

**STUDI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN PERILAKU LENTUR
KOMPOSIT BETON-BAJA RINGAN DENGAN
BETON-BERTULANG PADA PELAT SATU ARAH**

TESIS

Oleh :

**SYUKRIATI
NIM. 1920922014**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2022**

**STUDI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN PERILAKU LENTUR
KOMPOSIT BETON-BAJA RINGAN DENGAN
BETON-BERTULANG PADA PELAT SATU ARAH**

TESIS

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Penyelesaian Studi di Program Studi Magister
Teknik Sipil, DEPARTEMEN Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Andalas*

Oleh :

SYUKRIATI
NIM. 1920922014

PEMBIMBING I:
SABRIL HARIS H.G, PhD
NIP. 197610012000121003

PEMBIMBING II:
Prof. DR.Eng. RENDY THAMRIN
NIP. 196908151994121001



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2022**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS ANDALAS

STUDI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN PERILAKU LENTUR KOMPOSIT BETON-BAJA RINGAN DENGAN BETON-BERTULANG PADA PELAT SATU ARAH

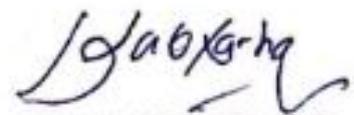
Oleh

NAMA : SYUKRIATI

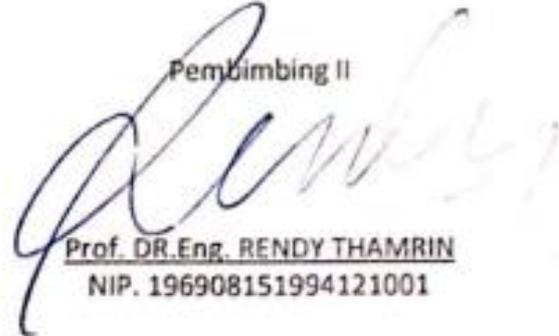
NIM : 1920922014



Pembimbing I


SABRIL HARIS H.G., Ph.D
NIP. 197610012000121003

Pembimbing II


Prof. DR.Eng. RENDY THAMRIN
NIP. 196908151994121001

Padang, 29 Desember 2022



Ketua Departemen Teknik Sipil


DR.Eng. JUNAIDI
NIP. 197606272005011001

LEMBAR BERITA ACARA SIDANG TESIS

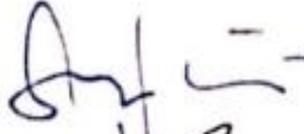
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS ANDALAS

Pada hari ini, Kamis 29 Desember 2022, telah dilaksanakan Sidang Tesis untuk mahasiswa:

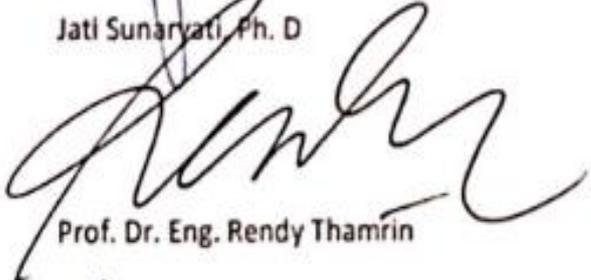
Nama : SYUKRIATI
NIM : 1920922014
Judul : STUDI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN PERILAKU LENTUR
KOMPOSIT BETON-BAJA RINGAN DENGAN
BETON-BERTULANG PADA PELAT SATU ARAH

TIM PENGUJI

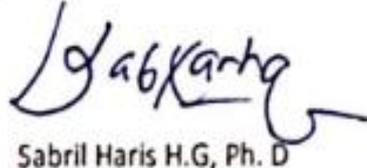
Ketua : Nama Ketua Sidang


Jati Sunaryati, Ph. D

Anggota : Nama Anggota Sidang 1


Prof. Dr. Eng. Rendy Thamrin

: Nama Anggota Sidang 2


Sabril Haris H.G, Ph. D

: Nama Anggota Sidang 3


Dr. Ruddy Kurniawan

: Nama Anggota Sidang 4


Masrilayanti, Ph.D

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : SYUKRIATI

NIM : 1920922014

Tempat Tgl Lahir : Sijunjung, 20-05-1985

Alamat : Jorong Kapalo Koto Nagari Padang Sibusuk Kecamatan Kupitan
Kabupaten Sijunjung

Dengan ini menyatakan bahwa Tesis dengan judul '**Studi Eksperimental Perbandingan Perilaku Lentur Komposit Beton-Baja Ringan Dengan Beton-Bertulang Pada Pelat Satu Arah**' adalah hasil pekerjaan saya; dan seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya termasuk pencabutan gelar Magister Teknik yang nanti saya dapatkan.

Padang, 29 Desember 2022

SYUKRIATI

ABSTRAK

Konstruksi pada struktur bangunan telah mengalami perkembangan yang sangat pesat yaitu dalam penggunaan material yang efektif dan efisien sehingga menghasilkan kemampuan struktur yang lebih baik dari pada struktur biasa. Seiring dengan perkembangan teknologi dan sistem pembangunan secara vertikal saat ini maka dibutuhkan sistem struktur yang ringan memiliki kapasitas tinggi, fleksibel dan mudah serta cepat dalam pelaksanaannya. Struktur komposit merupakan salah satu bentuk pengembangan konstruksi, salah satunya adalah komposit baja ringan-beton. Material baja ringan yang memiliki kekuatan dan daya tahan tinggi menjadi daya tarik tersendiri dalam penggunaannya pada struktur komposit. Dalam penelitian ini membahas tentang hasil studi eksperimen tentang perilaku lentur komponen struktur beton bertulang dan komposit beton baja ringan pada pelat lantai satu arah. Total 12 benda uji yang diuji memiliki 3 variasi ketebalan yaitu 80 mm, 100 mm dan 120 mm masing-masing benda uji memiliki lebar 300 mm dan 450 mm dengan Panjang 2m. Benda uji menggunakan tulangan baja 10 dan profil baja ringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah profil berbentuk saluran dengan ukuran 75 mm x 35 mm dengan ketebalan 0,75 mm. Profil baja diposisikan di bagian bawah atau ditarik dari pelat sehingga dapat berfungsi sebagai tulangan tarik. Pengujian benda uji ini dilakukan dengan menggunakan uji balok dengan dua beban terpusat. Studi analitik dengan program Reinforced Concrete Cross Section Analysis (RCCSA) juga dilakukan untuk memprediksi hasil eksperimen. Hasil yang diperoleh baja ringan dapat berfungsi sebagai tulangan pengganti mengurangi retak tarik dan lentur yang terjadi pada pelat komposit baja ringan

Kata kunci : *struktur komposit , Baja ringan , kuat lentur*

ABSTRACT

The construction of building structures has experienced very rapid development, namely in the use of effective and efficient materials so as to produce better structural capabilities than ordinary structures. Along with the development of technology and the current vertical development system, a lightweight structural system is needed that has a high capacity, is flexible and easy and fast to implement. Composite structure is a form of construction development, one of which is a lightweight steel-concrete composite. Mild steel material that has high strength and durability is the main attraction in its use in composite structures. This study discusses the results of experimental studies on the flexural behavior of reinforced concrete structural components and lightweight steel concrete composites on one-way floor slabs. A total of 12 specimens tested had 3 thickness variations, namely 80 mm, 100 mm and 120 mm, each specimen having a width of 300 mm and 450 mm with a length of 2m. The test specimens used 10 steel reinforcement and mild steel profiles used in this study were channel-shaped profiles with a size of 75 mm x 35 mm and a thickness of 0.75 mm. The steel profile is positioned at the bottom or pulled from the plate so that it can serve as tension reinforcement. Testing of the specimen is carried out using a test beam with two concentrated loads. Analytical studies with the Reinforced Concrete Cross Section Analysis (RCCSA) program were also carried out to predict the experimental results. The results obtained by mild steel can function as a replacement reinforcement to reduce tensile and bending cracks that occur in mild steel composite plates

Keywords: composite structure, mild steel, flexural strength

Abstract in English, written in the form of a single paragraph along a maximum of 500 words or one page. The abstract contains a summary of research objectives, research methodology, research results, and Thesis conclusions.

Keywords: *composite structure, cold formed and concrete, flexural strength*

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	v
Daftar Tabel	vii
BAB 1. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pelat	5
2.1.1 Pengertian Pelat	5
2.1.2 Tumpuan Pelat.....	5
2.1.3 Perencanaan Pelat.....	6
2.2 Baja Ringan	9
2.2.1 Karakteristik Baja Ringan	9
2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan Baja Ringan	11
2.3 Beton	11
2.4 Struktur Komposit.....	13
2.4.1 Jenis Struktur Komposit.....	13
2.4.2 Struktur Pelat Komposit Beton-Baja Ringan.....	13
2.5 Kekakuan dan Daktilitas.....	14
2.6 Keruntuhan	15
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Studi Literatur	18
3.2 Tahapan Persiapan Benda Uji	18
3.3 Tahapan Pengujian	19
3.3.1 Uji Tarik Baja Ringan	19
3.3.2 Uji Kuat Tekan Beton	20
3.3.3 Uji Kuat Lentur Pelat Komposit	20
3.4 Tahapan Analisis Data.....	24

BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1	Hasil Pengujian Material	25
4.1.1	Hasil Pengujian Beton	25
4.1.2	Hasil Pengujian Baja Tulangan	25
4.1.3	Hasil Pengujian Baja Ringan	26
4.2	Perilaku Spesimen Saat Pembebanan.....	26
4.2.1	<i>Spesimen Pelat Beton-Bertulang</i>	27
4.2.1.1	Spesimen Pelat Beton-Bertulang dengan lebar 300mm.....	27
4.2.1.2	Spesimen Pelat Beton-Bertulang dengan lebar 450mm.....	28
4.2.2	<i>Spesimen Pelat Komposit Beton-Baja Ringan</i>	31
4.2.2.1	Spesimen Pelat Komposit Beton-Baja Ringan dengan lebar 300mm.....	31
4.2.2.2	Spesimen Pelat Komposit Beton-Baja Ringan dengan lebar 450mm.....	32
4.3	Hasil Pengujian Spesimen Pelat	33
4.3.1	<i>Pelat Beton-Bertulang (Reinforcement Concrete) lebar 300mm</i>	34
4.3.2	<i>Pelat Beton-Bertulang (Reinforcement Concrete) lebar 450mm</i>	34
4.3.3	<i>Pelat Komposit Beton-Baja Ringan (Composite Section) lebar 300mm</i>	35
4.3.4	<i>Pelat Komposit Beton-Baja Ringan (Composite Section) lebar 450mm</i>	35
4.4	Perbandingan Hasil Pengujian Spesimen Pelat beton Bertulang dengan <i>Pelat Komposit Beton-Baja Ringan (Composite Section)</i>	36
4.4.1	Perbandingan Hasil Pengujian Spesimen Pelat beton Bertulang dengan <i>Pelat Komposit Beton-Baja Ringan (Composite Section) Lebar 300 mm</i>	36
4.4.2	Perbandingan Hasil Pengujian Spesimen Pelat beton Bertulang dengan <i>Pelat Komposit Beton-Baja Ringan (Composite Section) Lebar 300 mm</i>	37
4.5	Pengaruh Ketebalan Spesimen Terhadap Beban Ultimate.....	38
4.6	Perbandingan Kapasitas Pelat Beton-Bertulang dengan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan	40
4.7	Kekakuan Pada Spesimen	42
4.8	Daktilitas Pada Spesimen	43
4.9	Perbandingan Hasil Eksperimental dengan Perhitungan Analitik	45
4.10	Perbandingan Hasil Eksperimental dengan Perhitungan Analitik (RCCSA).....	47
BAB 5.	Penutup	53
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran.....	54
Daftar Pustaka		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tumpuan Pelat	6
Gambar 2.2 Pelat dengan Tulangan Pokok Satu Arah	7
Gambar 2.3 Pelat dengan Tulangan Pokok Dua Arah	9
Gambar 2.4 Kurva Tegangan Regangan Baja Ringan (a)Tegangan Leleh Tajam; (b) Tegangan Leleh Stabil(Sumber : Yu, 2000)	10
Gambar 2.5 Kurva tegangan dan regangan beton tekan.....	12
Gambar 2.6 Balok Beton dengan Penulangan Tunggal.....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir (flowchart) penelitian	17
Gambar 3.2 Model Benda Uji Menggunakan Baja Ringan profil C-lipped channel dan Tulangan D10	18
Gambar 3.3 Penggunaan Alat vibrator dan Persiapan Sampel Uji Tekan.....	18
Gambar 3.4 Curing Beton.....	19
Gambar 3.5 Pengecatan dan Pembuatan Grid	19
Gambar 3.6 Model Uji Tarik Material Baja Ringan	20
Gambar 3.7 Hydraulic Jet	21
Gambar 3.8 Load Cell	21
Gambar 3.9 Spreader Beam	21
Gambar 3.10 Lateral Vertical Displacement Transducer.....	22
Gambar 3.11 Portable Data Logger.....	22
Gambar 3.12 Skema Pengujian Spesimen	23
Gambar 4.1 Pengujian Tarik Tulangan D10.....	25
Gambar 4.2 Pengujian Tarik Baja Ringan dan Sampel Uji Tarik Baja Ringan	26
Gambar 4.3 Pengujian Spesimen Pelat Beton-Tulangan	27
Gambar 4.4 First Crack pada Spesimen RC-1B.....	28
Gambar 4.5 LVDT pada spesimen RC-1A	28
Gambar 4.6 Proses pembebanan sampel RC-2A	29
Gambar 4.7 First Crack pada RC-2A	29
Gambar 4.8 First Crack pada RC-2B	29
Gambar 4.9 First Crack pada RC-2C	30
Gambar 4.10 Pengujian Spesimen Pelat Komposit Beton-Baja Ringan.....	31
Gambar 4.11 First Crack dan Crushing Spesimen	32

Gambar 4.12. Perbedaan Setelah Terjadi Slip	32
Gambar 4.13 First Crack Pada CS-2A	33
Gambar 4.14 Kurva Beban Perpindahan Spesimen Pelat Beton Bertulang	34
Gambar 4.15 Kurva Beban Perpindahan Spesimen Pelat Beton Bertulang	34
Gambar 4.16 Kurva Beban Perpindahan Spesimen Pelat Komposit Baja Ringan .	35
Gambar 4.17 Kurva Beban Perpindahan Spesimen Pelat Komposit Baja Ringan .	36
Gambar 4.18 Kurva Perbandingan Beban Perpindahan Spesimen Pelat Beton Bertulang dengan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan lebar 300mm	36
Gambar 4.19 Kurva Perbandingan Beban Perpindahan Spesimen Pelat Beton Bertulang dengan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan lebar 450mm	37
Gambar 4.20 Kurva Pengaruh Ketebalan terhadap Beban Ultimate	38
Gambar 4.21 Pembebanan pada Pelat Beton-Bertulang	38
Gambar 4.22 Pembebanan pada Pelat Komposit Beton - Baja Ringan.....	39
Gambar 4.23 Kurva Perbandingan Kapasitas RC-1A dengan CS-1A	41
Gambar 4.24 Kurva Beban-Perpindahan RC-1B dengan CS-1B	42
Gambar 4.25 Kurva Beban-Perpindahan Spesimen CS-1A	43
Gambar 4.26 Kurva Pengaruh Ketinggian terhadap Daktilitas	44
Gambar 4.27 Interface Program RCCSA V4.3.2	48
Gambar 4.28 Grafik Beban – Perpindahan Pelat Beton Bertulang Lebar 300 mm	48
Gambar 4.29 Grafik Beban – Perpindahan Pelat Beton Bertulang Lebar 450 mm	49
Gambar 4.30 Grafik Beban – Perpindahan Pelat Komposit Baja Ringan Lebar 300 mm	50
Gambar 4.31 Grafik Beban – Perpindahan Pelat Komposit Baja Ringan Lebar 450 mm	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesimen Penelitian	20
Tabel 4.1 Data Kuat Tarik Tulangan D10	26
Tabel 4.2 Data Kuat Tarik Baja Ringan	26
Tabel 4.3 Pembebanan Pelat Beton-Bertulang.....	30
Tabel 4.3 Pembebanan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan	33
Tabel 4.5 Nilai Kapasitas Spesimen	41
Tabel 4.6 Nilai Kekakuan Spesimen	42
Tabel 4.7 Nilai Daktilitas Spesimen	43
Tabel 4.8 Nilai Hasil Mu Eksperimental dan Mu Analitikal	47
Tabel 4.9 Perbandingan Nilai Kapasitas Eksperimental dan Kapasitas RCCSA	51

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur komposit merupakan gabungan antara dua atau lebih jenis material yang berbeda sehingga merupakan satu kesatuan dalam menahan gaya atau beban luar, sehingga konstruksi yang dihasilkan lebih efektif dan efisien. Dengan adanya beberapa material dalam sebuah struktur komposit menghasilkan sebuah struktur yang lebih baik dikarenakan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing material tersebut saling melengkapi dalam satu kesatuan.

Struktur komposit dapat berupa beton-baja ringan. Baja ringan merupakan baja mutu tinggi yang memiliki sifat ringan dan tipis, namun memiliki fungsi setara baja konvensional. Rangka baja ringan terdiri dari lempengan-lempengan panjang (profil) yang bervariasi bentuk dan ukurannya. Peraturan mengenai baja ringan telah dituangkan dalam SNI 2013 tentang Struktur Baja Canai Dingin. Baja ringan juga dapat digunakan pada struktur pelat komposit beton- baja ringan. Pelat komposit tersebut dibentuk dengan menggabungkan beton dan baja ringan yang berbentuk profil sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Penggabungan keduanya dapat menghasilkan struktur komposit yang optimal dalam menerima beban, serta lebih efektif dan efisien.

Baja ringan memiliki keelastisitasan yang relatif tinggi sehingga dapat menahan gaya tarik lebih baik. Sedangkan beton merupakan material yang mudah getas, namun mudah dibentuk di lapangan dan relatif ekonomis. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu adanya penelitian tentang pemanfaatan bahan struktural beton-baja ringan sebagai struktur komposit. Penelitian terkait pernah dilakukan oleh Martyana dwi cahyati (2016) yang menguji kekuatan lentur struktur balok komposit baja IWF yang diselimuti oleh beton dengan variasi tebal badan pada penampang IWF. Hasil penelitian yang didapatkan adalah balok komposit beton baja ringan memiliki kapasitas lentur yang dipengaruhi oleh ketebalan platnya. Abdel-Sayed (1982) telah melakukan pengujian kekuatan lentur balok komposit beton-baja ringan dimana baja ringan berfungsi sebagai pengganti tulangan baja ditempatkan pada serat tarik. Hasil penelitian yang didapatkan adalah balok komposit beton baja ringan memiliki kapasitas lentur yang sama bahkan melebihi dari beton bertulang biasa dan baja ringan juga dapat berfungsi selain menahan tarik yakni sebagai pengganti bekisting. Penelitian balok komposit beton-baja ringan dilakukan oleh Andreas (2012) yang memaparkan bahwa kapasitas lentur dari balok komposit tersebut memiliki

kekuatan yang hampir mendekati dengan balok beton bertulang biasa dengan syarat jumlah shear connector yang didesain sedemikian rupa. Hsu (2014) melakukan penelitian secara eksperimental terhadap pelat komposit beton-baja ringan. Penelitian ini menggunakan dua baja ringan profil lipped channel dengan metoda pemasangan *back to back* sebagai balok dan shear connector dari baja ringan. Hasil yang didapatkan adalah peningkatan beban ultimate dan daktilitas dari pelat sebesar 14%-38% dan 56%-80% sehingga dapat direkomendasikan untuk konstruksi gedung. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Lutfi (2014) terhadap balok komposit beton-baja ringan yang akan dijadikan alternatif lain dari balok beton pracetak komposit dari beton-baja tulangan biasa. Baja ringan digunakan sebagai cover sekaligus sebagai bekisting. Dari hasil eksperimen menggunakan beban titik di tengah bentang, balok beton pracetak komposit dari beton-baja ringan mampu menahan beban hingga mencapai 152 kn. Alhajri (2016) juga melakukan penelitian mengenai perilaku lentur pelat komposit beton-baja ringan. Penelitian ini juga menggunakan dua baja ringan profil lipped channel dengan metoda pemasangan *back to back*. Baja ringan tersebut dihubungkan dengan pelat beton yang menggunakan wiremesh (ferro-cement slab) dengan memasang shear connector pada bagian top flange baja ringan ke pelat. Hasil dari penelitian tersebut adalah semakin banyak jumlah lapisan wiremesh dapat meningkatkan kapasitas lentur struktur komposit betonbaja ringan.

Inas Mahmood Ahmed (2019) menulis makalah mengenai ulasan dari beberapa perkembangan teknologi dan sejarah struktur baton baja komposit (SSC) baru-baru ini, yang kesimpulannya Sistem struktural baja-beton komposit (SCC) menjadi lebih populer karena fleksibilitas, kemampuan beradaptasi, dan kapasitas mereka terhadap gangguan dan penggunaan kembali, serta dampak lingkungan dan ekonomi. Selain itu, sistem komposit juga menawarkan manfaat dalam hal kecepatan konstruksi

Inas Mahmood Ahmed (2019) juga mengulas mengenai desain struktur lantai yang dianggap sebagai salah satu yang memiliki dampak paling tinggi terhadap keseluruhan berat bangunan, khususnya, bangunan dengan struktur yang lebih tinggi. Hal inilah yang mendasari dilakukan penelitian ini karena secara umum di Indonesia penggunaan baja ringan hanya terbatas untuk konstruksi rangka atap. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan studi eksperimental yang nantinya akan dikaji mengenai perbandingan kapasitas lentur yang dihasilkan oleh pelat beton bertulang dengan pelat komposit beton baja ringan profil lipped channel. Baja ringan yang terletak di bagian bawah dari pelat diasumsikan sebagai pemikul kekuatan tarik apakah mampu

tanpa ikatan. Maka dari itu penulis melakukan penelitian pelat lantai komposit beton-baja ringan sehingga meningkatkan utilitas penggunaan baja ringan tersebut.

1.2 Permasalahan

Seiring dengan perkembangan teknologi dan sistem pembangunan secara vertikal saat ini maka dibutuhkan sistem struktur yang ringan memiliki kapasitas tinggi, fleksibel dan mudah serta cepat dalam pelaksanaannya. Baja dan beton merupakan bahan struktur yang sangat luas penggunaannya, sehingga harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Dalam hal ini konstruksi yang akan dianalisis adalah pelat lantai komposit beton baja ringan dengan pelat beton bertulang. Dalam penelitian ini, secara eksperimental akan dikaji kapasitas lentur pada pelat komposit baja ringan profil lipped channel sebagai pengganti tulangan tarik, dengan modifikasi posisi baja ringan yang hanya disusun, dengan asumsi kekuatan tarik dipikul oleh baja ringan sehingga dengan variasi perkuatan tersebut diketahui kapasitas lentur maksimum yang dapat dipikul pelat tersebut

1.3 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perilaku lentur beton bertulang dan komposit beton baja ringan profil lipped channel pada struktur pelat. Secara khusus penelitian ini bertujuan :

- a. Mendapatkan nilai kapasitas lentur dari komponen struktur pelat beton bertulang dan pelat komposit beton – baja ringan secara eksperimental dan analitikal
- b. Mendapatkan perbandingan kekuatan, kekakuan dan daktilitas terhadap spesimen yang akan dilakukan (pelat beton bertulang dengan pelat komposit beton baja ringan)

Hasil studi ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif metode pelaksanaan pekerjaan plat lantai yang memiliki daktilitas, kekakuan dan kekuatan tinggi yang efektif dan efisien yang bisa dikerjakan oleh tenaga kerja lokal.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah dengan asumsi sebagai berikut :

- a. Material yang digunakan sebagai benda uji adalah besi baja dengan \varnothing 10 mm dan material baja ringan profil bentuk kanal dengan lipped channel dengan ukuran 75 x 35 mm dengan ketebalan 0.75 mm. Material ini umum dan mudah didapat di pasaran

- b. Ukuran dimensi benda yang diuji memiliki dimensi penampang lebar 300 mm dan 450 mm serta panjang 2 m dengan tiga variasi ketebalan yakni 80 mm, 100 mm dan 120 mm.
- c. Bentuk benda uji merupakan komponen struktur pelat satu arah
- d. Sifat mekanisme yang ditinjau adalah kapasitas lentur pada pelat komposit tersebut
- e. P yang dianalisa adalah P total yang diterima spesimen
- f. Pengujian dilakukan pada saat umur beton 28 hari

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelat

2.1.1 Pengertian Pelat

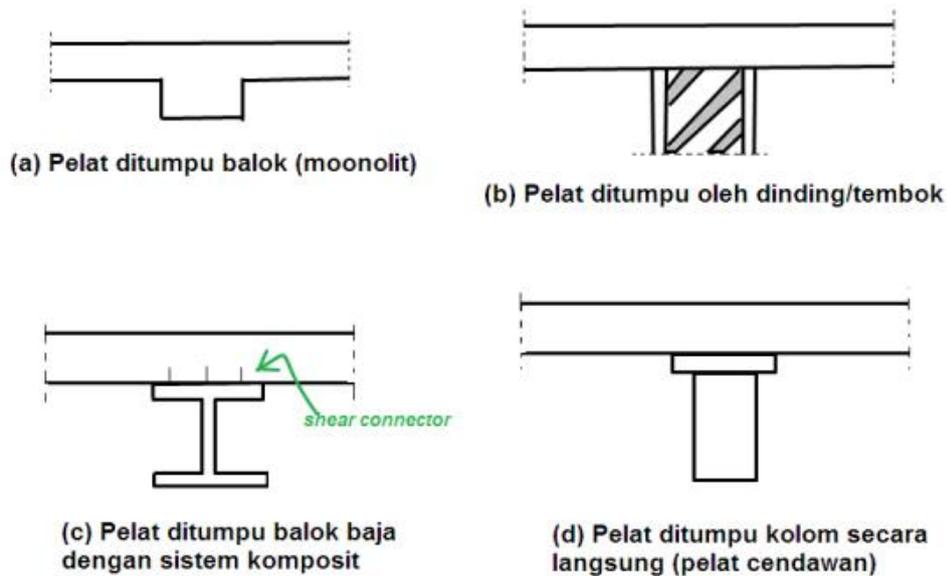
Yang dimaksud dengan pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada apabila struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur (seperti pada kasus balok).

2.1.2 Tumpuan Pelat

Untuk merencanakan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan saja, tetapi juga jenis perletakan dan jenis penghubung di tempat tumpuan. Kekakuan hubungan antara pelat dan tumpuan akan menentukan besar momen lentur yang terjadi pada pelat.

Untuk bangunan gedung, umumnya pelat tersebut ditumpu oleh balok-balok secara monolit, yaitu pelat dan balok dicor bersama-sama sehingga menjadi satu-kesatuan, seperti pada gambar (a) atau ditumpu oleh dinding-dinding bangunan seperti pada gambar (b). Kemungkinan lainnya, yaitu pelat didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit seperti pada gambar (c), atau didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, yang dikenal dengan pelat cendawan, seperti gambar (d).



Gambar 2.1 Tumpuan Pelat

2.1.3 Perencanaan Pelat

Kekakuan hubungan antara pelat dan konstruksi pendukungnya (balok) menjadi satu bagian dari perencanaan pelat. Sistem perencanaan tulangan pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam yaitu :

- Sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah (selanjutnya disebut: pelat satu arah/ one way slab)
- Sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok dua arah (disebut pelat dua arah/ two way slab)

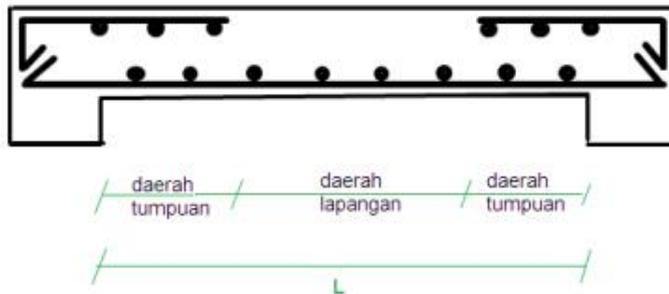
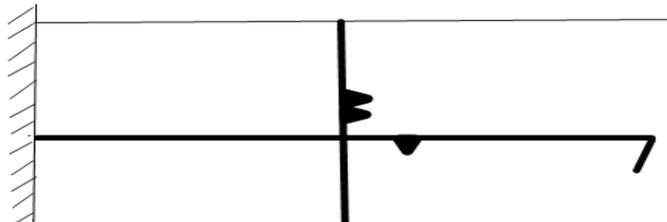
Penulangan pelat satu arah.

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah pelat kantilever (luifel) dan pelat yang ditumpu oleh 2 tumpuan.

Karena momen lentur hanya bekerja pada 1 arah saja, yaitu searah bentang L (lihat gambar di bawah), maka tulangan pokok juga dipasang 1 arah yang searah bentang L tersebut. Untuk menjaga agar kedudukan tulangan pokok (pada saat pengecoran beton) tidak berubah dari tempat semula maka dipasang pula tulangan tambahan yang arahnya tegak lurus tulangan pokok. Tulangan tambahan ini lazim disebut: tulangan bagi. (seperti terlihat pada gambar di bawah).

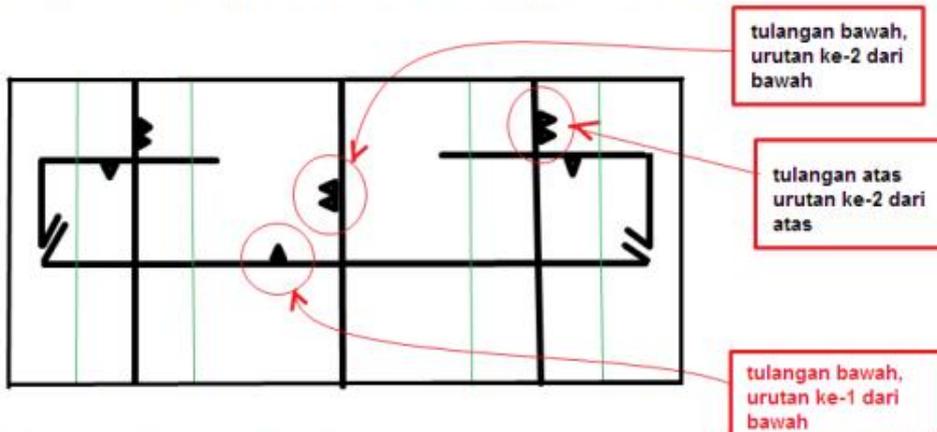


(a) Tampak depan pelat kantilever



NB : daerah tumpuan diambil $1/4 L$

(b) Tampak depan pelat dengan 2 tumpuan sejajar



(b) Tampak atas pelat dengan 2 tumpuan sejajar

Gambar 2.2 Pelat dengan Tulangan Pokok Satu Arah

Kedudukan tulangan pokok dan tulangan bagi selalu bersilangan tegak lurus, tulangan pokok

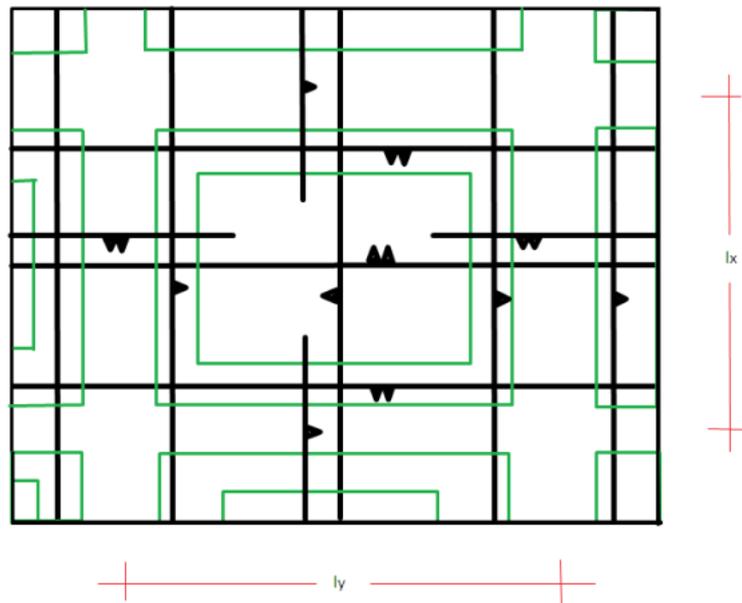
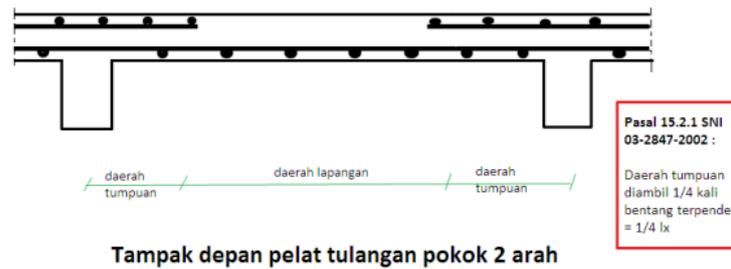
dipasang dekat dengan tepi luar beton, sedangkan tulangan bagi dipasang di bagian dalamnya dan menempel pada tulangan pokok. Tepat pada lokasi persilangan tersebut, kedua tulangan diikat kuat dengan kawat binnedraad. Fungsi tulangan bagi, selain memperkuat kedudukan tulangan pokok, juga sebagai tulangan untuk menahan retak beton akibat susut dan perbedaan suhu beton.

b) Simbol gambar penulangan. Pada pelat kantilever, karena momennya negatif, maka tulangan pokok (dan tulangan bagi) dipasang di atas. Jika dilihat gambar penulangan Tampak depan (gambar (a)), maka tampak jelas bahwa tulangan pokok dipasang paling atas (dekat dengan tepi luar beton), sedangkan tulangan bagi menempel di bawahnya. Tetapi jika dilihat pada gambar Tampak Atas (gambar (a)), pada garis tersebut hanya tampak tulangan horizontal dan vertikal bersilangan, sehingga sulit dipahami tulangan mana yang seharusnya dipasang di atas atau menempel di bawahnya. Untuk mengatasi kesulitan ini, perlu aturan penggambaran dan simbol-simbol sebagai berikut:

- 1) Aturan umum dalam penggambaran, yaitu harus dapat dilihat/dibaca dari bawah dan/atau sebelah kanan diputar ke bawah.
- 2) Tulangan yang dipasang di atas diberi tanda berupa segitiga dengan bagian lancip di bawah, disebut : symbol mendukung (▼), sesuatu yang di dukung pasti berada di atas.
- 3) Tulangan yang dipasang di atas diberi tanda berupa segitiga dengan bagian lancip di atas, disebut symbol menginjak (▲) sesuatu yang diinjak pasti berada di bawah
- 4) Pada gambar (a) tampak depan, baik tulangan pokok maupun tulangan bagi semuanya dipasang di atas. Tulangan pokok terletak paling atas (pada urutan ke-1 dari atas), dan tulangan bagi menempel di bawahnya (urutan ke-2 dari atas).
- 5) Jadi pada gambar (a) tampak atas, tulangan pokok jika dilihat dari atas tampak sebagai garis horizontal dan diberi symbol dengan mendukung berjumlah 1 buah (▼) artinya tulangan didukung (dipasang dari kanan) dan pada urutan ke-1. Untuk tulangan bagi jika dilihat dari atas tampak sebagai garis vertical (dilihat dari kanan) dan diberi symbol dengan mendukung berjumlah 2 buah (▶) artinya tulangan didukung (dipasang diatas) dan pada urutan ke-2.
- 6) Dengan memperhatikan dan mencermati item 1 sampai item 5 di atas, maka dapat dipahami bahwa gambar (b) tampak atas, tulangan bagi di daerah tumpuan diberi tanda 2 buah segitiga dengan lancip ke sebelah kanan, karena tulangannya dipasang di atas dan pada urutan ke 2 dari atas, sedangkan tulangan bagi di daerah lapangan diberi tanda 2 2 buah segitiga dengan bagian lancip ke sebelah kiri karena tulangannya di bawah dan pada urutan ke-2

Penulangan pelat 2 arah

Pelat dengan tulangan pokok 2 arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang 2 arah. Contoh pelat 2 arah adalah pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar.



Tampak atas pelat tulangan pokok 2 arah

Gambar 2.3 Pelat dengan Tulangan Pokok Dua Arah

Simbol gambar di atas sama dengan simbol pada gambar penulangan 1 arah.

Perlu ditegaskan : untuk pelat 2 arah, bahwa di daerah lapangan hanya ada tulangan pokok saja (baik arah l_x maupun arah l_y) yang saling bersilangan, di daerah tumpuan ada tulangan pokok dan tulangan bagi.

2.2 Baja Ringan

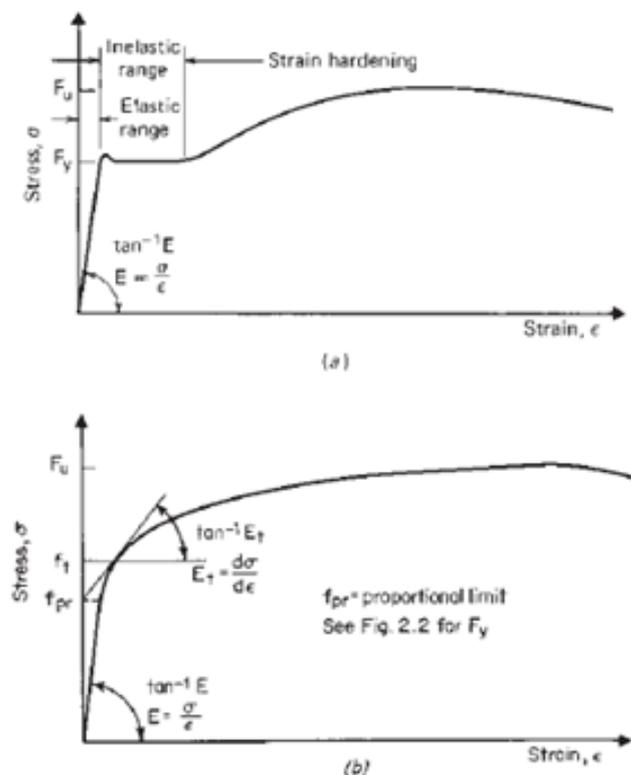
2.2.1 Karakteristik Baja Ringan

Baja ringan adalah baja canai dingin dengan kualitas tinggi yang bersifat ringan dan tipis namun kekuatannya tidak kalah dengan baja konvensional. Baja ringan memiliki tegangan tarik tinggi (G550). Baja G550 berarti baja memiliki kuat tarik 550 MPa (MegaPascal). Baja ringan adalah Baja High Tensile G-550 (Minimum Yield Strength 5500 kg/cm²) dengan standar bahan ASTM A792, JIS G3302, SGC 570. Untuk melindungi material baja mutu tinggi dari korosi, harus diberikan lapisan pelindung (coating) secara memadai.

Berbagai metode untuk memberikan lapisan pelindung guna mencegah korosi pada baja mutu tinggi telah dikembangkan. Jenis coating pada baja ringan yang beredar dipasaran adalah Galvanized, Galvalume, atau sering juga disebut sebagai zincalume dan sebuah produsen mengeluarkan produk baja ringan dengan menambahkan magnesium yang kemudian dikenal dengan ZAM, dikembangkan sejak 1985, menggunakan lapisan pelindung yang terdiri dari: 96% zinc, 6% aluminium, dan 3% magnesium.

Kekuatan batang struktural baja ringan tergantung dari titik leleh atau kekuatan leleh pada baja kecuali pada daerah sambungan dan tekuk lokal elastis maupun tekuk global mencapai kondisi kritis. Tegangan leleh baja ringan berkisar antara 165 Mpa hingga 552 Mpa (Yu, 2000).

Ada dua tipe umum kurva tegangan regangan pada baja ringan. Tipe pertama adalah kurva dengan nilai tegangan leleh yang tajam biasanya terjadi pada baja dengan cara produksi hot rolling sedangkan tipe kedua adalah kurva dengan nilai tegangan leleh yang stabil biasanya terjadi pada baja dengan cara produksi cold form.



Gambar 2.4 Kurva Tegangan Regangan Baja Ringan (a)Tegangan Leleh Tajam; (b) Tegangan Leleh Stabil(Sumber : Yu, 2000)

2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan Baja Ringan

Kelebihan baja ringan dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Material dengan ketebalan yang relatif tipis namun tegangan yang dihasilkan dapat melebihi tegangan tulangan baja biasa yakni 550 Mpa (Rohman dan Martana, 2011)
2. Baja ringan dapat diproduksi dengan berat yang lebih ringan dan bentang yang lebih pendek dengan bobotnya yang ringan maka beban yang dipikul oleh struktur dibawahnya pun lebih rendah (Yu, 2000)
3. Perakitan baja ringan untuk sistem struktur sangat mudah karena bersifat seragam hasil pabrik, ringan dan tipis sehingga mempercepat pekerjaan struktur tersebut
4. Metode sambungan join lebih variatif (Suciptadkk,2013)

Sedangkan kekurangan dari penggunaan baja ringan adalah sebagai berikut :

1. Baja ringan yang tipis dan ramping dapat menimbulkan masalah stabilitas, seperti tekuk (buckling), torsi dan lentur torsi sehingga kekuatan maksimum baja ringan tidak tercapai (Yong dan Jintan,2002)
2. Jaminan dari stabilitas dan kekakuan elemen struktur yang direncanakan tergantung pada alat sambung yang digunakan. Untuk memberikan kekuatan dan kekakuan yang baik diperlukan alat sambung yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang minimal sama dengan elemen dan komponen utama sistem struktur (Nur dan Utiahman, 2012)
3. Ketebalan material yang terbatas menyebabkan material tidak dapat memikul momen dan gaya tekan yang sangat besar dikarenakan kemungkinan bahaya tekuk yang tinggi

2.3 Beton

Beton adalah campuran dari semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (kerikil) serta kadang-kadang ditambahkan bahan tambah yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia pada perbandingan tertentu.

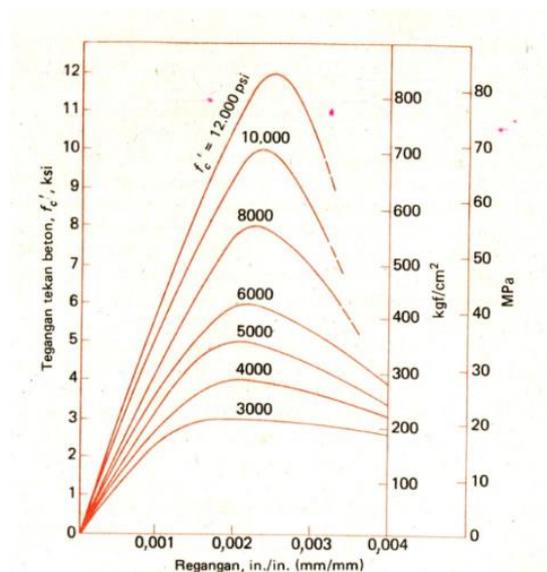
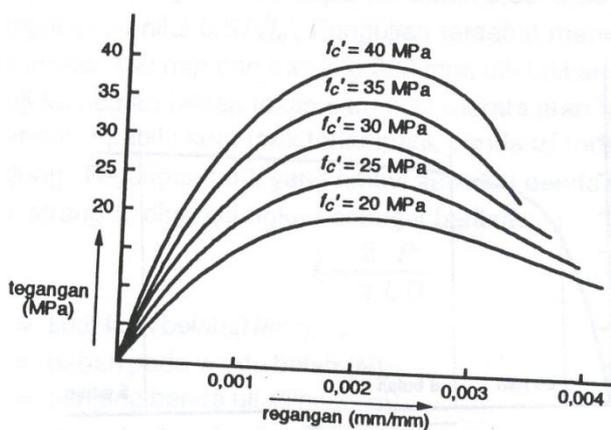
Semen membentuk dari 10 -15% dari total massa beton; proporsi yang tepat bervariasi tergantung pada jenis beton yang dibuat. Agregat membentuk lebih dari 60% campuran beton – dan hingga 80% dalam beberapa kasus. Agregat memberikan massa betonnya, dan air mengaktifkan semen yang menahannya bersama-sama. Berapa proporsi campuran akan menentukan kekuatan, ketahanan terhadap pembekuan dan pencairan, kemampuan kerja, dan waktu yang diperlukan untuk mengeras.

Campuran tersebut apabila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini tidak terjadi dengan tiba-tiba tetapi dikarenakan terjadinya reaksi kimia antara air dan semen yang berlangsung selama waktu yang panjang dan berakibat campuran tersebut selalu bertambah keras setara dengan umurnya. Beton biasa digunakan dalam proyek struktural dan sering diperkuat dengan tulang baja untuk mempertahankan integritas strukturalnya karena tanah di bawahnya mengendap. Beton paling baik digunakan sebagai support pada bangunan, seperti balok, dinding, atau pondasi bangunan lainnya.

Kelebihan beton adalah dapat mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Selain itu pula beton juga memiliki kekuatan mumpuni, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan biaya pemeliharaan yang murah

Sedang kekurangannya adalah bentuk yang telah dibuat sulit diubah tanpa kerusakan. Pada struktur beton, jika ingin dilakukan penghancuran maka akan mahal karena tidak dapat dipakai lagi. Beda dengan struktur baja yang tetap bernilai. Berat, dibandingkan dengan kekuatannya dan daya pantul yang besar.

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun lemah dalam tariknya. Jika struktur itu langsung dan tidak diberi perkuatan yang cukup akan mudah gagal. Menurut perkiraan kasar, nilai kuat tariknya sekitar 9%-5% kuat tekannya. Maka dari itu perkuatan sangat diperlukan dalam struktur beton. Perkuatan yang umum adalah dengan menggunakan tulang baja yang jika dipadukan sering disebut dengan beton bertulang



Gambar 2.5 Kurva tegangan dan regangan beton tekan

Dari gambar kurva tegangan regangan beton tekan terlihat bahwa beton yang berkekuatan lebih rendah mempunyai kemampuan deformasi (daktilitas) yang lebih tinggi dari dari beton berkekuatan tinggi. Tegangan maksimum dicapai pada regangan tekan di antara 0,002-0,0025. Regangan ultimit pada saat hancurnya beton berkisar 0,003-0,004 (SNI menetapkan 0,003)

2.4 Struktur Komposit

Struktur komposit merupakan suatu struktur yang terdiri dari dua elemen struktur dengan bahan material yang berbeda dan bekerja bersama-sama membentuk suatu kesatuan, dimana masing-masing bahan/ material tersebut mempunyai kekuatan sendiri-sendiri. Perpaduan antara material beton dan baja tulangan akan membentuk material komposit yang ekonomis serta efisien lewat hasil kerjasama yang tercipta melalui kekuatan lekat pada interface kedua material tersebut.

Struktur komposit dibentuk oleh elemen baja dan beton, dengan memanfaatkan perilaku interaktif yang terjadi antara baja dengan beton, serta memobilisasikan kemampuan optimal dari masing-masing bahan dalam memikul beban.

2.4.1 Jenis Struktur Komposit

Beberapa jenis struktur komposit adalah sebagai berikut:

Struktur komposit penuh

Untuk pelat komposit penuh, penghubung geser harus disediakan dalam jumlah yang memadai sehingga pelat mampu mencapai kuat lentur maksimumnya. Pada penentuan distribusi tegangan elastis, slip antara baja dan beton dianggap tidak terjadi.

Struktur komposit parsial

Pada pelat komposit parsial, kekuatan pelat dalam memikul lentur dibatasi oleh kekuatan penghubung geser. Pelat komposit parsial memiliki dua neutral axis pada bagian regangan. Pada perhitungan elastik pelat seperti ini, seperti pada penentuan defleksi atau tegangan akibat beban layan, harus mempertimbangkan pengaruh adanya slip antara baja dan beton.

2.4.2 Struktur Pelat Komposit Beton-Baja Ringan

Struktur bangunan gedung umumnya tersusun atas komponen pelat lantai, balok anak, balok induk, dan kolom yang umumnya dapat merupakan satu kesatuan monolit atau terangkai seperti halnya pada system pracetak. Pelat lantai merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua atau satu arah saja, tergantung system strukturnya.

Komposit beton-baja ringan merupakan struktur yang dibuat dari gabungan beton dengan baja ringan. Pada struktur komposit diasumsikan material yang digabungkan saling bekerja sama dalam menahan gaya yang terjadi.

Material baja ringan ditempatkan pada bagian sisi tarik pada struktur komposit yang bertujuan untuk meningkatkan kuat tarik dan sekaligus penghematan dalam penggunaan bekisting untuk pembuatan balok maupun pelat.

Kekuatan dari pelat lantai komposit pada dasarnya lebih besar daripada kekuatan pelat beton dan balok baja yang beraksi non komposit. Pelat beton akan berperilaku sebagai pelat satu arah yang membentang diantara balok – balok penopang.

Pelat komposit beton-baja ringan adalah beton yang dicor diatas baja ringan profil kanal. Dimana baja ringan berperan sebagai tulangan utama pada bagian tarik dan sebagai pengganti bekisting pada bagian bawah pelat.

Dalam dunia konstruksi struktur komposit dengan baja ringan ini sudah dikembangkan dalam bentuk pelat lantai bondek, yang terdiri dari lembaran tipis (sheet) baja ringan.

Lutfi (2014) melakukan penelitian secara eksperimental terhadap balok komposit beton-baja ringan dengan beban titik di tengah bentang. Balok komposit beton-baja ringan akan dijadikan alternative lain dari balok beton pracetak komposit dari beton-baja tulangan biasa. Keuntungan lainnya baja ringan digunakan sebagai cover sekaligus bekisting. Hasilnya balok komposit dari beton –baja ringan mampu menahan beban hingga mencapai 152 kN.

Alhajri (2016) juga melakukan penelitian tentang perilaku lentur pelat komposit beton-baja ringan. Sama dengan Hsu, Penelitian ini juga menggunakan dua baja ringan profil lipped channel dengan metoda pemasangan back to back. Baja ringan tersebut dihubungkan dengan pelat beton yang menggunakan wiremesh (ferro-cement slab) dengan memasang shear connector pada bagian top flange baja ringan ke pelat. Hasil dari penelitiannya pemakaian lapisan wiremesh dapat meningkatkan kapasitas lentur struktur komposit beton-baja ringan dan secara analitis perhitungan momen plastis pada pelat dapat didekati dengan rumus momen plastis yang tertera pada Eurocode 4.

2.5 Kekakuan dan Daktilitas

Kekakuan untuk struktur merupakan suatu yang penting. Pembatasan kekakuan berguna untuk menjaga konstruksi agar tidak melendut lebih dari lendutan yang disyaratkan. Kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk memperoleh satu unit displacement. Nilai

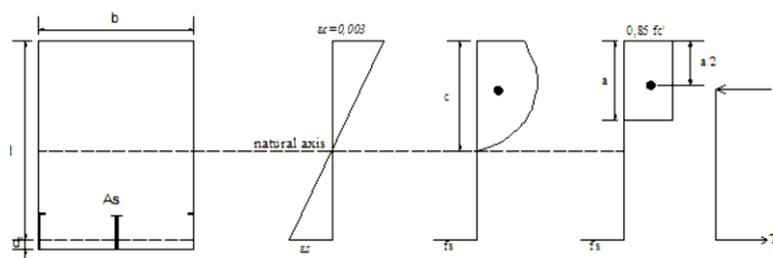
kekakuan merupakan kemiringan dari hubungan antara beban dan lendutan. Makin kaku suatu struktur makin besar nilai kekakuannya.

Daktilitas sendiri adalah perbandingan perpindahan maksimum terhadap perpindahan yield. Daktilitas merupakan kemampuan suatu benda menahan beban saat kondisi plastis (setelah melewati elastis).

2.6 Keruntuhan

Pada daerah yang mengalami momen yang besar, retak yang dapat terjadi disebut retak lentur. Pada daerah yang gesernya besar, akibat tarik diagonal dapat terjadi retak miring sebagai kelanjutan dari retak lentur, dan disebut retak geser lentur. Ada beberapa sebab retak pada struktur beton yaitu retak akibat lentur momen dan retak akibat geser. Retak-retak ini bila tidak ditahan dengan tulangan akan mengakibatkan keruntuhan, mengingat sifat beton yang tidak mampu menahan gaya tarik.

Distribusi regangan dan gaya-gaya internal yang bekerja pada beton dengan tulangan tunggal dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 2.6 Balok Beton dengan Penulangan Tunggal

Resultan gaya tarik internal : $T = A_s \cdot f_y$

Resultan gaya tekan internal : $C = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$

Dimana ;

A_s = Luas Penampang Baja Ringan

f_s = tegangan baja ringan

a = tinggi blok tegangan ekuivalen

b = lebar penampang

f_c' = kuat tekan beton

d' = selimut beton (jarak dari sisi luar ke titik berat baja ringan)

Secara umum, tipe keruntuhan dapat ditentukan tergantung dari nilai ρ , apakah $\rho = \rho_b$, $\rho < \rho_b$ atau $\rho > \rho_b$

Jika : $\rho < \rho_b$; Keruntuhan Tarik
 $\rho = \rho_b$; Keruntuhan Seimbang
 $\rho > \rho_b$; Keruntuhan Tekan

Dimana,

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right), \quad \rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

a. Keruntuhan Tarik (Tension Failure/Under Reinforced)

Jika luas penampang tulangan kecil, maka baja tulangan akan mencapai tegangan leleh (yield strength / f_y) nya, sebelum beton mencapai kapasitas maksimumnya. Keruntuhan tarik terjadi apabila baja tulangan mencapai kuat lelehnya terlebih dahulu, baru kemudian beton mencapai kapasitas maksimumnya.

Pada saat keruntuhan tarik, $\rho < \rho_b$ dan $f_s = f_y$ maka nilai kapasitas lenturnya adalah

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - 0,59 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{f'_c \cdot b} \right)$$

$$M_u = \phi \cdot M_n$$

b. Keruntuhan Tekan (Compression Failure/Over Reinforced)

Jika luas penampang tulangan cukup besar, beton akan mencapai kapasitas maksimumnya sebelum baja tulangan leleh. Keruntuhan tekan terjadi apabila beton tekan mencapai kapasitas maksimumnya terlebih dahulu, sementara baja tulangan belum leleh.

Pada saat keruntuhan tekan, $\rho > \rho_b$ dan $f_s < f_y$ maka nilai kapasitas lenturnya adalah

$$\left(\frac{0,85 \cdot f'_c}{0,003 \cdot L_s \cdot \rho} \right) a^2 + a \cdot d - \beta_1 \cdot d^2 = 0$$

$$f_s = 0,003 \frac{\beta_1 \cdot d - a}{a} \cdot E_s < f_y$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \left(d - 0,59 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{f'_c \cdot b} \right)$$

$$M_u = \phi \cdot M_n$$

c. Keruntuhan Seimbang (Balanced Failure)

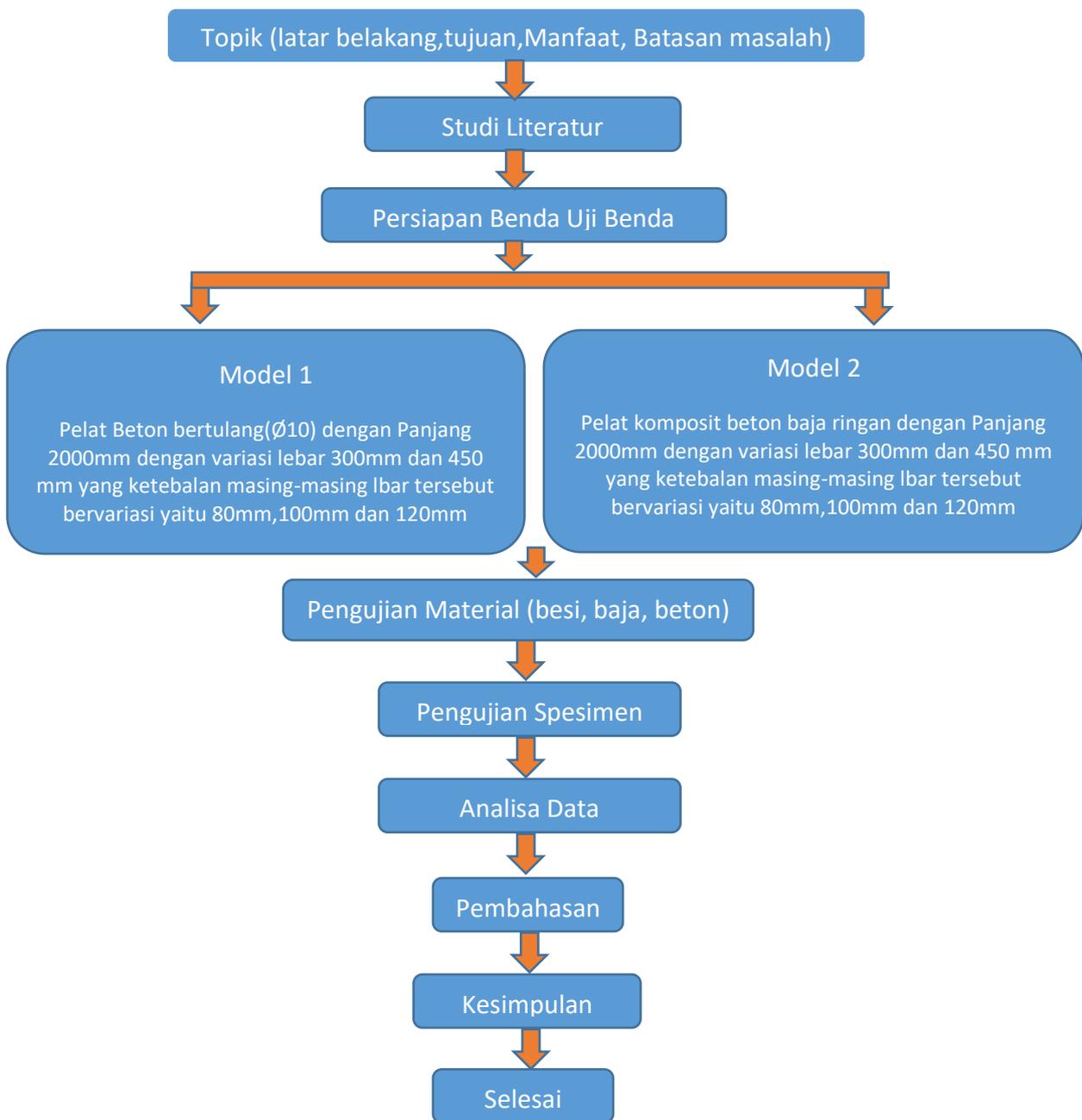
Keruntuhan seimbang terjadi apabila baja tulangan mencapai kuat lelehnya $f_s = f_y$, dan beton mencapai regangan pada serat ekstrimnya 0,003.

Pada keruntuhan seimbang, $\rho = \rho_b$. Maka, nilai kapasitas lenturnya adalah:

$$M_n = 0,85 \cdot \rho \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y \left(1 - 0,59 \cdot \frac{\rho \cdot f_y}{f'_c} \right)$$

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Proses penelitian ini pada prinsipnya terbagi dalam lima bagian yaitu studi literatur, persiapan benda uji, proses eksperimental, pengolahan hasil eksperimental secara analitik dengan program RCCSA dan keluaran berupa kesimpulan dan saran penelitian. Prosedur dari penelitian ini tergambar dalam diagram alir (flowchart) pada Gambar 3.1 ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir (flowchart) penelitian

3.1 Studi Literatur

Pada tahapan studi literatur ini dilakukan dengan mencari sumber referensi terkait dengan judul penelitian. Referensi tersebut dikumpulkan dan di telaah untuk mendapatkan teori terkait dan perkembangan penelitian tersebut pada saat ini sehingga ditemukan perbedaan atau hal baru.

Penulisan penelitian ini berawal dari penelitian yang dilakukan oleh Abdel Sayed

3.2 Tahapan Persiapan Benda Uji

Material utama yang dibutuhkan untuk membuat benda Uji adalah beton, baja ringan kanal C uk. 75 mm x 35 mm, dan baja tulangan $\varnothing 10$.

Pembuatan benda uji dimulai dengan pembuatan bekisting. Setelah bekisting selesai, maka langkah selanjutnya memasukkan baja tulangan $\varnothing 10$ dan baja ringan ke dalam bekisting.



Gambar 3.2 Model Benda Uji Menggunakan Baja Ringan profil C-lipped channel dan Tulangan D10

Benda uji yang telah dimasukkan ke dalam bekisting akan di cor beton. Beton yang dipakai adalah beton ready mix dari pabrik dengan perencanaan penggunaan beton K350. Proses pengecoran akan dilaksanakan di Laboratorium Material dan Struktur Universitas Andalas. Saat pengecoran menggunakan vibrator yang bertujuan untuk beton terisi merata ke seluruh bagian dalam bekisting. Selain pengecoran pada benda uji juga dipersiapkan bekisting balok silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui mutu beton dengan menguji kuat tekannya.



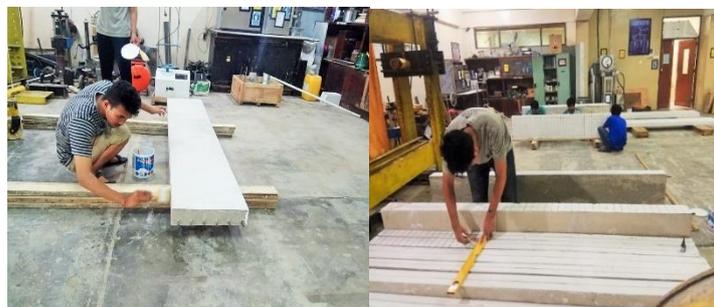
Gambar 3.3 Penggunaan Alat vibrator dan Persiapan Sampel Uji Tekan

Setelah proses pengecoran akan dilakukan curing dengan cara meletakkan karung goni dipermukaan spesimen dan dibasahi secara teratur hingga hari ke-28 umur beton untuk menghindari hidrasi yang berlebihan pada beton.



Gambar 3.4 Curing Beton

Untuk memonitor pola retak dan slip yang terjadi maka spesimen diberikan grid dengan Spesimen yang telah utuh dicat dengan cat warna putih agar grid yang digariskan pada sisi balok terlihat jelas dan jika terjadinya retak pada saat pengujian berlangsung juga mudah untuk di gambarkan. Garis grid di gambar dengan jarak 50 mm x 50 mm setiap gridnya.



Gambar 3.5 Pengecatan dan Pembuatan Grid

3.3 Tahapan Pengujian

Pada penelitian ini tahapan pengujian dilakukan untuk mengetahui kapasitas lentur terhadap beban yang diberikan dan nilai beban ultimate yang dapat dipikul struktur. Pengujian dilakukan dalam bentuk uji tarik baja ringan, uji tarik tulangan baja dan uji kuat lentur pelat komposit.

3.3.1 Uji Tarik Baja Ringan

Uji tarik baja ringan dilakukan pada masing-masing spesimen baja ringan dengan menggunakan mesin UTM (Universal Testing Machine). Pengujian kuat tarik baja ringan dan tulangan D10 dilakukan di Universitas Negeri Padang. Tujuan dari hasil uji tarik ini adalah untuk mendapatkan properties material yang terkait untuk analisa data nantinya seperti nilai tegangan leleh (f_y), tegangan putus (f_u) dan modulus elastisitas (E) pada baja ringan.



Gambar 3.6 Model Uji Tarik Material Baja Ringan

3.3.2 Uji Kuat Tekan Beton

Benda uji beton pada penelitian ini berbentuk silinder. Tujuan dari pengujian silinder adalah di Laboratorium Material dan Struktur untuk mengetahui kuat tekan beton f_c' . Pengujian tersebut dilakukan setelah umur beton mencapai umur 28 hari.

3.3.3 Uji Kuat Lentur Pelat Komposit

Spesimen pelat komposit terdiri dari 2 variasi lebar yaitu 300mm dan 450 mm serta 3 variasi ketebalan yakni 8 cm, 10 cm dan 12 cm dengan panjang 2m. Masing-masing ketebalan memiliki variasi yang terdiri dari pelat komposit dan baja ringan, pelat komposit yang disatukan dengan baut dan pelat komposit baja ringan menggunakan tulangan baja $\varnothing 10$. Total keseluruhan spesimen yang akan diuji adalah 12 buah dengan keterangan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Spesimen Penelitian

No	Benda Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Kode Benda Uji	Tulangan Baja
1		300	80	CS – 1A	-
2		300	100	CS – 1B	-
3		300	120	CS – 1C	-
4		300	80	RC – 1A	3 $\varnothing 10$
5		300	100	RC – 1B	3 $\varnothing 10$
6		300	120	RC – 1C	3 $\varnothing 10$
7		450	80	CS – 2A	
8		450	100	CS – 2B	
9		450	120	CS – 2C	
10		450	80	RC – 2A	4 $\varnothing 10$
11		450	100	RC – 2B	4 $\varnothing 10$
12		450	120	RC – 2C	4 $\varnothing 10$

Pengujian kuat lentur spesimen bertujuan untuk mengetahui kekuatan lentur dan perpindahan (displacement) dari setiap spesimen saat diberikan beban. Pengujian pelat ini dilakukan

menggunakan loading frame yang ada pada Laboratorium Material dan Struktur DEPARTEMEN Teknik Sipil Universitas Andalas.

a. Peralatan

Alat – alat yang digunakan dalam pengujian lentur yaitu :

1. Hydraulic Jet

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan Hydraulic Jet berkapasitas 500 kN untuk memberikan beban pada spesimen yang telah diletakkan pada alat uji kuat lentur dan dipompa secara manual.



Gambar 3.7 Hydraulic Jet

2. Load Cell



Gambar 3.8 Load Cell

3. Spreader Beam



Gambar 3.9 Spreader Beam

4. LVDT (Lateral Vertical Displacement Tranducer)



Gambar 3.10 Lateral Vertical Displacement Tranducer

5. Portable Data Logger



Gambar 3.11 Portable Data Logger

6. Tumpuan sendi dan rol
7. Perangkat komputer
8. Kamera

b. Prosedur kerja

1. Pasang perletakkan sendi dan rol di ujung – ujung frame dengan jarak 2 m.
2. Angkat spesimen dan letakkan pada kedua tumpuan tersebut kemudian posisikan tumpuan berada 150 mm dari ujung-ujung spesimen.
3. Posisikan spesimen tepat berada ditengah - tengah frame agar posisi pembebanan yang akan diberikan tepat ditengah spesimen.
4. Letakkan 2 buah tumpuan sendi diatas permukaan pada bagian tengah spesimen dengan jarak antar tumpuan 400 mm.
5. Letakkan Spreader Beam diatas kedua tumpuan tersebut dan posisikan tepat berada ditengah spesimen
6. Ikat spesimen menggunakan tali untuk menghindari keruntuhan secara tiba-tiba dari spesimen saat proses pengujian.
7. Letakkan Load Cell diatas Spreader Beam kemudian sambungkan kabel yang terhubung dengan Portable Data Logger yang nantinya akan membaca beban dan lendutan yang diberikan Load cell.

8. Letakkan pelat baja penghubung antara Load Cell dengan Hydraulic Jet dan posisikan tepat berada ditengah.
9. Tempelkan besi berbentuk siku dibagian tengah pada permukaan depan spesimen sebanyak 3 buah dengan jarak 200 mm.
10. Pasang alat LVDT dan ujung LVDT menyentuh permukaan bawah besi berbentuk siku. Besi tersebut akan memberikan tekanan pada LVDT saat diberikan beban yang akan dibaca oleh alat Portable Data Logger.
11. Setelah penyettingan selesai maka lakukan pemberian beban secara perlahan dan konstan menggunakan pompa Hydraulic Jet. Setiap beban yang diberikan dan besar lendutan yang dihasilkan akan terbaca melalui alat Portable Data Logger. Lakukan pembebanan hingga spesimen mencapai kondisi ultimate.
12. Selama pembebanan diberikan amati spesimen jika terjadi keretakan maka diberikan garis pada pola retak tersebut. Dan berikan tanda pada retak pertama spesimen. Garis ini bertujuan agar memudahkan dalam melihat pola retak dan jenis keruntuhan yang terjadi. Lakukan hingga spesimen mencapai kondisi ultimate.
13. Setelah spesimen mencapai kondisi ultimate maka amati pola retak dan jenis keruntuhan yang terjadi. Apabila terjadi slip antara baja ringan dengan beton maka catat besar jarak yang diakibatkan pada spesimen tersebut.
14. Lakukan langkah yang sama untuk sampel berikutnya



Gambar 3.12 Skema Pengujian Spesimen

Parameter yang harus diperhatikan selama pengujian adalah:

1. Retak pertama yang terjadi pada saat pemberian beban
2. Lendutan yang terjadi pada saat pemberian beban
3. Beban yang diberikan dari awal hingga kondisi ultimate
4. Pola retak pada benda uji yang diterjadi akibat pemberian beban

Untuk mendapatkan hubungan beban perpindahan, pada spesimen akan dilakukan pembebanan secara monotonik dengan penambahan beban 100 kg secara bertahap. Pembebanan tersebut akan menghasilkan variasi lendutan yang terbaca LVDT. Tercapainya beban ultimate ditandai dengan kemampuan jack yang tidak bisa ditingkatkan lagi bebannya, pada saat tersebut pengujian dihentikan

3.4 Tahapan Analisis Data

Setelah dilakukan pengujian pada seluruh spesimen, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis data berdasarkan fenomena yang terjadi selama pengujian dan teori yang relevan. Hasil dari pengujian ini berupa data grafik hubungan beban perpindahan yang nantinya bisa merepresentasikan perilaku masing-masing spesimen sehingga bisa ditarik kesimpulan terhadap kapasitas lentur komponen pelat komposit beton baja ringan. Hasil dari pengujian ini akan dianalisis kembali menggunakan program RCCSA (Reinforced Concrete Cros Section Analysis) untuk melihat perbandingannya dengan analitik. Program RCCSA ini merupakan program yang berbasis analisis penampang pada beton bertulang dengan metode diskrit.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Material

Pada Eksperimental pelat diperlukan pengujian material penyusun dari pelat yang diujikan. Material penyusun dari pelat adalah beton, baja tulangan, dan baja ringan, jenis pengujian material bergantung pada jenis material dan data yang ingin didapatkan. Pada beton dilakukan uji tekan untuk mendapatkan mutu beton (f_c') sedangkan Pada baja tulangan dan baja ringan dilakukan uji Tarik. Hasil dari pengujian sebagai berikut:

4.1.1 Hasil Pengujian Beton

Pengujian material beton dilakukan untuk mengetahui nilai mutu beton (f_c') dimana pada pengujian beton dilakukan dengan beton silinder diameter 15 cm dan ketinggian 30 cm, dengan umur beton lebih dari 28 hari. Beton yang digunakan yaitu beton ready mix dengan mutu target f_c' 35 Mpa dan hasil pengujian beton didapatkan hasil mutu beton (f_c') sebesar 33 MPa.

4.1.2 Hasil Pengujian Baja Tulangan

Pada eksperimental ini menggunakan tulangan baja ulir dengan diameter 10 mm. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Padang Pada pengujian disiapkan potongan tulangan baja untuk dilakukan pengujian tarik. Hasil uji tarik pada baja tulangan didapatkan nilai ultimate (f_y) sebesar 510 Mpa.

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Padang. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari material baja ringan dan tulangan baja D10 yaitu berupa tegangan leleh (f_y) dan tegangan putus (f_u).



Gambar 4.1 Pengujian Tarik Tulangan D10

Tulangan yang di uji sebanyak 3 buah yang ditarik hingga putus seperti pada Gambar 4.1, berikut adalah hasil dari pengujian kuat tarik baja :

Tabel 4.1 Data Kuat Tarik Tulangan D10

No Sampel	L awal (mm)	L akhir (mm)	A (mm ²)	Py (kN)	Pu (kN)	<i>f_y</i> (Mpa)	<i>f_u</i> (Mpa)
1	80	94	78.54	40.44	52.46	514.897	667.940
2	80	93	78.54	40.00	53.24	509.295	677.871
3	80	96	78.54	40.8	53.88	519.481	686.020
Jumlah						1543.672	2031.831
<i>f_y</i> rata-rata						514.557	
<i>f_u</i> rata-rata						677.277	

4.1.3 Hasil Pengujian Baja Ringan

Pemeriksaan kuat tarik baja ringan yang di uji adalah sebanyak 3 batang, dimana batang baja ringan tersebut telah dibuat sesuai model seperti pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Pengujian Tarik Baja Ringan dan Sampel Uji Tarik Baja Ringan

Dari uji tarik baja ringan didapatkan data hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Kuat Tarik Baja Ringan

No Sampel	t (mm)	lebar (mm)	L awal (mm)	L akhir (mm)	A (mm ²)	Py (kN)	Pu (kN)	<i>f_y</i> (Mpa)	<i>f_u</i> (Mpa)
18	0.75	12.5	55	59	9.38	4.56	4.58	486.400	488.533
26	0.75	12.45	55	59	9.34	4.54	4.58	486.212	490.495
27	0.75	12.55	55	61	9.41	4.42	4.46	469.588	473.838
Jumlah								1442.200	1452.867
<i>f_y</i> rata-rata								480.733	
<i>f_u</i> rata-rata								484.289	

4.2 Perilaku Spesimen Saat Pembebanan

Perilaku spesimen saat diberikan beban secara monotonik dengan beban terpusat di dua titik pada tengah bentang (two point loads) hingga kondisi ultimate mengalami perpindahan (deflection) dan kerutuhan (failure). Pemberian beban dilakukan ditengah spesimen secara manual dengan memompa Hydraulic Jet secara perlahan. Oleh sebab pemberian beban maka

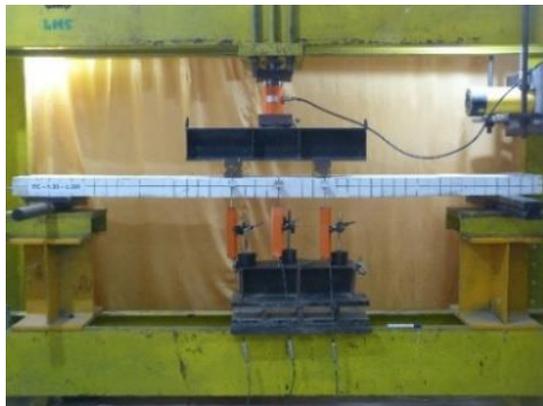
spesimen mengalami deflection. Pemberian beban dan perpindahan akan dibaca menggunakan alat portable data logger.

Pengujian dilakukan pada 12 spesimen dimana 3 spesimen merupakan pelat beton-bertulang dengan tulangan D10 lebar 300mm, 3 spesimen merupakan pelat beton-bertulang dengan tulangan D10 lebar 450mm dan 3 spesimen pelat komposit beton-baja ringan dengan lebar 300mm, 3 spesimen pelat komposit beton-baja ringan dengan lebar 450mm yang masing-masing spesimen memiliki variasi ketinggian yang berbeda (80mm, 100mm, 120mm).

4.2.1 Spesimen Pelat Beton-Bertulang

4.2.1.1 Spesimen Pelat Beton-Bertulang dengan lebar 300mm

Spesimen ini menggunakan tulangan D10 sebanyak 3 buah dengan jarak antar tulangan sebesar 10 mm. Memiliki ketinggian yang berbeda yaitu 80 mm (RC-1A), 100 mm (RC-1B) dan 120 mm (RC-1C) dengan lebar 300 mm dan panjang bentang 2.3 m. Beban diberikan pada daerah pusat spesimen yang mana spesimen diletakkan diatas dua tumpuan yang memiliki jarak 2 m.



Gambar 4.3 Pengujian Spesimen Pelat Beton-Tulangan

Retak pertama pada spesimen RC-1A dengan beban 2,56 kN terjadi saat beban diberikan sebesar 14.7% dari beban ultimate , yang muncul pada daerah geser spesimen pada jarak 500 mm sebelah kiri dari pusat beban spesimen. Pada spesimen RC-1B terjadi 3 retak pertama secara bersamaan pada daerah lentur dan daerah geser spesimen dengan beban 5,14 kN terjadi saat diberikan beban sebesar 20.3% sebelum beban mencapai kondisi ultimate. Sedangkan pada spesimen RC-1C mengalami retak pertama sdengan beban 7,68 kN saat beban diberikan sebesar 22.2% dari beban ultimate yang terjadi pada daerah lentur spesimen.



Gambar 4.4 First Crack pada Spesimen RC-1B

Pada saat pemberian beban pada spesimen RC-1A besi siku yang direkatkan pada spesimen yang menekan ujung LVDT terlepas. Sehingga pembacaan deflection pada Portable Data Logger menggunakan LVDT sebelah kanan. Oleh sebab itu besar deflection yang terjadi pada spesimen RC-1A lebih rendah dibandingkan dengan spesimen RC-1B.



Gambar 4.5 LVDT pada spesimen RC-1A

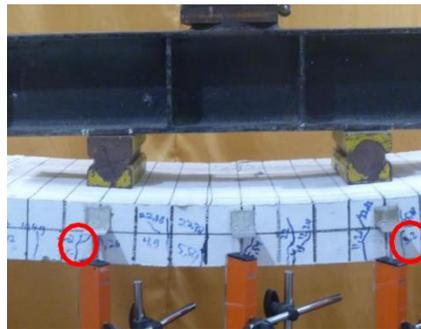
4.2.1.2 Spesimen Pelat Beton-Bertulang dengan lebar 450mm

Spesimen ini menggunakan tulangan D10 sebanyak 4 buah dengan jarak antar tulangan sebesar 10 mm. Memiliki ketinggian yang berbeda yaitu 80 mm (RC-2A), 100 mm (RC-2B) dan 120 mm (RC-2C) dengan lebar 300 mm dan panjang bentang 2.3 m. Beban diberikan pada daerah pusat spesimen yang mana spesimen diletakkan diatas dua tumpuan yang memiliki jarak 2 m.

Pada sampel RC-2A terjadi retak pertama dengan beban 3,20 KN atau 13,89% dari beban *ultimate* dan perpindahan 5,32 mm yang mana terjadi pada bagian tarik dari penampang pelat, dimana kondisi pelat sudah melewati titik maksimal dan bagian tekan pelat mengalami hancur.

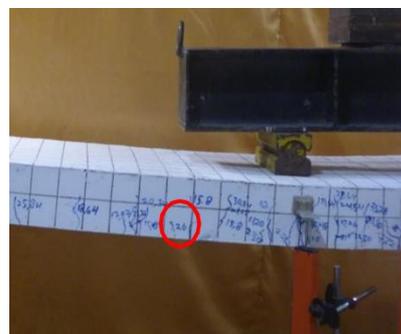


Gambar 4.6 Proses pembebanan sampel RC-2A



Gambar 4.7 First Crack pada RC-2A

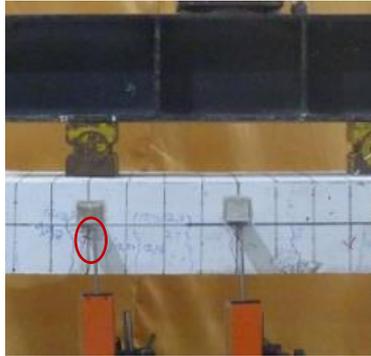
Pengujian pada sampel RC-2B dilakukan sehingga terjadi retak pertama pada beban 3,26 kN atau 9,62% dari beban *ultimate* dengan perpindahan 1,2 mm. Pada first crack terjadi posisi retak pertama berada di posisi geser dominan.



Gambar 4.8 First Crack pada RC-2B

Pada eksperimen sampel RC-2B bagian tarik dari pelat banyak mengalami keretakan sepanjang pembebanan berlangsung. Keretakan yang terjadi pada sampel RC-2B terus mengalami pembesaran bahkan hampir mendekati bagian atas pelat.

Pada pengujian sampel RC-2C first crack terjadi pada beban 6,34 kN atau 14,82% dari beban *ultimate*, dimana first crack terjadi pada daerah momen murni, dengan perpindahan 2,28 mm.



Gambar 4.9 First Crack pada RC-2C

Pada pengujian sampel RC-2C terjadi retak pada bagian tarik pelat, dimana retak yang terjadi tersebar di bagian momen murni dan geser dominan, dimana setelah dibandingkan dengan pelat beton bertulang yang lain terdapat perbedaan nilai yang cukup besar. Hal ini disebabkan karena terjadinya kurang pengamatan saat pemasangan benda uji ke alat uji tekan sehingga salah satu tulangan yang panjangnya berlebih dari pelat tersangkut dengan portal alat pengujian, sehingga saat baja tulangan tersangkut dengan portal menyebabkan adanya penambahan kapasitas dan membuat lendutan maksimum dapat jauh lebih besar dibandingkan dengan pelat beton bertulang lainnya.

Pemberian beban yang terjadi pada pelat beton-bertulang didapatkan hasil sesuai tabel berikut

Tabel 4.3 Pembebanan Pelat Beton-Bertulang

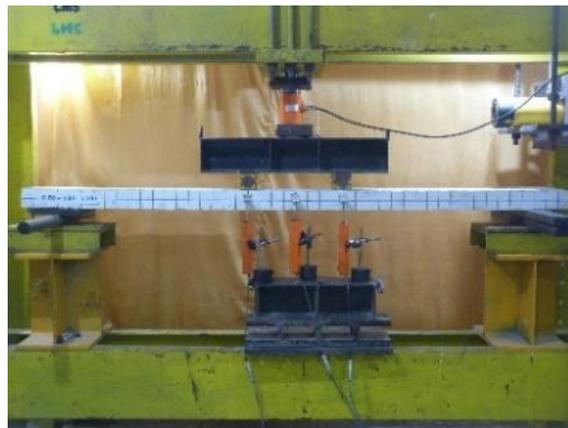
Kode Spesimen	Ultimate		First Crack		Perbandingan terhadap beban ultimate (%)
	P (kN)	L (mm)	P (kN)	L (mm)	
RC-1A	17.40	60.20	2.56	5.46	14.71
RC-1B	25.34	64.00	5.14	5.72	20.28
RC-1C	34.64	53.46	7.68	3.84	22.17
RC-2A	23.04	57.58	3.20	5.32	13.89
RC-2B	33.90	45.98	3.26	1.20	9.62
RC-2C	42.68	79.04	6.34	2.28	14.85

Pemberian beban dihentikan saat spesimen mengalami kehancuran dipermukaan atas spesimen. Setelah spesimen mencapai kondisi maksimum dan hancur beban yang diberikan sebelumnya dirilis dan akan didapatkan deformasi sisa pada spesimen. Berdasarkan pengamatan spesimen mengalami retak lentur dimana pola retak yang terjadi berbentuk vertikal.

4.2.2 Spesimen Pelat Komposit Beton-Baja Ringan

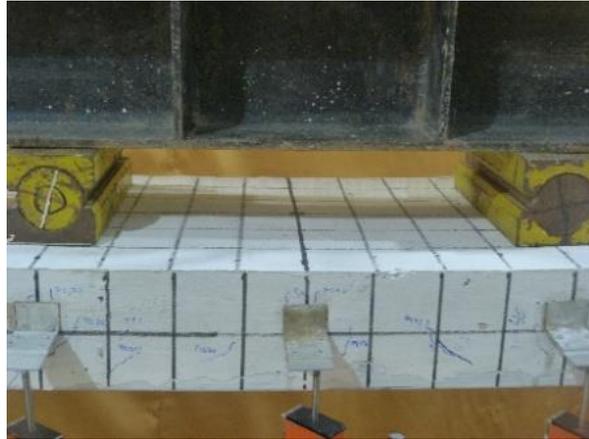
4.2.2.1 Spesimen Pelat Komposit Beton-Baja Ringan dengan lebar 300mm

Spesimen ini menggunakan baja ringan C75.35 yang disusun sebanyak 4 batang pada daerah bawah spesimen yang berfungsi untuk menahan gaya tarik. Spesimen pelat komposit beton-baja ringan memiliki 3 ketinggian berbeda yaitu ketinggian 80 mm (CS-1A), 100 mm (CS-1B) dan 120 mm (CS-1C) dengan lebar 300 mm dengan panjang bentang 2.3 m. Perlakuan juga sama dilakukan seperti pada pelat beton-bertulang yang mana spesimen yang diletakkan diatas dua tumpuan yang berjarak 2 m.



Gambar 4.10 Pengujian Spesimen Pelat Komposit Beton-Baja Ringan

Sebelum mencapai kondisi *ultimate* biasanya spesimen akan muncul retak-retakan kecil. Pada spesimen CS-1A spesimen ini mengalami retak pertama pada saat beban diberikan sebesar 13,24 kN atau 36,49 % dari beban *ultimate* dan lendutan 9,02mm yang berada di area dekat dengan daerah lentur spesimen. Sedangkan pada spesimen CS-1B terdapat dua pola retak pertama secara bersamaan pada daerah lentur spesimen saat diberikan beban sebesar 20,20 kN atau 38,7% sebelum mencapai beban *ultimate* dan lendutan 7,86mm. Dan pada spesimen CS-1C terjadi saat beban diberikan sebesar 34,38 kN atau 53,6% dari beban *ultimate* pada daerah geser spesimen dan lendutan 9,48mm.

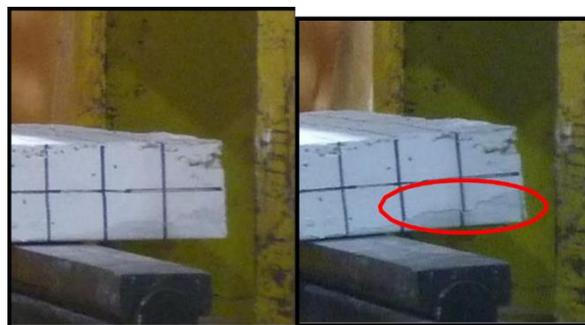


Gambar 4.11 First Crack dan Crushing Spesimen

4.2.2.2 Spesimen Pelat Komposit Beton-Baja Ringan dengan lebar 450mm

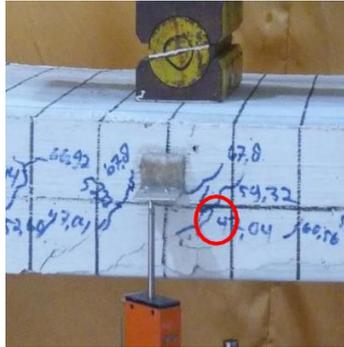
Spesimen ini menggunakan baja ringan C75.35 yang disusun sebanyak 6 batang pada daerah bawah spesimen yang berfungsi untuk menahan gaya tarik. Spesimen pelat komposit beton-baja ringan memiliki 3 ketinggian berbeda yaitu ketinggian 80 mm (CS-1A), 100 mm (CS-1B) dan 120 mm (CS-1C) dengan lebar 300 mm dengan panjang bentang 2.3 m. Perlakuan juga sama dilakukan seperti pada pelat beton-bertulang yang mana spesimen yang diletakkan diatas dua tumpuan yang berjarak 2 m.

Pada pengujian sampel CS-2A terjadi first crack pada 42,92 KN atau 79,04% sebelum mencapai beban ultimate dan lendutan 22,84 mm. Sampel CS-2A memiliki 6 baja ringan profil C yang berada pada dasar pelat dan melekat dengan beton, dengan beban yang terus diberikan rekatan antar beton dan baja ringan dapat terlepas dan terjadinya slip. Slip ditandai dengan bergesernya garis grid pada bagian baja ringan.



Gambar 4.12. Perbedaan Setelah Terjadi Slip

Pada sampel CS-2B terjadi first crack pada saat beban 47,04 KN atau 62,85% sebelum mencapai beban ultimate dan displacement sebesar 13,1 mm. Dimana terjadinya first crack pada sampel CS-2B terjadi pada daerah momen murni atau berada tepat diantara dua beban.



Gambar 4.13 First Crack Pada CS-2A

Pada sampel CS- 2C terjadi first crack pada 55,46 kN atau 54,54% sebelum mencapai beban ultimate dengan displacement sejauh 9,94 mm dan beban maksimum yang mampu dipikul oleh sampel CS-2C adalah 101,68 kN dengan displacement 33,74 mm. Pada sampel CS-2C juga terjadi pergeseran garis grid dimana sebagai tanda bahwa terjadinya slip pada pelat.

Pada saat spesimen pelat komposit beton-baja ringan diberikan beban spesimen mengalami slip pada bagian bawah ujung-ujung spesimen karena rekatan antara beton dengan baja ringan terlepas akibat menahan beban. Pemberian beban dihentikan saat spesimen mengalami kehancuran pada permukaan atas spesimen. Pola retak yang dihasilkan pada pembeban spesimen pelat komposit beton-baja ringan yaitu berbentuk diagonal yang terdapat pada daerah geser specimen.

Besar nilai ultimate dan nilai keretakan pertama yang terjadi dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 4.4 Pembebanan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan

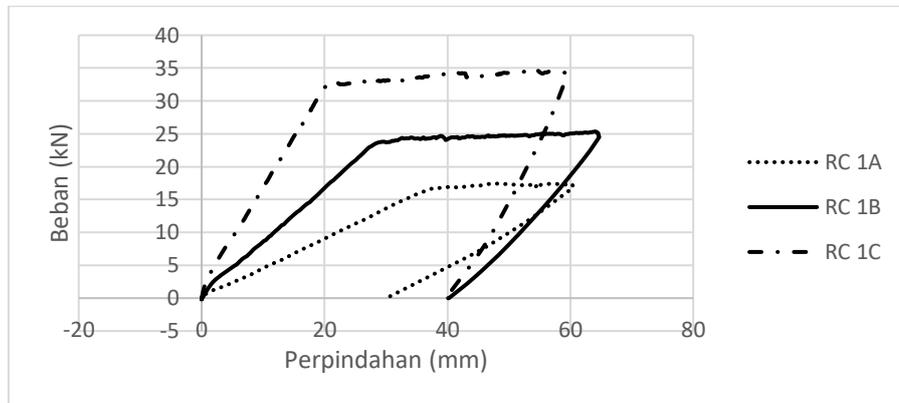
Kode Spesimen	Ultimate		First Crack		Perbandingan terhadap beban ultimate (%)
	P (kN)	L (mm)	P (kN)	L (mm)	
CS-1A	36.28	49.40	13.24	9.02	36.49
CS-1B	52.20	42.70	20.20	7.86	38.70
CS-1C	64.14	32.90	34.38	9.48	53.60
CS-2A	54.30	47.92	42.92	22.84	79.04
CS-2B	74.84	42.56	47.04	13.10	62.85
CS-2C	101.68	33.74	55.46	9.94	54.54

4.3 Hasil Pengujian Spesimen Pelat

Pengujian kuat lentur spesimen bertujuan untuk mengetahui kekuatan lentur dan perpindahan (deflection) dari setiap spesimen saat diberikan beban monotonik hingga keadaan ultimate. Pengujian pelat ini dilakukan menggunakan loading frame.

4.3.1 Pelat Beton-Bertulang (Reinforcement Concrete) lebar 300mm

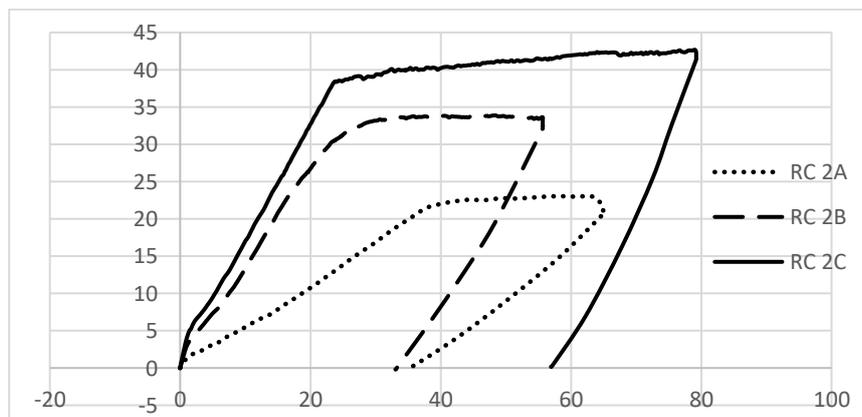
Pengujian spesimen pelat beton bertulang dengan ketinggian yang berbeda didapatkan untuk spesimen tinggi 80 mm beban yang mampu diterima yaitu sebesar 17,4 kN dengan lendutan sebesar 60,20 mm. Untuk spesimen tinggi 100 mm beban ultimate yang mampu diterima sebesar 25,34 kN dengan lendutan sebesar 64,00 mm. Tinggi spesimen 120 mm beban maksimum yang mampu diterima sebesar 34,64 kN dengan lendutan sebesar 53,46 mm. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kurva beban dan perpindahan sebagai berikut :



Gambar 4.14 Kurva Beban Perpindahan Spesimen Pelat Beton Bertulang

4.3.2 Pelat Beton-Bertulang (Reinforcement Concrete) lebar 450mm

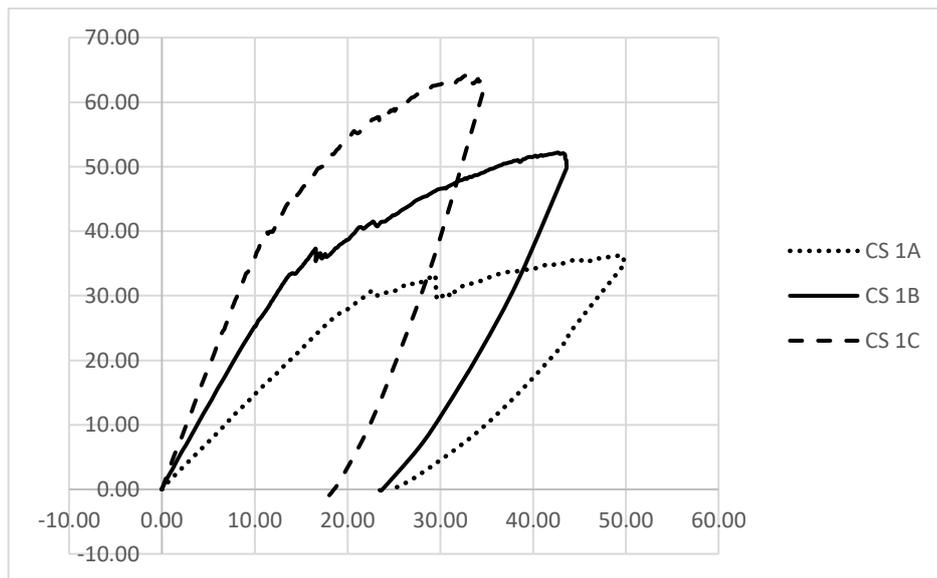
Pengujian spesimen pelat beton bertulang dengan ketinggian yang berbeda didapatkan untuk spesimen tinggi 80 mm beban yang mampu diterima yaitu sebesar 23,04 kN dengan lendutan sebesar 57,58 mm. Untuk spesimen tinggi 100 mm beban ultimate yang mampu diterima sebesar 33,90 kN dengan lendutan sebesar 45,98 mm. Tinggi spesimen 120 mm beban maksimum yang mampu diterima sebesar 42,68 kN dengan lendutan sebesar 79,04 mm. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kurva beban dan perpindahan sebagai berikut :



Gambar 4.15 Kurva Beban Perpindahan Spesimen Pelat Beton Bertulang

4.3.3 Pelat Komposit Beton-Baja Ringan (Composite Section) lebar 300mm

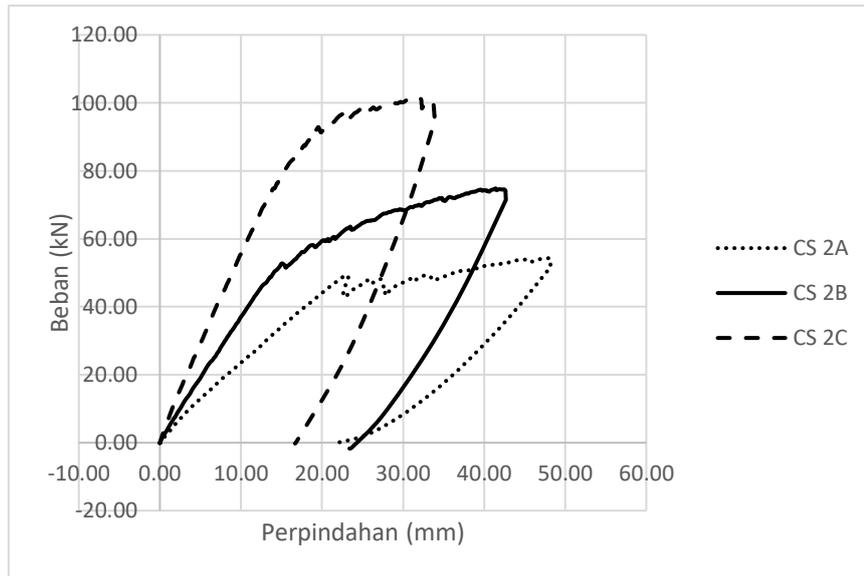
Pengujian pada spesimen pelat komposit beton-baja ringan diberikan perilaku yang sama seperti pada spesimen pelat beton bertulang dengan ketebalan pelat yang berbeda dimana didapatkan nilai hasil untuk spesimen tinggi 80 mm beban ultimate yang mampu diterima yaitu sebesar 36,28 kN dengan lendutan sebesar 49,40 mm. Spesimen tinggi 100 mm beban ultimate yang mampu diterima sebesar 52,20 kN lendutan sebesar 42,70 mm. Dan spesimen tinggi 120 mm beban maksimum yang mampu diterima sebesar 64,14 kN dengan lendutan sebesar 32,90 mm. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kurva beban dan perpindahan sebagai berikut :



Gambar 4.16 Kurva Beban Perpindahan Spesimen Pelat Komposit Baja Ringan

4.3.4 Pelat Komposit Beton-Baja Ringan (Composite Section) lebar 450mm

Pengujian pada spesimen pelat komposit beton-baja ringan untuk spesimen dengan lebar 450 mm dengan variasi tinggi sebagai berikut; tinggi 80 mm beban ultimate yang mampu diterima yaitu sebesar 54,30 kN dengan lendutan sebesar 47,92 mm. Spesimen tinggi 100 mm beban ultimate yang mampu diterima sebesar 74,84 kN lendutan sebesar 42,56 mm. Dan spesimen tinggi 120 mm beban maksimum yang mampu diterima sebesar 101,68 kN dengan lendutan sebesar 33,74 mm. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kurva beban dan perpindahan sebagai berikut :

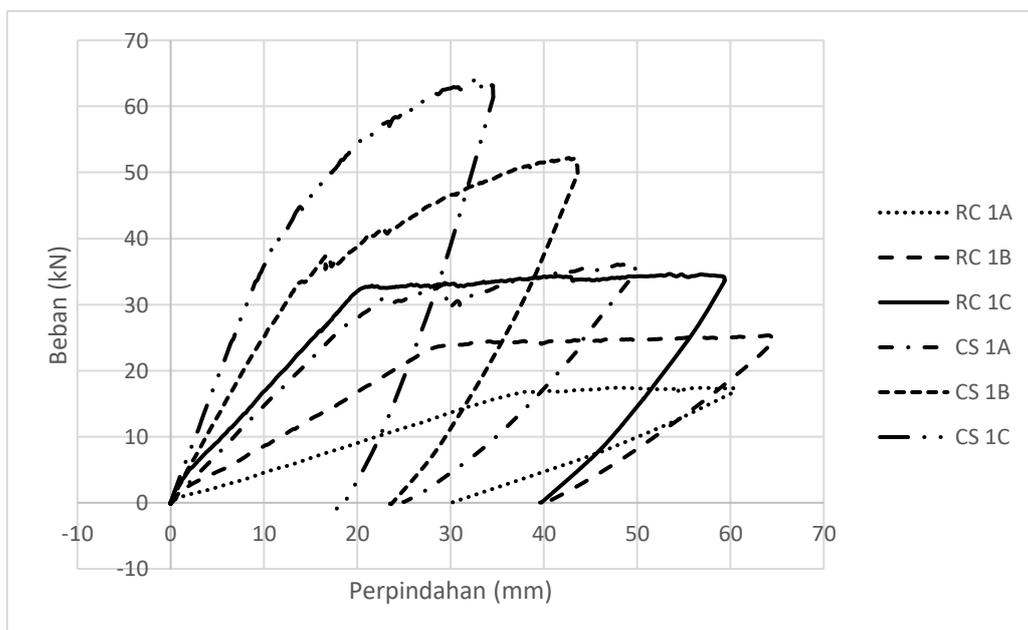


Gambar 4.17 Kurva Beban Perpindahan Spesimen Pelat Komposit Baja Ringan

4.4 Perbandingan Hasil Pengujian Spesimen Pelat beton Bertulang dengan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan (Composite Section)

4.4.1 Perbandingan Hasil Pengujian Spesimen Pelat beton Bertulang dengan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan (Composite Section) Lebar 300 mm

Pengujian pada spesimen pelat beton bertulang dan pelat komposit beton-baja ringan untuk spesimen dengan lebar 300mm dengan variasi tinggi 80 mm, 100 mm dan 120 mm. Maka berdasarkan hasil pengujian didapatkan kurva beban dan perpindahan untuk 6 spesimen tersebut sebagai berikut :

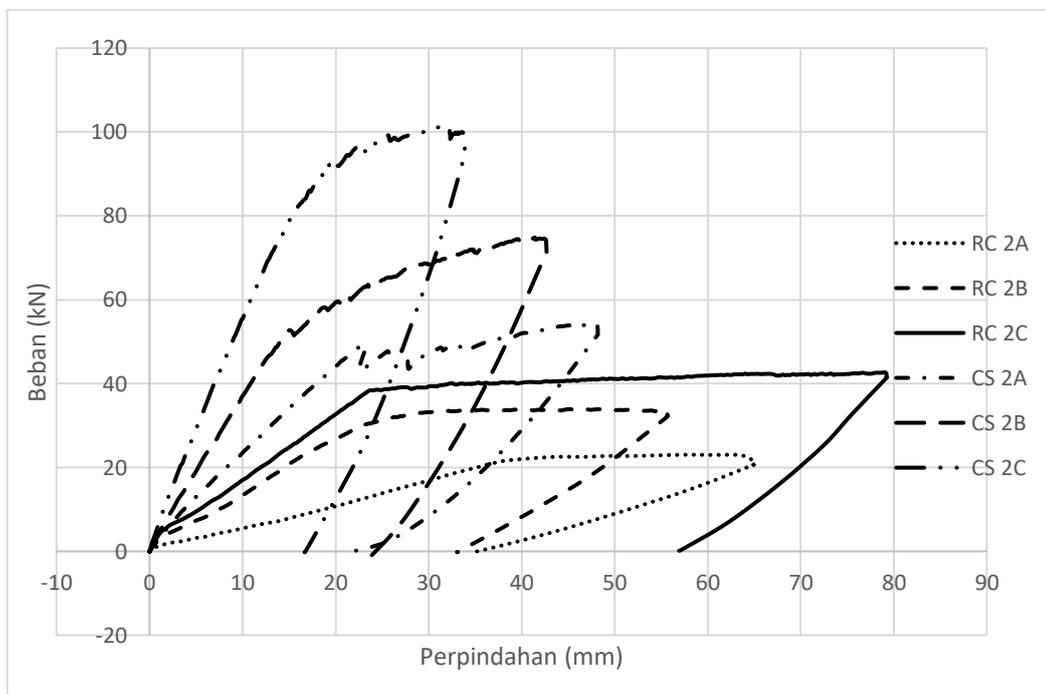


Gambar 4.18 Kurva Perbandingan Beban Perpindahan Spesimen Pelat Beton Bertulang dengan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan lebar 300mm

Dari kurva perbandingan beban perpindahan Spesimen pelat Beton Bertulang dengan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan lebar 300mm terlihat bahwa Spesimen Pelat komposit beton-baja ringan mampu memikul beban dua kali lebih besar dari pelat beton bertulang. Kekuatan pada pelat komposit beton-baja ringan tinggi 80 mm sebanding dengan pelat beton-bertulang D10 tinggi 120 mm.

4.4.2 Perbandingan Hasil Pengujian Spesimen Pelat beton Bertulang dengan *Pelat Komposit Beton-Baja Ringan (Composite Section) Lebar 300 mm*

Pengujian pada spesimen pelat beton bertulang dan pelat komposit beton-baja ringan untuk spesimen dengan lebar 450mm dengan variasi tinggi 80 mm, 100 mm dan 120 mm. Maka berdasarkan hasil pengujian didapatkan kurva beban dan perpindahan untuk 6 spesimen tersebut sebagai berikut :

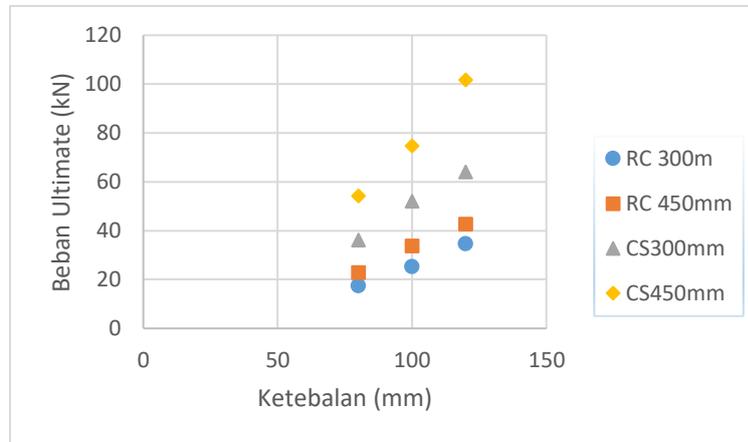


Gambar 4.19 Kurva Perbandingan Beban Perpindahan Spesimen Pelat Beton Bertulang dengan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan lebar 450mm

Dari kurva perbandingan beban perpindahan Spesimen pelat Beton Bertulang dengan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan lebar 450mm terlihat bahwa Spesimen Pelat komposit beton-baja ringan mampu memikul beban dua kali lebih besar dari pelat beton bertulang. Kekuatan pada pelat komposit beton-baja ringan tinggi 80 mm lebih besar dari pelat beton-bertulang D10 tinggi 120 mm.

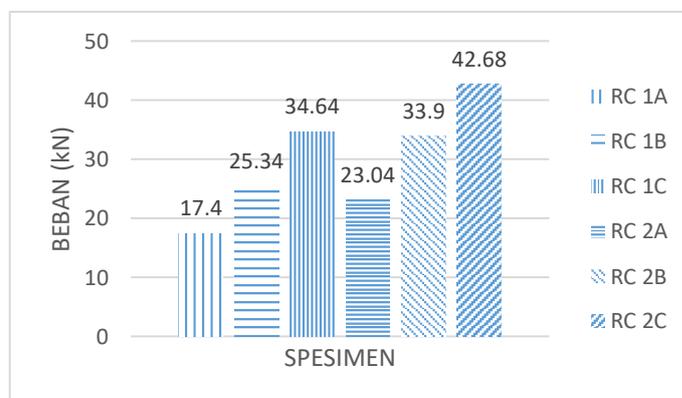
4.5 Pengaruh Ketebalan Spesimen Terhadap Beban Ultimate

Seperti yang kita ketahui bahwa semakin besar penampang maka beban yang dapat dipikul juga akan besar. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh ketebalan pelat terhadap beban yang diberikan.



Gambar 4.20 Kurva Pengaruh Ketebalan terhadap Beban Ultimate

Berdasarkan kurva di atas dapat diketahui bahwa kurva berbentuk linier yang berarti bahwa semakin tinggi penampang maka semakin besar beban yang mampu diterima oleh pelat. Dimana beban yang mampu diterima pelat beton bertulang terhadap ketinggiannya yaitu 17.4 kN, 25.34 kN, 34.64 kN (untuk lebar 300mm) dan 23.04 kN, 33.90 kN, 42.68 kN (untuk lebar 450mm). Sedangkan beban yang mampu diterima untuk pelat komposit beton-baja ringan yaitu 36.28 kN, 52.20 kN, 64.14 kN (untuk lebar 300mm) dan 54.30 kN, 74.84 kN, 101.68 kN (untuk lebar 450mm). Persentase (%) kenaikan beban pada pelat beton-bertulang masing-masing spesimen terhadap spesimen RC-1A ketebalan 80 mm yaitu :



Gambar 4.21 Pembebanan pada Pelat Beton-Bertulang

$$\begin{aligned} \text{Persentase (\%)} \text{ RC-1B} &= \frac{25,34-17,4}{17,4} \times 100\% \\ &= 45.63\% \end{aligned}$$

$$\text{Persentase (\%)} \text{ RC-1C} = \frac{34,64-17,4}{17,4} \times 100\%$$

$$= 99,08\%$$

$$\text{Persentase (\%)} \text{ RC-2A} = \frac{23,04-17,4}{17,4} \times 100\%$$

$$= 32,41\%$$

$$\text{Persentase (\%)} \text{ RC-2B} = \frac{33,90-17,4}{17,4} \times 100\%$$

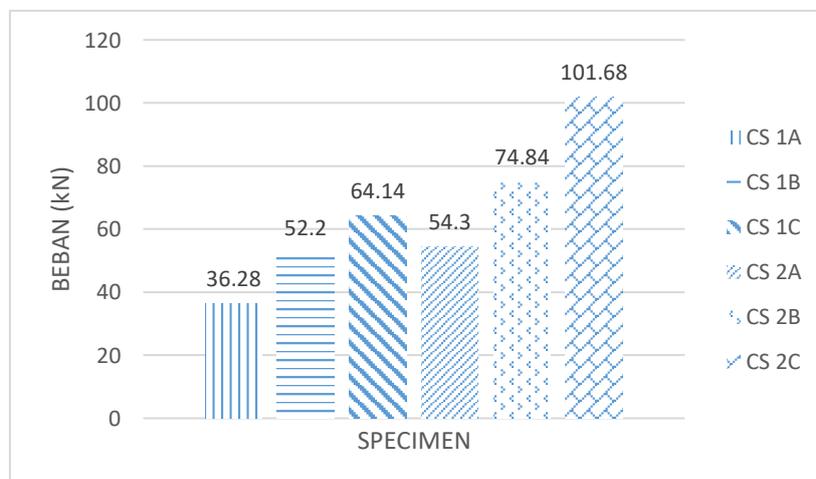
$$= 94,83\%$$

$$\text{Persentase (\%)} \text{ RC-2C} = \frac{42,68-17,4}{17,4} \times 100\%$$

$$= 145,29\%$$

Dari hasil diatas kenaikan beban pada spesimen pelat beton-bertulang dengan lebar specimen 300mm ketebalan 100 mm sebesar 45.63% lebih besar dibandingkan dengan spesimen ketebalan 80 mm, kenaikan beban pada spesimen ketebalan 120 mm sebesar 99.08% atau hampir 2 kali lebih besar dibandingkan beban terhadap spesimen ketebalan 80 mm. Dan dengan lebar 450mm dengan ketebalan yang sama 80mm sebesar 32,41%, kenaikan beban pada spesimen ketebalan 100 mm sebesar 94.83% atau hampir 2 kali lebih besar dibandingkan beban terhadap spesimen ketebalan 80 mm lebar 300mm dan kenaikan beban pada spesimen ketebalan 120 mm sebesar 145,29% atau hampir 2,5 kali lebih besar dibandingkan beban terhadap spesimen ketebalan 80 mm lebar 300mm

Persentase (%) kenaikan beban pada pelat komposit beton-baja ringan masing-masing spesimen terhadap spesimen CS-1A ketebalan 80 mm yaitu :



Gambar 4.22 Pembebanan pada Pelat Komposit Beton - Baja Ringan

$$\begin{aligned} \text{Persentase (\%)} \text{ CS-1B} &= \frac{52.20 - 36.28}{36.28} \times 100\% \\ &= 43.88\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase (\%)} \text{ CS-1C} &= \frac{64.14 - 36.28}{36.28} \times 100\% \\ &= 76.79\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase (\%)} \text{ CS-2A} &= \frac{54,3 - 36,28}{36,28} \times 100\% \\ &= 49,67\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase (\%)} \text{ CS-2B} &= \frac{74,84 - 36,28}{36,28} \times 100\% \\ &= 106,28\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase (\%)} \text{ CS-2C} &= \frac{101,68 - 36,28}{36,28} \times 100\% \\ &= 200,12\% \end{aligned}$$

Dari hasil diatas kenaikan beban pada spesimen pelat beton-baja ringan dengan lebar 300mm ketebalan 100 mm sebesar 43.88% lebih besar dibandingkan dengan spesimen ketebalan 80 mm (lebar 300mm), kenaikan beban pada spesimen ketebalan 120 mm sebesar 76.79% lebih besar dibandingkan beban terhadap spesimen ketebalan 80 mm(lebar 300mm). Dan untuk specimen lebar 450mm kenaikan beban pada spesimen pelat beton-baja ringan dengan ketebalan yang sama yaitu 80mm sebesar 49,67%, kenaikan beban pada specimen ketebalan 100 mm sebesar 106,28% lebih besar dibandingkan dengan spesimen ketebalan 80 mm (lebar 300mm), kenaikan beban pada spesimen ketebalan 120 mm sebesar 200,12% lebih besar dibandingkan beban terhadap spesimen ketebalan 80 mm(lebar 300mm)

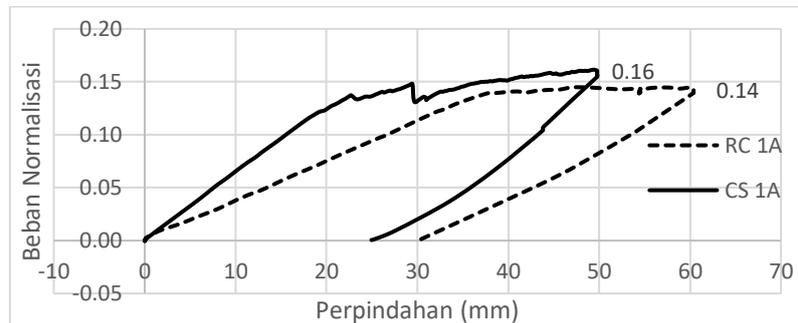
4.6 Perbandingan Kapasitas Pelat Beton-Bertulang dengan Pelat Komposit Beton-Baja Ringan

Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui berapa kapasitas pada masing-masing pelat namun dilihat dari jumlah dan luas penampang pada tulangan tarik antara spesimen pelat beton-bertulang dengan pelat komposit beton-baja ringan tidak sama.

Oleh sebab itu untuk mendapatkan kapasitas kedua spesimen ini maka harus dibagi dengan luas penampang dan mutu dari masing-masing material yang digunakan. Material baja ringan yang didapatkan tegangan leleh (f_y) sebesar 480 Mpa dengan luas penampang (A_s) yaitu 468 mm² (lebar 300mm) dan 715.50 mm² (lebar 450mm) dan tulangan D10 memiliki tegang leleh (f_y)

sebesar 510 Mpa dengan luas penampang 235.619 mm² (lebar 300mm) dan 314.29 mm² (lebar 450mm). Perbandingan ini dilakukan antar spesimen yang memiliki ketinggian/ketebalan yang sama.

Spesimen RC-1A dan CS-1A



Gambar 4.23 Kurva Perbandingan Kapasitas RC-1A dengan CS-1A

Beban normalisasi berarti beban yang telah dibagi dengan luas penampang dan mutu masing-masing material.

Tabel 4.5 Nilai Kapasitas Spesimen

Nama Spesimen	Ketinggian (mm)	As (mm ²)	fy (Mpa)	Pu (kN)	Pu/As.fy	Lendutan (mm)
RC-1A	80	235.62	510	17.4	0.14	60.2
CS-1A		468.00	480	36.28	0.16	49.4
RC-1B	100	235.62	510	25.34	0.21	64
CS-1B		468.00	480	52.2	0.23	42.7
RC-1C	120	235.62	510	34.64	0.29	53.46
CS-1C		468.00	480	64.14	0.29	32.9
RC-2A	80	314.29	510	23.04	0.14	57.58
CS-2A		715.50	480	54.4	0.16	47.88
RC-2B	100	314.29	510	33.9	0.21	45.98
CS-2B		715.50	480	74.84	0.22	41.42
RC-2C	120	314.29	510	42.68	0.27	79.04
CS-2C		715.50	480	101.6	0.30	31.84

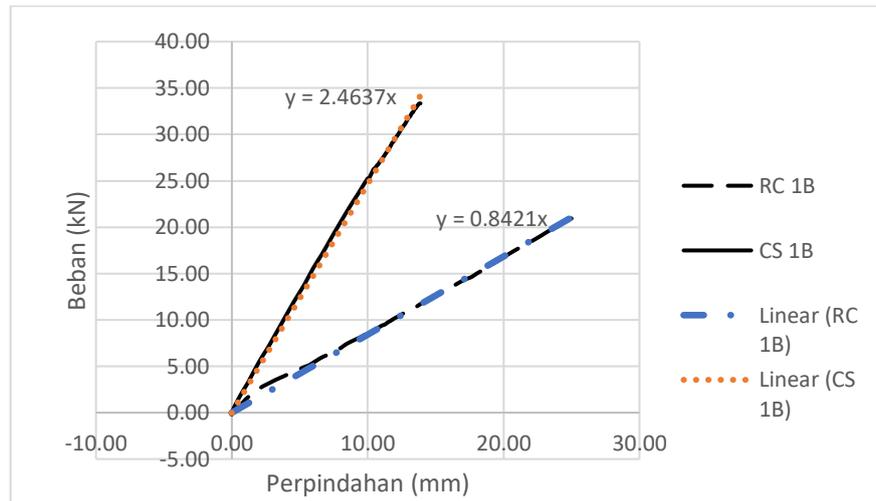
Berdasarkan kurva dan tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai beban yang mampu dipikul antara pelat beton-bertulang tulangan D10 dengan pelat komposit beton-baja ringan relative sama.

Lendutan yang terjadi pada spesimen pelat beton bertulang lebih besar dibandingkan pelat komposit beton-baja ringan.

4.7 Kekakuan Pada Spesimen

Kekakuan diartikan sebagai gaya yang diperlukan untuk memperoleh satu unit displacement. Kekakuan dapat ditinjau dari fase elastis (saat kurva berbentuk linear). Nilai kekakuan merupakan kemiringan dari hubungan antara beban dan lendutan. Semakin kaku suatu struktur nilai kekakuannya juga besar.

Kekakuan antar spesimen dapat dilakukan pertama dengan membandingkan variasi tingginya, kedua dengan membandingkan antar material yang digunakan pada spesimen dengan menggunakan dimensi yang sama.



Gambar 4.24 Kurva Beban-Perpindahan RC-1B dengan CS-1B

Tabel 4.6 Nilai Kekakuan Spesimen

No	Kode Spesimen	Ketebalan (mm)	Pu (kN)	L (mm)	Kekakuan
1	RC-1A	80	17.4	60.2	0.45
2	CS-1A		36.28	49.4	1.45
3	RC-1B	100	25.34	64	0.84
4	CS-1B		52.2	42.7	2.46
5	RC-1C	120	34.64	53.46	1.62
6	CS-1C		64.14	32.9	3.63
7	RC-2A	80	23.04	57.58	0.56
8	CS-2A		54.4	47.88	2.24
9	RC-2B	100	33.9	45.98	1.33
10	CS-2B		74.84	41.42	3.68
11	RC-2C	120	42.68	79.04	1.64
12	CS-2C		101.6	31.84	5.44

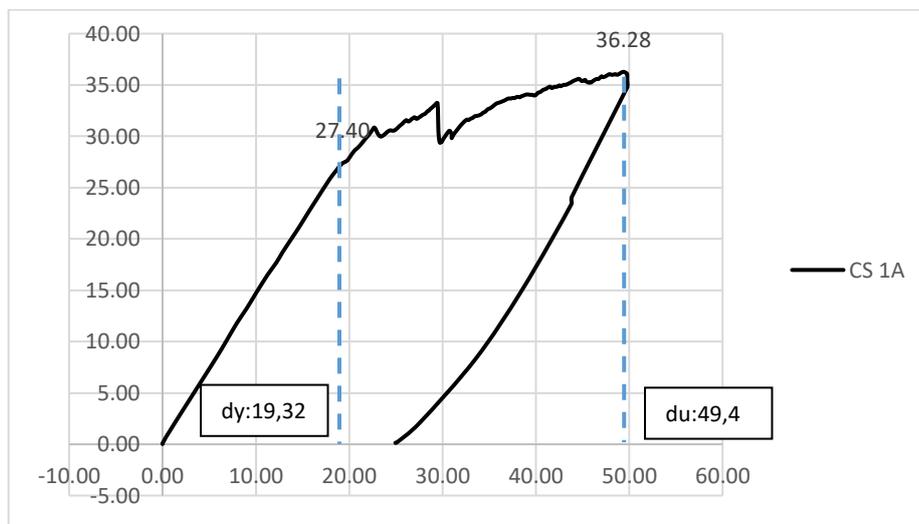
Berdasarkan data tabel di atas kekakuan yang terjadi pada spesimen pelat komposit beton-baja ringan lebih besar dibandingkan kekakuan pelat beton-bertulang pada setiap ketebalannya

memiliki perbandingan 2-3 kali lebih besar. Dan juga dapat kita ketahui bahwa semakin tinggi penampang maka kekakuan akan semakin meningkat, dimana peningkatan kekakuan pada setiap ketinggian pelat hampir 2 kali lebih besar.

4.8 Daktilitas Pada Spesimen

Daktilitas adalah perbandingan perpindahan maksimum terhadap perpindahan yield. Daktilitas merupakan kemampuan suatu benda menahan beban saat kondisi plastis (setelah melewati elastis).

Pada grafik beban-perpindahan yang didapat dari hasil pengujian, dapat ditentukan nilai daktilitas dari benda uji, Dimana nilai daktilitas sama dengan perpindahan saat *ultimate* (du) dibagi dengan perpindahan saat batas elastis (dy).

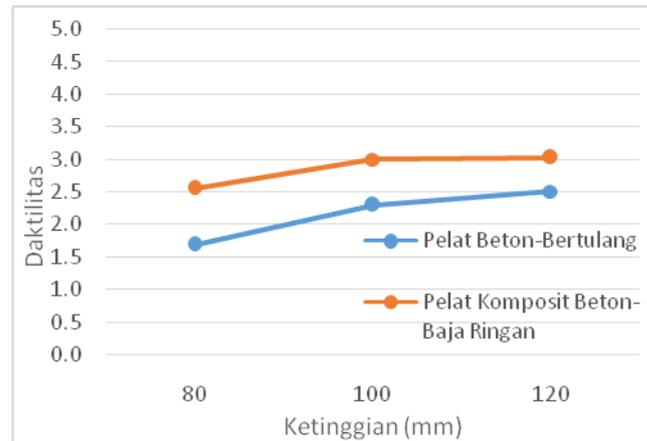


Gambar 4.25 Kurva Beban-Perpindahan Spesimen CS-1A

Tabel 4.7 Nilai Daktilitas Spesimen

No	Kode Spesimen	Ketebalan	dy (mm)	du (mm)	Daktilitas
		(mm)			
1	RC-1A	80	35.7	60.20	1.686
2	CS-1A		19.32	49.40	2.557
3	RC-1B	100	27.86	64.00	2.297
4	CS-1B		14.24	42.70	2.999
5	RC-1C	120	21.8	53.46	2.452
6	CS-1C		10.88	32.90	3.024
7	RC-2A	80	37.74	64.94	1.721
8	CS-2A		21.66	47.88	2.211
9	RC-2B	100	24.36	55.66	2.285
10	CS-2B		13.30	41.42	3.114
11	RC-2C	120	23.76	79.22	3.334
12	CS-2C		15.94	31.84	1.997

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa daktilitas yang terjadi pada spesimen pelat komposit beton-baja ringan lebih besar dibandingkan spesimen pelat beton bertulang.



Gambar 4.26 Kurva Pengaruh Ketinggian terhadap Daktilitas

Dari spesimen yang kita uji, saat perencanaannya perlu diperhatikan lendutan ijinnya, yang mana dapat kita peroleh dari persamaan ;

$$\delta = \frac{L}{240}$$

L = panjang bentang ; δ = lendutan ijin

Lendutan ijin spesimen komposit saat pengujian

$$\delta = \frac{2 m}{240}$$

$$\delta = 8,33 \text{ mm}$$

Dari hasil pengujian didapat y (lendutan yield) setiap spesimen lebih besar dari δ (lendutan ijin), Artinya saat lendutan ijin terjadi spesimen masih mampu menerima beban (belum runtuh) sampai lendutan maksimum spesimen tercapai.

4.9 Perbandingan Hasil Eksperimental dengan Perhitungan Analitik

Perhitungan analitikal dilakukan pada spesimen untuk mengetahui perbandingan hasil eksperimental dengan teori. Untuk perhitungan analitik secara manual di ambil dari data pelat beton-bertulang dan pelat komposit beton-baja ringan.

- Mu Eksperimental

$$Mu\ eks = \frac{Pu}{2} \times L$$

Pu = Beban *ultimate* (kN) ; L = lengan gaya (m)

Spesimen RC-1A

$Pu = 17.4$ kN ; $L = 0.8$ m

$$\begin{aligned} Mu\ eks &= \frac{17.4\text{ kN}}{2} \times 0.8\text{ m} \\ &= 6.96\text{ kNm} \end{aligned}$$

Spesimen CS-1A

$Pu = 36.28$ kN ; $L = 0.8$ m

$$\begin{aligned} Mu\ eks &= \frac{36.28\text{ kN}}{2} \times 0.8\text{ m} \\ &= 14.51\text{ kNm} \end{aligned}$$

- Mu Analitikal

Secara umum, tipe keruntuhan dapat ditentukan tergantung dari nilai ρ , apakah $\rho = \rho_b$,

$\rho < \rho_b$ atau $\rho > \rho_b$

Jika : $\rho < \rho_b$; Keruntuhan Tarik

$\rho = \rho_b$; Keruntuhan Seimbang

$\rho > \rho_b$; Keruntuhan Tekan

H	= Tinggi Pelat	d	= H-d'
β_1	= 0.85	f_c'	= 33 Mpa
f_y baja ringan	= 480.733 Mpa	f_y tulangan	= 514.557 Mpa
A_s	= 468 mm ²	A_s'	= 235.619 mm ²
d'	= 11.1 mm	d'	= 30 mm
b	= 300 mm	ϕ	= 0,8

Mu Analitikal spesimen RC-1A (Reinforcement Concrete -h80-b300)

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0.85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= 0.85 * 0.85 * \frac{33}{514.557} * \left(\frac{600}{600+514.557} \right) \\ &= 0.024944\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{A_s}{b \cdot d} < \rho_b \\ &= \frac{235.619}{300 * 50} \\ &= 0.015708 < \rho_b\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \cdot f_y \left(d - 0.59 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{f_c' \cdot b} \right) \\ &= 235.619 * 514.557 * \left(50 - 0.59 * \frac{235.619 * 514.557}{33 * 300} \right) \\ &= 5.545\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_u &= M_n \\ &= 5.545\end{aligned}$$

Mu Analitikal spesimen CS-1A (composite section-h80-b300)

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0.85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= 0.85 * 0.85 * \frac{33}{480.733} * \left(\frac{600}{600+480.733} \right) \\ &= 0.027535\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{A_s}{b \cdot d} < \rho_b \\ &= \frac{468}{300 * 68.9} \\ &= 0.022642 < \rho_b\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \cdot f_y \left(d - 0.59 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{f_c' \cdot b} \right) \\ &= 468 * 480.733 * \left(50 - 0.59 * \frac{468 * 480.733}{33 * 300} \right) \\ &= 13.722\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_u &= M_n \\ &= 13.722\end{aligned}$$

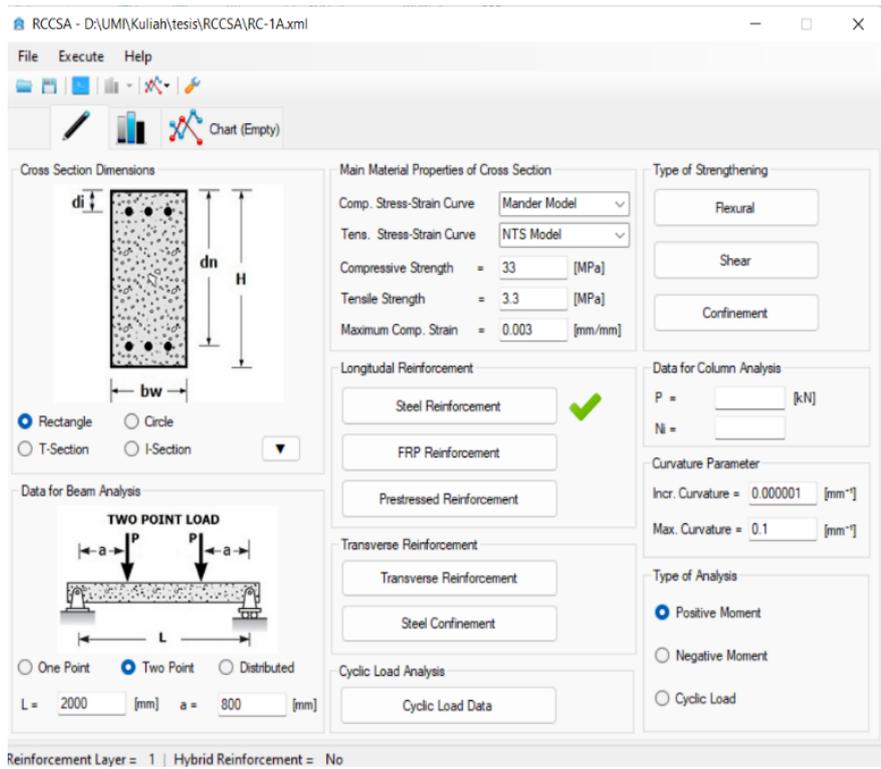
Tabel 4.8 Nilai Hasil Mu Eksperimental dan Mu Analitikal

Kode Benda Uji	Tinggi (mm)	Mu Eksperimental (kNm)	Mu Analitikal (kNm)
CS- 1A	80	14.51	13.703
CS- 1B	100	20.88	18.196
CS- 1C	120	25.66	22.689
RC- 1A	80	6.96	5.501
RC- 1B	100	10.14	7.904
RC- 1C	120	13.86	10.307
CS- 2A	80	21.72	20.898
CS- 2B	100	29.94	27.767
CS- 2C	120	40.67	34.636
RC- 2A	80	9.22	7.412
RC- 2B	100	13.56	10.618
RC- 2C	120	17.07	13.824

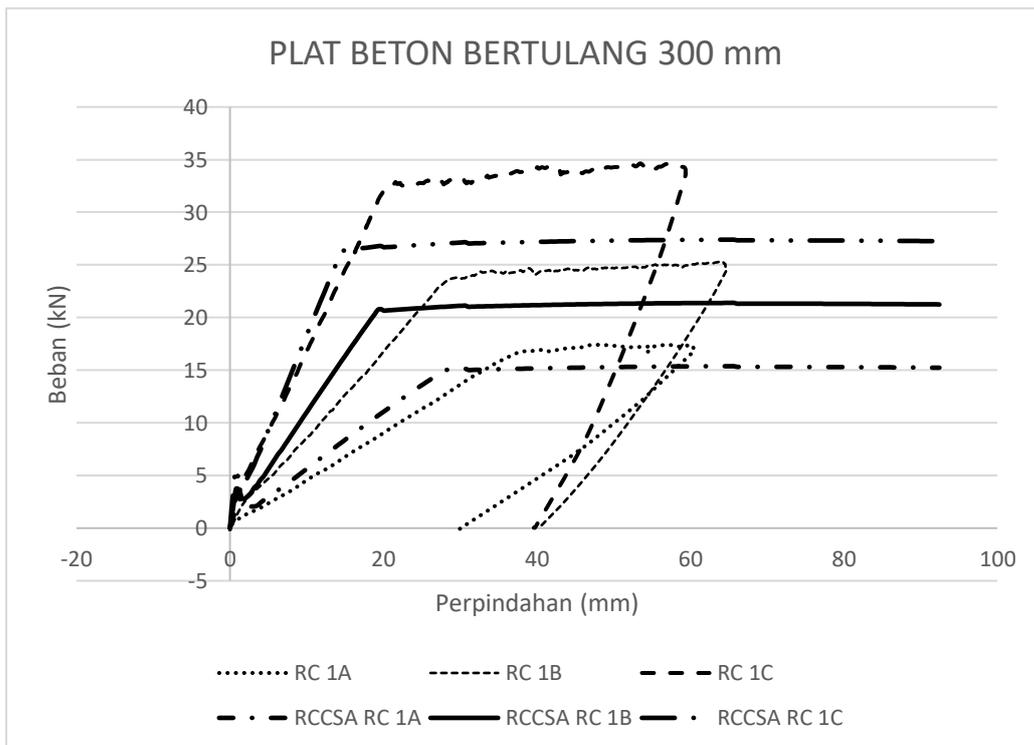
Berdasarkan tabel di atas diperoleh nilai antara *Mu* eksperimental pada spesimen lebih besar dibandingkan dengan *Mu* analitikal pada setiap ketebalannya.

4.10 Perbandingan Hasil Eksperimental dengan Perhitungan Analitik (RCCSA)

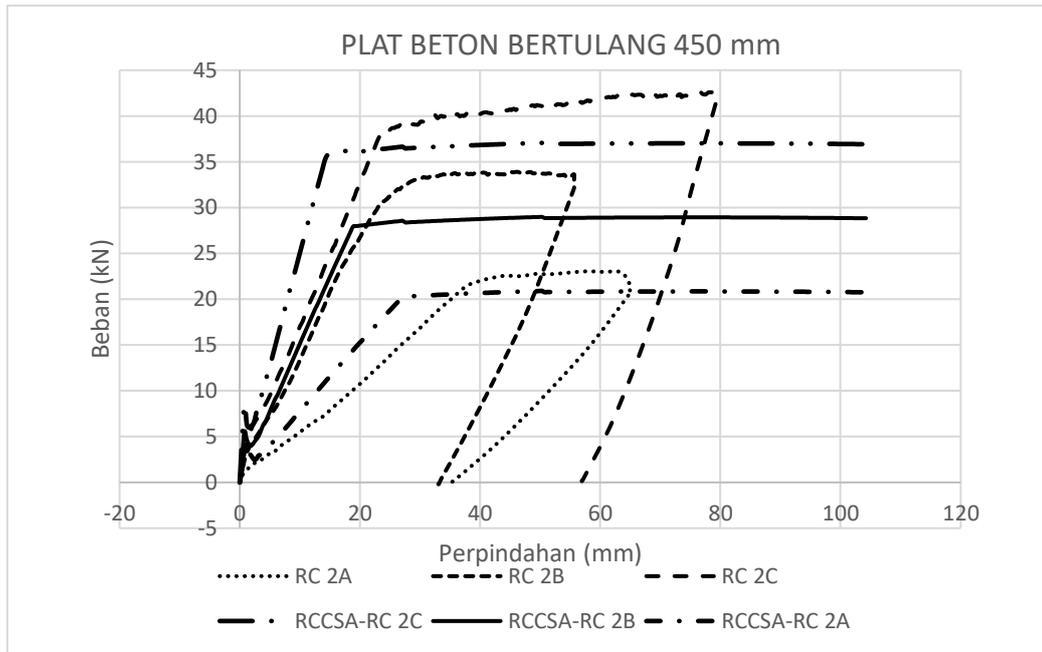
RCCSA (Reinforced Concrete Cross Section Analysis) merupakan program yang dapat menghitung kapasitas dari balok, kolom dan pelat yang diberikan pembebanan secara monotonik ataupun siklik. Hasil yang dikeluarkan dari program RCCSA untuk penelitian ini berupa kurva beban-perpindahan. Program RCCSA ini membutuhkan input data seperti ukuran penampang, Panjang struktur (pelat, balok dan kolom), jenis pembebanan data dari masing-masing material. Salah satu interface dari input program RCCSA dapat dilihat seperti gambar 4.25.



Gambar 4.27 Interface Program RCCSA V4.3.2

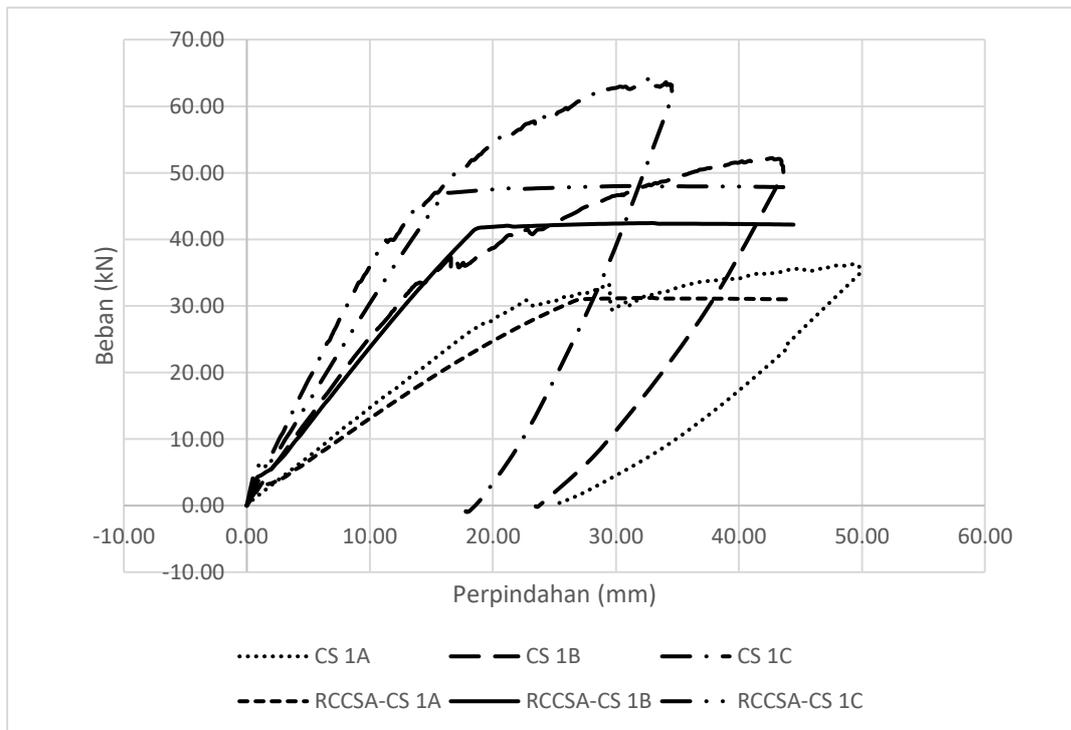


Gambar 4.28 Grafik Beban – Perpindahan Pelat Beton Bertulang Lebar 300 mm

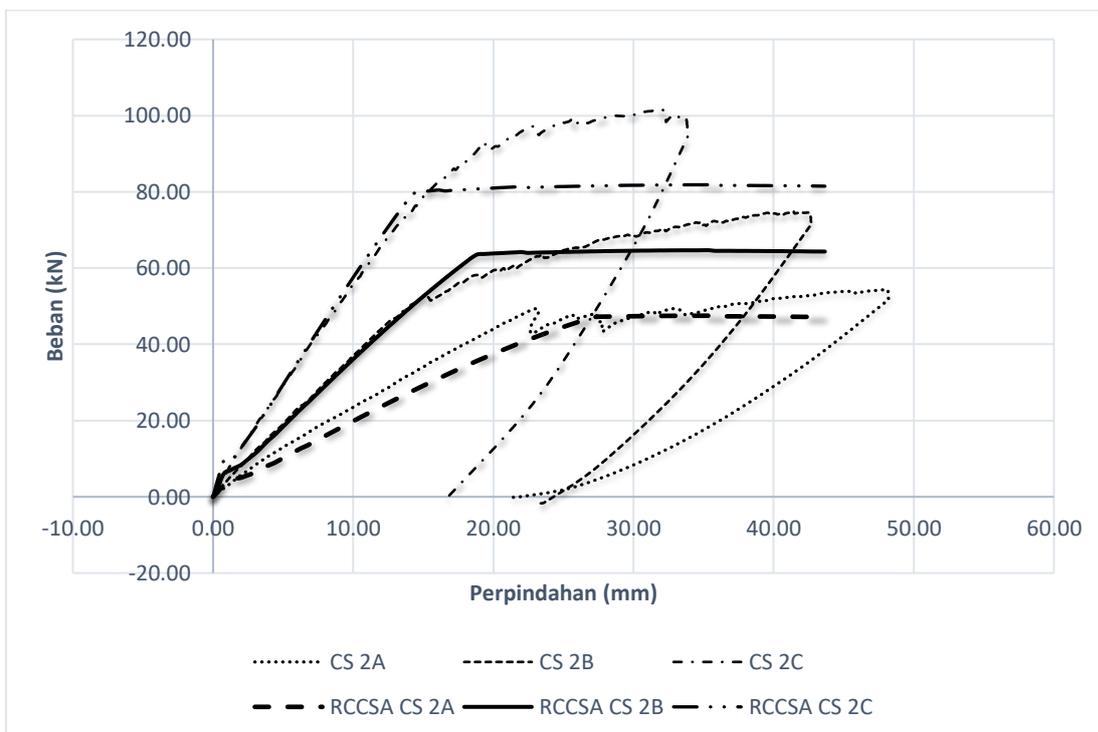


Gambar 4.29 Grafik Beban – Perpindahan Pelat Beton Bertulang Lebar 450 mm

Gambar 4.26, gambar 4.27 merupakan kurva beban-perpindahan pelat beton bertulang dengan lebar 300 mm dan 450 mm dengan variasi ketebalan 80 mm, 100 mm dan 120 mm dimana dilakukan perbandingan antara hasil secara eksperimental dan RCCSA, dengan memperhatikan penambahan ketinggian pelat mempengaruhi peningkatan nilai kapasitas dan kekakuannya. Pada penelitian secara eksperimental pelat lebar 300 mm dengan ketinggian 80 mm, 100 mm dan 120 mm di dapatkan beban maksimum yang mampu dipikul adalah 17,4 kN, 25,34 kN dan 34,64 kN. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan perhitungan dengan menggunakan program RCCSA dimana didapatkan beban maksimum yang mampu dipikul adalah 15,38 kN, 21,4 kN dan 27,4 kN. Pola yang sama terjadi juga Pada penelitian secara eksperimental pelat lebar 450 mm dengan ketinggian 80 mm, 100 mm dan 120 mm di dapatkan beban maksimum yang mampu dipikul adalah 23,04 kN, 33,9 kN dan 42,68 kN. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan perhitungan dengan menggunakan program RCCSA dimana didapatkan beban maksimum yang mampu dipikul adalah 20,9 kN, 28,98 kN dan 37,06 kN



Gambar 4.30 Grafik Beban – Perpindahan Pelat Komposit Baja Ringan Lebar 300 mm



Gambar 4.31 Grafik Beban – Perpindahan Pelat Komposit Baja Ringan Lebar 450 mm

Gambar 4.28, gambar 4.29 merupakan kurva beban-perpindahan pelat komposit Baja Ringan dengan lebar 300 mm dan 450 mm dengan variasi ketebalan 80 mm, 100 mm dan 120 mm dimana dilakukan perbandingan antara hasil secara eksperimental dan RCCSA, Pada penelitian

secara eksperimental pelat lebar 300 mm dengan ketinggian 80 mm, 100 mm dan 120 mm di dapatkan beban maksimum yang mampu dipikul adalah 36,28 kN, 52,2 kN dan 64,14 kN. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan perhitungan dengan menggunakan program RCCSA dimana didapatkan beban maksimum yang mampu dipikul adalah 31,2 kN, 42,44 kN dan 48,09 kN. Pola yang sama terjadi juga Pada penelitian secara eksperimental pelat lebar 450 mm dengan ketinggian 80 mm, 100 mm dan 120 mm di dapatkan beban maksimum yang mampu dipikul adalah 54,4 kN, 74,88 kN dan 101,6 kN. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan perhitungan dengan menggunakan program RCCSA dimana didapatkan beban maksimum yang mampu dipikul adalah 47,5 kN, 64,68 kN dan 73,25 kN

Perbandingan Nilai Kapasitas Spesimen dengan Eksperimental dengan perangkat lunak RCCSA dengan memperhatikan penambahan ketinggian pelat mempengaruhi peningkatan nilai kapasitas dan kekakuannya dapat dilihat pada table berikut:.

Tabel 4.9 Perbandingan Nilai Kapasitas Eksperimental dan Kapasitas RCCSA

Nama Spesimen	Ketinggian (mm)	As (mm ²)	fy (Mpa)	Pu(RCCSA) (kN)	Pu/As.fy RCCSA	Pu(Eksp) (kN)	Pu/As.fy Eksperimental	Perbandingan (%)
RC-1A	80	235.619	510	15.38	0.128	17.4	0.145	11.61
CS-1A		468	480	31.2	0.139	36.28	0.162	14.00
RC-1B	100	235.619	510	21.4	0.178	25.34	0.211	15.55
CS-1B		468	480	42.44	0.189	52.2	0.232	18.70
RC-1C	120	235.619	510	27.4	0.228	34.64	0.288	20.90
CS-1C		468	480	48.09	0.214	64.14	0.286	25.02
RC-2A	80	314.29	510	20.9	0.130	23.04	0.144	9.29
CS-2A		715.5	480	47.5	0.138	54.4	0.158	12.68
RC-2B	100	314.29	510	28.98	0.181	33.9	0.211	14.51
CS-2B		715.5	480	64.68	0.188	74.84	0.218	13.58
RC-2C	120	314.29	510	37.06	0.231	42.68	0.266	13.17
CS-2C		715.5	480	73.25	0.213	101.6	0.296	27.90

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji terhadap 12 spesimen pelat beton-bertulang dan pelat komposit beton-baja ringan yang telah dibahas pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan :

1. Beban yang mampu dipikul oleh pelat komposit baja ringan dua kali lebih besar dibandingkan pelat beton-bertulang untuk ketebalan pelat yang sama, jika rasio luas tulangan diperhitungkan, maka nilai beban yang mampu dipikul relatif sama antara pelat komposit baja-ringan dan pelat beton-bertulang dengan perbedaan rata-rata 7.88%. Lendutan yang terjadi pada pelat beton-bertulang lebih besar dari pelat komposit beton-baja ringan.
2. Penggunaan baja ringan dapat menunda terjadinya retak pertama. Retak pertama pelat komposit baja-ringan terjadi pada rentang beban 36-54 % dari beban *ultimate* sementara pada pelat beton-bertulang terjadi pada rentang beban 14-22% dari beban *ultimate*.
3. Kekuatan pada pelat komposit beton-baja ringan tinggi 80 mm sebanding dengan pelat beton-bertulang D10 tinggi 120 mm.
4. Untuk ketebalan pelat yang sama kekakuan pada spesimen pelat komposit beton-baja ringan dua hingga tiga kali lebih besar dibandingkan spesimen pelat beton-bertulang.
5. Daktilitas pada spesimen pelat komposit beton-baja ringan lebih besar dibandingkan spesimen pelat beton-bertulang dan mengalami peningkatan pada setiap ketebalannya.
6. Perbandingan kapasitas dengan rasio penampang ($P_u/A_s \cdot f_y$) pada ketebalan yang sama menunjukkan pelat komposit beton-baja ringan memiliki nilai yang lebih besar yaitu 2 sampai 3 kali lipat dari pelat beton bertulang
7. Kapasitas momen nominal yang didapatkan dari perhitungan menggunakan perangkat lunak RCCSA dan analisa secara keseluruhan tidak lebih besar dari pengujian eksperimental.
8. Adanya perbedaan nilai momen nominal pada perhitungan RCCSA dengan pengujian eksperimental terutama pada pelat beton bertulang yang seharusnya sama, hal ini dapat disebabkan karena factor nilai tegangan leleh (f_y) pada hasil uji Tarik pada baja ringan dan baja tulangan belum tentu sama dengan pengujian eksperimental .

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan terhadap eksperimental ini adalah :

1. Untuk mengetahui perilaku seutuhnya pada konsep sebuah pelat sebaiknya dilakukan variasi yang lebih banyak untuk tiap-tiap spesimen seperti variasi lebar, variasi dimensi tulangan maupun variasi tingginya dan juga dilakukan pengembangan terhadap alat pengujiannya.
2. Penelitian diharapkan juga dapat dilakukan pada stuktur lain seperti balok atau kolom.
3. Penggunaan baja ringan agar dapat dijadikan alternatif dalam pengerjaan konstruksi untuk efisiensi penggunaan tulangan

DAFTAR PUSTAKA

- Martyana Dwi Cahyati. 2018 " Pengaruh Variasi Tebal Terhadap Kekuatan Lentur Pada Balok Komposit Menggunakan Response 2000" Semesta Teknika.
- Abdel-Sayed, George.1982 "Composite Cold-Formed Steel-Concrete-Structural System". In : 6th Internasional Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures pp485-510.
- Andreas. 2012."Studi Eksperimental Balok Komposit Baja Ringan dengan Balok Beton Bertulang" Universitas Indonesia : Depok
- Hsu, Cheng Tzu. 2014."new Composite Beams Having Cold-Formed Steel Joists and Concrete Slab". In : Journal of Engineering Structures 71 pp 187-200.
- Alhajri,T.M. 2016 " Behaviour of pre-cast U-Shaped Composite Beam Integrating Cold Formed Steel With Ferro-Cement Slab". Universiti Teknologi Malaysia (UTM) : Malaysia.
- Inas Mahmood Ahmed, Kontantinos D T.2002 "The evolution of composite flooring systems: applications, testing,modelling and eurocode design approaches" Journal of Contractional Steel Research
- Wen Wei, Yu. 2000."Cold Formed Steel Design,Third Edition". University of Missouri-Rolla : United State of America (USA)
- Rohman dan Martana, 2011."Perbandingan Harga Penggunaan Konstruksi Kayu dan Baja Ringan sebagai Konstruksi Rangka Atap Pada bangunan Sederhana". agri-tek Volume 12 Nomor 2. Universitas Merdeka Madiun. Madiun.
- Sucipta dkk, 2013."Analisa Pola Keruntuhan Konstruksi Rangka Atap dengan Menggunakan Profil Baja Ringan". Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Volume.1,No.1, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Nguyen, Richard. 1988."Strength of Composite Cold Formed Steel Cocrete Beams". In : 6th Internasional Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures pp405-442.
- Nur dan Utiahman.2012."Analisis Stabilitas Elemen Baja Ringan Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Baja Konvensional pada Rangka Batang". Studi Kasus Rangka Atap Gedung Fakultas Teknik UNG. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.

LAMPIRAN



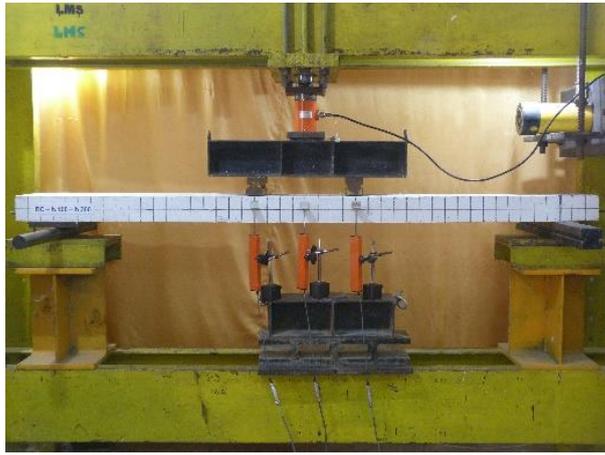
Gambar 1. Spesimen RC-1A sebelum Pembebanan



Gambar 2. Spesimen RC-1A setelah Pembebanan



Gambar 3. Keruntuhan pada Spesimen RC-1A



Gambar 4. Spesimen RC-1B sebelum Pembebanan



Gambar 5. Spesimen RC-1B setelah Pembebanan



Gambar 6. Keruntuhan pada Spesimen RC-1B



Gambar 7. Spesimen RC-1C sebelum Pembebanan



Gambar 8. Spesimen RC-1C setelah Pembebanan



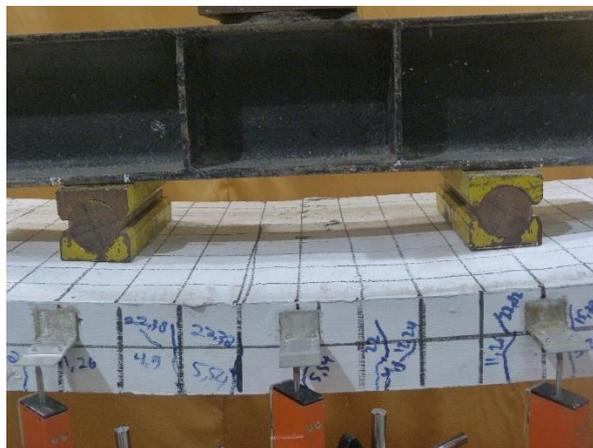
Gambar 9. Keruntuhan pada Spesimen RC-1C



Gambar 10. Spesimen RC-2A sebelum Pembebanan



Gambar 11. Spesimen RC-2A setelah Pembebanan



Gambar 12. Keruntuhan pada Spesimen RC-2A



Gambar 13. Spesimen RC-2B sebelum Pembebanan



Gambar 14. Spesimen RC-2B setelah Pembebanan



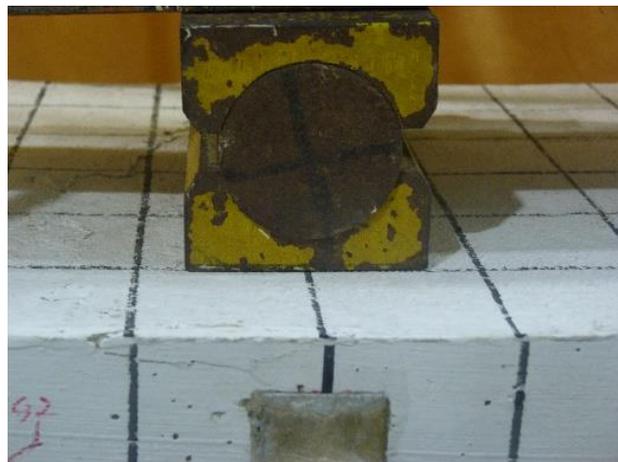
Gambar 15. Keruntuhan pada Spesimen RC-2B



Gambar 19. Spesimen CS-1A sebelum Pembebanan



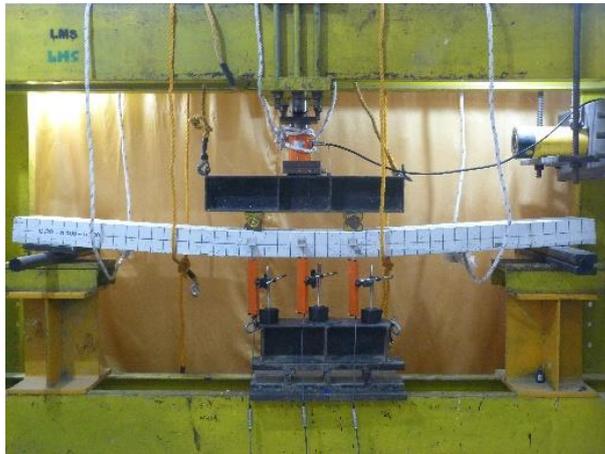
Gambar 20. Spesimen CS-1A setelah Pembebanan



Gambar 21. Keruntuhan pada Spesimen CS-1A



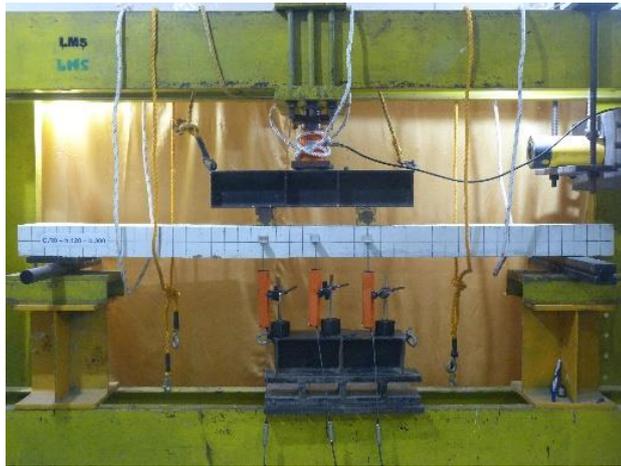
Gambar 22. Spesimen CS-1B sebelum Pembebanan



Gambar 23. Spesimen CS-1B setelah Pembebanan



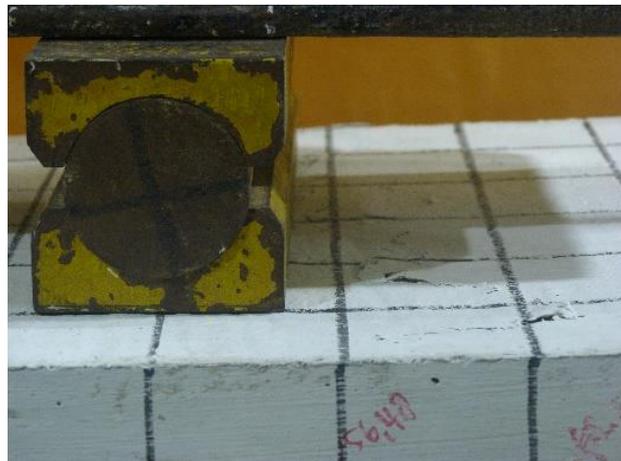
Gambar 24. Keruntuhan pada Spesimen CS-1B



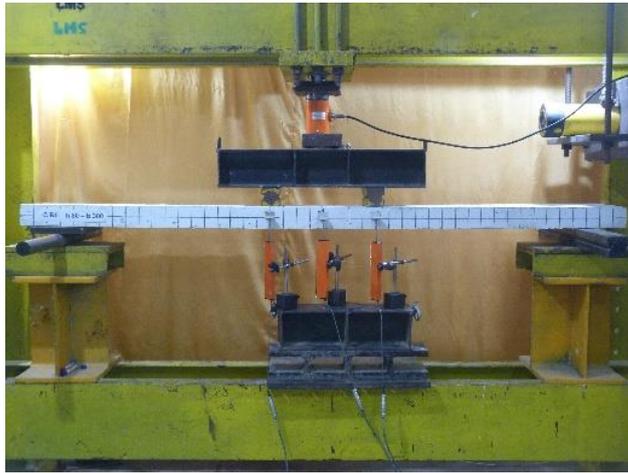
Gambar 25. Spesimen CS-1C sebelum Pembebanan



Gambar 26. Spesimen CS-1C setelah Pembebanan



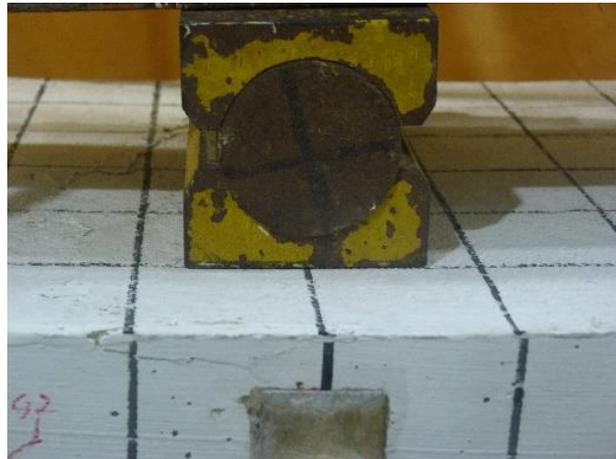
Gambar 27. Keruntuhan pada Spesimen CS-1C



Gambar 19. Spesimen CS-1A sebelum Pembebanan



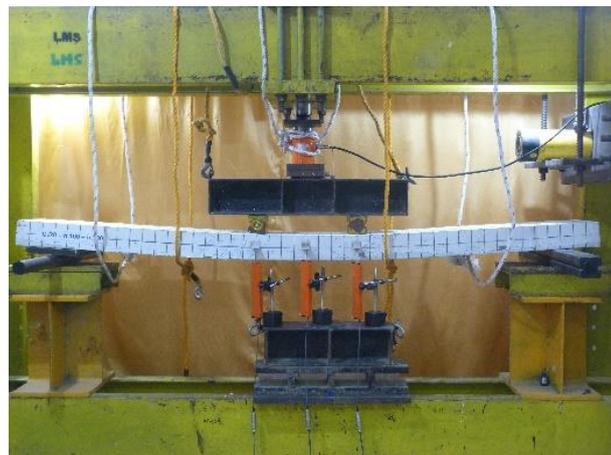
Gambar 20. Spesimen CS-1A setelah Pembebanan



Gambar 21. Keruntuhan pada Spesimen CS-1A



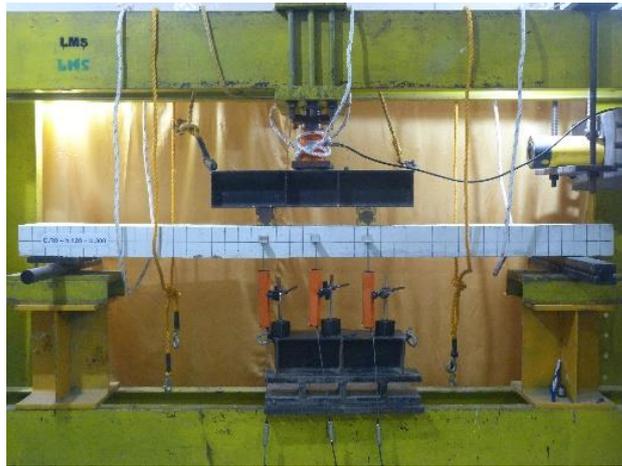
Gambar 22. Spesimen CS-1B sebelum Pembebanan



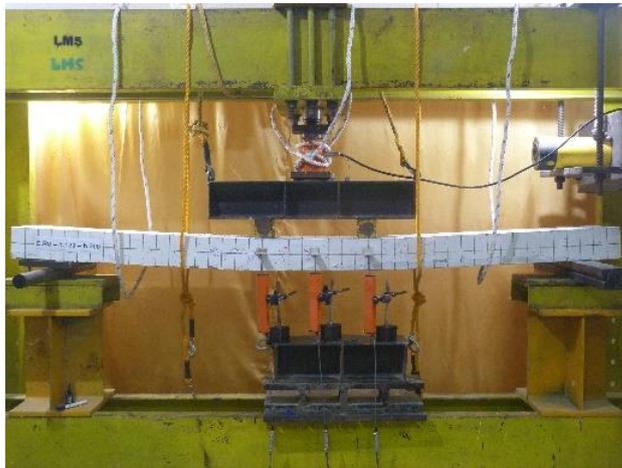
Gambar 23. Spesimen CS-1B setelah Pembebanan



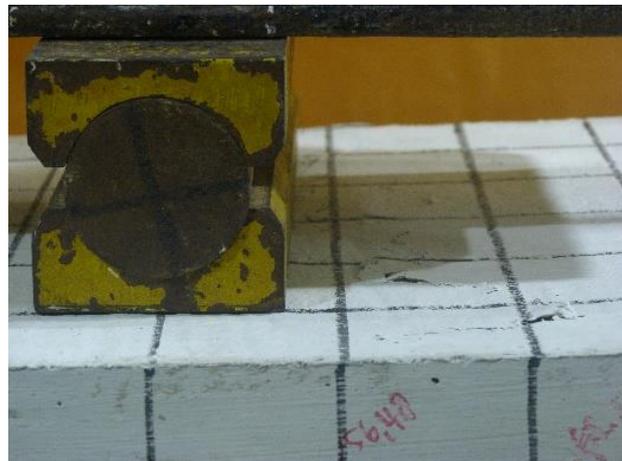
Gambar 24. Keruntuhan pada Spesimen CS-1B



Gambar 25. Spesimen CS-1C sebelum Pembebanan



Gambar 26. Spesimen CS-1C setelah Pembebanan



Gambar 27. Keruntuhan pada Spesimen CS-1C



Gambar 28. Spesimen CS-2A sebelum Pembebanan



Gambar 29. Spesimen CS-2A setelah Pembebanan



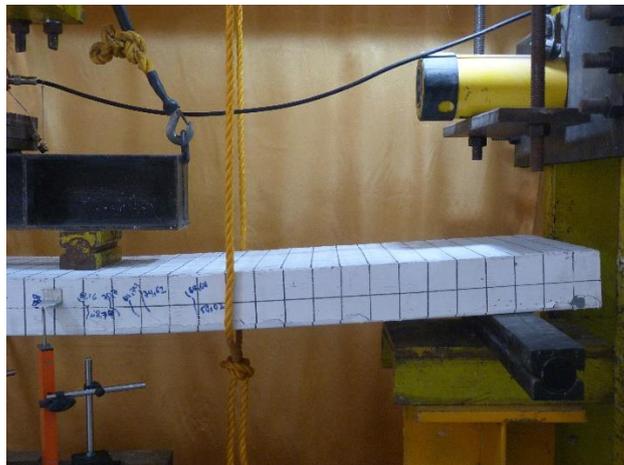
Gambar 30. Keruntuhan pada Spesimen CS-2A



Gambar 31. Spesimen CS-2B sebelum Pembebanan



Gambar 32. Spesimen CS-2B setelah Pembebanan



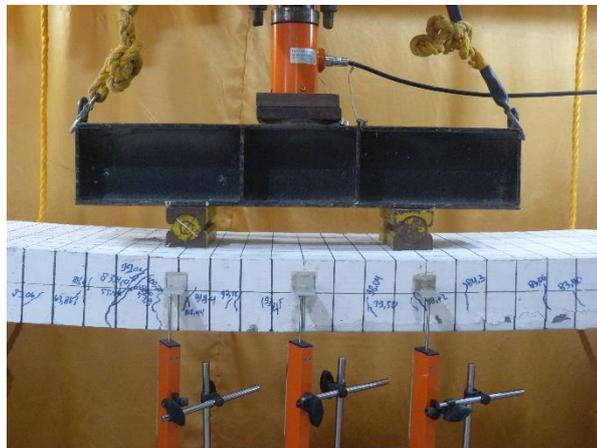
Gambar 33. Keruntuhan pada Spesimen CS-2B



Gambar 34. Spesimen CS-2C sebelum Pembebanan



Gambar 35. Spesimen CS-2C setelah Pembebanan



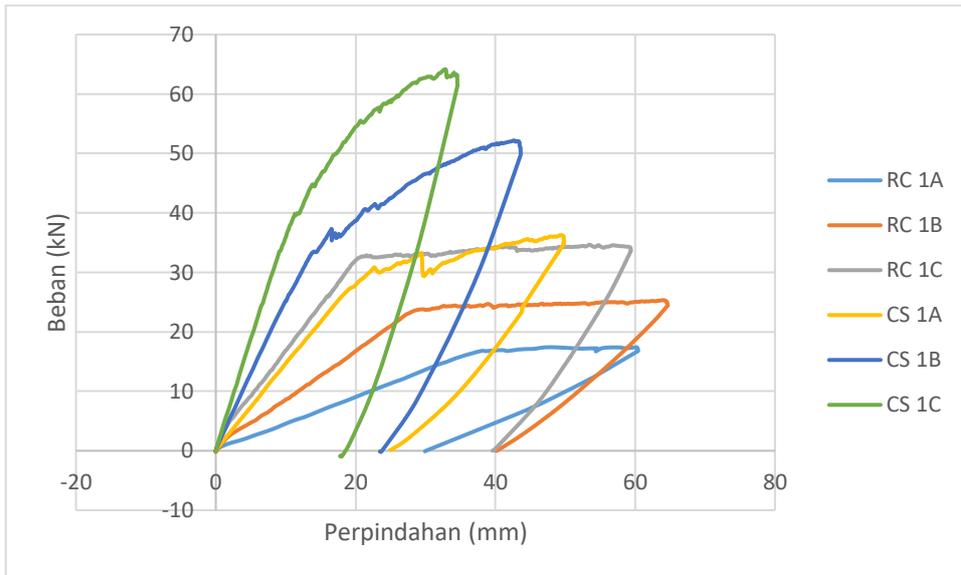
Gambar 36. Keruntuhan pada Spesimen CS-2C



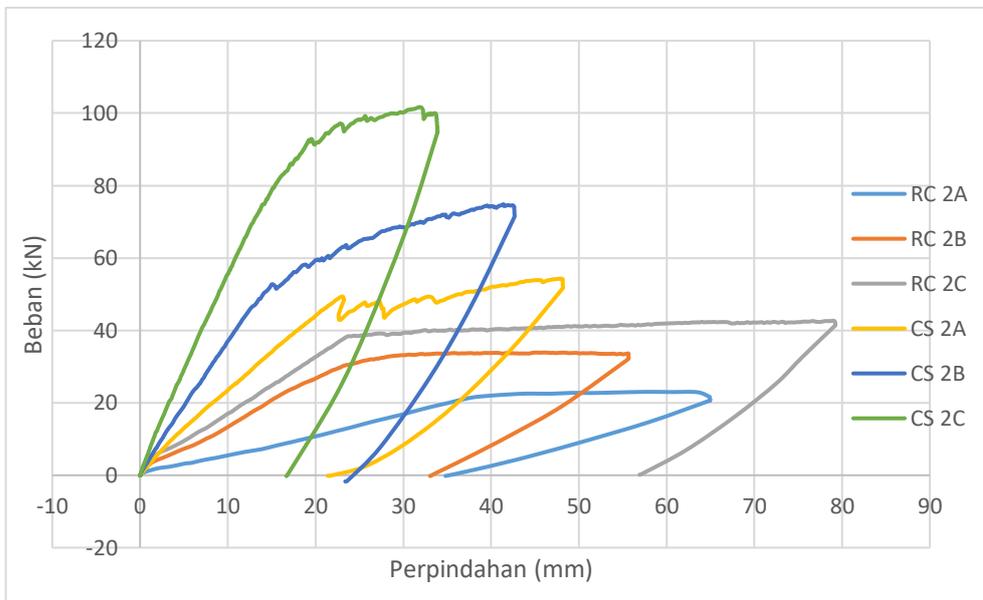
Gambar 19. Pengujian Kuat Tarik Tulangan D10



Gambar 20. Pengujian Kuat Tarik Baja Ringan



Kurva Beban Perpindahan Spesimen Pelat Beton Bertulang lebar 300mm vs Pelat komposit beton baja ringan lebar 300mm



Kurva Beban Perpindahan Spesimen Pelat Beton Bertulang lebar 450mm vs Pelat komposit beton baja ringan lebar 450mm

Running RCCSA Pelat Beton Bertulang Lebar 300 mm Tinggi 80 mm

RCCSA - D:\Teknik Sipil\Semest... \Beton Bertulang 300x80 (0,003).aml

File Execute Help

Chat (Empty)

Cross Section Dimensions

Rectangle Circle
 T-Section I-Section

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD

One Point Two Point Distributed
 L = 2000 [mm] a = 500 [mm]

Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Wender Model
 Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model
 Compressive Strength = 33 [MPa]
 Tensile Strength = 3.3 [MPa]
 Maximum Comp. Strain = 0.003 [mm/mm]

Longitudinal Reinforcement

Steel Reinforcement
 FRP Reinforcement
 Prestressed Reinforcement

Transverse Reinforcement

Transverse Reinforcement
 Steel Confinement

Cyclic Load Analysis

Cyclic Load Data

Type of Strengthening

Data for Column Analysis

P = [] [kN]
 N = []

Curvature Parameter

Incr. Curvature = 0.0000001 [mm⁻¹]
 Max. Curvature = 0.1 [mm⁻¹]

Type of Analysis

Positive Moment
 Negative Moment
 Cyclic Load

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars

	As [mm ²]	fy [MPa]	Es [MPa]	Rup. Strain [mm/mm]	di [mm]	Stress-Strain Curve
1	235.6194450...	514.557	200000	0.05	50	Bi-Linear

H = 80 mm

RCCSA - D:\Teknik Sipil\Semest... \Beton Bertulang 300x80 (0,003).aml

File Execute Help

Beam

Moment - Curvature

Load - Deflection

Span Distribution

Reinf. Stress Dist.

Reinf. Internal Forces

Con. Stress Dist.

Con. Internal Forces

Neutral Axis Depth

Crack Depth

Crack Width

Load - Deflection

Load (kN)

Deflection (mm)

Graphics: Moment - Curvature

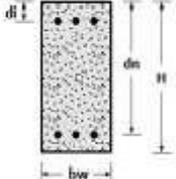
Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Running RCCSA Pelat Beton Bertulang Lebar 300 mm Tinggi 100 mm

RCCSA - D:\Teknik Sipil\Semester-...Beton Bertulang 300x100 (0,003).aml

File Execute Help

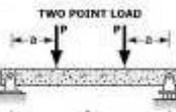
Cross Section Dimensions



Rectangle
 Circle
 T-Section
 I-Section

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD



One Point
 Two Point
 Distributed

L = 2000 [mm] a = 500 [mm]

Reinforcement Layer = 1 Hybrid Reinforcement = No

Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model
 Tens. Stress-Strain Curve: HYS Model

Concrete Strength = 33 [MPa]
 Tensile Strength = 3.3 [MPa]
 Maximum Comp. Strain = 0.003 [mm/mm]

Type of Strengthening

Longitudinal Reinforcement

Transverse Reinforcement

Cyclic Load Analysis

Data for Column Analysis

P = [] [kN]
 N = []

Curvature Parameter

Incr. Curvature = 0.000001 [mm⁻²]
 Max. Curvature = 0.1 [mm⁻²]

Type of Analysis

Positive Moment
 Negative Moment
 Cyclic Load

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars

	As [mm ²]	fy [MPa]	Es [MPa]	Rup. Strain [mm/mm]	d [mm]	Stress-Strain Curve
+	235.6194490...	514.557	200000	0.05	70	Bi-Linear

H = 100 mm

OK Cancel

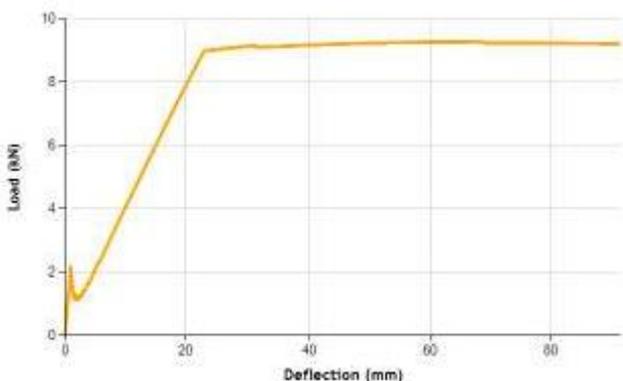
RCCSA - D:\Teknik Sipil\Semester-...Beton Bertulang 300x100 (0,003).aml

File Execute Help

Beam

Moment - Curvature

Load - Deflection



Load (kN)

Deflection (mm)

Graphics: Moment - Curvature Update

Reinforcement Layer = 1 Hybrid Reinforcement = No

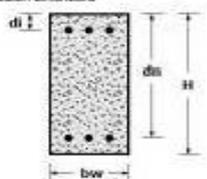
Running RCCSA Pelat Beton Bertulang Lebar 300 mm Tinggi 120 mm

RCCSA - D:\Teknik Sipil\Semester... \Beton Bertulang 300x120 (0,003).aml

File - Execute - Help

Chart (Empty)

Cross Section Dimensions



Rectangle Circle
 T-Section I-Section

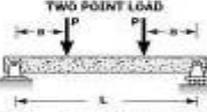
Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model
 Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model
 Compressive Strength: 33 [MPa]
 Tensile Strength: 3.3 [MPa]
 Maximum Comp. Strain: 0.003 [mm/mm]

Type of Strengthening

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD



One Point Two Point Distributed
 L = 2000 [mm] a = 800 [mm]

Longitudinal Reinforcement

✓

Transverse Reinforcement

Cyclic Load Analysis

Data for Column Analysis

P = [] [kN]
 N = []
 Curvature Parameter
 Incr. Curvature = 0.000001 [mm⁻²]
 Max. Curvature = 0.1 [mm⁻²]

Type of Analysis

Positive Moment
 Negative Moment
 Cyclic Load

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars

	As [mm ²]	fy [MPa]	Es [MPa]	Rup. Strain [mm/mm]	d [mm]	Stress-Strain Curve
**	235.6194490...	514.557	200000	0.05	90	Bi-Linear

H = 120 mm

OK Cancel

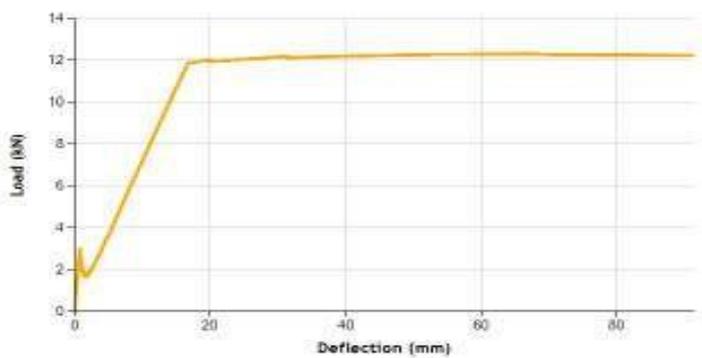
RCCSA - D:\Teknik Sipil\Semester... \Beton Bertulang 300x120 (0,003).aml

File - Execute - Help

Beam

Moment - Curvature

Load - Deflection



Load (kN)
 Deflection (mm)

Graphics: Moment - Curvature Update

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Running RCCSA Pelat Komposit Beton-Baja Ringan Lebar 300 mm Tinggi 80 mm

RCCSA - D:\UMR\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-1A.xml

File Execute Help

Chart (Empty)

Cross Section Dimensions

Rectangle Circle
 T-Section I-Section

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD

One Point Two Point Distributed
 L = 2000 [mm] a = 800 [mm]

Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model
 Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model
 Compressive Strength = 33 [MPa]
 Tensile Strength = 3.3 [MPa]
 Maximum Comp. Strain = 0.003 [mm/mm]

Longitudinal Reinforcement

Steel Reinforcement ✓

FRP Reinforcement

Prestressed Reinforcement

Transverse Reinforcement

Transverse Reinforcement

Steel Confinement

Cyclic Load Analysis

Cyclic Load Data

Type of Strengthening

Flexural

Shear

Confinement

Data for Column Analysis

P = [] [kN]

Ni = []

Curvature Parameter
 Incr. Curvature = 0.000001 [mm⁻²]
 Max. Curvature = 0.1 [mm⁻²]

Type of Analysis

Positive Moment

Negative Moment

Cyclic Load

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars

	As [mm ²]	fy [MPa]	Es [MPa]	Rup. Strain [mm/mm]	di [mm]	Stress-Strain Curve
▶	468	480	200000	0.05	68.9	Bi-Linear
*						

H = 80 mm

OK Cancel

RCCSA - D:\UMR\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-1A.xml

File Execute Help

Beam

Moment - Curvature

Load - Deflection

Strain Distribution

Reinf. Stress Dist.

Reinf. Internal Forces

Con. Stress Dist.

Con. Internal Forces

Neutral Axis Depth

Crack Depth

Crack Width

Load - Deflection

Graphics: Moment - Curvature Update

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Running RCCSA Pelat Komposit Beton-Baja Ringan Lebar 300 mm Tinggi 100 mm

RCCSA - D:\UMI\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-1B.xml

File Execute Help

Chart (Empty)

Cross Section Dimensions

Rectangle Circle
 T-Section I-Section

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD

One Point Two Point Distributed
 L = 2000 [mm] a = 800 [mm]

Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model
 Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model
 Compressive Strength = 33 [MPa]
 Tensile Strength = 3.3 [MPa]
 Maximum Comp. Strain = 0.003 [mm/mm]

Longitudinal Reinforcement

Steel Reinforcement
 FRP Reinforcement
 Prestressed Reinforcement

Transverse Reinforcement

Transverse Reinforcement
 Steel Confinement

Cyclic Load Analysis

Cyclic Load Data

Type of Strengthening

Flexural
 Shear
 Confinement

Data for Column Analysis

P = [] [kN]
 N = []

Curvature Parameter

Incr. Curvature = 0.000001 [mm⁻¹]
 Max. Curvature = 0.1 [mm⁻¹]

Type of Analysis

Positive Moment
 Negative Moment
 Cyclic Load

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars						
	As [mm ²]	fy [MPa]	Es [MPa]	F _{rup} Strain [mm/mm]	di [mm]	Stress-Strain Curve
▶	468	480	200000	0.05	88.9	Bi-Linear
*						

H = 100 mm

OK Cancel

RCCSA - D:\UMI\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-1B.xml

File Execute Help

Beam

Moment - Curvature
Load - Deflection
 Strain Distribution
 Reinf. Stress Dist.
 Reinf. Internal Forces
 Con. Stress Dist.
 Con. Internal Forces
 Neutral Axis Depth
 Crack Depth
 Crack Width

Load - Deflection

Graphics: Moment - Curvature Load - Deflection Strain Distribution Reinf. Stress Dist. Reinf. Internal Forces Con. Stress Dist. Con. Internal Forces Neutral Axis Depth Crack Depth Crack Width Update

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Running RCCSA Pelat Komposit Beton-Baja Ringan Lebar 300 mm Tinggi 120 mm

RCCSA - D:\UM\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-1C.xml

File Execute Help

Chart (Empty)

Cross Section Dimensions

Rectangle
 Circle
 T-Section
 I-Section

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD

One Point
 Two Point
 Distributed

L = 2000 [mm] a = 800 [mm]

Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model
 Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model
 Compressive Strength: 33 [MPa]
 Tensile Strength: 3.3 [MPa]
 Maximum Comp. Strain: 0.003 [mm/mm]

Type of Strengthening

Longitudinal Reinforcement

✓

Transverse Reinforcement

Cyclic Load Analysis

Data for Column Analysis

P = [] [kN]
 Ni = []
 Curvature Parameter
 Incr. Curvature = 0.000001 [mm⁻¹]
 Max. Curvature = 0.1 [mm⁻¹]

Type of Analysis

Positive Moment
 Negative Moment
 Cyclic Load

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars

	A _s [mm ²]	f _y [MPa]	E _s [MPa]	R _{up} Strain [mm/mm]	d _i [mm]	Stress-Strain Curve
▶	468	480	200000	0.05	100.9	Bi-Linear
*						

H = 120 mm

OK Cancel

RCCSA - D:\UM\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-1C.xml

File Execute Help

Beam

Moment - Curvature

Load - Deflection

Load (kN)

Deflection (mm)

Graphics: Moment - Curvature Update

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

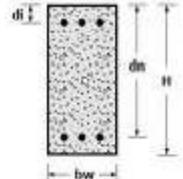
Running RCCSA Pelat Beton-Bertulang Lebar 450 mm Tinggi 80 mm

RCCSA - D:\Teknik Sipil\Semester-1\Beton Bertulang 450x80 (0,003).aml

File Execute Help

Chart (Empty)

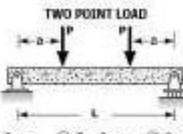
Cross Section Dimensions



Rectangle Circle
 T-Section I-Section

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD



One Point Two Point Distributed
 L = 3000 [mm] a = 500 [mm]

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model
 Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model
 Compressive Strength = 33 [MPa]
 Tensile Strength = 3.3 [MPa]
 Maximum Comp. Strain = 0.003 [mm/mm]

Longitudinal Reinforcement

Steel Reinforcement
 FRP Reinforcement
 Prestressed Reinforcement

Transverse Reinforcement

Transverse Reinforcement
 Steel Confinement

Cyclic Load Analysis

Cyclic Load Data

Type of Strengthening

Residual
 Shear
 Confinement

Data for Column Analysis

P = [] [kN]
 P_u = []

Curvature Parameter

Incr. Curvature = 0.0000001 [mm⁻²]
 Max. Curvature = 0.1 [mm⁻²]

Type of Analysis

Positive Moment
 Negative Moment
 Cyclic Load

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars

As [mm ²]	f _y [MPa]	E _s [MPa]	R _{u,p} Strain [mm/mm]	d _i [mm]	Stress-Strain Curve
314.1592653	514.557	200000	0.05	50	Bi-Linear

H = 80 mm

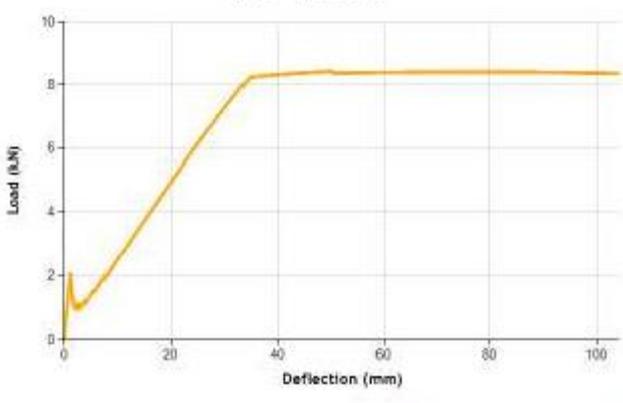
OK Cancel

RCCSA - D:\Teknik Sipil\Semester-1\Beton Bertulang 450x80 (0,003).aml

File Execute Help

Beam

Load - Deflection



Moment - Curvature
 Load - Deflection
 Strain Distribution
 Reinf. Stress Dist.
 Reinf. Internal Forces
 Con. Stress Dist.
 Con. Internal Forces
 Neutral Axis Depth
 Crack Depth
 Crack Width

Graphics: Moment - Curvature Update

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

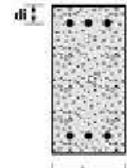
Running RCCSA Pelat Beton-Bertulang Lebar 450 mm Tinggi 100 mm

RCCSA - Di Teknik Sipil, Semest... - Beton Bertulang 450x100 (0,003).aml

File | Execute | Help

Chet (Empty)

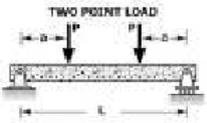
Code Section Dimensions



Rectangle Circle
 T-Section I-Section

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD



One Point Two Point Distributed
 L = 2000 (mm) a = 500 (mm)

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Main Material Properties of Code Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model
 Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model
 Compressive Strength = 33 (MPa)
 Tensile Strength = 3.3 (MPa)
 Maximum Comp. Strain = 0.003 (mm/mm)

Type of Strengthening

Longitudinal Reinforcement

Transverse Reinforcement

Cyclic Load Analysis

Data for Column Analysis

P = (kN)
 P_u = (kN)

Curvature Parameter

Incr. Curvature = 0.000001 (mm⁻¹)
 Max. Curvature = 0.1 (mm⁻¹)

Type of Analysis

Positive Moment
 Negative Moment
 Cyclic Load

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars

	As [mm ²]	f _y [MPa]	E _s [MPa]	Rup. Strain [mm/mm]	d _i [mm]	Stress-Strain Curve
	314.1592653...	514.557	200000	0.05	70	Bi-Linear
▶▶						

H = 100 mm

OK Cancel

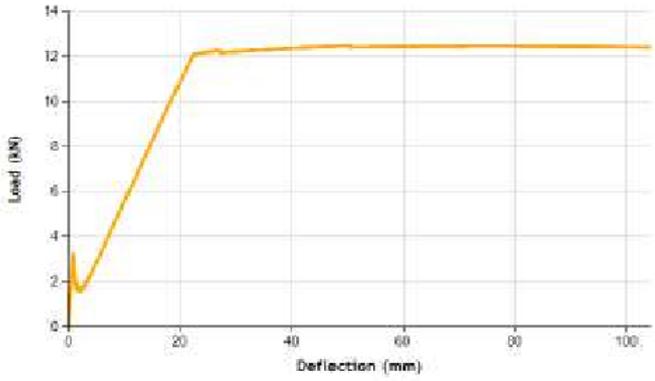
RCCSA - Di Teknik Sipil, Semest... - Beton Bertulang 450x100 (0,003).aml

File | Execute | Help

Beam

Moment - Curvature

Load - Deflection



Load (kN)

Deflection (mm)

Graphics: Moment - Curvature Update

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

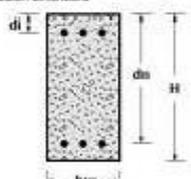
Running RCCSA Pelat Beton-Bertulang Lebar 450 mm Tinggi 120 mm

RCCSA - D:\Teknik Sipil\Semest-1\Beton Bertulang 450x120 (0,003).jml

File Execute Help

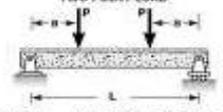
Chart (Empty)

Cross Section Dimensions



Rectangle Circle
 T-Section I-Section

Data for Beam Analysis



One Point Two Point Distributed
 L = 2000 [mm] a = 300 [mm]

Reinforcement Layer = 1 Hybrid Reinforcement = No

Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model
 Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model

Compressive Strength = 33 [MPa]
 Tensile Strength = 3.3 [MPa]
 Maximum Comp. Strain = 0.003 [mm/mm]

Longitudinal Reinforcement

Steel Reinforcement
 FRP Reinforcement
 Fibered Reinforcement

Transverse Reinforcement

Transverse Reinforcement
 Steel Confinement

Cyclic Load Analysis

Cyclic Load Data

Type of Strengthening

Residual
 Shear
 Confinement

Data for Column Analysis

P = [] [kN]
 N = [] [kN]

Curvature Parameter

Incr. Curvature = 0.000001 [mm⁻¹]
 Max. Curvature = 0.1 [mm⁻¹]

Type of Analysis

Positive Moment
 Negative Moment
 Cyclic Load

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars

	As [mm ²]	f _y [MPa]	E _s [MPa]	f _{up} Strain [mm/mm]	d _i [mm]	Stress-Strain Curve
As	314.1592653...	514.957	200000	0.05	90	Bi-Linear

H = 120 mm

OK Cancel

RCCSA - D:\Teknik Sipil\Semest-1\Beton Bertulang 450x120 (0,003).jml

File Execute Help

Beam

Moment - Curvature

Load - Deflection

Strain Distribution

Reinf. Stress Dist.

Reinf. Internal Forces

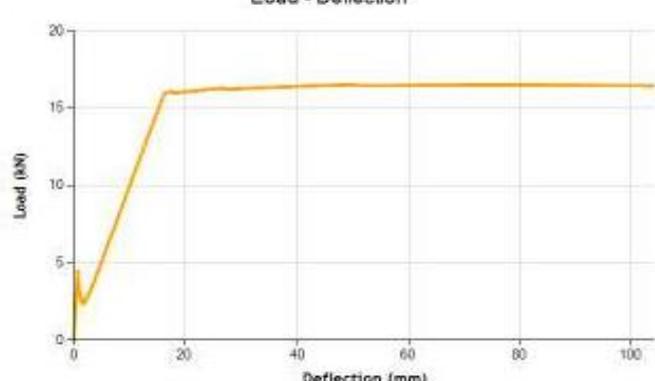
Con. Stress Dist.

Con. Internal Forces

Neutral Axis Depth

Crack Depth

Crack Width



Graphics: Moment - Curvature Update

Reinforcement Layer = 1 Hybrid Reinforcement = No

Running RCCSA Pelat Komposit Beton-Baja Ringan Lebar 450 mm Tinggi 80 mm

RCCSA - D:\UMI\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-2A.xml

File Execute Help

Chart (Empty)

Cross Section Dimensions

Rectangle Circle
 T-Section I-Section

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD

One Point Two Point Distributed
 L = 2000 [mm] a = 800 [mm]

Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model
 Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model
 Compressive Strength = 33 [MPa]
 Tensile Strength = 3.3 [MPa]
 Maximum Comp. Strain = 0.003 [mm/mm]

Longitudinal Reinforcement

Steel Reinforcement
 FRP Reinforcement
 Prestressed Reinforcement

Transverse Reinforcement

Transverse Reinforcement
 Steel Confinement

Cyclic Load Analysis

Cyclic Load Data

Type of Strengthening

Flexural
 Shear
 Confinement

Data for Column Analysis

P = [] [kN]
 Ni = []

Curvature Parameter

Incr. Curvature = 0.000001 [mm⁻¹]
 Max. Curvature = 0.1 [mm⁻¹]

Type of Analysis

Positive Moment
 Negative Moment
 Cyclic Load

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars

	As [mm ²]	fy [MPa]	Es [MPa]	Rup. Strain [mm/mm]	di [mm]	Stress-Strain Curve
▶	715.5	480	200000	0.05	68.9	Bi-Linear
*						

H = 80 mm

OK Cancel

RCCSA - D:\UMI\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-2A.xml

File Execute Help

Beam

Moment - Curvature

Load - Deflection

Moment - Curvature
 Update

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Running RCCSA Pelat Komposit Beton-Baja Ringan Lebar 450 mm Tinggi 100 mm

RCCSA - D:\UMN\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-2B.xml

File Execute Help

Chart (Empty)

Cross Section Dimensions

Rectangle Circle
 T-Section I-Section

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD

One Point Two Point Distributed
 L = 2000 [mm] a = 800 [mm]

Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model

Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model

Compressive Strength = 33 [MPa]

Tensile Strength = 3.3 [MPa]

Maximum Comp. Strain = 0.003 [mm/mm]

Longitudinal Reinforcement

Steel Reinforcement

FRP Reinforcement

Transverse Reinforcement

Transverse Reinforcement

Steel Confinement

Cyclic Load Analysis

Cyclic Load Data

Type of Strengthening

Flexural

Shear

Confinement

Data for Column Analysis

P = [] [kN]

Ni = []

Curvature Parameter

Incr. Curvature = 0.000001 [mm⁻²]

Max. Curvature = 0.1 [mm⁻²]

Type of Analysis

Positive Moment

Negative Moment

Cyclic Load

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Steel Reinforcement Data

	As [mm ²]	fy [MPa]	Es [MPa]	Rup. Strain [mm/mm]	di [mm]	Stress-Strain Curve
▶	465	480	200000	0.05	88.9	Bi-Linear
▶						

H = 100 mm

OK Cancel

RCCSA - D:\UMN\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-2B.xml

File Execute Help

Beam

Moment - Curvature

Load - Deflection

Load (kN)

Deflection (mm)

Graphics: Moment - Curvature Update

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

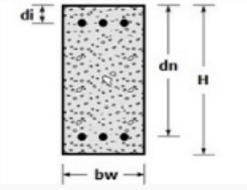
Running RCCSA Pelat Komposit Beton-Baja Ringan Lebar 450 mm Tinggi 120 mm

RCCSA - D:\UM\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-2c.xml

File Execute Help

Chart (Empty)

Cross Section Dimensions



Rectangle
 Circle
 T-Section
 I-Section

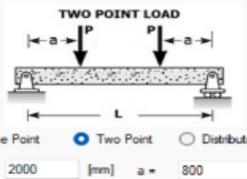
Main Material Properties of Cross Section

Comp. Stress-Strain Curve: Mander Model
 Tens. Stress-Strain Curve: NTS Model
 Compressive Strength = 33 [MPa]
 Tensile Strength = 3.3 [MPa]
 Maximum Comp. Strain = 0.003 [mm/mm]

Type of Strengthening

Data for Beam Analysis

TWO POINT LOAD



One Point
 Two Point
 Distributed
 L = 2000 [mm] a = 800 [mm]

Longitudinal Reinforcement

✓

Transverse Reinforcement

Cyclic Load Analysis

Data for Column Analysis

P = [] [kN]
 N = []

Curvature Parameter

Incr. Curvature = 0.000001 [mm⁻¹]
 Max. Curvature = 0.1 [mm⁻¹]

Type of Analysis

Positive Moment
 Negative Moment
 Cyclic Load

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

Steel Reinforcement Data

Diameter and Number of Bars

	As [mm ²]	fy [MPa]	Es [MPa]	Flup. Strain [mm/mm]	di [mm]	Stress-Strain Curve
▶	715.5	480	200000	0.05	108.9	Bi-Linear
•						

H = 120 mm

OK Cancel

RCCSA - D:\UM\Kuliah\tesis\RCCSA\SC-2c.xml

File Execute Help

Beam

Moment - Curvature

Load - Deflection

Strain Distribution

Reinf. Stress Dist.

Reinf. Internal Forces

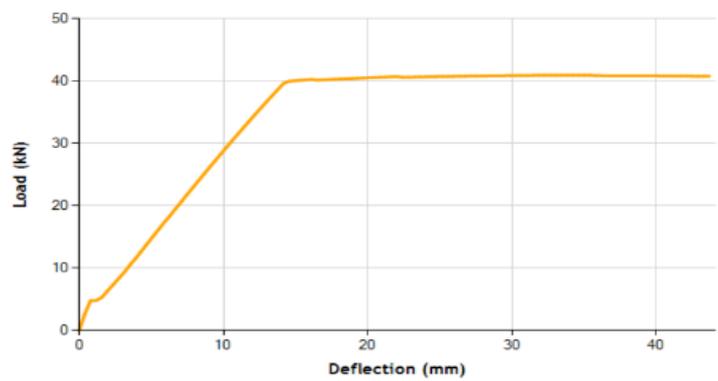
Con. Stress Dist.

Con. Internal Forces

Neutral Axis Depth

Crack Depth

Crack Width



Graphics: Moment - Curvature Update

Reinforcement Layer = 1 | Hybrid Reinforcement = No

