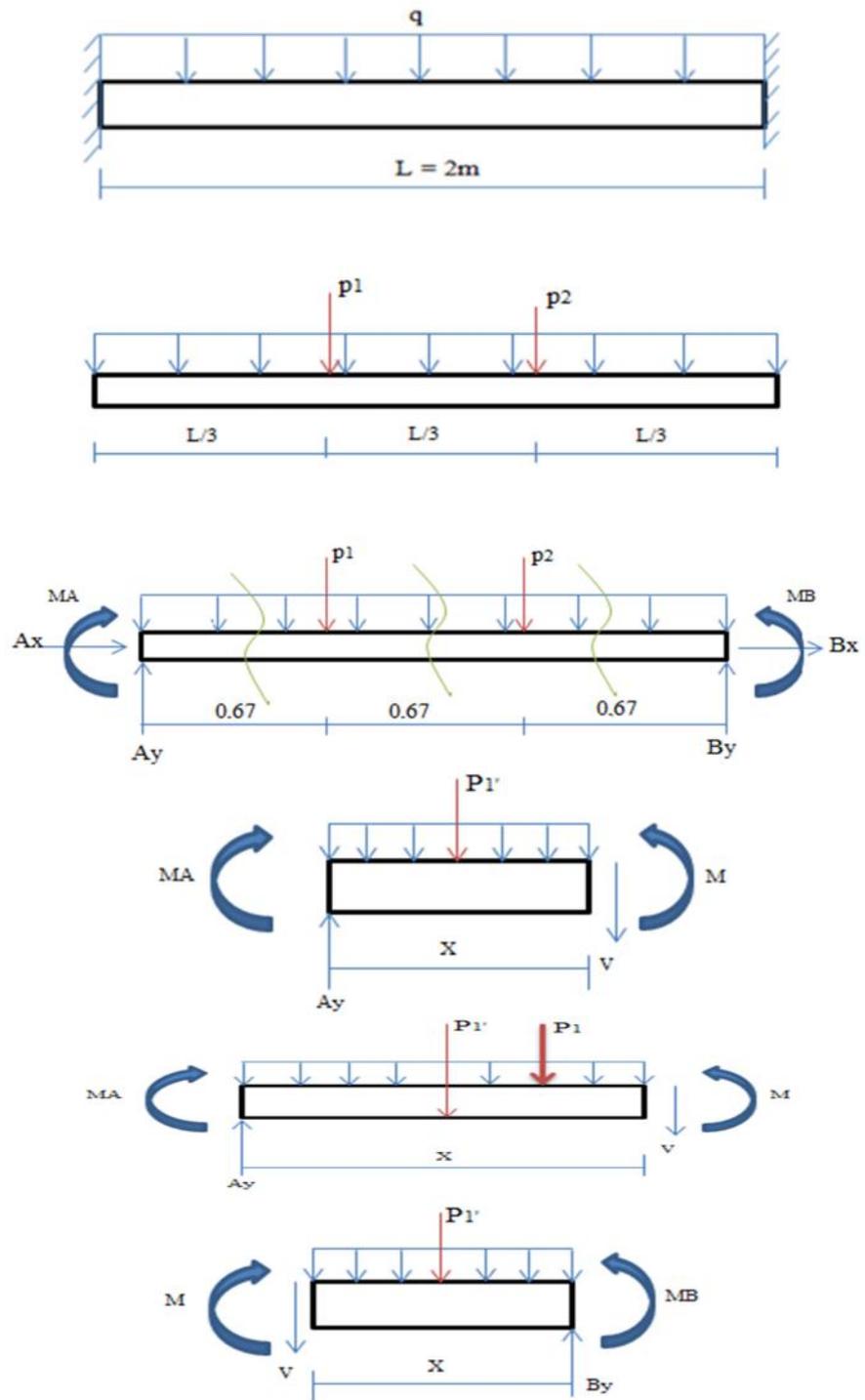
Pada balok beton tumpuan penjepit (*fix end*) dikarenakan besi tulangan yang ada pada balok beton bekerja pada dinding.



Gambar 3.20. Model Balok (Beton Sketsa)

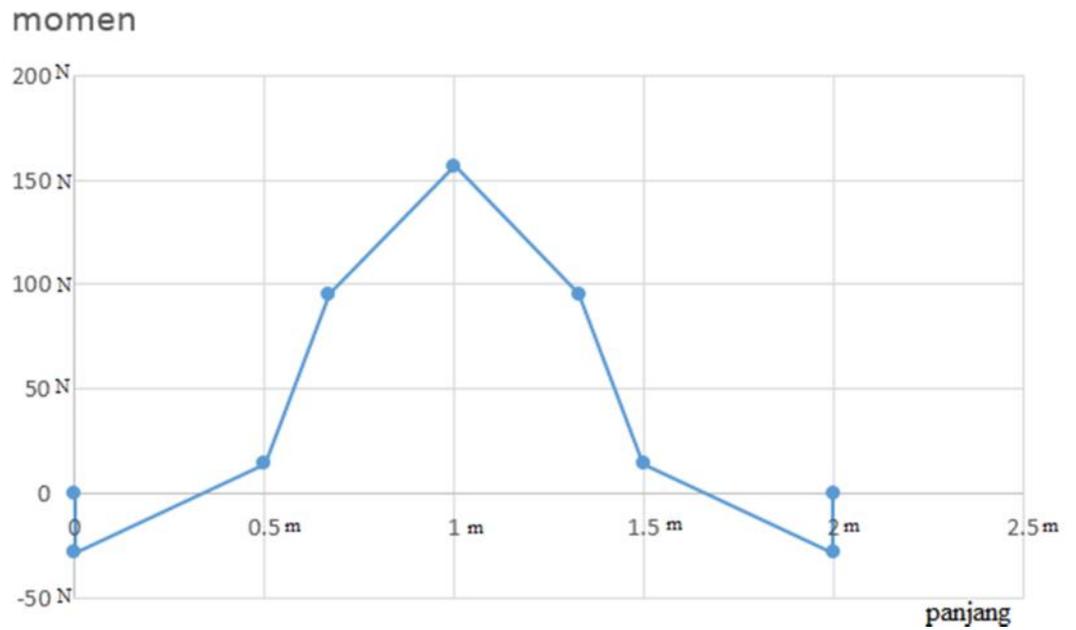
Panjang balok beton diasumsikan adalah 2 m, lebar 0,2 m, dan beban yang bekerja adalah beban hidup dan beban mati. Beban mati (beban yang tidak berubah) yaitu sebesar 85 N, yang terdiri dari berat balok beton 47,2 N, berat keramik 9,6 N (asumsi tebal keramik 1 cm), dan berat spesi 25,2 N (asumsi tebal spesi 3 cm). Beban hidup (beban yang berubah-ubah) 200 N. Jadi total beban (qL) adalah 285 N.

DBB (diagram benda bebas)



Gambar 3.21. Diagram Benda Bebas

Berdasarkan analisis secara matematis, didapatkan momen lentur pada titik-titik tertentu. Dari titik titik tersebut dibuatlah grafik atau diagram yang memperlihatkan besarnya momen lentur pada jarak tertentu sepanjang balok yang dapat dilihat pada gambar 3.22.



Gambar 3.22. Diagram Momen

200 N adalah ketentuan beban hidup untuk rumah tinggal.

$$A_y \text{ dan } B_y = (200 \text{ N} + 85 \text{ N})$$

$$= 285 \text{ N}$$

$$A_y = 142,5 \text{ N}$$

$$B_y = 142,5 \text{ N}$$

$$P_1 = 100 \text{ N}$$

$$P_2 = 100 \text{ N}$$

L adalah panjang dari specimen yaitu 2 m

$$L = 2 \text{ m}$$

Beban mati

q = beban mati

$q = 85 \text{ N}$

$$\begin{aligned}MBA &= -\frac{ql^2}{12} \\ &= -\frac{85\text{N} \cdot 2^2}{12} \\ &= -28,33 \text{ Nm}\end{aligned}$$

$MBA = MAB$

V adalah gaya geser yang akan dicari.

$$F_Y = 0 = A_y - P_1 - V = 0$$

$$V = A_y - P_1$$

$$V = 142,5 \text{ N} - 100 \text{ N}$$

$$V = 42,5 \text{ N}$$

$$A_y - P_1 - V = 0$$

$$142,5 \text{ N} - 100 \text{ N} - 42,5 \text{ N} = 0$$

M adalah momen lentur. Sedangkan p_1' adalah beban mati.

$$MAC = 0 \Rightarrow -MA + M - V \cdot X - P_1' \cdot \frac{X}{2} = 0$$

$$M = MA + (A_y - P_1) X + \frac{P_1' X^2}{2}$$

$$M = -28,33 \text{ Nm} + (142,5 \text{ N} - 100 \text{ N}) 0,5\text{m} + \frac{85\text{N} \cdot 0,5\text{m}^2}{2}$$

$$M = -28,33 \text{ Nm} + 21,25 \text{ Nm} + 21,25 \text{ Nm}$$

$$M = 14,17 \text{ Nm}$$

$$MAD = 0 \Rightarrow -MA + M - V \cdot X - P1' \cdot \frac{X}{2} + P1 \cdot X = 0$$

$$M = MA + (Ay - P1') X + \frac{P1' X}{2} + P1 \cdot 0,67m$$

$$M = -28,33 \text{ Nm} + 42,5 \text{ N} \cdot 0,67m + \frac{85N \cdot 0,67m}{2} + 100 \text{ N} \cdot$$

$$0,67m$$

$$M = -28,33 \text{ Nm} + 28,475 \text{ Nm} + 28,475 \text{ Nm} + 67 \text{ Nm}$$

$$M = 95,62 \text{ Nm}$$

$$MAE = 0 \Rightarrow -MA + M - V \cdot X - P1' \cdot \frac{X}{2} + P1 \cdot X = 0$$

$$M = MA + (Ay - P1') X + \frac{P1' X}{2} + P1 \cdot 1m$$

$$M = -28,33 \text{ Nm} + 42,5 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} + \frac{85N \cdot 1m}{2} + 100 \text{ N} \cdot 1m$$

$$M = -28,33 \text{ Nm} + 42,5 \text{ Nm} + 42,5 \text{ Nm} + 100 \text{ Nm}$$

$$M = 156,67 \text{ Nm}$$

$$FY = 0 \Rightarrow By - P2 - V = 0$$

$$V = By - P2$$

$$V = 142,5 \text{ N} - 100 \text{ N}$$

$$V = 42,5 \text{ N}$$

$$MBG = 0 \Rightarrow -MB + M - V \cdot X - P1' \cdot \frac{X}{2} = 0$$

$$M = MB + V \cdot X + \frac{P1' X}{2}$$

$$M = -28,33 \text{ Nm} + 42,5 \text{ N} \cdot 0,5m + \frac{85N \cdot 0,5m}{2}$$

$$M = -28,33 \text{ Nm} + 21,25 \text{ Nm} + 21,25 \text{ Nm}$$

$$M = 14,47 \text{ Nm}$$

$$MBF = 0 \Rightarrow -MB + M - V \cdot X - P1' \cdot \frac{X}{2} + P2 \cdot X = 0$$

$$M = MB + (Ay - P1') \cdot X + \frac{P1' \cdot X}{2} + P2 \cdot 0,67m$$

$$M = -28,33 \text{ Nm} + 42,5 \text{ N} \cdot 0,67 \text{ m} + \frac{85 \text{ N} \cdot 0,67 \text{ m}}{2} + 100 \text{ N} \cdot 0,67 \text{ m}$$

$$M = -28,33 \text{ Nm} + 28,475 \text{ Nm} + 28,475 \text{ Nm} + 67 \text{ Nm}$$

$$M = 95,62 \text{ Nm}$$

3.6.2 Besar Tegangan

Pada gambar 3.23. adalah titik penempatan momen pada balok yang ditunjukkan dengan huruf A,B,C,D,E,F, dan G.



Gambar 3.23. titik tegangan

$$A = \frac{M \times y}{I}$$

$$A = \frac{28,33 \text{ Nm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$A = \frac{28330 \text{ Nmm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$A = 0,145 \text{ N/mm}^2$$

$$B = \frac{M \times y}{I}$$

$$B = \frac{28,33 \text{ Nm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$B = \frac{28330 \text{ Nmm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$B = 0,145 \text{ N/mm}^2$$

$$C = \frac{M \times y}{I}$$

$$C = \frac{14,17 \text{ Nm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$C = \frac{14170 \text{ Nmm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$C = 0,072 \text{ N/mm}^2$$

$$D = \frac{M \times y}{I}$$

$$D = \frac{95,62 \text{ Nm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$D = \frac{95620 \text{ Nmm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$D = 0,490 \text{ N/mm}^2$$

$$E = \frac{M \times y}{I}$$

$$E = \frac{156,67 \text{ Nm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$E = \frac{156670 \text{ Nmm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$E = 0,802 \text{ N/mm}^2$$

$$F = \frac{M \times y}{I}$$

$$F = \frac{95,62 \text{ Nm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$F = \frac{95620 \text{ Nmm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$F = 0,490 \text{ N/mm}^2$$

$$G = \frac{M \times y}{I}$$

$$G = \frac{14,17 \text{ Nm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$G = \frac{14170 \text{ Nmm} \times 52,28 \text{ mm}}{10205531,75 \text{ mm}^4}$$

$$G = 0,072 \text{ N/mm}^2$$

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Balok beton profil C lebih kuat menahan beban dibandingkan dengan beton keraton.
2. Balok beton profil C akan menjadi lebih murah harga pembuatannya apabila diproduksi semakin banyak, sedangkan beton keraton harga pembuatannya akan sama saja walaupun diproduksi lebih banyak. Karena balok beton profil C yang mahal adalah biaya pembuatan cetakannya tetapi bisa digunakan berulang kali.
3. Balok beton profil C lebih ringan dibandingkan dengan keramik beton (keraton) dengan ukuran yang sama. Karena balok beton profil C memiliki berat 47,2 N sedangkan beton keraton memiliki berat 55 N.
4. Balok beton profil C dan beton keraton sama-sama mengalami penurunan kuat lentur untuk menahan beban ketika tiga buah specimen dirangkai menjadi satu kemudian diuji.
5. Sifat runtuhnya balok beton profil c ketika diberikan tekanan setelah retakan yang pertama, balok beton profil c tidak langsung runtuh secara total tetapi hanya bertambah retakan secara pelan-pelan ketika terus diberikan tekanan. Tidak langsung hancur karena tertahan oleh besi tulangan yang ada di dalam beton profil c sehingga aman ketika digunakan sebagai lantai bangunan bertingkat.

6. Bunyi yang cukup keras ketika balok beton profil c ketika pengujian adalah sebuah tanda bahwa telah terjadinya retakan.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Umur balok beton profil C harus lebih dari 28 hari karena di atas umur 28 hari kuat tahan terhadap beban dari balok beton profil C hanya mengalami sedikit perubahan.
2. Harus dilakukan penelitian lanjutan untuk menambahkan besi tulangan ke dalam rongga pengisi untuk merekatkan balok beton profil C ketika dirangkai menjadi rantai. Agar kuat tahan terhadap beban menjadi meningkat.
3. Membuat cetakan dari besi karena umur pakainya lebih panjang atau dapat digunakan berulang kali dibandingkan dengan kayu.
4. Untuk pemasangan balok beton profil c, besi tulangan harus dikaitkan dengan kuat pada besi yang dicor pada dinding.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 1997. SNI 03-4431-1997. Standarisasi Pengujian Dua Titik Pembebanan.

Cheng Fa Hwa. 1997. *Statics and Strength of Materials*. New York : McGrawHill International Editions.

Pransytio, J., 2015. Perancangan Balok Beton Profil Ringan Untuk Pemasangan Lantai Bangunan Bertingkat Yang Efektif. Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.

Thimosenko S.P. dan Goordier J.N. 2004. *Mechanics of material, sixth Edition*. New York : McGraw – Hill Book Company.

Whang Chu-Kia dan Charles G. Salmon. 1984. *Introductory Struktural Analysis*. PrenticeHall.

<http://dakbetonkeraton.com>. Diakses pada tanggal 5 september 2016.

<http://ujipembebananbalokbeton.net>. Diakses pada tanggal 5 september 2016.

[http// www.baliton.net](http://www.baliton.net). Diakses pada tanggal 5 september 2016.