

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU BALOK  
BETON BUSA BERTULANG DENGAN AGREGAT  
KASAR DAN AGREGAT HALUS BERBAHAN DASAR  
LUMPUR SIDOARJO**



**REXY**

**NPM : 2014410014**

**BANDUNG, 8 JUNI 2018**

**PEMBIMBING : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**KO-PEMBIMBING : Wivia Octa Nugroho, S.T., M.T**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227//SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)**

**BANDUNG**

**JUNI 2018**

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU BALOK  
BETON BUSA BERTULANG DENGAN AGREGAT  
KASAR DAN AGREGAT HALUS BERBAHAN DASAR  
LUMPUR SIDOARJO**



**REXY**

**NPM : 2014410014**

**BANDUNG, 8 JUNI 2018**

**KO-PEMBIMBING:**

**PEMBIMBING:**

**Wivia Octa Nugroho, S.T., M.T    Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227//SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)**

**BANDUNG**

**JUNI 2018**

## PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama lengkap : Rexy

NPM : 2014410014

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : *Studi Eksperimental Balok Beton Busa Bertulang Dengan Agregat Kasar Daur Ulang* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 8 Juni 2018



Rexy

2014410014

# **STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU BALOK BETON BUSA BERTULANG DENGAN AGREGAT KASAR DAN AGREGAT HALUS BERBAHAN DASAR LUMPUR SIDOARJO**

**Rexy**

**NPM:2014410014**

**Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro  
Ko-pembimbing: Wivia Octa Nugroho, ST., M.T**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227//SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNI 2018**

## **ABSTRAK**

Berat bangunan yang berasal dari material struktur mempengaruhi beban gravitasi maupun gaya inersia akibat gempa, sehingga biaya pembuatan gedung dapat memiliki harga sangat tinggi. Teknologi rekayasa material dilakukan untuk menciptakan beton ringan. Beton ringan memiliki komposisi berbeda dari beton biasa. Salah satunya adalah beton busa (*foam concrete*). Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan beton busa menggunakan agregat ringan LUSI (Lumpur Sidoarjo) yang dibuat dari limbah lumpur. Kadar busa yang digunakan adalah 30% volume cetakan. Pada penelitian dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser beton busa LUSI dan balok beton busa bertulang.

Berat jenis rata-rata beton busa yang dihasilkan  $1420 \text{ kg/m}^3$ . Hasil pengujian mendapatkan nilai kuat tekan karakteristik beton busa LUSI sebesar 13,74 MPa, dan kuat tekan rata-rata 18,40 MPa. Kuat tarik belah beton busa sebesar 0,86 MPa dan kuat geser sebesar 2,26 MPa. Hasil pengujian balok beton busa bertulang adalah momen leleh rata – rata balok beton busa LUSI bertulang mencapai 24,01 kNm dimana momen leleh yang terjadi lebih kecil 8% dari momen leleh teoritis sebesar 26,13 kNm. Sedangkan momen runtuh rata – rata yang terjadi sebesar 28,74 kNm lebih kecil 18% dari momen overstrength teoritis sebesar 35,07 kNm. Angka daktilitas balok beton busa LUSI bertulang mencapai 2,41.

Kata Kunci: Beton busa, agregat Lumpur Sidoarjo, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, momen leleh, daktilitas.

# **EXPERIMENTAL STUDY OF REINFORCED FOAM CONCRETE BEAM BEHAVIOUR WITH COARSE AND FINE AGGREGATE FROM SIDOARJO MUD**

**Rexy**  
**NPM:2014410014**

**Pembimbing:Dr.Johannes Adhijoso Tjondro**  
**Ko-pembimbing: Wivia Octa Nugroho, ST.,M.T**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227//SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
**BANDUNG**  
**JUNE 2018**

## **ABSTRACT**

The overall weight of the building from structural material influenced the gravity and earthquake inertia load, can lead to the very high building cost. Material concrete technology can create such as lightweight concrete. Lightweight concrete has a different composition than normal concrete. One type of them is foam concrete. In this research, foam concrete was made using light coarse aggregate of LUSI (Sidoarjo Mud) which is made from waste mud. The foam concrete content was 30% of volume. In this research, experimental test was done on the compressive strength, splitting tensile strength, shear strength and reinforced concrete beam,

The density of foam concreta made was  $1420 \text{ kg/m}^3$ . From the test results, the characteristic compressive strength of LUSI foam concrete is 13.74 MPa, with the average value of 18.40 MPa. The tensile strength of foam concrete is 0.86 MPa and the shear strength of is 2.26 MPa. The average yield moment of reinforced foam concrete beams is 24.01 kNm where the yield moment is 8% under the theoretical yield moment of 26.13 kNm. The average ultimate moment of foam concrete beams is 28.74 kNm less 18% than the theoretical ultimate moment of 35.07 kNm. The ductility value of LUSI reinforced foam concrete beam is 2.41.

Keywords: foam concrete, Sidoarjo Mud aggregate, compressive strength, tensile strength, shear strength, yield moment, ductility.

## PRAKATA

Skripsi penulis yang diberi judul “*Studi Eksperimental Balok Beton Busa Bertulang dengan Agregat Kasar dan Agregat Halus Lumpur Sidoarjo*” masih jauh dari kata sempurna. Namun, penulis sangat bersyukur karena telah diberikan kemampuan untuk menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat kelulusan penulis.

Puji Tuhan kepada Tuhan Yesus yang selalu menyertai serta mendengarkan doa-doa penulis setiap saat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penulis tepat waktu. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terimakasih yang tidak terbatas kepada:

1. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing skripsi penulis yang telah membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi penulis.
2. Orangtua penulis yang selalu memberi doa, dukungan materil dan non materil kepada penulis.
3. Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T sebagai ko-pembimbing skripsi penulis yang juga telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini
4. Pak Ir. Teguh Farid dan Bapak Markus Didi yang membantu penulis melakukan pengujian di Laboratorium Struktur Teknik Sipil UNPAR
5. Pak Asep Saepudin dari PT.BASF Indonesia atas *foam agent* yang diberikan untuk tujuan penelitian ini, sehingga penelitian ini dapat berlanjut dengan lancar.
6. Chalista Revi sebagai sahabat yang selalu mendukung penulis untuk menyelesaikan penulisan ini sekaligus kekasih yang selalu menemani disaat hambatan penulisan ini terjadi.
7. Christian Gautama, Jason Christoper, David Hans Abel, Zo Al Mahran dan Prasetyo Pangestu selaku teman seperjuangan dan sepermainan CS, MOGEND, PUBG dan PES penulis selama kuliah di UNPAR
8. Perantau Bumi, Sandy, Andi, Aldy, Miki, Radit, Chalista, Caca, Edwin, Yonas, dan Caleb yang menjadi sahabat penulis selama ini

9. Teman-teman seperjuangan skripsi penulis yang telah membantu menyelesaikan hambatan – hambatan penulisan ini.

Semoga skripsi ini dapat berguna bagi kemajuan ilmu pengetahuan maupun bagi sesama.

Bandung, 8 Juni 2018

Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping, stylized strokes that form a unique, somewhat abstract shape.

Remy

2014410014

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
PRAKATA .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang masalah .....	1
1.2 Inti permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Pembatasan masalah.....	2
1.5 Metodologi penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
1.7 Tahapan Penelitian .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Beton .....	7
2.2 Beton Busa .....	8
2.3 Material Beton Busa.....	8
2.3.1 Air .....	9



2.3.2	Agregat Berbahan Dasar Lumpur Sidoarjo.....	9
2.3.3	Semen.....	11
2.3.4	<i>Foam agent</i> .....	13
2.3.5	Baja Tulangan Beton.....	13
2.4	Metode Pengujian.....	15
2.4.1	Uji Kuat Tekan Beton .....	15
2.4.2	Uji Kuat Tarik Belah Beton .....	16
2.4.3	Uji Kuat Geser Beton .....	18
2.4.4	Uji Kuat Lentur Balok Beton Bertulang .....	18
<b>BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN.....</b>		<b>23</b>
3.1	Bahan Dasar dan Benda Uji .....	23
3.1.1	Bahan Dasar .....	23
3.1.2	Benda Uji .....	26
3.2	Pengujian Material .....	27
3.2.1	Pengujian Agregat Kasar.....	27
3.2.2	Pengujian Agregat Halus.....	27
3.2.3	Pengujian Baja Tulangan .....	28
3.3	Langkah Pengecoran Beton.....	30
3.4	Pengujian Benda Uji.....	35
3.4.1	Pengujian Kuat Tekan .....	36
3.4.2	Pengujian Kuat Tarik Belah .....	38
3.4.3	Pengujian Kuat Geser.....	40
3.4.4	Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Busa Bertulang .....	41

BAB 4 ANALISIS HASIL PENGUJIAN.....	43
4.1 Berat Jenis Beton Busa LUSI.....	43
4.2 Analisis Hasil Uji Kuat Tekan.....	44
4.3 Analisis Hasil Uji Kuat Tarik Belah.....	50
4.4 Analisis Hasil Uji Kuat Geser .....	51
4.5 Analisis Hasil Uji Kuat Lentur Balok Beton Bertulang LUSI.....	52
4.6 Analisis Pola Keretakan Pada Balok Beton Bertulang LUSI.....	55
4.7 Daktilitas .....	57
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	61
LAMPIRAN 1 .....	1
LAMPIRAN 2.....	6
LAMPIRAN 3.....	9
FOTO BENDA UJI PENGUJIAN.....	9

## DAFTAR NOTASI

A	= Luas tertekan rata-rata (MPa)
a	= Tinggi ekivalen dari rectangular stress blok (mm)
A <sub>s</sub>	= Luas tulangan baja (mm <sup>2</sup> )
b	= Lebar penampang (mm)
C	= Gaya tekan beton (N)
f <sub>c</sub>	= Kuat tekan beton (MPa)
f <sub>c</sub> '	= Kuat tekan karakteristik beton (MPa)
f <sub>ct</sub>	= Kuat tarik beton (MPa)
f <sub>v</sub>	= Kuat geser beton (MPa)
f <sub>y</sub>	= Tegangan leleh baja (MPa)
l	= Panjang benda uji yang tertekan (mm)
L	= Panjang bentang (mm)
l <sub>b</sub>	= Panjang tulangan yang tertanam (mm)
M	= Momen (kNm)
Ø	= Diameter tulangan (mm)
P	= Beban (N)
T	= Gaya tarik baja tulangan (N)

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Uji Kuat Tekan .....	16
Gambar 2.2 Ilustrasi Uji Kuat Tarik Belah .....	17
Gambar 3.1 Semen Tiga Roda .....	23
Gambar 3.2 Agregat Halus LUSI.....	24
Gambar 3.3 Agregat Kasar LUSI.....	24
Gambar 3.4 <i>Foam agent</i> PT BASF Indonesia .....	25
Gambar 3.5 Tulangan baja .....	26
Gambar 3.6 Pengujian Tulangan 13.....	29
Gambar 3.7 Pengujian Tulangan 10.....	30
Gambar 3.8 Mixer Beton.....	31
Gambar 3.9 Mixer Busa .....	31
Gambar 3.10 Busa (Foam) .....	32
Gambar 3.11 Cetakan Balok Lentur.....	33
Gambar 3.12 Cetakan silinder 100x200.....	33
Gambar 3.13 Cetakan Balok Geser .....	34
Gambar 3.14 Raskam .....	34
Gambar 3.15 Sekop.....	35
Gambar 3.16 Air Curing .....	35
Gambar 3.17 Pengujian Kuat Tekan dengan Mesin CTM.....	37
Gambar 3.18 Hasil Uji Kuat Tekan.....	38
Gambar 3.19 Pengujian Kuat Tarik Belah .....	39
Gambar 3.20 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah.....	39
Gambar 3.21 Alat Penahan Benda Uji Geser.....	40
Gambar 3.22 Pengujian Kuat Geser.....	41
Gambar 3.23 Hasil Uji Kuat Geser .....	41
Gambar 3.24 Pengujian Kuat Lentur .....	42
Gambar 3.25 Hasil uji kuat lentur.....	42

Gambar 4.1 Grafik Perhitungan Kuat Tekan Regresi .....	45
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan antara Kuat Tekan Regresi dan Aktual .....	48
Gambar 4.3 Perbandingan Koef. Kuat Tarik Belah Beton Busa dan Beton Normal ..	50
Gambar 4.4 Grafik Koef. Geser .....	51
Gambar 4.5 Grafik Kekuatan Lentur Balok Beton Busa Bertulang.....	53
Gambar 4.6 Grafik Momen vs Displacement (Kuat Lentur Balok).....	54
Gambar 4.7 Pola Keretakan Benda Uji 1 .....	56
Gambar 4.8 Pola Keretakan Benda Uji 2 .....	56
Gambar 4.9 Pola Keretakan Benda Uji 3 .....	56
Gambar Lampiran 2.1 W/C ratio .....	7
Gambar Lampiran 2.2 Tabel volume agregat kasar .....	7
Gambar Lampiran 2.3 Kadar air dan udara.....	8
Gambar Lampiran 3.1 Benda Uji Kuat Tekan Umur 3 Hari.....	10
Gambar Lampiran 3.2 Benda Uji Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	10
Gambar Lampiran 3.3 Benda Uji Kuat Tekan Umur 14 Hari.....	10
Gambar Lampiran 3.4 Benda Uji Kuat Tekan Umur 21 Hari.....	11
Gambar Lampiran 3.5 Benda Uji Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	11
Gambar Lampiran 3.6 Benda Uji Kuat Tarik Belah .....	12
Gambar Lampiran 3.7 Benda Uji Geser.....	12
Gambar Lampiran 3.8 Benda Uji Kuat Lentur.....	12

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran baja tulangan beton polos (SNI).....	14
Tabel 2.2 Ukuran baja tulangan beton sirip (SNI) .....	15
Tabel 3.1 Benda uji .....	26
Tabel 3.2 Hasil pengujian agregat kasar .....	27
Tabel 3.3 Hasil pengujian agregat halus .....	27
Tabel 3.4 Hasil uji tulangan diameter 13 ulir.....	28
Tabel 3.5 Hasil uji tulangan diameter 10 polos.....	29
Tabel 3.6 Proporsi material .....	31
Tabel 3.7 Hasil uji kuat tekan berdasarkan faktor umur .....	37
Tabel 3.8 Hasil uji kuat tarik belah .....	38
Tabel 3.9 Hasil uji geser.....	40
Tabel 3.10 Hasil uji kuat lentur.....	42
Tabel 4.1 Analisis berat jenis beton busa LUSI.....	43
Tabel 4.2 Analisis hasil uji kuat tekan (menghilangkan data outlier).....	44
Tabel 4.3 Perhitungan kuat tekan regresi .....	45
Tabel 4.4 Faktor umur tiap hari dalam 28 hari.....	47
Tabel 4.5 Analisis hasil kuat tekan (perhitungan kuat tekan karakteristik) .....	48
Tabel 4.6 Analisis hasil uji kuat tarik belah (koefisien kuat tarik) .....	50
Tabel 4.7 Analisis hasil uji kuat geser beton (koefisien kuat geser).....	51
Tabel 4.8 Perhitungan momen leleh dan momen runtuh .....	52
Tabel 4.9 Perbandingan momen leleh pengujian dengan teoritis .....	52
Tabel 4.10 Perbandingan momen runtuh pengujian dengan teoritis.....	53
Tabel 4.11 Analisis daktilitas beton busa LUSI.....	57



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang masalah**

Dewasa ini, pertambahan jumlah penduduk semakin tinggi. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk yang tinggi, kebutuhan yang harus dipenuhi juga meningkat. Salah satunya adalah kebutuhan akan bangunan. Kebutuhan akan bangunan semakin meningkat baik untuk tempat tinggal maupun komersial. Pada saat ini, pembangunan umumnya menggunakan material beton. Beton sering dipakai untuk bahan bangunan dikarenakan kemudahan dalam pembuatannya dan kekuatan yang besar dalam menerima gaya tekan. Kekurangan beton terdapat pada beratnya sendiri. Berat jenis beton normal mencapai  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Semakin tinggi bangunan, berat bangunan akan semakin bertambah. Berat keseluruhan bangunan mempengaruhi ukuran pondasi dan besarnya faktor keamanan sehingga biaya yang dikeluarkan untuk suatu gedung memiliki harga yang sangat tinggi. Teknologi rekayasa dilakukan untuk menciptakan beton ringan. Beton ringan memiliki komposisi berbeda dari beton biasa. Salah satunya adalah beton busa (*foam concrete*).

Beton busa memiliki massa yang lebih ringan dibandingkan beton normal dikarenakan adanya penambahan cairan busa (*foam agent*) kedalam air pada campuran beton. Penambahan cairan busa menyebabkan adanya rongga udara yang tetap pada beton sehingga massa beton yang dihasilkan lebih ringan daripada beton normal. Beton busa memiliki beberapa kelebihan dibanding beton normal. Selain ringan, beton busa memiliki kemampuan untuk kedap suara dan tahan terhadap api.

Pembangunan yang bertumbuh cepat juga menyebabkan kebutuhan akan bahan bangunan meningkat. Agregat alam merupakan salah satu bahan bangunan yang sering digunakan. Perlu disadari bahwa agregat alam pada suatu saat akan habis jika penggunaannya dilakukan terus menerus dan tidak diatur. Penghematan agregat alam



perlu dilakukan dengan cara menggunakan agregat limbah. Agregat limbah merupakan penggunaan bahan baku limbah untuk membuat agregat. Terdapat banyak bahan baku limbah, salah satunya adalah lumpur Sidoarjo. Penggunaan bahan baku limbah lumpur Sidoarjo diharapkan bisa mengurangi pencemaran lingkungan dan mengurangi penggunaan agregat alami.

## **1.2 Inti permasalahan**

Apakah penggunaan beton busa dengan agregat limbah (agregat LUSI) dapat menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tidak jauh dari kuat tekan beton normal.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh agregat LUSI yang digunakan menggantikan agregat alami terhadap campuran beton busa
2. Menentukan kekuatan tekan, tarik, geser, dan lentur dari beton busa berbahan agregat LUSI dengan uji eksperimental
3. Mengetahui hubungan umur terhadap kuat tekan beton busa dengan agregat LUSI.

## **1.4 Pembatasan masalah**

1. Beton busa menggunakan dasar *mix design* beton normal dengan kuat tekan karakteristik 25 MPa pada umur 28 hari
2. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat LUSI (Lumpur Sidoarjo)
3. Agregat halus menggunakan agregat LUSI (Lumpur Sidoarjo)
4. Pembuatan *foaming agent* dilakukan dengan cara manual menggunakan mixer sebagai alat pengaduk.
5. Menggunakan kandungan busa 30 % dari cetakan beton.
6. Pengujian kuat tekan beton menggunakan silinder berdimensi 100 mm x 200 mm (ASTM C 39 / C 39M – 16b) pada umur 3, 7, 14, 21, 28 hari sebanyak 3 buah untuk masing – masing umur beton.

7. Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan silinder berdimensi 100 mm x 200 mm pada umur 28 hari sebanyak 3 benda uji.
8. Pengujian kuat geser menggunakan balok berukuran 300 mm x 100 mm x 100 mm pada umur 28 hari dengan 3 benda uji.
9. Pengujian kuat lentur balok beton busa LUSI bertulang dengan menggunakan 3 buah benda uji dengan dimensi 1200 mm x 200 mm x 200 mm dan tulangan deform longitudinal berdiameter 13 mm sebanyak 3 batang pada bagian bawah balok dan 2 batang pada bagian atas balok serta tulangan polos untuk engulangan geser berdiameter 10 mm berjarak 80 mm untuk masing – masing balok.

### **1.5 Metodologi penelitian**

Berikut adalah metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini:

1. Studi Pustaka

Studi pustaka dengan mempelajari teori yang berhubungan dengan permasalahan. Mengetahui sifat dari agregat LUSI dan penggunaan cairan busa

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental merupakan pengujian yang dilakukan kepada beton busa agregat LUSI. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat tekan dan uji kuat tarik belah.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan dilakukan secara sistematis dan dibagi dalam 5 bab:

**BAB 1     PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

**BAB 2     TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang landasan teori dimana akan membahas tentang dasar teori yang akan di gunakan dalam penulisan skripsi.

**BAB 3     PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN**

Bab ini membahas tentang persiapan pengujian, pelaksanaan pengujian, dan pencatatan hasil pengujian

**BAB 4 DATA DAN ANALISIS HASIL PENGUJIAN**

Bab ini akan menghasilkan data dan membahas analisis tentang hasil pengujian serta perbandingan dari hasil pengujian

**BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari keseluruhan penulisan yang berasal dari hasil analisis perhitungan serta berisi saran yang dapat disimpulkan dari pengujian yang telah dilakukan

## 1.7 Tahapan Penelitian



