

**PENGARUH PELAPISAN CAT PADA AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT
LENTUR BALOK TUMPUAN SEDERHANA BERAGREGAT BATU PUMICE**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh:

RAINHART MARKUS PARTOGI LUMBAN GAOL

NIM : 115060102111004 - 61

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH PELAPISAN CAT PADA AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT
LENTUR BALOK TUMPUAN SEDERHANA BERAGREGAT BATU *PUMICE***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

RAINHART MARKUS PARTOGI LUMBAN GAOL

NIM : 115060102111004 – 61

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

NIP.19641207 199002 1 001

Dr.Eng. Devi Nuralinah, ST., MT

NIP.19761208 200604 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PELAPISAN CAT PADA AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT
LENTUR BALOK TUMPUAN SEDERHANA BERAGREGAT BATU *PUMICE***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

RAINHART MARKUS PARTOGI LUMBAN GAOL

NIM : 115060102111004 – 61

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Agustus 2015

Penguji

Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

NIP.19641207 199002 1 001



Penguji

Dr.Eng. Devi Nuralinah, ST., MT

NIP. 19761208 200604 2 001

Penguji

Dr. Eng. Achfas Zacoeb, ST.,

19751122 199903 1 003

Ketua Program Studi S1

Jurusan Teknik Sipil

Dr. Eng. Indradi W., ST., M.Eng (prac)

NIP.19810220 200604 1 002



**PERNYATAAN
ORISINALITAS SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rainhart Markus Partogi Lumban Gaol

NIM : 115060102111004

Judul Skripsi : **PENGARUH PELAPISAN CAT PADA AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT LENTUR BALOK TUMPUAN SEDERHANA BERAGREGAT BATU *PUMICE***

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan laporan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari penulis sendiri, baik untuk naskah laporan maupun hasil dari penelitian yang tercantum dalam penulisan laporan skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, penulis akan mencantumkan sumber secara jelas.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (Sarjana Teknik) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 24 Agustus 2015

Yang membuat pernyataan

Rainhart Markus Partogi Lumban Gaol
Nim. 115060102111004

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah menyertai dan membimbing penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini dapat selesai berkat bantuan, bimbingan dan petunjuk dari berbagai pihak yang telah banyak membantu menyelesaikan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini, penulis secara khusus ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Sugeng P. Budio, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
2. Ibu Ir. Siti Nurlina, MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
3. Bapak Dr. Ir. Wisnumurti, MT., dan Dr. Eng. Devi Nuralinah, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan untuk kesempurnaan penulisan tugas akhir ini
4. Ibu Christin Remayanti N, ST., MT selaku dosen pembimbing akademik yang membimbing selama perkuliahan
5. Orang tua yang terus memberikan semangat, ketenangan dan juga dukungan materiil yang tidak ternilai selama melaksanakan penelitian
6. Teman-teman seperjuangan skripsi, sahabat, Sipil 2011, Pengurus dan keluarga UAKK dan Cupipawacikiwil yang terus memberikan semangat, pengertian dan doa dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan bahan acuan dalam penelitian selanjutnya.

Malang, Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton.....	4
2.1.1 Pengertian	4
2.1.2 Bahan Pembentuk Beton	4
2.1.2.1 Semen.....	4
2.1.2.2 Air	6
2.1.2.3 Agregat.....	6
2.1.2.3.1 Agregat Kasar	6
2.1.2.3.2 Agregat Halus	7
2.2 Klasifikasi Beton	7
2.3 Beton Ringan	7
2.4 Agregat Ringan.....	10
2.5 Aplikasi Batu <i>Pumice</i>	10
2.5.1 Rumah dengan Dinding Beton <i>Pumice</i>	10
2.5.2 Rumah dengan Batu Bata Beton <i>Pumice</i>	10
2.6 Penyerapan Air Pada Batu <i>Pumice</i>	11
2.7 Polimer untuk Pelapisan Agregat	11
2.8 Cat Polimer	12
2.9 Bahan Campuran Tambahan.....	12
2.10 Beton Bertulang.....	13
2.11 Batu <i>Pumice</i>	13

2.12 Kuat Lentur Balok14

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....15

3.2 Pembatasan Penelitian15

3.3 Alat dan Bahan15

3.4 Analisa Bahan yang Digunakan.....16

 3.4.1 Semen16

 3.4.2 Air.....16

 3.4.3 Agregat Halus16

 3.4.4 Agregat Kasar17

 3.4.5 Baja Tulangan.....17

3.5 Rancangan Penelitian.....17

3.6 Langkah-langkah Penelitian18

3.7 Metode Pengumpulan Data.....20

3.8 Variabel Penelitian.....21

3.9 Analisis Data.....21

3.10 Hipotesis Awal.....21

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Bahan22

 4.1.1 Semen22

 4.1.2 Air22

 4.1.3 Agregat Halus22

 4.1.4 Agregat Kasar22

 4.1.5 Penyerapan Agregat Kasar23

4.2 Pengujian Beton Segar.....23

4.3 Perawatan Beton23

4.4 Pengujian Beton Keras24

 4.4.1 Pengujian Berat Volume Beton24

 4.4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton.....25



4.5	Pengujian Hipotesis	27
4.5.1	Penyerapan Air Pada Agregat Kasar	27
4.5.2	Analisis Kuat Lentur Balok	28
4.6	Pembahasan	55
4.6.1	Kadar Penyerapan Air Agregat Kasar	55
4.6.2	Analisa Kuat Lentur Balok	56
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		63
	<i>Lampiran 1</i>	64
	<i>Lampiran 2</i>	73
	<i>Lampiran 3</i>	78



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Pembebanan Balok24

Gambar 4.2 Diagram Batang Kuat Tekan Silinder26

Gambar 4.3 Pengujian Kuat Tekan Silinder.....26

Gambar 4.4 Diagram Garis Beban Lendutan Kerikil 131

Gambar 4.5 Diagram Garis Beban Lendutan Kerikil 2.....34

Gambar 4.6 Diagram Garis Beban Lendutan Kerikil 3.....37

Gambar 4.7 Diagram Garis Beban Lendutan Pumice 140

Gambar 4.8 Diagram Garis Beban Lendutan Pumice 243

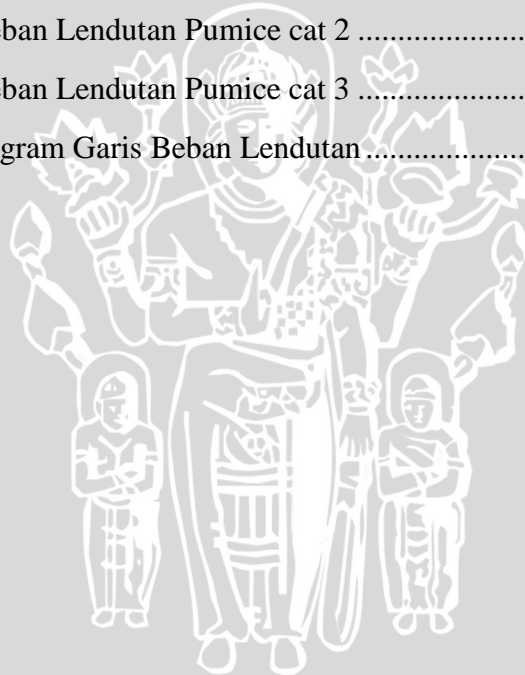
Gambar 4.9 Diagram Garis Beban Lendutan Pumice 346

Gambar 4.10 Diagram Garis Beban Lendutan Pumice cat 149

Gambar 4.11 Diagram Garis Beban Lendutan Pumice cat 252

Gambar 4.12 Diagram Garis Beban Lendutan Pumice cat 355

Gambar 4.13 Perbandingan Diagram Garis Beban Lendutan.....59



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan Susunan Butir Agregat Ringan Beton Ringan Struktural	8
Tabel 2.2 Persyaratan Sifat Fisis Agregat Ringan Beton Ringan Struktural	9
Tabel 2.3 Persyaratan Kuat Tekan Rata-rata Beton Ringan Struktural.....	9
Tabel 2.4 Perbandingan Penyerapan Air pada Agregat	11
Tabel 2.5 Cat Polimer Pada Penelitian Terdahulu	12
Tabel 2.6 Sifat Fisik Batu <i>Pumice</i>	14
Tabel 4.1 Penyerapan Agregat Kasar	23
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Berat Volume Silinder.....	25
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder	25
Tabel 4.4 Data Penyerapan Air oleh Agregat Kasar Keseluruhan.....	28
Tabel 4.5 Pengujian Benda Uji Kerikil 1	29
Tabel 4.6 Pengujian Benda Uji Kerikil 2	32
Tabel 4.7 Pengujian Benda Uji Kerikil 3	35
Tabel 4.8 Pengujian Benda Uji <i>Pumice</i> 1	38
Tabel 4.9 Pengujian Benda Uji <i>Pumice</i> 2	41
Tabel 4.10 Pengujian Benda Uji <i>Pumice</i> 3	44
Tabel 4.11 Pengujian Benda Uji <i>Pumice</i> Cat 1	47
Tabel 4.12 Pengujian Benda Uji <i>Pumice</i> Cat 2.....	50
Tabel 4.13 Pengujian Benda Uji <i>Pumice</i> Cat 3	53
Tabel 4.14 Data Penyerapan Air pada Agregat.....	56
Tabel 4.15 Data Rata-rata Kuat Lentur Balok.....	57
Tabel 4.16 Perata-rataan Grafik Kerikil	57
Tabel 4.17 Perata-rataan Grafik <i>Pumice</i>	58
Tabel 4.18 Perata-rataan Grafik <i>Pumice</i>	58
Tabel 5.1 Perbandingan Rata-rata	60

RINGKASAN

Rainhart M.P. Lumban Gaol, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2015, *Pengaruh Pelapisan Cat pada Agregat Kasar terhadap Kuat Lentur Balok Tumpuan Sederhana Beragregat Batu Pumice*, Dosen Pembimbing: Wisnumurti dan Devi Nuralinah.

Penggunaan beton dalam berbagai konstruksi bangunan sangat cepat perkembangannya dikarenakan memiliki banyak kelebihan saat digunakan sebagai bahan struktural. Beton dengan agregat kerikil normal menjadi komponen utama dalam pembentukan sehingga sumber daya alam agregat kasar kerikil menjadi berkurang. Beton ringan dengan agregat kasar batu *pumice* menjadi salah satu terobosan baru dalam penggunaan konstruksi bangunan, salah satu alasan penggunaan agregat kasar batu *pumice* dikarenakan melimpahnya sumber daya alam batu *pumice* yang tidak digunakan dengan sangat baik. Namun kekuatan beton ringan dengan agregat kasar batu *pumice* dibandingkan dengan beton normal sangatlah berbeda sehingga pelapisan cat batu *pumice* menjadi suatu inovasi untuk tercapainya penambahan kekuatan pada beton beragregat batu *pumice*.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pelapisan cat dan penyerapan air yang terjadi pada agregat batu *pumice*, yang mana penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kekuatan antara beton normal beragregat kerikil, beton ringan beragregat batu *pumice* dan beton ringan beragregat batu *pumice* berlapisan cat. Penelitian ini melakukan pengujian penyerapan air pada masing-masing agregat, pengujian kuat tekan beton silinder dan pengujian pembebanan balok. Setiap pengujian tersebut dilakukan pada masing-masing beton dengan agregat kasar yang sudah direncanakan sehingga dari hasil pengujian tersebut didapatkan perbandingan kekuatan.

Hasil pengujian didapatkan bahwa nilai momen lentur rata-rata pada beton dengan agregat normal 40516, 917 Kg.cm, beton ringan agregat kasar batu *pumice* berlapisan cat dengan nilai 37183, 583 Kg.cm sedangkan untuk beton agregat batu *pumice* tanpa cat dengan nilai 38141,917 Kg.cm. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kuat lentur beton beragregat kasar normal lebih tinggi lalu kekuatannya dibandingkan dengan beton ringan, lalu beton ringan agregat kasar batu *pumice* berlapisan cat lebih tinggi kekuatannya dibandingkan dengan agregat batu *pumice* tanpa cat. Untuk tingkat penyerapan air, hasil yang didapatkan 3,2% untuk agregat kasar normal sedangkan agregat kasar batu *pumice* berlapisan cat dengan 10,1 % dan agregat kasar batu *pumice* tanpa cat sebesar 14%.

Kata kunci : kerikil, batu *pumice* , cat, kuat lentur balok, penyerapan air

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan beton dalam berbagai konstruksi bangunan sangat cepat perkembangannya dikarenakan beton memiliki banyak kelebihan pada saat digunakan sebagai bahan struktural bangunan. Pada konstruksi bangunan umum beton normal merupakan pilihan utama untuk pemakaian dikarenakan beton normal lebih murah dan bahan-bahan yang digunakan adalah bahan-bahan umum seperti semen portland, air, agregat kasar dan agregat halus. Pada saat keadaan tertentu saja dibutuhkan bahan tambah agar kualitas beton tetap terjaga dengan baik. Umumnya agregat kasar pada beton normal merupakan batu pecah ataupun kerikil yang didapatkan dari alam.

Beton normal yang digunakan umumnya memiliki berat sendiri berkisar 2200-2500 kg/m³ yang mana hal ini sangat mempengaruhi berat dari bangunan tersebut sedangkan berat sendiri beton ringan adalah 1440-1840 kg/m³. Dari perbedaan berat sendiri tersebut terlihat bahwa beton ringan memiliki berat yang jauh lebih ringan dibandingkan dengan beton normal.

Ringannya berat dari beton ringan tersebut disebabkan oleh material bahan pencampur beton yang didapatkan dari hasil inovasi, seperti contohnya substitusi agregat *fly ash*, *slag baja*, batu *pumice* dan lain sebagainya terhadap agregat halus ataupun agregat kasar. Hal ini tentunya juga berpengaruh terhadap karakteristik beton yang dihasilkan dari substitusi agregat diatas.

Beton ringan struktural beratnya tidak boleh melampaui 1840 kg/m³ dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural. Spesifikasinya adalah kuat tekan 28 MPa untuk berat isi maksimum 1840 kg/m³ dengan kuat tarik 2,3 MPa dan kuat tekan 21 MPa untuk berat isi maksimum 1780 dengan kuat tarik rata-rata 2,1 MPa. Umumnya spesifikasi berat, kuat tekan dan kuat tarik beton ringan seperti diatas. Beton ringan beragregat kasar batu *pumice* memiliki kelebihan dan kekurangan, salah satu kelebihannya yaitu tahan terhadap api, namun kekurangannya adalah cepat menyerap air dikarenakan batu *pumice* merupakan batu yang memiliki banyak rongga sehingga pada saat pengadukan campuran bahan pembentuk beton, pasta semen akan mengisi rongga-rongga dari batu *pumice* .

Pelapisan agregat batu *pumice* dapat dikatakan sebagai salah satu inovasi untuk mengurangi penyerapan air yang berlebihan dan dimungkinkan juga untuk meningkatkan kekuatan batu

pumice dikarenakan rongga-rongga pada batu *pumice* akan tertutupi oleh cat polimer sehingga pasta semen yang mengisi rongga-rongga akan tertahan oleh lapisan cat polimer tersebut.

Selain itu, Gunung Kelud yang meletus menghasilkan sumber daya alam batu *pumice* yang sangat melimpah sehingga sangat membantu dalam penerapan inovasi ini dan harapannya dapat digunakan sebagai beton ringan struktural yang mulai dikonsumsi oleh banyak masyarakat.

1.2 Batasan Masalah

Adapun permasalahan yang harus dibatasi pada permasalahan ini, yaitu :

1. Dibahas tentang pengaruh pengecatan pada agregat kasar (*pumice*)
2. Beton menggunakan campuran semen : pasir : batu *pumice* yaitu 1 : 2 : 3
3. Beton menggunakan campuran semen : pasir : batu *pumice* yaitu 1 : 2 : 2
4. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk balok dengan ukuran 100mm x 150mm x 1200mm
5. Jumlah benda uji masing-masing 3 buah, diantaranya beton dengan agregat biasa, beton dengan agregat batu *pumice* tanpa cat, beton dengan agregat batu *pumice* dengan cat
6. Tulangan yang dipakai berupa tulangan D8
7. Pengamatan terbatas hanya pada cat kayu (polimer)

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh pelapisan cat pada beton beragregat kasar
2. Bagaimana perbandingan antara kekuatan lentur beton batu *pumice* dicat dengan beton batu *pumice* tanpa cat dan beton normal
3. Bagaimana penyerapan air dari beton batu *pumice* tanpa cat dengan beton batu *pumice* berlapisan cat

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan, yaitu :

1. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pelapisan cat terhadap kekuatan balok beton bertulang beragregat batu *pumice*

2. Untuk mengetahui penyerapan air pada beton batu *pumice* tanpa cat dibandingkan dengan beton batu *pumice* berlapiskan cat

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah adanya tambahan pengetahuan tentang pengaruh agregat yang di cat pada beton beragregat batu *pumice*, terutama tentang kuat lentur dari beton tersebut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

2.1.1 Pengertian

Beton polos didapat dengan mencampurkan semen, agregat kasar, agregat halus dan air. semen yang terdapat dalam campuran sebagai perekat sedangkan air digunakan sebagai bahan yang membantu terjadinya reaksi kimia selama terjadinya pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat kasar dan agregat halus adalah komponen utama beton. Kekuatan beton tergantung dari banyak faktor seperti proporsi dari campuran dan kondisi temperatur dan kelembaban dari tempat dimana campuran diletakkan dan mengeras.

Beton merupakan bahan komposit, yaitu heterogen secara mikroskopis maupun makroskopis yang diperoleh dari bahan-bahan penyusunnya. Bila pembuatan beton dilakukan dengan baik maka setiap agregat akan terlapisi oleh pasta semen sehingga kualitas pasta akan sangat menentukan kualitas betonnya. Selain itu agregat sebagai bahan pengisi akan menempati 60-75% dari volume total sehingga seleksi bahan ini merupakan hal yang penting. Secara fisik beton terbagi menjadi dua bentuk, beton segar bersifat plastis, yaitu beton yang mampu dibentuk tanpa kehilangan kontinuitasnya maupun mampu mempertahankan bentuk tersebut yang ditunjukkan pada saat pencampurannya dan beton keras bersifat padat maupun kuat yang ditunjukkan setelah siap dioperasikan.

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi kimiawi dan mekanis sejumlah material pembentuknya, yang masing-masing terproses ketika pencampuran sudah dilakukan. Dengan demikian jika diperlukan untuk meningkatkan beton yang efisien, memenuhi kekuatan yang disyaratkan oleh perencana dan memenuhi persyaratan *serviceability* perlu diketahui terlebih dahulu fungsi dari masing-masing komponen tersebut.

2.1.2 Bahan Pembentuk Beton

2.1.2.1 Semen

Semen yang biasa dipakai untuk beton dinamakan semen Portland (PC). Semen ini dibuat dengan cara menghaluskan silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan dicampur

bahan gips, setelah mengeras mirip batu portland yang ada di Inggris. Komponen utama semen Portland :

- Batu kapur yang mengandung CaO (kapur, lime)
- Lempung yang mengandung komponen SiO_2 (silica), Al_2O_3 (oksida alumina), Fe_2O_3 (oksida besi).

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Meskipun definisi ini dapat diterapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan dengan semen hidraulik (*hydraulic cements*). Semen semacam ini terutama terdiri dari silikat (*silicates*) dan lime yang terbuat dari batu kapur (*kiln*) dan tanah liat (batu tulis) yang digerinda, dicampur dan dibakar didalam pembakaran kapur (*kiln*) dan kemudian ditumbuk menjadi tepung. Semen semacam ini secara kimia dicampur dengan air (*hydration*) untuk membentuk massa yang mengeras. Semen hidrolik biasa yang dipakai untuk beton bertulang dinamakan *semen portland* (*portland cement*). Hal ini dikarenakan setelah mengeras mirip dengan batu Portland yang diketemukan di dekat Dorset, Inggris.

Semen yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup agar acuan dapat dibongkar dan agar beban-beban mati dan konstruksi dapat dipikul. Kekuatan rencana dari beton yang demikian dicapai didalam waktu sekitar 28 hari. Jenis-jenis portland semen :

1. Jenis I
Konstruksi biasa dimana sifat yang khusus tidak diperlukan
2. Jenis II
Konstruksi biasa dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas dari hidrasi yang sedang
3. Jenis III
Jika kekuatan permulaan yang tinggi diinginkan
4. Jenis IV
Jika panas yang rendah dari hidrasi diinginkan
5. Jenis V
Jika daya tahan tinggi terhadap sulfat diinginkan

2.1.2.2 Air

Air yang digunakan adalah air bersih dan bebas dari kotoran organik seperti sampah maupun lempung. Agregat halus harus bersih dan bebas dari kotoran seperti sebelumnya, terdiri dari butiran-butiran mineral keras dengan bentuk hampir bulat atau tidak beraturan, tajam dan ukurannya berkisar 0,075-5 mm. Agregat kasar berupa kerikil hasil disintegrasi batuan alami atau batu pecah yang merupakan fraksi kasar mesin pemecah batu, agregat ini juga harus bersih dan bebas dari kotoran sebelumnya, terdiri dari butiran-butiran mineral keras dengan bentuk hampir bulat atau tidak beraturan, tajam dan ukurannya berkisar 5-50 mm.

2.1.2.3 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar. Ada dua jenis agregat, yaitu :

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecah-pecahan dari *blast furnace*)
2. Agregat halus (pasir alami dan batuan)

2.1.2.3.1 Agregat Kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi 1/4 in (6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. Jenis agregat kasar yang umum, yaitu :

1. Batu pecah alami

Bahan ini didapat dari cadas atau batu peecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf.

2. Kerikil alami

Kerikil ini didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir

3. Agregat kasar batuan

Umumnya berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti blast-furnace dan lain-lain.

4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat

Agregat kasar yang diklasifikasikan disini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit

Dari jenis agregat diatas, beton ringan beragregat batu *pumice* digolongkan kedalam beragregat yang berasal dari batu pecah alami.

2.1.2.3.2 Agregat halus

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran no. 4 dan no. 100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan dari ASTM.

2.2 Klasifikasi Beton

Beton dapat dibedakan atas beberapa cara. Berdasarkan berat volume (*unit weight*) dibedakan menjadi :

- Beton normal, yaitu beton dengan agregat batu normal yang mempunyai berat volume beton antar $2,2-2,4 \text{ ton}/\text{m}^3$
- Beton ringan, yaitu beton dengan agregat batu ringan yang mempunyai berat volume beton tidak lebih dari $1,9 \text{ ton}/\text{m}^3$
- Beton Berat, yaitu beton dengan agregat batu berat yang mempunyai berat volume beton antara $2,8 - 3,8 \text{ ton}/\text{m}^3$

2.3 Beton Ringan

Beton ringan diproduksi dengan berbagai cara dan ini semua tergantung dari adanya rongga udara dalam agregat, atau pembentukan rongga udara pada beton dengan menghilangkan agregat

halus atau dengan menambahkan beberapa bahan tambahan pada pasta semen yang menyebabkan busa. Pada beberapa jenis, kedua cara tersebut dapat dikombinasikan.

Beton ringan bukan saja diperhitungkan karena beratnya yang ringan, tetapi juga karena isolasi suhu yang tinggi dibandingkan dengan beton biasa. Umumnya, pengurangan kepadatan diikuti dengan kenaikan isolasi suhu, meskipun terdapat penurunan kekuatan.

Beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat ringan halus dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat maksimum beton 1840 kg/m³ dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural. (Kuat tekan minimum 28 MPa untuk berat isi maksimum 1840 kg/m³, dengan kuat tarik 2,3 MPa dan kuat tekan 21 MPa untuk berat isi maksimum 1780 dengan kuat tarik rata-rata 2,1 MPa).

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi agar menjadi beton ringan, yaitu :

Tabel 2.1 Persyaratan susunan butir agregat ringan beton ringan struktural

Ukuran	Prosentase yang lulus angka (% berat)								
	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,60	0,3
Agregat halus : (4,75 – 0) mm	-	-	-	100	85-100	-	40-80	10-35	5-25
Agregat kasar : (25,0 – 4,75) mm	95-100	-	25-60	-	0-10	-	-	-	-
(19,0 – 4,75) mm	100	90-100	-	10-50	0-15	-	-	-	-
(12,5 – 4,75) mm	-	100	90-100	40-80	0-20	0-10	-	-	-
(9,5 – 2,36) mm	-	-	100	80-100	5-40	0-20	0-10	-	-
Kombinasi agregat halus & kasar : (12,5 – 8,0)mm	-	100	95-100	-	50-80	-	-	5-20	2-15
(9,5 – 8) mm	-	-	100	90-100	65-90	35-65	-	10-25	5-15

Sumber : SNI 03-2461-2002

Tabel 2.2 Persyaratan sifat fisis agregat ringan beton ringan struktural

No	Sifat fisis	Persyaratan
1	Berat jenis	1,0 – 1,8
2	Penyerapan air maksimum (%), setelah direndam 24 jam	20
3	Berat isi maksimum :	
	- gembur kering (kg/cm)	1120
	- agregat halus	880
	- agregat kasar	1040
	- campuran agregat kasar dan halus	60
4	Nilai presentase volume padat (%)	9 – 14
5	Nilai 10 % kehalusan (ton)	
6	Kadar bagian yang terapung setelah direndam dalam air 10 menit maksimum (%)	5
7	Kadar bahan yang mentah (clay dump) (%)	<1
8	Nilai keawetan, jika dalam larutan magnesium sulfat selama 16 – 18 jam, bagian yang larut maksimum (%)	12

CATATAN :

Nilai keremukan ditentukan sebagai hasil bagi banyaknya fraksi yang lolos pada ayakan 2,4 mm dengan banyaknya bahan agregat kering oven semula dikalikan 100 %

Sumber : SNI 03-2461-2002

Tabel 2.3 Persyaratan kuat tekan rata-rata beton ringan struktural

Berat isi kering udara 28 hari, maksimum (kg/cm ³)	Kuat tarik belah (tidak langsung) rata-rata (MPa)	Kuat tekan rata-rata, 28 hari, minimum (MPa)
	Semua agregat ringan	
1760	2,2	28
1680	2,1	21
1600	2,0	17
	Agregat ringan dan pasir	
1840	2,3	28
1760	2,1	21
1680	2,0	17

CATATAN 1 Nilai kuat tekan dan berat isi diambil dari rata-rata 3 buah benda uji sedangkan kuat tarik belah diambil rata-rata dari 6 benda uji,

CATATAN 2 Nilai antara untuk kekuatan tekan dan nilai berat isi yang berkait dapat diperoleh dengan penambahan atau interpolasi,

CATATAN 3 Bahan-bahan yang tidak memenuhi persyaratan kuat tarik rata-rata minimum dapat digunakan bila rancangannya dimodifikasi untuk mengimbangi nilai yang lebih rendah,

CATATAN 4 1 MPa \approx 10 kg/cm².

Sumber : SNI 03-2461-2002

2.4 Agregat Ringan

Agregat ringan digunakan untuk menghasilkan beton yang ringan dalam sebuah bangunan yang memperhitungkan berat dirinya. Agregat ringan digunakan dalam bermacam produk beton, misalnya bahan-bahan untuk isolasi atau bahan untuk pracetak. Agregat ini terbanyak digunakan untuk beton-beton pracetak. Beton yang dibuat dengan agregat ringan mempunyai sifat tahan api yang baik.

Yang dimaksud dengan :

1. Agregat ringan adalah agregat dengan berat isi kering oven gembur maksimum 1100 kg/m^3
2. Agregat ringan alami adalah agregat yang diperoleh dari bahan-bahan alami seperti batu apung, skoria atau tufa
3. Agregat ringan buatan adalah agregat yang dibuat dengan membekahkan melalui proses pemanasan bahan-bahan, seperti terak dari peleburan besi, tanah liat, diatome, abu terbang, abu sabak, batu serpih, batu lempung, perlit dan vermikulit.

Beton dengan agregat batu apung merupakan agregat alamiah yang ringan serta umum penggunaannya. Asalkan bebas dari debu vulkanik yang halus dan bahan yang bukan vulkanik asalnya seperti lempung, batu apung menghasilkan beton ringan yang memuaskan dengan berat jenis antara 720 kg/m^3 dan 1440 kg/m^3 . Batu apung memberikan isolasi panas yang lebih baik dibandingkan dengan beton ringan lainnya.

2.5 Aplikasi Batu Pumice

2.5.1 Rumah dengan Dinding Beton Pumice

Rumah yang menggunakan dinding beton batu pumice, memiliki beban dinding yang terbuat dari beton batu pumice yang di cor di tempat. Pengecoran ini didirikan dan terletak pada pondasi, ketebalannya mencapai 15-25 cm dan dapat diperkuat dengan baja untuk memberikan perlindungan terhadap gempa bumi. Dinding ini dapat ditambahkan dengan cat untuk menghaluskan permukaannya.

2.5.2 Rumah dengan Batu Bata Beton Pumice

Batu batu beton pumice sangat ringan dan oleh karena itu mudah untuk dipindahkan. Dinding rumah dapat dilapisi ataupun diplester dan penambahannya hingga ketinggian 30-50

cm yang dianjurkan. Dinding ketebalan sekitar 15 cm akan cukup untuk sebuah rumah berlantai satu tetapi baiknya ketebalan dinding harus ditingkatkan.

Hal diatas adalah beberapa contoh aplikasi penggunaan batu pumice dan masih banyak contoh lainnya.

2.6 Penyerapan Air pada Batu Pumice

Karakteristik penimbangan penyerapan air dari agregat dengan ukuran 4-8 mm, didapatkan bahwa tingkat penyerapan air pada agregat kontrol sebesar 48,2 %. Tingkat penyerapan air pada agregat menurun dibandingkan dengan kontrol dikarenakan adanya pelapisan polimer dengan hasil 76 % pada SNMC, 95 % pada KBP dan 80 % pada PLP dan pada agregat dengan ukuran lubang sebesar 8-16 mm, didapatkan 78 % pada SNMC, 85 % pada KBP dan 76 % pada PLP. Didapatkan bahwa selama 24 jam tingkat penyerapan air tidak melebihi 20 % pada agregat halus dan 30 % pada agregat kasar ketika hasil tes dibandingkan dengan yang diwajibkan pada literatur.

Tabel 2.4 Perbandingan penyerapan air pada agregat

The physical testing results of uncoated and coated aggregates.

Mixtures	Specific weight (g/cm ³)			Loose bulk density (kg/m ³)			Water absorption rates (%)		
	0-4 (mm)	4-8 (mm)	8-16 (mm)	0-4 (mm)	4-8 (mm)	8-16 (mm)	0-4 (mm)	4-8 (mm)	8-16 (mm)
Control	1.57	1.03	0.98	225	272	221	48.2	43.1	34.0
SNMC	1.57	1.25	1.20	225	282	230	48.2	10.2	7.6
KBP	1.57	1.37	1.28	225	315	290	48.2	2.1	4.8
PLP	1.57	1.51	1.45	225	330	245	48.2	8.5	8.1

Sumber : Ozlem Salli Bideci dkk (2013)

2.7 Polimer untuk Pelapisan Agregat

Pelapisan agregat diaplikasikan pada butiran 4-8 mm dan 8-16 mm. Agregat dilapisi dengan menyemprotkan polimer dengan metode konvensional termasuk yaitu dengan cat semprot. Namun selain itu juga terdapat polimer yang tidak dapat disemprot menggunakan alat tersebut dikarenakan polimer yang terlalu tipis. Polimer tadi digunakan untuk membuat permukaan agregat sepenuhnya terlapisi dan untuk mencapai ketebalan lapisan yang diinginkan. Agregat yang dilapisi tadi dikeringkan dengan suhu 23 ± 2 C selama 96 jam.

2.8 Cat Polimer

Ada beberapa macam polimer, namun dalam penelitian tertentu ada yang menggunakan tiga polimer dalam penelitian pelapisan agregat, ketiga polimer tersebut tertera pada tabel beserta dengan sifat-sifat polimer tersebut :

Tabel 2.5 cat polimer pada penelitian terdahulu

Polymers used in codes and properties.

Properties	Codes of polymers [13]		
	SNMC	KBP	PLP
Structure of materials	Polyurethane modified bitumen	Polyurethane modified bitumen	Polyester modified bitumen
Color	Black	-	(ISO 2211) Max. 100 hazen
Tensile strength	(ASTM D 412) 1.70 N/mm ²	(7 days DIN 53 504) 5.0 N/mm ²	(ISO 0527) 6.6 N/mm ²
Elongation at break	(ASTM D 412) %1200	(7 gün DIN 53 504) >%200	(ISO 0178) %5.94
Service temperature	-40 °C + 80 °C	-30 °C + 80 °C	-
Density	-	1.45 g/cm ³	1.125 g/cm ³
Drying time	-	(23 °C, % 50 moisture) 12-24 h	-

Sumber : Ozlem Salli Bideci dkk (2013)

Pada tabel diatas disebutkan Sonomeric 1, KB PUR 214 dan POLIPOL 3455 yang masing-masing memiliki spesifikasi tertentu seperti untuk mendapatkan lapisan mulus dan tahan air, tak hanya itu ada juga yang berguna mengisi rongga-rongga dengan baik namun kapasitas menyusutnya rendah.

2.9 Bahan Campuran Tambahan

Bahan campuran tambahan (*admixtures*) adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen, yang ditambahkan ke dalam campuran sesaat atau selama pencampuran. Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar “menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi”. Jenis bahan tambahan yang paling utama diringkas sebagai berikut :

1. Bahan tambahan pemercepat (*accelerating admixtures*)

2. Bahan tambahan untuk *air-entraining* (*air-entraining admixtures*)
3. Bahan tambahan pengurang air dan pengontrol pengeringan
4. Bahan tambahan pengalus gradasi (*finely divided mineral admixtures*)
5. Bahan tambahan untuk mengurangi/menghapus *slump*
6. Polimer
7. *Superplasticizer*

Campuran dapat dipakai untuk merubah sifat dari beton agar dapat berfungsi lebih baik atau agar lebih ekonomis. Beberapa kegunaan yang penting dari campuran, yaitu :

1. Meningkatkan daya tahan terhadap kemunduran mutu akibat siklus dari pembekuan-pencarian dan dari penggunaan garam pulmer es
2. Meningkatkan kelayakan tanpa menambahkan kadar air, atau untuk mengurangi kadar air dengan kelayakan yang sama
3. Untuk mempercepat perkembangan kekuatan pada usia dini
4. Memperlambat perkembangan dan dengan kemungkinan mengurangi evolusi suhu
5. Meningkatkan kekuatan.

2.10 Beton Bertulang

Merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan yaitu beton polos, yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah dan batangan-batangan baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. Baja tulangan yang mampu memikul tekan dan tarik juga dipakai untuk menyediakan sebagian dari daya dukung kolom dan beton kadang-kadang di dalam daerah tekan balok. Baja dan beton dapat bekerjasama atas dasar lekatan yang mencegah selip (*slip*) dari baja relatif terhadap beton, campuran beton yang memadai memberikan sifat anti resap yang cukup dari beton untuk mencegah karat baja dan angka kecepatan muai yang hampir serupa.

2.11 Batu Pumice

Batu pumice terbentuk ketika lava cair yang kaya SiO_2 dari letusan gunung berapi yang suhunya telah turun sampai pada titik batu terasa dingin. Densitas dari batu apung yang rendah disebabkan adanya gelembung gas di lava cair yang terjebak saat pendinginan terjadi. Memiliki banyak rongga yang sangat kecil dan saling terhubung didalam batu tersebut.

Kekuatan agregat berkisar dari sangat lemah dan berpori, hingga kuat dan kurang berpori. Absorpsi pada batu pumice umumnya tinggi tergantung porositas dan ukurannya. Salah satu hal yang membuat batu pumice digunakan dalam beton ringan struktural yaitu densitas rendah dan kekuatan yang relatif tinggi. Sifat fisik batu pumice, yaitu:

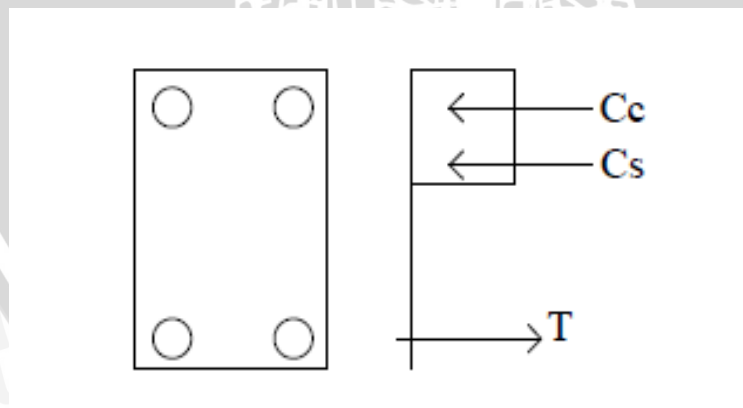
Tabel 2.6 Sifat fisik batu pumice

Unsur	Kapasitas
Bobot isi ruang	480-960 kg/cm ³
Peresapan air	16,67%
Berat jenis	0,8 gr/cm ³
Hantaran Suara	Rendah
Ratio kuat tekan terhadap beban	Tinggi
konduktivitas terhadap api	Rendah
Ketahanan terhadap api	sampai 6 jam

Sumber : Batuan Mineral (1983)

2.12 Kuat Lentur Balok

Kuat lentur balok beton benda uji pada setiap kelompok dapat dihitung dengan rumus :



Gambar 2.1

Gambar diagram tegangan-regangan beton bertulang

$$C_c = 0,85.f'c.a.b \times (d - \frac{a}{2})$$

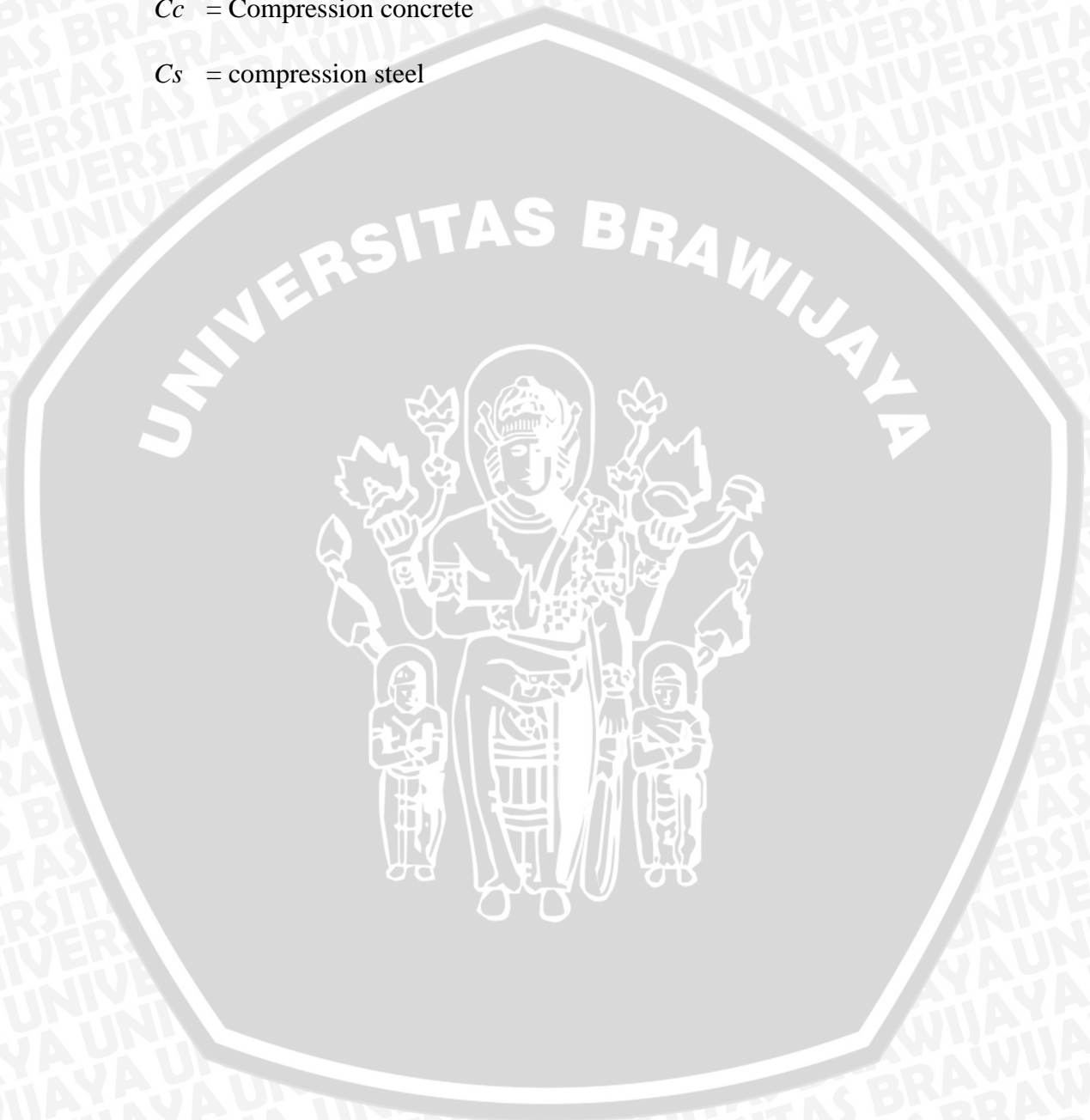
$$C_s = A_s' \cdot f_s' \times (d-d')$$

$$M_n = C_c + C_s \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan : M_n = Momen Nominal (kg.m)

C_c = Compression concrete

C_s = compression steel



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Struktur Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang dan dilaksanakan pada bulan Mei-Agustus.

3.2 Pembatasan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan pembatasan-pembatasan sebagai berikut :

- a. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- b. Semen yang digunakan adalah Semen Gresik Type 1
- c. Air yang digunakan berasal dari air PDAM Kota Malang
- d. Cat yang digunakan adalah cat polimer
- e. Agregat kasar yang dipakai adalah batu *pumice* yang berasal dari letusan Gunung Kelud
- f. Pengujian kuat lentur balok dilakukan pada saat balok berumur 28 hari
- g. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan alat uji Compression testing Machine

3.3 Alat dan Bahan

Sebelum melakukan penelitian, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah persiapan alat dan bahan.

- a. Persiapan alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

- Alat uji Tekan (Compression Testing Machine)
- Alat Uji Slump (Kerucut Abrams) dan tongkat penumbuknya
- Cetakan balok dengan ukuran 100mm x 150mm x 1200mm
- Mesin pengaduk campuran beton (molen)
- Gelas ukur
- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr dan 10 gr
- Tongkat pematik

- Ember
- Sekop
- Sendok semen
- Saringan
- Talam
- Dongkrak hidrolik
- *Proving ring* pembaca beban
- Satu set ayakan

b. Bahan-bahan

Bahan-bahan yang diperlukan, yaitu :

- Semen Gresik
- Agregat Kasar (kerikil) adalah agregat berasal dari batu *pumice* yang berasal dari letusan Gunung Kelud dan agregat kasar normal dari pasaran
- Agregat kasar kerikil normal yang didapatkan dari daerah Kotamadya Malang
- Agregat halus berupa pasir yang didapatkan dari daerah Kotamadya Malang
- Air yang digunakan adalah air bersih dari PDAM Kotamadya Malang
- Baja tulangan yang didapat dari pasaran

3.4 Analisa Bahan yang Digunakan

3.4.1 Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah Semen Gresik. Pada bahan semen ini tidak dilakukan pengujian khusus.

3.4.2 Air

Air yang digunakan pada penelitian ini adalah air bersih yang berasal dari PDAM Kota Malang, maka dari itu tidak dilakukan pengujian secara khusus.

3.4.3 Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir. Pasir yang didapat dari pasaran akan tetap dijaga dari adanya kotoran organik dan non organik maupun lumpur

3.4.4 Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini terdapat dua macam, yaitu agregat kasar *batu pumice* dan kerikil batu pecah.

3.4.5 Baja Tulangan

Pada penelitian ini beton yang diteliti menggunakan tulangan.

3.5 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan 9 (sembilan) benda uji yang masing-masing benda uji memiliki perlakuan sebagai berikut :

- a. 3 buah balok berukuran 100mm x 150mm x 1200mm dengan campuran berat semen : pasir : kerikil yaitu 1 : 2 : 3
- b. 3 buah balok berukuran 100mm x 150mm x 1200mm dengan campuran berat semen : pasir : *batu pumice* yaitu 1 : 2 : 2
- c. 3 buah balok berukuran 100mm x 150mm x 1200mm dengan campuran berat semen : pasir : *batu pumice* yang dilapisi cat yaitu 1 : 2 : 2

Sebelum melaksanakan penelitian diperlukan rancangan penelitian agar pengerjaan penelitian tidak menyimpang dan tetap berada pada batas yang diharapkan, rancangan penelitian tersebut yaitu :

1. Studi literatur

Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pelapisan cat pada agregat batu pumice yang diuji kuat tekannya pada silinder beton. Literatur ini juga untuk menambahkan referensi tentang penyerapan agregat dan kuat tekan dari silinder.

2. Persiapan bekisting

Bekisting dengan ukuran 100mm x 150mm x 1200mm menggunakan triplek

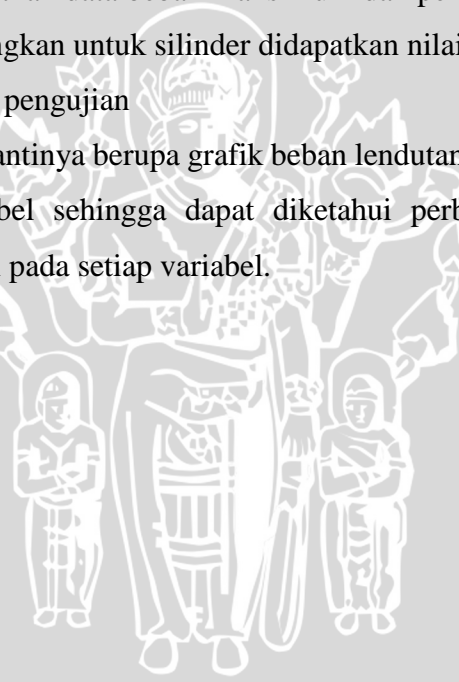
3. Persiapan material benda uji

Berupa beton agregat kerikil normal, beton ringan agregat batu pumice dan beton ringan agregat batu pumice yang dilapisi cat. Persiapan ini juga meliputi persiapan bahan pembuatan beton, tulangan dan cat. Setelah semua bahan telah siap, kemudian dilakukan mix design dengan perbandingan yang telah ditentukan.

4. Perawatan

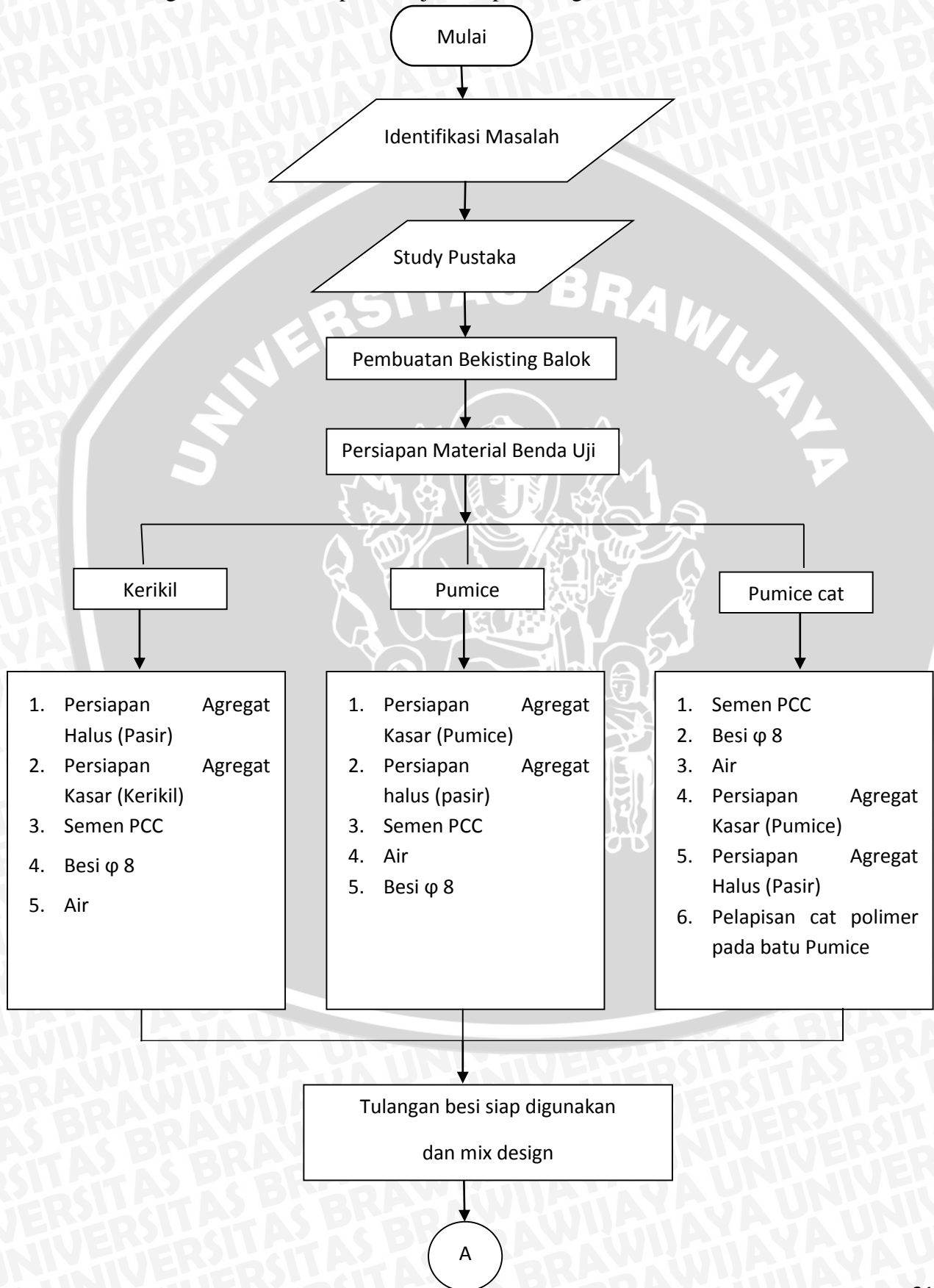
Benda uji silinder dan balok dilakukan curing selama 7 hari, lalu benda uji dikeringkan kering udara selama 28 hari dengan sesekali dibasahi permukaannya.

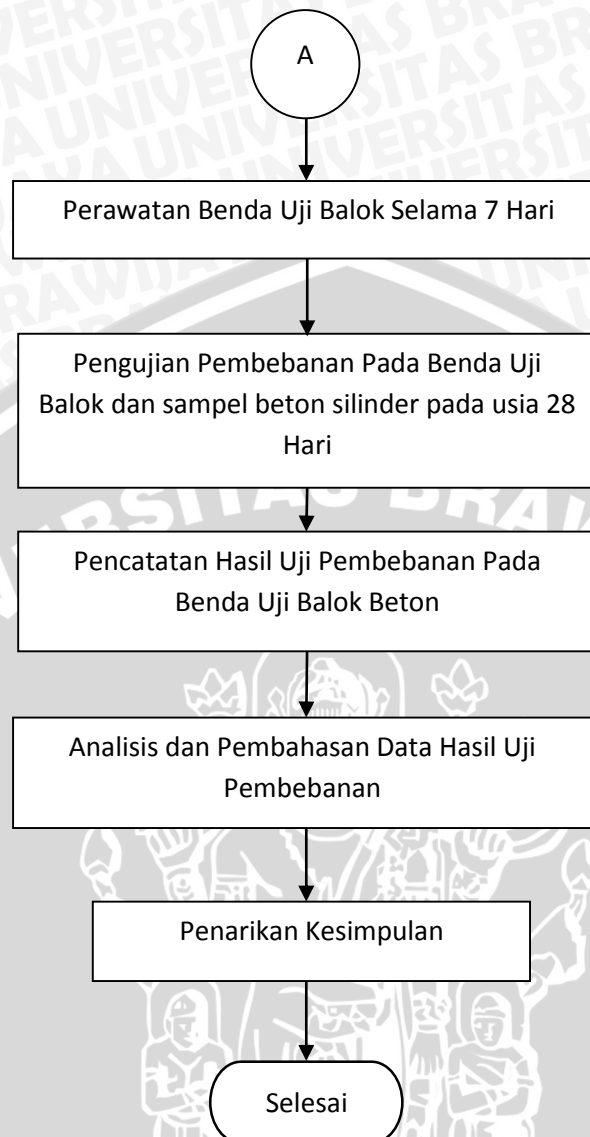
5. Pengujian tekan dan pembebanan untuk beton silinder yang sudah disiapkan dan balok pada umur 28 hari
6. Pembacaan Pada saat pengujian pembebanan pada usia 28 hari. Pertama dilakukan dengan metode load control, pembebanan dilakukan dengan interval 50 Kg sampai didapatkan beban maksimum, ketika beban tidak dapat bertambah lagi artinya beban maksimum telah tercapai. Metode displacement control menjadi metode pembacaan yang dilakukan setelah beban maksimum didapatkan.
7. Pengolahan dan Analisa data hasil pengujian di laboratorium Pengujian ini mendapatkan data beban maksimum dan penurunan yang terjadi pada balok yang diuji, sedangkan untuk silinder didapatkan nilai kuat tekannya.
8. Pembahasan data hasil pengujian Pembahasan data ini nantinya berupa grafik beban lendutan yang akan dibandingkan terhadap ketiga variabel sehingga dapat diketahui perbandingan kekuatan dan penurunan yang terjadi pada setiap variabel.
9. Penarikan Kesimpulan



3.6 Langkah-langkah Penelitian

Untuk langkah Penelitian dapat ditunjukkan pada diagram alir berikut :





3.7 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan benda uji dalam penelitian ini, adalah dengan cara membuat 3 (tiga) balok beton dengan campuran berat semen : pasir : Kerikil yaitu 1 : 2 : 3 sebagai balok kontrol dari 6 (enam) balok yang terdiri dari 3 balok dengan campuran berat semen : pasir : *batu pumice* yaitu 1 : 2 : 2 dan 3 (tiga) balok yang lainnya dengan campuran berat semen : pasir : *batu pumice* yang dilapisi cat yaitu 1 : 2 : 2. Pengambilan data dilakukan dengan cara mengamati dan mencatat hasil pengukuran beban P maksimum.

3.8 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap dua macam variabel. Variabel penelitian yang diukur adalah sebagai berikut :

- Variabel bebas (independent variabel) adalah variabel yang perubahannya bebas ditentukan peneliti. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi penggunaan agregat kasar (beton dengan agregat kasar batu pecah, beton dengan agregat kasar batu *pumice*, beton agregat kasar batu *pumice* dengan cat polimer).
- Variabel tak bebas (dependent variabel) adalah variabel yang tergantung dari variabel bebas, dalam penelitian ini adalah nilai kuat tekan beton dan beban maksimum.

3.9 Analisis Data

Kuat lentur balok beton benda uji pada setiap kelompok dapat dihitung dengan rumus (2.1)

3.10 Hipotesis Awal

Hipotesis sementara yaitu adanya pengaruh pelapisan cat pada agregat kasar *batu pumice* dikarenakan bidang kontak antar agregat akan terhalang oleh lapisan cat dan tarikan dengan semen berkurang sehingga dapat mengurangi kekuatan beton itu sendiri, begitu juga berat beton akan semakin bertambah dikarenakan cat yang melapisi agregat *batu pumice* akan mengisi rongga-rongga.

Untuk penyerapan air pada agregat batu *pumice* akan lebih tinggi dibandingkan dengan agregat batu *pumice* yang dilapisi cat dikarenakan rongga-rongga yang terdapat pada agregat batu *pumice* sebagian besar telah terisi oleh cat yang digunakan sebagai pelapisan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Bahan

4.1.1 Semen

Semen yang digunakan adalah Semen Portland type 1 yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik yang mana umumnya digunakan untuk bangunan dan tidak memerlukan persyaratan khusus. Pada semen ini tidak dilakukan pemeriksaan lebih lanjut karena telah memenuhi syarat.

4.1.2 Air

Air merupakan suatu material yang sangat berpengaruh dalam pengecoran, air dalam prosesnya akan bercampur dengan semen dan akan beraksi bersama dalam proses pengerasan beton. Dalam penelitian ini air yang digunakan adalah air PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) Kotamadya Malang. Air ini tidak dilakukan penganalisaan lebih lanjut karena telah memenuhi persyaratan.

4.1.3 Agregat Halus

Pada penelitian ini agregat halus yang digunakan adalah pasir alam yang berasal dari Malang. Pada agregat halus ini dilakukan pengujian gradasi agregat dilakukan dengan pengayakan yang prakteknya menggunakan serangkaian alat pengayak pasir. Hasil analisa ujian gradasi dapat dilihat pada lampiran, selanjutnya persen kumulatif dan ukuran saringan diplotkan dalam suatu grafik agar mendapatkan zona pasir. Dari hasil pengeplotan diketahui bahwa pasir termasuk dalam zona 2.

4.1.4 Agregat Kasar

Batu Pumice yang digunakan berasal dari Gunung Kelud, pada penelitian ini batu tersebut digunakan sebagai agregat kasar. Pada agregat halus ini dilakukan pengujian gradasi agregat dilakukan dengan pengayakan yang prakteknya menggunakan serangkaian alat pengayak. Hasil pengeplotan dari data yang didapatkan saat penelitian menunjukkan bahwa agregat kasar termasuk kedalam max 40mm.



4.1.5 Penyerapan Agregat Kasar

Penyerapan atau absorpsi agregat kasar adalah banyaknya air yang terkandung dalam kerikil. Pada agregat kasar ini didapatkan nilai penyerapannya, yaitu :

Tabel 4.1 Penyerapan Agregat Kasar

Keterangan	Pumice	Pumice cat	Kerikil
Penyerapan air	14,0%	10,1%	3,2%

Sumber : Hasil Penelitian

4.2 Pengujian Beton Segar

Pada saat dilakukan pencampuran material pembentuk beton, masing-masing beton memiliki fungsi spesifik. Salah satunya adalah air yang merupakan sangat berpengaruh dalam proses pencampuran. Pada saat pencampuran bila material terlalu banyak air akan mengakibatkan terlalu encernya material dan bila air yang diberikan terlalu sedikit akan membuat proses sulit saat pencampuran sehingga pada saat pencampuran perlu dilakukan uji slump agar didapatkan hasil yang optimal pada pencampuran beton. Alat yang digunakan untuk pengujian slump adalah kerucut Abrams yang berbentuk corong tanpa tutup dibagian bawah dan atas corong, dengan masing-masing ukuran diameter berbeda yang mana bagian bawah diameter berukuran 20 cm dan bagian atas berdiameter 10 cm.

Dalam prosesnya, alat kerucut Abrams diisi dengan beton segar dalam 3 lapisan, masing-masing lapisan setiap sepertiga volume corong dilakukan penusukan sebanyak 25 kali secara merata. Setelah penuh ratakan permukaan dan biarkan beberapa detik lalu perlahan-lahan corong diangkat. Balikkan cetakkan corong dan dapatkan nilai slump dengan cara ukur penurunan beda tinggi dengan alat ukur.

4.3 Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan agar menghindari proses hidrasi yang berlebihan pada beton sehingga meminimalkan terjadinya retakan pada beton, yang mana retakan-retakan yang

muncul pada beton yang mengeras menyebabkan berkurangnya nilai kekuatan pada beton. Perawatan beton yang dilakukan, yaitu:

- a. benda uji dibungkus dengan plastik setelah dikeluarkan dari cetakan
- b. plastik tersebut dibasahi secukupnya dan baru dilepas setelah benda uji berumur 7 hari
- c. setelah dilakukan pelepasan plastik, benda uji dibiarkan kering udara selama 28 hari.

4.4 Pengujian Beton Keras

Setelah beton mengeras, dilakukan pengujian kuat tekan silinder dan kuat lentur balok.



Gambar 4.1
Pembebanan balok

4.4.1 Pengujian Berat Volume Beton

Penelitian ini menggunakan benda uji balok dengan ukuran 100mm x 150mm x 1200mm dan benda uji silinder dengan ukuran 8 cm x 16 cm. Untuk mendapatkan volume benda uji harus dilakukan penimbangan masing-masing benda uji. Setelah ditimbang, didapatkan berat benda uji lalu berat benda uji dijumlah dan dicari rata-ratanya.

Berat beton didapatkan lalu dicari berat volume benda uji, dengan cara :

$$\rho = \frac{w}{v}$$

Dengan : ρ = berat volume beton (kg/m^3)

W= berat benda uji silinder (kg)

V = volume benda uji silinder (m³)

Berat volume beton yang didapatkan dari hasil penggunaan rumus

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan berat volume silinder

No.	Silinder	berat	volume	berat jenis
		(kg)	(m ³)	(kg/m ³)
1	Kerikil	1,75	0,000804	2.176,62
2	Pumice	1,65	0,000804	2.052,24
3	Pumice Cat	1,6	0,000804	1.990,05

Sumber : Hasil Penelitian

4.4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian yang dilakukan agar mendapatkan nilai kuat tekan beton (f'c) pada penelitian yang menggunakan silinder dengan ukuran diameter 8 cm dan tinggi 16 cm, yaitu dengan menggunakan rumus :

$$f'c = P/A \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana, f'c= Kuat tekan beton (N/mm²)

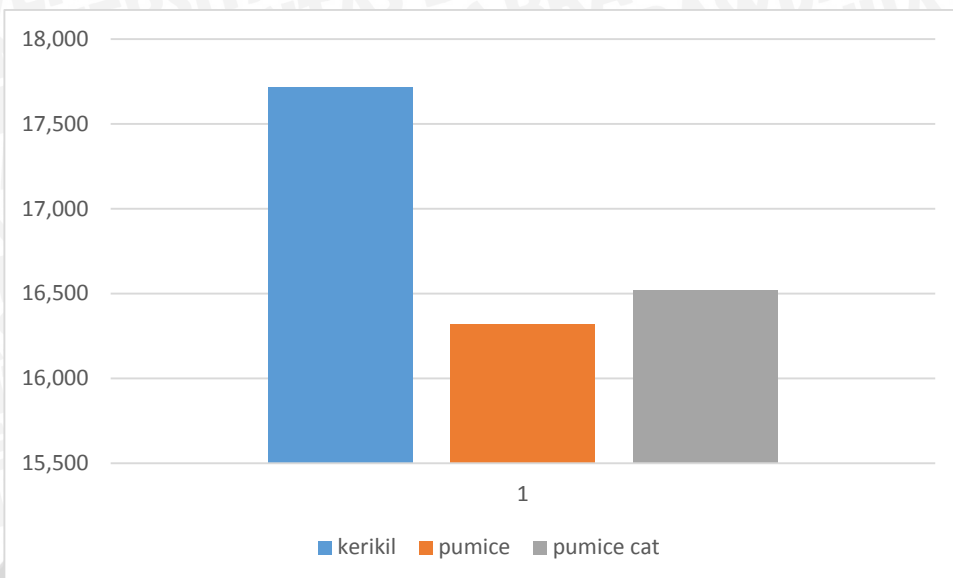
P = Beban (N)

A = Luas penampang (mm²)

Tabel 4.3 Hasil pengujian kuat tekan silinder

No.	Silinder	P		A	f'c
		(kN)	(N)	mm ²	(N/mm ²)
1	Kerikil	89	89000	5024	17,715
2	Pumice	82	82000	5024	16,322
3	Pumice Cat	83	83000	5024	16,521

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4.2

Diagram batang kuat tekan silinder



Gambar 4.3

Pengujian kuat tekan silinder

4.5 Pengujian Hipotesis

Pada hipotesis penelitian diperkirakan bahwa pelapisan cat pada batu pumice akan berpengaruh terhadap nilai kekuatan beton dan berat dari beton, maka untuk mendukung hipotesis tersebut perlu dilakukan pengujian.

4.5.1 Penyerapan Air Pada Agregat Kasar

Penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel yang dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya.

Angka penyerapan digunakan untuk menghitung perubahan berat dari suatu agregat akibat air yang menyerap ke dalam pori diantara partikel utama dibandingkan dengan pada saat kondisi kering, ketika agregat tersebut dianggap telah cukup lama kontak dengan air sehingga air telah menyerap penuh. Agregat yang diambil dari bawah muka air tanah akan memiliki penyerapan yang lebih besar apabila digunakan, bila tidak dibiarkan mengering. Untuk agregat yang telah kontak dengan air dan terdapat air bebas pada permukaan partikelnya, persentase air bebasnya dapat ditentukan dengan mengurangi penyerapan dari kadar air total.

Pengujian benda uji antara agregat kerikil normal, agregat *pumice*, agregat *pumice* cat yang mana pada saat masing-masing agregat masih berada dalam keadaan kering. Pada masing-masing agregat ditimbang sebanyak 5 Kg untuk dilakukan pengujian penyerapan air, yang mana pada prakteknya agregat diletakkan ke dalam wadah ember dengan terisi penuh agregat lalu ditambahkan air ke dalam wadah tersebut sampai agregat terendam penuh dengan air dan ditunggu selama 1 hari untuk dilihat hasil penyerapannya.

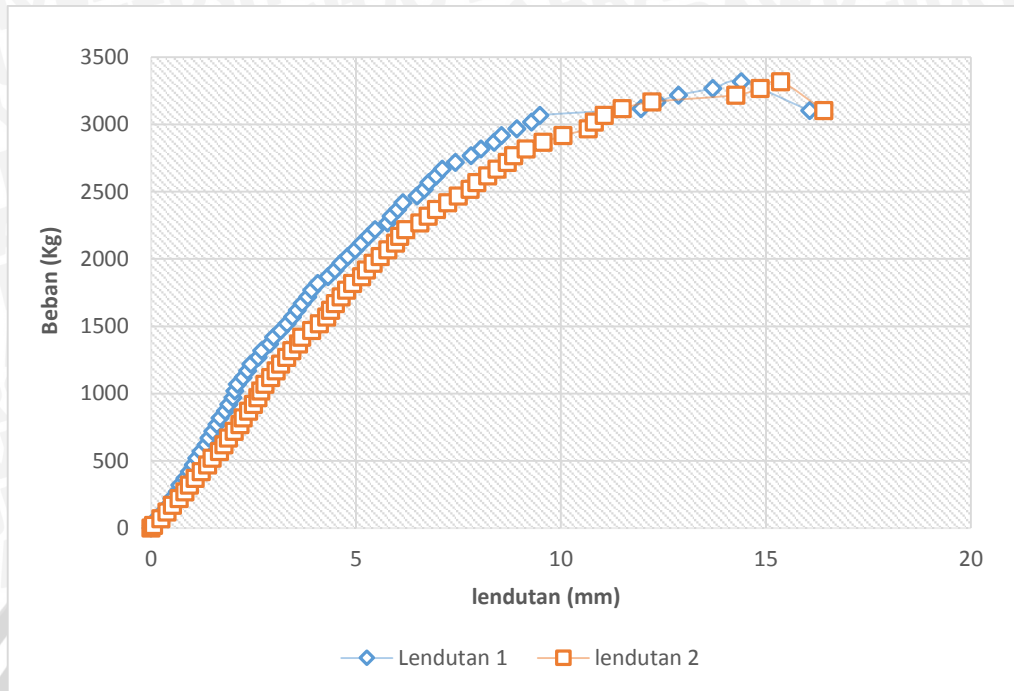
Tabel 4.4 Data Penyerapan air oleh agregat kasar keseluruhan

	Pumice tanpa cat	Pumice dengan cat	Kerikil
Benda Uji Kering Udara (Bk) (gram)	1000	1000	1000
Benda Uji Jenuh Kering Permukaan (Bj) (gram)	1140	1101	1032
Benda uji Jenuh Kering permukaan dalam air (Ba) (gram)	525	485	635
Berat Jenis Curah :			
$\frac{Bk}{(Bj - Ba)}$	1,626	1,623	2,519
Berat Jenis Jenuh kering permukaan			
$\frac{Bj}{(Bj - Ba)}$	1,854	1,787	2,599
Berat Jenis semu :			
$\frac{Bk}{(Bk - Ba)}$	2,105	1,942	2,740
Penyerapan air			
$\frac{Bj - Bk}{Bk}$	14,0%	10,1%	3,2%

Sumber : Hasil penelitian

4.5.2 Analisis Kuat Lentur Balok

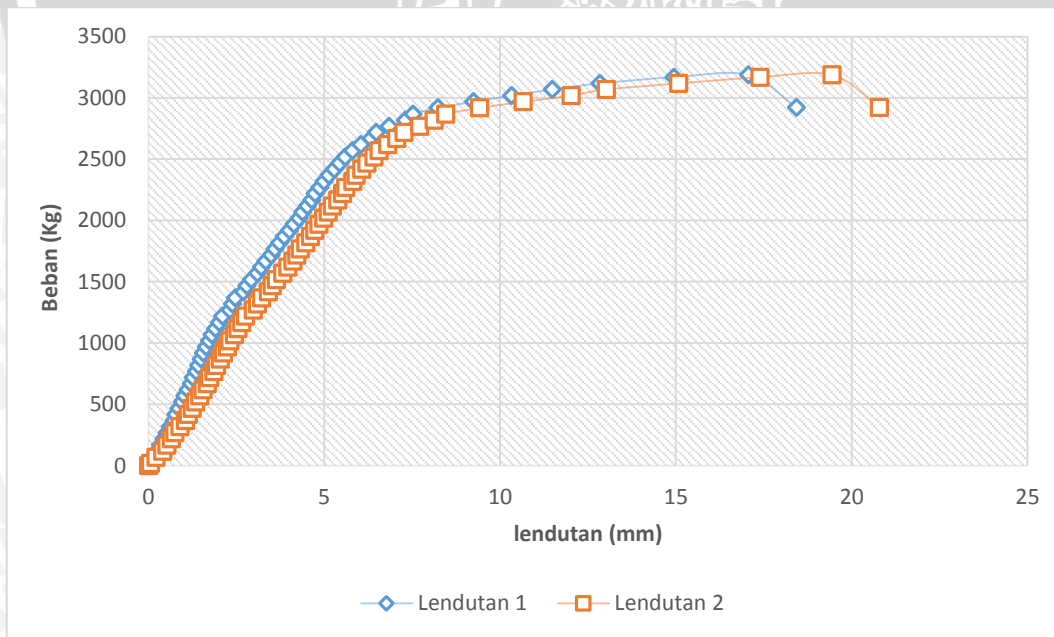
Balok untuk kuat lentur ini merupakan balok bertulangan rangkap yang mana terdapat tulangan tarik dan juga tulangan tekan. Dua tulangan ini membantu kekuatan balok baik terhadap tekan dan tarik, terlebih beton mengalami kelemahan terhadap tarik sehingga tulangan tarik semakin mempengaruhi kekuatan struktur dari suatu balok.



Gambar 4.4

Diagram garis beban lendutan beton agregat kerikil 1

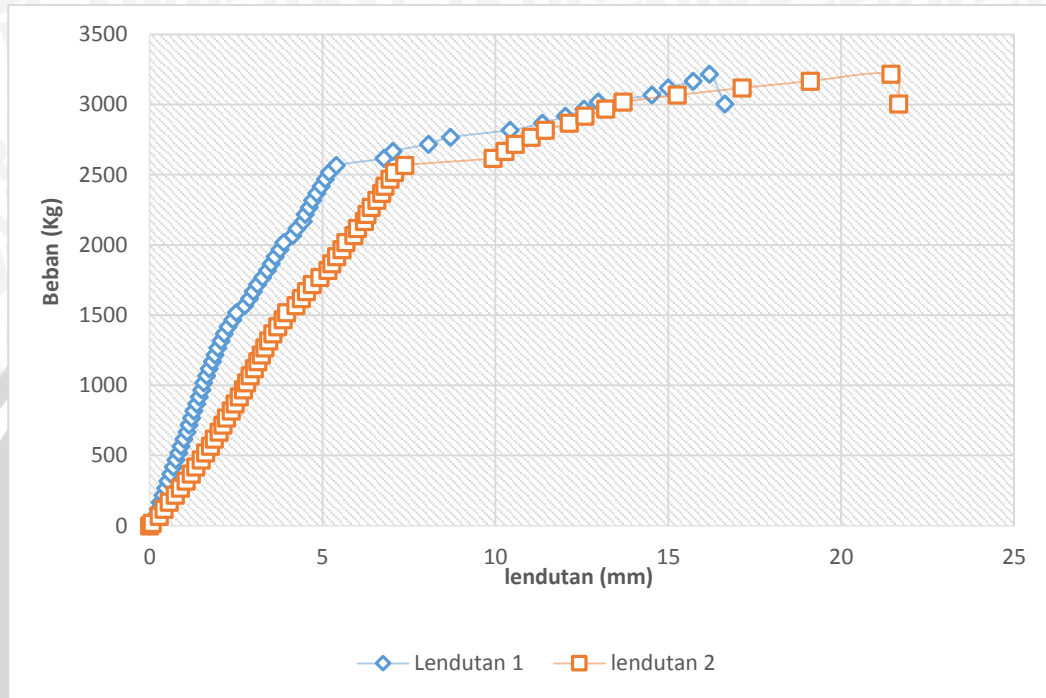
Pada Gambar 4.4 didapatkan lendutan yang mencapai 16 mm dengan beban maksimum 3318,02 Kg. Pada beban tersebut beton mencapai titik maksimum lalu mengalami fase runtuh yang mana beban menurun namun lendutan meningkat.



Gambar 4.5

Diagram garis beban lendutan beton agregat kerikil 2

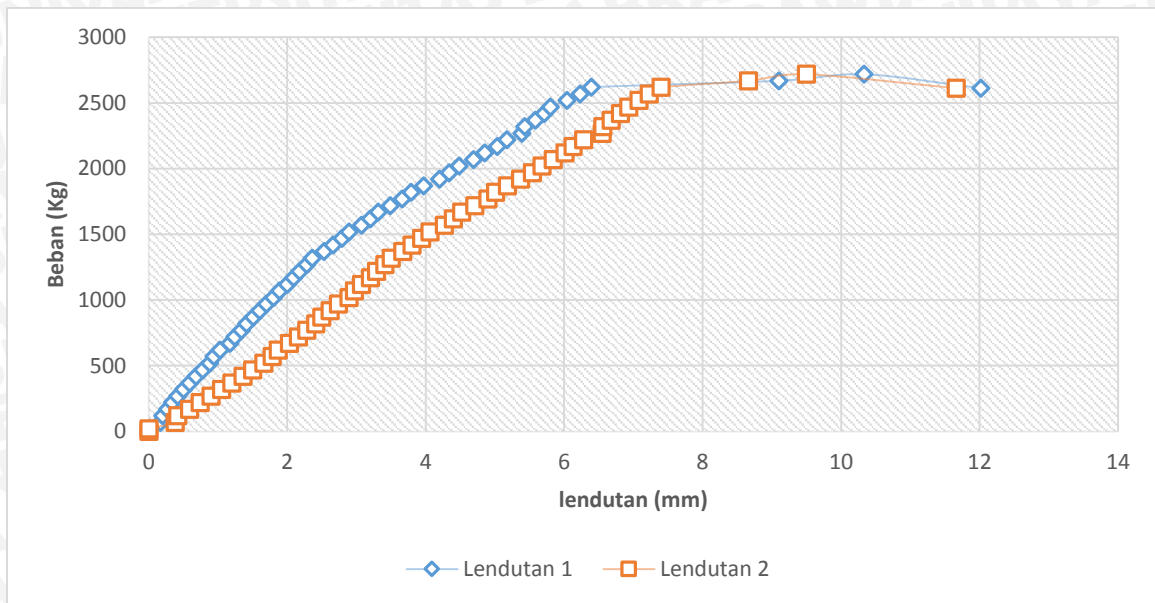
Pada Gambar 4.5 didapatkan beton agregat kerikil mampu menahan beban maksimum sebesar 3188,02 Kg dengan lendutan 1 sebesar 17,06 mm dan lendutan sebesar 19,44 mm. Pada beban tersebut beton mencapai titik maksimum lalu mengalami fase runtuh yang mana beban menurun namun lendutan meningkat.



Gambar 4.6

Diagram garis beban lendutan beton agregat kerikil 3

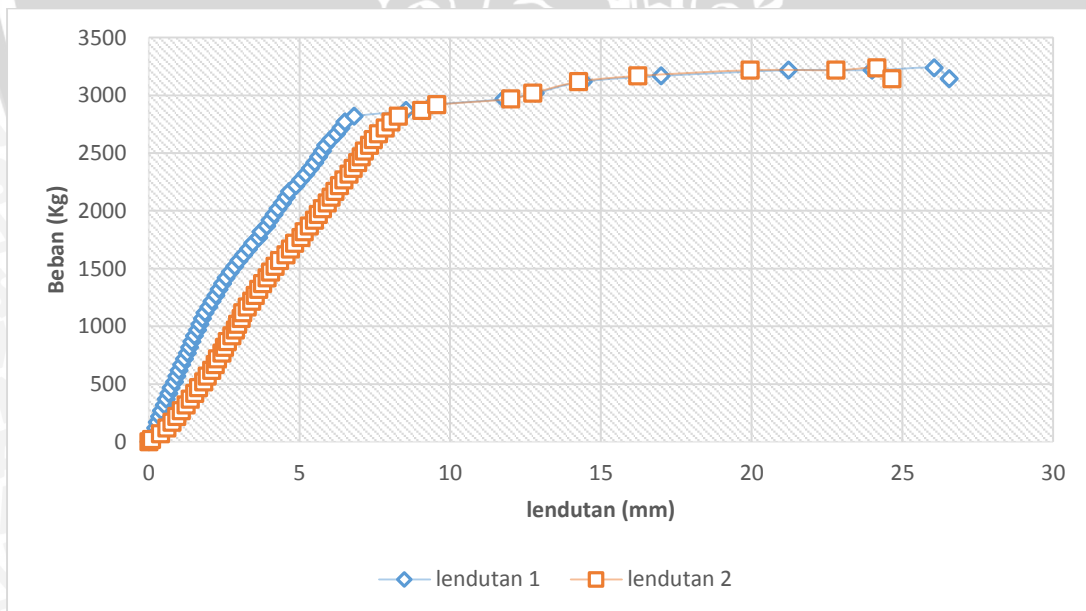
Pada Gambar 4.6 didapatkan bahwa beton agregat kerikil mampu menahan beban maksimum sebesar 3218,02 Kg dengan lendutan 1 sebesar 16,19 mm dan lendutan 2 sebesar 21,44 mm. Pada beban tersebut beton mencapai beban maksimum lalu mengalami fase runtuh yang mana beban menurun namun lendutan meningkat.



Gambar 4.7

Diagram garis beban lendutan beton agregat *pumice* 1

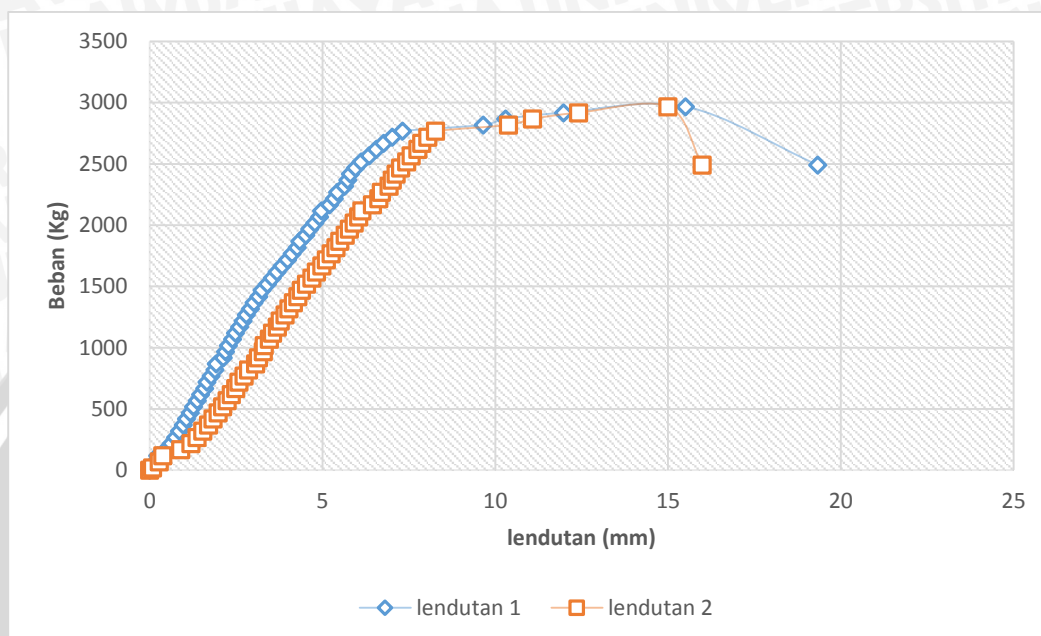
Pada Gambar 4.7 didapatkan bahwa beton agregat *pumice* mampu menahan beban maksimum sebesar 2718,02 Kg dengan lendutan 1 sebesar 10,33 mm dan lendutan 2 sebesar 9,5 mm. Pada beban tersebut beton mencapai beban maksimum lalu mengalami fase runtuh yang mana beban menurun namun lendutan meningkat.



Gambar 4.8

Diagram garis beban lendutan beton agregat *pumice* 2

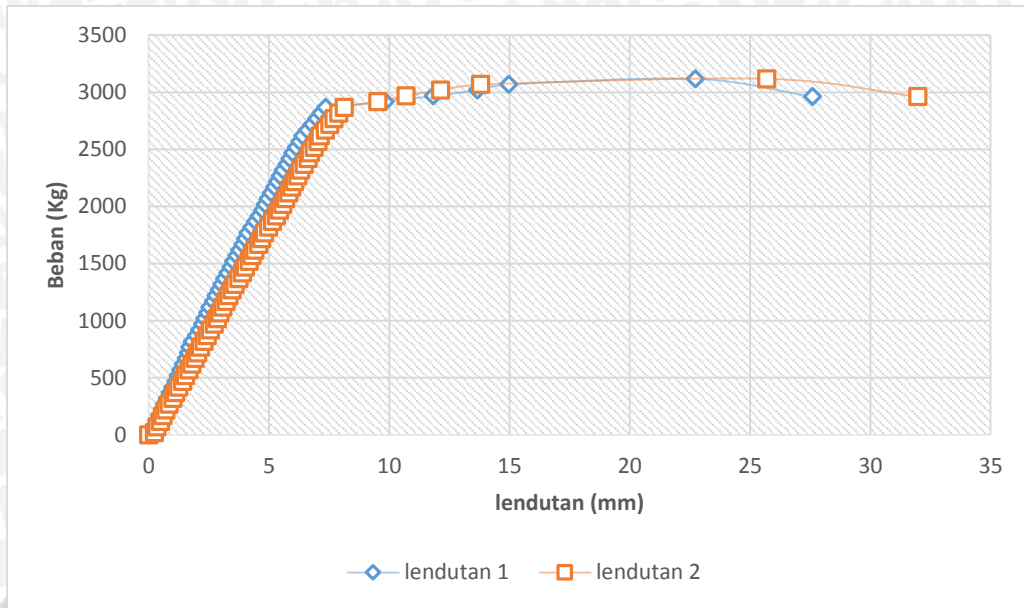
Pada Gambar 4.8 didapatkan bahwa beton agregat *pumice* mampu menahan beban maksimum sebesar 3238,02 Kg dengan lendutan 1 sebesar 26,05 mm dan lendutan 2 sebesar 24,15 mm. Pada beban tersebut beton mencapai beban maksimum lalu mengalami fase runtuh yang mana beban menurun namun lendutan meningkat.



Gambar 4.9

Diagram garis beban lendutan beton agregat *pumice* 3

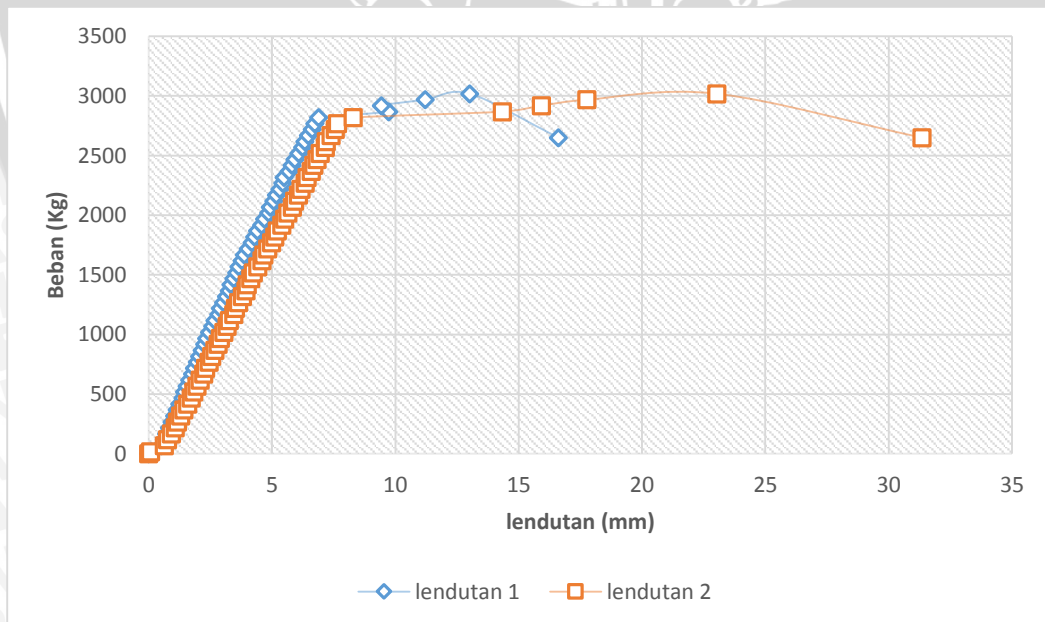
Pada Gambar 4.9 didapatkan bahwa beton agregat *pumice* mampu menahan beban maksimum sebesar 2968,02 Kg dengan lendutan 1 sebesar 15,51 mm dan lendutan 2 sebesar 15 mm. Pada beban tersebut beton mencapai beban maksimum lalu mengalami fase runtuh yang mana beban menurun namun lendutan meningkat.



Gambar 4.10

Diagram garis beban lendutan beton agregat *pumice* cat 1

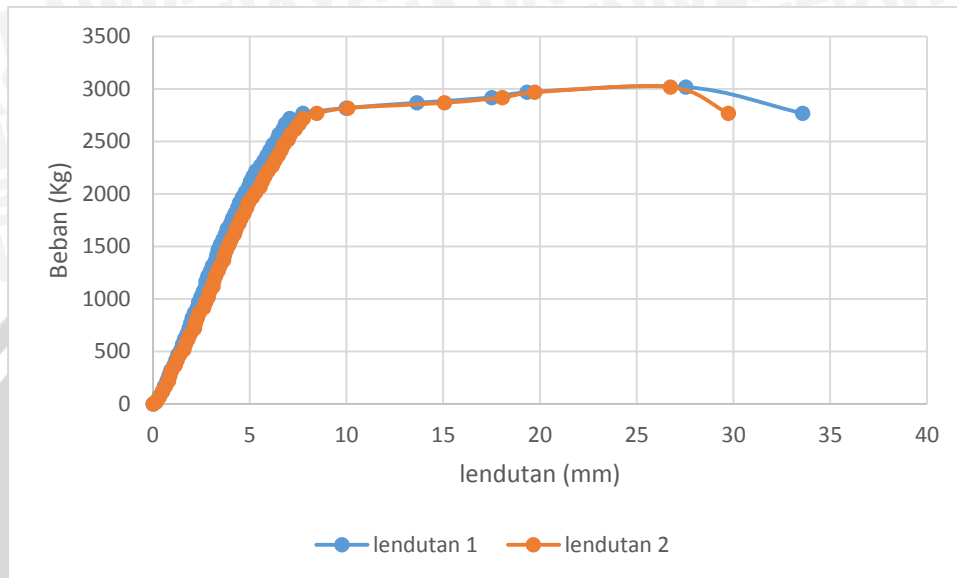
Pada Gambar 4.10 didapatkan bahwa beton agregat *pumice* cat mampu menahan beban maksimum sebesar 3118,02 Kg dengan lendutan 1 sebesar 22,73 mm dan lendutan 2 sebesar 25,69 mm. Pada beban tersebut beton mencapai beban maksimum lalu mengalami fase runtuh yang mana beban menurun namun lendutan meningkat.



Gambar 4.11

Diagram garis beban lendutan beton agregat *pumice* cat 2

Pada Gambar 4.11 didapatkan bahwa beton agregat *pumice* cat mampu menahan beban maksimum sebesar 3018,02 Kg dengan lendutan 1 sebesar 13,02 mm dan lendutan 2 sebesar 23,04 mm. Pada beban tersebut beton mencapai beban maksimum lalu mengalami fase runtuh yang mana beban menurun namun lendutan meningkat.



Gambar 4.12

Diagram garis beban lendutan beton agregat *pumice* cat 3

Pada Gambar 4.12 didapatkan bahwa beton agregat *pumice* cat mampu menahan beban maksimum sebesar 3018,02 Kg dengan lendutan 1 sebesar 27,53 mm dan lendutan 2 sebesar 26,73 mm. Pada beban tersebut beton mencapai beban maksimum lalu mengalami fase runtuh yang mana beban menurun namun lendutan meningkat.

Hasil pembentukan grafik didapatkan dari data hasil uji pembebanan balok beton beragregat kerikil, *pumice* dan *pumice* cat. data uji pembebanan tersebut dapat dilihat pada lampiran

4.6 Pembahasan

4.6.1 Kadar Penyerapan Air Agregat Kasar

Masing-masing agregat pada saat akan dilakukan perendaman, pada pengujian ini memiliki keadaan yang sama yaitu dengan perbandingan berat yang sama, wadah yang digunakan dan volume air yang sama. Perendaman agregat hanya menggunakan air biasa

tanpa menggunakan campuran tertentu dan hasil yang didapatkan setelah dilakukan perendaman, yaitu :

Tabel 4.5 Data penyerapan air pada agregat

Keterangan	Pumice	Pumice cat	Kerikil
Penyerapan air	14,0%	10,1%	3,2%

Sumber : Hasil Penelitian

Dari data diatas didapatkan bahwa agregat kerikil normal dapat dipastikan memiliki kadar penyerapan air yang lebih rendah dibandingkan dengan agregat *pumice* dan *pumice* cat, yaitu 3,2 %. Hal ini dikarenakan pada agregat *pumice* terdapat banyak rongga sehingga menyebabkan air dapat terisi masuk pada agregat dan menyebabkan kadar air agregat pada *pumice* lebih tinggi dibandingkan kerikil dengan *pumice* cat, yaitu 14 %. Keadaan ini berbeda dengan agregat *pumice* cat, dikarenakan rongga-rongga pada agregat ini terisi oleh cat yang sebelum direndam telah terlebih dahulu agregat *pumice* dilapisi oleh cat sehingga tingkat air yang dapat terserap oleh agregat *pumice* lebih rendah, tingkat penyerapan *agregat pumice* cat sebesar 10,1 %.

Hasil pengujian penyerapan agregat kasar memperlihatkan bahwa, pelapisan cat pada agregat kasar *pumice* memiliki pengaruh dibandingkan dengan agregat *pumice* biasa, perbandingan tingkat penyerapannya sebesar 3,9 %. Dari hasil pengujian ini diketahui bahwa sesuai dengan hipotesis awal yang menyebutkan bahwa agregat batu *pumice* akan mengalami penyerapan lebih tinggi dibandingkan dengan agregat *pumice* cat, dikarenakan cat memiliki pengaruh terhadap pelapisan dan juga mengisi rongga-rongga yang berada pada agregat *pumice* dengan cat.

4.6.2 Analisis Kuat Lentur Balok

Pengujian kuat lentur balok dilakukan sebanyak 9 benda uji dengan 3 variabel yang mana 1 variabel memiliki 3 benda uji, variabel tersebut adalah agregat kerikil normal, agregat *pumice*, agregat *pumice* cat.

Hasil pengujian pembebanan balok pada masing-masing agregat sangat berbeda, pada agregat kerikil normal rata- rata beban yang mampu dipikul oleh balok berkisar sebesar 3241 Kg, berbeda dengan agregat *pumice* yang berada di kisaran 2974, 68 Kg sedangkan agregat

pumice cat beban yang dipikul rata-rata sebesar 3051,35 Kg. Hasil pembebanan berpengaruh pada perhitungan kuat lentur pada masing-masing benda uji, tentunya agregat kerikil mampu memikul beban lebih besar, dari ketiga benda uji agregat kerikil normal didapatkan kuat lentur sebesar 40516, 917 Kg.cm, sedangkan untuk agregat *pumice* sebesar 37183, 583 Kg.cm, hal ini berbeda dengan agregat *pumice* cat yang sebesar 38141,917 Kg.cm. Bila dibandingkan dengan agregat kerikil tentu sangat jauh berbeda, namun apabila *agregat pumice* cat dibandingkan dengan agregat *pumice* perbedaannya mencapai 958,334 Kg.cm.

Hipotesis awal menyatakan bahwa kekuatan agregat *pumice* yang dilapisi cat akan lebih rendah dibandingkan dengan agregat *pumice* biasa, namun hasil pengujian di lapangan menunjukkan bahwa pelapisan cat pada agregat *pumice* sangat mempengaruhi terhadap kekuatan lentur balok sehingga hipotesis awal tidak tepat dan perlu dikaji ulang.

Tabel 4.6 Data Rata-rata Kuat lentur balok

No.	Benda Uji	Pu (kg)	Kuat Lentur (kg.cm)	Kuat Lentur rata-rata (kg.cm)
1	Kerikil	3318,02	41475,25	40516,917
2		3188,02	39850,25	
3		3218,02	40225,25	
1	Pumice	2718,02	33975,25	37183,583
2		3238,02	40475,25	
3		2968,02	37100,25	
1	Pumice cat	3118,02	38975,25	38141,917
2		3018,02	37725,25	
3		3018,02	37725,25	

Sumber : Hasil Penelitian

Pada masing-masing 3 benda uji untuk agregat kerikil normal, *pumice*, dan *pumice* cat didapatkan hasil penurunan tidak jauh berbeda dibandingkan dengan penurunan pada masing-masing agregat pada satu variabel. Untuk mendapatkan satu grafik dari masing-masing ketiga grafik benda uji tersebut perlu dilakukan pengambilan titik yang sama agar dapat dibentuk menjadi satu grafik yang mewakili ke tiga grafik tersebut, namun tentunya pada beban yang berbeda. Titik-titik yang menjadi perwakilan dari masing-masing benda uji pada agregat kerikil, yaitu :

Tabel 4.7 Data grafik Kerikil

No.	beban (Kg)	rata-rata penurunan (mm)	keterangan
1	0	0	awal
2	18,02	0,07	beban awal
3	1615,02	3,73	setengah beban maks
4	1618,02	3,73	1A
5	1818,02	4,35	1B
6	2501,35	6,49	6B
7	2851,35	8,88	1D
8	3241,35	17,31	Pu
9	3056,67	19,43	

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.8 Data grafik pumice

No.	beban (Kg)	rata-rata penurunan (mm)	keterangan
1	0	0	awal
2	18,02	0,05	beban awal
3	1684,69	4,15	1A
4	1784,69	4,47	2A
5	1868,02	4,72	3A
6	2051,35	5,28	4A
7	2251,35	5,82	5A
8	2334,69	6,11	8A
9	2684,69	7,18	3B
10	2968,68	16,76	Pu
11	2743,33	19,53	

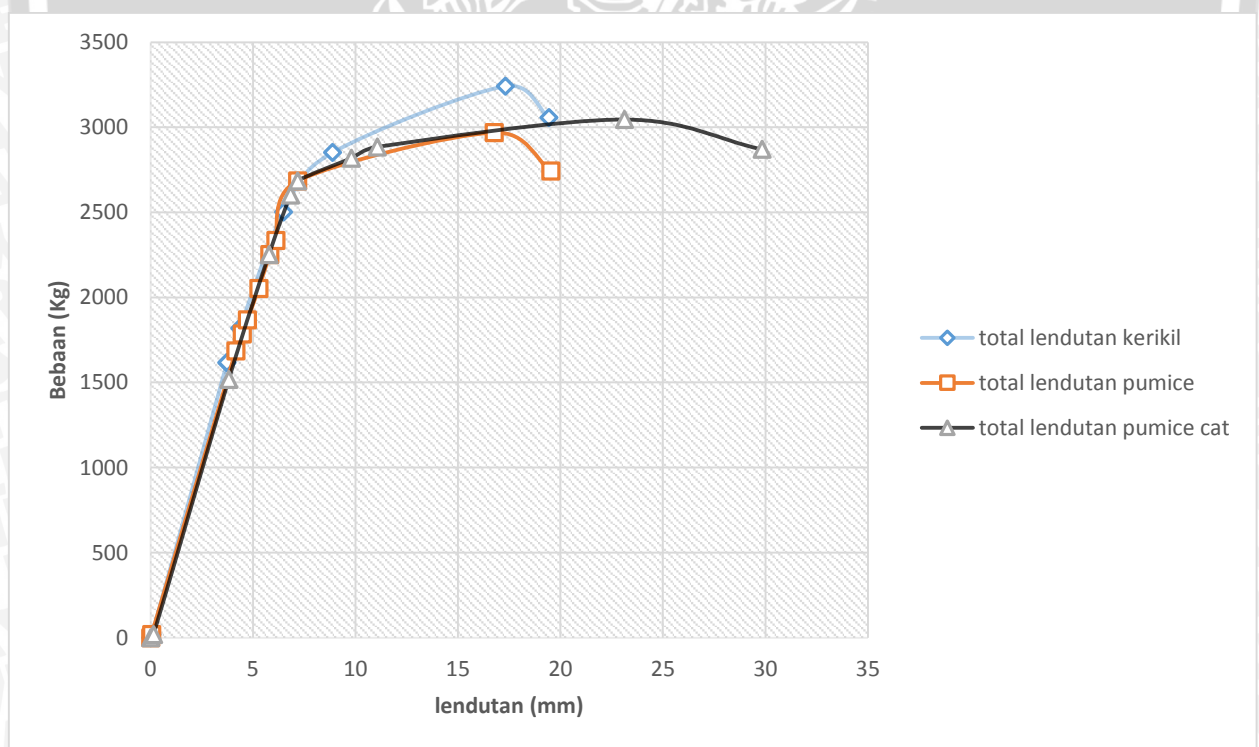
Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.9 Data grafik pumice cat

No.	beban (Kg)	rata-rata penurunan (mm)	keterangan
1	0,00	0	awal
2	18,02	0,14	beban awal
3	1518,02	3,82	beban setengah maks
4	2251,35	5,78	1A
5	2601,35	6,82	4A
6	2684,69	7,17	7A
7	2818,02	9,80	5B
8	2884,69	11,06	7B
9	3045,35	23,12	Pu
10	2870,00	29,83	

Sumber : Hasil Penelitian

Masing-masing variabel memiliki titik-titik sampel pengujian yang berbeda dikarenakan hal ini mempengaruhi bentuk kelengkungan grafik sehingga perlu dilakukan sebaik mungkin cara pemilihannya. Dari masing-masing titik variabel yang didapatkan digunakan sebagai perwakilan grafik bagi masing-masing variabel yang akan dibandingkan.

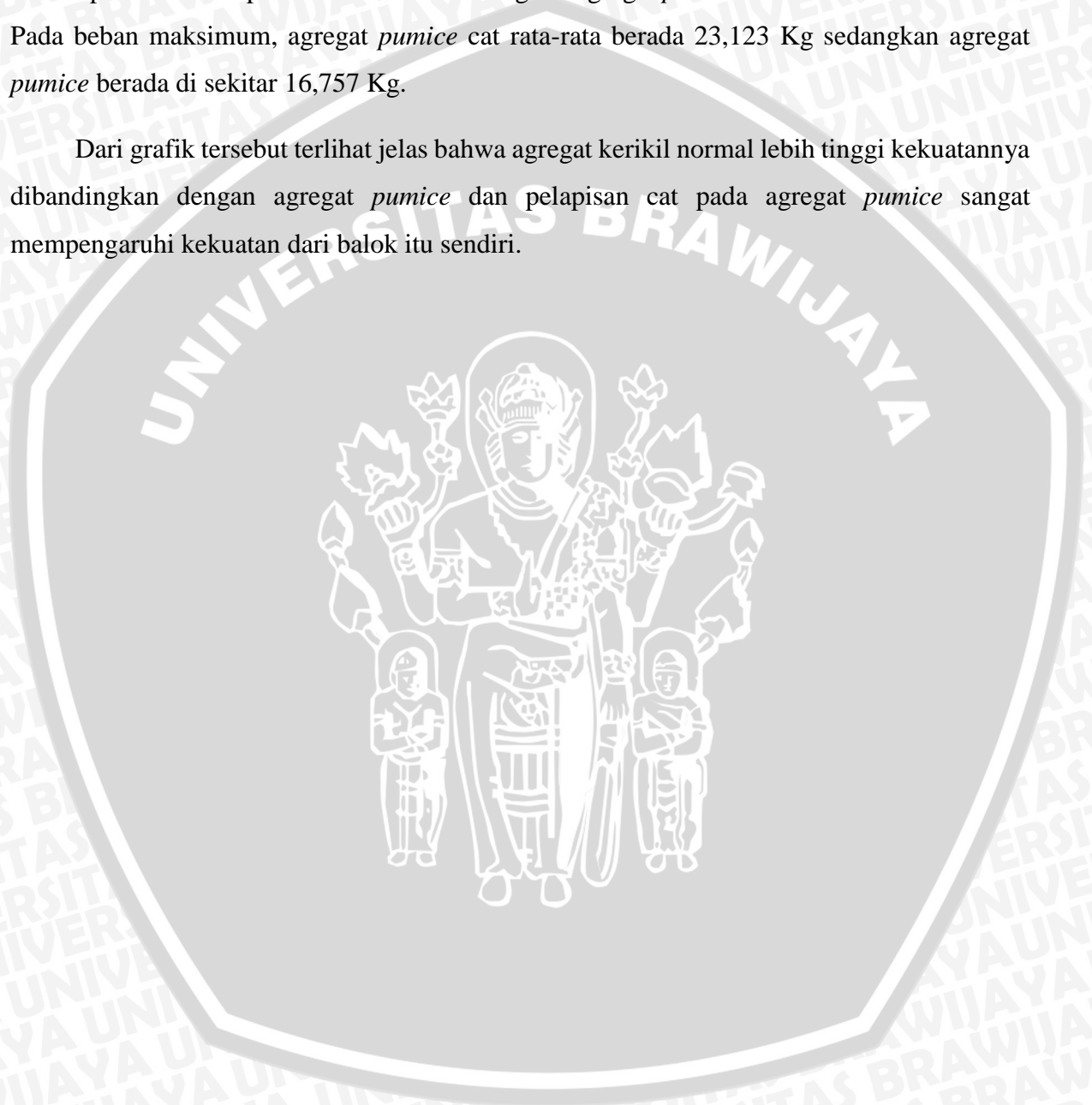


Gambar 4.13

Perbandingan grafik diagram garis total beban lendutan

Grafik ini menunjukkan bahwa beton dengan agregat kerikil normal memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan agregat *pumice* dengan *pumice* cat. Hal ini diperlihatkan dengan hubungan beban dengan penurunan. Agregat *pumice* cat memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan agregat *pumice*, hal ini terlihat runtuhnya agregat *pumice* cat berada pada rata-rata penurunan 31 mm sedangkan agregat *pumice* runtuh di rata-rata 21mm. Pada beban maksimum, agregat *pumice* cat rata-rata berada 23,123 Kg sedangkan agregat *pumice* berada di sekitar 16,757 Kg.

Dari grafik tersebut terlihat jelas bahwa agregat kerikil normal lebih tinggi kekuatannya dibandingkan dengan agregat *pumice* dan pelapisan cat pada agregat *pumice* sangat mempengaruhi kekuatan dari balok itu sendiri.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap penyerapan air, kuat tekan, berat balok, beban maksimum dan kuat lentur. Didapatkan bahwa :

- Beton dengan agregat kerikil normal lebih tinggi kekuatannya dibandingkan dengan agregat *pumice*. namun beton dengan agregat *pumice* yang dilapisi cat lebih tinggi kekuatannya dibandingkan beton agregat *pumice* normal .
- Pelapisan cat berpengaruh terhadap jumlah penyerapan air pada agregat. Jadi pelapisan cat terhadap agregat *pumice* sangatlah berpengaruh untuk meringankan agregat *pumice* dengan mencegah terserapnya air yang berlebihan dan meningkatkan kekuatan beton dengan agregat *pumice*.

5.2 Saran

Agar didapatkan hasil penelitian yang lebih baik terhadap pelapisan agregat *pumice* dengan cat, terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan dengan sangat dan dijadikan tolak ukuran untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

- Perlu dilakukan pengujian yang lebih spesifik terhadap tipe cat yang akan digunakan
- Perlunya memperhatikan bekisting buatan agar bentuk ukuran balok memiliki kesamaan
- Perlunya alat perekam dan kaca pembesar (*lup*) agar mendapatkan hasil perhitungan yang lebih valid dan kejadian yang sesuai dengan ketika dibebani.

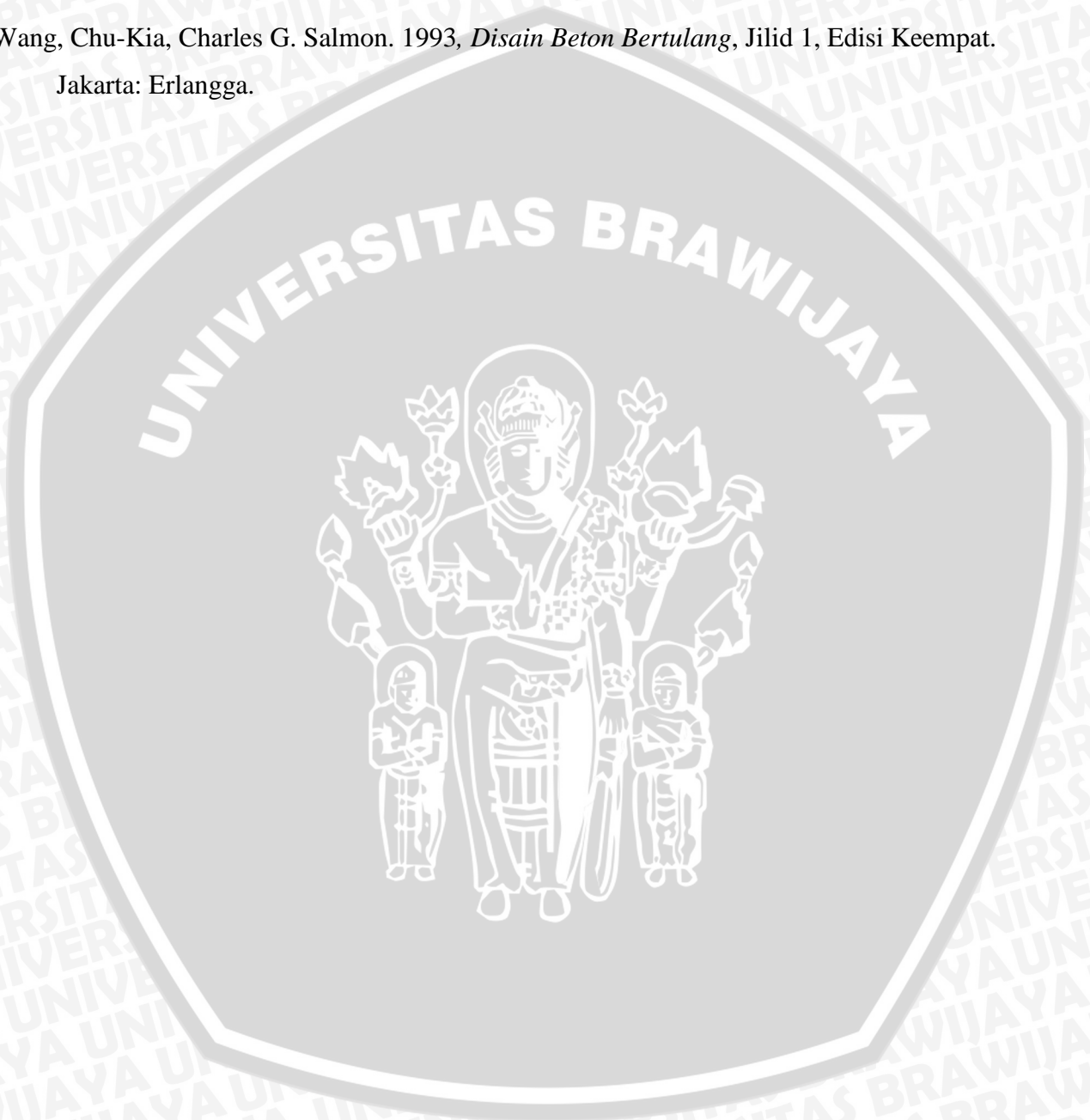
DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 1996, *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Debebani Terpusat Langsung (SNI 03-4154-1996)*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Spesifikasi agregat ringan untuk beton ringan struktural (SNI 03-24612002)*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2008, *Cara Uji Berat Isi Beton Ringan Struktural (SNI 3402:2008)*, Jakarta.
- Bideci, O.S., Alper B., Ali H.G., Sabit O. Dan Hasan Y. 2014. Polymer Coated Pumice Aggregates and Their Properties. *Jurnal Composites*. Part B: hal 239-243
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002, *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan (SK SNI-T-03-3449-2002)*, Jakarta.
- Goeffrey N., Mang'uriu, Mutku R.N., Oyawa W.O., Aboudha S.O. 2012. Properties of lightweight Aggregate. *Jurnal Civil and Environmental Research*. Vol 2: No. 10.
- Grasser, Klaus, Gernot Minke. 1990. *Building With Pumice*, Penerbit Langericher Handelsdruckerei, Lengerich.
- Green, S., Nicholas B., Len M. *Pumice Aggregates for Structural Lightweight And Internally Cured Concretes*.
- Nawy, Edward G. 2008, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Nurlina, Siti. 2011, *Teknologi Bahan 1*. Malang: Bargie Media
- Nurlina Siti. 2008. *Struktur Beton*. Malang: Bargie Media
- Mulyono, Tri. 2004, *Teknologi Beton*, First Edition. Yogyakarta: Andi
- Murdock, L.J, K.M Brook dan Stephanus Hendarko. 1999, *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi Keempat. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Seti, Graha Doddy. 1987. *Batuan dan Mineral*. Bandung: Nova

Sugianto, Chandra. 2004, Pengaruh Ukuran Agregat Maksimum Terhadap Kuat Tarik Belah Beton pada Campuran Beton Berat Beragregat Kerak Baja (*Steel Slag*), *usulan skripsi*, Universitas Brawijaya, Malang.

Suseno, Hendro. 2010, *Bahan Bangunan untuk Teknik Sipil*. Malang :Bargie Media

Wang, Chu-Kia, Charles G. Salmon. 1993, *Disain Beton Bertulang*, Jilid 1, Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.





LAMPIRAN



Lampiran 1

Analisa Teoritis Kuat Lentur Balok

Balok Agregat Kerikil Normal

Diketahui :

$L = 1,2 \text{ m} = 120 \text{ cm}$	$b = 10 \text{ cm}$
$h = 15 \text{ cm}$	$f'c = 20 \text{ Mpa} = 200 \text{ Kg/cm}^2$
$f_y = 240 \text{ Mpa} = 2400 \text{ Kg/cm}^2$	$d' = 2 \text{ cm}$

- Menentukan Rasio Penulangan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{2400} = 0,0005833$$

$$\rho_b = \frac{\beta \cdot 0,85 \cdot f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 20}{2400} = 0,00602$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,00602 = 0,004515$$

- Rasio yang digunakan dalam penulangan balok

Dicoba memakai $\rho_{min} = 0,0005833$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,000583 \times 10 \times 13 = 0,0759$$

Karena A_s dengan $\rho_{min} = 0,0005833 \text{ cm}^2$, maka pada penelitian ini dicoba menggunakan tulangan $2 \phi 8 = 1,01 \text{ cm}^2$ (tulangan rangkap), sehingga A_s dan A_s' yang didapatkan sebesar $1,01 \text{ cm}^2$.

- Asumsi Keadaan Under Reinforced :

Tulangan tarik sudah leleh $f_s = f_y$

Tulangan tekan belum leleh $f's = \epsilon_s' \times E_s$

$$\epsilon_s' = \epsilon_c \times \frac{c-d'}{c} \times E_s$$

- Perhitungan :

$$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a = 0,85 \times 200 \times 10 \times a$$

$$= 1700a$$

$$C_s = A_s' \cdot f_y = 1,005 \times 2400$$

$$= 2412$$

$$T = A_s \cdot f_y = 2412$$



$$C = T$$

$$C_c + C_s = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f_s = A_s \cdot F_y$$

$$1700a + 1,005 \times 0,03 \times \frac{a \times d'}{\beta_1} \times 2000000 = 2412$$

$$1700a + 6030 \left(1 - \frac{0,85 - d'}{a}\right) = 2412$$

$$1700a + 6030 - \frac{10251}{a} = 2412 \quad \text{dikudratkan}$$

$$1700a^2 + 6030a - 10251 - 2412a = 0$$

$$1700a^2 + 3618a - 10251 = 0$$

$$a^2 + 2,13a - 6,03 = 0$$

$$\text{Rumus abc} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-2,13 \pm \sqrt{2,13^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-6,03)}}{2 \cdot 1}$$

$$= \frac{-2,13 \pm 5,35}{2 \cdot 1}$$

$$a_{1,1} = 1,61 \text{ cm}$$

$$a_{1,1} = -3,74 \text{ cm}$$

$$\text{Dipilih } a_{1,1} = 1,61 \text{ cm}, c = \frac{1,61}{0,85} = 1,89 \text{ cm}$$

• Kontrol :

➤ Regangan baja tarik = $\epsilon_c \times \frac{d-c}{c}$
 $= 0,003 \times \frac{13-1,89}{1,89} = 0,176$

Tegangan baja tarik = $\epsilon_s \times E_s = 0,176 \times 2000000$
 $= 352000 \text{ Mpa} > 2400 \text{ Mpa}$

Asumsi benar baja tarik sudah leleh

➤ Regangan baja tekan = $\epsilon_c \times \frac{c-d'}{c}$
 $= 0,003 \times \frac{1,89-2}{1,89} = -0,00017$

Tegangan baja tekan = $\epsilon_s \times E_s = -0,00017 \times 2000000$
 $= -340 \text{ Mpa} < 2400 \text{ Mpa}$

Asumsi benar baja tekan belum leleh

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b = 0,85 \times 200 \times 1,61 \times 10$$

$$= 2737$$



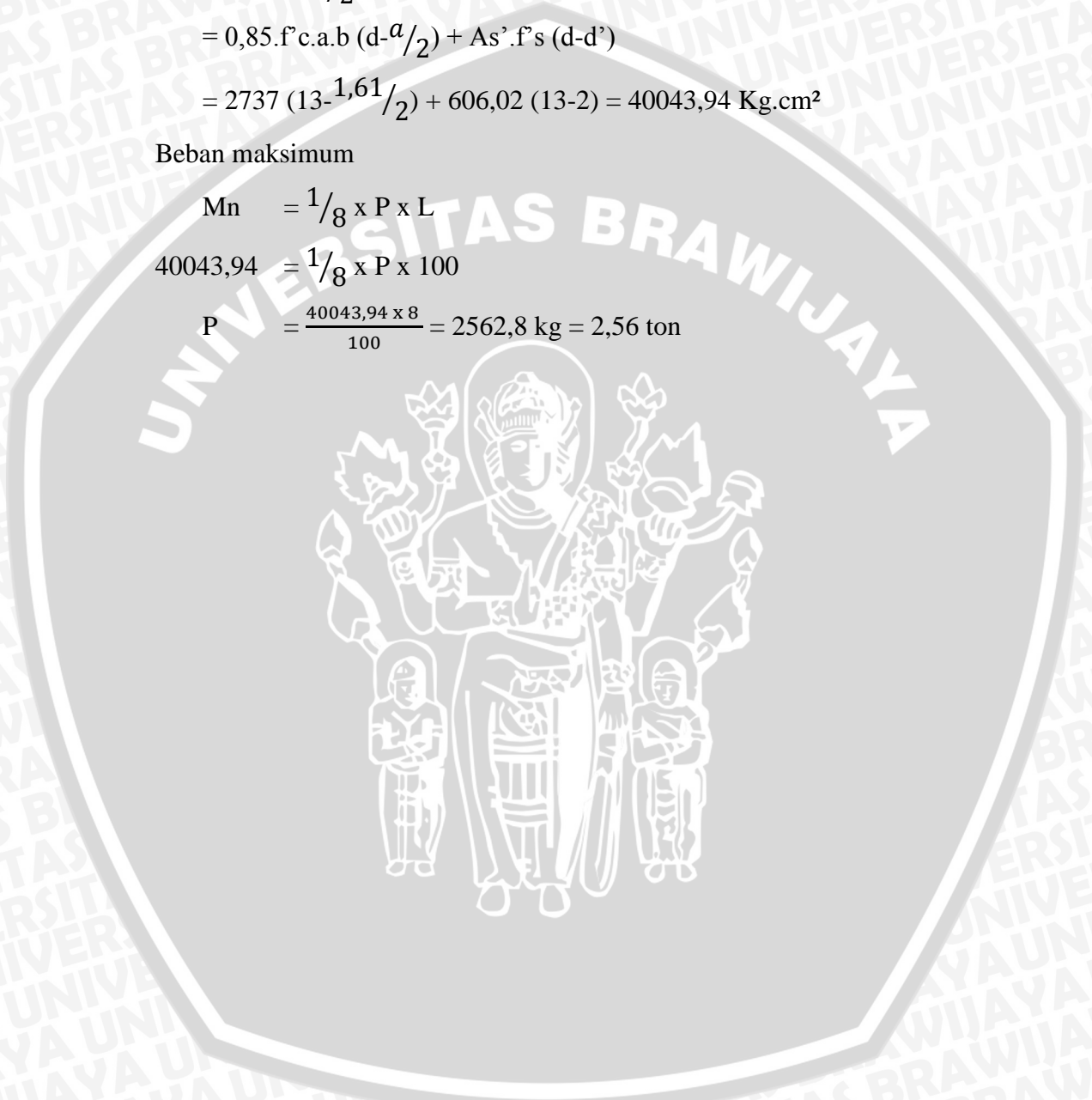
$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot f_s' &= 1,005 \times 0,003 \times \frac{c-0,85 d'}{c} \times 2000000 \\
 & &= 1,005 \times 0,003 \times \frac{1,89-0,85 \cdot 2}{1,89} \times 2000000 = 606,02
 \end{aligned}$$

a) Momen lentur nominal

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c \times (d - a/2) + C_s \cdot (d - d') \\
 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2) + A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d') \\
 &= 2737 \cdot (13 - 1,61/2) + 606,02 \cdot (13 - 2) = 40043,94 \text{ Kg.cm}^2
 \end{aligned}$$

Beban maksimum

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{1}{8} \times P \times L \\
 40043,94 &= \frac{1}{8} \times P \times 100 \\
 P &= \frac{40043,94 \times 8}{100} = 2562,8 \text{ kg} = 2,56 \text{ ton}
 \end{aligned}$$



Analisa Aktual Kuat Lentur Balok

❖ Balok Agregat Kerikil Normal

Diketahui :

$$L = 1,2 \text{ m} = 120 \text{ cm}$$

$$b = 10 \text{ cm}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$f'c = 17,715 \text{ Mpa} = 177,15 \text{ Kg/cm}^2$$

$$fy = 240 \text{ Mpa} = 2400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d' = 2 \text{ cm}$$

- Asumsi Keadaan Under Reinforced :

Tulangan tarik sudah leleh $f_s = f_y$

Tulangan tekan belum leleh $f'_s = \epsilon_s' \times E_s$

$$\epsilon_s' = \epsilon_c \times \frac{c-d'}{c} \times E_s$$

- Perhitungan :

$$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a = 0,85 \times 177,15 \times 10 \times a$$

$$= 1505,775a$$

$$C_s = A_s' \cdot f_y = 1,005 \times 2400$$

$$= 2412$$

$$T = A_s \cdot f_y = 2412$$

$$C = T$$

$$C_c + C_s = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f'_s = A_s \cdot f_y$$

$$1505,775a + 1,005 \times 0,03 \times \frac{\frac{a}{\beta_1} \times d'}{\frac{a}{\beta_1}} \times 2000000 = 2412$$

$$1505,78a + 6030 \left(1 - \frac{0,85-d'}{a}\right) = 2412$$

$$1505,78a + 6030 - \frac{10251}{a} = 2412 \quad \text{dikudratkan}$$

$$1505,78a^2 + 6030a - 10251 - 2412 a = 0$$

$$1505,78a^2 + 3618a - 10251 = 0$$

$$a^2 + 2,4 a - 6,8 = 0$$

$$\text{Rumus abc} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-2,4 \pm \sqrt{2,4^2 - 4.1.(-6,8)}}{2.1}$$

$$= \frac{-2,4 \pm 5,74}{2.1}$$

$$a_{1,1} = 1,67 \text{ cm}$$

$$a_{1,1} = -4,07 \text{ cm}$$

Dipilih $a_{1,1} = 1,67 \text{ cm}$, $c = \frac{1,67}{0,85} = 1,96 \text{ cm}$

• Kontrol :

➤ Regangan baja tarik = $\epsilon c \times \frac{d-c}{c}$
 $= 0,003 \times \frac{13-1,96}{1,96} = 0,017$

Tegangan baja tarik = $\epsilon s \times E_s = 0,017 \times 2000000$
 $= 34000 \text{ Mpa} > 2400 \text{ Mpa}$

Asumsi benar baja tarik sudah leleh

➤ Regangan baja tekan = $\epsilon c \times \frac{c-d'}{c}$
 $= 0,003 \times \frac{1,96-2}{1,96} = -0,00006$

Tegangan baja tekan = $\epsilon s \times E_s = -0,00006 \times 2000000$
 $= -120 \text{ Mpa} < 2400 \text{ Mpa}$

Asumsi benar baja tekan belum leleh

$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b = 0,85 \times 177,15 \times 1,67 \times 10$
 $= 2514,64$

$C_s = A_s' \cdot f_s = 1,005 \times 0,003 \times \frac{c-0,85 d'}{c} \times 2000000$
 $= 1,005 \times 0,003 \times \frac{1,96-0,85 \cdot 2}{1,96} \times 2000000 = 799,9$

b) Momen lentur nominal

$M_n = C_c \times (d - \frac{a}{2}) + C_s \cdot (d - d')$
 $= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b (d - \frac{a}{2}) + A_s' \cdot f_s (d - d')$
 $= 2514,64 (13 - \frac{1,67}{2}) + 799,9 (13 - 2) = 39389,5 \text{ Kg.cm}^2$

Beban maksimum

$M_n = \frac{1}{8} \times P \times L$
 $39389,5 = \frac{1}{8} \times P \times 100$
 $P = \frac{39389,5 \times 8}{100} = 2520,93 \text{ kg} = 2,52 \text{ ton}$



❖ **Balok Agregat Pumice**

Diketahui :

$L = 1,2 \text{ m} = 120 \text{ cm}$

$b = 10 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$f'c = 16,322 \text{ Mpa} = 163,22 \text{ Kg/cm}^2$

$f_y = 240 \text{ Mpa} = 2400 \text{ Kg/cm}^2$

$d' = 2 \text{ cm}$

- Asumsi Keadaan Under Reinforced :

Tulangan tarik sudah leleh $f_s = f_y$

Tulangan tekan belum leleh $f'_s = \epsilon_s' \times E_s$

$$\epsilon_s' = \epsilon_c \times \frac{c-d'}{c} \times E_s$$

- Perhitungan :

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = 0,85 \times 163,22 \times 10 \times a$$

$$= 1387,37a$$

$$C_s = A_s' \cdot f_y = 1,005 \times 2400$$

$$= 2412$$

$$T = A_s \cdot f_y = 2412$$

$$C = T$$

$$C_c + C_s = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f'_s = A_s \cdot f_y$$

$$1387,37a + 1,005 \times 0,03 \times \frac{\frac{a}{\beta_1} \times d'}{\frac{a}{\beta_1}} \times 2000000 = 2412$$

$$1387,37a + 6030 \left(1 - \frac{0,85-d'}{a}\right) = 2412$$

$$1387,37a + 6030 - \frac{10251}{a} = 2412 \text{ dikuadratkan}$$

$$1387,37a^2 + 6030a - 10251 - 2412 a = 0$$

$$1387,37a^2 + 3618a - 10251 = 0$$

$$a^2 + 2,61 a - 7,38 = 0$$

$$\text{Rumus abc} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-2,61 \pm \sqrt{2,61^2 - 4.1.(-7,38)}}{2.1}$$

$$= \frac{-2,61 \pm 6,02}{2.1}$$

$$a_{1,1} = 1,71 \text{ cm}$$

$$a_{1,1} = -4,32 \text{ cm}$$

Dipilih $a_{1,1} = 1,71 \text{ cm}$, $c = \frac{1,71}{0,85} = 2,01 \text{ cm}$

• Kontrol :

➤ Regangan baja tarik = $\epsilon c \times \frac{d-c}{c}$
 $= 0,003 \times \frac{13-2,01}{2,01} = 0,0164$

Tegangan baja tarik = $\epsilon s \times E_s = 0,0164 \times 2000000$
 $= 32800 \text{ Mpa} > 2400 \text{ Mpa}$

Asumsi benar baja tarik sudah leleh

➤ Regangan baja tekan = $\epsilon c \times \frac{c-d'}{c}$
 $= 0,003 \times \frac{2,01-2}{2,01} = 0,000015$

Tegangan baja tekan = $\epsilon s \times E_s = 0,000015 \times 2000000$
 $= 30 \text{ Mpa} < 2400 \text{ Mpa}$

Asumsi benar baja tekan belum leleh

$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b = 0,85 \times 163,22 \times 1,71 \times 10$
 $= 2372,4$

$C_s = A_s' \cdot f_s = 1,005 \times 0,003 \times \frac{c-0,85 d'}{c} \times 2000000$
 $= 1,005 \times 0,003 \times \frac{2,01-0,85 \cdot 2}{2,01} \times 2000000 = 930$

c) Momen lentur nominal

$M_n = C_c \times (d - \frac{a}{2}) + C_s \cdot (d - d')$
 $= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b (d - \frac{a}{2}) + A_s' \cdot f_s (d - d')$
 $= 2372,4 (13 - \frac{1,71}{2}) + 930 (13 - 2) = 39042,8 \text{ Kg.cm}^2$

Beban maksimum

$M_n = \frac{1}{8} \times P \times L$
 $39042,8 = \frac{1}{8} \times P \times 100$

$P = \frac{39042,6 \times 8}{100} = 2498,74 \text{ kg} = 2,49 \text{ ton}$



❖ **Balok Agregat Pumice Cat**

Diketahui :

$L = 1,2 \text{ m} = 120 \text{ cm}$

$b = 10 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$f'c = 16,521 \text{ Mpa} = 165,21 \text{ Kg/cm}^2$

$f_y = 240 \text{ Mpa} = 2400 \text{ Kg/cm}^2$

$d' = 2 \text{ cm}$

- Asumsi Keadaan Under Reinforced :

Tulangan tarik sudah leleh $f_s = f_y$

Tulangan tekan belum leleh $f's = \epsilon_s' \times E_s$

$\epsilon_s' = \epsilon_c \times \frac{c-d'}{c} \times E_s$

- Perhitungan :

$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a = 0,85 \times 165,21 \times 10 \times a$
 $= 1404,3a$

$C_s = A_s' \cdot f_y = 1,005 \times 2400$
 $= 2412$

$T = A_s \cdot f_y = 2412$

$C = T$

$C_c + C_s = A_s \cdot f_y$

$0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f's = A_s \cdot f_y$

$1404,3a + 1,005 \times 0,03 \times \frac{\frac{a}{\beta_1} \times d'}{\beta_1} \times 2000000 = 2412$

$1404,3a + 6030 \left(1 - \frac{0,85 \cdot d'}{a}\right) = 2412$

$1404,3a + 6030 - \frac{10251}{a} = 2412$ dikuadratkan

$1404,3 a^2 + 6030a - 10251 - 2412 a = 0$

$1404,3 a^2 + 3618a - 10251 = 0$

$a^2 + 2,57 a - 7,3 = 0$

Rumus abc = $\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-2,57 \pm \sqrt{2,57^2 - 4.1.(-7,3)}}{2.1}$

$= \frac{-2,57 \pm 5,98}{2.1}$

$a_{1,1} = 1,705 \text{ cm}$



$$a_{1,1} = -4,28 \text{ cm}$$

Dipilih $a_{1,1} = 1,705 \text{ cm}$, $c = \frac{1,71}{0,85} = 2 \text{ cm}$

- Kontrol :

➤ Regangan baja tarik = $\epsilon c \times \frac{d-c}{c}$
 $= 0,003 \times \frac{13-2}{2} = 0,0165$

Tegangan baja tarik = $\epsilon s \times E_s = 0,0165 \times 2000000$
 $= 33000 \text{ Mpa} > 2400 \text{ Mpa}$

Asumsi benar baja tarik sudah leleh

➤ Regangan baja tekan = $\epsilon c \times \frac{c-d'}{c}$
 $= 0,003 \times \frac{2-2}{2} = 0$

Tegangan baja tekan = $\epsilon s \times E_s = 0 \times 2000000$
 $= 0 \text{ Mpa} < 2400 \text{ Mpa}$

Asumsi benar baja tekan belum leleh

$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = 0,85 \times 165,21 \times 1,71 \times 10$
 $= 2401,3$

$C_s = A_s' \cdot f's = 1,005 \times 0,003 \times \frac{c-0,85 d'}{c} \times 2000000$
 $= 1,005 \times 0,003 \times \frac{2-0,85 \cdot 2}{2} \times 2000000 = 904,5$

d) Momen lentur nominal

$M_n = C_c \times (d - \frac{a}{2}) + C_s \cdot (d - d')$
 $= 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b (d - \frac{a}{2}) + A_s' \cdot f's (d - d')$
 $= 2401,3 (13 - \frac{1,705}{2}) + 904,5 (13 - 2) = 39119,3 \text{ Kg.cm}^2$

Beban maksimum

$M_n = \frac{1}{8} \times P \times L$
 $39119,3 = \frac{1}{8} \times P \times 100$
 $P = \frac{39119,3 \times 8}{100} = 2503,64 \text{ kg} = 2,5 \text{ ton}$



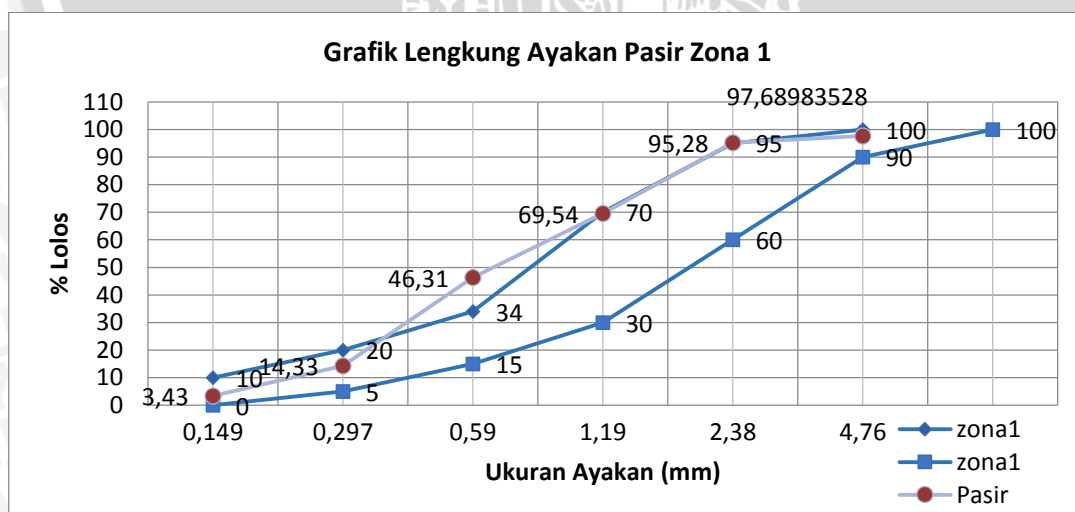
Lampiran 2

Data Penelitian
 Hasil Uji Agregat Halus

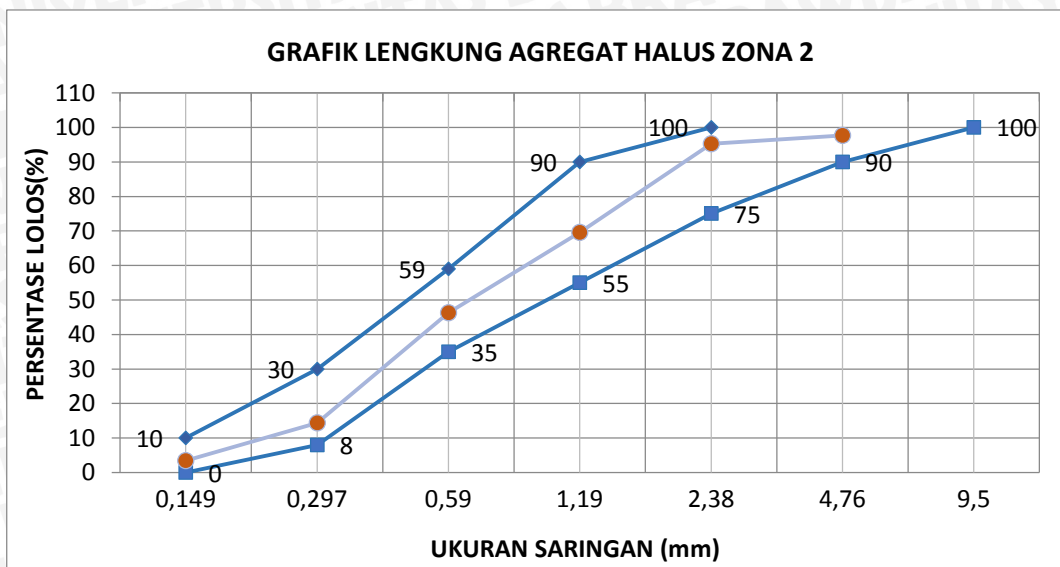
Tabel 1 Hasil Analisa Gradasi Agregat Halus

Lubang Saringan		Pasir				
no	mm	Tertinggal		%Kumulatif		ASTM C-33
		gram	%	Tertinggal	Lolos	
3"	76,2	0	0	0	100	
2.5"	63,5	0	0	0	100	
2"	50,8	0	0	0	100	
1.5"	38,1	0	0	0	100	
1"	25,4	0	0	0	100	
3/4"	19,1	0	0	0	100	
1/2"	12,7	0	0	0	100	
3/8"	9,5	0	0	0	100	100
4	4,76	23	2,31	0	97,69	95--100
8	2,38	24	2,41	2,41	95,28	80-100
16	1,19	256,3	25,74	28,15	69,54	50-85
20	0,59	231,2	23,22	51,38	46,31	25-60
50	0,297	318,4	31,98	83,36	14,33	
100	0,149	108,6	10,91	94,26	3,43	
200	0,075	26,2	2,63	96,90	0,79	
Pan		7,9	0,79	97,69	0	
Jumlah		995,60	98	259,56		

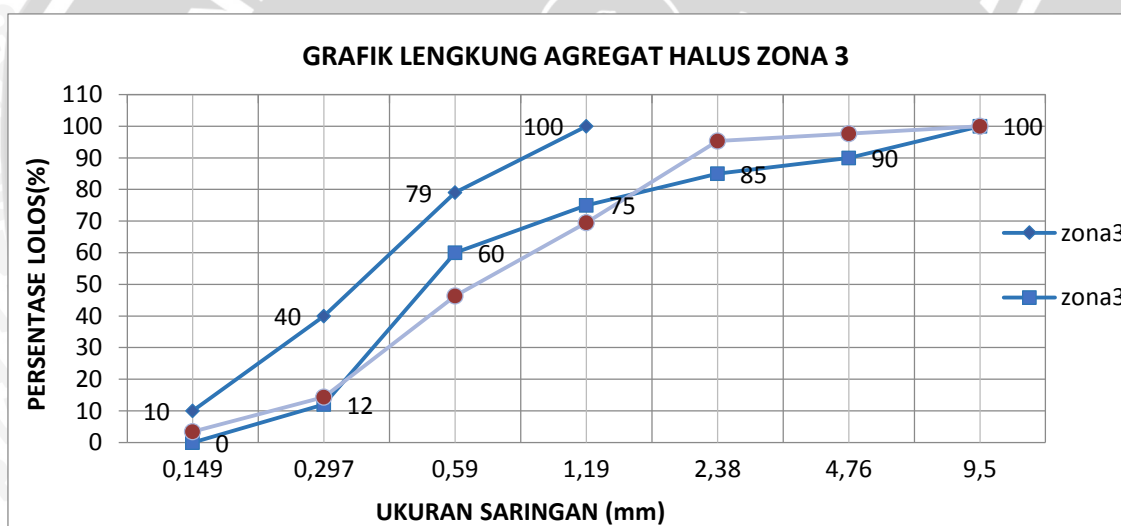
Sumber : Hasil Penelitian



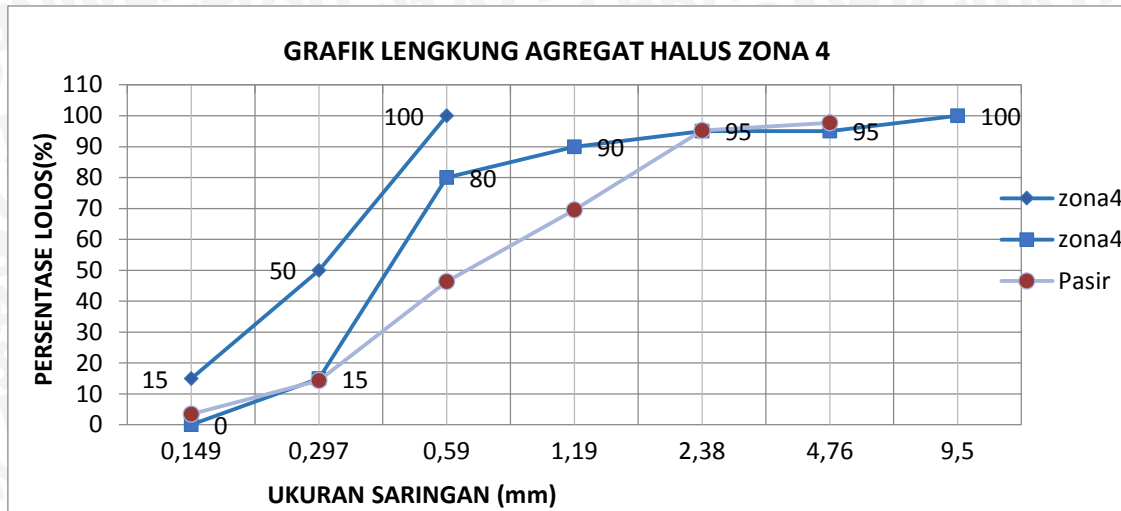
Gambar 1. Grafik Pasir Zona 1



Gambar 2. Grafik Pasir Zona 2



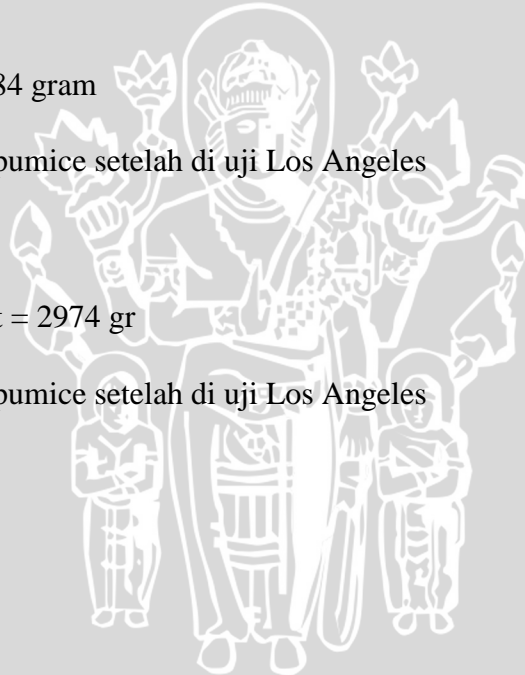
Gambar 3. Grafik Pasir Zona 3



Gambar 4. Grafik Pasir Zona 4

KEAUSAN :

- Berat batu pumice = 1484 gram
1299,9 gr berat batu pumice setelah di uji Los Angeles
Hasil = 26%
- Berat batu pumice di cat = 2974 gr
2789,9 gr berat batu pumice setelah di uji Los Angeles
Hasil = 55,8%



Tabel 2 Penyerapan Agregat Kasar

	Pumice tanpa cat	Pumice dengan cat	Kerikil
Benda Uji Kering Udara (Bk) (gram)	1000	1000	1000
Benda Uji Jenuh Kering Permukaan (Bj) (gram)	1140	1101	1032
Benda uji Jenuh Kering permukaan dalam air (Ba) (gram)	525	485	635
Berat Jenis Curah :			
$\frac{Bk}{(Bj - Ba)}$	1,62601626	1,623376623	2,518891688
Berat Jenis Jenuh kering permukaan			
$\frac{Bj}{(Bj - Ba)}$	1,853658537	1,787337662	2,599496222
Berat Jenis semu :			
$\frac{Bk}{(Bk - Ba)}$	2,105263158	1,941747573	2,739726027
Penyerapan air			
$\frac{Bj - Bk}{Bk}$	14,0%	10,1%	3,2%

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 3 Berat Balok

No.	Jenis	Berat (Kg)
1	KERIKIL	44,05
2		46,4
3		45,6
1	PUMICE	39,05
2		38,35
3		37,85
1	PUMICE CAT	37,8
2		37,75
3		36,8

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4 Kuat Lentur Balok

No.	Benda Uji	Berat	Volume	Berat Isi	Mu uji	Mu rata-rata
		(kg)	(cm ³)	(kg/m ³)	(kg.cm)	(kg.cm)
1	Kerikil	44,05	18000	2447,22	41475,25	40516,91667
2		46,4	18000	2577,78	39850,25	
3		45,6	18000	2533,33	40225,25	
1	Pumice	39,05	18000	2169,44	33975,25	37183,58333
2		38,35	18000	2130,56	40475,25	
3		37,85	18000	2102,78	37100,25	
1	Pumice cat	37,8	18000	2100,00	38975,25	38141,91667
2		37,75	18000	2097,22	37725,25	
3		36,8	18000	2044,44	37725,25	

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 5 Kuat Tekan Silinder

No.	Silinder	P		A	f'c
		(kN)	(N)	mm ²	(N/mm ²)
1	Kerikil	89	89000	5024	17,715
2	Pumice	82	82000	5024	16,322
3	Pumice Cat	83	83000	5024	16,521

Sumber Hasil Penelitian

Lampiran 3

Hasil Data Pengujian Pembebanan

Tabel 6 Data pembebanan kerikil 1

KERIKIL 1							
No.	P (kg)	P+18,02 (kg)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	Keterangan	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)
1	0	0	7,49	2,18		0	0
2	18,02	18,02	7,5	2,24		0,01	0,06
3	50	68,02	7,62	2,42		0,13	0,24
4	100	118,02	7,79	2,57		0,3	0,39
5	150	168,02	7,92	2,7		0,43	0,52
6	200	218,02	8	2,87		0,51	0,69
7	250	268,02	8,13	3,01		0,64	0,83
8	300	318,02	8,19	3,12		0,7	0,94
9	350	368,02	8,32	3,26		0,83	1,08
10	400	418,02	8,43	3,41		0,94	1,23
11	450	468,02	8,52	3,56		1,03	1,38
12	500	518,02	8,61	3,67		1,12	1,49
13	550	568,02	8,71	3,85		1,22	1,67
14	600	618,02	8,83	3,96		1,34	1,78
15	650	668,02	8,9	4,07		1,41	1,89
16	700	718,02	9	4,21		1,51	2,03
17	750	768,02	9,1	4,35		1,61	2,17
18	800	818,02	9,18	4,43		1,69	2,25
19	850	868,02	9,3	4,56		1,81	2,38
20	900	918,02	9,39	4,68		1,9	2,5
21	950	968,02	9,49	4,79		2	2,61
22	1000	1018,02	9,54	4,86		2,05	2,68
23	1050	1068,02	9,6	4,96		2,11	2,78
24	1100	1118,02	9,74	5,1		2,25	2,92
25	1150	1168,02	9,85	5,23		2,36	3,05
26	1200	1218,02	9,93	5,34		2,44	3,16
27	1250	1268,02	10,11	5,49		2,62	3,31
28	1300	1318,02	10,19	5,62		2,7	3,44
29	1350	1368,02	10,39	5,78		2,9	3,6
30	1400	1418,02	10,48	5,86		2,99	3,68
31	1450	1468,02	10,65	6,1		3,16	3,92
32	1500	1518,02	10,81	6,29		3,32	4,11
33	1550	1568,02	10,94	6,47		3,45	4,29
34	1600	1618,02	11,06	6,56		3,57	4,38
35	1650	1668,02	11,18	6,68		3,69	4,5
36	1700	1718,02	11,32	6,82	1A	3,83	4,64

37	1750	1768,02	11,41	6,95	2A	3,92	4,77
38	1800	1818,02	11,56	7,1		4,07	4,92
39	1850	1868,02	11,81	7,32	3A,1B	4,32	5,14
40	1900	1918,02	11,98	7,44		4,49	5,26
41	1950	1968,02	12,12	7,6	4A	4,63	5,42
42	2000	2018,02	12,29	7,77		4,8	5,59
43	2050	2068,02	12,47	7,96	5A	4,98	5,78
44	2100	2118,02	12,63	8,15		5,14	5,97
45	2150	2168,02	12,79	8,25		5,3	6,07
46	2200	2218,02	12,96	8,4	6A,7A	5,47	6,22
47	2250	2268,02	13,26	8,74		5,77	6,56
48	2300	2318,02	13,35	8,94	2B,8A	5,86	6,76
49	2350	2368,02	13,51	9,15		6,02	6,97
50	2400	2418,02	13,64	9,42	3B,2C,1C	6,15	7,24
51	2450	2468,02	13,98	9,68		6,49	7,5
52	2500	2518,02	14,16	9,97	4B	6,67	7,79
53	2550	2568,02	14,27	10,13		6,78	7,95
54	2600	2618,02	14,45	10,4	5B	6,96	8,22
55	2650	2668,02	14,6	10,62		7,11	8,44
56	2700	2718,02	14,92	10,87	6B,7B,9A	7,43	8,69
57	2750	2768,02	15,3	11,03		7,81	8,85
58	2800	2818,02	15,54	11,33	10A	8,05	9,15
59	2850	2868,02	15,86	11,75		8,37	9,57
60	2900	2918,02	16,04	12,23	4C	8,55	10,05
61	2950	2968,02	16,42	12,85		8,93	10,67
62	3000	3018,02	16,78	13	5C,9B	9,29	10,82
63	3050	3068,02	16,98	13,24	1D,4D	9,49	11,06
64	3100	3118,02	19,45	13,68	2D	11,96	11,5
65	3150	3168,02	19,84	14,4		12,35	12,22
66	3200	3218,02	20,36	16,45	11A,9C	12,87	14,27
67	3250	3268,02	21,2	17,04	11B,2E,3C,4D	13,71	14,86
68	3300	3318,02	21,89	17,54	3D,5D,10B	14,4	15,36
69	3102	3102	23,56	18,6	10C,11C	16,07	16,42
70	3106	3106	24,06	19,04		16,57	16,86
71	3118	3118	24,56	19,54	12A	17,07	17,36
72	3112	3112	25,06	20,04		17,57	17,86
73	3115	3115	25,56	20,54		18,07	18,36

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 7 Data pembebanan kerikil 2

KERIKIL 2							
No.	P (kg)	P+18,02 (kg)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	Keterangan	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)
1	0	0	8,14	3,96		0	0
2	18,02	18,02	8,19	4,02		0,05	0,06
3	50	68,02	8,26	4,17		0,12	0,21
4	100	118,02	8,39	4,36		0,25	0,4
5	150	168,02	8,48	4,48		0,34	0,52
6	200	218,02	8,58	4,61		0,44	0,65
7	250	268,02	8,67	4,71		0,53	0,75
8	300	318,02	8,76	4,86		0,62	0,9
9	350	368,02	8,87	5,01		0,73	1,05
10	400	418,02	8,92	5,09		0,78	1,13
11	450	468,02	9,01	5,2		0,87	1,24
12	500	518,02	9,1	5,3		0,96	1,34
13	550	568,02	9,17	5,42		1,03	1,46
14	600	618,02	9,26	5,51		1,12	1,55
15	650	668,02	9,35	5,63		1,21	1,67
16	700	718,02	9,41	5,7		1,27	1,74
17	750	768,02	9,5	5,82		1,36	1,86
18	800	818,02	9,56	5,89		1,42	1,93
19	850	868,02	9,64	6		1,5	2,04
20	900	918,02	9,7	6,09		1,56	2,13
21	950	968,02	9,78	6,2		1,64	2,24
22	1000	1018,02	9,87	6,28		1,73	2,32
23	1050	1068,02	9,95	6,4		1,81	2,44
24	1100	1118,02	10,05	6,5		1,91	2,54
25	1150	1168,02	10,16	6,61		2,02	2,65
26	1200	1218,02	10,25	6,72		2,11	2,76
27	1250	1268,02	10,46	6,94		2,32	2,98
28	1300	1318,02	10,53	7,06		2,39	3,1
29	1350	1368,02	10,61	7,18	1A	2,47	3,22
30	1400	1418,02	10,84	7,37		2,7	3,41
31	1450	1468,02	10,94	7,48		2,8	3,52
32	1500	1518,02	11,07	7,6	1B	2,93	3,64
33	1550	1568,02	11,24	7,78		3,1	3,82
34	1600	1618,02	11,35	7,92		3,21	3,96
35	1650	1668,02	11,48	8,07		3,34	4,11
36	1700	1718,02	11,63	8,18		3,49	4,22
37	1750	1768,02	11,74	8,28	2A	3,6	4,32
38	1800	1818,02	11,87	8,43	3A	3,73	4,47
39	1850	1868,02	12	8,57	3B	3,86	4,61

40	1900	1918,02	12,15	8,69	4A	4,01	4,73
41	1950	1968,02	12,28	8,81		4,14	4,85
42	2000	2018,02	12,42	8,94	5A	4,28	4,98
43	2050	2068,02	12,52	9,07		4,38	5,11
44	2100	2118,02	12,66	9,19	6A	4,52	5,23
45	2150	2168,02	12,79	9,34		4,65	5,38
46	2200	2218,02	12,88	9,48	1C	4,74	5,52
47	2250	2268,02	13,01	9,57	5B	4,87	5,61
48	2300	2318,02	13,13	9,77		4,99	5,81
49	2350	2368,02	13,27	9,86	6B	5,13	5,9
50	2400	2418,02	13,42	10,03	5C	5,28	6,07
51	2450	2468,02	13,58	10,17	8A	5,44	6,21
52	2500	2518,02	13,73	10,37		5,59	6,41
53	2550	2568,02	13,94	10,52	8B	5,8	6,56
54	2600	2618,02	14,18	10,76		6,04	6,8
55	2650	2668,02	14,47	11,02		6,33	7,06
56	2700	2718,02	14,62	11,23	6C	6,48	7,27
57	2750	2768,02	14,98	11,67	4B,9A	6,84	7,71
58	2800	2818,02	15,44	12,08		7,3	8,12
59	2850	2868,02	15,66	12,41	1D,3C	7,52	8,45
60	2900	2918,02	16,37	13,38		8,23	9,42
61	2950	2968,02	17,38	14,61	5D	9,24	10,65
62	3000	3018,02	18,47	15,98		10,33	12,02
63	3050	3068,02	19,62	16,98	7B	11,48	13,02
64	3100	3118,02	20,98	19,04	3D	12,84	15,08
65	3150	3168,02	23,08	21,35	5E	14,94	17,39
66	3170	3188,02	25,2	23,4	10A	17,06	19,44
67	2922	2922	26,57	24,75	2C,8C	18,43	20,79
68	2948	2948	27,83	26,08		19,69	22,12
69	3102	3102	28,55	26,74		20,41	22,78
70	3100	3100	29,55	27,44		21,41	23,48
71	3104	3104	30	27,91		21,86	23,95

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 8 Data pembebanan kerikil 3

KERIKIL 3							
No.	P (kg)	P+18,02 (kg)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	Keterangan	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)
1	0	0	10,11	9,61		0	0
2	18,02	18,02	10,16	9,68		0,05	0,07
3	50	68,02	10,27	9,89		0,16	0,28
4	100	118,02	10,36	10,03		0,25	0,42
5	150	168,02	10,41	10,17		0,3	0,56
6	200	218,02	10,5	10,35		0,39	0,74
7	250	268,02	10,57	10,5		0,46	0,89
8	300	318,02	10,64	10,66		0,53	1,05
9	350	368,02	10,72	10,81		0,61	1,2
10	400	418,02	10,79	10,94		0,68	1,33
11	450	468,02	10,87	11,1		0,76	1,49
12	500	518,02	10,95	11,23		0,84	1,62
13	550	568,02	11,02	11,37		0,91	1,76
14	600	618,02	11,1	11,48		0,99	1,87
15	650	668,02	11,19	11,62		1,08	2,01
16	700	718,02	11,25	11,73		1,14	2,12
17	750	768,02	11,32	11,83		1,21	2,22
18	800	818,02	11,39	11,97		1,28	2,36
19	850	868,02	11,47	12,08		1,36	2,47
20	900	918,02	11,54	12,2		1,43	2,59
21	950	968,02	11,62	12,32		1,51	2,71
22	1000	1018,02	11,67	12,41		1,56	2,8
23	1050	1068,02	11,76	12,52		1,65	2,91
24	1100	1118,02	11,83	12,64		1,72	3,03
25	1150	1168,02	11,92	12,74		1,81	3,13
26	1200	1218,02	12	12,84		1,89	3,23
27	1250	1268,02	12,08	12,94		1,97	3,33
28	1300	1318,02	12,17	13,05		2,06	3,44
29	1350	1368,02	12,27	13,17		2,16	3,56
30	1400	1418,02	12,38	13,31		2,27	3,7
31	1450	1468,02	12,52	13,47		2,41	3,86
32	1500	1518,02	12,62	13,57		2,51	3,96
33	1550	1568,02	12,86	13,84		2,75	4,23
34	1600	1618,02	13	14		2,89	4,39
35	1650	1668,02	13,11	14,15		3	4,54
36	1700	1718,02	13,23	14,31		3,12	4,7
37	1750	1768,02	13,38	14,53	1A,2A	3,27	4,92
38	1800	1818,02	13,52	14,77	3A	3,41	5,16
39	1850	1868,02	13,63	14,88	4A	3,52	5,27

40	1900	1918,02	13,74	15,02		3,63	5,41
41	1950	1968,02	13,88	15,17	5A,6A	3,77	5,56
42	2000	2018,02	13,99	15,28		3,88	5,67
43	2050	2068,02	14,25	15,52	7A,1B	4,14	5,91
44	2100	2118,02	14,37	15,62	5B	4,26	6,01
45	2150	2168,02	14,55	15,82	8A,9A	4,44	6,21
46	2200	2218,02	14,61	15,9	5C	4,5	6,29
47	2250	2268,02	14,73	16,02	3B,10A	4,62	6,41
48	2300	2318,02	14,82	16,18	1C,3B	4,71	6,57
49	2350	2368,02	14,94	16,32		4,83	6,71
50	2400	2418,02	15,07	16,41	6B	4,96	6,8
51	2450	2468,02	15,19	16,56		5,08	6,95
52	2500	2518,02	15,3	16,69		5,19	7,08
53	2550	2568,02	15,51	16,99	7B	5,4	7,38
54	2600	2618,02	16,89	19,54	1D,7C	6,78	9,93
55	2650	2668,02	17,15	19,89		7,04	10,28
56	2700	2718,02	18,17	20,18	4A	8,06	10,57
57	2750	2768,02	18,81	20,65	7D,2C	8,7	11,04
58	2800	2818,02	20,53	21,05	9B,5D	10,42	11,44
59	2850	2868,02	21,47	21,75	11A,1E	11,36	12,14
60	2900	2918,02	22,14	22,2		12,03	12,59
61	2950	2968,02	22,67	22,8	3C,9C	12,56	13,19
62	3000	3018,02	23,08	23,3	4B,2D	12,97	13,69
63	3050	3068,02	24,64	24,87		14,53	15,26
64	3100	3118,02	25,11	26,75	8B,10B	15	17,14
65	3150	3168,02	25,83	28,72		15,72	19,11
66	3200	3218,02	26,3	31,05	11B,12A,13A	16,19	21,44
67	3006	3006	26,75	31,27		16,64	21,66
68	3030	3030	27,08	31,75	12B	16,97	22,14
69	3104	3104	27,96	32,11	13B	17,85	22,5
70	3100	3100	28,5	32,59		18,39	22,98
71	3110	3110	29,46	33,24		19,35	23,63

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 9 Data pembebanan pumice 1

PUMICE 1							
No.	P (kg)	P+18,02 (kg)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	Keterangan	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)
1	0	0	7,58	11,77		0	0
2	18,02	18,02	7,58	11,77		0	0
3	50	68,02	7,75	12,15		0,17	0,38
4	100	118,02	7,78	12,19		0,2	0,42
5	150	168,02	7,85	12,36		0,27	0,59
6	200	218,02	7,92	12,51		0,34	0,74
7	250	268,02	8	12,67		0,42	0,9
8	300	318,02	8,08	12,82		0,5	1,05
9	350	368,02	8,17	12,97		0,59	1,2
10	400	418,02	8,26	13,13		0,68	1,36
11	450	468,02	8,36	13,27		0,78	1,5
12	500	518,02	8,46	13,43		0,88	1,66
13	550	568,02	8,52	13,55		0,94	1,78
14	600	618,02	8,61	13,64		1,03	1,87
15	650	668,02	8,75	13,8		1,17	2,03
16	700	718,02	8,82	13,93		1,24	2,16
17	750	768,02	8,92	14,05		1,34	2,28
18	800	818,02	8,99	14,18		1,41	2,41
19	850	868,02	9,09	14,27		1,51	2,5
20	900	918,02	9,18	14,39		1,6	2,62
21	950	968,02	9,28	14,51		1,7	2,74
22	1000	1018,02	9,38	14,66		1,8	2,89
23	1050	1068,02	9,47	14,74		1,89	2,97
24	1100	1118,02	9,58	14,84		2	3,07
25	1150	1168,02	9,67	14,97		2,09	3,2
26	1200	1218,02	9,76	15,06		2,18	3,29
27	1250	1268,02	9,86	15,18		2,28	3,41
28	1300	1318,02	9,94	15,27		2,36	3,5
29	1350	1368,02	10,11	15,44		2,53	3,67
30	1400	1418,02	10,24	15,57		2,66	3,8
31	1450	1468,02	10,37	15,71		2,79	3,94
32	1500	1518,02	10,47	15,83	1A	2,89	4,06
33	1550	1568,02	10,65	16,04		3,07	4,27
34	1600	1618,02	10,78	16,17		3,2	4,4
35	1650	1668,02	10,89	16,29		3,31	4,52
36	1700	1718,02	11,07	16,48	2A	3,49	4,71
37	1750	1768,02	11,24	16,67		3,66	4,9
38	1800	1818,02	11,37	16,78		3,79	5,01
39	1850	1868,02	11,55	16,95	3A	3,97	5,18

40	1900	1918,02	11,78	17,14		4,2	5,37
41	1950	1968,02	11,92	17,31		4,34	5,54
42	2000	2018,02	12,06	17,45		4,48	5,68
43	2050	2068,02	12,27	17,61		4,69	5,84
44	2100	2118,02	12,43	17,78		4,85	6,01
45	2150	2168,02	12,61	17,9	1B	5,03	6,13
46	2200	2218,02	12,75	18,05	4A	5,17	6,28
47	2250	2268,02	12,97	18,32		5,39	6,55
48	2300	2318,02	13,01	18,33		5,43	6,56
49	2350	2368,02	13,16	18,45		5,58	6,68
50	2400	2418,02	13,29	18,58		5,71	6,81
51	2450	2468,02	13,38	18,7	5A	5,8	6,93
52	2500	2518,02	13,62	18,85	3B, 6A	6,04	7,08
53	2550	2568,02	13,81	19	8A, 2B	6,23	7,23
54	2600	2618,02	13,97	19,17	4B, 9A, 10A, 5B	6,39	7,4
56	2650	2668,02	16,68	20,43	5C, 11A, 11B	9,1	8,66
57	2700	2718,02	17,91	21,27	4C, 7C, 8B, 12A	10,33	9,5
58	2612	2612	19,6	23,43		12,02	11,66
59	2630	2670	20,1	23,93	6B, 8C, 13A	12,52	12,16
60	2658	2704	20,6	24,43	9C	13,02	12,66
61	2667	2710	21,1	24,93		13,52	13,16
62	2673	2730	21,6	25,43	11C	14,02	13,66

Sumber : Hasil Penelitian



Tabel 10 Data pembebanan pumice 2

PUMICE 2							
No.	P (kg)	P+18,02 (kg)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	Keterangan	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)
1	0	0	6,49	10,68		0	0
2	18,02	18,02	6,59	10,77		0,1	0,09
3	50	68,02	6,68	11,07		0,19	0,39
4	100	118,02	6,72	11,28		0,23	0,6
5	150	168,02	6,77	11,45		0,28	0,77
6	200	218,02	6,84	11,61		0,35	0,93
7	250	268,02	6,91	11,76		0,42	1,08
8	300	318,02	7	11,92		0,51	1,24
9	350	368,02	7,07	12,05		0,58	1,37
10	400	418,02	7,15	12,2		0,66	1,52
11	450	468,02	7,23	12,33		0,74	1,65
12	500	518,02	7,34	12,5		0,85	1,82
13	550	568,02	7,42	12,62		0,93	1,94
14	600	618,02	7,49	12,76		1	2,08
15	650	668,02	7,58	12,88		1,09	2,2
16	700	718,02	7,67	12,96		1,18	2,28
17	750	768,02	7,77	13,1		1,28	2,42
18	800	818,02	7,84	13,19		1,35	2,51
19	850	868,02	7,92	13,29		1,43	2,61
20	900	918,02	8	13,43		1,51	2,75
21	950	968,02	8,11	13,55		1,62	2,87
22	1000	1018,02	8,18	13,63		1,69	2,95
23	1050	1068,02	8,27	13,74		1,78	3,06
24	1100	1118,02	8,35	13,8		1,86	3,12
25	1150	1168,02	8,48	13,94		1,99	3,26
26	1200	1218,02	8,59	14,09		2,1	3,41
27	1250	1268,02	8,71	14,21		2,22	3,53
28	1300	1318,02	8,82	14,33		2,33	3,65
29	1350	1368,02	8,94	14,45		2,45	3,77
30	1400	1418,02	9,05	14,6		2,56	3,92
31	1450	1468,02	9,19	14,72		2,7	4,04
32	1500	1518,02	9,34	14,87		2,85	4,19
33	1550	1568,02	9,48	15,02		2,99	4,34
34	1600	1618,02	9,64	15,23		3,15	4,55
35	1650	1668,02	9,8	15,38		3,31	4,7
36	1700	1718,02	9,93	15,52		3,44	4,84
37	1750	1768,02	10,14	15,73		3,65	5,05
38	1800	1818,02	10,21	15,83	1A	3,72	5,15
39	1850	1868,02	10,4	16	2A	3,91	5,32

40	1900	1918,02	10,51	16,17	3A	4,02	5,49
41	1950	1968,02	10,65	16,3		4,16	5,62
42	2000	2018,02	10,77	16,44	4A	4,28	5,76
43	2050	2068,02	10,92	16,6		4,43	5,92
44	2100	2118,02	11,05	16,73	1B, 4B	4,56	6,05
45	2150	2168,02	11,15	16,85		4,66	6,17
46	2200	2218,02	11,37	17	5A, 2B	4,88	6,32
47	2250	2268,02	11,53	17,15	6A, 7A	5,04	6,47
48	2300	2318,02	11,7	17,32	8A	5,21	6,64
49	2350	2368,02	11,85	17,46	9A, 10 A	5,36	6,78
50	2400	2418,02	11,99	17,61		5,5	6,93
51	2450	2468,02	12,12	17,72	4C	5,63	7,04
52	2500	2518,02	12,25	17,83	7B	5,76	7,15
53	2550	2568,02	12,36	18	11A	5,87	7,32
54	2600	2618,02	12,52	18,13	12A	6,03	7,45
55	2650	2668,02	12,72	18,3	9B	6,23	7,62
56	2700	2718,02	12,86	18,52	4D	6,37	7,84
57	2750	2768,02	12,99	18,71	3B	6,5	8,03
58	2800	2818,02	13,3	18,95	4E	6,81	8,27
59	2850	2868,02	15,02	19,73	4C, 12B	8,53	9,05
60	2900	2918,02	15,89	20,23	1C, 8B	9,4	9,55
61	2950	2968,02	18,27	22,68	6B, 8C, 12C, 14A	11,78	12
62	3000	3018,02	19,31	23,41	12D, 14B, 15A	12,82	12,73
63	3100	3118,02	20,9	24,93		14,41	14,25
64	3150	3168,02	23,48	26,9	6C, 12E	16,99	16,22
65	3200	3218,02	27,71	30,62		21,22	19,94
66	3200	3218,02	30,48	33,47		23,99	22,79
67	3220	3238,02	32,54	34,83	8D, 11D	26,05	24,15
68	3144	3144	33,04	35,33		26,55	24,65
69	3104	3104	33,54	35,83		27,05	25,15
70	3110	3110	34,04	36,33		27,55	25,65
71	3118	3118	34,54	36,83		28,05	26,15
72	3134	3134	35,04	37,33		28,55	26,65

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 11 Data pembebanan pumice 3

BENDA UJI							
No.	P (kg)	P+18,02 (kg)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	Keterangan	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)
1	0	0	7,79	8,68		0	0
2	18,02	18,02	7,82	8,76		0,03	0,08
3	50	68,02	7,96	8,96		0,17	0,28
4	100	118,02	8,02	9,06		0,23	0,38
5	150	168,02	8,26	9,58		0,47	0,9
6	200	218,02	8,42	9,87		0,63	1,19
7	250	268,02	8,54	10,05		0,75	1,37
8	300	318,02	8,65	10,22		0,86	1,54
9	350	368,02	8,76	10,38		0,97	1,7
10	400	418,02	8,85	10,51		1,06	1,83
11	450	468,02	8,97	10,66		1,18	1,98
12	500	518,02	9,06	10,79		1,27	2,11
13	550	568,02	9,17	10,92		1,38	2,24
14	600	618,02	9,26	11,04		1,47	2,36
15	650	668,02	9,38	11,17		1,59	2,49
16	700	718,02	9,45	11,26		1,66	2,58
17	750	768,02	9,57	11,41		1,78	2,73
18	800	818,02	9,68	11,54		1,89	2,86
19	850	868,02	9,72	11,75		1,93	3,07
20	900	918,02	9,92	11,83		2,13	3,15
21	950	968,02	9,98	11,97		2,19	3,29
22	1000	1018,02	10,07	12		2,28	3,32
23	1050	1068,02	10,19	12,14		2,4	3,46
24	1100	1118,02	10,27	12,24		2,48	3,56
25	1150	1168,02	10,39	12,38		2,6	3,7
26	1200	1218,02	10,49	12,46		2,7	3,78
27	1250	1268,02	10,59	12,6		2,8	3,92
28	1300	1318,02	10,71	12,71		2,92	4,03
29	1350	1368,02	10,81	12,84		3,02	4,16
30	1400	1418,02	10,95	12,97		3,16	4,29
31	1450	1468,02	11,04	13,07		3,25	4,39
32	1500	1518,02	11,2	13,22		3,41	4,54
33	1550	1568,02	11,34	13,38		3,55	4,7
34	1600	1618,02	11,48	13,51		3,69	4,83
35	1650	1668,02	11,62	13,66		3,83	4,98
36	1700	1718,02	11,78	13,79	1A	3,99	5,11
37	1750	1768,02	11,91	13,93	2A	4,12	5,25
38	1800	1818,02	12,06	14,07	3A	4,27	5,39
39	1850	1868,02	12,13	14,18	1B	4,34	5,5

40	1900	1918,02	12,31	14,34	4A	4,52	5,66
41	1950	1968,02	12,42	14,46		4,63	5,78
42	2000	2018,02	12,57	14,6		4,78	5,92
43	2050	2068,02	12,71	14,73	5A, 6A	4,92	6,05
44	2100	2118,02	12,76	14,82	7A	4,97	6,14
45	2150	2168,02	13	15,13	8A	5,21	6,45
46	2200	2218,02	13,13	15,31	9A	5,34	6,63
47	2250	2268,02	13,23	15,39	10A	5,44	6,71
48	2300	2318,02	13,43	15,61		5,64	6,93
49	2350	2368,02	13,52	15,7		5,73	7,02
50	2400	2418,02	13,6	15,81	7B, 9B	5,81	7,13
51	2450	2468,02	13,75	15,94		5,96	7,26
52	2500	2518,02	13,91	16,12	11A	6,12	7,44
53	2550	2568,02	14,14	16,25		6,35	7,57
54	2600	2618,02	14,35	16,44	12A	6,56	7,76
55	2650	2668,02	14,56	16,55		6,77	7,87
56	2700	2718,02	14,81	16,73	2B, 3B,10B,13A	7,02	8,05
57	2750	2768,02	15,11	16,95	7C, 9C, 12B,13B	7,32	8,27
58	2800	2818,02	17,44	19,06	5B,6B, 18A	9,65	10,38
59	2850	2868,02	18,09	19,76	6C, 7D	10,3	11,08
60	2900	2918,02	19,77	21,09	10C	11,98	12,41
61	2950	2968,02	23,3	23,68	13C	15,51	15
62	2492	2492	27,12	24,67	14A	19,33	15,99
63	2460	2460	27,62	25,17	15A	19,83	16,49
64	2436	2436	28,12	25,67		20,33	16,99
65	2462	2462	28,62	26,17		20,83	17,49
66	2478	2478	29,12	26,67		21,33	17,99
67	2470	2470	29,62	27,17		21,83	18,49

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 12 Data pembebanan pumice cat 1

BENDA UJI							
No.	P (kg)	P+18,02 (kg)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	Keterangan	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)
1	0	0	9,64	7,69		0	0
2	18,02	18,02	9,81	7,93		0,17	0,24
3	50	68,02	9,88	8,03		0,24	0,34
4	100	118,02	10	8,18		0,36	0,49
5	150	168,02	10,09	8,29		0,45	0,6
6	200	218,02	10,19	8,41		0,55	0,72
7	250	268,02	10,29	8,54		0,65	0,85
8	300	318,02	10,41	8,69		0,77	1
9	350	368,02	10,53	8,8		0,89	1,11
10	400	418,02	10,63	8,94		0,99	1,25
11	450	468,02	10,77	9,1		1,13	1,41
12	500	518,02	10,86	9,22		1,22	1,53
13	550	568,02	10,96	9,36		1,32	1,67
14	600	618,02	11,07	9,48		1,43	1,79
15	650	668,02	11,19	9,61		1,55	1,92
16	700	718,02	11,28	9,72		1,64	2,03
17	750	768,02	11,34	9,84		1,7	2,15
18	800	818,02	11,45	9,99		1,81	2,3
19	850	868,02	11,62	10,12		1,98	2,43
20	900	918,02	11,75	10,26		2,11	2,57
21	950	968,02	11,87	10,41		2,23	2,72
22	1000	1018,02	11,97	10,54		2,33	2,85
23	1050	1068,02	12,09	10,65		2,45	2,96
24	1100	1118,02	12,18	10,77		2,54	3,08
25	1150	1168,02	12,32	10,91		2,68	3,22
26	1200	1218,02	12,43	11,03		2,79	3,34
27	1250	1268,02	12,56	11,16		2,92	3,47
28	1300	1318,02	12,67	11,28		3,03	3,59
29	1350	1368,02	12,79	11,44		3,15	3,75
30	1400	1418,02	12,92	11,58		3,28	3,89
31	1450	1468,02	13,05	11,71		3,41	4,02
32	1500	1518,02	13,16	11,86		3,52	4,17
33	1550	1568,02	13,29	11,98		3,65	4,29
34	1600	1618,02	13,42	12,1		3,78	4,41
35	1650	1668,02	13,55	12,26		3,91	4,57
36	1700	1718,02	13,66	12,38		4,02	4,69
37	1750	1768,02	13,76	12,5		4,12	4,81
38	1800	1818,02	13,92	12,68		4,28	4,99
39	1850	1868,02	14,08	12,84		4,44	5,15

40	1900	1918,02	14,22	13		4,58	5,31
41	1950	1968,02	14,37	13,13		4,73	5,44
42	2000	2018,02	14,48	13,26		4,84	5,57
43	2050	2068,02	14,6	13,38		4,96	5,69
44	2100	2118,02	14,73	13,52		5,09	5,83
45	2150	2168,02	14,86	13,63		5,22	5,94
46	2200	2218,02	14,98	13,75		5,34	6,06
47	2250	2268,02	15,1	13,89		5,46	6,2
48	2300	2318,02	15,23	14,01		5,59	6,32
49	2350	2368,02	15,38	14,15		5,74	6,46
50	2400	2418,02	15,51	14,31		5,87	6,62
51	2450	2468,02	15,63	14,41		5,99	6,72
52	2500	2518,02	15,77	14,57		6,13	6,88
53	2550	2568,02	15,91	14,72		6,27	7,03
54	2600	2618,02	16,03	14,82	1A	6,39	7,13
55	2650	2668,02	16,24	15,03	2A	6,6	7,34
56	2700	2718,02	16,43	15,22	3A	6,79	7,53
57	2750	2768,02	16,62	15,39		6,98	7,7
58	2800	2818,02	16,79	15,59	4A,5A	7,15	7,9
59	2850	2868,02	16,99	15,81	5B, 6A	7,35	8,12
60	2900	2918,02	19,47	17,21	7A, 8A	9,83	9,52
61	2950	2968,02	21,47	18,39	7B,9A	11,83	10,7
62	3000	3018,02	23,3	19,82	8B, 10A, 11A	13,66	12,13
63	3050	3068,02	24,6	21,49	4B, 4C, 9B, 9C	14,96	13,8
64	3100	3118,02	32,37	33,38	12A, 13A, 14A	22,73	25,69
65	2962	2962	37,24	39,66	12B, 13B	27,6	31,97
66	3038	3038	37,74	40,72		28,1	33,03
67	3066	3066	38,24	41,76		28,6	34,07
68	3018	3018	38,74	42,14		29,1	34,45
69	3026	3026	39,24	42,24		29,6	34,55

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 13 Data pembebanan pumice cat 2

BENDA UJI							
No.	P (kg)	P+18,02 (kg)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	Keterangan	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)
1	0	0	10,65	6,6		0	0
2	18,02	18,02	10,75	6,68		0,1	0,08
3	50	68,02	11,17	7,23		0,52	0,63
4	100	118,02	11,29	7,36		0,64	0,76
5	150	168,02	11,38	7,52		0,73	0,92
6	200	218,02	11,49	7,68		0,84	1,08
7	250	268,02	11,6	7,77		0,95	1,17
8	300	318,02	11,7	7,9		1,05	1,3
9	350	368,02	11,8	8,02		1,15	1,42
10	400	418,02	11,91	8,18		1,26	1,58
11	450	468,02	12,04	8,33		1,39	1,73
12	500	518,02	12,1	8,43		1,45	1,83
13	550	568,02	12,21	8,56		1,56	1,96
14	600	618,02	12,31	8,69		1,66	2,09
15	650	668,02	12,43	8,83		1,78	2,23
16	700	718,02	12,51	8,91		1,86	2,31
17	750	768,02	12,62	9,05		1,97	2,45
18	800	818,02	12,71	9,15		2,06	2,55
19	850	868,02	12,81	9,28		2,16	2,68
20	900	918,02	12,92	9,41		2,27	2,81
21	950	968,02	13	9,51		2,35	2,91
22	1000	1018,02	13,11	9,65		2,46	3,05
23	1050	1068,02	13,24	9,78		2,59	3,18
24	1100	1118,02	13,33	9,87		2,68	3,27
25	1150	1168,02	13,49	10,05		2,84	3,45
26	1200	1218,02	13,55	10,12		2,9	3,52
27	1250	1268,02	13,68	10,25		3,03	3,65
28	1300	1318,02	13,8	10,4		3,15	3,8
29	1350	1368,02	13,92	10,54		3,27	3,94
30	1400	1418,02	13,98	10,6		3,33	4
31	1450	1468,02	14,1	10,74		3,45	4,14
32	1500	1518,02	14,22	10,84		3,57	4,24
33	1550	1568,02	14,31	11,02		3,66	4,42
34	1600	1618,02	14,44	11,19		3,79	4,59
35	1650	1668,02	14,53	11,27		3,88	4,67
36	1700	1718,02	14,69	11,42		4,04	4,82
37	1750	1768,02	14,84	11,58		4,19	4,98
38	1800	1818,02	14,94	11,71		4,29	5,11
39	1850	1868,02	15,06	11,82		4,41	5,22

40	1900	1918,02	15,23	12		4,58	5,4
41	1950	1968,02	15,35	12,11	1A	4,7	5,51
42	2000	2018,02	15,51	12,25		4,86	5,65
43	2050	2068,02	15,58	12,42		4,93	5,82
44	2100	2118,02	15,72	12,52		5,07	5,92
45	2150	2168,02	15,83	12,67		5,18	6,07
46	2200	2218,02	15,97	12,78		5,32	6,18
47	2250	2268,02	16,09	12,94		5,44	6,34
48	2300	2318,02	16,14	13,02		5,49	6,42
49	2350	2368,02	16,35	13,19		5,7	6,59
50	2400	2418,02	16,46	13,3		5,81	6,7
51	2450	2468,02	16,58	13,43		5,93	6,83
52	2500	2518,02	16,73	13,55	2A	6,08	6,95
53	2550	2568,02	16,89	13,76	3A	6,24	7,16
54	2600	2618,02	16,98	13,8		6,33	7,2
55	2650	2668,02	17,12	13,99	2B, 3B	6,47	7,39
56	2700	2718,02	17,28	14,16	4A	6,63	7,56
57	2750	2768,02	17,39	14,26	5A, 6A	6,74	7,66
58	2800	2818,02	17,54	14,89	7A	6,89	8,29
59	2850	2868,02	20,38	20,94	8A	9,73	14,34
60	2900	2918,02	20,09	22,52	5B	9,44	15,92
61	2950	2968,02	21,86	24,36	6B, 7B	11,21	17,76
62	3000	3018,02	23,67	29,64	8B, 9A	13,02	23,04
63	2650	2650	27,26	37,95		16,61	31,35
64	2822	2822	27,76	39,11	10A	17,11	32,51
65	2714	2714	28,26	40,33		17,61	33,73
66	2670	2670	28,76	41,95	11A	18,11	35,35
67	2760	2760	29,26	43,35		18,61	36,75

Sumber : Hasil Penelitian



Tabel 14 Data pembebanan pumice cat 3

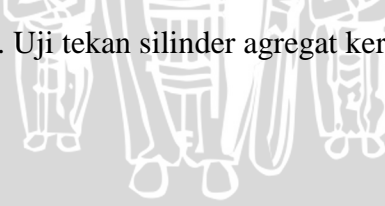
BENDA UJI							
No.	P (kg)	P+18,02 (kg)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	Keterangan	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)
1	0	0	8,09	6,39		0	0
2	18,02	18,02	8,21	6,54		0,12	0,15
3	50	68,02	8,4	6,73		0,31	0,34
4	100	118,02	8,57	6,88		0,48	0,49
5	150	168,02	8,67	7,03		0,58	0,64
6	200	218,02	8,8	7,18		0,71	0,79
7	250	268,02	8,91	7,25		0,82	0,86
8	300	318,02	9,01	7,35		0,92	0,96
9	350	368,02	9,17	7,54		1,08	1,15
10	400	418,02	9,26	7,64		1,17	1,25
11	450	468,02	9,37	7,77		1,28	1,38
12	500	518,02	9,53	7,98		1,44	1,59
13	550	568,02	9,61	8,07		1,52	1,68
14	600	618,02	9,72	8,19		1,63	1,8
15	650	668,02	9,85	8,31		1,76	1,92
16	700	718,02	9,94	8,53		1,85	2,14
17	750	768,02	10,03	8,58		1,94	2,19
18	800	818,02	10,12	8,67		2,03	2,28
19	850	868,02	10,22	8,78		2,13	2,39
20	900	918,02	10,38	9,01		2,29	2,62
21	950	968,02	10,45	9,1		2,36	2,71
22	1000	1018,02	10,56	9,24		2,47	2,85
23	1050	1068,02	10,68	9,31		2,59	2,92
24	1100	1118,02	10,81	9,48		2,72	3,09
25	1150	1168,02	10,83	9,52		2,74	3,13
26	1200	1218,02	10,92	9,62		2,83	3,23
27	1250	1268,02	11,06	9,75		2,97	3,36
28	1300	1318,02	11,16	9,85		3,07	3,46
29	1350	1368,02	11,32	10,03		3,23	3,64
30	1400	1418,02	11,38	10,09		3,29	3,7
31	1450	1468,02	11,45	10,18		3,36	3,79
32	1500	1518,02	11,57	10,32		3,48	3,93
33	1550	1568,02	11,7	10,43		3,61	4,04
34	1600	1618,02	11,83	10,59		3,74	4,2
35	1650	1668,02	11,92	10,68		3,83	4,29
36	1700	1718,02	12,09	10,82		4	4,43
37	1750	1768,02	12,2	10,95		4,11	4,56
38	1800	1818,02	12,33	11,09		4,24	4,7
39	1850	1868,02	12,46	11,23		4,37	4,84

40	1900	1918,02	12,56	11,33		4,47	4,94
41	1950	1968,02	12,71	11,53		4,62	5,14
42	2000	2018,02	12,86	11,71		4,77	5,32
43	2050	2068,02	13,03	11,92		4,94	5,53
44	2100	2118,02	13,13	12,04		5,04	5,65
45	2150	2168,02	13,25	12,17	1A	5,16	5,78
46	2200	2218,02	13,4	12,34	2A, 3A, 1B	5,31	5,95
47	2250	2268,02	13,64	12,54	4A	5,55	6,15
48	2300	2318,02	13,82	12,68	5A, 6A	5,73	6,29
49	2350	2368,02	13,99	12,87	7A, 6B	5,9	6,48
50	2400	2418,02	14,14	13,01	1C	6,05	6,62
51	2450	2468,02	14,28	13,15	2B, 8A	6,19	6,76
52	2500	2518,02	14,49	13,38	4B	6,4	6,99
53	2550	2568,02	14,59	13,49	3B, 9A	6,5	7,1
54	2600	2618,02	14,81	13,74	5B, 10A	6,72	7,35
55	2650	2668,02	14,92	13,93	11A	6,83	7,54
56	2700	2718,02	15,15	14,16	4C,7B, 12A	7,06	7,77
57	2750	2768,02	15,84	14,85	1D, 4D, 12B	7,75	8,46
58	2800	2818,02	18,07	16,45	2C, 9B, 10B, 12C	9,98	10,06
59	2850	2868,02	21,73	21,45		13,64	15,06
60	2900	2918,02	25,59	24,44	2D, 4E, 6C	17,5	18,05
61	2950	2968,02	27,42	26,12	10C, 11B, 12D	19,33	19,73
62	3000	3018,02	35,62	33,12	9C	27,53	26,73
63	2768	2768	41,66	36,13		33,57	29,74
64	2784	2784	42,16	36,33	11C	34,07	29,94
65	2830	2830	42,66	36,73	9D, 11D	34,57	30,34
66	2872	2872	43,16	37,22	13A	35,07	30,83
67	2900	2900	43,66	37,67		35,57	31,28

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 5. Uji tekan silinder agregat kerikil





Gambar 6. Uji tekan silinder agregat *pumice cat*



Gambar 7. Uji tekan silinder agregat *pumice*



Gambar 8. Uji pembebanan beton agregat kerikil 1



Gambar 9. Uji pembebanan beton agregat kerikil 2



Gambar 10. Uji pembebanan beton agregat kerikil 3



Gambar 11. Uji pembebanan beton agregat *pumice* 1



Gambar 12. Uji pembebanan beton agregat *pumice* 2



Gambar 13. Uji pembebanan beton agregat *pumice* 3



Gambar 14. Uji pembebanan beton agregat *pumice* cat 1



Gambar 15. Uji pembebanan beton agregat *pumice* cat 2



Gambar 16. Uji pembebanan beton agregat *pumice* cat 3

