



**ANALISIS PENAMBAHAN PLAT BAJA DITINJAU TERHADAP
KAPASITAS KUAT DESAK BALOK T**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan

oleh

Fajar Arya Ramadhan

5101418042

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2023**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Fajar Arya Ramadhan
NIM : 5101418042
Program Studi : Pendidikan Teknik Bangunan, SI
Judul : Analisis Penambahan Plat Baja Ditinjau Terhadap Kapasitas Kuat
Desak Balok T

Skripsi berikut telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia Ujian Skripsi program studi Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 26 Desember 2022

Dosen Pembimbing



Endah Kanti Pangestuti S.T., M.T.

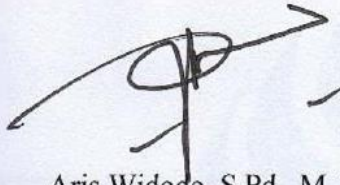
NIP. 197207091998032003

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada hari Kamis, 5 Januari 2023

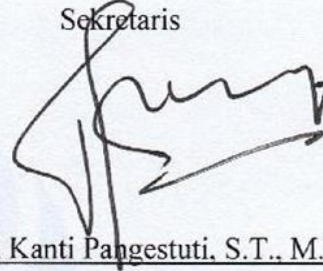
Panitia

Ketua



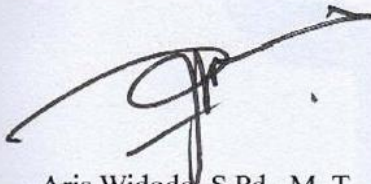
Aris Widodo, S.Pd., M. T.
NIP. 197102071999031001

Sekretaris



Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.
NIP. 197207091998032003

Penguji 1



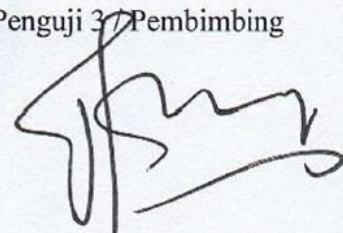
Aris Widodo, S.Pd., M. T.
NIP. 197102071999031001

Penguji 2



Ir. Agung Sutarto, M.T.
NIP. 196104081991021001

Penguji 3 / Pembimbing



Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.
NIP. 197207091998032003

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
NIP. 196911301994031001

KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fajar Arya Ramadhan

NIM : 5101418042

Program Studi : Pendidikan Teknik Bangunan

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penulisan naskah skripsi yang berjudul “ Analisis Penambahan Plat Baja Ditinjau Terhadap Kapasitas Kuat Desak Balok T ” sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang adalah karya saya sendiri.

Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 23 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,


Fajar Arya Ramadhan
5101418042

MOTTO

1. “Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.” – QS Al Baqarah 286
2. “Orang yang hebat adalah orang yang memiliki kemampuan menyembunyikan kesusahan, sehingga orang lain mengira bahwa ia selalu senang.” – Imam Syafi’i
3. "Setiap kamu bertemu orang baru, jangan lupa selalu kosongkan gelasmu." - Bob Sadino

ABSTRAK

Fajar Arya Ramadhan. 2023. *Analisis Penambahan Plat Baja Ditinjau Terhadap Kapasitas Kuat Desak Balok T*. Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.

Beton bertulang digunakan dalam berbagai konstruksi, seperti bangunan gedung, jembatan, bendungan, pengerasan jalan, terowongan, dan sebagainya. Perkuatan struktur bisa dilakukan dalam berbagai cara, salah satunya adalah penambahan plat baja pada bagian daerah desak beton. Plat baja ukuran lebar 150 mm dan 300 mm dengan ketebalan 2 mm diharapkan dapat meningkatkan kuat desak balok beton bertulang. Pemasangan plat menggunakan perekat Sikadur 31 CF-Normal guna merekatkan plat baja dan balok, serta diharapkan terjadi sifat komposit pada keduanya.

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan *compression testing machine*, pengujian kuat lentur dilakukan dengan *loading frame*, *dial gauge* yang berjumlah 3 buah. Sampel benda uji berupa silinder 3 buah, balok 5 buah yang terdiri dari 1 balok kontrol dan 4 balok perkuatan dengan mutu 10 MPa. Sampel balok memiliki dimensi lebar *flens* 75 mm dan tinggi *flens* 80 mm, lebar bawah 150 mm, *h* tinggi 250 mm, lebar atas 300 mm.

Hasil penelitian penambahan plat menunjukkan peningkatan kapasitas balok dibandingkan dengan balok kontrol. Persentase peningkatan kapasitas balok dari benda uji BP 1(1) dan BP 1(2) dengan perkuatan plat lebar 150 mm adalah sebesar 17, 19 % dan 18,85 %. Peningkatan kapasitas balok dari benda uji BP 2(1) dan BP 2(2) dengan perkuatan plat lebar 300 mm adalah sebesar 26,82 % dan 28,02 %.

Kata Kunci : Balok T, Beton Bertulang, Plat Baja

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Pengaruh Dimensi Lebar Plat Baja Terhadap Penambahan Kuat Desak Pada Balok T Mutu Rendah” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan.

Dengan segala hormat penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang sudah membantu penelitian ini baik itu langsung maupun tidak langsung. Ucapan terimakasih ini penulis sampaikan kepada:

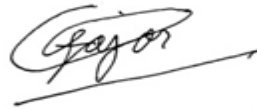
1. Prof. Dr. S. Martono, M. Si., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Nur Qudus, M. T., IPM., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
3. Aris Widodo, S. Pd., M. T., Ketua Jurusan dan Ketua Prodi Pendidikan Teknik Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang sekaligus Dosen Penguji I.
4. Endah Kanti Pangestuti, S. T., M. T., Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan dalam membuat skripsi.
5. Ir. Agung Sutarto, M. T. , selaku Dosen Penguji II.
6. Alm. Drs. Hery Suroso, S. T., M. T., yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan dalam proses awal pembuatan skripsi.
7. Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
8. Ir. Eko Nugroho Julianto, S. Pd., M. T., IPP, selaku kepala Laboratorium Bahan Bangunan yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian.
9. Fahrudin A,Md, selaku Pranata Laboratorium Pendidikan Pertama dan Teknisi Laboratorium yang telah membantu proses penelitian.
10. Kedua orang tua dan keluarga yang telah mendidik dan membimbing.
11. Rekan-rekan penelitian yang membantu dalam melaksanakan penelitian.
12. Rekan-rekan Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan angkatan 2018 yang selalu mendukung baik langsung maupun tidak langsung

13. Berbagai pihak yang telah membantu dalam hal apapun dan tidak bisa disebutkan satu per satu.

Peneliti sadar bahwa proposal skripsi ini masih terdapat kekurangan baik dari penulisan maupun dari isi. Oleh karena itu, penulis membutuhkan kritik dan saran dari pembaca guna kebaikan penelitian ini. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Semarang, 23 Desember 2022

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fajar', with a long horizontal stroke extending to the right.

Fajar Arya Ramadhan

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KEASLIAN PENELITIAN	iv
MOTTO	v
ABSTRAK.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Kajian Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Beton dan Beton Bertulang.....	6
2.2.2 Bahan Penyusun Beton	6
2.2.2.1 Semen Portland	6
2.2.2.2 Agregat.....	6
2.2.2.3 Air	7
2.2.2.4 Baja Tulangan	7

2.2.3	Plat Baja	9
2.2.4	Lem Perekat Sikadur-31 CF Normal	10
2.2.5	Kuat Beton Terhadap Gaya Tekan dan Tarik	10
2.2.6	Kuat Tarik Tulangan Baja.....	11
2.2.7	Perkuatan Desak pada Beton Bertulang	13
2.2.8	Pengertian Umum Balok T	13
2.2.9	Analisis Balok T.....	14
2.2.10	Formula Perkuatan Balok T	19
2.2.11	Pola Keruntuhan pada Balok.....	21
2.2.12	Pola Retak pada Balok	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Metode Penelitian.....	23
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.2.1	Lokasi Penelitian.....	23
3.2.2	Waktu Penelitian	23
3.3	Teknik Pengumpulan Data	23
3.3.1	Uji Bahan	23
3.3.2	Uji Kuat Tekan Beton	24
3.3.3	Uji Lentur Balok	24
3.4	Alat dan Bahan	25
3.5	Desain Benda Uji.....	26
3.6	Tahapan dan Prosedur Penelitian	27
3.7	Pengujian Tarik Plat Baja.....	31
3.8	<i>Mix Design</i>	31
3.9	Pengujian <i>Slump</i>	31
3.10	Pembuatan Benda Uji.....	32
3.11	<i>Set Up</i> Pengujian Balok.....	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Analisa Bahan Penyusun Beton	34
4.1.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	34

4.1.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar	37
4.2	<i>Mix Design</i> Beton.....	40
4.3	Pengujian Slump.....	41
4.4	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	41
4.5	Pengujian Kuat Tarik Plat Baja	42
4.6	Analisa Uji Lentur Balok Beton Bertulang	42
4.7	Hasil Uji Lentur Balok Beton Bertulang	49
4.8	Perbandingan Balok Kontrol dan Balok Perkuatan.....	59
4.9	Kelebihan dan Kekurangan Perkuatan Desak	62
4.10	Persentase Penambahan Gaya Desak	62
BAB V PENUTUP.....		64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN.....		68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Dimensi Efektif Tulangan Polos	8
Tabel 2. 2. Dimensi Efektif Tulangan Ulir	8
Tabel 2. 3. Karakteristik Epoxy	10
Tabel 2. 4. Diameter Tulangan dan Berat	12
Tabel 3. 1. Tabel Uji Kuat Tekan Sampel Silinder	24
Tabel 3. 2. Tabel Uji Lentur Balok Beton Bertulang	24
Tabel 3. 3. Tabel Persentase Penambahan Gaya Desak	25
Tabel 4. 1. Hasil Uji Berat Jenis Pasir	34
Tabel 4. 2. Hasil Uji Bobot Isi Pasir	35
Tabel 4. 3. Hasil Uji Kadar Lumpur Pasir	35
Tabel 4. 4. Hasil Uji Gradasi Pasir	36
Tabel 4. 5. Hasil Uji Berat Jenis Kerikil	37
Tabel 4. 6. Hasil Uji Bobot Isi Kerikil	37
Tabel 4. 7. Hasil Uji Kadar Lumpur Kerikil	38
Tabel 4. 8. Hasil Uji Gradasi Kerikil	39
Tabel 4. 9. Kebutuhan Material per 1 m ³	40
Tabel 4. 10. Total Kebutuhan Benda Uji Silinder	40
Tabel 4. 11. Total Kebutuhan Benda Uji Balok	40
Tabel 4. 12. Hasil Uji Kuat Tekan Sampel Silinder	41
Tabel 4. 13. Hasil Uji Tarik Plat Baja	42
Tabel 4. 14. Rekap Nilai Kuat Lentur Balok T	48
Tabel 4. 15. Data Teknis Balok Kontrol	49
Tabel 4. 16. Lendutan Balok Kontrol	49
Tabel 4. 17. Data Teknis Balok Perkuatan 1 (1)	51
Tabel 4. 18. Lendutan Balok Perkuatan 1 (1)	51
Tabel 4. 19. Data Teknis Balok Perkuatan 1 (2)	53
Tabel 4. 20. Lendutan Balok Perkuatan 1 (2)	53
Tabel 4. 21. Data Teknis Balok Perkuatan 2 (1)	55

Tabel 4. 22. Lendutan Balok Perkuatan 2 (1)	55
Tabel 4. 23. Data Teknis Balok Perkuatan 2 (2).....	57
Tabel 4. 24. Lendutan Balok Perkuatan 2 (2)	57
Tabel 4. 25. Persentase Penambahan Gaya Desak.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Baja Tulangan Polos	9
Gambar 2. 2. Baja Tulangan Ulir	9
Gambar 2. 3. Diagram Tegangan-Regangan Batang Tulangan Baja	12
Gambar 2. 4 Balok Persegi, Balok “T” dan Diagram Tegangan Balok	14
Gambar 2. 5. Tegangan dan Regangan Balok T	15
Gambar 2. 6. Garis Netral Terletak Diatas Flens ($c < hf$)	15
Gambar 2. 7. Garis Netral Terletak Dibawah Flens	16
Gambar 2. 8. Diagram Alur Analisis Balok T	18
Gambar 2. 9 Diagram Tegangan Regangan Balok T Perkuatan	19
Gambar 2. 10. Retak Lentur	21
Gambar 2. 11. Retak Geser	22
Gambar 2. 12. Retak Geser Lentur	22
Gambar 3. 1. (A) Penampang Balok Kontrol, (B) Penampang BP 1, (C) Penampang BP 2	26
Gambar 3. 2 Penampang Melintang Benda Uji	27
Gambar 3. 3 Penampang Benda Uji 3D	27
Gambar 3. 4. Flowchart Penelitian	30
Gambar 3. 5. Alat Uji Kuat Lentur	33
Gambar 4. 1. Grafik Gradasi Pasir	36
Gambar 4. 2. Grafik Gradasi Kerikil	39
Gambar 4. 3. Uji Kuat Tekan	41
Gambar 4. 4 Tinggi Balok Setelah Penambahan Plat	45
Gambar 4. 5. Lendutan Pada Balok Kontrol	50
Gambar 4. 6. Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok Kontrol	50
Gambar 4. 7. Lendutan Pada Balok Perkuatan 1 (1)	52
Gambar 4. 8. Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok Perkuatan 1 (1)	52
Gambar 4. 9. Lendutan Pada Balok Perkuatan 1 (2)	54
Gambar 4. 10. Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok Perkuatan 1 (2)	54

Gambar 4. 11. Lendutan Pada Balok Perkuatan 2 (1).....	56
Gambar 4. 12. Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok Perkuatan 2 (1)	56
Gambar 4. 13. Lendutan Pada Balok Perkuatan 2 (2).....	58
Gambar 4. 14. Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok Perkuatan 2 (2)	58
Gambar 4. 15. Grafik Perbandingan Lendutan 5 Benda Uji.....	59
Gambar 4. 16. Retak Awal Balok Kontrol.....	60
Gambar 4. 17. Retak Awal Balok Perkuatan 2(1).....	60
Gambar 4. 18. Pola Retak Balok Kontrol	61
Gambar 4. 19. Pola Retak Balok Perkuatan.....	61
Gambar 4. 20. Grafik Persentase Penambahan Gaya Desak.....	63

DAFTAR LAMPIRAN

PEMERIKSAAN ANALISA GRADASI AGREGAT HALUS (PASIR)	69
PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS	70
PEMERIKSAAN BOBOT ISI AGREGAT HALUS (PASIR)	71
PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR DAN LEMPUNG PADA AGREGAT HALUS	73
PEMERIKSAAN ANALISA GRADASI KASAR (KERIKIL).....	74
PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR.....	76
PEMERIKSAAN BOBOT ISI AGREGAT KASAR (KERIKIL)	77
PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR DAN LEMPUNG PADA AGREGAT KASAR	78
PEMERIKSAAN KEAUSAN PADA AGREGAT KASAR.....	79
PEMERIKSAAN WAKTU PENGIKAT SEMEN.....	80
PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON	81
PEMERIKSAAN KUAT TARIK PLAT BAJA.....	82
DOKUMENTASI	83

DAFTAR SIMBOL

\emptyset	= Diameter Tulangan Polos (mm)
β_1	= Koefisien whitney untuk blok tekan (0,85)
Φ	= Faktor Reduksi
ϵ_s	= Regangan Baja
ϵ_c	= Regangan Beton
f'_c	= Kuat Tekan Beton (MPa)
f_y	= Tegangan Baja (MPa)
f_s	= Tegangan Baja Sebelum Luluh (MPa)
A_s	= Luas Tulangan Baja (mm ²)
a	= Tinggi Blok Tekan (mm)
b	= Lebar Balok (mm)
b_e	= Lebar Efektif sayap Balok (mm)
c	= Garis Netral (mm)
C	= Gaya yang bekerja pada beton (N)
d	= Tinggi Efektif Balok (mm)
E_c	= Modulus Elastisitas Beton
E_s	= Modulus Elastisitas Baja (200.000 MPa)
h	= Tinggi Balok (mm)
L	= Panjang Bentang Balok (mm)
M_n	= Momen Nomina (N.m)
T	= gaya yang bekerja pada tulangan Baja (N)
h_f	= Tinggi sayap balok T
ρ	= Rasio Tulangan
ρ_b	= Rasio Tulangan Seimbang
ρ_w	= Rasio Tulangan Minimum
W_c	= Berat Jenis Beton (kg/m ³)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan konstruksi menggunakan beton bertulang terus meningkat. Beton bertulang digunakan dalam berbagai konstruksi, seperti bangunan gedung, jembatan, bendungan, pengerasan jalan, terowongan, dan sebagainya. Desain beton bertulang harus memenuhi syarat yang aman dalam memikul beban sesuai dengan perencanaan. (Norman 2018)

Beton memiliki kelebihan serta kekurangan. Beton dapat menahan gaya tekan. Beton juga gampang dibuat dan mudah diimplementasikan. Bekisting bisa digunakan untuk membentuk beton sesuai dengan perencanaan. Namun dibalik kelebihan tersebut, beton juga memiliki kekurangan. Di antara kekurangan tersebut, adalah beton tidak dapat menahan gaya tarik. Untuk mengatasi kelemahan beton terhadap gaya tarik, maka dibutuhkan tulangan baja.

Saat pelaksanaan proyek di lapangan, pasti terdapat berbagai macam kendala. Kendala bisa terjadi sebelum proyek dilaksanakan, saat proyek dilaksanakan, bahkan saat proyek sudah selesai. Kendala bisa terjadi pada semua unsur seperti cuaca, logistik, keadaan di lapangan, kecelakaan kerja, pengiriman, dll. Jika pengiriman beton segar dari pabrik menuju ke proyek mengalami keterlambatan, maka itu bisa menjadi masalah yang cukup serius.

Akibatnya, mutu beton berkurang karena sudah memasuki fase setting time awal sedangkan kondisi tulangan belum luluh. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode perbaikan dan perkuatan guna mengembalikan kekuatan struktur. Adanya kemajuan teknologi konstruksi, kini telah ditemukan berbagai metode dalam melakukan perkuatan contohnya dengan memberikan tulangan pada balok beton bertulang dari bagian luar yaitu menggunakan plat baja. Penelitian ini berfokus pada penggunaan plat baja sebagai perkuatan desak pada balok beton bertulang.

Belum diketahui secara jelas persentase peningkatan kuat desak balok beton bertulang dengan penambahan plat baja yang digunakan. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam untuk mengetahui berapa persentase pengaruh penambahan plat baja terhadap peningkatan kapasitas kuat desak balok beton bertulang.

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan pada penelitian ini, dapat diidentifikasi sebagai berikut :

- 1) Besarnya penambahan kapasitas gaya desak pada balok T setelah diberi perkuatan plat baja.
- 2) Lendutan yang terjadi pada balok T setelah diberi perkuatan plat baja.

1.3 Batasan Masalah

Batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji balok beton bertulang penampang T dengan dimensi lebar *flens* 75 mm dan tinggi *flens* 80 mm; lebar bawah 150 mm; *h* tinggi (250 mm); lebar atas (300 mm). Mutu yang digunakan adalah beton dengan mutu $f_c = 10$ MPa.
2. Agregat yang digunakan adalah agregat halus (pasir muntilan) dan agregat kasar (kerikil) dengan bahan ikat semen gresik.
3. Baja tulangan yang digunakan adalah baja polos dengan spesifikasi sebagai berikut ini :
 - a. Tulangan pokok bawah : $\varnothing 16$ mm
 - b. Tulangan sengkang : $\varnothing 8$ mm
4. Plat baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat dengan ketebalan 2 mm, lebar 300 mm dan 150 mm, panjang 1200 mm.
5. Perekat struktur beton dan plat baja menggunakan Sikadur-31 CF Normal.
6. Pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm sebanyak 2 buah dan diuji 2 buah pada umur 28 hari.
7. Pengujian balok hanya berupa uji lentur.

1.4 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana besar gaya desak balok T setelah diberi perkuatan plat baja?
2. Bagaimana lendutan pada balok T setelah diberi perkuatan plat baja?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui besar gaya desak balok T setelah diberi perkuatan plat baja.
2. Mengetahui lendutan yang terjadi pada balok T setelah diberi perkuatan plat baja.

1.6 Manfaat Penelitian

Menambah wawasan dan pengetahuan terutama pada permasalahan penambahan gaya desak pada teknologi beton menggunakan plat baja dengan variasi dimensi lebar yang berbeda.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Thamrin, Tanjung, dan Kristinus (2015) yang berjudul “Studi Experimental Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang” menyatakan bahwa perkuatan dengan plat baja lebih efektif, mudah pengerjaannya, ekonomis, serta memiliki kekakuan yang tinggi. Saat pengujian, terdapat perbedaan saat retak pertama kali muncul. Balok tanpa perkuatan retak pertama kali muncul saat beban 10,25 kN, dan mengalami *crushing* saat beban 26,30 kN. Beban terbesar 29,00 kN dan lendutan maksimum 28,6 mm sebelum akhirnya mengalami keruntuhan. Sedangkan pada balok dengan perkuatan plat baja, retak pertama kali muncul saat beban 11,56 kN dan mengalami *crushing* saat beban 38,75 kN. Beban terbesar terjadi saat pembebanan 39,05 kN dengan lendutan maksimum sebesar 23,48 mm. Hal ini membuktikan bahwa perkuatan dengan plat baja dapat meningkatkan kapasitas balok dalam menahan beban dan lendutan. (Thamrin, Tanjung, and Kristinus 2015)

Penelitian tentang perkuatan eksternal yang dilakukan oleh Ferdi, Jusuf, dan Tri (2016) berjudul “Komponen Struktur Beton Dengan Perkuatan Eksternal” memperoleh data bahwa balok tulangan tunggal dan balok tulangan rangkap memiliki hasil yang berbeda setelah diperkuat. Hasil pengujian di laboratorium diperoleh kekuatan rata-rata dari 3 balok tulangan tunggal yang diperkuat plat baja dalam memikul momen yaitu sebesar 4843750,00 Nmm. Sedangkan kekuatan rata-rata dari 3 balok tulangan rangkap dengan perkuatan eksternal diperoleh kapasitas balok sebesar 6068337,70 Nmm. (Fredy, Jusuf, and Tri 2016)

Penelitian yang dilakukan oleh Endah Kanti Pangestuti (2009) yang berjudul “Penggunaan Carbon Fiber Reinforced Plate Sebagai Bahan Komposit Eksternal pada Struktur Balok Beton Bertulang” menyatakan bahwa penambahan plat CRFP dapat menghambat munculnya *first crack* dimana beban saat retak awal meningkat 50%, meningkatkan beban ultimit kuat lentur balok sebesar 68%, daktilitas balok menurun 73%, dan lendutan balok turun 77,6%. Pola keruntuhan yang terjadi adalah

debonding failure yaitu lepasnya ikatan antara beton dan plat CRFP. (Pangestuti 2009)

Penelitian yang dilakukan oleh Andar Sitohang, Johannes Tarigan dan Medis Surbakti (2021) berjudul “Analisa Balok Dengan Penambahan Tulangan Memakai Perekat Sikadur dan Anchor Fix-2 Secara Experimental” menunjukkan bahwa penambahan besi ulir D10 mm dengan perekat Sikadur 31 CF normal mampu meningkatkan kuat lentur sebesar 37,78% dari kekuatan awalnya sedangkan memakai perekat anchor fix 2 mampu meningkatkan kuat lentur 30% dari kekuatan awal. Pola retak balok tanpa perkuatan terjadi saat $P=2$ ton, sedangkan dengan perkuatan menggunakan perekat sikadur 31 CF normal terjadi saat $P=5$ ton, dan menggunakan perekat anchor fix 2 terjadi saat $P=4$ ton. Dengan demikian bahwa sikadur 31 CF normal lebih kuat rekatannya dari rekatannya anchor fix 2. (Andar Sitohang 2021)

Penelitian yang dilakukan Khairul Miswar dan Trio Pahlawan (2010) berjudul “Perbaikan dan Perkuatan Balok Beton Bertulang Dengan Cara Penambahan Profil Baja Kanal” menyimpulkan bahwa perkuatan dengan profil baja kanal 70x30x1,2 mm meningkatkan kapasitas lentur sebesar 37,858% serta meningkatkan kekakuan sebesar 7,529%. Perkuatan dengan profil baja kanal 100x50x2 meningkatkan kapasitas lentur sebesar 217,045% serta meningkatkan kekakuan sebesar 66,617%. Perkuatan dengan profil baja kanal 125x50x12 meningkatkan kapasitas lentur sebesar 288,737% serta meningkatkan kekakuan sebesar 99,210%. (Miswar and Pahlawan 2009)

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Beton dan Beton Bertulang

Beton adalah campuran yang terdiri dari pasir sebagai agregat halus, kerikil sebagai agregat kasar, semen dan air sebagai bahan ikat dengan atau tanpa bahan campuran lainnya. (Badan Standardisasi Nasional 2019)

Sedangkan beton bertulang adalah kombinasi antara beton dan tulangan baja dimana fungsi tulangan menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton.

2.2.2 Bahan Penyusun Beton

2.2.2.1 Semen Portland

Semen berfungsi untuk mengikat serta mengisi rongga pada agregat halus dan kasar agar menyatu menjadi kuat dan padat. Semen yang biasanya digunakan untuk konstruksi beton adalah semen *portland*.

Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling terak semen portland, yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, dan digiling bersama dengan aditif berupa satu atau lebih senyawa kalsium sulfat dalam bentuk kristal dan dapat dikombinasikan dengan campuran lainnya. (Badan Standardisasi Nasional 2015)

2.2.2.2 Agregat

Agregat merupakan komponen yang sangat dominan 70 % - 80 % dari seluruh massa padat beton, oleh karena itu kualitas suatu agregat sangat mempengaruhi terhadap kualitas beton, serta semen sebagai bahan pengikatnya. (Nurmaidah 2015)

Agregat dapat dibedakan menjadi 2 jenis tergantung ukuran butirnya yaitu :

a. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan untuk campuran beton menggunakan agregat lolos ayakan 4,75 mm yaitu pasir. Pasir didapatkan dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam. Pasir sebagai agregat halus berfungsi untuk mengisi pori pori dalam

campuran beton yang diakibatkan oleh agregat kasar. Tentunya kualitas pasir yang digunakan sangat mempengaruhi kualitas beton yang dibuat.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton menggunakan agregat dengan ukuran diatas 4,75 mm dan maksimal 40 mm. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi dari batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual/mesin.

2.2.2.3 Air

Merupakan salah satu bahan untuk membuat beton yang penting. Dalam pembuatan beton, air berfungsi untuk mengaktifkan reaksi kimia dari semen sehingga semen menjadi pasta dan membuat betonnya menjadi lecah. Selain itu, air juga berfungsi sebagai pelumas antar butiran agregat sehingga beton menjadi mudah dikerjakan. Tetapi, saat pengaplikasian tetap harus memperhatikan proporsi agar campuran tepat dan tidak mempengaruhi kualitas dari beton tersebut.

2.2.2.4 Baja Tulangan

Baja tulangan digunakan dalam beton bertulang. Baja tulangan dan beton disatukan dan direncanakan berdasarkan anggapan bahwa kedua bahan ini memiliki gaya-gaya. Baja tulangan memiliki kekuatan untuk menahan tarik yang tidak dimiliki beton, sedangkan beton memiliki kekuatan untuk menahan tekan yang tidak dimiliki tulangan baja. Ada 2 jenis baja tulangan yang ada di pasaran, yaitu tulangan polos (*plain reinforcement*) dan tulangan ulir (*deformed reinforcement*) :

a. Tulangan Polos

Baja tulangan polos tersedia dalam beberapa macam diameter tetapi SNI hanya memperkenankan pemakaiannya untuk sengkang dan tulangan spiral, pemakaiannya terbatas. Saat ini tulangan polos yang mudah dijumpai adalah diameter 6 mm hingga diameter 16 mm, dengan panjang yang ada di pasaran 12 meter.

Tabel 2. 1. Dimensi Efektif Tulangan Polos

Diameter (mm)	Berat (kg/m)	Keliling (cm)	Luas penampang (cm²)
6	0,222	1,88	0,283
8	0,395	2,51	0,503
10	0,617	3,14	0,785
12	0,888	3,77	1,13
16	1,58	5,02	2,01

Sumber : (SNI 2052:2017)

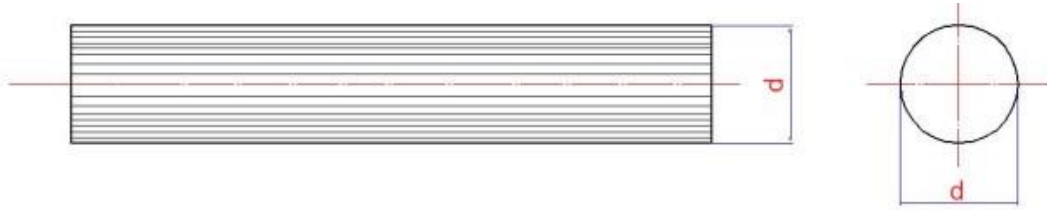
b. Tulangan Ulir

Simbol D untuk menyatakan diameter dari tulangan ulir. Sebagai contoh, D-10 dan D-19 menunjukkan tulangan ulir berdiameter 10 mm dan 19 mm. Di pasaran, tulangan ini tersedia mulai dari diameter 10 hingga 32 mm, meskipun ada juga yang lebih besar, tetapi biasanya diperoleh melalui pesanan khusus.

Tabel 2. 2. Dimensi Efektif Tulangan Ulir

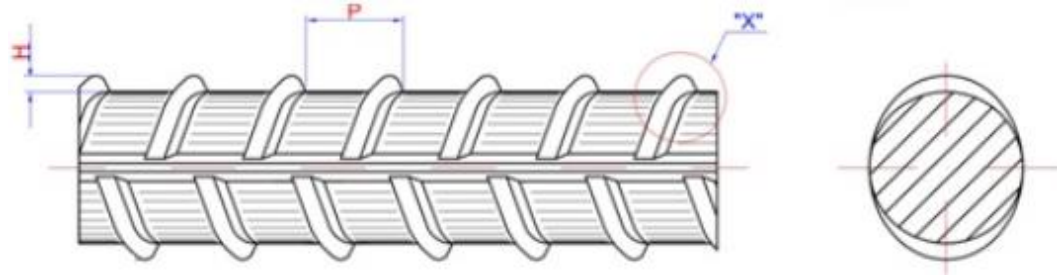
Diameter (mm)	Berat (kg/m)	Keliling (cm)	Luas Penampang (cm²)
10	0,67	3,14	0,785
13	1,04	4,08	1,33
16	1,58	5,02	2,01
19	2,23	5,96	2,84
22	2,98	6,91	3,80
25	3,85	7,85	4,91
32	6,31	10,05	8,04
36	7,99	11,30	10,20
40	9,87	12,56	12,60

Sumber : (SNI 2052 : 2017)



Gambar 2. 1. Baja Tulangan Polos

Sumber : (SNI 2052 : 2017)



Gambar 2. 2. Baja Tulangan Ulir

Sumber : (SNI 2052 : 2017)

2.2.3 Plat Baja

Plat baja merupakan salah satu bentuk material komposit yang dibuat dari dua atau lebih material penyusun yang saling memiliki perbedaan sifat fisik dan kimia, yang jika dikombinasikan akan menghasilkan material berkarakteristik berbeda dengan material penyusunnya. Material komposit tersusun atas dua komponen utama yaitu matriks dan material penguat (reinforcement). Plat baja bertugas sebagai material penguat. Sedangkan untuk matriksnya biasanya dipergunakan resin polimer semacam epoxy.

Matriks resin ini berfungsi untuk mengikat material penguat. Dikarenakan plat baja hanya tersusun oleh dua material tersebut maka sifat-sifat plat baja juga hanya ditentukan oleh kedua material ini. Plat baja yang digunakan pada penelitian ini adalah lembaran plat baja yang dipotong-potong. Jenis ini digunakan karena mempunyai elastisitas yang baik sehingga mudah dalam pemasangannya.

2.2.4 Lem Perekat Sikadur-31 CF Normal

Dalam penggunaan plat baja, memerlukan suatu perekat kimia untuk memastikan plat baja dapat terpasang dengan sempurna dan tidak mengelupas. Zat perekat ini terdiri dari dua macam bahan yaitu resin dan hardener, yang harus dicampur sebelum digunakan untuk merekatkan striplat baja ke balok.

Sifat dari perekat ini yaitu dapat mengeras dengan waktu yang singkat. Oleh karena itu dalam pemasangannya memerlukan ketelitian dan metode kerja yang cepat dan akurat. Dalam penelitian ini perekat yang digunakan adalah epoxy adhesive jenis Sikadur-31 CF Normal yang terdiri dari dua komponen, yaitu komponen A yang berwarna putih dan komponen B yang berwarna abu-abu tua. Perbandingan antara campuran komponen A: komponen B adalah 2: 1 dan warna setelah tercampur adalah abu-abu terang.

Spesifikasi data teknis epoxy yang dipakai dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 3. Karakteristik Epoxy

Properties	Epoxy
Modulus-E	12.800 MPa
Kuat Lekat Pada Beton	>4 Mpa

Sumber : Sika Technical Data Sheet

2.2.5 Kuat Beton Terhadap Gaya Tekan dan Tarik

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. (Wibisono, Susastrawan, & Muntafi 2017)

Kuat tekan beton ($f'c$) didefinisikan sebagai kuat tekan beton yang dilampaui oleh paling sedikit 95 % dari benda uji. Pengujian standarnya didasarkan atas kuat tekan beton umur 28 hari. (Okky Hendra Hermawan 2018)

Selain memiliki kuat tekan beton juga memiliki kuat tarik yang cukup kecil sehingga tidak di perhitungkan dalam proses analisis. Menurut Dipohusodo (1993) perkiraan nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antara 5% dari kuat tekannya. Adapun nilai pendekatan yang didapat dari percobaan berkali-kali menghasilkan nilai 0,50-0,60 kali $\sqrt{f'C}$, sehingga untuk normal digunakan nilai $0,57 \sqrt{f'C}$.

2.2.6 Kuat Tarik Tulangan Baja

Menurut SNI 2052-2017 tulangan adalah baja karbon atau baja paduan yang berbentuk batang berpenampang bundar dengan permukaan polos atau sirip/ulir dan digunakan untuk penulangan beton. Baja ini diproduksi dari bahan baku billet dengan cara canai panas (*hot rolling*). Baja Tulangan yang tersedia di pasaran ada 2 jenis, yaitu :

- a. Baja Tulangan Polos (BJTP)
- b. Baja Tulangan Ulir

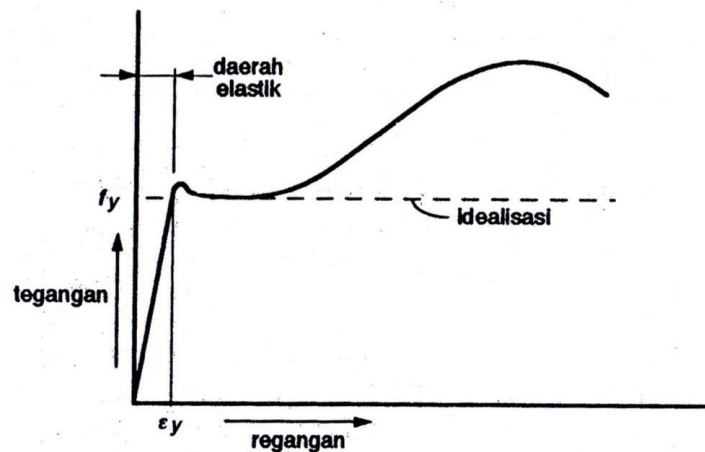
Tulangan Polos biasanya digunakan untuk tulangan geser/begel/senggang, dan mempunyai tegangan leleh (f_y) minimal sebesar 240 MPa. dengan ukuran $\emptyset 6$, $\emptyset 8$, $\emptyset 10$, $\emptyset 12$, $\emptyset 14$ dan $\emptyset 16$ (dengan \emptyset menyatakan simbol diameter polos). Tulangan Ulir digunakan untuk tulangan longitudinal atau tulangan memanjang, dan mempunyai tegangan leleh (f_y) minimal 300 MPa. Ukuran diameter nominal tulangan ulir yang umumnya tersedia di pasaran dapat dilihat di bawah :

Tabel 2. 4. Diameter Tulangan dan Berat

Diameter Tulangan	Berat per m (kg)
D10	0,617
D13	1,042
D16	1,578
D19	2,226
D22	2,984
D25	3,853
D29	5,185
D32	6,313
D36	7,990

Sumber : (SNI 2052 : 2017)

Meskipun baja tulangan mempunyai sifat tahan terhadap beban tekan, tetapi karena harganya yang mahal maka baja tulangan ini hanya diutamakan untuk menahan beban tarik pada struktur beton bertulang, sedangkan beban tekan yang bekerja cukup ditahan oleh betonnya. Sifat fisik batang tulangan baja yang paling penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang adalah tegangan leleh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Suatu diagram hubungan regangan tegangan tipikal untuk batang tulangan baja dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 3. Diagram Tegangan-Regangan Batang Tulangan Baja

Sumber : (Istimawan Dipohusodo, 1993)

Tegangan leleh (f_y) adalah tegangan baja pada saat dimana meningkatnya tegangan tidak disertai lagi dengan peningkatan regangannya. Modulus elastisitas baja (E_s) adalah 200.000 MPa, sedangkan modulus elastisitas untuk beton prategang harus dibuktikan melalui pengujian.

2.2.7 Perkuatan Desak pada Beton Bertulang

Perkuatan struktur dilakukan sebagai upaya pencegahan sebelum struktur mengalami kehancuran. Sedangkan perbaikan struktur dilakukan pada bangunan yang telah rusak supaya mengembalikan fungsi struktur seperti semula. Jika bangunan tidak segera ditangani perbaikan atau perkuatannya, kerusakan dapat menjadi lebih parah. Agar bangunan yang sudah rusak dapat terus difungsikan, diperlukan tindakan rehabilitasi yang dapat berupa perbaikan (retrofit) atau perkuatan (strengthening).

Metode perkuatan yang umumnya dilakukan adalah :

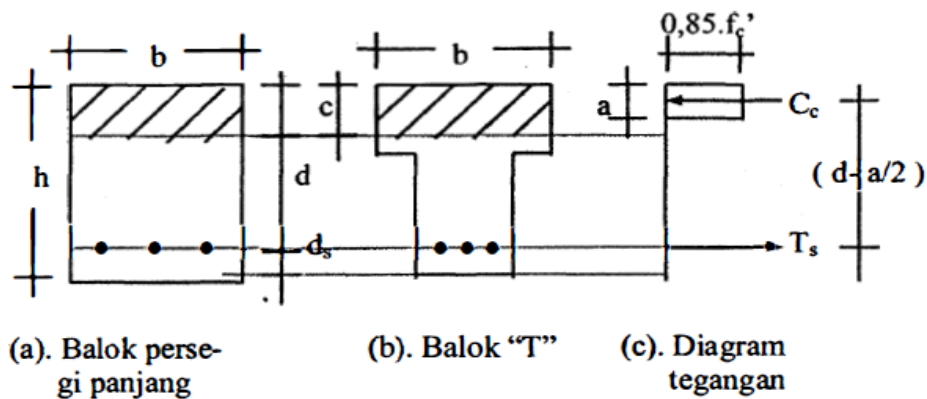
1. Memperpendek bentang (L) dari Struktur dengan konstruksi beton maupun baja
2. Memperbesar dimensi lebar balok (b) dan tinggi balok (h) pada konstruksi beton
3. Menambah dimensi beton/menambah plat baja

2.2.8 Pengertian Umum Balok T

Pada pelaksanaan di lapangan, pengecoran balok dan plat biasanya dilaksanakan bersamaan, sehingga menghasilkan pengecoran yang monolit. Dengan kondisi ini, plat beton akan berfungsi sebagai sayap dari balok "T".

Pada hitungan struktur beton bertulang, dianggap bahwa beton merupakan bahan yang getas, artinya, meskipun beton sangat kuat untuk menahan beban tekan, tetapi tidak kuat menahan beban tarik, sehingga mudah retak/patah. Jadi beban tarik yang bekerja pada struktur beton bertulang, dilimpahkan/ditahan oleh baja tulangan saja, sedangkan luas penampang pada daerah beton tarik tidak dapat dimanfaatkan untuk mendukung beban. Oleh karena itu, luas penampang beton tarik yang tidak dapat dimanfaatkan ini secara teoritis dapat dikurangi/dipangkas sedemikian rupa

sehingga bentuk balok beton seperti huruf "T", dan disebut balok "T". Meskipun penampang beton dipangkas pada bagian bawah, kekuatan balok "T" ini secara teoritis masih tetap sama dengan kekuatan balok persegi panjang, seperti terlihat pada Gambar 2.4., asalkan tinggi garis netral (c) kedua balok bernilai sama. (Ali Asroni 2010)

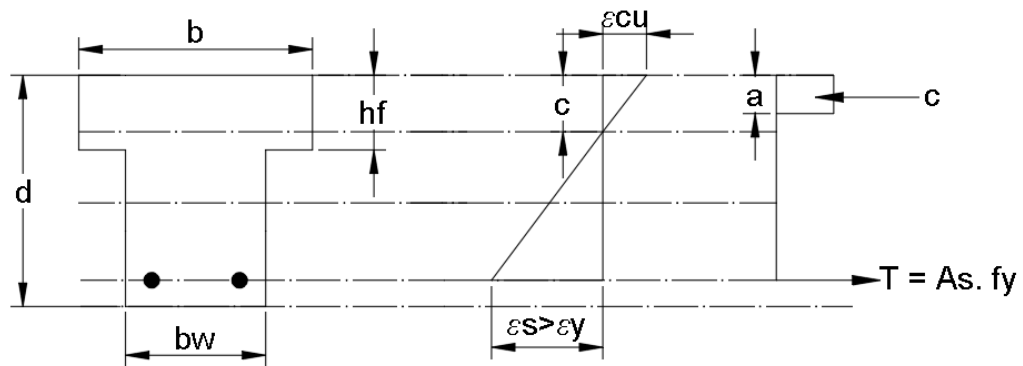


Gambar 2. 4 Balok Persegi, Balok "T" dan Diagram Tegangan Balok

Sumber : (Ali Asroni 2010)

2.2.9 Analisis Balok T

Dalam kondisi penampang terpasang luasan baja tulangan yang melebihi batas tulangan maksimum (0,75 kali luas tulangan dalam kondisi seimbang), akan berakibat beton mencapai regangan maksimum (0,003) lebih dahulu sementara baja tulangan belum mencapai tegangan leleh. Balok beton yang mengalami kondisi tersebut disebut balok beton bertulangan kuat (*overreinforced*).

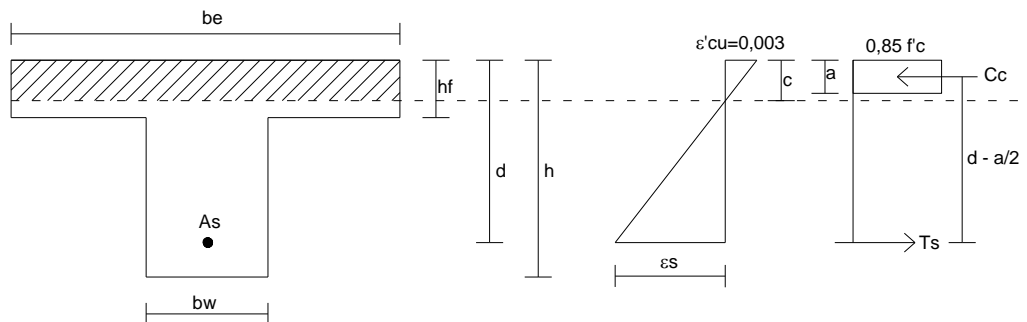


Gambar 2. 5. Tegangan dan Regangan Balok T

Sumber : (Adam,2016)

Dalam analisis Balok T terdapat dua jenis kemungkinan yang biasa dijumpai yaitu :

1. Garis Netral (c) Terletak Diatas Flens (hf) “Balok T Palsu”

Gambar 2. 6. Garis Netral Terletak Diatas Flens ($c < hf$)

Sumber : (Adam 2016)

Agar kondisi seperti gambar 2.5., maka luas tulangan tarik A_s harus memenuhi

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y} \quad (2-1)$$

Dalam kondisi ini dijumpai kesimbangan gaya-gaya dalam:

$$C = T \quad (2-2)$$

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \quad (2-3)$$

$$T = A_s \cdot f_y \quad (2-4)$$

Sehingga diperoleh nilai a

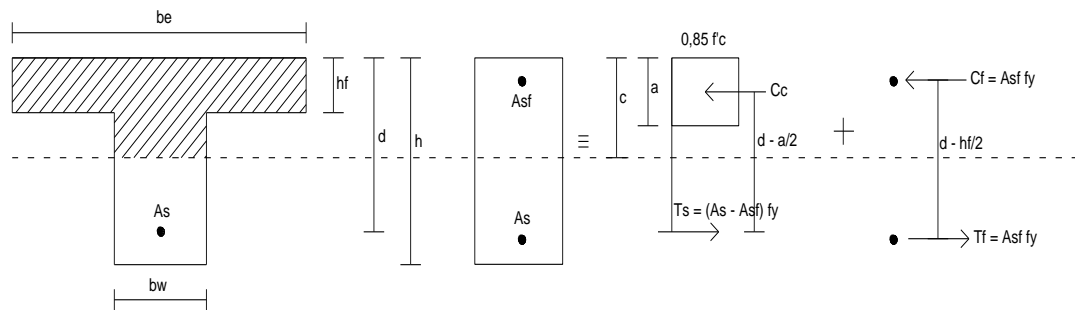
$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \quad (2-5)$$

Sedangkan kekuatan lentur nominal dapat dihitung dengan :

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - a/2) \quad (2-6)$$

Jika diperhatikan dengan seksama persamaan diatas adalah persamaan yang sama dalam analisis balok persegi.

2. Garis Netral (c) Terletak Dibawah Flens (hf) “Balok T Murni”



Gambar 2. 7. Garis Netral Terletak Dibawah Flens

Sumber : (Adam 2016)

Dalam kondisi ini dapat diberlakukan serupa dengan balok persegi bertulangan rangkap, dengan menggantikan bagian plat dari “flens” menjadi suatu penulangan imajiner yang luasnya:

$$Asf = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot (b - bw) \cdot hf}{fy} \quad (2-7)$$

Untuk balok yang dipandang sebagai balok T “murni”, gaya tarik sebesar $As \cdot fy$ dari tulangan harus lebih besar daripada kapasitas gaya luas flens total sebesar $0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot hf$ sehingga:

$$a = \frac{As}{0,85 \cdot f'c \cdot b} > hf \quad (2-8)$$

atau

$$a = 1,18 \cdot \omega \cdot d > hf \quad (2-9)$$

dimana $\omega = \frac{As}{b.d} \cdot \frac{fy}{f'c}$, dan jika digunakan blok tegangan parabola maka persamaan (2-9) dapat ditulis :

$$c = \frac{1,18 \cdot \omega \cdot d}{\beta_1} > hf \quad (2-10)$$

Untuk menjamin perilaku daktail maka diberikan batasan penulangan :

$$\rho < 0,75 \rho_b \quad (2-11)$$

dimana :

$$\rho_b = \frac{b_w}{b} [\bar{\rho}_b - \rho_f] \quad (2-12)$$

$$\bar{\rho}_b = \frac{0,85 f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad (2-13)$$

$$\rho_f = 0,85 f_c \cdot (b - b_w) \cdot \frac{hf}{f_y \cdot b_w \cdot d} \quad (2-14)$$

Sedangkan untuk persyaratan tulangan minimum:

$$\rho_w = \frac{As}{b_w \cdot d} \geq \frac{1,4}{f_y} \quad (2-15)$$

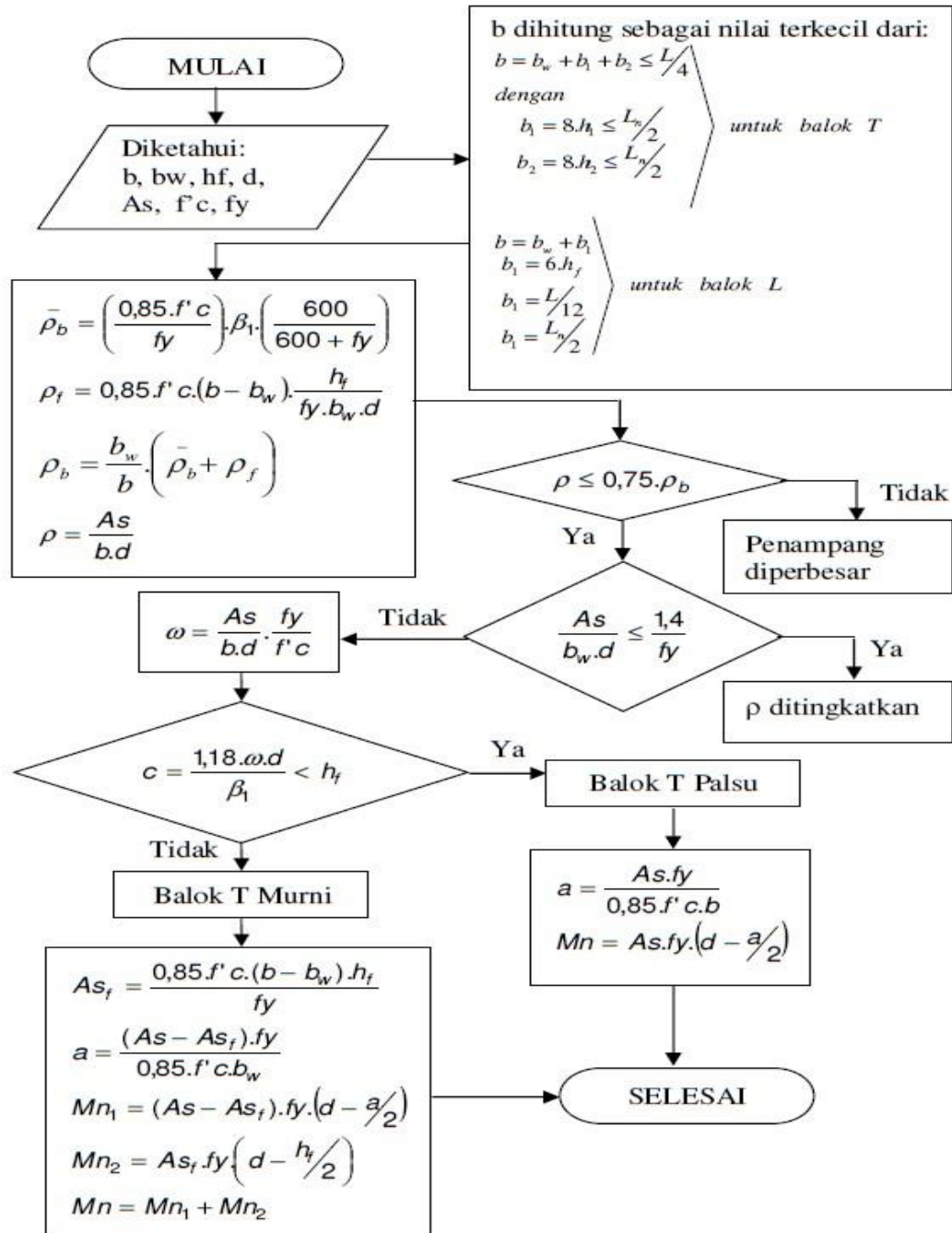
Sama seperti balok bertulangan rangkap, tulangan tarik dibagi menjadi dua bagian As_1 yang mengimbangi gaya tekan beton seluas $b_w \cdot a$ dan As_2 untuk mengimbangi luas tulangan imajiner As_f , sehingga momen nominal dapat dihitung :

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n1} = As_1 \cdot f_y \cdot (d - a/2) = (As - As_f) \cdot (d - a/2) \quad (2-16)$$

$$M_{n2} = As_2 \cdot f_y \cdot (d - hf/2) = As_f \cdot f_y \cdot (d - hf/2) \quad (2-17)$$

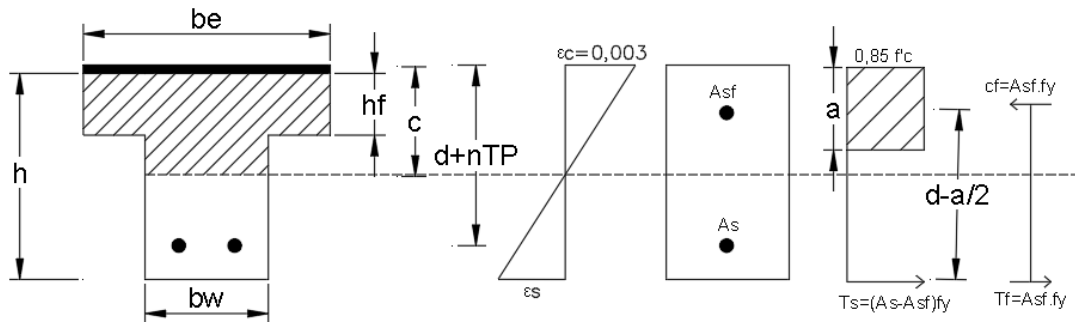
Prosedur analisis Balok T selengkapnya disajikan dalam gambar 2.8. :



Gambar 2. 8. Diagram Alur Analisis Balok T

Sumber : (Adam 2016)

2.2.10 Formula Perkuatan Balok T



Gambar 2. 9 Diagram Tegangan Regangan Balok T Perkuatan

Perhitungan tinggi efektif setelah penambahan plat menggunakan metode lentur yang memperhitungkan variabel n dimana n adalah rasio antara modulus elastisitas baja dengan modulus elastisitas beton, sehingga mutu beton dan mutu baja sangat mempengaruhi nilai n .

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (2-22)$$

$$nTP = \text{Tebal plat} \times n \quad (2-23)$$

dimana :

n = rasio modulus elastisitas baja dengan modulus elastisitas beton

TP = Tebal Plat Perkuatan (mm)

nTP = Tinggi plat yang dianggap sebagai material komposit balok beton

setelah perhitungan diatas maka dapat dihitung tinggi efektif yang baru dengan persamaan :

$$d = d + nTP \quad (2-24)$$

Tinggi efektif baru (d) bisa digunakan sebagai variabel dalam menganalisis balok T dengan perkuatan baja. Langkah analisis bisa dilakukan sesuai dengan perhitungan balok T dengan garis netral (c) beradiah dibawah flens, dalam kondisi ini dapat diberlakukan serupa dengan balok persegi bertulangan rangkap, dengan menggantikan bagian plat dari “flens” menjadi suatu penulangan imajiner yang luasnya:

$$Asf = \frac{0,85.f_c' \cdot (b-b_w).hf}{f_y} \quad (2-11)$$

Untuk balok yang dipandang sebagai balok T “murni”, gaya tarik sebesar $A_s \cdot f_y$ dari tulangan harus lebih besar daripada kapasitas gaya luas flens total sebesar $0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot h_f$ sehingga:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c \cdot b} > h_f \quad (2-12)$$

atau

$$a = 1,18 \cdot \omega \cdot d > h_f \quad (2-13)$$

dimana $\omega = \frac{A_s}{b \cdot d} \cdot \frac{f_y}{f'_c}$, dan jika digunakan blok tegangan parabola maka persamaan (2-

9) dapat ditulis :

$$c = \frac{1,18 \cdot \omega \cdot d}{\beta_1} > h_f \quad (2-14)$$

Untuk menjamin perilaku daktail maka diberikan batasan penulangan :

$$\rho < 0,75 \rho_b \quad (2-15)$$

dimana :

$$\rho_b = \frac{b_w}{b} [\bar{\rho}_b - \rho_f] \quad (2-16)$$

$$\bar{\rho}_b = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

(2-17)

$$\rho_f = 0,85 f'_c \cdot (b - b_w) \cdot \frac{h_f}{f_y \cdot b_w \cdot d} \quad (2-18)$$

Sedangkan untuk persyaratan tulangan minimum:

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \geq \frac{1,4}{f_y} \quad (2-19)$$

Sama seperti balok bertulangan rangkap, tulangan tarik dibagi menjadi dua bagian A_{s1} yang mengimbangi gaya tekan beton seluas $b_w \cdot a$ dan A_{s2} untuk mengimbangi luas tulangan imajiner A_{sf} , sehingga momen nominal dapat dihitung :

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} \quad (2-22)$$

$$M_{n1} = A_{s1} \cdot f_y \cdot (d - a/2) = (A_s - A_{sf}) f_y \cdot (d - a/2) \quad (2-20)$$

$$M_{n2} = A_{s2} \cdot f_y \cdot (d - h_f/2) = A_{sf} \cdot f_y \cdot (d - h_f/2) \quad (2-21)$$

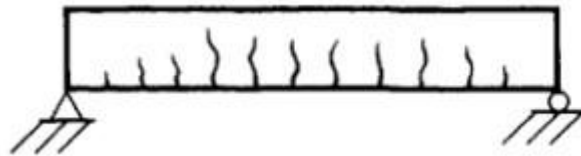
2.2.11 Pola Keruntuhan pada Balok

- a. Tulangan kuat (*Overreinforced*) keruntuhan tipe ini terjadi akibat tulangan terlalu banyak, sehingga beton tertekan hancur terlebih dahulu (beton mencapai kekuatan batasnya terlebih dahulu). Keruntuhan ini terjadi secara tiba-tiba.
- b. Tulangan lemah (*Underreinforced*) pada kasus ini tulangan mencapai tegangan lelehnya (f_y) terlebih dahulu, setelah itu baru beton mencapai regangan batasnya, dan selanjutnya struktur runtuh. Pada kasus ini terlihat ada tanda-tanda berupa defleksi yang besar sebelum terjadi keruntuhan.
- c. *Balanced Reinforced*. Pada tipe keruntuhan ini, saat terjadi keruntuhan tulangan juga mencapai batas lelehnya (f_y). Keruntuhan ini terjadi secara tiba-tiba.

2.2.12 Pola Retak pada Balok

Retak yang terjadi pada balok beton bertulang bisa dibedakan menjadi beberapa, yaitu :

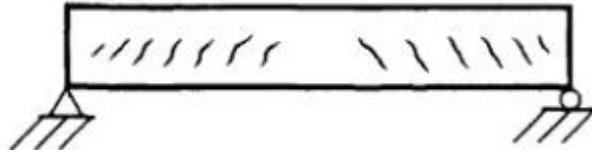
1. Retak lentur, retak vertikal dari sisi balok yang menerima gaya tarik sampai dengan sumbu netral. Untuk balok yang menerima beban merata, retak pada tengah bentang balok lebih besar karena momen lentur yang lebih besar.



Gambar 2. 10. Retak Lentur

Sumber : (Layang 2022)

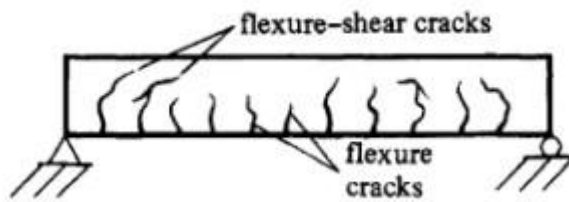
2. Retak geser, disebut juga retak web karena biasanya terjadi di badan (*web*) balok beton bertulang.



Gambar 2. 11. Retak Geser

Sumber : (Layang 2022)

3. Retak geser lentur, terjadi karena pengaruh gaya geser dan momen lentur yang biasanya terjadi secara bersamaan.



Gambar 2. 12. Retak Geser Lentur

Sumber : (Layang 2022)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen dimana untuk mendapatkan data-data dan hasil penelitian dengan melakukan pengujian dan penelitian di laboratorium.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 06 Juni 2022 – 12 Agustus 2022

3.3 Teknik Pengumpulan Data

3.3.1 Uji Bahan

Data yang diambil dari pengujian bahan yaitu :

1. Analisa saringan agregat
2. Berat jenis dan penyerapan agregat
3. Pemeriksaan bobot isi agregat
4. Kadar air agregat
5. Kadar lumpur agregat
6. *Abrasion test*
7. Vicat test
8. Nilai Slump

3.3.2 Uji Kuat Tekan Beton

Setelah membuat mix design beton, kemudian membuat sampel silinder beton untuk di uji kuat tekan agar supaya mengetahui kuat tekan rata-rata pada beton.

Tabel 3. 1. Tabel Uji Kuat Tekan Sampel Silinder

Kode sampel uji	Dimensi Benda Uji (cm)	Berat Benda Uji (kg)	Kuat Tekan Beton (Mpa)
A	15 x 30	-	-
B	15 x 30	-	-
C	15 x 30	-	-
Rata - rata			-

3.3.3 Uji Lentur Balok

Saat pengujian lentur balok T, data yang diambil akan dibuat tabel sebagai berikut :

Tabel 3. 2. Tabel Uji Lentur Balok Beton Bertulang

Balok Kontrol					Keterangan
Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Rata - Rata	
500	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-

Bacaan dial berfungsi untuk membaca lendutan yang terjadi pada balok saat pengujian dengan satuan mm. Pembacaan dilakukan setiap kenaikan beban 500 kg. Setelah itu dihitung rata-rata lendutan yang terjadi agar supaya bisa dibuat grafik rekap lendutan untuk membandingkan lendutan balok kontrol dan balok perkuatan. Saat pengujian, juga diambil data berupa *first crack* dan beban maksimum.

Data beban maksimum, bertujuan untuk mengetahui persentase peningkatan gaya desak yang akan dibuat tabel sebagai berikut :

Tabel 3. 3. Tabel Persentase Penambahan Gaya Desak

Keterangan	Dimensi Perkuatan (cm)		Beban Maksimum (Ton)	Persentase Perkuatan (%)
	Tebal	Lebar		
BK	-	-	-	0
BP 1 (1)	0,2	15	-	-
BP 1 (2)	0,2	15	-	-
BP 2 (1)	0,2	30	-	-
BP 2 (2)	0,2	30	-	-

3.4 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan peralatan yang ada di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, diantaranya yaitu :

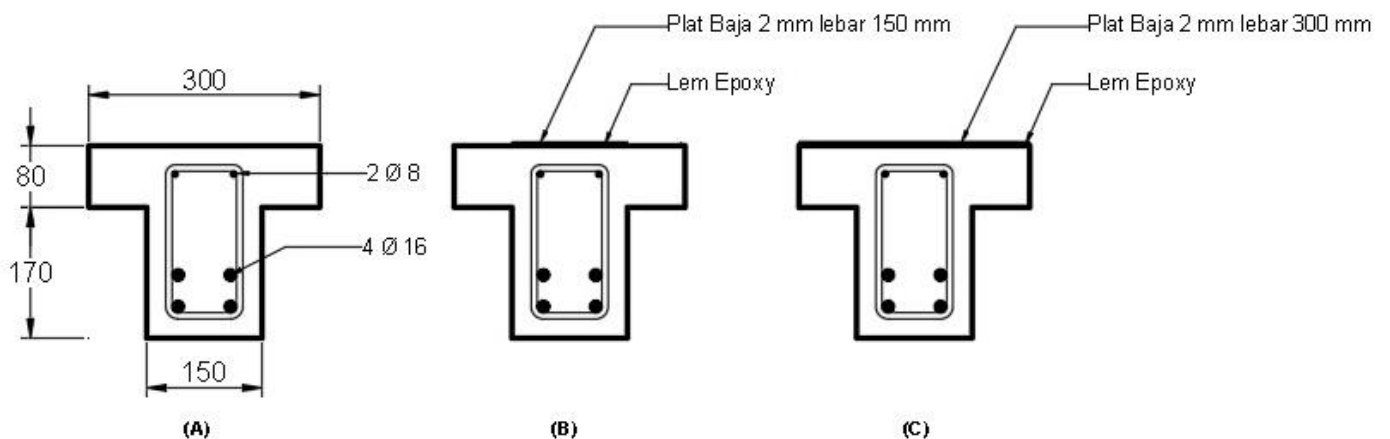
- a. Set saringan (*sieve*) beserta alat penggetar (*sieve shaker*)
- b. Oven dengan pengatur suhu
- c. Gelas ukur
- d. Timbangan digital
- e. Mesin *Los Angeles*
- f. Panci
- g. Bekisting silinder dan balok T
- h. Bor dan mata bor beton
- i. Alat uji kuat tekan
- j. Alat uji kuat lentur
- k. Alat penunjang seperti *wear pack*, sarung tangan, masker, kunci pas, obeng, circle.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

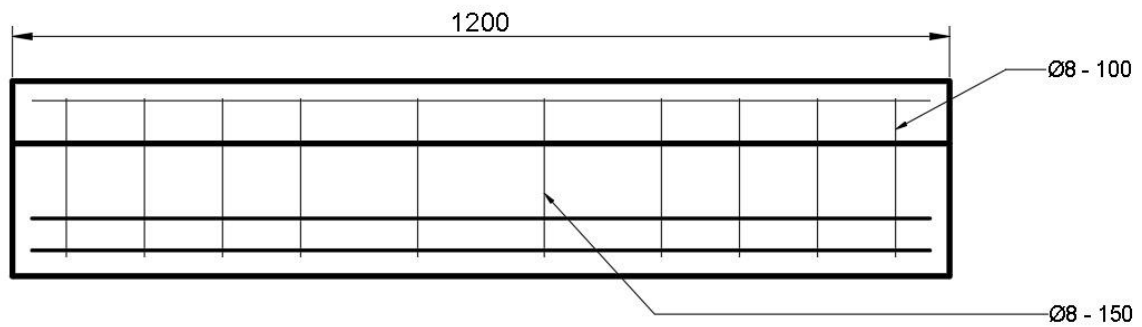
1. Agregat kasar dan halus
2. Air
3. Plat baja dengan ukuran lebar 300 mm dan 150 mm, tebal 2 mm.
4. Semen gresik
5. Papan triplek tebal 10 mm untuk bekisting
6. Lem perekat Sikadur 31-Cf Normal
7. Tulangan polos diameter 8 mm untuk sengkang dan diameter 16 mm untuk tulangan pokok.

3.5 Desain Benda Uji

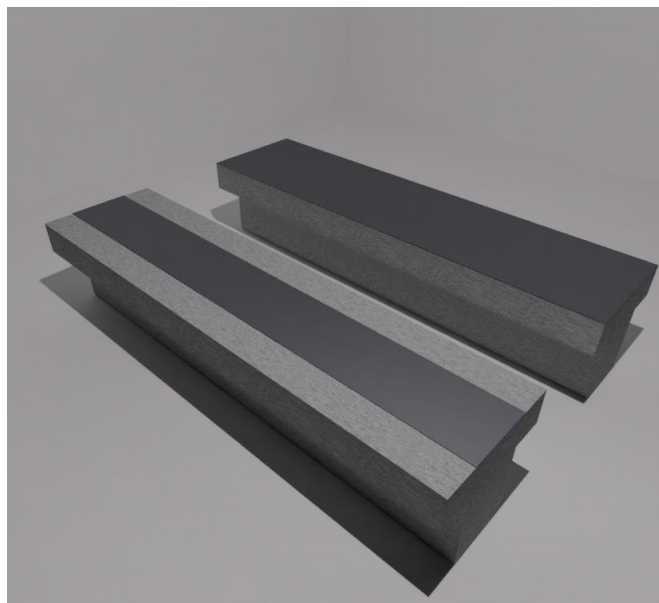
Pada penelitian ini, digunakan benda uji beton bertulang berbentuk balok T, dengan mutu beton 10 MPa. Benda uji berjumlah 5 buah yaitu balok kontrol 1 buah, balok dengan penambahan plat lebar 150 mm 2 buah, balok dengan penambahan plat lebar 300 mm 2 buah. Ukuran balok beton bertulang lebar *flens* 75 mm dan tinggi *flens* 80 mm, lebar bawah 150 mm, *h* tinggi 250 mm, lebar atas 300 mm.



Gambar 3. 1. (A) Penampang Balok Kontrol, (B) Penampang BP 1, (C) Penampang BP 2



Gambar 3. 2 Penampang Melintang Benda Uji



Gambar 3. 3 Penampang Benda Uji 3D

3.6 Tahapan dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini harus dilaksanakan secara sistematis dan urutan yang jelas sehingga hasil yang diperoleh bisa maksimal dan dapat dipertanggung jawabkan. Oleh karena itu penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap :

1. Tahap I : Persiapan alat dan bahan

Pada tahap ini alat yang akan digunakan dicek terlebih dahulu apakah masih berfungsi dengan baik dan benar serta membeli semua kebutuhan bahan agar penelitian berjalan dengan lancar.

2. Tahap II : Pengujian material penyusun beton

Pada tahap ini bahan material penyusun beton yaitu agregat kasar, agregat halus, air, dan semen akan diuji terlebih dahulu supaya mengetahui sifat karakteristik bahan tersebut agar bisa merancang campuran sesuai yang diinginkan.

3. Tahap III : Penetapan *mix design* beton

Penetapan *mix design* beton ditentukan berdasarkan pengujian material pada tahap II. *Mix design* berfungsi juga untuk menentukan berapa persentase campuran yang tepat supaya mendapat spesifikasi beton yang diinginkan. Pada tahap ini dibuat sample *silinder* guna mengetahui kuat tekan dan juga pemeriksaan nilai *slump* yang sesuai.

4. Tahap IV : Pembuatan bekisting dan merangkai tulangan

Sebelum membuat benda uji pastinya bekisting dibutuhkan untuk mencetak bentuk sesuai yang diinginkan. Bekisting menggunakan triplek dengan ketebalan 10 mm. Selain itu, tulangan juga dirangkai sedemikian rupa sesuai dengan perencanaan sebelumnya.

5. Tahap V : Pembuatan benda uji

Pada tahap ini dilaksanakan pengecoran untuk membuat benda uji. Benda uji yang dibuat adalah 5 buah balok beton bertulang. Setelah membuat benda uji selanjutnya adalah melakukan perawatan terhadap benda uji dengan cara disiram air.

6. Tahap VI : Pengujian

Setelah benda uji berumur 28 hari, maka dilakukan pengujian. Pengujian berupa kuat tekan untuk sampel *silinder* dan uji lentur untuk benda uji balok T. Uji lentur dilakukan terhadap sampel balok T dengan lebar *flens* 75 mm

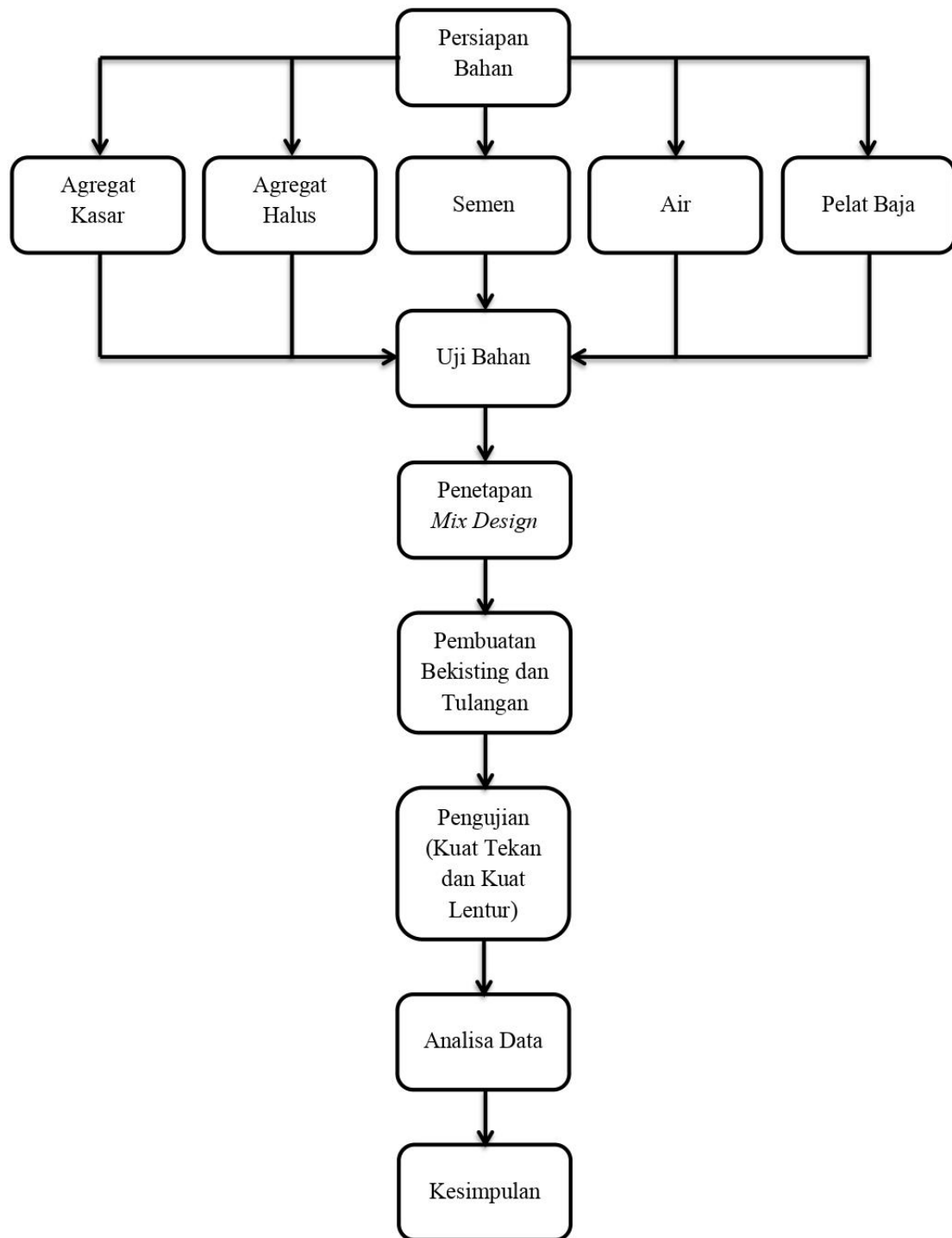
dan tinggi *flens* 80 mm, lebar bawah 150 mm, *h* tinggi 250 mm, lebar atas 300 mm untuk balok kontrol, balok yang sudah diberi plat baja dengan lebar 150 mm dan 300 mm tebal 2 mm untuk pengujian. Uji lentur dilakukan dengan cara benda uji ditempatkan pada *loading frame* yang diberi tumpuan sendi dan roll. Pembebanan dilakukan di dua titik berjarak 440 mm dari masing masing tumpuan. Sebelum dilakukan pengujian, balok dicat putih dan diberi grid dengan ukuran 50 mm x 50 mm guna mengetahui pola retak yang terjadi. Saat melakukan pengujian, di bawah balok diberi 3 buah *dial gauge* untuk membaca seberapa banyak balok melendut. *Dial gauge* diletakkan di tengah bentang balok, dan di bawah titik pembebanan. Pembebanan dilakukan menggunakan *hidrolic jack* dengan kapasitas maksimum 20 ton dan interval kenaikan beban 500 kg. Untuk uji kuat tekan menggunakan silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

7. Tahap VII : Analisa data

Pada tahap ini akan memperoleh data dari hasil penelitian yang selanjutnya akan dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari benda uji yang diteliti.

8. Tahap VIII : Pengambilan kesimpulan

Data yang telah didapat kemudian dianalisa, dan diambil kesimpulan untuk menjawab tujuan dari penelitian.



Gambar 3. 4. Flowchart Penelitian

3.7 Pengujian Tarik Plat Baja

Salah satu cara untuk mengetahui kekuatan dari plat baja adalah dengan melakukan uji tarik. Dengan uji tarik kita bisa mengetahui kekuatan mekanis dari plat baja, diantaranya yaitu kekuatan tarik, modulus elastisitas dari material, dan kekuatan tegangan leleh (f_y).

3.8 *Mix Design*

Perancangan *mix design* berdasarkan pada hasil pengujian bahan penyusun beton (agregat kasar dan halus, pasir, semen, air). Dalam penelitian ini menggunakan rencana *mix design* SNI 15-1991-03 tentang tata cara perancangan *mix design* dengan kekuatan yang direncanakan saat beton berumur 28 hari adalah f'_c 10 MPa.

3.9 Pengujian *Slump*

Uji *Slump* berfungsi untuk mengetahui *workability* beton serta *homogenitas* (kerataan campuran) pada beton sebelum diaplikasikan pada pekerjaan pengecoran. Berdasarkan (SNI 1972:2008) tata cara pengujian *slump* yaitu :

1. Siapkan kerucut Abram yang telah dibasai, lalu letakkan pada tempat datar, lembab, dan tidak menyerap air
2. Isi kerucut dengan adukan beton sambil ditahan dengan kokok agar tidak bergerak
3. Kerucut diisi dengan 3 lapis adukan beton, setiap lapis tebalnya 1/3 dari tinggi kerucut
4. Setiap diisi satu lapis, ditusuk merata dengan batang pemadat sebanyak 25 kali
5. Setelah kerucut terisi penuh ratakan lapisan permukaan kerucut
6. Setelah diratakan, tarik kerucut dengan arah vertical secara hati hati tanpa memutar atau menggerakkan kerucut kearah lainnya
7. Ukur penurunan adonan beton dari tinggi kerucut untuk mendapatkan nilai *slump* nya

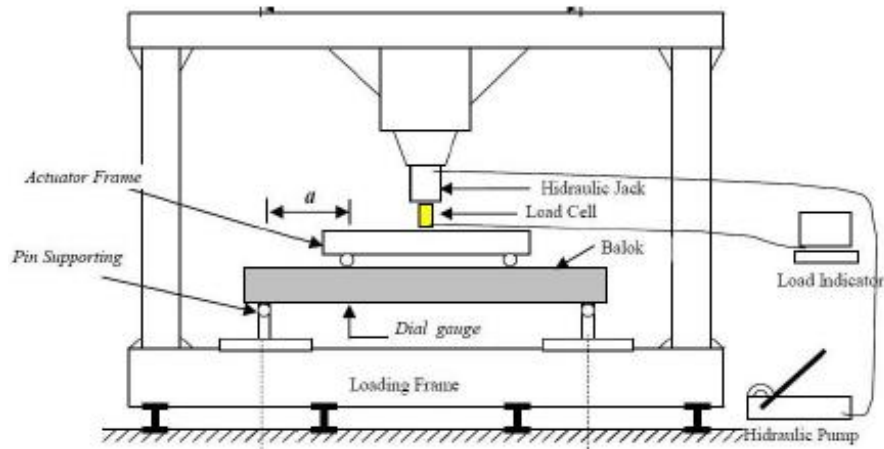
3.10 Pembuatan Benda Uji

Cara pembuatan benda uji balok bertulang dapat diuraikan dalam beberapa langkah langkah berikut :

1. Menyiapkan bahan (agregat kasar dan halus, semen, pasir, air, tulangan pokok dan sengkang, plat baja, sikadur 31 CF-Normal) dan beberapa peralatan yang akan digunakan untuk membuat beton
2. Menyiapkan bekisting yang sudah diolesi oli
3. Menimbang material sesuai perencanaan *mix design* yang telah dibuat
4. Membuat adonan beton menggunakan mesin *mixer*
5. Mengukur nilai *slump* dari adonan beton tersebut
6. Jika nilai *slump* sudah memenuhi tuangkan adonan beton kedalam bekisting
7. Padatkan adonan dan jika sudah penuh ratakan permukaannya serta dibiarkan selama 24 jam
8. Setelah 24 jam lepas bekisting dari benda uji
9. Rawat benda uji dengan menyirami air
10. Sebelum di uji, gambar grid untuk membaca pola retak

3.11 Set Up Pengujian Balok

Benda uji balok ditempatkan pada *loading frame* dengan tumpuan sendi – roll pada kedua ujungnya. Pengujian dilakukan dengan cara memberi beban secara monotonik dan statis dengan interval kenaikan sebesar 500 kg. Bentang bersih benda uji adalah 1200 mm, titik pembebanan berada pada jarak 400 mm dari masing-masing tumpuan. Untuk mengetahui pola retak yang akan terjadi, benda uji dicat warna putih lalu digambari garis tegak lurus dengan ukuran 50 mm. Pembebanan dilakukan dengan *hydraulic jack* dan *load cell* serta besarnya beban yang diberikan dibaca dari *load indicator*.



Gambar 3. 5. Alat Uji Kuat Lentur

Sumber : (Wibisono, Susastrawan, & Muntafi 2017)

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Bahan Penyusun Beton

4.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus yang dilakukan di dalam laboratorium meliputi pengujian berat jenis, bobot isi, kadar lumpur, dan uji gradasi. Hasil pengujian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik di bawah.

a. Berat Jenis Pasir

Tabel 4. 1. Hasil Uji Berat Jenis Pasir

No	Uraian		Hasil	
			1	2
1	No cawan			
2	Berat sampel jenuh permukaan (SSD) (A)	Gram	367.4	237.6
3	Berat sampel kering (B)	Gram	357.3	231.4
4	Berat labu ukur + air (C)	Gram	700.8	699
5	Berat labu ukur + berat (SSD) + Air (D)	Gram	922.4	845.2
6	Berat jenis (bulk) (B / (C + A) - D)		2.45	2.53
7	Berat jenis (SSD) (A / (C + A) - D)		2.52	2.60
8	Berat jenis semu (B / (C + B - D)		2.63	2.72
9	Penyerapan ((A - B) / B) x 100%		2.83	2.68
Berat jenis rata-rata			2.491	
	Berat Cawan	Gram	287.9	292.2
	Berat Cawan + SSD	Gram	655.3	529.8

Dari hasil pengujian diatas, didapat hasil 2,491 gr/cm³ , termasuk dalam agregat normal. Sehingga pasir dapat digunakan dalam campuran Balok T dengan kuat tekan 10 MPa.

b. Bobot Isi Pasir

Tabel 4. 2. Hasil Uji Bobot Isi Pasir

BOBOT ISI LEPAS				
Nomor	Uraian		Hasil	
1	No cawan		1	2
2	Berat container kosong (A)	Gram	231.4	231.4
3	Berat container + sampel pasir (B)	cm ³	1649.7	1671.8
4	Berat Agregat (C) = (B) - (A)	gram	1418.3	1440.4
5	Volume container (D)	gram	1000	1000
6	Bobot isi lepas (C) / (D)	gram/cm ³	1.418	1.440
Bobot isi rata – rata			1.429	
BOBOT ISI PADAT				
Nomor	Uraian		Hasil	
1	No cawan		1	2
2	Berat container kosong (A)	gram	231.4	231.4
3	Berat container + sampel pasir (B)	cm ³	1855.3	1920.1
4	Berat Agregat (C) = (B) - (A)	gram	1623.9	1688.7
5	Volume container (D)	gram	1000	1000
6	Bobot isi lepas (C) / (D)	gram/cm ³	1.624	1.689
Bobot isi rata – rata			1.656	

Dari hasil uji laboratorium, didapat bobot isi lepas pasir sebesar 1,429 gram/cm³, sementara bobot isi padat sebesar 1,656 gram/cm³.

c. Kadar Lumpur Pasir

Tabel 4. 3. Hasil Uji Kadar Lumpur Pasir

No	Uraian		Hasil	
1	No cawan		1	2
2	Berat kering sebelum dicuci (A)	gram	857.2	788.6
3	Berat pasir kering setelah dicuci (B)	gram	849.4	779.7
4	Kadar lumpur ((A) - (B) / A) x 100 %		0.91	1.13
Kadar lumpur Rata-rata			1.02	
	Berat Cawan	gram	292.80	288.00

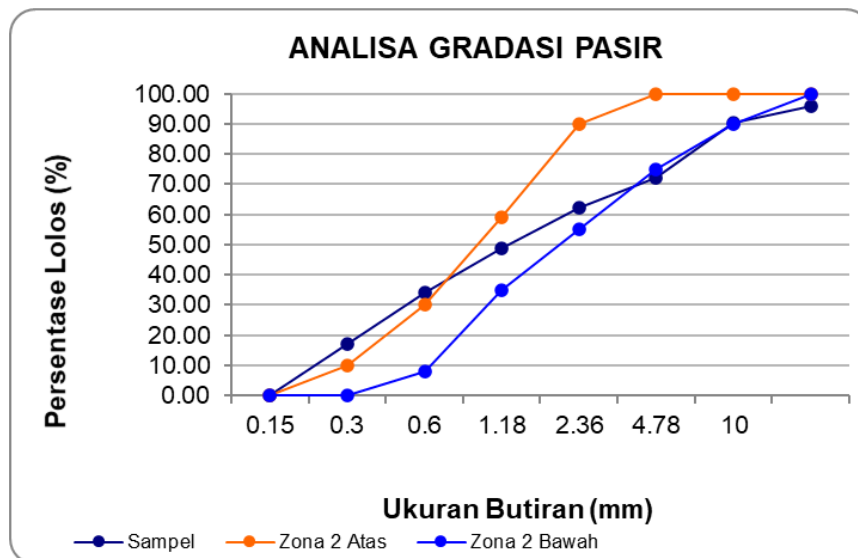
Berdasar hasil uji lab, kadar lumpur pasir di dapat hasil sebesar 1,02 %.

d. Hasil Uji Gradasi Pasir

Tabel 4. 4. Hasil Uji Gradasi Pasir

PENGUJIAN ANALISA GRADASI PASIR						
Diameter ayakan (mm)	Berat Saringan (gram)	Berat saringan + tertahan (gram)	Berat tertahaan (gram)	Persentase berat tertahan (%)	Berat komulatif tertahan (%)	Berat komulatif Lolos (%)
10 (9,5)	424.3	540.2	115.9	4.03	4.03	95.97
4.75	586.4	745.0	158.6	5.51	9.54	90.46
2.36	316.2	840.2	524.0	18.20	27.74	72.26
1.18	512.3	796.4	284.1	9.87	37.61	62.39
0.6	456.3	845.4	389.1	13.52	51.13	48.87
0.3	451.0	872.0	421.0	14.63	65.75	34.25
0.15	429.6	927.6	498.0	17.30	83.05	16.95
PAN	439.8	927.6	487.8	16.95	100.00	0.00
Jumlah			2878.5	100.00	278.85	
Modulus Halus Butir (MHB) : 2.788						

Dari hasil analisa, didapat nilai Modulus Halus Butir sebesar 2,788. Dan berikut dibawah ini disajikan grafik yang diperoleh hasil bahwa pasir masuk kategori zona II atau pasir agak kasar.



Gambar 4. 1. Grafik Gradasi Pasir

4.1.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar yang dilakukan di dalam laboratorium meliputi pengujian berat jenis, bobot isi, kadar lumpur, dan uji gradasi. Hasil pengujian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik di bawah.

a. Berat Jenis Kerikil

Tabel 4. 5. Hasil Uji Berat Jenis Kerikil

No	Uraian		Hasil	
			1	2
1	No cawan			
2	Berat sampel jenuh permukaan (SSD) (A)	Gram	3559.2	3221.0
3	Berat sampel dalam air (B)	Gram	2224.8	2007.9
4	Berat sampel kering (C)	Gram	3485.2	3157.8
5	Berat jenis (bulk) (C/ (A-B))		2.61	2.60
6	Berat jenis (SSD) (A/ (A-B))		2.67	2.66
7	Berat jenis semu (C/ (C-B))		2.77	2.75
8	Penyerapan ((A-C) / C) x 100%		2.12	2.00
Berat jenis rata-rata			2.607	
	Berat Cawan	Gram	234.4	255.9
	Berat Cawan + SSD	Gram	3793.6	3476.9

Dari hasil uji laboratorium, didapat berat jenis kerikil sebesar 2,607 gr/cm³

Hal ini berarti kerikil yang digunakan masuk dalam kategori agregat normal.

b. Bobot Isi Kerikil

Tabel 4. 6. Hasil Uji Bobot Isi Kerikil

BOBOT ISI LEPAS				
Nomor	Uraian		Hasil	
			1	2
1	No cawan			
2	Berat container kosong (A)	Gram	231.4	231.4
3	Berat container + sampel pasir (B)	cm3	1540.9	1555.7
4	Berat Agregat (C) = (B) - (A)	Gram	1309.5	1324.3
5	Volume container (D)	Gram	1000	1000
6	Bobot isi lepas (C) / (D)	gram/cm3	1.310	1.324
Bobot isi rata – rata			1.317	

BOBOT ISI PADAT

Nomor	Uraian		Hasil	
			1	2
1	No cawan			
2	Berat container kosong (A)	Gram	231.4	231.4
3	Berat container + sampel pasir (B)	cm ³	1739.9	1747.2
4	Berat Agregat (C) = (B) - (A)	Gram	1508.5	1515.8
5	Volume container (D)	Gram	1000	1000
6	Bobot isi lepas (C) / (D)	gram/cm ³	1.509	1.516
	Bobot isi rata – rata		1.512	

Dari hasil pengujian laboratorium, didapat hasil bobot isi kerikil lepas sebesar 1,317 gram/cm³ , sementara bobot isi padat sebesar 1,512 gram/cm³

c. Kadar Lumpur Kerikil

Tabel 4. 7. Hasil Uji Kadar Lumpur Kerikil

No	Uraian		Hasil	
			1	2
1	No cawan			
2	Berat kering sebelum dicuci (A)	gram	1146.4	1251.3
3	Berat pasir kering setelah dicuci (B)	gram	1136.4	1238.3
4	Kadar lumpur ((A) - (B) / A) x 100 %		0.87	1.04
	Kadar lumpur Rata-rata		0.96	
	Berat Cawan	gram	124.40	133.80

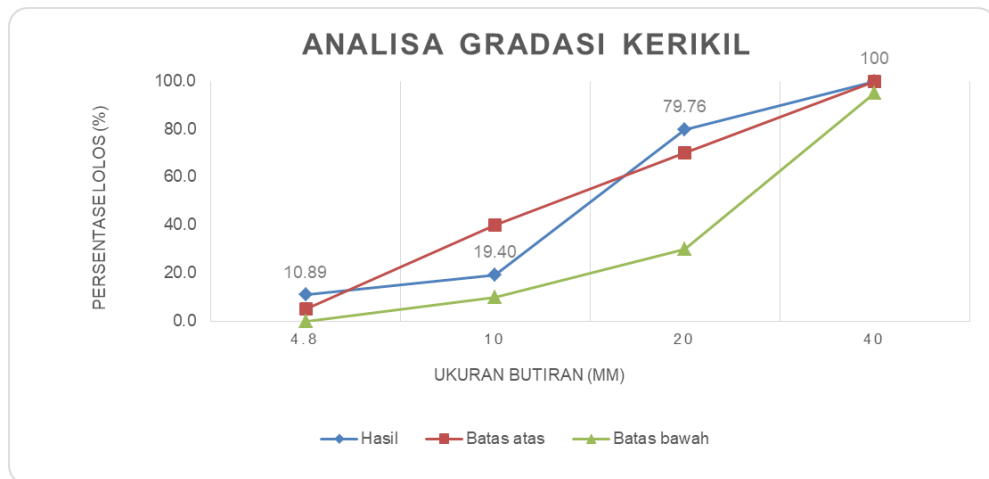
Hasil pengujian kadar lumpur di laboratorium, didapat hasil 0,96%.

d. Hasil Uji Gradasi Kerikil

Tabel 4. 8. Hasil Uji Gradasi Kerikil

Diameter Ayakan (mm)	Berat saringan (gram)	Berat saringan + tertahan (gram)	Berat tertahan (gram)	Persentase berat Tertahan (%)	Berat komulatif Tertahan (%)	Berat komulatif lolos (%)
50	448.8	448.8	0.0	0.00	0.00	100.00
38.1	497.6	497.6	0.0	0.00	0.00	100.00
19	425.2	982.8	557.6	20.24	20.24	79.76
9.5	424.3	2086.6	1662.3	60.35	80.60	19.40
4.75	586.4	820.8	234.4	8.51	89.11	10.89
2.36	316.2	557.4	241.2	8.76	97.87	2.13
1.18	512.3	512.3	0.0	0.00	97.87	2.13
0.6	456.3	456.3	0.0	0.00	97.87	2.13
0.3	451.0	451.0	0.0	0.00	97.87	2.13
0.15	429.6	429.6	0.0	0.00	97.87	2.13
PAN	439.8	498.6	58.8	2.13		
Jumlah			2754.3	100.00	679.28	
Modulus Halus Butir (MHB) : 6.79						

Dari hasil pengujian laboratorium dan analisa terhadap gradasi butiran kerikil didapat Modulus Halus Butir sebesar 6,79. Berikut grafik gradasi kerikil :



Gambar 4. 2. Grafik Gradasi Kerikil

4.2 Mix Design Beton

Perhitungan *mix design* dalam penelitian ini menggunakan acuan dari SNI 15-1991-03. Dari perhitungan *mix design* tersebut didapatkan kebutuhan bahan per m^3 , kebutuhan bahan membuat silinder, dan kebutuhan bahan per benda uji.

Tabel 4. 9. Kebutuhan Material per $1 m^3$

KEBUTUHAN BAHAN TOTAL		
24	Berat total	2370 kg
25	Air	180 liter
26	Semen	285.00 kg
27	Pasir	762.00 kg
28	Kerikil	1143.00 kg

Tabel 4. 10. Total Kebutuhan Benda Uji Silinder

PORPOSI UNTUK SATU KALI ADUKAN BETON (BENDA UJI SILINDER 15 CM X 30 CM)		
29	Berat Total 3 Silinder	43.14 kg
30	Air + 15% residu	3.00 liter
31	Semen + 15% residu	4.76 kg
32	Pasir + 15% residu	16.30 kg
33	Kerikil + 15% residu	19.08 kg
34	Perbandingan berat semen : pasir : kerikil	1 : 2.6 : 4.0

Tabel 4. 11. Total Kebutuhan Benda Uji Balok

PORPOSI UNTUK SATU KALI ADUKAN BETON (BENDA UJI BALOK T)		
29	Berat total	161.89 kg
30	Air	12.30 liter
31	Semen	19.47 kg
32	Pasir	52.05 kg
33	Kerikil	78.08 kg
34	Perbandingan berat semen : pasir : kerikil	1 : 2.6 : 4.0

Dari tabel diatas dapat dilihat kebutuhan bahan untuk $1m^3$, kebutuhan bahan satu kali adukan beton untuk mengontrol ketepatan mutu campuran berupa sampel silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang diuji pada umur 28 hari. Dapat juga dilihat kebutuhan bahan satu kali adukan beton untuk uji kuat lentur dengan dimensi balok T lebar *flens* 75 mm dan tinggi *flens* 80 mm, lebar bawah 150 mm, *h* tinggi 250 mm, lebar atas 300 mm.

4.3 Pengujian Slump

Sebelum melakukan proses pengecoran, adukan beton yang telah dibuat sebelumnya harus dilakukan pengujian *slump*. Nilai *slump* diperlukan untuk mengetahui *workability* dari beton. Dari pengujian *slump* adukan beton didapatkan nilai *slump* 13 cm.

4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Untuk pengujian kuat tekan beton dilakukan saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan *compression testing machine* sehingga didapatkan beban maksimum. Uji kuat tekan menggunakan sampel *silinder* sebanyak 3 buah. Didapatkan hasil tegangan beton rata rata dari 3 sampel yaitu 118,9 kgf/cm² atau jika dikonversikan dalam satuan MPa beton silinder memiliki kuat tekan 11,66 MPa. Hasil pengujian didapatkan hasil di tabel berikut :

Tabel 4. 12. Hasil Uji Kuat Tekan Sampel Silinder

Kode sampel uji	Dimensi Benda Uji (cm)	Berat Benda Uji (kg)	Kuat Tekan Beton (Mpa)
A	15 x 30	11,71	12,55
B	15 x 30	11,64	12,16
C	15 x 30	11,99	10,29
Rata - rata			11,6667



Gambar 4. 3. Uji Kuat Tekan

4.5 Pengujian Kuat Tarik Plat Baja

Tabel 4. 13. Hasil Uji Tarik Plat Baja

PEMERIKSAAN KUAT TARIK PLAT BAJA			
Kode sampel uji	Tebal Plat (mm)	f_y (Mpa)	f_u (Mpa)
A	2,0	349	387

Dari hasil pengujian plat baja, didapat nilai tegangan leleh (f_y) dan tegangan maksimum (f_u) untuk setiap plat baja. Plat baja dengan ketebalan 2 mm didapat nilai f_y sebesar 349 MPa dan f_u sebesar 387 MPa.

4.6 Analisa Uji Lentur Balok Beton Bertulang

1) Analisis Kuat Lentur Balok T

Sebelum melakukan pengujian di laboratorium diperlukan perhitungan analitis untuk mendapatkan nilai dari kapasitas Balok T. Perhitungan analitis meliputi perhitungan rasio tulangan, garis netral dan kuat lentur maksimum. Menurut (Dady and et al 2015), nilai ϕ diambil = 1 (Untuk keperluan laboratorium dalam perhitungan M_{maks}). Dengan menggunakan langkah-langkah yang ada pada gambar 2.7. didapat hasil untuk balok T (BK1) sebagai berikut.

d	= 168 mm	b	= 300 mm
b_w	= 150 mm	h_f	= 80 mm
f'_c	= 10 MPa	f_y	= 280 MPa
ϕ_{tul}	= 16 mm	A_s	= 804,247 mm ²
ϕ_{tul}'	= 8 mm	A_s	= 100,571 mm ²
β_1	= 0,85	E	= 200000 MPa

Penyelesaian :

Perhitungan rasio tulangan dalam keadaan seimbang (ρ_b)

$$\overline{\rho b} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad (2-13)$$

$$= 0,017593$$

$$\rho f = 0,85 f_c \cdot (b - b_w) \cdot \frac{h_f}{f_y \cdot b_w \cdot d} \quad (2-14)$$

$$= 0,014456$$

$$\rho b = \frac{b_w}{b} [\overline{\rho b} - \rho f] \quad (2-12)$$

$$= 0,016025$$

Perhitungan rasio tulangan terpakai (ρ)

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \quad (4-1)$$

$$= 0,031915$$

karena $\rho > \rho_b$ maka Balok T merupakan balok *over-reinforced*, yang berakibat beton mencapai regangan maksimum (0,003) lebih dahulu sementara baja tulangan belum mencapai tegangan leleh ($f_s < f_y$), sehingga dengan analisis geometri pada diagram regangan gambar 2.6. dapat diperoleh :

Perhitungan garis netral (C)

$$\left(\frac{0,85 f'_c}{0,003 E_s \rho} \right) a^2 + a \cdot d - \beta_1 \cdot d^2 = 0 \quad (4-2)$$

$$\left(\frac{0,85 f'_c}{0,003 \cdot 200000 \cdot 0,0319} \right) a^2 + a \cdot 168 - 0,85 \cdot 168^2 = 0$$

dengan metode persamaan kuadrat maka didapat nilai $a = \mathbf{110,524 \text{ mm}}$

$$c = \frac{a}{\beta_1} \quad (4-3)$$

$$= 130,028 \text{ mm}$$

$$f_s = 0,003 \cdot \frac{d-c}{c} E_s$$

$$= 175,215 \text{ MPa}$$

karena nilai $c \geq hf$ maka menggunakan analisa balok T murni

$$As_f = \frac{0,85 \cdot f'_c (b-b_w) \cdot hf}{f_s} + (As') \quad (4-4)$$

$$= 682,712 \text{ mm}^2$$

Perhitungan momen nomina balok T :

$$Mn_1 = As_1 \cdot f_s \cdot (d - a/2) \quad (2-16)$$

$$= (As - As_f) \cdot f_s \cdot (d - a/2)$$

$$= 2,400 \text{ kN.m}$$

$$Mn_2 = As_f \cdot f_s \cdot (d - hf/2) \quad (2-17)$$

$$= As_f \cdot f_s \cdot (d - hf/2)$$

$$= 15,311 \text{ kN.m}$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 \quad (4-6)$$

$$= 17,712 \text{ kN.m}$$

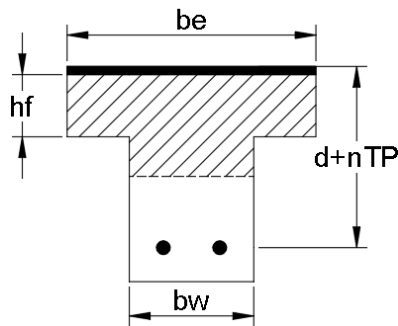
Selanjutnya untuk analisis kuat lentur BP1(1) diperlukan nilai perbandingan modulus elastisitas baja dan beton (n) yang nantinya akan berpengaruh pada tinggi efektif balok (d). (Dady and et al 2015)

Diketahui :

d	$= 168 \text{ mm}$	b	$= 300 \text{ mm}$
b_w	$= 150 \text{ mm}$	h_f	$= 80 \text{ mm}$
f'_C	$= 10 \text{ MPa}$	f_y	$= 280 \text{ MPa}$
ϕ_{tul}	$= 16 \text{ mm}$	A_s	$= 804,247 \text{ mm}^2$
ϕ_{tul}'	$= 8 \text{ mm}$	A_s	$= 100,571 \text{ mm}^2$
β_1	$= 0,85$	E	$= 200000 \text{ MPa}$
E_c	$= 4700 \sqrt{f'_C}$	T_p	$= 2 \text{ mm}$
	$= 14862,70 \text{ MPa}$		

Penyelesaian :

Perhitungan tinggi efektif setelah penambahan plat menggunakan metode lentur yang memperhitungkan variabel n dimana n adalah rasio antara modulus elastisitas baja dengan modulus elastisitas beton, sehingga mutu beton dan mutu baja sangat mempengaruhi nilai n .



Gambar 4. 4 Tinggi Balok Setelah Penambahan Plat

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (2-22)$$

$$= 13,456$$

$$nTP = \text{Tebal plat} \times n \quad (2-23)$$

$$= 26,913 \text{ mm}$$

$$d = 168 \text{ mm} + nTP \quad (2-24)$$

$$= 194,91 \text{ mm}$$

Perhitungan rasio tulangan dalam keadaan seimbang (ρ_b)

$$\overline{\rho_b} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad (2-17)$$

$$= 0,017593$$

$$\rho_f = 0,85 f_c \cdot (b - bw) \cdot \frac{hf}{f_y \cdot bw \cdot d} \quad (2-18)$$

$$= 0,014456$$

$$\rho_b = \frac{bw}{b} [\overline{\rho_b} - \rho_f] \quad (2-16)$$

$$= 0,016025$$

Perhitungan rasio tulangan terpakai (ρ)

$$\rho = \frac{A_s}{bw \cdot d} \quad (4-1)$$

$$= 0,027508$$

karena $\rho > \rho_b$ maka Balok T merupakan balok *over-reinforced*, yang berakibat beton mencapai regangan maksimum (0,003) lebih dahulu sementara baja tulangan belum mencapai tegangan leleh ($f_s < f_y$), sehingga dengan analisis geometri pada diagram regangan **gambar 2.3** dapat diperoleh :

Perhitungan garis netral (C)

$$\left(\frac{0,85 f'_c}{0,003 E_s \rho} \right) a^2 + a \cdot d - \beta_1 \cdot d^2 = 0 \quad (2-4)$$

$$\left(\frac{0,85 f'_c}{0,003 \cdot 200000 \cdot 0,027893} \right) a^2 + a \cdot 194,91 - 0,85 \cdot 192,91^2 = 0$$

dengan metode persamaan kuadrat maka didapat nilai $a = 124,63 \text{ mm}$

$$C = \frac{a}{\beta_1} \quad (4-2)$$

$$= 146,62 \text{ mm}$$

$$f_s = 0,003 \cdot \frac{d-c}{c} E_s \quad (2-2)$$

$$= 197,58 \text{ MPa}$$

karena nilai $c \geq hf$ maka menggunakan analisa balok T murni

$$A_s f = \frac{0,85 \cdot f'_c (b - b_w) \cdot hf}{f_s} + (A_s') \quad (4-3)$$

$$= 616,80 \text{ mm}^2$$

Perhitungan momen nomina balok T :

$$M_{n1} = A_{s1} \cdot f_s \cdot (d - a/2) \quad (2-20)$$

$$= (A_s - A_s f) \cdot f_s \cdot (d - a/2)$$

$$= 5,17 \text{ kN.m}$$

$$M_{n2} = A_{s2} \cdot f_s \cdot (d - hf/2) \quad (2-21)$$

$$= A_s f \cdot f_s \cdot (d - hf/2)$$

$$= 18,87 \text{ kN.m}$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} \quad (2-22)$$

$$= 24,05 \text{ kN.m}$$

Berdasarkan hasil analisis di atas kapasitas momen yang dapat dipikul oleh balok dengan perkuatan desak plat baja sebesar 24,05 kN.m, secara teoritis dapat membuktikan bahwa perkuatan balok T dengan penambahan plat baja di bagian desak dapat dilakukan.

2) Hasil pengujian kuat lentur Balok T

Selain mendapatkan hasil hasil perhitungan analitis diperlukan juga pengujian di laboratorium untuk mendapatkan perbandingan dari kedua cara tersebut. Pengujian kuat lentur dari balok beton bertulang tunggal menggunakan mesin *hydraulic jack*, *load cell* dan *load indicator*. Dari mesin tersebut diperoleh nilai P pada saat balok mengalami retak awal (Beban Retak) dan nilai P saat balok mencapai batas kekuatan

(Beban Maksimum). Berikut ini adalah salah satu contoh data dalam penelitian laboratorium (BK).

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 L &= 1200 \text{ mm} & h &= 250 \text{ mm} \\
 bw &= 150 \text{ mm} & P_{max} &= \mathbf{7,53 \text{ ton}} \\
 Wc &= 2370 \text{ kg/m}^3 & w &= 0,0495 \text{ m}^2 \times Wc \\
 & & &= 117,315 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 M_{maks} &= \frac{wL^2}{8} + \frac{PL}{6} \\
 &= 1527,1167 \text{ kg.m} \\
 &= 15,20 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

dari hasil pengujian laboratorium didapat momen maksimum balok T BK sebesar 15,20 kN.m hasil ini berbeda dengan perhitungan analitis nya yaitu sebesar 17,71 kN.m. Untuk perhitungan kuat lentur balok lainnya digunakan cara yang sama seperti diatas, berikut rekapitulasi kuat lentur dan beban maksimum balok T.

Tabel 4. 14. Rekap Nilai Kuat Lentur Balok T

No	Benda Uji	Momen Nomina (Mn) kN.m	Beban Maksimal (PU) Ton	Momen Maks (Mu) kN.m
1	BK 1	17,72	7,53	15,20
2	BP 1(1)	24,05	8,82	17,85
3	BP 1(2)	24,05	8,95	18,11
4	BP 2(1)	24,05	9,55	19,31
5	BP 2(2)	24,05	9,64	19,49

Dari hasil pengujian diatas didapatkan semua nilai momen balok T dengan perkuatan eksperimen lebih rendah dibandingkan dengan perhitungan analitisnya, akan tetapi mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan balok kontrol (BK1).

4.7 Hasil Uji Lentur Balok Beton Bertulang

A. Balok Kontrol

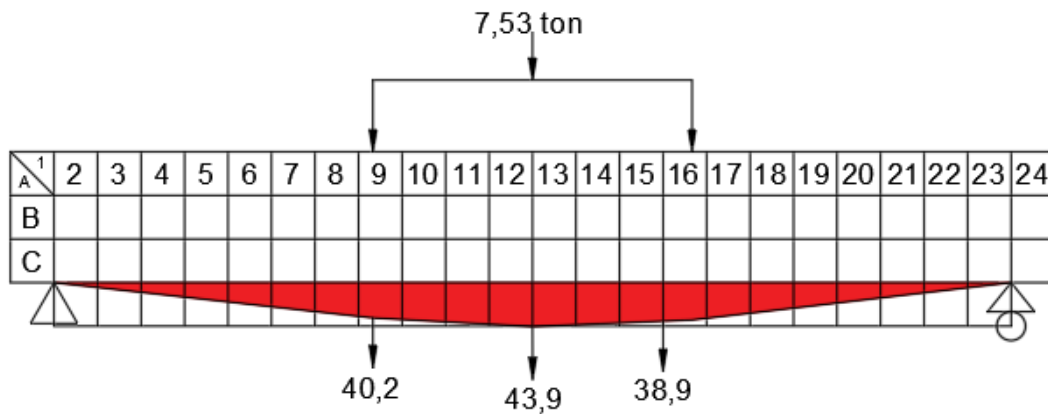
Data teknis dari balok kontrol akan disajikan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 4. 15. Data Teknis Balok Kontrol

Dimensi Balok (cm)	be : 30 h : 25 hf : 8 bw : 15
Mutu Beton (Mpa)	11,66

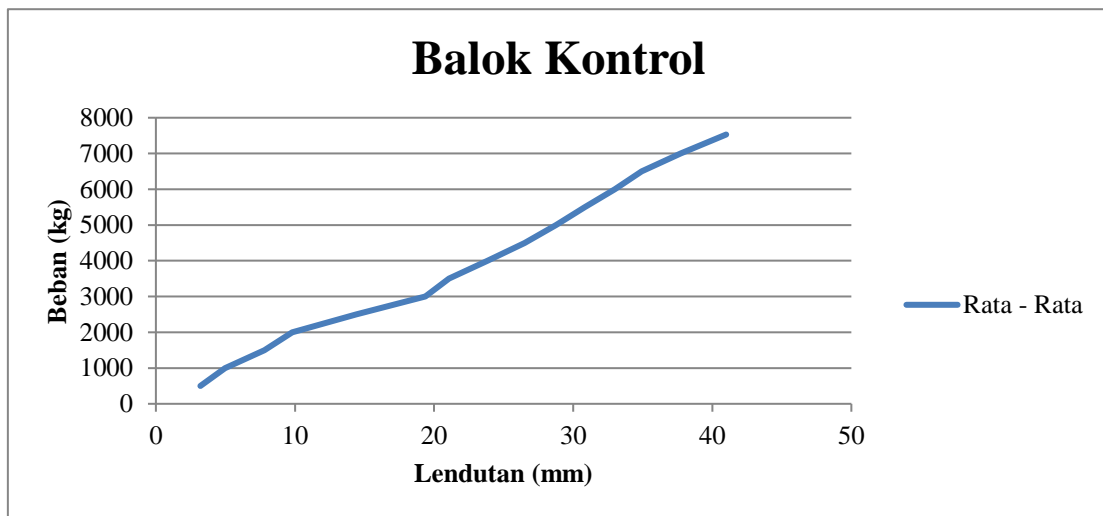
Tabel 4. 16. Lendutan Balok Kontrol

Balok Kontrol					Keterangan
Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Rata - Rata	
500	4,5	6,2	4,2	3,20	
1000	7,5	8,9	6	4,97	
1500	11,3	12,3	9,6	7,80	
2000	13,5	14,9	12,5	9,80	
2500	17,3	18	14,9	14,40	
3000	19	19,5	19,6	19,37	
3500	21	21,3	20,9	21,07	First Crack
4000	23,5	24,1	24	23,87	
4500	25,5	26,7	27,3	26,50	
5000	27	30,1	29,2	28,77	
5500	29	32	31,5	30,83	
6000	30,5	34,7	33,8	33,00	
6500	32,5	37,8	34,5	34,93	
7000	35	40,5	37,7	37,73	
7530	40,2	43,9	38,9	41,00	Beban Maksimum



Gambar 4. 5. Lendutan Pada Balok Kontrol

Dari tabel dan gambar yang disajikan diatas, dapat dibuat grafik hubungan antara beban dan lendutan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. 6. Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok Kontrol

Berdasarkan pengujian, keruntuhan terjadi pada tengah bentang lalu berlanjut pada pola keruntuhan karena geser lentur. Kapasitas maksimal balok sampai mengalami keruntuhan yaitu 7,53 ton.

B. Balok Perkuatan 1 (1)

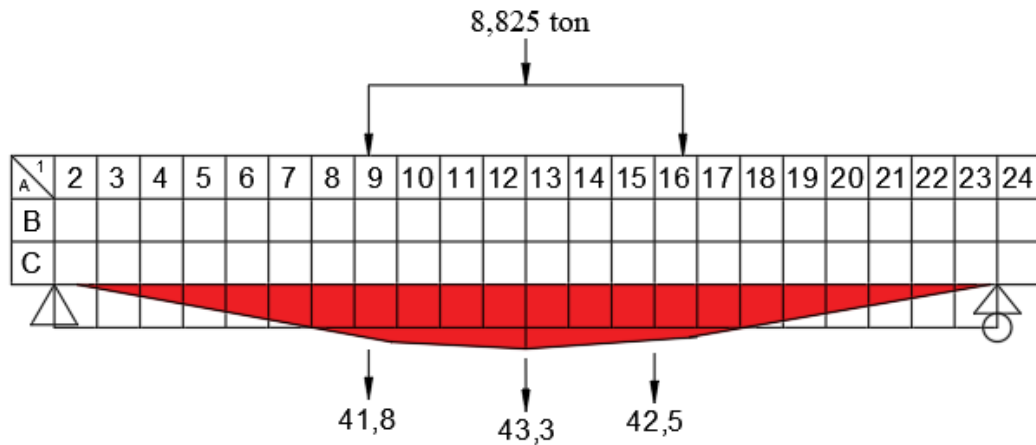
Data teknis dari balok perkuatan 1 (1) akan disajikan dalam tabel di bawah ini

Tabel 4. 17. Data Teknis Balok Perkuatan 1 (1)

Dimensi Balok (cm)	be : 30 h : 25 hf : 8 bw : 15
Mutu Beton (Mpa)	11,66
Tebal Plat (mm)	2,0
Dimensi Plat	15 x 120
Berat Plat (Kg/cm ²)	2,9375

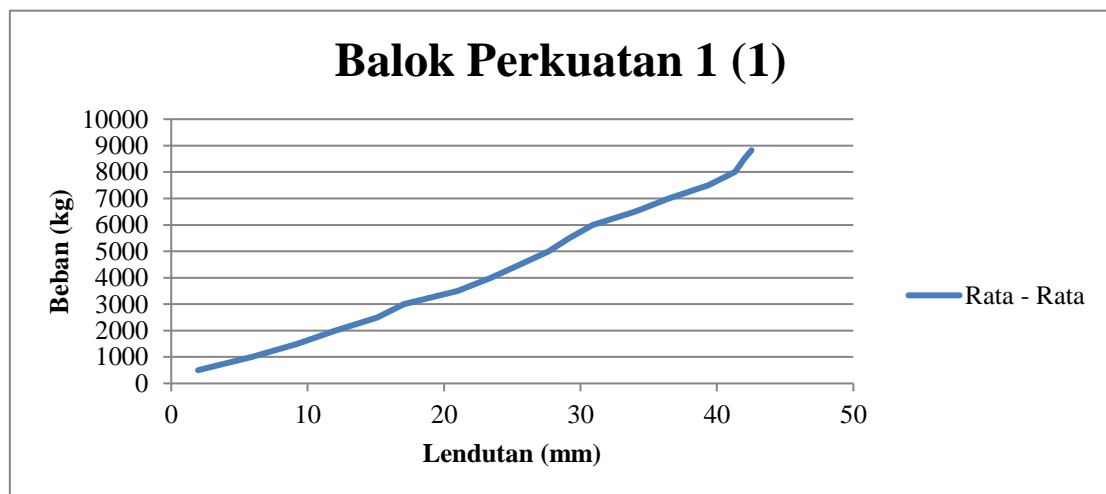
Tabel 4. 18. Lendutan Balok Perkuatan 1 (1)

Balok Perkuatan 1 (1)					Keterangan
Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Rata - Rata	
500	2	2,4	1,5	1,97	
1000	6	6,3	5,5	5,93	
1500	9,8	10	9,5	9,77	
2000	11,7	12,4	12	12,03	
2500	14,6	15,7	15	15,10	
3000	17,2	17,5	16,5	17,07	
3500	21	21,5	20,5	21,00	
4000	23,8	24,5	22	23,43	First Crack
4500	25,6	27,9	24,5	26,00	
5000	27,8	28,7	26,5	27,67	
5500	29,5	30,5	27,5	29,17	
6000	31	31,7	30	30,90	
6500	33,8	34,7	33,5	34,00	
7000	35	38,9	35,5	36,47	
7500	38,5	41	38,6	39,37	
8000	40,5	42,5	41	41,33	
8500	41	43	42	42,00	
8825	41,8	43,3	42,5	42,53	Beban Maksimum



Gambar 4. 7. Lendutan Pada Balok Perkuatan 1 (1)

Dari tabel dan gambar yang disajikan diatas, dapat dibuat grafik hubungan antara beban dan lendutan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. 8. Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok Perkuatan 1 (1)

Berdasarkan pengujian, keruntuhan terjadi pada tengah bentang lalu berlanjut pada pola keruntuhan karena geser lentur. Kapasitas maksimal balok sampai mengalami keruntuhan yaitu 8,825 ton.

C. Balok Perkuatan 1 (2)

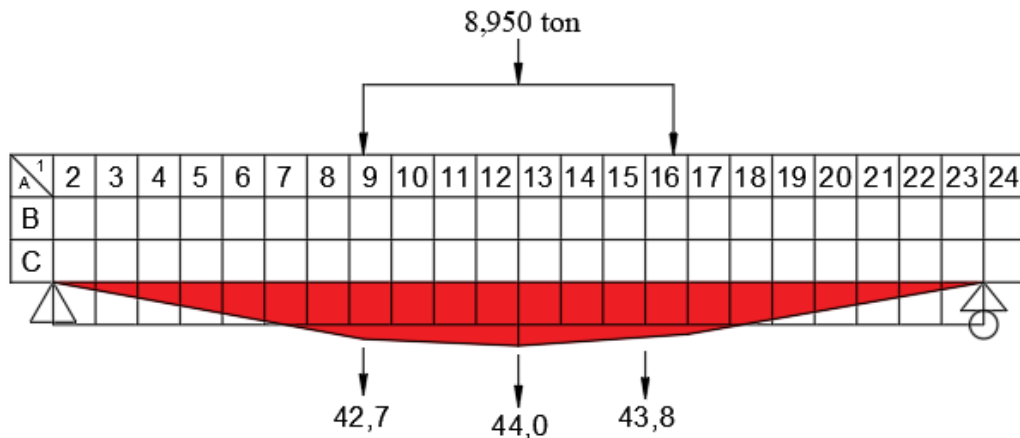
Data teknis dari balok perkuatan 1 (2) akan disajikan dalam tabel di bawah ini

Tabel 4. 19. Data Teknis Balok Perkuatan 1 (2)

Dimensi Balok (cm)	be : 30 h : 25 hf : 8 bw : 15
Mutu Beton (Mpa)	11,66
Tebal Plat (mm)	2,0
Dimensi Plat	15 x 120
Berat Plat (Kg/cm ²)	2,9375

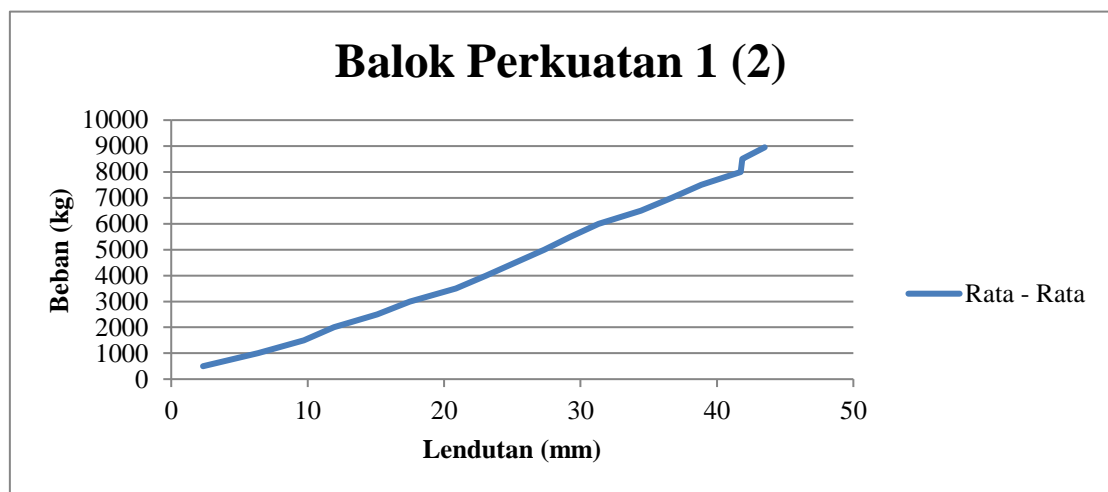
Tabel 4. 20. Lendutan Balok Perkuatan 1 (2)

Balok Perkuatan 1 (2)					Keterangan
Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Rata - Rata	
500	2,2	2,8	2	2,33	
1000	6,3	7	5,8	6,37	
1500	10	10,5	8,7	9,73	
2000	12	12,4	11,4	11,93	
2500	15,5	15,3	14,5	15,10	
3000	17,5	17,2	17,8	17,50	
3500	21,4	21	20,2	20,87	
4000	24,5	22,7	22	23,07	First Crack
4500	25,5	26,7	23,5	25,23	
5000	26,7	28,7	26,6	27,33	
5500	30	30,4	27,5	29,30	
6000	30,8	31,8	31,4	31,33	
6500	34,5	35	33,8	34,43	
7000	35	39	36	36,67	
7500	36,4	41,2	39	38,87	
8000	40,4	43	41,8	41,73	
8500	41,5	42	42,1	41,87	
8950	42,7	44	43,8	43,50	Beban Maksimum



Gambar 4. 9. Lendutan Pada Balok Perkuatan 1 (2)

Dari tabel dan gambar yang disajikan diatas, dapat dibuat grafik hubungan antara beban dan lendutan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. 10. Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok Perkuatan 1 (2)

Berdasarkan pengujian, keruntuhan terjadi pada tengah bentang lalu berlanjut pada pola keruntuhan karena geser lentur. Kapasitas maksimal balok sampai mengalami keruntuhan yaitu 8,95 ton.

D. Balok Perkuatan 2 (1)

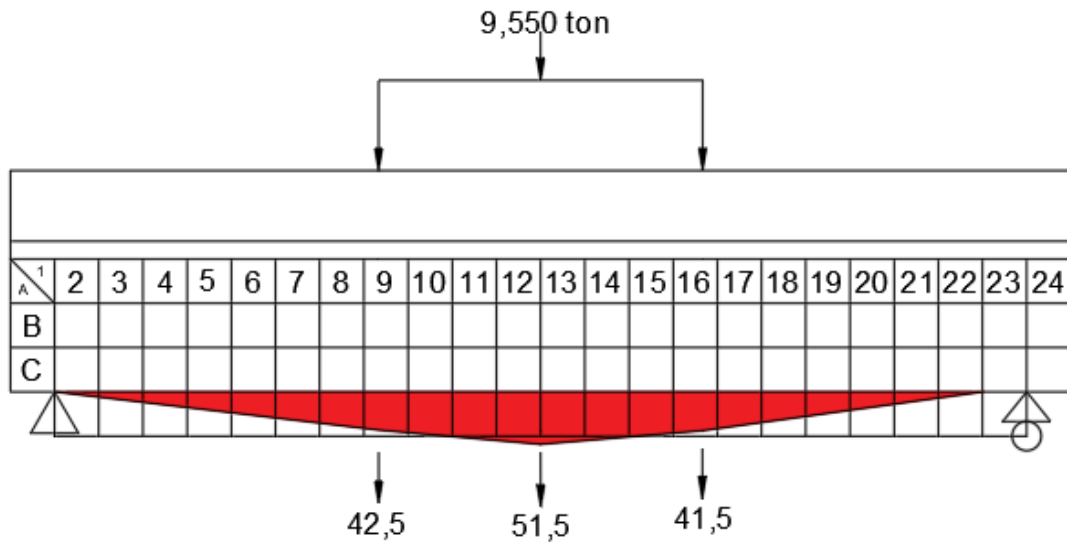
Data teknis dari balok perkuatan 2 (1) akan disajikan dalam tabel di bawah ini

Tabel 4. 21. Data Teknis Balok Perkuatan 2 (1)

Dimensi Balok (cm)	be : 30 h : 25 hf : 8 bw : 15
Mutu Beton (Mpa)	11,66
Tebal Plat (mm)	2,0
Dimensi Plat	30 x 120
Berat Plat (Kg/cm ²)	5,875

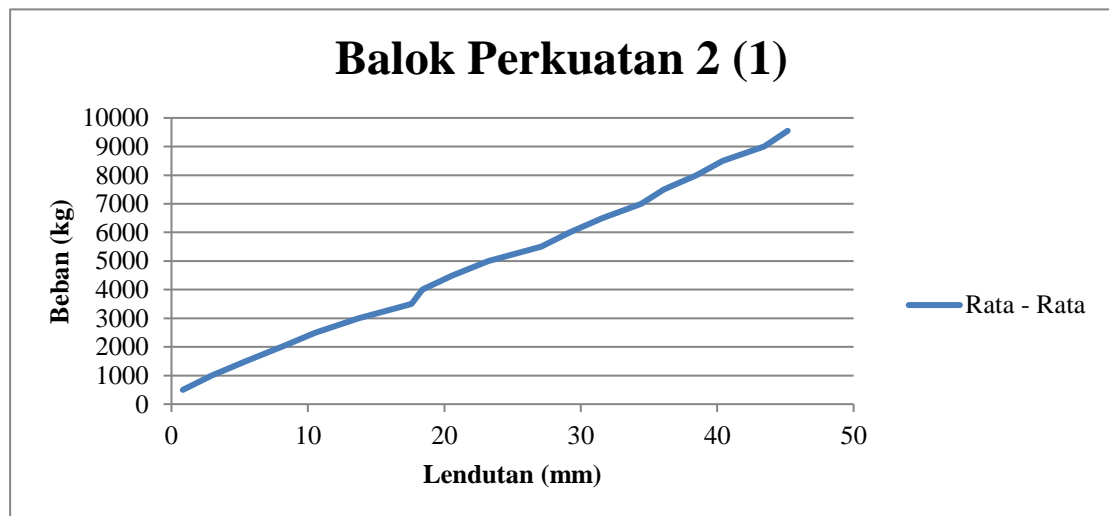
Tabel 4. 22. Lendutan Balok Perkuatan 2 (1)

Balok Perkuatan 2 (1)					Keterangan
Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Rata - Rata	
500	0,5	1,5	0,5	0,83	
1000	2,5	3,6	2,7	2,93	
1500	4,9	6,9	4,5	5,43	
2000	7,5	9,5	7,2	8,07	
2500	10,5	10,8	10,3	10,53	
3000	12	15,6	13,5	13,70	
3500	14,6	22,8	15,4	17,60	
4000	16,5	23,2	15,5	18,40	
4500	18,5	24,5	18,8	20,60	
5000	21,2	26,5	22	23,23	First Crack
5500	23,3	34,5	23,5	27,10	
6000	25,5	36,6	25,5	29,20	
6500	28,6	37,8	28,3	31,57	
7000	32	39	32,3	34,43	
7500	33	41,5	33,8	36,10	
8000	36,7	42,7	36	38,47	
8500	37,6	45,6	38	40,40	
9000	41	48,8	40,5	43,43	
9550	42,5	51,5	41,5	45,17	Beban Maksimum



Gambar 4. 11. Lendutan Pada Balok Perkuatan 2 (1)

Dari tabel dan gambar yang disajikan diatas, dapat dibuat grafik hubungan antara beban dan lendutan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. 12. Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok Perkuatan 2 (1)

Berdasarkan pengujian, keruntuhan terjadi pada tengah bentang lalu berlanjut pada pola keruntuhan karena geser lentur. Kapasitas maksimal balok sampai mengalami keruntuhan yaitu 9,55 ton.

E. Balok Perkuatan 2 (2)

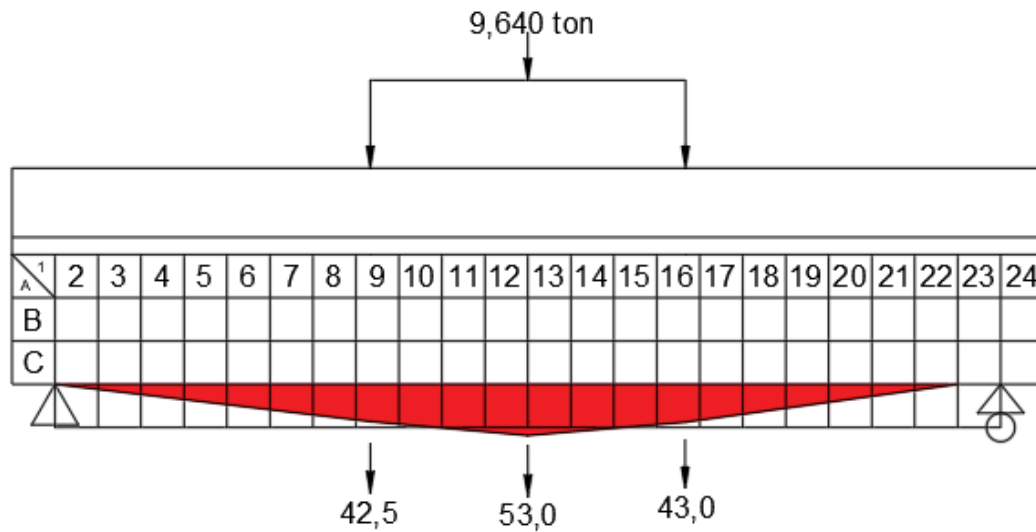
Data teknis dari balok perkuatan 2 (2) akan disajikan dalam tabel di bawah ini

Tabel 4. 23. Data Teknis Balok Perkuatan 2 (2)

Dimensi Balok (cm)	be : 30 h : 25 hf : 8 bw : 15
Mutu Beton (Mpa)	11,66
Tebal Plat (mm)	2,0
Dimensi Plat	30 x 120
Berat Plat (Kg/cm ²)	5,875

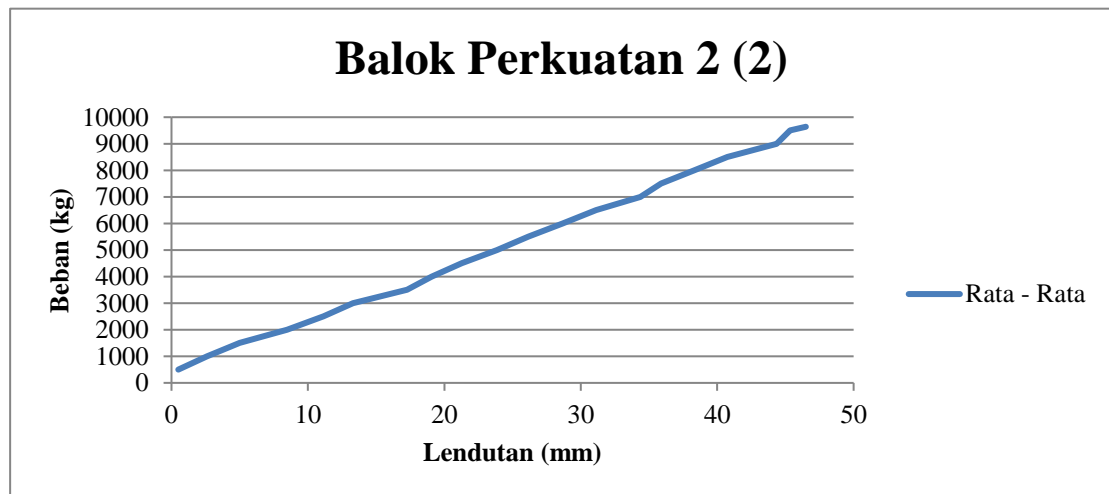
Tabel 4. 24. Lendutan Balok Perkuatan 2 (2)

Balok Perkuatan 2 (2)					Keterangan
Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Rata - Rata	
500	0,5	0,5	0,5	0,50	
1000	2,4	2,6	2,8	2,60	
1500	4,8	5,1	5,2	5,00	
2000	8,5	8,7	8,2	8,47	
2500	11	11,2	11,2	11,13	
3000	13,5	12,4	14	13,30	
3500	15,6	19,8	16,4	17,27	
4000	17,5	21,3	18,4	19,07	
4500	19,5	24,5	19,8	21,27	
5000	21	28,7	21,9	23,87	First Crack
5500	23,5	30,5	24,5	26,17	
6000	26,5	32,5	27	28,67	
6500	28,5	35,6	29,3	31,13	
7000	32,1	38,9	32,1	34,37	
7500	33	41	33,7	35,90	
8000	35,7	42,8	36,4	38,30	
8500	37,8	45,6	38,8	40,73	
9000	41,5	49,8	41,8	44,37	
9500	42,5	51	42,5	45,33	
9640	43,5	53	43	46,50	Beban Maksimum



Gambar 4. 13. Lendutan Pada Balok Perkuatan 2 (2)

Dari tabel dan gambar yang disajikan diatas, dapat dibuat grafik hubungan antara beban dan lendutan seperti gambar di bawah ini :



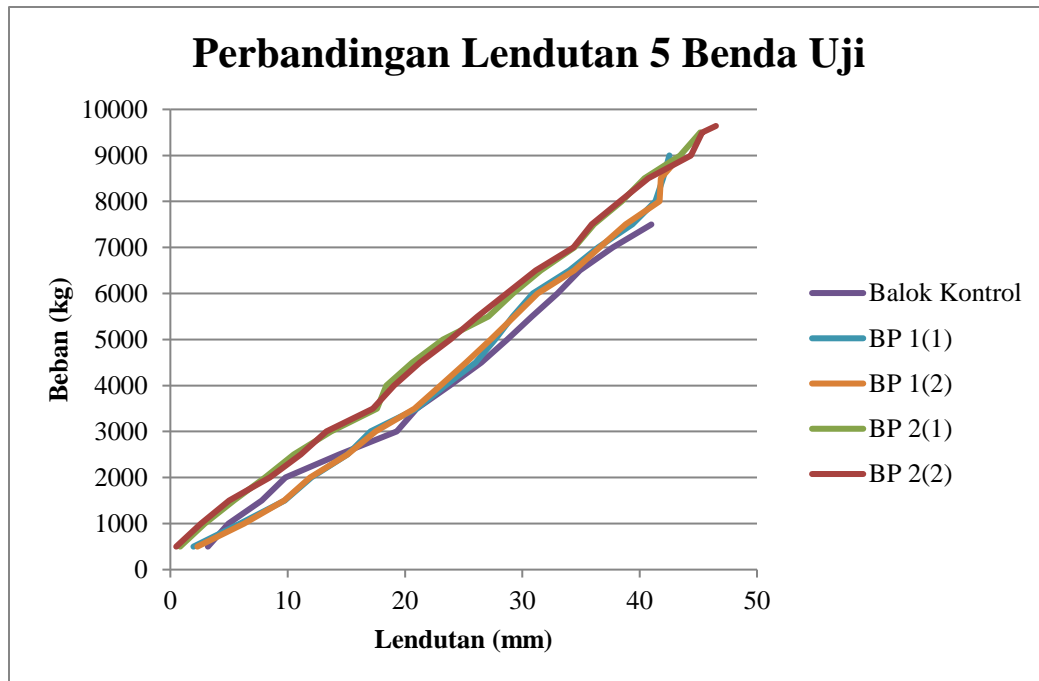
Gambar 4. 14. Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok Perkuatan 2 (2)

Berdasarkan pengujian, keruntuhan terjadi pada tengah bentang lalu berlanjut pada pola keruntuhan karena geser lentur. Kapasitas maksimal balok sampai mengalami keruntuhan yaitu 9,64 ton.

4.8 Perbandingan Balok Kontrol dan Balok Perkuatan

A. Defleksi/Lendutan

Lendutan pada balok diperoleh dari *dial gauge* saat melakukan pengujian. Terlihat dari tabel 4.16 bahwa rata-rata lendutan maksimum pada balok kontrol yaitu 41 mm. Pada balok perkuatan 1(1) dan 1(2) rata-rata lendutan maksimumnya 42,53 mm dan 43,5 mm. Sedangkan pada balok perkuatan 2(1) dan 2(2) rata-rata lendutan maksimumnya 45,17 mm dan 46,50 mm. Dalam hal defleksi, balok perkuatan mengalami lendutan yang lebih besar dari balok kontrol karena perletakan perkuatan yang kurang efektif. Tetapi, balok dengan perkuatan menerima beban yang lebih besar dibandingkan balok kontrol.



Gambar 4. 15. Grafik Perbandingan Lendutan 5 Benda Uji

B. Retak Awal/*First Crack*

Retak awal balok beton dapat diketahui dengan cara mengamati permukaan balok saat sedang diuji. Retak awal biasanya ditandai dengan retak rambut. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa balok kontrol mengalami retak awal saat diberi beban 3500 kilogram. Balok perkuatan 1(1) dan 1(2) mengalami retak awal saat diberi beban 4000 kilogram. Sedangkan balok perkuatan 2(1) dan 2(2) mengalami retak awal saat diberi beban 5000 kilogram. Dengan demikian pemberian plat pada balok bisa mempengaruhi proses retak awal pada balok walaupun tidak terlalu signifikan.



Gambar 4. 16. Retak Awal Balok Kontrol



Gambar 4. 17. Retak Awal Balok Perkuatan 2(1)

C. Pola Retak dan Keruntuhan Balok

Beton akan mengalami keruntuhan saat beban sudah maksimum. Saat beton diuji, maka akan muncul pola retak yang disebabkan oleh pembebanan yang terjadi. Balok kontrol mengalami pola retak geser lentur. Pada balok perkuatan juga mengalami pola retak yang sama yaitu geser lentur. Pola retak geser lentur terjadi akibat pengaruh gaya geser dan momen lentur yang biasanya terjadi secara bersamaan



Gambar 4. 18. Pola Retak Balok Kontrol



Gambar 4. 19. Pola Retak Balok Perkuatan

4.9 Kelebihan dan Kekurangan Perkuatan Desak

Dari hasil penelitian, didapatkan hasil bahwa perkuatan plat baja pada bagian desak dapat meningkatkan kapasitas balok dalam menahan beban maksimum. Perkuatan plat baja pada bagian desak juga dapat memperlambat munculnya first crack jika dibandingkan balok kontrol.

Mengingat dari hasil perbandingan balok kontrol dan balok perkuatan, lendutan yang terjadi pada balok perkuatan lebih besar maka perkuatan di daerah desak tidak disarankan. Menurut (Wibisono, Susastrawan, & Muntafi 2017) dengan penelitian berjudul “Penambahan Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Penambahan Pelat Baja “ disimpulkan bahwa perkuatan dengan pelat baja di daerah lentur dapat meningkatkan beban lebih besar dengan lendutan yang lebih kecil. Dari data yang dihasilkan dibuat perhitungan kelengkungan balok kontrol dan balok uji BP-1, BP-2, BP-3 menunjukkan kelengkungan yang lebih kecil dari balok kontrol BK. Hal ini disebabkan oleh berfungsinya plat baja pada bagian tarik beton dalam mencegah defleksi balok yang besar. Maka dari itu, perkuatan pada daerah lentur lebih disarankan agar supaya lendutan yang terjadi tidak terlalu besar. Lendutan yang terlalu besar atau melewati suatu batas yang diijinkan sangat berbahaya bagi elemen tersebut atau bisa berdampak pada elemen lainnya.

4.10 Persentase Penambahan Gaya Desak

Persentase penambahan kapasitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$Presentase\ perkuatan = \left(\frac{BP_n - BK}{BK} \times 100\% \right)$$

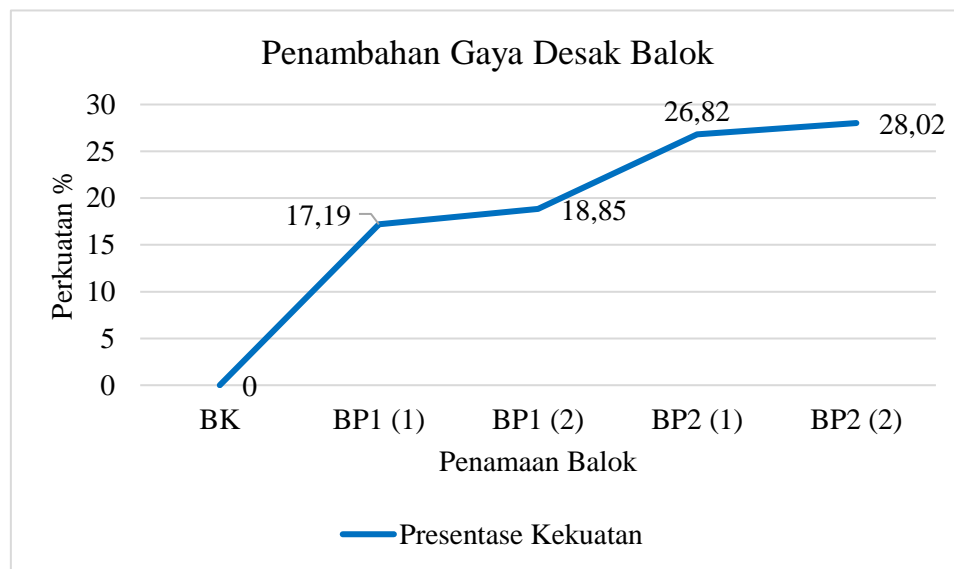
Ket : BP_n = Kapasitas Maksimum Balok Perkuatan

BK = Kapasitas Maksimum Balok Kontrol

Dan berikut hasil perhitungan yang disajikan dalam tabel dan grafik di bawah ini :

Tabel 4. 25. Persentase Penambahan Gaya Desak

Keterangan	Dimensi Perkuatan (cm)		Beban Maksimum (Ton)	Persentase Perkuatan (%)
	Tebal	Lebar		
BK	-	-	7,530	0
BP 1 (1)	0,2	15	8,825	17,19
BP 1 (2)	0,2	15	8,950	18,85
BP 2 (1)	0,2	30	9,550	26,82
BP 2 (2)	0,2	30	9,640	28,02



Gambar 4. 20. Grafik Persentase Penambahan Gaya Desak

Berdasarkan tabel persentase penambahan gaya desak, dapat diketahui bahwa jika menggunakan plat dengan lebar yang lebih besar menunjukkan perbedaan hasil dibanding plat yang lebar lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa lebar plat bisa mempengaruhi hasil dari peningkatan beban maksimum. Untuk bisa memaksimalkan perkuatan maka perlu ditinjau lagi dari plat baja yang digunakan apakah ada perbedaan hasil dari plat baja polos dibandingkan plat baja kasar, ketebalan lem epoxy yang digunakan, ketebalan plat baja, posisi perkuatan, menggunakan material penghubung lainnya contohnya *dynabolt*, atau penggabungan dari *dynabolt* dan lem epoxy.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Penambahan plat baja pada bagian desak balok beton bertulang dapat meningkatkan kapasitas desak balok dengan hasil BK sebagai acuan kekuatan didapatkan nilai 7,530 ton. Balok uji dengan penamaan BP 1(1) mendapatkan nilai dari hasil pengujian sebesar 8,825 ton dengan peningkatan sebesar 17,19 % terhadap balok kontrol. Balok uji dengan penamaan BP 1(2) mendapatkan nilai dari hasil pengujian sebesar 8,950 ton dengan peningkatan sebesar 18,85 % terhadap balok kontrol. Balok uji dengan penamaan BP 2(1) mendapatkan nilai dari hasil pengujian sebesar 9,550 ton dengan peningkatan sebesar 26,82 % terhadap balok kontrol. Balok uji dengan penamaan BP 2(2) mendapatkan nilai dari hasil pengujian sebesar 9,640 ton dengan peningkatan sebesar 28,02 % terhadap balok kontrol.

2. Lentutan yang terjadi pada balok kontrol pada dial 1 sebesar 40,2 mm, pada dial 2 sebesar 43,9 mm, pada dial 3 sebesar 38,9 mm. Pada balok uji dengan penamaan BP 1(1) lentutan yang terjadi pada dial 1 sebesar 41,8 mm, pada dial 2 sebesar 43,3 mm dan pada dial 3 sebesar 42,5 mm. Pada balok uji dengan penamaan BP 1(2) lentutan yang terjadi pada dial 1 sebesar 42,7 mm, pada dial 2 sebesar 44 mm, pada dial 3 sebesar 43,8 mm. Pada balok uji dengan penamaan BP 2(1) lentutan yang terjadi pada dial 1 sebesar 42,5 mm, pada dial 2 sebesar 51,5 mm, pada dial 3 sebesar 41,5 mm. Pada balok uji dengan penamaan BP 2(2) lentutan yang terjadi pada dial 1 sebesar 43,5 mm, pada dial 2 sebesar 53,0 mm, pada dial 3 sebesar 43,0 mm.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian, dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Mengingat dari hasil penelitian ini, persentase peningkatan kapasitas didapat hasil 17,19 % - 28,02 % sehingga masih belum signifikan. Maka seharusnya peneliti bisa memperhitungkan posisi perletakan perkuatan yang lebih efektif.
2. Jika meninjau dari lendutan terbesar balok yang terjadi pada penelitian ini yaitu 46,50 mm, perkuatan sebaiknya dilakukan pada daerah tarik lentur pada balok seperti penelitian yang dilakukan (Kader and Jaya 2013) dalam jurnalnya yang berjudul “Analisis Pola Retak dan Mekanisme Kegagalan Balok Beton Bertulang Dengan Perkuatan Lentur Lembar CFRP”.
3. Peneliti perlu meninjau material penghubung lainnya seperti penggabungan baut dan lem epoxy sebagai media penghubung.
4. Peneliti perlu meninjau ketebalan plat baja yang digunakan, material perkuatan lainnya, serta ketebalan lem yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam. 2016. *Modul Struktur Beton BAB 4 Perancangan Lentur Pada Balok*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ali Asroni. 2010. “Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang.” *Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang* 272.
- Andar Sitohang, Johannes Sitohang dan Medis Surbakti. 2021. “Analisa Balok Dengan Perkuatan Penambahan Tulangan Memakai Perekat Sikadur Dan Anchor Fix-2 Secara Experimental.” *Jurnal Ilmiah Indonesia* 6(2).
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. “SNI 2049-2015. Semen Portland. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.” *Sni 2049-2015* 1–147.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. “SNI 1972:2008 Standar Nasional Indonesia Cara Uji Standardisasi Nasional.” *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. *SNI 2052-2017. Baja Tulangan Beton*. Jakarta, Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *SNI 2847: 2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta, Indonesia.
- Dady, Yohanes Trian, and et al. 2015. “Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang.” *Jurnal Sipil Statik* 3(5):341–50.
- Dipohusodo, Istimawan. 1993. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fredi, Jusuf, and Tri. 2016. “Komponen Struktur Beton Dengan Perkuatan Eksternal.” *Jurnal Teknik Sipil Nusa Cendana* 5(1):53–66.
- Kader, I. Made Suardana, and I. Made Jaya. 2013. “Analisis Pola Retak Dan Mekanisme Kegagalan Balok Beton Bertulang Dengan Perkuatan Lentur Lembar Cfrp.” *Jurnal Logic* 13(3):87–95.
- Layang, Samuel. 2022. *CRACKS IN REINFORCED CONCRETE BEAM*. Vol. 10.
- Miswar, Khairul, and Trio Pahlawan. 2009. “Perbaikan Dan Perkuatan Balok Beton Bertulang Dengan Cara Penambahan Profil Baja Kanal.” *Jurnal Teknik Sipil* 1–

9.

Norman. 2018. "Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil FTSP UII ISSN 9-772477-5B3159." *Prosiding* 00(November):1–8.

Nurmaidah, U. M. A. 2015. "Penggunaan Agregat Halus Dengan Sumber Lokasi Berbeda Untuk Campuran Beton." *ARBITEK: Jurnal Teknik Sipil & Arsitektur*.

Okky Hendra Hermawan. 2018. "Pengaruh Perawatan Pada Kuat Tekan Beton." *Pengaruh Perawatan Pada Kuat Tekan Beton* 16(N0. 1):1–7.

Pangestuti, Endah Kanti. 2009. "Penggunaan Carbon Fiber Reinforced Plate Sebagai Bahan Komposit Eksternal Pada Struktur Balok Beton Bertulang." *Dinamika Teknik Sipil* 9:180–88.

Thamrin, Rendy, Jafril Tanjung, and Kristinus. 2015. "Studi Eksperimental Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang." *Prosiding 2ndAndalas Civil Engineering National Conference* 335–40.

Wibisono, Susastrawan, & Muntafi, Y. 2017. "Penambahan Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Penambahan Pelat Baja."

LAMPIRAN



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 1
 Pekerjaan : Pemeriksaan Agregat
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN ANALISA GRADASI AGREGAT HALUS (PASIR)

Diameter ayakan (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Saringan + tertahan (gr)	Berat Tertahan (gr)	Persentase berat tertahan (%)	Berat Kumulatif (%)	Berat Kumulatif lolos (%)
10 (9,5)	424.3	540.2	115.9	4.03	4.03	95.97
4.75	586.4	745.0	158.6	5.51	9.54	90.46
2.36	316.2	840.2	524.0	18.20	27.74	72.26
1.18	512.3	796.4	284.1	9.87	37.61	62.39
0.6	456.3	845.4	389.1	13.52	51.13	48.87
0.3	451.0	872.0	421.0	14.63	65.75	34.25
0.15	429.6	927.6	498.0	17.30	83.05	16.95
PAN	439.8	927.6	487.8	16.95	100.00	0.00
Jumlah			2878.5	100.00	278.85	
Modulus halus butiran (MHB)			2,788			
LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR JURUSAN TEKNIK SIPIL – UNNES						

Menyetujui,
 Kepala Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
 NIP. 197207021999031002

Semarang, 18 Agustus 2022
 Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Fahrudin, A.Md.
 NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 2
 Pekerjaan : Pemeriksaan Agregat
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

No	Uraian	Hasil	
		1	2
1	No cawan		
2	Berat sampel jenuh permukaan (SSD) (A)	gram	367.4
3	Berat sampel kering (B)	gram	237.6
4	Berat labu ukur + air (C)	gram	357.3
5	Berat labu ukur + berat (SSD) + Air (D)	gram	700.8
6	Berat jenis (bulk) $(B / (C + A) - D)$		699
7	Berat jenis (SSD) $(A / (C + A) - D)$		922.4
8	Berat jenis semu $(B / (C + B - D))$		845.2
9	Penyerapan $((A - B) / B) \times 100\%$		2.45
Berat jenis rata-rata			2.53
	Berat Cawan	gram	2.52
	Berat Cawan + SSD	gram	2.60
			2.63
			2.68
LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR JURUSAN TEKNIK SIPIL - UNNES			

Menyetujui,
 Kepala Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil
 Sipil

Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
 NIP. 197207021999031002

Semarang, 18 Agustus 2022
 Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik

Fahrudin, A.Md.
 NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 3

Pekerjaan : Pemeriksaan Agregat

Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan

Diperiksa : Fahrudin, A.Md.

Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN BOBOT ISI AGREGAT HALUS (PASIR)

BOBOT ISI LEPAS				
Nomor	Uraian		Hasil	
1	No cawan		1	2
2	Berat container kosong (A)	gram	231.4	231.4
3	Berat container + sampel pasir (B)	cm ³	1649.7	1671.8
4	Berat Agregat (C) = (B) - (A)	gram	1418.3	1440.4
5	Volume container (D)	gram	1000	1000
6	Bobot isi lepas (C) / (D)	gram/cm ³	1.418	1.440
Bobot isi rata - rata			1.429	
BOBOT ISI PADAT				
Nomor	Uraian		Hasil	
1	No cawan		1	2
2	Berat container kosong (A)	gram	231.4	231.4
3	Berat container + sampel pasir (B)	cm ³	1855.3	1920.1
4	Berat Agregat (C) = (B) - (A)	gram	1623.9	1688.7
5	Volume container (D)	gram	1000	1000
6	Bobot isi lepas (C) / (D)	gram/cm ³	1.624	1.689
Bobot isi rata - rata			1.656	
LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR, TEKNIK SIPIL - UNNES				

Menyetujui,
Kepala Laboratorium



Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil
Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
NIP. 197207021999031002

Semarang, 18 Agustus 2022
Mengetahui,
Teknisi Laboratorium



Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil
Fahrudin, A.Md.
NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 4
 Pekerjaan : Pemeriksaan Agregat
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR DAN LEMPUNG PADA AGREGAT HALUS

No	Uraian		Hasil	
			1	2
1	No cawan			
2	Berat kering sebelum dicuci (A)	gram	857.2	788.6
3	Berat pasir kering setelah dicuci (B)	gram	849.4	779.7
4	Kadar lumpur ((A) - (B) / A) x 100 %		0.91	1.13
Kadar lumpur Rata-rata			1.02	
	Berat Cawan	gram	292.80	288.00
* Dari hasil pengujian kadar lumpur pasir di atas, pasir memenuhi syarat yang ditetapkan SK-SNI < 5%				
LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR JURUSAN TEKNIK SIPIL - UNNES				

Semarang, 18 Agustus 2022

Menyetujui,
 Kepala Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
 NIP. 197207021999031002

Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Fahrudin, A.Md.
 NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 5
 Pekerjaan : Pemeriksaan Agregat
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN ANALISA GRADASI KASAR (KERIKIL)

Diameter ayakan (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Saringan + tertahan (gr)	Berat Tertahan (gr)	Persentase berat tertahan (%)	Berat Komulatif (%)	Berat Komulatif lolos (%)
50	448.8	448.8	0.0	0.00	0.00	100.00
38.1	497.6	497.6	0.0	0.00	0.00	100.00
19	425.2	982.8	557.6	20.24	20.24	79.76
9.5	424.3	2086.6	1662.3	60.35	80.60	19.40
4.75	586.4	820.8	234.4	8.51	89.11	10.89
2.36	316.2	557.4	241.2	8.76	97.87	2.13
1.18	512.3	512.3	0.0	0.00	97.87	2.13
0.6	456.3	456.3	0.0	0.00	97.87	2.13
0.3	451.0	451.0	0.0	0.00	97.87	2.13
0.15	429.6	429.6	0.0	0.00	97.87	2.13
PAN	439.8	498.6	58.8	2.13		
Jumlah			2754.3	100.00	679.28	
Modulus halus butiran (MHB)			6,79			
LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR JURUSAN TEKNIK SIPIL						

Menyetujui,
Kepala Laboratorium
Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil



Ir. Ekô Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
NIP. 197207021999031002

Semarang, 18 Agustus 2022
Mengetahui,
Teknisi Laboratorium
Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil



Fahrudin, A.Md.
NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 6
 Pekerjaan : Pemeriksaan Agregat
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

No	Uraian		Hasil	
			1	2
1	No cawan			
2	Berat sampel jenuh permukaan (SSD) (A)	gram	3559.2	3221.0
3	Berat sampel dalam air (B)	gram	2224.8	2007.9
4	Berat sampel kering (C)	gram	3485.2	3157.8
5	Berat jenis (bulk) (C/ (A-B))		2.61	2.60
6	Berat jenis (SSD) (A/ (A-B))		2.67	2.66
7	Berat jenis semu (C/ (C-B))		2.77	2.75
8	Penyerapan ((A-C) / C) x 100%		2.12	2.00
Berat jenis rata-rata			2.607	
	Berat Cawan	gram	234.4	255.9
	Berat Cawan + SSD	gram	3793.6	3476.9
LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR JURUSAN TEKNIK SIPIL - UNNES				

Menyetujui,
 Kepala Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
 NIP. 197207021999031002

Semarang, 18 Agustus 2022
 Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Fahrudin, A.Md.
 NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 7
 Pekerjaan : Pemeriksaan Agregat
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN BOBOT ISI AGREGAT KASAR (KERIKIL)

BOBOT ISI LEPAS				
Nomor	Uraian		Hasil	
1	No cawan		1	2
2	Berat container kosong (A)	gram	231.4	231.4
3	Berat container + sampel pasir (B)	cm ³	1540.9	1555.7
4	Berat Agregat (C) = (B) - (A)	gram	1309.5	1324.3
5	Volume container (D)	gram	1000	1000
6	Bobot isi lepas (C) / (D)	gram/cm ³	1.310	1.324
Bobot isi rata - rata			1.317	
BOBOT ISI PADAT				
Nomor	Uraian		Hasil	
1	No cawan		1	2
2	Berat container kosong (A)	gram	231.4	231.4
3	Berat container + sampel pasir (B)	cm ³	1739.9	1747.2
4	Berat Agregat (C) = (B) - (A)	gram	1508.5	1515.8
5	Volume container (D)	gram	1000	1000
6	Bobot isi lepas (C) / (D)	gram/cm ³	1.509	1.516
Bobot isi rata - rata			1.512	

Menyetujui,
 Kepala Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
 NIP. 197207021999031002

Semarang, 18 Agustus 2022

Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Fahrudin, A.Md.
 NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 8
 Pekerjaan : Pemeriksaan Agregat
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR DAN LEMPUNG PADA AGREGAT KASAR

No	Uraian		Hasil	
			1	2
1	No cawan			
2	Berat kering sebelum dicuci (A)	gram	1146.4	1251.3
3	Berat pasir kering setelah dicuci (B)	gram	1136.4	1238.3
4	Kadar lumpur $((A) - (B) / A) \times 100 \%$		0.87	1.04
Kadar lumpur Rata-rata			0.96	
	Berat Cawan	gram	124.40	133.80
* Dari hasil pengujian kadar lumpur kerikil di atas, kerikil memenuhi syarat yang ditetapkan SKSNI < 1%				
LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR JURUSAN TEKNIK SIPIL - UNNES				

Semarang, 18 Agustus 2022

Menyetujui,
 Kepala Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
 NIP. 197207021999031002

Fahrudin, A.Md.
 NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 9
 Pekerjaan : Pemeriksaan Agregat
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN KEAUSAN PADA AGREGAT KASAR

No	Uraian		Hasil	
			1	2
1	No Cawan		1	2
2	Berat sampel sebelum diuji (A)	gram	5003.1	5004.3
3	Berat sampel setelah diuji (B)	gram	4403.1	4499.9
4	Persentase keausan $((A) - (B)) / A \times 100\%$	gram	11.99	10.08
Kadar air rata-rata			11.04	
LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR JURUSAN TEKNIK SIPIL - UNNES				

Semarang, 18 Agustus 2022

Menyetujui,
 Kepala Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
 NIP. 197207021999031002

Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Fahrudin, A.Md.
 NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 10
 Pekerjaan : Pemeriksaan Semen
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN WAKTU PENGIKAT SEMEN

Kode sampel uji	Konsistensi Normal (%)	Uji Ikat Awal Semen (menit)	Uji Ikat Akhir Semen (menit)
A	51.7	45	210
B		60	225
C		45	225
Rata – rata Uji Ikat Semen		50	220
LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR JURUSAN TEKNIK SIPIL - UNNES			

Semarang, 18 Agustus 2022

Menyetujui,
 Kepala Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
 NIP. 197207021999031002

Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Fahrudin, A.Md.
 NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 11
 Pekerjaan : Pemeriksaan Beton
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON

Kode sampel uji	Dimensi Benda Uji (cm)	Berat Benda Uji (kg)	Kuat Tekan Beton (Mpa)
A	15 x 30	11,71	12.55
B	15 x 30	11,64	12.16
C	15 x 30	11,99	10.29
Rata - rata			11.6667
LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR JURUSAN TEKNIK SIPIL - UNNES			

Semarang, 18 Agustus 2022

Menyetujui,
 Kepala Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
 NIP. 197207021999031002

Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Fahrudin, A.Md.
 NIP. 89061913051383



LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 Gedung E4 Teknik Sipil Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
 50229

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

Lampiran Surat/Laporan No. : 12
 Pekerjaan : Pemeriksaan Plat Baja
 Dikerjakan : Fajar Arya Ramadhan
 Diperiksa : Fahrudin, A.Md.
 Tanggal Pemeriksaan : 18 Agustus 2022

PEMERIKSAAN KUAT TARIK PLAT BAJA

Kode sampel uji	Berat Total per lembar (kg)	Berat Sampel (kg)	Tebal Plat (mm)	Fy (Mpa)	Fu (Mpa)
A	42,00	0,485	1,8	175	277
B	46,70	0,539	2,0	349	387

**LABORATORIUM ILMU BAHAN DAN STRUKTUR JURUSAN TEKNIK
SIPIL - UNNES**

Semarang, 18 Agustus 2022

Menyetujui,
 Kepala Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Ir. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., IPP.
 NIP. 197207021999031002

Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium
 Lab. Bahan dan Struktur Teknik Sipil

Fahrudin, A.Md.
 NIP. 89061913051383

DOKUMENTASI









