

**PENGARUH VARIASI PENGGUNAAN AGREGAT HALUS DARI  
KABUPATEN KARANGASEM-BALI SEBAGAI PENGGANTI  
AGREGAT HALUS TERHADAP KAPASITAS LENTUR PADA  
BALOK BETON BERTULANG**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**

**RIZKY ABDILLAH  
NIM. 0001063068 – 61**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2006**

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya ucapkan kehadirat Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas rahmat dan junjungannya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Penggunaan Agregat Halus Dari Kabupaten Karangasem, Bali Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kapasitas Lentur Pada Balok Beton Bertulang”**.

Skripsi ini disusun untuk melengkapi syarat akademis dalam meraih gelar Sarjana Teknik (S-1) Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.

Selama pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- ❖ Bpk. Ir. Achmad Wicaksono, M.Eng, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Sipil Universitas Brawijaya.
- ❖ Bpk. Ir. Wisnumurti, MT, selaku Sekretaris Jurusan Sipil Universitas Brawijaya dan selaku ketua Majelis Penguji yang telah memberikan masukan yang sangat berguna.
- ❖ Bpk. Ir.Sugeng P Budio, MS, selaku KKDK struktur di Sipil Brawijaya.
- ❖ Bpk. Ir. M. Taufik H, MT, selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu, pikiran dan dengan sabar memberikan bimbingan, pengarahan serta semangat.
- ❖ Ibu Ir. Siti Nurlina, MT, selaku Dosen Pembimbing kedua, atas segala bimbingan dan arahan yang telah diberikan.
- ❖ Ibunda, Bapak, dan seluruh keluarga yang telah memberikan banyak dukungan.
- ❖ Seluruh elemen Civitas Akademika di Jurusan, Fakultas, maupun Universitas.
- ❖ Senior – senior , Saudara – saudara C2k, dan Junior – junior, serta seluruh keluarga besar Teknik Sipil Brawijaya.

Malang, 29 Januari 2007

Penulis

## ABSTRAKSI

Rizky Abdillah. Januari 2007. **Pengaruh Variasi Penggunaan Agregat Halus Dari KarangAsem , Bali Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kapasitas Lentur Pada Balok Beton Bertulang.** Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, universitas Brawijaya. Dosen Pembimbing : Ir. M. Taufik H, MT dan Ir. Siti Nurlina, MT

---

Dibanyak negara termasuk negara kita telah dilaksanakan banyak percobaan serta pengujian untuk melakukan pendekatan dan penelitian yang berhubungan dengan agregat halus untuk beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh agregat halus terhadap campuran beton yang paling efektif dengan meninjau pada kapasitas lentur balok.

Dalam penelitian ini variasi penggunaan agregat halus Karangasem terhadap agregat halus Brandong diambil 0% sampai dengan 100%. Campuran yang digunakan adalah 1 : 1,68 : 1,89 dan faktor air semen 0,48. Benda uji untuk kuat lentur adalah balok dengan ukuran 12 cm x 18 cm x 140 cm sebanyak 15 buah. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dengan dua beban terpusat yang simetris yang ditumpu sendi-roll pada kedua ujungnya.

Hasil uji statistik menyatakan bahwa penambahan pasir Karangasem memberikan pengaruh terhadap kapasitas lentur. Dari hasil penelitian didapat bahwa prosentase penambahan pasir Karangasem terhadap pasir Brandong mengalami penurunan dan peningkatan, pada penambahan pasir Karangasem sebesar 25 % kapasitas lentur menurun sebesar 9.486 % dari balok kontrolnya, Kapasitas lentur Balok dengan prosentase penggunaan agregat halus karangasem sebesar 50% juga mengalami penurunan 9.881% dari balok kontrolnya dan lebih kecil dari balok dengan prosentase 25%. Sedangkan pada Balok dengan prosentase penggunaan agregat halus karangasem sebesar 75% mengalami peningkatan 1.976%, dan pada Balok dengan prosentase penggunaan agregat halus karangasem sebesar 100% mengalami peningkatan 20.158 %..

**DAFTAR ISI**

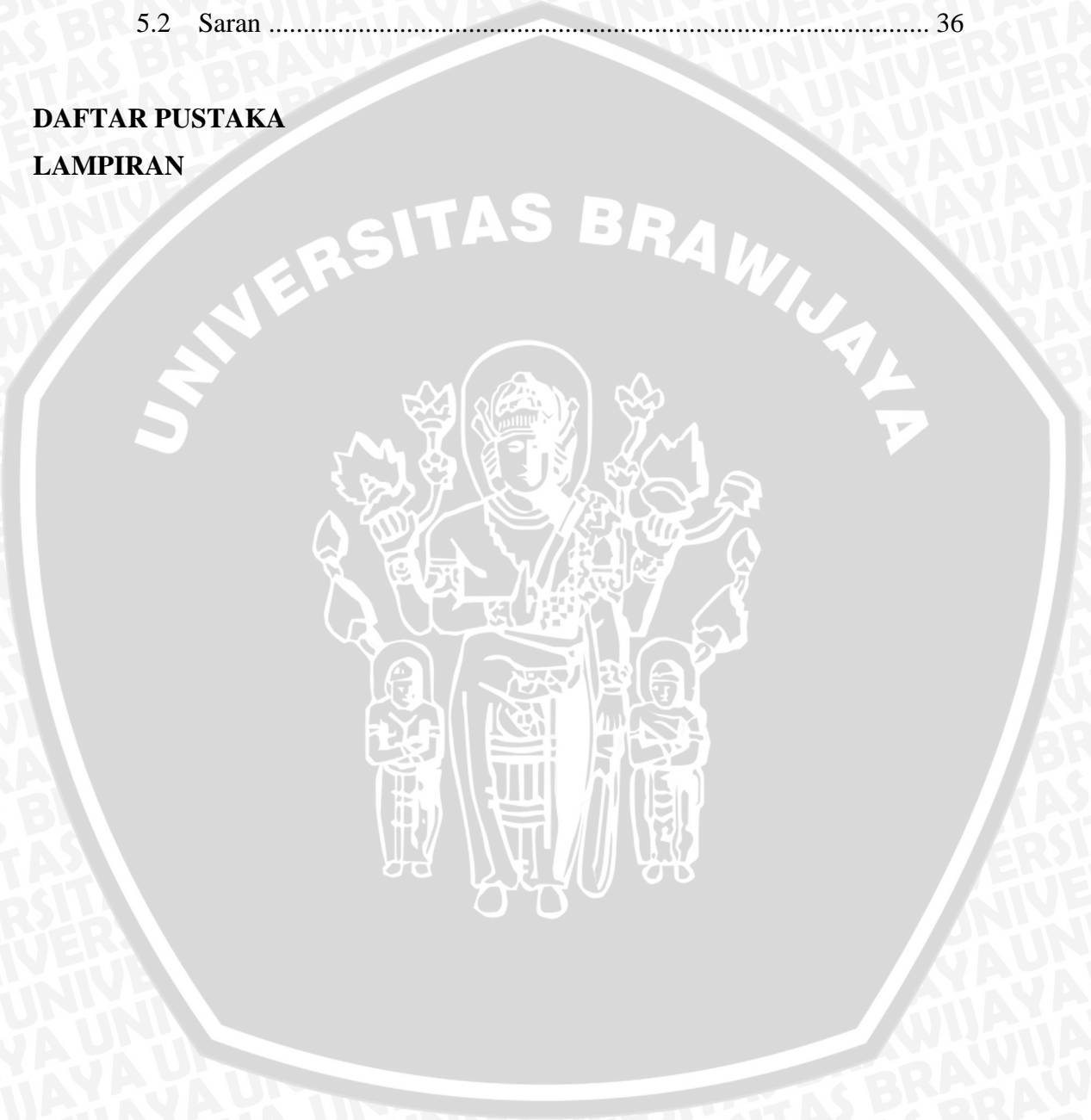
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAKSI</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.2 Beton Bertulang.....	5
2.3 Semen dan Air.....	5
2.4 Bahan Agregat.....	6
2.5 Balok Terlentur.....	13
2.6 Keseimbangan Gaya-Gaya Dalam.....	15
2.7 Balok Segiempat Ekuivalen.....	16
2.8 Kebutuhan Tulangan Rangkap Untuk Balok.....	17
2.9 Analisis Kuat Lentur Balok Bertulang Rangkap.....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22

3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.3	Analisa Bahan yang Digunakan.....	23
3.4	Rancangan Penelitian.....	23
3.5	Cara Penelitian dan Pengujian.....	24
3.6	Metode Pengumpulan Data.....	25
3.7	Analisa Data.....	26
3.8	Variabel Penelitian.....	26
3.9	Hipotesis Awal.....	26
3.10	Diagram Alir Penelitian.....	27
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>28</b>
4.1	Sifat-Sifat Bahan Penyusun Balok Beton Bertulang .....	28
4.1.1	Semen.....	28
4.1.2	Air.....	28
4.1.3	Agregat Halus .....	28
4.1.4	Agregat Kasar.....	29
4.1.5	Baja Tulangan.....	29
4.1.6	Pengujian Beton Segar.....	30
4.1.7	Pengujian Beton Keras.....	31
4.2	Pengujian Kuat Lentur Beton.....	32
4.3	Kapasitas Lentur Balok Uji.....	32
4.4	Kapasitas Dukung Beban Maksimum Balok Uji .....	33
4.5	Pengujian Hipotesis .....	34
4.6	Pembahasan Kapasitas Lentur Balok .....	35

<b>BAB V PENUTUP</b> .....	36
5.1 Kesimpulan .....	36
5.2 Saran .....	36

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

<b>No. Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1	Penampang Balok T Dan L Untuk Tumpuan	4
Gambar 2.2	Daerah Gradasi Pasir Kasar	10
Gambar 2.3	Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar	10
Gambar 2.4	Daerah Gradasi Pasir Halus	10
Gambar 2.5	Daerah Gradasi Pasir Agak Halus	11
Gambar 2.6	Distribusi Tegangan Dan Regangan Pada Balok	15
Gambar 2.7	Balok Tegangan Ekuivalen Whitney	16
Gambar 2.8	Analisa Balok Bertulang Rangkap	19
Gambar 3.1	Skema Pembebanan	24
Gambar 3.2	Diagram Pengerjaan Penelitian	27
Gambar 4.1	Grafik hubungan penambahan agregat halus Karangasem dan Mu	33
Gambar 4.2	Grafik hubungan penambahan agregat halus Karangasem dan P uji	34
Gambar L1.1	Grafik Analisa Saringan Agregat Halus Brandong	40
Gambar L1.2	Grafik Analisa Saringan Agregat Halus Karangasem	42
Gambar L1.3	Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar	52
Gambar L3.1	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 1 Benda Uji 1	87
Gambar L3.2	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 1 Benda Uji 2	90
Gambar L3.3	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 1 Benda Uji 3	93
Gambar L3.4	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 2 Benda Uji 1	96
Gambar L3.5	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 2 Benda Uji 2	99
Gambar L3.6	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 2 Benda Uji 3	102
Gambar L3.7	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 3 Benda Uji 1	105
Gambar L3.8	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 3 Benda Uji 2	108
Gambar L3.9	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 3 Benda Uji 3	111
Gambar L3.10	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 4 Benda Uji 1	114
Gambar L3.11	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 4 Benda Uji 2	117
Gambar L3.12	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 4 Benda Uji 3	120
Gambar L3.13	Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 5 Benda Uji 1	123

Gambar L3.14 Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 5 Benda Uji 2

126

Gambar L3.15 Grafik Pembacaan Lendutan Variasi 5 Benda Uji 3

129





## DAFTAR SIMBOL

$A_s$	= Luas tulangan tarik
$A_s'$	= Luas tulangan tekan
$a$	= Tinggi blok tekan persegi ekuivalen $a = \beta.c$
$b$	= Lebar penampang balok
$c$	= Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral
$d$	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
$d'$	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan
$E_c$	= Modulus elastisitas beton
$E_s$	= Modulus elastisitas baja
$f_c'$	= Kuat tekan beton
$f_y$	= Tegangan luluh tarik
$f_y'$	= Tegangan luluh tekan
$f_s$	= Tegangan tulangan baja tekan dalam tulangan pada beban kerja
$f_s'$	= Tegangan tulangan baja tarik dalam tulangan pada beban kerja
$h$	= Tinggi penampang balok
$M_n$	= Kapasitas lentur
$P_n$	= Beban lentur luar
$z$	= Panjang lengan momen dalam
$\rho$	= Rasio penulangan tarik
$\emptyset$	= Diameter batang tulangan
$\epsilon_s$	= Regangan baja tarik
$\epsilon_s'$	= Regangan baja tekan
$\epsilon_c$	= Regangan beton tarik
$\epsilon_c'$	= Regangan beton tekan
$\epsilon_y$	= Regangan baja leleh tarik
$\epsilon_y'$	= Regangan baja leleh tekan
$\epsilon$	= Regangan
$\sigma'_{bm}$	= Kekuatan beton rata-rata
$\beta$	= Faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekuivalen beton

## DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Pengujian Agregat Halus	8
Tabel 2.2.	Batas Gradasi Agregat Halus (BS)	9
Tabel 2.3.	Syarat Agregat Kasar	11
Tabel 3.1.	Rancangan Penelitian	23
Tabel 4.1.3	Pegujian Agregat Halus	28
Tabel 4.1.4	Pengujian Agregat Kasar	29
Tabel 4.1.5.	Tegangan Leleh Baja Tulangan	29
Tabel 4.1.6	Pengujian Slump	30
Tabel 4.1.7	Pengujian Kuat Tekan Beton	31
Tabel 4.2.	Prosedur Pengujian Kuat Tekan Beton	32
Tabel 4.3.	Pengujian Kuat Lentur Beton	32
Tabel 4.4.	Kapasitas Dukung Beban Maksimum Balok Uji	33
Table 4.5.	Tabel Anova	34
Tabel L1.1	Data Hasil Analisa Ayakan Agregat Halus Brandong	39
Tabel L1.2	Data Hasil Analisa Ayakan Agregat Halus Karangasem	41
Tabel L1.3.	Data dan Hasil Perhitungan Analisis Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus Brandong	44
Tabel L1.4	Data dan Hasil Perhitungan Analisis Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus Karangasem	45
Tabel L1.5	Data dan Hasil Perhitungan Analisis Berat Satuan Agregat Halus Brandong dan Karangasem	47
Tabel L1.6	Data dan Hasil Perhitungan Analisis Kadar Air Agregat Halus Brandong dan Karangasem	49
Tabel L1.7	Data Hasil Analisa Ayakan Agregat Kasar	51
Tabel L1.8.	Data dan Hasil Perhitungan Analisis Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Kasar	53
Tabel L1.9	Data dan Hasil Perhitungan Analisis Berat Satuan Agregat Kasar	55

Tabel L1.10	Data dan Hasil Perhitungan Analisis Kadar Air Agregat Kasar	56
Tabel L1.11	Perhitungan Campuran dan Penentuan Kebutuhan Bahan	62
Tabel L3.1	Pembacaan Lendutan Balok Uji 1 Variasi 1	85
Tabel L3.2	Pembacaan Lendutan Balok Uji 2 Variasi 1	88
Tabel L3.3	Pembacaan Lendutan Balok Uji 3 Variasi 1	91
Tabel L3.4	Pembacaan Lendutan Balok Uji 1 Variasi 2	94
Tabel L3.5	Pembacaan Lendutan Balok Uji 2 Variasi 2	97
Tabel L3.6	Pembacaan Lendutan Balok Uji 3 Variasi 2	100
Tabel L3.7	Pembacaan Lendutan Balok Uji 1 Variasi 3	103
Tabel L3.8	Pembacaan Lendutan Balok Uji 2 Variasi 3	106
Tabel L3.9	Pembacaan Lendutan Balok Uji 3 Variasi 3	109
Tabel L3.10	Pembacaan Lendutan Balok Uji 1 Variasi 4	112
Tabel L3.11	Pembacaan Lendutan Balok Uji 2 Variasi 4	115
Tabel L3.12	Pembacaan Lendutan Balok Uji 3 Variasi 4	118
Tabel L3.13	Pembacaan Lendutan Balok Uji 1 Variasi 5	121
Tabel L3.14	Pembacaan Lendutan Balok Uji 2 Variasi 5	124
Tabel L3.15	Pembacaan Lendutan Balok Uji 3 Variasi 5	127
Tabel L4.1	Tabel Anova	130
Tabel L5.1	Catatan Letusan Gunung Agung	132
Tabel L5.2	Periode Istirahat Gunung Agung	134
Tabel L5.3	Inventarisasi Bahan Galian Di Gunung Agung Dan Sekitarnya	134
Tabel L5.4	Hasil Analisis Kimia Batuan Agung	136

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>No. Lampiran</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran 1	1. Pemeriksaan Agregat Halus	38
	A. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	38
	B. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	43
	C. Pemeriksaan Berat Satuan Agregat Halus	46
	D. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	48
	2. Pemeriksaan Agregat Kasar	50
	A. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar	50
	B. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	53
	C. Pemeriksaan Berat Satuan Agregat Kasar	54
	D. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	55
	Perhitungan Campuran dan Penentuan Kebutuhan Bahan	57
Lampiran 2	Contoh Pehitungan Teoritis	63
Lampiran 3	Data Pembebanan Hasil Pengujian	85
Lampiran 4	ANOVA Satu Arah	130
Lampiran 5	Agregat Halus Karangasem	132
Lampiran 6	Dokumentasi Penelitian	137

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Beton adalah suatu jenis bahan struktur yang banyak digunakan diseluruh dunia. Hampir semua kehidupan sosial masyarakat pada jaman modern secara langsung maupun tidak langsung tergantung dari peranan beton sebagai material bangunan. Hal ini disebabkan sebagai bahan struktur beton mempunyai kuat tekan tinggi, mudah dibuat, dapat dibentuk sesuai dengan cetakan, bisa diberi warna, bahan bakunya mudah didapatkan, perawatannya murah, tahan terhadap panas, dan mempunyai masa pelayanan yang cukup lama.

Perencanaan komponen struktur beton dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak timbul retak berlebihan pada penampang sewaktu mendukung beban kerja, dan masih mempunyai cukup keamanan serta cadangan kekuatan untuk menahan beban dan tegangan lebih lanjut tanpa mengalami runtuh. Timbulnya tegangan-tegangan lentur akibat terjadinya momen karena beban luar, dan tegangan tersebut merupakan faktor yang menentukan dalam menetapkan dimensi geometris penampang komponen struktur. SNI 03-2847-2002 pasal 9.1 mensyaratkan bahwa setiap komponen struktur harus memiliki cukup kekuatan struktural untuk mendukung beban rencana terfaktor yang bekerja padanya.

Beton pada prinsipnya merupakan bahan komposit dari beberapa macam agregat yang direkatkan oleh bahan ikat. Bahan pengikat yang umumnya digunakan pada beton adalah pasta semen. Pasta terdiri dari semen dan air yang mengikat agregat menjadi suatu massa seperti batuan, ketika pasta tersebut mengeras akibat reaksi kimia dari semen dan air.

Agregat merupakan bahan yang paling banyak digunakan pada adukan beton. Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai 70 – 75 % dari seluruh volume massa padat beton. Kebutuhan agregat akan terus meningkat dengan meningkatnya kebutuhan untuk pembuatan struktur dari bahan beton. Pemakaian agregat yang terus – menerus dan semakin bertambah

volumenya membuat persediaan bahan ini semakin berkurang dan akan menimbulkan dampak lingkungan terhadap daerah sekitarnya.

Sementara itu di Desa Lebih kecamatan Selat kabupaten Karangasem, Bali terdapat pasir yang berasal dari letusan gunung Agung pada tahun 1963. Pada awalnya pasir tersebut berupa magma yang keluar akibat letusan gunung Agung, kemudian setelah sekian lama mengendap pasir tersebut berubah menjadi batu yang kemudian dipecah menjadi agregat. Agregat tersebut bukan merupakan agregat sungai, selama ini pasir tersebut digunakan sebagai pasangan dinding, dan plesteran oleh masyarakat sekitar dengan harga jual pasir  $\pm$  Rp. 600.000,00 / truk dan Rp. 85.000,00 / colt.

Mencermati hal tersebut perlu dilakukan suatu penelitian tentang pasir tersebut agar dapat digunakan sebagai aplikasi dalam bidang teknik sipil. Sehingga diharapkan agar nantinya pasir tersebut memiliki nilai ekonomis yang tinggi bagi penduduk daerah Karangasem, Bali tersebut.

Sebagai penelitian akan diambil pengaruh agregat halus dari Karang Asem, Bali terhadap kapasitas lentur pada balok beton bertulang, sehingga perkuatan struktur yang ekonomis dan efisien dapat dicapai.

### 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti sebagai berikut: ***“Bagaimanakah pengaruh variasi penggunaan agregat halus dari Karang Asem , Bali sebagai pengganti agregat halus terhadap kapasitas lentur pada balok beton bertulang.”***

### 1.3. Pembatasan Masalah

Supaya tercapai tujuan dan maksud yang diinginkan, maka dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah yang akan dibahas, meliputi:

1. Pengaruh lingkungan dianggap sama untuk setiap perlakuan
2. Hanya membahas kapasitas lentur yang terjadi
3. Tidak memperhitungkan pengaruh akibat rangkai dan susut.

4. Menggunakan variasi berat yang didapatkan dari perhitungan Mix design yang direncanakan sebesar 20 Mpa dari pasir Brandong.

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas lentur akibat dari variasi agregat halus dari Karangasem, Bali.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Kegunaan yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan gambaran yang lebih jelas kapasitas lentur pada balok akibat pengaruh variasi penggunaan agregat halus dari Karang Asem, Bali.
2. Memberikan alternatif yang ekonomis dan efisien dalam proses perencanaan komponen struktur khususnya bagi penduduk Karangasem, Bali.



## BAB II

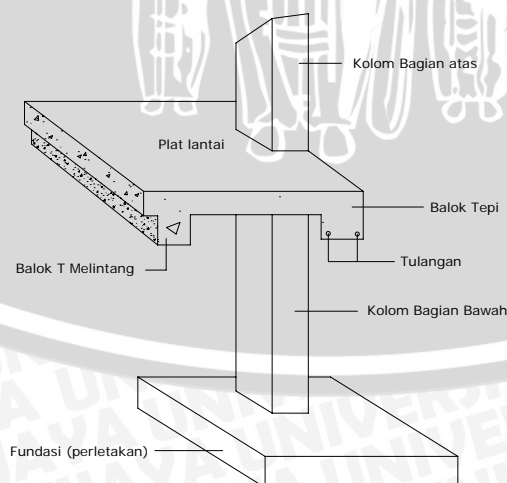
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Umum

Balok merupakan salah satu elemen penting dalam struktur, selain pelat dan kolom. Balok adalah elemen horizontal pada struktur yang berfungsi untuk menyalurkan beban, baik beban horisontal maupun vertikal, yang berupa beban mati maupun beban hidup ke rangkang pendukung vertikal (kolom).

Balok pada struktur dibedakan menjadi dua, yaitu balok induk dan anak. Balok induk yaitu balok yang konstruksinya langsung ditopang oleh kolom, sedangkan balok anak konstruksinya menumpu pada balok induk. Beban yang diterima oleh balok anak akan diteruskan oleh balok induk menuju kolom. Dengan demikian dimensi balok induk lebih besar dari balok anak.

Pada umumnya elemen balok dicor secara monolit dengan pelat lantai, dan secara structural ditulangi dibagian bawah, atau dibagian atas dan bawah.. Karena balok dicor secara monolit dengan pelat lantai, maka elemen tersebut membentuk penampang balok T untuk tumpuan dan balok L untuk tumpuan tepi (Beton Bertulang:Edward G. Nawy, 1990: 61).



**Gambar 2.1** Penampang balok T dan L untuk tumpuan



## 2.2 Beton Bertulang

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung.

Nilai kuat tekan beton relative lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9%-15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik.

Kombinasi antara beton dan baja menghasilkan aksi komposit (*composite action*) antara beton dengan baja tulangan adalah suatu bahan bangunan yang kuat, tahan lama dan dapat dibentuk menjadi berbagai bentuk dan ukuran. Manfaat dari keserbagunaannya dicapai dengan mengkombinasikan segi-segi yang terbaik dari beton dan baja.

## 2.3 Semen dan Air

Semen yang digunakan untuk bahan beton adalah semen Portland atau Semen Portland Pozzolan, berupa semen hidrolis yang berfungsi sebagai bahan perekat bahan susun beton. Sedangkan air yang dipergunakan sebaiknya memakai air yang tidak mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, zat organik atau bahan-bahan lain yang bersifat merusak beton dan baja tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar bersih yang dapat diminum.

Nilai banding berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan water cement ratio (w.c.r). Untuk menghasilkan campuran adukan beton yang baik dan mudah dikerjakan, pada umumnya dipakai nilai water cement ratio (w.c.r) 0,40-0,60 tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Semakin tinggi mutu beton yang ingin dicapai umumnya menggunakan nilai w.c.r rendah, sedangkan dilain pihak, untuk menambah daya workability (kelecekan, sifat

mudah dikerjakan) diperlukan nilai w.c.r yang lebih tinggi (Struktur Beton Bertulang: Istimawan Dipohusodo).

## 2.4 Bahan Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, atau kerak tungku besi, yang dapat dipakai bersama – sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

Agregat merupakan komponen yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Agregat yang baik harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen rapat dan agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat yang berukuran besar. Seperti yang telah dijelaskan, proporsi campuran agregat dalam beton adalah sekitar 70-75%, sehingga pengaruh agregat akan menjadi lebih besar, semakin baik mutu agregat yang digunakan, secara linier dan tidak langsung akan menyebabkan mutu beton menjadi baik. Dalam hubungannya dengan kapasitas lentur, semakin tinggi kuat tekan beton yang dicapai maka semakin tinggi kemampuan balok untuk menahan beban.

### 2.4.1. Agregat halus

Agregat halus untuk beton adalah berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai ukuran butir sebesar 5 mm. Agregat halus merupakan material pengisi pada rongga- rongga agregat kasar maupun pada agregat halus itu sendiri yang kemudian membentuk suatu kesatuan yang padat, karena umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan durabilitynya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). Dalam hubungannya dengan kapasitas lentur, kemampuan balok untuk menahan beban akan semakin tinggi.

Agregat halus harus memenuhi persyaratan dibawah ini, antara lain :

- ◆ Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras, dengan indeks kekerasan  $\leq 2,2$ ;

- ◆ Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan;
- ◆ Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan Lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,075 mm. Apabila kadar Lumpur melampaui 5 %, maka agregat harus dicuci;
- ◆ Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Herder. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan perbandingan. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95 % dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3 % NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama;
- ◆ Susunan besar butir agregat halus mempunyai modulus kehalusan antara 2,3-3,1 (ASTM C 33-90 ) dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu dalam daerah susunan butir menurut zone : 1,2,3, atau 4 dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
  - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat;
  - Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat;
  - Sisa diatas ayakan 0,25 mm, berkisar antara 80%-95% berat
- ◆ Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui;

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa pasir alami dari daerah Kabupaten Karangasem, Bali dan pasir Brandong dari daerah Malang. Dari hasil analisis ayakan yang didapat, kedua jenis pasir termasuk kedalam daerah gradasi no 2 berdasarkan ASTM

**Tabel 2.1** Pengujian Agregat Halus

Keterangan	Hasil Penelitian	
	Pasir Karangasem	Pasir Brandong
Modulus lembut	2.919	2.95
Berat Jenis SSD	2.66	2.698
Berat Isi (gr/ml)	1.5236	1.7305
Absorpsi (%)	1.112	1.010

*Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan*

#### 2.4.2 Agregat kasar

Agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm. Besar butir maksimum yang diijinkan tergantung pada maksud pemakaian.

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan dibawah ini, antara lain :

- ◆ Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori
- ◆ Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan;
- ◆ Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar Lumpur melampaui 1 % maka agregat kasar harus dicuci;
- ◆ Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dan panjang tersebut tidak melampaui 20 % dari berat agregat seluruhnya;

Kerikil yang butirnya pipih dan tajam mempunyai daya pengikatnya yang jelek, oleh karenanya pemakaiannya dibatasi maksimum 20 % saja. Sedangkan batu pecah atau kerikil biasanya mempunyai bentuk tajam dan kasar akan

membuat beton tidak ekonomis lagi sebab pemakaian semen akan besar untuk tercapainya sifat workability.

Mempertahankan gradasi kerikil agar tetap konstan adalah sangat penting karena berpengaruh pada mutu beton. Maksudnya agar kerikil dan pasir (diameter 0,14 – 5 mm) dapat membentuk susunan agregat yang padat ( beton padat ) sehingga kekuatan beton menjadi besar.

Dalam proses pengayakan pada suatu ayakan dengan diameter tertentu harus menggunakan acuan (PBI 1971 pasal 3.4 ayat 6) , antara lain :

- ◆ Sisa ayakan diatas 31.5 mm harus 0 % berat
- ◆ Sisa ayakan diatas 4 mm harus berkisar antara 90 %–98% berat;
- ◆ Selisih antar sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

### 2.4.3 Pemeriksaan Sifat-sifat Agregat Dalam Campuran Beton

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Untuk menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan seperti yang diinginkan. Sifat-sifat ini harus diketahui.

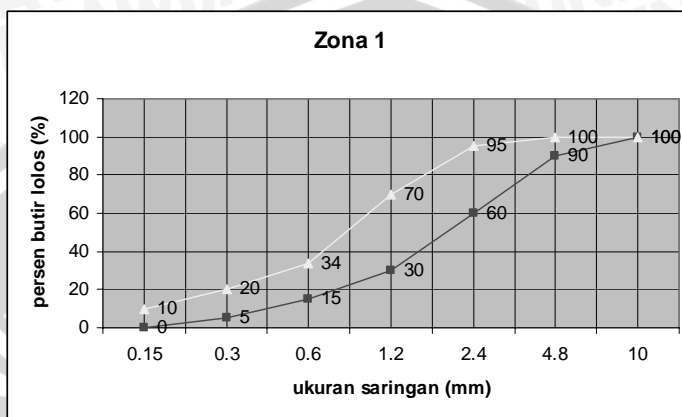
#### 2.4.3.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat

Tujuan pengujian adalah untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus. Syarat-syarat untuk agregat halus yang dikelompokkan dalam empat zone (daerah) seperti dalam tabel 2.4.3.1a. Tabel tersebut dijelaskan dalam gambar 2.2.a sampai 2.2.d untuk mempermudah pemahaman.

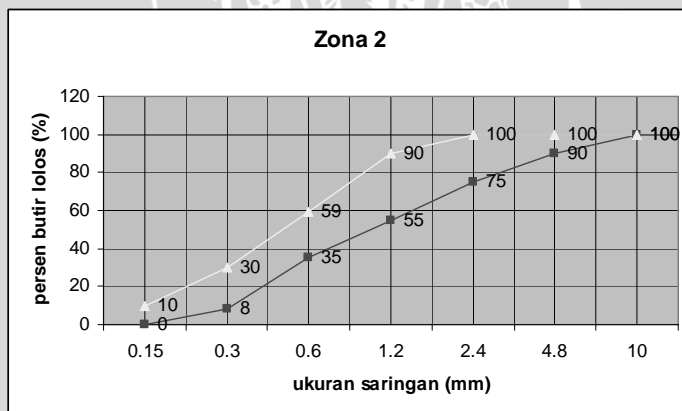
**Tabel 2.2** Batas Gradasi Agregat Halus (BS)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

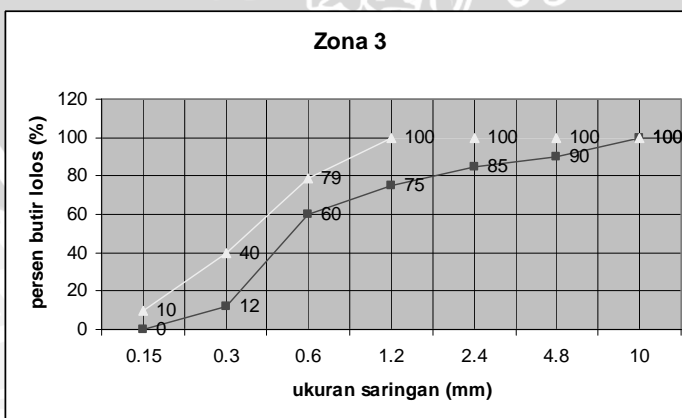
- Keterangan :
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
  - Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
  - Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
  - Daerah Gradasi IV = Pasir Halus



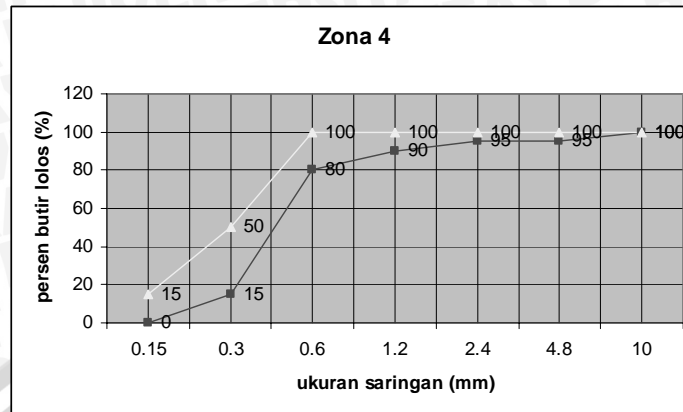
Gambar 2.2 Daerah Gradasi Pasir Kasar



Gambar 2.3 Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar



Gambar 2.4 Daerah Gradasi Pasir Agak Halus



Gambar 2.5 Daerah Gradasi Pasir Halus

Menurut British Standard (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batas-batas yang tercantum dalam tabel 2.3.

Tabel.2.3 Syarat Agregat Kasar (BS)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	40 mm	20 mm	10 mm
37.5	95-100	100	100
19	35-70	85-100	100
9.5	10-40	30-60	50-85
4.75	0-5	0-10	0-10

#### 2.4.3.2 Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat. Tujuan pengujian adalah untuk memperoleh angka prosentase kadar air yang dikandung agregat. Kadar air agregat dapat dibedakan menjadi empat jenis. (1). Kadar air kering oven, yaitu keadaan agregat yang dapat menyerap air dalam campuran beton secara maksimal (dengan kapasitas penuh). (2). Kadar air kering udara, yaitu keadaan agregat yang kering permukaan namun mengandung sedikit air di rongga-rongganya. Agregat ini juga dapat menyerap air walaupun tidak



dengan kapasitas penuh. (3). Jenuh dengan kering permukaan, yaitu keadaan agregat yang permukaannya kering, namun semua rongga-rongganya terisi air. Didalam beton, agregat dengan kondisi seperti ini tidak akan menyerap ataupun menyumbangkan air kedalam campuran. (4). Basah, yaitu keadaan agregat dengan kandungan air yang berlebihan pada permukaannya. Agregat dengan kondisi ini akan menyumbangkan air kedalam campuran, sehingga bila tidak diperhitungkan akan merubah nilai rasio air semen didalam campuran. Dari keempat kondisi tersebut hanya dua kondisi yang sering dipakai yaitu kering oven dan keadaan jenuh dengan permukaan kering. Kadar air biasanya dinyatakan dalam prosen dan dapat dihitung sebagai berikut :

$$KA = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$$

Jika agregat basah ditimbang beratnya (W1), kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya konstan (biasanya selama 16-24 jam), kemudian ditimbang beratnya (W2), maka kadar airnya (KA) dapat diketahui.

#### **2.4.3.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Daya Serap Agregat**

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut.

#### **2.4.3.4 Pemeriksaan Berat Isi Agregat**

Tujuan pengujian adalah untuk mendapatkan berat isi agregat (pasir dan kerikil). Berat satuan pasir adalah perbandingan antara berat pasir dengan volume alat ukur Unit weight diperoleh dengan memasukkan pasir kedalam alat ukur yang telah diketahui volumenya sehingga berat pasir diketahui, sedangkan berat satuan kerikil adalah perbandingan antara berat kerikil dengan volume alat ukur Unit



weight diperoleh dengan memasukkan kerikil kedalam alat ukur yang telah diketahui volumenya sehingga berat kerikil diketahui.

Jika pasir yang dimasukkan kedalam ember ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat penusuk, maka cara ini disebut rodding. Jika pasir atau kerikil yang dimasukkan kedalam ember dengan cara biasa (tidak ditusuk-tusuk), maka cara ini dinamakan shoveling.

## 2.5 Balok Terlentur

Lentur pada balok merupakan akibat adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila beban yang bekerja pada balok bertambah, maka tegangan dan regangan akan bertambah sebanding dengan kemampuan bahan berubah bentuk dan modulus elastisitas bahan sehingga melampaui kapasitasnya yang mengakibatkan timbulnya atau bertambahnya retak lentur di sepanjang bentang balok. Bila bebannya semakin bertambah, pada akhirnya dapat terjadi keruntuhan balok, yaitu pada saat kekakuan batas balok sedemikian rupa sehingga tidak mempunyai kekuatan cadangan untuk menahan beban dan tegangan tanpa mengalami keruntuhan.

Tegangan-tegangan lentur merupakan hasil dari momen lentur luar. Tegangan ini hampir selalu menentukan dimensi geometris beton bertulang. Proses desain yang mencakup pemilihan dan analisis penampang biasanya dimulai dengan pemenuhan persyaratan terhadap lentur, kecuali untuk komponen struktur yang khusus seperti pondasi. Setelah itu faktor-faktor lain seperti kapasitas geser, defleksi, retak dan panjang penyaluran tulangan dianalisis sampai memenuhi persyaratan.

Pada desain ukuran penampangnya ditentukan terlebih dahulu untuk kemudian dianalisis untuk menentukan apakah penampang tersebut dapat dengan aman memikul beban luar yang diperlukan. Mendalami prinsip-prinsip dasar prosedur analisis akan sangat memudahkan penentuan desain penampang. Prinsip-prinsip mekanika dasar mengenai keseimbangan merupakan hal yang harus terpenuhi untuk setiap keadaan pembebanan.

Jika suatu balok terbuat dari material yang elastis linier, isotropis dan homogen maka tegangan lentur maksimumnya dapat diperoleh dengan rumus lentur balok, yaitu :

$$f = \frac{Mc}{I}$$

dimana ,  $f$  = tegangan lentur

$M$  = momen yang bekerja pada balok

$c$  = jarak serat terluar terhadap garis netral, baik didaerah tekan maupun tarik

$I$  = momen Inersia penampang balok terhadap garis netral

Pada keadaan batas balok beton bertulang bukan material yang homogen, dan tidak elastis sehingga rumus lentur balok tersebut tidak dapat digunakan untuk menghitung tegangannya. Tetapi prinsip-prinsip dasar mengenai teori lentur dapat digunakan pada analisis penampang.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam menetapkan perilaku penampang adalah sebagai berikut :

1. Distribusi regangan dianggap linier. Asumsi ini berdasarkan hipotesis Bernoulli yaitu penampang yang datar sebelum mengalami lentur akan tetap datar dan tegak lurus terhadap sumbu netral setelah mengalami lentur.
2. Regangan pada baja dan beton di sekitarnya sama sebelum terjadi retak pada atau leleh pada baja.
3. Beton lemah terhadap tarik. Beton akan retak pada taraf pembebanan kecil, yaitu sekitar 10% dari kekuatan tekannya. Akibatnya bagian beton yang mengalami tarik pada penampang diabaikan dalam perhitungan analisis dan desain, juga tulangan tarik pada penampang diabaikan dalam perhitungan analisis dan desain, juga tulangan tarik yang ada dianggap memikul gaya tarik tersebut.

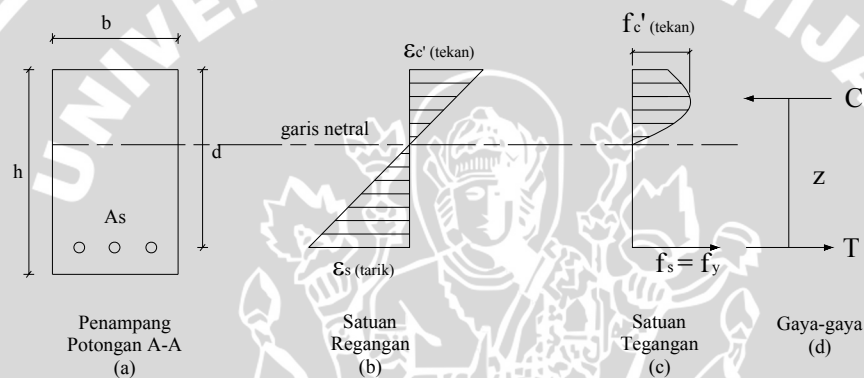
Agar keseimbangan gaya horizontal terpenuhi, gaya tekan  $C$  pada beton dan gaya tarik  $T$  pada tulangan harus saling mengimbangi, jadi :

$$C = T$$

(Beton Bertulang:Edward G.Nawi)

## 2.6 Keseimbangan Gaya-Gaya Dalam

Berdasarkan pada anggapan-anggapan seperti yang telah dikemukakan diatas, tegangan dan gaya-gaya yang timbul pada penampang balok yang bekerja menahan momen batas yaitu momen akibat beban luar yang timbul tepat pada saat terjadi hancur. Momen ini mencerminkan kekuatan dan dimasa lalu disebut sebagai kuat lentur ultimit balok. Kuat lentur suatu balok beton tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan-tegangan dalam yang timbul di dalam balok yang pada keadaan tertentu diwakili oleh gaya-gaya dalam.



**Gambar 2.6** Distribusi tegangan dan regangan pada balok

**Sumber :** Struktur Beton Bertulang: Istimawan Dipohusodo

Seperti Tampak pada gambar 2.1  $C_c$  adalah resultante gaya tekan dalam, merupakan resultante gaya tekan pada daerah di atas garis netral. Sedangkan  $T$  adalah resultante gaya tarik dalam, merupakan jumlah seluruh gaya tarik yang diperhitungkan untuk daerah di bawah garis netral. Kedua gaya ini arah garis kerjanya sejajar, sama besar, tetapi berlawanan arah dan dipisahkan dengan jarak  $z$  sehingga membentuk kopel momen tahanan dalam dimana nilai maksimumnya disebut sebagai kuat lentur atau momen tahanan penampang komponen struktur terlentur.

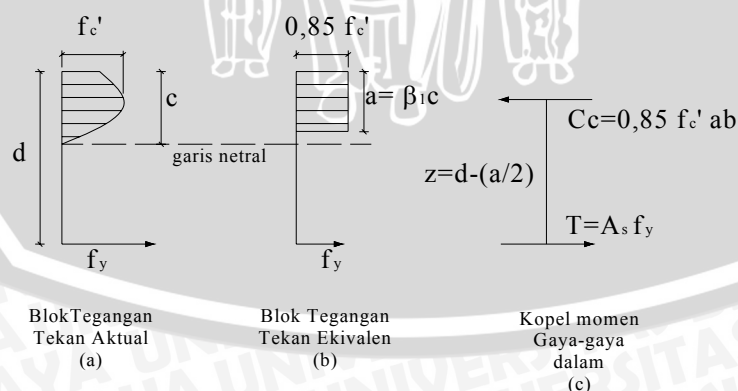
Momen tahanan dalam tersebut yang akan memikul momen lentur rencana actual yang ditimbulkan oleh beban luar. Untuk itu dalam merencanakan balok pada kondisi pembebanan tertentu harus disusun komposisi dimensi balok beton dan jumlah serta besar (luas) baja tulangnya sedemikian rupa sehingga dapat

menimbulkan momen tahanan dalam paling tidak sama dengan momen lentur maksimum yang ditimbulkan oleh beban.

Untuk menentukan momen tahanan dalam, yang penting adalah mengetahui terlebih dahulu resultante total gaya tekan  $C_c$  dan letak garis kerja gaya dihitung terhadap serat tekan terluar, sehingga jarak  $z$  dapat dihitung. Kedua nilai tersebut dapat ditentukan melalui penyederhanaan bentuk distribusi lengkung digantikan dengan bentuk ekuivalen yang sederhana, dengan menggunakan nilai intensitas tegangan rata-rata sedemikian sehingga nilai dan letak resultante tidak berubah.

### 2.7 Balok Segiempat Ekuivalen

Untuk tujuan penyederhanaan Whitney telah mengusulkan bentuk persegi panjang sebagai distribusi tegangan tekan beton ekuivalen. Standar SNI 03-2847-2002 pasal 10.2 ayat 7 juga menetapkan bentuk tersebut sebagai ketentuan, meskipun pada ayat 6 tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan bentuk-bentuk lain sepanjang hal tersebut merupakan pengujian. Dengan menggunakan distribusi tegangan bentuk persegi empat ekuivalen serta anggapan-anggapan kuat rencana yang diberlakukan, dapat ditentukan besarnya kuat lentur ideal  $M_n$  dari balok beton bertulang empat persegi bertulang tarik.



**Gambar 2.7** Balok Tegangan ekuivalen Whitney

**Sumber:** Struktur Beton Bertulang: Istimawan Dipohusodo

Berdasarkan bentuk empat persegi panjang, seperti tampak pada Gambar 2.2 intensitas tegangan beton tekan rata-rata ditentukan sebesar 0,85 dan dianggap bekerja pada daerah tekan dari penampang balok selebar  $b$  dan sedalam  $a$ , yang mana besarnya ditentukan dengan rumus :

$$a = \beta c \quad (2-1)$$

Dimana  $c$  = Jarak serat tekan terluar ke garis netral

$\beta$  = Konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat tekan beton.

Standar SNI 03-2847-2002 menetapkan nilai  $\beta$  diambil 0,85 untuk  $f_c' < 30$  MPa.

Untuk beton dengan nilai kuat tekan diatas 30 MPa, harus direduksi 0,005 untuk setiap kelebihan 7 MPa di atas 30 MPa, tetapi tidak boleh kurang dari 0,65.

Dengan menggunakan anggapan bahwa baja tarik telah mencapai tegangan luluh ( $f_y$ ), kemudian harus diperiksa sebagai berikut :

$$C_c = 0,85 f_c' ab \quad (2-2)$$

$$T = A_s f_y \quad (2-3)$$

$$\Sigma H = 0 \quad (2-4)$$

$$C_c = T \quad (2-5)$$

$$0,85 f_c' ab = A_s f_y \quad (2-6)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{(0,85 f_c') b} \quad (2-7)$$

$$M_n = T (d - a/2) \quad (2-8)$$

Dengan :

$C_c$  = resultante gaya tekan

$T$  = resultante gaya tarik

$f_c'$  = tegangan tekan beton

$f_y$  = tegangan luluh baja

$M_n$  = momen nominal

## 2.8 Kebutuhan Tulangan Rangkap Untuk Balok

Tidak semua balok membutuhkan tulangan tekan didalam perencanaannya, oleh karena itu digunakan beberapa analisa yang dapat

digunakan sehingga kita dapat mengetahui kapan tulangan tekan tersebut dibutuhkan, beberapa analisa tersebut adalah :Pada saat perencanaan suatu balok, apabila suatu penampang dikehendaki untuk menopang beban yang lebih besar dari kapasitasnya, sedangkan dilain pihak seringkali pertimbangan teknis pelaksanaan dan arsitektural membatasi dimensi balok, maka apabila terjadi momen tahanan ( $M_R$ ) lebih kecil daripada momen rencana ( $M_U$ ), balok direncanakan dengan menggunakan tulangan rangkap.

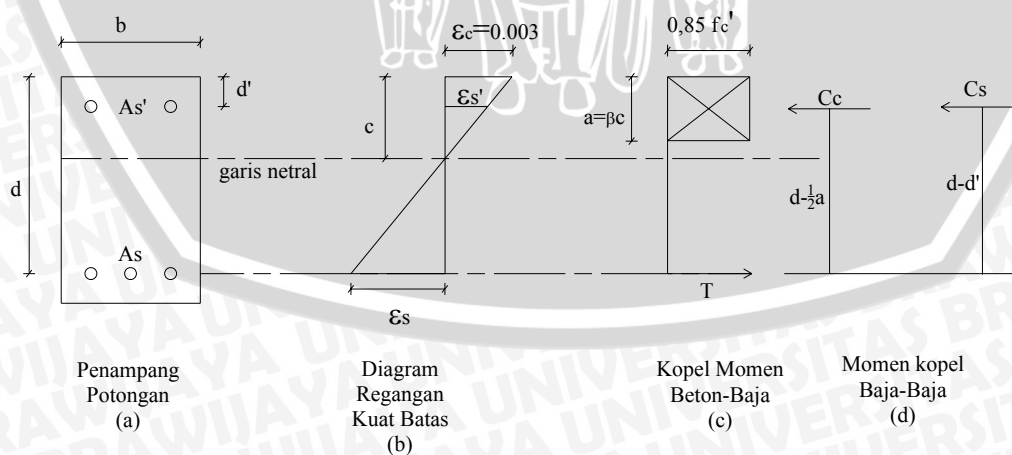
1. Apabila dalam perencanaan suatu balok didapat nilai rasio penulangan ( $\rho$ ) lebih besar dari batas nilai rasio penulangan maksimum ( $\rho_{maks}$ ) maka jika hal ini yang dihadapi, SNI 03-2847-2002 pasal 10.3 ayat 4 memperbolehkan penampang tulangan tarik lebih dari batas nilai  $\rho_{maksimum}$  bersamaan dengan penambahan tulangan baja didaerah tekan penampang balok disertai penambahan tulangan tarik secara bersamaan. Atau tulangan baja tarik dipasang didaerah tarik dan tulangan tekan dipasang didaerah tekan pada balok bertulangan rangkap.
2. Apabila suatu struktur menerima beban bolak-balik dari atas dan bawah maka struktur tersebut membutuhkan tulangan rangkap, hal ini didukung oleh SK SNI T-15-1990-03 pasal 3.14.3 ayat 2.1 dan ayat 2.2 yang memberikan batasan minimal pada pemakaian tulangan tarik maupun tekan pada penampang dengan penentuan tulangan tekan adalah  $\frac{1}{2}$  dari tulangan tarik yang ada.
3. Apabila tulangan rangkap dibutuhkan untuk mengurangi lendutan. Didalam balok yang menggunakan penulangan tekan untuk mengurangi ukuran penampang, lendutan boleh jadi akan berlebihan, dan barangkali akan timbul kesulitan didalam menempatkan semua tulangan tarik diarah lebar balok, sekalipun tulangan diatur didalam lebih dari dua lapis. Penggunaan dari penulangan tekan untuk mengendalikan lendutan adalah merupakan alasan yang umum dari penggunaan tulangan tekan bila digunakan metode kekuatan batas.

### 2.9 Analisis Kuat Lentur Balok Bertulang Rangkap

Pada analisis tulangan rangkap, anggapan-anggapan dasar yang digunakan untuk menganalisisnya pada dasarnya sama dengan balok bertulangan tarik saja, hanya ada satu tambahan anggapan yang penting ialah bahwa tegangan tulangan baja tekan ( $f_s'$ ) merupakan fungsi dari regangannya tepat pada titik berat tulangan baja tekan. Terdapat dua kondisi umum yang dapat digunakan dalam menganalisa keberadaan tulangan rangkap ini, yaitu:

1. Tulangan baja berperilaku elastik hanya sampai pada tingkat dimana regangannya luluh ( $\epsilon_y$ ). Apabila regangan tekan baja ( $\epsilon_s'$ ) sama atau lebih besar dari regangan luluhnya ( $\epsilon_y$ ) maka sebagai batas maksimum tegangan tekan baja ( $f_s'$ ) diambil sama dengan tegangan luluhnya ( $f_y$ ), sedangkan bila regangan tekan baja yang terjadi kurang dari regangan luluhnya maka tegangan tekan baja  $f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$  ( $E_s$  = Modulus Elastisitas Baja  $2 \times 10^5$ )
2. Apabila letak garis netral penampang balok relatif tinggi, ada kemungkinan pada saat momen ultimit terjadi, regangan  $\epsilon_s' < \epsilon_y$  (belum mencapai luluh).

Untuk tercapainya masing-masing kondisi (keadaan) tersebut tergantung dan posisi garis netral penampang yang terjadi. Kuat momen total balok bertulangan rangkap merupakan penjumlahan kedua kopel momen dalam dengan mengabaikan luas beton tekan yang ditempati oleh tulangan baja tekan.



**Gambar 2.8** Analisa balok bertulang rangkap

Dengan menganggap tulangan baja tarik dan tekan telah meluluh, sehingga :

$$f_s = f_s' = f_y \quad (2-10)$$

Keseimbangan gaya-gaya :  $\Sigma(H) = 0$ , sehingga  $f_s' = f_y$  :

$$T = C_c + C_s \quad (2-11)$$

$$A_s f_y = 0,85 f_c' ab + A_s' f_y$$

Nilai  $a$  didapatkan dari persamaan berikut :

$$a = \frac{(A_s - A_s') f_y}{(0,85 f_c') b} \quad (2-12)$$

Dengan menggunakan anggapan sama dengan yang dipakai pada balok bertulangan tarik saja tentang hubungan antara tinggi balok tegangan beton tekan dengan garis netral penampang balok terhadap serat tepi tekan ( $a = \beta c$ ), maka letak garis netral dapat ditentukan dan selanjutnya digunakan untuk memeriksa regangan-regangan tulangan baja.

$$c = \frac{a}{0,85} \quad (2-13)$$

Pemeriksaan regangan-regangan untuk mengetahui apakah asumsi yang digunakan benar, yang berarti bahwa kedua penulangan baik tulangan tekan maupun tarik telah meluluh sebelum beton hancur seperti yang terlihat pada gambar 2.3. b.

Regangan yang diperhitungkan terjadi pada saat dicapai momen ultimit, adalah :

$$\varepsilon_s' = \left( \frac{c - d'}{c} \right) 0,003 \quad (2-14)$$

$$\varepsilon_s = \left( \frac{d - c}{c} \right) 0,003 \quad (2-15)$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} \quad (2-16)$$

Apabila  $\varepsilon_s' < \varepsilon_y$  dan  $\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$  untuk mendapatkan nilai  $c$  digunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_s f_y = (0,85 f_c') ab + A_s' f_s' \quad (2-17)$$

$$f_s' = 0,003 \left( \frac{c - d'}{c} \right) E_s \quad (2-18)$$



$$f_s' = 0.003 \left( 1 - \frac{\beta \cdot d'}{a} \right) E_s \quad (2-19)$$

$$A_s f_y = (0,85 f_c') ab + A_s' \cdot 0.003 \left( 1 - \frac{\beta \cdot d'}{a} \right) E_s \quad (2-20)$$

Menghitung kuat momen tahanan ideal untuk masing-masing kopel :

$$M_n = C_c \cdot (d - \frac{1}{2} a) + C_s \cdot (d - d') \quad (2-21)$$

Suatu penampang balok yang mengalami lentur dan yang mempunyai tulangan yang jumlahnya kurang dari pada yang diperlukan untuk mencapai keadaan seimbang batas, disebut penampang yang bertulangan lemah. Keadaan batas penampang demikian akan tercapai pada regangan tekan beton maksimum sebesar regangan batas  $\epsilon_c = 0,003$  dan regangan tarik baja tulangan  $\epsilon_s$  yang melampaui regangan pada penulangan titik leleh  $\epsilon_y$ . Penampang-penampang yang mengalami lentur harus direncanakan sedemikian rupa hingga tulangannya berupa tulangan lemah karena keadaan ini menjamin kemampuan rotasi yang besar pada penampang-penampang kritis, dimana keruntuhan balok diawali oleh peringatan berupa lendutan yang semakin besar.

Suatu penampang balok yang mengalami lentur dan yang mempunyai tulangan yang jumlahnya lebih daripada yang diperlukan untuk mencapai keadaan seimbang batas, disebut penampang yang bertulangan kuat. Keadaan batas penampang demikian juga akan tercapai pada regangan tekan beton maksimum sebesar regangan batas  $\epsilon_c = 0,003$ , tetapi dengan regangan tarik baja tulangan  $\epsilon_s$  yang belum mencapai regangan pada permulaan titik leleh  $\epsilon_y$ . Penampang-penampang kritis demikian tidak memiliki kemampuan rotasi yang besar, sehingga kemampuan konstruksi untuk mengadakan redistribusi momen dan gaya-gaya pada keadaan batas sangat terbatas, disertai dengan keruntuhan yang mendadak tanpa diawali oleh suatu peringatan.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Satu set ayakan dengan *motorized dynamic sieve shaker*.
2. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu dengan kapasitas  $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$
3. Timbangan dengan ketelitian 0,3% dari berat contoh.
4. Cetakan silinder dengan diameter 15 cm, tinggi 30 cm
5. Cetakan balok dengan lebar 12 cm, tinggi 18 cm, panjang 140 cm.
6. Mesin pencampur beton (*concrete mixer*).
7. Tongkat pemadat, diameter 16 mm, panjang 600 mm
8. alat penguji slump (*kerucut Abrams*).
9. Alat penggetar (*vibrator*).
10. Mesin uji tekan beton.
11. Peralatan tambahan : ember, sekop, sendok semen, talam
12. Rangka pembebanan (*loading frame*).
13. Dongkrak hidrolik (*Hydraulic Jack*).
14. Proving ring pembaca beban.

Bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Semen Gresik type I (satu).
2. Agregat halus (pasir) dari Karangasem Bali, dan agregat halus (pasir) dari sungai Brandong serta agregat kasar (kerikil) yang didapat di pasaran.
3. Air bersih dari PDAM Kota Malang.



#### 4. Baja tulangan yang terdapat dipasaran.

### 3.3 Analisa Bahan Yang Digunakan

#### 3.3.1 Semen

Semen yang digunakan semen Gresik Type I (satu) dan tidak dilakukan pengujian khusus pada bahan ini.

#### 3.3.2 Air

Air yang digunakan tidak diuji secara khusus (berasal dari air bersih PDAM Kota Malang yang tersedia li laboratorium).

#### 3.3.3 Pasir dan Kerikil

Agar kondisinya mendekati keadaan yang sebenarnya dilapangan, maka diusahakan tidak dicuci akan tetapi dijaga dari adanya kotoran organik, lumpur, maupun sampah.

#### 3.3.4 Baja Tulangan

Untuk tulangan utama digunakan 2Ø12 dan tulangan tekan digunakan 2Ø6 yang didapat dari perhitungan teoritis.

### 3.4 Rancangan Penelitian

Pembuatan benda uji pada masing-masing perlakuan seperti pada tabel berikut :

**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian

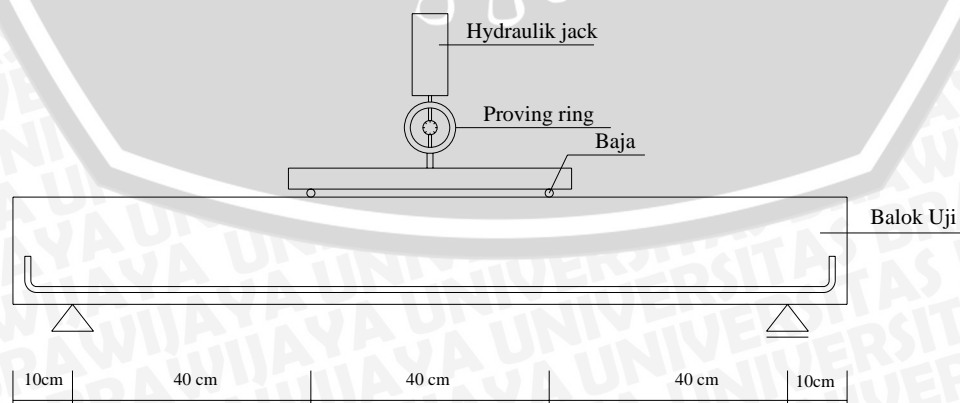
Benda Uji	Balok Ukuran 12 x 18 x 140 cm				
% variasi penggunaan pasir Karangasem terhadap pasir sungai Brandong	0%	25%	50%	75%	100%
Jumlah Benda Uji	3	3	3	3	3

Tahapan-tahapan pelaksanaan adalah :

1. Persiapan material dan peralatan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji.
2. Analisa bahan meliputi agregat halus dan kasar.
3. Menghitung besar perbandingan Mix Desain dari pasir Brandong yang akan dijadikan acuan pada variasi agregat halus dengan Kuat Tekan yang direncanakan sebesar 20 Mpa.
4. Pembuatan cetakan beton (bekisting) balok ukuran 12x18x140 sebanyak 15 buah.
5. Pemasangan tulangan.
6. Pencampuran bahan beton dengan menggunakan mesin pencampur beton (*Concreting Mixer*).
7. Pengukuran nilai slump dari tiap-tiap variasi
8. Memasukkan campuran adukan beton ke dalam bekisting.
9. Perawatan (*curing*).
10. Pelepasan bekisting.

### 3.5 Cara Penelitian dan Pengujian

Pengujian dilakukan setelah umur beton 28 hari sejak pengecoran. Balok uji ditempatkan pada rangka pembebanan (*loading frame*) dengan ditumpu sendi-*roll* pada kedua ujungnya. Balok uji diberikan dua beban terpusat vertikal yang sama besar.



Gambar 3.1 Skema Pembebanan

Beban terpusat vertikal yang dikerjakan pada balok dikerjakan oleh pompa hidrolik. Penambahan beban dibaca pada alat *strain meter*. Setelah peralatan benda uji siap pada rangka pengujian, pembebanan segera dilakukan secara berangsur-angsur dari beban nol sampai dengan mencapai beban maksimum, saat balok uji mengalami keruntuhan. ( tulangan tarik sudah mencapai leleh) dan retak menjalar sampai pada daerah beton tertekan.

Langkah-langkah pengujian :

1. Balok uji ditempatkan pada rangka pembebanan (*loading frame*) dengan ditumpu sendi-roll pada kedua ujungnya. Balok uji diberikan dua beban terpusat vertikal yang sama besar.
2. Benda uji 1 (jumlah=3) dibebani secara bertahap sampai benda uji tersebut hancur, didapat P maksimum.
3. Benda uji 2, 3, dan 4 dengan variasi luas tulangan tekan terhadap luas tulangan tarik dibebani sampai benda uji tersebut hancur, didapat P maksimum.
4. Pembacaan beban pada alat *strain meter*.

### 3.6 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data benda uji dilakukan dengan membuat benda uji sebanyak 3 balok menggunakan agregat halus dari sungai Brandong tanpa divariasikan dengan agregat halus dari Karang Asem sebagai balok kontrol , 9 balok dengan variasi campuran agregat halus, dan 3 balok menggunakan agregat halus dari Karangasem,Bali. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan penambahan beban secara bertahap. Pengambilan data dilakukan dengan cara mengamati dan mencatat hasil pengukuran P akibat variasi campuran agregat halus sampai beton mengalami keruntuhan.

### 3.7 Analisa Data

Dari P maksimum yang didapatkan dari pengujian dapat ditentukan  $M_u$  dengan rumus :

$$M_u = 1/6 \cdot P \cdot L \quad (3-1)$$

Dari hasil perhitungan didapatkan besar peningkatan beban dan kapasitas lentur yang diterima masing – masing benda uji.

### 3.8 Variabel Penelitian

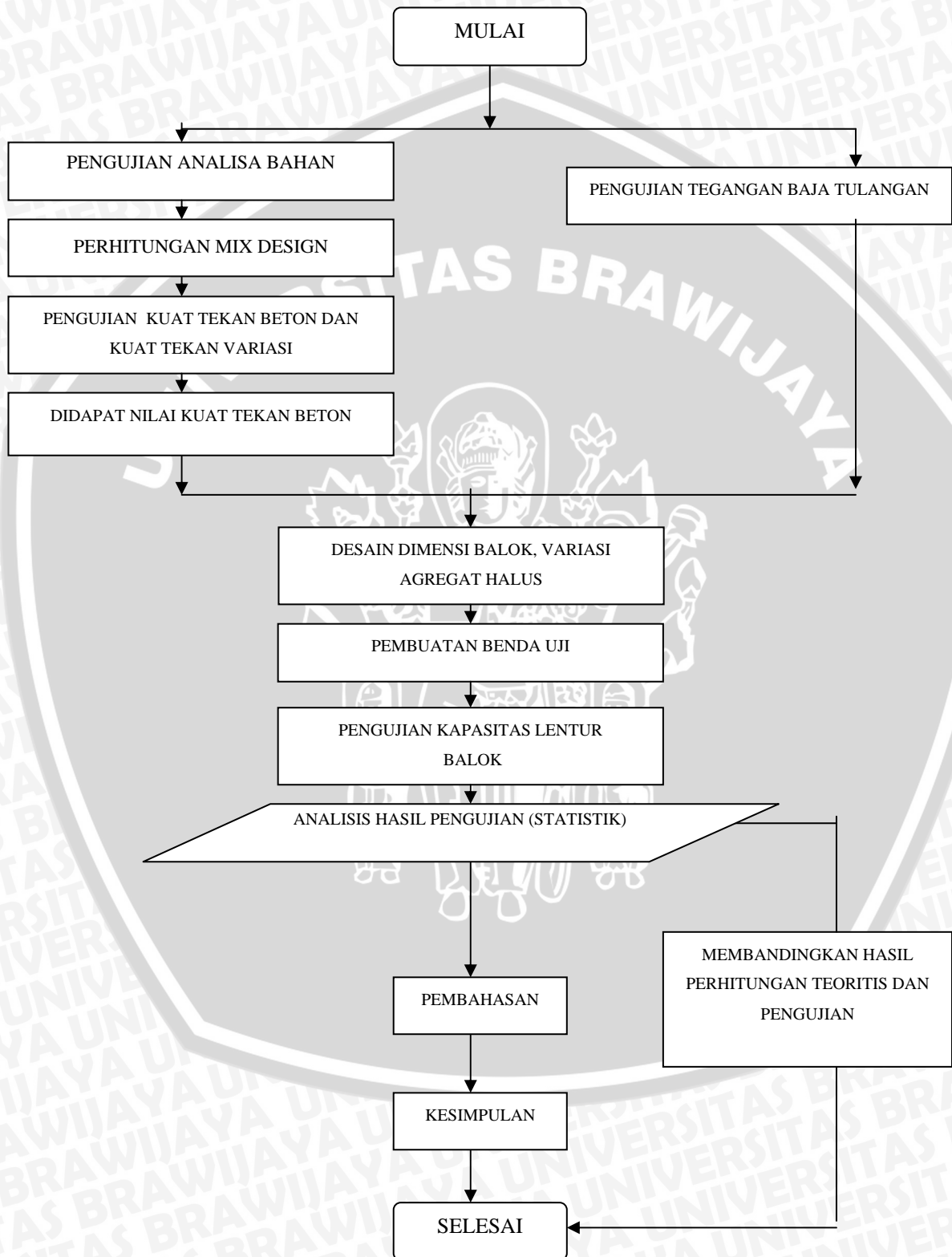
Variabel dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas (*independent variable*) yaitu variabel yang berubahnya bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah prosentase penggunaan pasir Karangasem terhadap pasir Brandong.
2. Variabel terikat (*dependent variable*) yaitu variabel yang tergantung pada variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah  $M_u$ .

### 3.9 Hipotesis Awal

Dari data yang diperoleh, dapat disimpulkan sementara bahwa ada pengaruh dari variasi penggunaan agregat halus Karangasem sebagai pengganti agregat halus Brandong terhadap kapasitas lentur pada balok beton bertulang.

### 3.10. Diagram Langkah-Langkah Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Pengerjaan Penelitian

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Sifat–Sifat Bahan Penyusun Balok Beton Bertulang

Pengujian utama penelitian ini adalah pengujian pembebanan balok dengan dua beban terpusat yang simetris untuk masing-masing balok. Beberapa pengujian lain dilakukan untuk melengkapi data yang diperlukan oleh pengujian utama. Pengujian pendukung yang dilakukan tersebut adalah analisa agregat halus, analisa agregat kasar, uji tarik tulangan baja, pengujian beton segar dengan slump dan uji kuat tekan beton keras dengan benda uji silinder.

##### 4.1.1 Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah *portland cement* type 1 produksi PT. Semen Gresik yang umum digunakan sehingga tidak dilakukan pengujian khusus terhadap semen.

##### 4.1.2 Air

Dalam penelitian ini air yang digunakan adalah air PDAM Kodya Malang yang tersedia di laboratorium dan tidak dilakukan pengujian terhadap air.

##### 4.1.3 Agregat Halus

Agregat halus berupa pasir alami dari daerah Kabupaten Karangasem, Bali dan dari daerah Malang. Dari hasil analisis ayakan didapat pasir termasuk daerah gradasi no 2 berdasarkan ASTM. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1.3** Pengujian Agregat Halus

Keterangan	Hasil Penelitian	
	Pasir Karangasem	Pasir Malang
Modulus lembut	2.919	2.95
Berat Jenis SSD	2.66	2.698
Berat Isi (gr/ml)	1.5236	1.7305
Absorpsi (%)	1.112	1.010
Kadar Air (%)	5.229	1.252

*Sumber* : Hasil Pengujian dan Perhitungan



#### 4.1.4 Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah dengan ukuran 20 mm dari Malang. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.2.

**Tabel 4.1.4** Pengujian Agregat Kasar

Keterangan	Hasil Penelitian
Modulus lembut	6.349
Berat Jenis SSD	2.688
Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	1.546
Absorpsi (%)	3.029
Kadar Air (%)	3.071

*Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan*

#### 4.1.5 Baja Tulangan

Pemeriksaan tegangan leleh rata-rata baja tulangan dilakukan di laboratorium Struktur Fakultas Teknik Sipil UNIBRAW. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.1.5

**Tabel 4.1.5** Tegangan Leleh Baja Tulangan

Diameter Baja (cm)	Diameter (cm)	Tegangan (Mpa)	Tegangan Rata-Rata (Mpa)
0.6	0.55	494.949	471.3805
	0.55	450.758	
	0.55	468.434	
1.2	1.15	394.929	402.956
	1.15	409.378	
	1.15	404.561	

1 Mpa = 10 kg/cm<sup>2</sup>

*Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan*

Dilihat dari hasil diatas, maka mutu baja tulangan rata-rata (fy) adalah 428.9611 Mpa.

#### 4.1.6 Pengujian Beton Segar

Pengujian yang dilakukan pada beton segar adalah pengujian slump. Uji ini dilakukan untuk mengetahui kekentalan dan kemudahan pengerjaan campuran adukan beton. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.1.6

**Tabel 4.1.6** Pengujian Slump

	Pengecoran	Faktor Air Semen	Slump (cm)
<b>Variasi I</b> 100% Brandong	I	0,48	10,5
	II	0,48	11
<b>Variasi II</b> 75% Brandong 25% Karangasem	I	0,48	10,5
	II	0,48	9,5
<b>Variasi III</b> 50% Brandong 50% Karangasem	I	0,48	12
	II	0,48	10,5
<b>Variasi IV</b> 25% Brandong 75% Karangasem	I	0,48	10
	II	0,48	11
<b>Variasi V</b> 100% Kaangasem	I	0,48	10,5
	II	0,48	12

*Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan.*

#### 4.1.7 Pengujian Beton Keras

Pada beton keras dilakukan pengujian kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari dengan benda uji berupa silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.1.7

**Tabel 4.1.7** Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Diameter (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Isi (kg/cm <sup>3</sup> )	P max (kg)	fc (kg/cm <sup>2</sup> )	fc rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
Variasi 1	30	5298.75	12.4	2.34	65053.274	368.313	372.162
	30	5298.75	12.25	2.31	67194.526	380.436	
	30	5298.75	12.25	2.31	64951.31	367.736	
Variasi 2	30	5298.75	12.6	2.38	51593.976	292.110	301.347
	30	5298.75	12.4	2.34	58935.412	333.675	
	30	5298.75	12.6	2.38	49146.831	278.255	
Variasi 3	30	5298.75	12	2.26	55672.551	315.202	307.120
	30	5298.75	12	2.26	52205.763	295.574	
	30	5298.75	11.9	2.25	54856.836	310.584	
Variasi 4	30	5298.75	12.1	2.28	53531.299	303.079	305.196
	30	5298.75	11.9	2.25	57609.875	326.171	
	30	5298.75	12	2.26	50574.332	286.337	
Variasi 5	30	5298.75	12.2	2.30	49656.653	281.142	309.237
	30	5298.75	11.9	2.25	60057.019	340.026	
	30	5298.75	12.3	2.32	54143.086	306.543	
							319.012123

1 kN = 101.96438 kg

*Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan*

Dilihat dari hasil diatas, maka kuat tekan beton rata-rata (fc') adalah 319.012 kg/cm<sup>2</sup>.

## 4.2 Pengujian Kuat Lentur Beton

Uji pembebanan dibangkitkan oleh dongkrak hidrolik. Balok yang berdimensi sama yaitu 12 x 18 x 140 cm, dikelompokkan kedalam 4 golongan dengan variasi penambahan agregat halus Karangasem terhadap agregat halus Brandong sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut :

**Tabel 4.2.** Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda uji	Balok ukuran 12 x 18 x 140 cm				
	% variasi penggunaan pasir Karangasem terhadap pasir Brandong	0%	25%	50%	75%
Jumlah benda uji	3	3	3	3	3

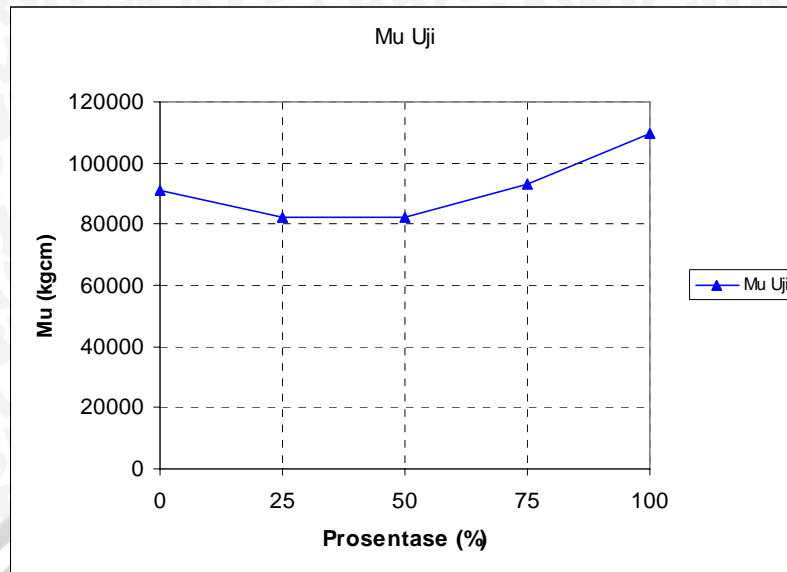
## 4.3 Kapasitas Lentur Balok

Perbandingan antara beban saat runtuh teoritis ( $M_u$ ) dengan pengujian yang dibangkitkan oleh dongkrak hidrolik ( $M_u$  uji) diperlihatkan pada tabel 4.3

**Tabel 4.3.** Pengujian Kuat Lentur Beton

Benda Uji	Berat (Kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (Kg/cm <sup>3</sup> )	Mu Uji (Kg.cm)	Mu rata-rata (Kg.cm)
Variasi 1	74.5	25920	2.87	83160	91080
	80.6	25920	3.11	89640	
	77.8	25920	3.00	100440	
Variasi 2	73.5	25920	2.84	77760	82440
	72.6	25920	2.80	84240	
	73	25920	2.82	85320	
Variasi 3	76	25920	2.93	83160	92080
	74	25920	2.85	75600	
	75.4	25920	2.91	87480	
Variasi 4	75.8	25920	2.92	88560	92880
	75.5	25920	2.91	92880	
	74.5	25920	2.87	97200	
Variasi 5	79	25920	3.05	104760	109440
	78	25920	3.01	115560	
	77.5	25920	2.99	108000	

*Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan*



Gambar 4.1. Grafik hubungan Penambahan Agregat Halus Karangasem dan Mu

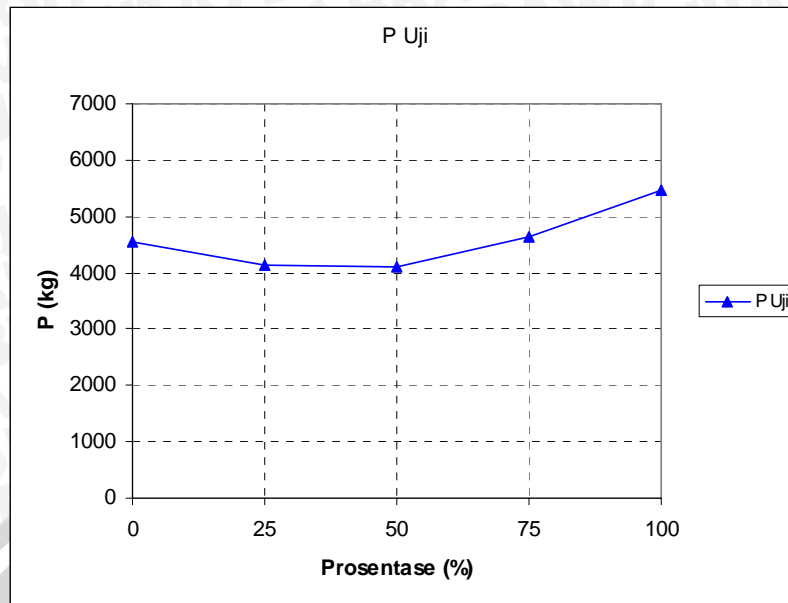
#### 4.4 Kapasitas Dukung Beban Maksimum Balok Uji

Perbandingan antara beban saat balok mencapai kapasitas lentur maksimum teoritis ( $P_n$  teoritis) dengan beban pengujian yang dibangkitkan oleh dongkrak hidrolik ( $P_n$  uji) diperlihatkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Kapasitas Dukung Beban Maksimum Balok Uji

Benda Uji	Berat (Kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (Kg/cm <sup>3</sup> )	P Uji (Kg)	P rata-rata (Kg)
Variasi 1	74.5	25920	2.84	4158	4554
	80.6	25920	2.8	4482	
	77.8	25920	2.82	5022	
Variasi 2	73.5	25920	2.87	3888	4122
	72.6	25920	3.11	4212	
	73	25920	3	4266	
Variasi 3	76	25920	2.93	4158	4104
	74	25920	2.85	3780	
	75.4	25920	2.91	4374	
Variasi 4	75.8	25920	2.92	4428	4644
	75.5	25920	2.91	4644	
	74.5	25920	2.87	4860	
Variasi 5	79	25920	3.05	5238	5472
	78	25920	3.01	5778	
	77.5	25920	2.99	5400	

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan



Gambar 4.2. Grafik hubungan Penambahan Agregat Halus Karangasem dan P Uji

#### 4.5 Pengujian Hipotesis

Dari data yang diperoleh, selanjutnya untuk kuat lentur dilakukan pengujian hipotesis untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi prosentase pembebanan runtuh terhadap kuat lentur balok beton. Pengujian hipotesis ini menggunakan analisis Varian satu arah.

Pernyataan ada tidaknya pengaruh tersebut secara statistik dinyatakan dengan :

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_n$$

Dengan :

$H_0$  : Hipotesa awal, yang menyatakan tidak ada pengaruh dari variasi penggunaan agregat halus Karangasem terhadap agregat halus Brandong.

$H_1$  : Hipotesa alternatif, yang menyatakan ada pengaruh dari variasi penggunaan agregat halus Karangasem terhadap agregat halus Brandong.

Dari analisis didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 4.5. ANOVA Satu Arah

Sumber	d.b	JK	RK	Fh
Perlakuan	4	1597656960	399414240	15.10735294
Kesalahan	10	1862040960	26438400	
Total	14	3459697920		

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan analisa diatas statistik didapatkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , ini menunjukkan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh dari variasi penggunaan agregat halus karangasem.

Seperti yang terlampir pada lampiran 4 analisis data yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ada pengaruh kapasitas lentur antara level faktor dengan level kontrol (prosentase agregat karangasem 0%).

#### 4.6 Pembahasan Kapasitas Lentur Balok

Dari hasil uji laboratorium, agregat halus Karangasem dan agregat halus Brandong layak untuk dijadikan campuran beton, karena analisa bahan agregat halus Karangasem dan agregat halus Brandong memenuhi syarat – syarat untuk dijadikan campuran beton seperti yang terlampir pada lampiran 1.

Penambahan agregat halus Karangasem pada umumnya mengalami penurunan dan peningkatan pada kapasitas lentur seperti yang terlihat pada tabel berikut :

**Tabel 4.6.** Penurunan Dan Peningkatan Mu

Balok Uji	Mu	Penurunan dan Peningkatan Mu
25%	82440	-9.486
50%	82080	-9.881
75%	92880	1.976
100%	109440	20.158

Dari hasil pengujian beton keras variasi 5 (100% pasir Karangasem ) diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 309.237 kg/cm<sup>2</sup> lebih rendah dari variasi 1 (100% Brandong ) dengan kuat tekan rata-rata sebesar 372.162 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan dari hasil pengujian kekuatan struktural variasi 5 menghasilkan P rata-rata sebesar 5472 kg lebih tinggi dibandingkan variasi 1 yang menghasilkan P rata-rata sebesar 4554 kg. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan pemadatan, karena pada pengujian beton keras berat isi benda uji variasi 1 lebih tinggi dari benda uji variasi 5, sedangkan pada pengujian struktural berat isi benda uji variasi 5 lebih tinggi dari benda uji variasi 1. Kekuatan beton pada struktur aktual dapat saja tidak sama dengan kekuatan silinder karena perbedaan pemadatan dan kondisi perawatan (Beton Bertulang G. Nawy, 1990: 61)

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan penambahan agregat halus Karangasem kapasitas lentur mengalami penurunan berturut-turut, penambahan agregat halus Karangasem sebesar 25% kapasitas lentur menurun sebesar 9.486%, pada prosentase 50% penurunan kapasitas lentur sebesar 9.881%, pada prosentase 75% penurunan kapasitas lentur sebesar 1.976%, sedangkan pada prosentase 100% kapasitas lentur mengalami peningkatan sebesar 20.158%.
2. perbedaan pemadatan dan kondisi perawatan dapat mempengaruhi kekuatan beton pada struktur aktual dengan kekuatan silinder menjadi tidak sama.

### 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, peneliti memberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk variasi yang lebih mengarah pada penggunaan pasir Karangasem terhadap pasir Brandong, sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih meningkatkan kapasitas lentur pada balok beton bertulang.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik sebaiknya dilakukan pengujian agregat terlebih dahulu untuk mengetahui apakah agregat tersebut termasuk kedalam syarat yang ada di ASTM.
3. Untuk penelitian selanjutnya perlu diperhatikan pada proses pencampuran semen, pasir, kerikil, dan air kedalam molen guna mendapatkan hasil yang lebih baik.
4. Proses pemadatan perlu diperhatikan guna menghindari adanya rongga – rongga pada beton.



5. Perlu diperhatikan perawatan material agar terlindung dari cuaca yang tidak mendukung seperti hujan.
6. Alat pengujian perlu dipersiapkan dengan baik guna menghindari kesalahan alat pada saat pengujian berlangsung.

