



**PENGARUH KOMPOSISI FLY ASH TERHADAP KUAT LENTUR
BETON POROUS DENGAN VARIASI KOMPOSISI AGREGAT KASAR
DAUR ULANG (RCA)**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RIKA AMENETYA SARI
NIM. 135060101111027**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017**



LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH KOMPOSISI FLY ASH TERHADAP KUAT LENTUR
BETON POROUS DENGAN VARIASI KOMPOSISI AGREGAT
KASAR DAUR ULANG (RCA)

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



RIKA AMENETYA SARI

NIM. 135060101111027

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 10 Juli 2017

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Eva Arifi, ST., MT
NIK. 201002 771203 2 001

Christin Remayanti, ST., MT.
NIP. 19840325 201504 2 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac.)
NIP. 19810220 200604 1 002



LEMBAR IDENTITAS PENGUJI

Judul Skripsi :

Pengaruh Komposisi Fly Ash Terhadap Kuat Lentur Beton Porous Dengan Variasi

Komposisi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Nama Mahasiswa : Rika Amenetya Sari

NIM. : 135060101111027

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji

Dosen Penguji 1 : Dr.Eng Eva Arifi ST.,MT.

Dosen Penguji 2 : Christin Remayanti, ST.,MT.

Dosen Penguji 3 : Dr.Eng. Devi Nuralinah, ST., MT.

Tanggal Ujian : 13 Juni 2017

SK Penguji : 687/UN 10.F07/SK/2017

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 8 Juni 2017

Mahasiswa,

Rika Amenetya Sari

NIM.135060101111027

RIWAYAT HIDUP

Rika Amenetya Sari lahir di Blitar tanggal 09 Oktober 1994, anak pertama dari bapak Suparno dan Ibu Winarsih. Telah menempuh pendidikan di TK Pertiwi Pandanarum lulus tahun 2001, SDN Kalipang 01 lulus tahun 2007, SMPN 1 Sutojayan lulus tahun 2010, SMAN 1 Sutojayan lulus tahun 2013, dan melanjutkan pendidikan Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya lulus pada tahun 2017.

Pada semasa perkuliahan turut berpartisipasi aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Sipil Periode 2015/2016, Asisten laboratorium struktur dan bahan konstruksi Universitas Brawijaya, dan mengikuti kepanitian serta mengikuti salah satu kompetisi bidang teknik sipil.

Malang, Juni 2017

Penulis

PENGANTAR

Dengan mengucap syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Tugas akhir ini merupakan tugas akademik yang wajib ditempuh oleh mahasiswa dalam rangka mendapatkan gelar sarjana S1,

Sebagai seorang calon sarjana teknik sipil, hendaknya kita mengetahui lebih lanjut tentang perkembangan dan inovasi mutakhir terkait dunia keteknik sipilan. Hal ini penting karena dewasa ini perkembangan teknologi keteknik sipilan meningkat cukup pesat sehingga lulusan sarjana sipil harus mampu mengaetaahui hal tersebut agar mampu bersaing dalam dunia kerja.

Pada kesempatan ini, tidak lupa saya sampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, saudara dan keluarga yang selalu memberi dukungan dan doa
2. Bapak Ir. Sugeng P. Budio, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ibu Ir.Siti Nurlina MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
4. Bapak Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac), selaku Ketua Program Studi Sarjana (S1) Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. IbuDr.Eng Eva Arifi ST.,MT. selaku dosen pembimbing 1
6. Ibu Christin Remayanti, ST.,MT.selaku dosen pembimbing 2
7. Ibu Dr.Eng. Devi Nuralinah, ST., MT. selaku ketua majelis
8. Bapak Sugeng, Bapak Dino, Bapak Hadi selaku laboran lab.struktur
9. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil FT-UB
10. Keluarga Besar Mahasiswa Teknik FT-UB

Besar harapan agar nantinya hasil yang telah didapatkan ini dapat bermanfaat untuk pribadi dan para pembaca, baik sebagai bahan bacaan penunjang maupun sebagai referensi.

Dapat disadari bahwa penyusunan skiripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Hal ini disebabkan masih terbatasnya pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki. Oleh karena itu saran dan petunjuk serat kritik yang bersifat membangun sangatlah diharapkan guna mencapai hasil yang lebih baik.

Malang, 8 Juni 2017

Penulis



DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SIMBOL	xiii
RINGKASAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Tujuan	4
1.6 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton Porous	5
2.2 Material Penyusun Beton Porous	6
2.2.1 Agregat Kasar Alami.....	6
2.2.2 Agregat Kasar Daur Ulang.....	6
2.2.3 Semen dan Air	6
2.3 Kuat Lentur Beton.....	7
2.4 <i>Fly Ash</i>	12
2.5 Penelitian Terdahulu	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Variabel Penelitian	15
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	15



3.3.1 Alat Penelitian	15
3.3.2 Bahan Penelitian	16
3.4 Analisis Bahan	16
3.4.1 Agregat Kasar Daur Ulang	16
3.4.2 <i>Fly Ash</i>	16
3.4.3 Agregat Kasar Alami	16
3.4.4 Semen PPC	16
3.4.5 Air	16
3.5 Rancangan Penelitian	17
3.6 Prosedur penelitian	18
3.6.1 Penelitian Pendahuluan	18
3.6.2 Pembuatan Benda Uji	20
3.6.3 Pengujian kuat Lentur Beton Porous	21
3.7 Rancangan Analisis data	22
3.7.1 Penelitian Pendahuluan	22
3.7.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur	23
3.8 Diagram Alir Tahap Penelitian	25
3.8.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.8.2 Diagram Alir Pembuatan Benda Uji	26
3.8.3 Diagram Alir Pengujian Kuat Lentur	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar	29
4.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)	29
4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Alami (NCA)	30
4.1.3 Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA) dan Agregat Kasar Alami (NCA)	31
4.1.4 <i>Fly Ash</i>	32
4.2 Hasil Pembuatan Balok Beton Porous	34
4.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Porous	38
4.4 Hubungan Berat Isi dan Kuat Lentur Beton Porous	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45

5.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Porous45

4.4 Hubungan Berat Isi dan Kuat Lentur Beton Porous.....46

DAFTAR PUSTAKA.....47

LAMPIRAN.....49



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Hal.
Tabel 3.1	Variabel Penelitian.....	15
Tabel 3.2	Faktor Benda Uji Kuat Lentur	17
Tabel 3.3	Variasi benda Uji Kuat Lentur.....	17
Tabel 3.4	Form Pengujian Kuat Lentur	18
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi RCA.....	29
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi NCA.....	30
Tabel 4.3	Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA) dan Agregat Kasar Alami (NCA).....	31
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Fly Ash Dengan Metode XRF (<i>X-Ray Fluoresence</i>).....	33
Tabel 4.5	Berat Isi Balok Beton Porous	35
Tabel 4.6	Berat Isi Rata-Rata Beton Porous.....	36
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Porous.....	38
Tabel 4.8	Kuat Lentur Rata-Rata Balok beton Porous	39



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Hal.
Gambar 2.1	Beton Porous	5
Gambar 2.2	Patah Bagian Tengahh Bentang	9
Gambar 2.3	Patah Di Luar Tengah Bentang dan Terletak <5% dari Bentang.....	10
Gambar 2.4	Patah Di Luar Daerah Tengah bentang dan >5% dari Bentang	10
Gambar 2.5	Pembebanan dan Pengujian Kuat Lentur	11
Gambar 2.6	Partikel <i>Fly Ash</i>	12
Gambar 3.1	Bentuk Benda Uji Kuat Lentur	17
Gambar 3.2	Rancangan Pembebanan Uji Kuat Lentur	21
Gambar 3.3	Diagram Alir Tapa Penelitian	25
Gambar 3.4	Diagram Alir Pembuatan Benda Uji	26
Gambar 3.5	Diagram Alir Pengujian Kuat Lentur.....	27
Gambar 4.1	Sampel Agregat Kasar Daur Ulang (RCA).....	30
Gambar 4.2	Sampel Agregat Alami (NCA)	31
Gambar 4.3	<i>Fly Ash</i>	33
Gambar 4.4	Grafik Rata-Rata Berat Isi Beton Porous.....	36
Gambar 4.5	Balok Beton Porous (umur 28 Hari)	36
Gambar 4.6	Balok Beton Porous Sebelum dan Sesudah Diuji	39
Gambar 4.7	Grafik Kuat Lentur Rata-Rata Beton Porous	40
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Berat Isi dan Kuat Lentur <i>Fly Ash</i> 0%	42
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Berat Isi dan Kuat Lentur <i>Fly Ash</i> 15%.....	42
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Berat Isi dan Kuat Lentur <i>Fly Ash</i> 25%.....	43

DAFTAR SIMBOL

Besaran dasar	Satuan dan Singkatan	Simbol
Gaya	Newton atau N	F
Massa	Kilogram atau Kg	m
Panjang	Meter atau m	l
Tegangan	Pascal atau Pa	σ

RINGKASAN

Rika Amenetya Sari, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2017, *Pengaruh Komposisi Fly Ash Terhadap Kuat Lentur Beton Porous Dengan Variasi Komposisi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)*, Dosen Pembimbing: Dr.Eng Eva Arifi, ST.,MT. Dan Christin Remayanti, ST.,MT.

Beton porous adalah jenis beton yang memiliki porositas yang tinggi sehingga rongga pada beton mampu dilewati oleh air. Bahan penyusun beton porous terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar, dan sedikit agregat halus atau sama sekali tanpa agregat halus. Pemanfaatan fly ash dalam beton porous diharapkan dapat meningkatkan kualitas beton porous dan pemanfaatan RCA dalam pembuatan beton porous diharapkan mampu memberikan inovasi penerapan konsep material yang ramah lingkungan.

Kelebihan beton porous dengan porositas yang tinggi adalah mampu mengalirkan air dengan mudah sehingga mengurangi genangan air permukaan yang sering menyebabkan kerusakan jalan dan kecelakaan. Tetapi dengan menggunakan beton porous kuat lentur yang dihasilkan tidak lebih besar daripada beton normal. Hal ini disebabkan oleh rongga yang lebih banyak pada beton porous sehingga kekuatan lentur beton porous lebih kecil dibandingkan beton normal.

Pada penelitian ini dilaksanakan pengujian kuat lentur terhadap beton porous dengan variasi penggantian semen oleh fly ash *fly ash* sebesar 0%, 15%, 25% dan penggantian agregat kasar alami (NCA) oleh agregat kasar daur ulang (RCA) sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Pengujian beton porous menggunakan alat uji *Universal testing machine* (UTM) yang bertujuan mengetahui hubungan serta komposisi optimal RCA dan fly ash terhadap kuat lentur beton porous yang sesuai dengan persyaratan beton perkerasan. Jenis *fly ash* yang digunakan adalah kelas C yaitu *fly ash* yang memiliki sifat *pozzolan* dan *cementitious* ketika bercampur dengan pasta air semen. Semen yang digunakan adalah *Pozzolan Portland Cement* (PPC) yang lebih memiliki sifat *pozzolan* dari penambahan *pozzolan* halus silica dan alumina.

Hasil dari penelitian dari pengujian kuat lentur terhadap beton porous adalah kuat lentur tertinggi didapatkan pada komposisi *fly ash* 0% dan agregat kasar daur ulang (RCA) 0% dengan kuat lentur sebesar 2,332 MPa. Hasil tersebut belum memenuhi persyaratan mutu beton perkerasan. Hubungan antara komposisi *fly ash* dan agregat kasar daur ulang (RCA) terhadap kuat lentur menunjukkan hasil yang belum signifikan dikarenakan kualitas NCA lebih rendah akibat penyerapan air yang besar.

Kata Kunci : beton porous, *fly ash*, agregat kasar daur ulang, kuat lentur, komposisi

SUMMARY

Rika Amenetya Sari, *Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, June 2017, Effect of Fly Ash Composition On The Flexural Strength Of Porous Concrete with Variations Composition Of Recycle Coarse Aggregate (RCA), Academic Supervisor : Dr.Eng Eva Arifi, ST, MT. Dan Christin Remayanti, ST., MT.*

Porous concrete is a type of concrete that has high porosity that water can pass the void of concrete. The material of porous concrete comprises a mixture of cement, water, coarse aggregate, and slightly fine aggregate or without fine aggregates. The utilization fly ash in porous concrete is expected to improve the quality of porous concrete and the using of RCA is to provide innovative application of environmentally friendly materials concept.

The advantages of porous concrete with high porosity are able to drain water easily, thus reducing surface water puddles that often cause road damage and accidents. The porous concrete flexural strength is smaller than the normal concrete because of porous concrete have much more voids than normal concrete.

In this research, there is flexural strength testing of porous concrete with variation of cement replacement by fly ash 0%, 15%, and 25% and natural coarse aggregate replacement (NCA) by recycled coarse aggregate (RCA) 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. The flexural strengths is tested by Universal Testing Machine to investigate the relationship and optimal composition of RCA and fly ash to the flexural strength of porous concrete in accordance with the requirements of pavement concrete. The type of fly ash used in the experiment is class C. The cement used is Pozzolan Portland Cements (PPC) which has more pozzolan properties than the addition of fine pozzolan silica and alumina.

The result of the research of flexural strength test to porous concrete is the highest flexural strength obtained at 0% fly ash composition and 0% recycled coarse aggregate (RCA) with a flexural strength 2,332 MPa. These results do not meet the quality requirements of pavement concrete. However, the relationship between the fly ash composition and the recycled coarse aggregate (RCA) to the flexural strength, did not show significant results due to the quality of NCA that has high water absorption compared to RCA.

Keyword: porous concrete, fly ash, recycle coarse aggregate, flexural strength, composition



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah. Sumber daya alam tersebut mendukung setiap sisi kehidupan masyarakat di dalam bidang apapun. Salah satunya adalah bidang teknik sipil. Teknologi dalam pengolahan sumber daya alam ada sejak zaman dahulu, dibuktikan dengan berdirinya candi-candi besar di Indonesia. Salah satunya adalah Candi Borobudur yang merupakan salah satu keajaiban dunia hasil dari teknologi konstruksi yang dibangun oleh orang zaman dahulu.

Hal tersebut berlangsung hingga saat ini, tidak hanya di Indonesia, seluruh dunia saat ini sedang mengembangkan berbagai teknologi dalam segala bidang untuk mendukung kehidupan manusia. Demikian juga bidang teknik sipil. Perkembangan bidang teknik sipil diantaranya adalah teknologi material konstruksi. Material yang digunakan sangat beragam, mulai dari baja, beton dan kayu. Dalam perkembangannya material beton mengalami perkembangan yang pesat.

Beton merupakan salah satu bahan material yang sering digunakan dalam bidang konstruksi. Beton tersusun atas agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Beton digunakan pada elemen-elemen structural pada bangunan, baik itu bangunan air, bangunan gedung dan prasana transportasi. Beton memiliki karakteristik berupa kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur. Selain itu beton adalah material yang mudah dibentuk jika dibandingkan dengan baja. Beton bisa memiliki bentuk artistic untuk mendukung aspek keindahan dalam struktur. Jenis-jenis beton sangat beragam salah satunya adalah beton porous. Saat ini beton porous sedang dikembangkan untuk penelitian yang mendukung untuk penggunaan beton porous.

Beton porous adalah beton yang memiliki pori lebih banyak dibandingkan dengan beton pada umumnya. Material penyusun beton porous adalah semen dan agregat kasar dengan ukuran tertentu. Beton porous saat ini digunakan sebagai salah satu alternative perkerasan jalan atau *pavement*. Hal tersebut dikarenakan beton porous yang mampu meloloskan air karena memiliki pori-pori lebih besar dan banyak dibandingkan beton biasa. Beton porous dapat menjadi alternative dalam perkerasan untuk mengurangi masalah yang terjadi akibat *runoff* atau air permukaan. Untuk Negara dengan curah hujan yang tinggi air

permukaan dijalan raya dapat menimbulkan berbagai macam permasalahan kerusakan perkerasan jalan yang sering mengakibatkan kecelakaan dan kemacetan. Dengan menggunakan beton porous, diharapkan mampu mengurangi jumlah air permukaan dan menyalurkan air ke drainase.

Dalam penelitian ini digunakan material ramah lingkungan atau *environmentally friendly material*. Dengan menggunakan material ramah lingkungan diharapkan mampu mengurangi permasalahan mengenai limbah. Material yang digunakan yaitu *recycled coarse aggregate* (RCA) dan *fly ash*.

Recycled coarse aggregate (RCA) adalah agregat kasar daur ulang yang dihancurkan dengan ukuran sesuai agregat kasar untuk campuran beton. RCA merupakan material yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah beton yang menggantikan agregat kasar alam (*natural aggregate*). Dalam pemanfaatan RCA sebagai pengganti agregat alam diharapkan akan mengurangi jumlah limbah beton.

Fly ash adalah residu hasil pembakaran, biasanya pembakaran batu bara dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Pemanfaatan *fly ash* akan mengurangi permasalahan limbah hasil pembakaran PLTU yang bisa mencemari lingkungan. Penambahan *fly ash* diharapkan mampu meningkatkan karakteristik beton. *Fly ash* merupakan material berbentuk butiran-butiran halus. Untuk penelitian ini *fly ash* akan menggantikan semen dalam campuran beton porous.

Salah satu karakteristik beton porous yang akan diteliti adalah kuat lentur. Dengan penambahan fly ash diharapkan mampu meningkatkan kuat lentur beton porous. Selain itu, dalam penelitian ini digunakan beberapa komposisi agregat kasar daur ulang. Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas tentang pengaruh *fly ash* terhadap kuat lentur beton porous dengan variasi komposisi agregat kasar daur ulang (RCA).

Di Indonesia perkerasan jalan raya menggunakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Perkerasan lentur dan kaku memiliki karakteristik yang sama yaitu kedap air karena tidak bisa dilalui oleh air. Permasalahan yang terjadi adalah terjadinya genangan air di atas permukaan perkerasan. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan beton porous bisa menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi permasalahan akibat air permukaan yang sering terjadi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu identifikasi masalah agar tidak menyimpang dari pembahasan. Berikut ini adalah uraian tentang identifikasi masalah

1. Beton porous digunakan sebagai salah satu perkerasan.
2. Beton porous menggunakan material ramah lingkungan yaitu *recycled coarse aggregate* (RCA) dan *fly ash*.
3. *Recycled coarse aggregate* (RCA) didapatkan dari limbah beton yang dihancurkan sesuai ukuran aggregate kasar untuk campuran beton. Sedangkan, *fly ash* material berasal dari residu pembakaran PLTU.
4. Penelitian membahas pengaruh dari *fly ash* dengan variasi RCA.
5. Karakteristik yang diteliti adalah kuat lentur beton porous.

1.3 Rumusan Masalah

Dari latar belakang dan identifikasi masalah yang telah disampaikan, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana hubungan antara komposisi RCA sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan natural agregat terhadap kuat lentur dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0%, 15% dan 25%?
2. Berapa komposisi optimum RCA dan *fly ash* agar didapatkan kuat lentur beton porous yang sesuai dengan persyaratan beton struktural?

1.4 Pembatasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas, agar tidak menyimpang dan meluas maka permasalahan dibatasi seperti berikut ini.

1. Pengujian dilakukan di lab. Struktur dan Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Pengujian berupa kuat lentur beton porous.
3. Variasi komposisi agregat kasar daur ulang (RCA) sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan agregat alam.
4. Dilakukan penggantian semen dengan *fly ash* sebesar 0%, 15%, dan 25% dari semen yang diperlukan.

5. Pengujian beton porous pada umur 28 hari.
6. Cetakan beton yang digunakan balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 53 cm.
7. Asal RCA dari limbah beton dengan mutu 175 MPa s.d 225 MPa.
8. Asal agregat alam dari Malang.
9. *Fly ash* tipe C atau F.
10. Semen menggunakan tipe semen *Pozzolan Portland Cement* dengan merk Semen Gresik.
11. Menggunakan air bersih dari PDAM
12. Metode *curing* dengan perendaman dalam air.
13. Setiap variasi dibuat 3 buah benda uji.
14. Tidak dilakukan analisis terhadap nilai ekonomis.
15. Pengujian kuat lentur beton porous menggunakan alat uji di laboratorium.

1.5 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut.

1. Mengetahui hubungan antara komposisi RCA sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan natural agregat terhadap kuat lentur dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0 %, 15 % dan 25%.
2. Mengetahui komposisi optimum RCA dan *fly ash* agar didapatkan kuat lentur beton porous yang sesuai dengan persyaratan beton struktural.

1.6 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan.

1. Memberikan pengetahuan mengenai penggunaan agregat kasar daur ulang dan natural agregat dengan penambahan *fly ash* terhadap kuat lentur.
2. Memberikan pengetahuan tentang komposisi optimum RCA dan *fly ash* agar didapatkan kuat lentur beton porous yang sesuai dengan persyaratan beton struktural.
3. Penelitian ini menjadi salah satu referensi untuk penelitian tentang beton porous selanjutnya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Porous

Beton porous yang disebut juga sebagai *pervious concrete* merupakan salah satu jenis beton yang dibuat memiliki rongga udara lebih banyak daripada beton normal yang agar dapat mengalirkan air.

Beton porous digunakan sebagai perkerasan karena memiliki rongga atau ruang pori sehingga mampu mengalirkan air permukaan yang biasanya menggenang diatas permukaan perkerasan.



Gambar 2.1 Beton Porous

(Sumber: http://www.simplygreenbuilt.com/basf_admixtures_pervious_concrete.html)

Permasalahan yang sering dialami untuk perkerasan jalan raya dan runways pada lapangan terbang adalah air permukaan yang menggenang. Hal tersebut sering menyebabkan kecelakaan serius, penundaan penerbangan dan menyebabkan sebagian besar kecelakaan yang dialami oleh pengemudi bermotor. Beberapa pendekatan dilakukan untuk mengurangi risiko tersebut dengan menggunakan perkerasan porous untuk lapisan drainase. Umumnya perkerasan menggunakan jenis aspal beton berpori untuk lapisan permukaan karena jenis perkerasan ini memiliki sifat permeabilitas yang tinggi.

Pemakaian perkerasan porous yang memiliki permeabilitas tinggi, maka jumlah air yang diinfiltrasi dapat diakomodasi oleh sistem drainase dengan menggunakan pipa kolektor yang selanjutnya masuk kedalam sistem saluran drainase. Untuk permukaan perkerasan yang memiliki curah hujan tinggi, kecenderungan memakai perkerasan porous akan membantu mengurangi jumlah air permukaan sehingga mengurangi ketidaknyamanan pengguna jalan maupun penundaan penerbangan akibat *runway* yang basah tidak akan terjadi.

Perawatan yang dilakukan untuk menjaga permeabilitas dari perkerasan porous harus dilakukan rutin agar proses penyerapan air tidak tersumbat oleh benda atau kotoran yang akan mengurangi kemampuan permeabilitas dari perkerasan porous. Permeabilitas dari perkerasan porous harus dipertahankan pada tingkat tertentu sesuai dengan tujuan penggunaan perkerasan porous.

2.2 Material Penyusun Beton Porous

Material penyusun dari beton porous adalah agregat kasar dan sedikit agregat halus atau tanpa agregat halus. Menurut ASTM C-33 agregat terdapat 2 jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus adalah batu alam atau batu yang dipecahkan dengan ukuran kurang dari 5 mm atau kurang dari 0,2 inci. Sedangkan agregat kasar adalah batu alam atau batu yang dipecahkan dengan ukuran lebih dari 5 mm atau lebih dari 0,2 inci. Dalam pembuatan beton porous peran dari agregat kasar lebih tinggi dibandingkan agregat halus. Agregat tidak selalu menggunakan agregat alam, beton porous dapat menggunakan agregat daur ulang.

2.2.1 Agregat Kasar Alami

Agregat kasar alam didapatkan dari sungai, danau atau dari tempat pemecahan batu. Berdasarkan dari ASTM C-33, umumnya ukuran dari agregat kasar adalah 9,5 mm sampai 37,5 mm. Agregat kasar yang digunakan untuk campuran harus bersih, tidak berlumpur, dan bebas bahan kimia.

Sebelum digunakan agregat kasar perlu dilakukan pengujian. Pengujian tersebut diantaranya analisa gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan, kadar air dan berat isi. Dari pengujian tersebut memiliki persyaratan yang harus dipenuhi sebagai campuran beton. Untuk analisa gradasi terdapat beberapa klasifikasi zona agregat kasar. Sedangkan

berat jenis agregat, penyerapan air dan kadar air mengikuti pada ASTM C-33 dan ASTM C-35.

Dalam pelaksanaan *mix design* karakteristik agregat sangat berpengaruh untuk menentukan kebutuhan campuran yang akan digunakan sesuai dengan mutu beton yang akan dibuat.

Agregat kasar merupakan penyumbang kekuatan pada beton. Agregat kasar pada umumnya memiliki tiga tipe, yaitu *continuous well graded aggregate*, *uniformly graded aggregate*, dan *gap graded aggregate*. Untuk beton porous digunakan *uniformly graded aggregate* karena memiliki ukuran agregat yang sama atau seragam sehingga menghasilkan rongga lebih banyak daripada menggunakan tipe agregat *well graded aggregate*.

2.2.2 Agregat Kasar Daur Ulang

Agregat kasar daur ulang atau disebut *recycled coarse aggregate* yang disingkat RCA, adalah agregat kasar yang diperoleh dari pecahan beton yang tidak terpakai yang memiliki ukuran seperti agregat kasar alam yaitu 9,5 mm sampai 37,5 mm. Dalam ASTM C-33 disebutkan bahwa beton limbah merupakan sumber daya yang layak untuk dijadikan agregat dan merupakan sumber daya yang ekonomis.

Total angka pori beton pepaduan agregat daur ulang berpori lebih tinggi dari mereka yang memiliki agregat normal. Kuat tekan beton berpori menggunakan daur ulang agregat lebih rendah dari beton berpori agregat normal dan cukup digunakan sebagai trotoar drainase.

2.2.3 Semen dan Air

Semen adalah bahan kimia yang terbuat dari kapur dan bahan kimia tambahan yang digunakan sebagai perekat dalam campuran beton normal maupun beton porous bersama dengan air. Bahan utama dari semen adalah batu kapur. Saat ini terdapat beberapa tipe semen. Berdasarkan SNI semen terbagi menjadi beberapa tipe sebagai berikut.

1. Tipe I

Jenis semen ini adalah semen normal yang digunakan untuk membuat beton biasa tanpa memerlukan sifat khusus.

2. Tipe II

Jenis semen tipe ini digunakan untuk konstruksi yang tahan terhadap kadar sulfat dan memiliki panas hidrasi sedang.

3. Tipe III

Jenis semen ini digunakan untuk konstruksi yang memerlukan kekuatan tinggi dengan waktu yang cepat. Sering disebut *high early Portland cement*

4. Tipe IV

Jenis semen ini digunakan untuk konstruksi yang memerlukan panas hidrasi rendah.

5. Tipe V

Jenis semen ini adalah semen yang digunakan untuk konstruksi yang terkena kadar sulfat dan alkali yang tinggi. Semen ini disebut *sulfate resisting portland cement*.

Air yang digunakan untuk campuran beton adalah *drinkable* atau dapat diminum. Air yang *drinkable* maksudnya adalah air bersih yang tidak mengandung bahan kimia atau bahan organik, misalnya tercampur limbah dan kotoran atau sampah. Hubungan antara semen dan air disebut faktor air semen atau yang sering disingkat dengan FAS. FAS adalah perbandingan antara air dan jumlah semen pada campuran beton. Dalam istilah lain FAS adalah *water cement ratio*. Pada saat proses *mixing*, air dan semen akan bereaksi dan menghasilkan panas hidrasi. Nilai dari FAS sangat mempengaruhi panas hidrasi yang terjadi. Untuk menghasilkan panas hidrasi yang baik digunakan nilai FAS antara 0,4 – 0,6 (Dipohusodo, 1999). Semakin tinggi mutu beton yang dibuat maka nilai FAS yang digunakan akan semakin rendah, namun *workability* dari beton akan rendah. Namun apabila menggunakan nilai FAS yang tinggi akan menghasilkan mutu beton lebih rendah tetapi *workability* yang dimiliki akan lebih tinggi. Dalam hal ini akan memunculkan segregasi agregat. Oleh karena ini nilai FAS harus sesuai dengan perencanaan mutu beton yang akan diperlukan.

2.3 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur adalah kemampuan balok atau pelat untuk melawan lentur. Kuat lentur balok didapatkan dari tegangan yang terjadi pada penampang balok. Kuat lentur merupakan hasil dari momen dan geser pada keseimbangan statika. Dari prinsip tersebut

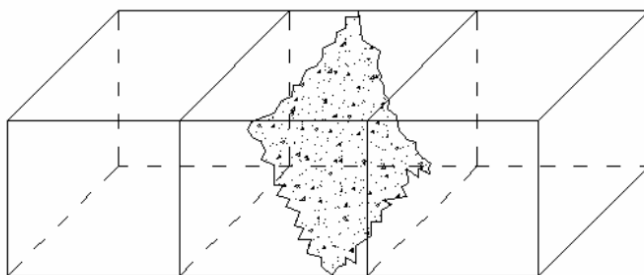
akan terlihat kemampuan balok dalam menahan beban dengan cara menggunakan tegangan-tegangan yang timbul pada penampang balok. Balok yang memiliki material pembentuk seragam (homogen) nilai dari tegangan yang terjadi adalah sebanding dengan momen yang bekerja pada balok berbanding terbalik dengan momen inersia penampang balok.

Menurut SNI 4431:2011 tentang uji kuat lentur beton normal, kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton dalam menahan gaya arah tegak lurus sumbu benda yang diletak pada dua tumpuan dan diuji hingga benda mengalami patah yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas dalam satuan *Mega Pascal* (MPa).

Pengujian kuat lentur sesuai dengan SNI 4431:2011 dijelaskan mengenai ketentuan dan persyaratan pengujian kuat lentur. Dijelaskan pula rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah :

- a. untuk bidang patah di daerah tengah bentang (1/3 panjang dari titik perletakan bagian tengah), sehingga kuat lentur didapatkan dengan persamaan

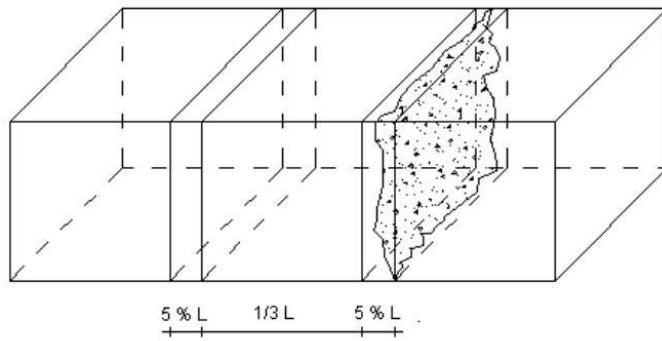
$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 2.2 Patah dibagian tengah bentang
(sumber : SNI 4431:2011)

- b. untuk bidang patah yang terletak diluar tengah bentang atau terletak di daerah 1/3 bentang didaerah perletakan dan titik patah terletak kurang dari 5% jarak perletakan, sehingga kuat lentur didapatkan dengan persamaan

$$\sigma = \frac{3P.a}{b.h^2} \dots\dots\dots (2)$$



Gambar 2.3 Patah diluar tengah bentang dan terletak <5% dari bentang

(sumber : SNI 4431:2011)

keterangan :

σ_I adalah kuat lentur benda uji (MPa)

P adalah beban maksimum yang terbaca pada mesin uji (dalam ton)

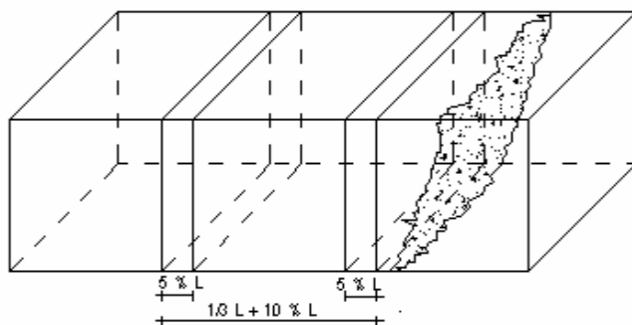
L adalah jarak (bentang) antar perletakan (mm)

b adalah lebar penampang arah horizontal (mm)

h adalah tinggi penampang arah vertikal (mm)

a adalah jarak rata-rata antar bidang retak dan perletakan luar terdekat, diukur dari empat sudut dari bentang (mm)

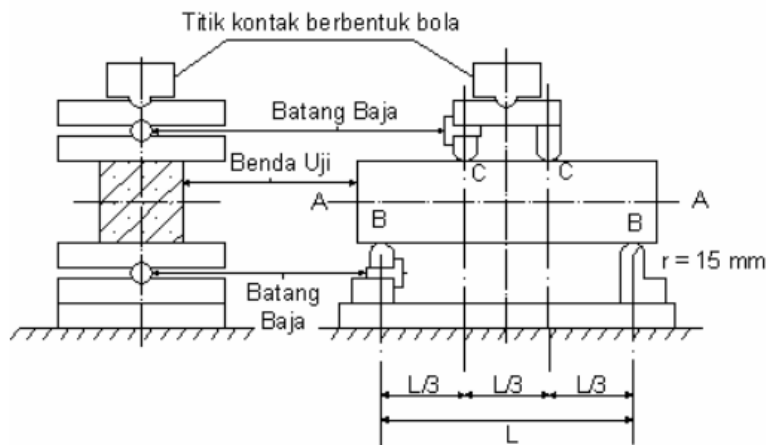
Jika pada saat pengujian patah terletak diluar kedua daerah tersebut maka hasil pengujian tidak dapat digunakan untuk menghitung kuat lentur. Seperti pada gambar dibawah ini,



Gambar 2.4 Patah di luar daerah tengah bentang dan >5% dari bentang

(sumber: SNI 4431:2011)

Didalam SNI 4431:2011 tentang cara uji kuat lentur bertumpuan sederhana dengan dua titik pembebanan dijelaskan mengenai ketentuan dan persyaratan pengujian. Benda uji yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 53 cm. Selanjutnya perletakan menggunakan tumpuan sederhana sendi dan roll. Mekanisme pengujian dan pembebanan seperti gambar bberikut ini.



Gambar 2.5 Pembebanan dan pengujian kuat lentur

(sumber: SNI 4431:2011)

2.4 Fly Ash

Fly ash adalah partikel halus yang merupakan endapan dari tumpukan bubuk hasil pembakaran batubara yang dikumpulkan. *Fly ash* hasil pembakaran batubara yang memiliki potensi untuk konstruksi memiliki kandungan silica, alumina, fero oksida, dan kalsium oksida.

Berdasarkan ASTM C618, *fly ash* mempunyai dua tipe yaitu:

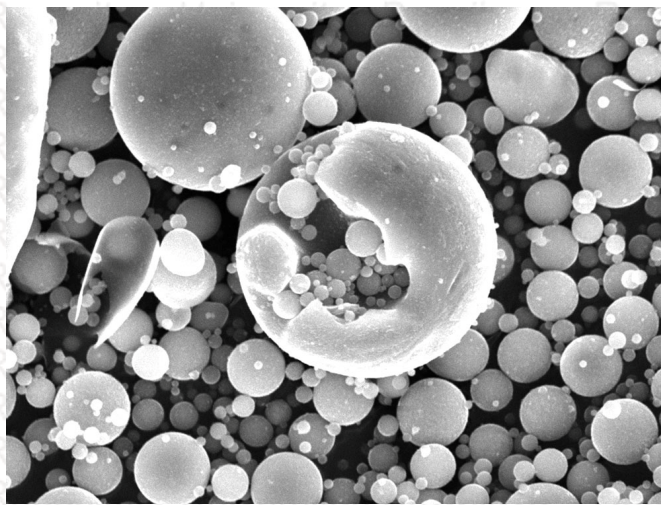
1. Tipe C : memiliki kandungan kapur $\text{CaO} > 20\%$, memiliki kemampuan mengeras dan menambah kekuatan apabila bereaksi dengan hasil reaksi semen dan air.
2. Tipe F : memiliki kandungan kapur $\text{CaO} < 10\%$, tipe ini memiliki kualitas dibawah tipe C.

Keunggulan fly ash berdasarkan ACI 1993 antar lain :

- a. Beton segar
 1. Keleccakan beton meningkat sehingga memudahkan pengerjaan beton.
 2. Segregasi dan *bleeding* dapat dihindari.
- b. Beton keras

1. Menambah kuat tekan beton.
2. Durabilitas beton meningkat.
3. *Density* beton meningkat.
4. Penyusutan beton berkurang.

Fly ash mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan memiliki sifat pozolanik yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa pengikat dengandengan adanya air.



Gambar 2.6 Partikel *fly ash*

(Sumber: <http://precast.org/2013/11/the-future-of-fly-ash-use-concrete>)

2.5 Penelitian terdahulu

1. Desain Beton Berpori Untuk Perkerasan Jalan Yang Ramah Lingkungan (Ari W., Ary S. Dan Kusno A.S., 2013)

Pada penelitian ini dilakakukan eksperimen tentang mengurangi komposisi agregat halus pada campuran beton. Agregat yang dipakai ukurannya seragam 1-2 cm. Agregat halus untuk uji pendahuluan dengan komposisi 5%, 10% dan 30% dari proporsi normal serta digunakan variasi FAS 0,30; 0,35; dan 0,40. Selanjutnya akan diuji kuat lentur, kuat tekan, permeabilitas porositas. Dari hasil pengujian didapatkan nilai tertinggi pada campuran 30% pasir dan FAS 0,35 yaitu sebesar 5,190 MPa kuat tekan dan 0,383 Mpa kuat lentur. Permeabilitas horisontal dan porositas tertinggi pada campuran 30% pasir dan

FAS 0,40 yaitu sebesar 20,807 %, permeabilitas horisontal sebesar 1,363 cm/dt. Permeabilitas vertikal pada FAS 0,30 dengan nilai 3,132 cm/dt. Beton berpori belum memenuhi persyaratan perkerasan sebagai badan jalan karena nilai kuan tekan dan kuat lentur yang kecil tetapi beton berpori bisa digunakan untuk perkerasan trotoar dan bahu jalan.

2. Pemanfaatan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Semen Parsial Untuk Meningkatkan Performa Beton Agregat Daur Ulang (Arifi Eva, 2014)

Penelitian ini tentang pengaruh pemakaian *fly ash* pada kualitas beton dengan agregat daur ulang dan memiliki kesimpulan yaitu penggunaan *fly ash* sebagai pengganti semen dalam beton tanpa penyesuaian rasio w/b dapat mengurangi kekuatan tekan beton. Namun, hal itu dapat mengurangi susut pengeringan, khususnya pada beton dengan agregat daur ulang. Pada penggantian 25% *fly ash* yang digunakan sebagai pengganti semen dalam beton agregat daur ulang mengurangi susut pengeringan namun di ikuti pengurangan kekuatan beton yang relatif kecil. Penerapan metode TSMA ketika pembuatan beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Kombinasi *fly ash* dan TSMA akan meningkatkan kualitas beton agregat daur ulang.

3. Pengaruh penggunaan agregat daur ulang terhadap kuat Tekan dan modulus elastisitas beton berkinerja tinggi Grade80 (Deni A.H, Solihin A., dan Endah S, 2014)

Pada penelitian beton ini komposisi agregat halus daur ulang yang digunakan sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari berat total agregat halus alami. Benda uji silinder beton $d = 7,62$ cm dan $t = 15,24$ cm. Mutu rencana sebelum adalah $f_c' = 80$ MPa. Diperoleh kuat tekan beton normal 85,51 MPa. Subtisasi agregat halus daur ulang 20% menghasilkan penurunan nilai kuat tekan yaitu 20,97 % sehingga menjadi 67,58 Mpa, 40% didapatkan $f_c' = 62,06$ MPa, 60% didapatkan $f_c' = 60,68$ MPa, 80% didiapatkaa $f_c' = 57,92$ MPa, dan 100% didapatkan $f_c' = 53,79$ MPa. Sedangkan modulus elastic yang dihasilkan adalah $E_c = 49,045$ GPa untuk 0%, $E_c = 41,827$ GPa untuk 20%, $E_c = 38,127$ GPa untuk 40%, $E_c = 34,689$ GPa untuk 60%, $E_c = 30,008$ GPa untuk 80%, dan $E_c = 27,739$ Gpa untuk 100%. Sehingga pada penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan agregat daur ulang dapat menurunkan kuat tekan beton.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Waktu pelaksanaan penelitian semester genap 2016-2017.

3.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah faktor-faktor yang ditentukan oleh peneliti sedangkan variabel terikat adalah variabel yang bergantung dari variabel bebas. Variabel dalam penelitian disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel penelitian

Pengujian	: Uji kuat lentur beton porous
Variabel bebas	: <i>fly ash</i> 0%, 15%, 25% dan RCA 0%, 25%, 50%, 75%, 100%
Variabel terikat	: kuat lentur beton porous

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu set ayakan untuk analisa gradasi agregat,
2. Timbangan dengan kapasitas 150 kg dengan ketelitian 100 gr dan timbangan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gr,
3. Mesin pencampur beton (*concrete mixer*),
4. Satu set alat uji *slump* beton
5. Sendok semen, talam
6. Cetakan balok 15 cm x 15 cm x 53 cm
7. Jangka sorong dan mistar pengukur
8. Obeng
9. Alat uji kuat lentur

10. Alat tulis

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Agregat kasar daur ulang (RCA)
2. *Fly ash*
3. Agregat kasar alam
4. Semen PC
5. Air

3.4 Analisis bahan

3.4.1 Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

RCA yang didapatkan dari daur ulang beton harus bersih dari kotoran organik dan sampah yang RCA sebelum digunakan diuji terlebih dahulu. Pengujian meliputi analisa gradasi, berat jenis dan penyerapan. Ukuran yang digunakan dalam *mix design* adalah 0,5 cm s.d 1 cm.

3.4.2 *Fly Ash*

Pengujian *fly ash* dilaksanakan untuk mengetahui tipe *fly ash* dan kandungan *fly ash*. Pengujian dilaksanakan di laboratorium dengan menggunakan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*)

3.4.3 Agregat Kasar Alami

Agregat alam harus bersih dari kotoran, lumpur dan sampah. Sebelum dilakukan pengecoran dilakukan pengujian agregat alam. Pengujian meliputi analisa gradasi, berat jenis dan penyerapan berdasarkan ASTM C-33. Agregat yang digunakan dalam ukuran 0,5 cm s.d 1 cm.

3.4.4 Semen PPC

Semen yang digunakan dalam penelitian merupakan *pozzolan portland cement* dan tidak dilakukan pengujian.

3.4.5 Air

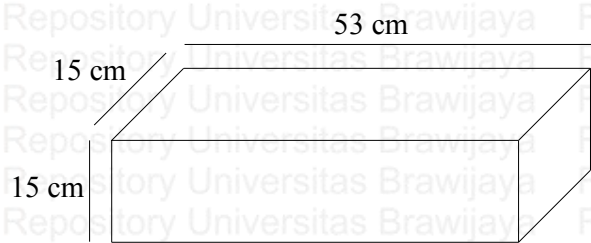
Air yang digunakan air PDAM bersih dari kotoran dan bisa diminum dan tidak dilakukan pengujian.

3.5 Rancangan penelitian

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 53 cm, dengan variasi sampel sebagai berikut :

1. Faktor A : komposisi RCA 0 %, 25%, 50%, 75%, dan 100%
2. Faktor B : komposisi fly ash 0%, 15%, dan 25%.

Uji kuat lentur dilakukan untuk mengetahui kemampuan balok dalam melawan bending setelah balok menerima beban. Rancangan benda uji kuat lentur menggunakan balok dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 48 cm.



Gambar 3.1 Bentuk benda uji kuat lentur

Tabel 3.2 Faktor Benda Uji Kuat Lentur

Faktor	Taraf/Level	Keterangan
Fly Ash	A0	0%
	A1	15%
	A2	25%
RCA	B0	0%
	B1	25%
	B2	50%
	B3	75%
	B4	100%

Tabel 3.3 Variasi Benda Uji Kuat Lentur

	B0	B1	B2
A0	A0B0	A0B1	A0B2
A1	A1B0	A1B1	A1B2
A2	A2B0	A2B1	A2B2
A3	A3B0	A3B1	A3B2
A4	A4B0	A4B1	A4B2

Berdasarkan tabel 3.2 maka didapatkan 15 *mix design* yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini. Setiap *mix design* akan dibuat 3 buah sampel balok lentur. Dari setiap sampel akan diuji kuat lentur untuk memperoleh beban maksimum yang mampu diterima oleh balok yang akan ditulis sesuai dengan tabel 3.3.

Tabel 3.4 Form Pengujian Kuat Lentur

No.	Benda uji	Beban (kg)	Keterangan
1	A0B0		
2	A1B0		
3	A2B0		
4	A3B0		
5	A4B0		
6	A0B1		
7	A1B1		
8	A2B1		
9	A3B1		
10	A4B1		
11	A0B2		
12	A1B2		
13	A2B2		
14	A3B2		
15	A4B2		

3.6 Prosedur penelitian

3.6.1 Penelitian Pendahuluan

3.6.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Penyerapan air pada agregat kasar diperoleh dari perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kasar kering yang dinyatakan dalam prosen. Penyerapan air ini berfungsi untuk menentukan besarnya kandungan air dan agregat dalam pembuatan Mix Design, sehingga diperoleh campuran beton yang ideal.

I. Tujuan Percobaan

- a. Menetapkan berat jenis curah.
- b. Menetapkan berat jenis kering permukaan jenuh.
- c. Menetapkan berat jenis semu.
- d. Menentukan absorpsi pada agregat kasar.

II. Bahan yang Digunakan

Agregat kasar dengan berat 5000 gram dan agregat kasar yang tertahan oleh saringan no. 4 (4.75 mm).

III. Peralatan yang Digunakan

- a. Timbangan dengan kapasitas 5000 gram dengan ketelitian 0.1 5 dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- b. Oven pengatur panas dengan kapasitas 110° c
- c. Saringan no. 4 (4.78 mm)
- d. Keranjang kawat ukuran 3.35 mm (no.6) atau 2.46 mm (no.8) dengan kapasitas ± 5000 gram.
- e. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.

IV. Pelaksanaan Percobaan

- a. Cuci benda uji
- b. Keringkan benda uji di dalam oven pada suhu 110° C sampai beratnya tetap.
- c. Dinginkan dalam suhu kamar selama 1-3 jam, lalu timbang dengan ketelitian 0.5gram (Bk).
- d. Rendam benda uji dengan air pada suhu kamar selama 24 jam.
- e. Keluarkan benda uji dengan dari air , lap dengan air penyerap.
- f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj).
- g. Letakan benda uji ke dalam keranjang, masukan ke dalam air dan goncangkan batunya untuk mengeluarkan udar dan menentukan beratnya di dalam air.

3.6.1.2 Analisa Kandungan *Fly Ash*

I. Dasar Teori

Fly ash memiliki beberapa kelas tergantung dari kandungan mineral yang ada didalam *fly ash* sehingga setiap kelas *fly ash* memiliki sifat-sifat yang berbeda pula.

II. Tujuan Percobaan

Mengetahui kandungan *fly ash* dan sifat *fly ash*

III. Pelaksanaan percobaan

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Mineral Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang.

3.6.2 Pembuatan Benda Uji

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 53 cm.

berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan benda uji:

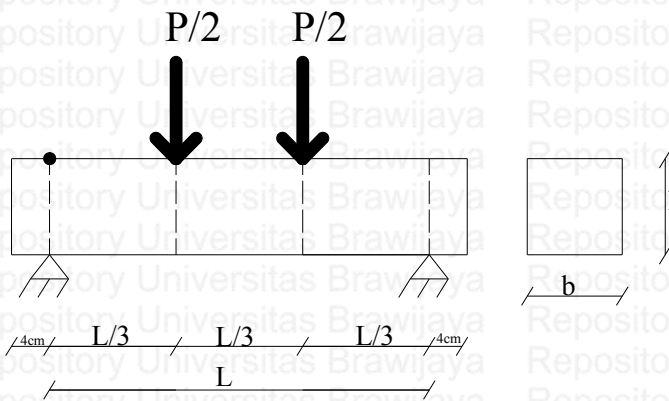
1. Mempersiapkan agregat kasar alami NCA dan agregat kasar daur ulang RCA. Pertama agregat diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam yaitu 0,5 cm sampai dengan 1 cm. selanjutnya NCA dan RCA dibersihkan dari pasir dan direndam dalam air selama 24 jam. Selanjutnya NCA dan RCA dikeluarkan dari air dan dikeringkan untuk mencapai keadaan SSD atau kering permukaan jenuh.
2. Menyiapkan jumlah bahan sesuai dengan kebutuhan mix design dan bekisting yang akan digunakan. Bekisting harus bersih dari kotoran, kemudian diolesi dengan oli.
3. Proses pencampuran menggunakan mesin pengaduk. Mesin pengaduk dalam keadaan sudah menyala. Agregat kasar dituangkan terlebih dahulu, kemudian semen dan *fly ash*. Kemudian ditambahkan air secara perlahan sampai tercampur.
4. Kemudian proses pencetakan benda uji kedalam bekisting. Pada saat penuangan kedalam bekisting, beton ditusuk untuk meratakan beton porous agar mengisi seluruh bekisting.
5. Setelah selesai pengecoran proses selanjutnya adalah perawatan. Perawatan beton dilakukan selama 7 hari dimulai pada umur 1 hari setelah pengecoran. Perawatan

dilakukan untuk menjaga beton dari panas hidrasi yang dihasilkan oleh reaksi semen dan air. Perawatan dilakukan dengan cara memnyelimuti bekisting beton dengan kain basah.

6. Setelah selesai perawatan selama 7 hari, bekisting dan kain basah dibuka. Beton porous yang telah berumur 8 hari disimpan hingga umur 28 hari untuk selanjutnya dilakukan pengujian. Selama penyimpanan beton harus terlindung dari kegiatan yang dapat merusak beton porous.

3.6.3 Pengujian Kuat Lentur Beton Porous

Pengujian kuat lentur sesuai dengan SNI 4431:2011. Pengujian dilakukan pada saat umur balok beton porous 28 hari. Pengujian dengan meletakan balok beton porous diatas tumpuan sendi dan roll dengan sentris pada masing-masing as tumpuan. Kemudian pembebanan diletakkan pada dua titik pada jarak $L/3$ balok beton porous dari ujung balok seperti pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Rancangan pembebanan uji kuat lentur

3.7 Rancangan Analisis Data

3.7.1 Penelitian Pendahuluan

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Nomor Contoh	A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	B_j (gr)
Berat benda uji kering oven	B_k (gr)
Berat benda uji dalam air	B_a (gr)
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$B_k/(B_j-B_a)$
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$B_j/(B_j-B_a)$
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	$B_k/(B_k-B_a)$
Penyerapan (%) (Absorption)	$(B_j-B_k)/B_k \times 100\%$

$$a. \text{ Berat jenis curah} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)}$$

$$b. \text{ Berat jenis Kering Permukaan Jenuh} = \frac{B_j}{(B_j - B_a)}$$

$$c. \text{ Berat jenis semu} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)}$$

$$d. \text{ Penyerapan} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\%$$

I. Pembahasan

- a. Berat Jenis Curah, adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berta air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C

- b. Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan, adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C
- c. Berat Jenis Semu, adalah perbandingan antara agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C
- d. Penyerapan (absorpsi), adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen

3.7.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Setelah pengujian selesai dan didapatkan data beban maksimum dan kuat lentur yang mampu ditahan oleh balok selanjutnya dianalisis dengan nilai rata-rata dari setiap mix design. Selanjutnya akan diperoleh komposisi optimum dari variasi *fly ash* dan RCA.

Rumus yang digunakan berdasarkan SNI 4431:2011, untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah)

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots (1)$$

untuk pengujian dimana bidang patah terletak di luar daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah),

$$\sigma = \frac{P.a}{b.h^2} \dots\dots\dots (2)$$

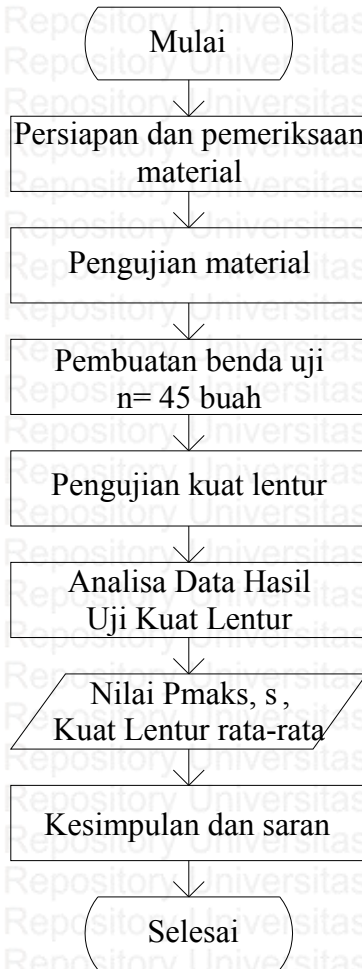
Data hasil pengujian ditulis dalam form berikut :

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$					
Nama	:				
Tanggal uji	: Tanggal dibuat :				
Tempat Uji	:				
Benda uji	: Ukuran :				
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
Nomor benda uji			1	2	3
Umur benda uji		(hari)			
Lebar benda uji		(cm)			
Tinggi benda uji		(cm)			
Panjang benda uji		(cm)			
Berat benda uji		(cm)			
Volume benda uji		(cm ³)			
Berat volume		(kg/m ³)			
Beban maksimum		(N)			
Jarak bentang		(cm)			
Lebar tampak lintang = b		(cm)			
Tinggi tampak lintang = h		(cm)			
Kuat lentur uji		(Mpa)			
RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$					
Kuat lentur rata-rata (Mpa)		(Mpa)			

(sumber : SNI 4431:2011)

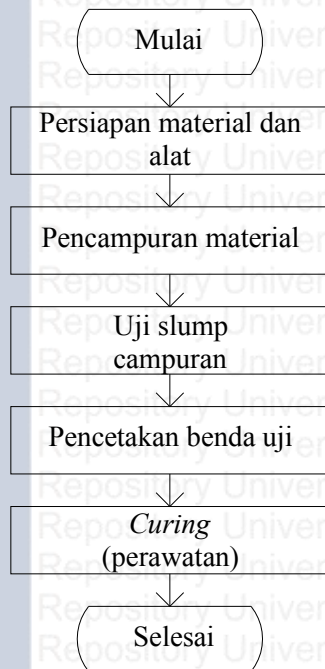
3.8 Diagram Alir Tahap Penelitian

3.8.1 Diagram Alir Penelitian



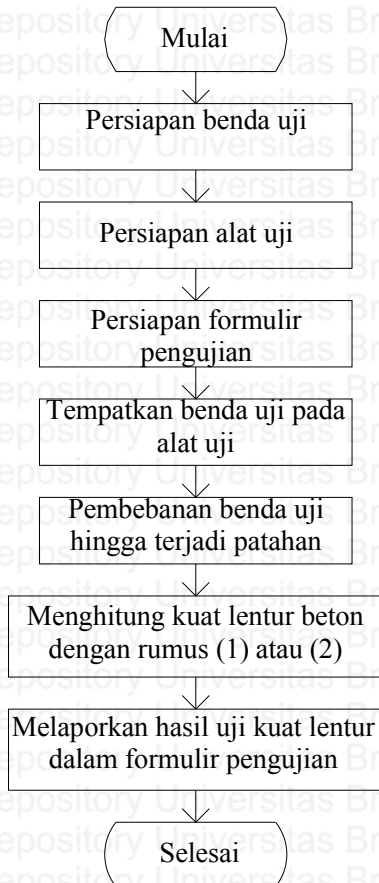
Gambar 3.3 Diagram alir tahap penelitian

3.8.2 Diagram Alir Pembuatan Benda Uji



Gambar 3.4 Diagram alir pembuatan benda uji

3.8.3 Diagram alir pengujian kuat lentur



Gambar 3.5 Diagram alir pengujian kuat lentur



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

4.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Agregat kasar daur ulang diperoleh dari limbah silinder beton yang telah diuji dari sebuah *batching plant* beton *ready mix*. Agregat kasar daur ulang atau disebut RCA memiliki ukuran 0,5 cm hingga 1 cm. Sebelum dilakukan pengecoran agregat diuji terlebih dahulu untuk mengetahui karakteristik dari agregat. Karakteristik agregat sangat berpengaruh terhadap hasil pengecoran dan hasil pengujian benda uji. Berikut ini adalah hasil pengujian RCA yang tersaji dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi RCA

Nomor Contoh			1	2	3
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	2000	5000	5000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	1924.8	4750	4700
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	1222	2958.7	2918.4
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)		2.474	2.327	2.258
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)		2.571	2.449	2.402
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)		2.739	2.652	2.638
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%		3.907	5.263	6.383

Berdasarkan tabel 4.1, dapat diperoleh tiga macam berat jenis agregat kasar daur ulang (RCA) yaitu berat jenis curah, berat jenis kering permukaan dan berat jenis semu serta didapatkan pula nilai penyerapan agregat kasar daur ulang. Nilai rata-rata dari berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh dan berat jenis semu adalah 2,353; 2,474; dan 2,676. Nilai berat jenis yang digunakan adalah berat jenis kering permukaan jenuh yaitu 2,474. Hal tersebut menunjukkan bahwa RCA memiliki nilai berat jenis rata-rata RCA lebih besar daripada syarat yang ditentukan yaitu 2,4. Sedangkan hasil dari tiga sampel menunjukkan nilai

rata-rata penyerapan agregat kasar daur ulang sebesar 5,184 %. Nilai penyerapan rata-rata RCA lebih besar dari syarat yang ditentukan yaitu 4%.



Gambar 4.1 Sampel agregat kasar daur ulang (RCA)

4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Alami (NCA)

Agregat kasar alami adalah agregat kasar yang berasal dari pecahan batu kali yang dipecah dengan ukuran tertentu. sama seperti RCA, agregat kasar daur ulang selanjutnya disebut NCA diuji terlebih dahulu untuk melihat karakteristik dari agregat kasar alami. Pengujian meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 5 sampel NCA dengan berat masing-masing sampel adalah 5 kg. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian berat jenis dan penyerapan NCA.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi NCA

Nomor Contoh		1	2	3	4	5
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj (gr)	5000	5000	5000	5000	5000
Berat benda uji kering oven	Bk (gr)	4364.4	4357.8	4452.6	4380	4314.4
Berat benda uji dalam air	Ba (gr)	2815	2818	2870	2819	2806
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)	1.997	1.997	2.090	2.008	1.966
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	2.288	2.291	2.347	2.293	2.279
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	2.817	2.830	2.813	2.806	2.860
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%	14.563	14.737	12.294	14.155	15.891

Berdasarkan tabel 4.2, dapat diperoleh tiga macam berat jenis NCA yaitu berat jenis curah, berat jenis kering permukaan dan berat jenis semu serta didapatkan pula nilai penyerapan NCA. Nilai rata-rata dari berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh dan berat jenis semu adalah 2,012; 2,300; dan 2,825. Nilai berat jenis yang digunakan adalah berat jenis kering permukaan jenuh yaitu 2,300. Hal tersebut menunjukkan bahwa NCA memiliki nilai berat jenis yang tidak memenuhi persyaratan yaitu 2,4 sampai dengan 2,9. Sedangkan hasil dari tiga sampel menunjukkan nilai rata-rata penyerapan NCA sebesar 14,328 %. Nilai penyerapan NCA jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai penyerapan RCA. Sehingga penyerapan rata-rata NCA tidak memenuhi persyaratan. Hal ini disebabkan permukaan NCA menyerap air banyak dan mengeluarkan air dengan mudah karena pori yang banyak dan suhu yang tinggi saat melaksanakan pengujian agregat. Syarat penyerapan NCA adalah 0,2% sampai dengan 4%.



Gambar 4.2 Agregat kasar alami (NCA)

4.1.3 Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA) dan Agregat Kasar Alami (NCA)

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan berat isi RCA dan NCA. Berat isi didapatkan dari perbandingan massa agregat dengan volume. Pemeriksaan dilakukan dengan menimbang agregat pada wadah. Berikut ini adalah hasil pemeriksaan berat isi RCA dan NCA.

Tabel 4.3 Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA) dan Agregat Kasar Alami (NCA)

No	Sampel		RCA	NCA
1	Berat takaran	(gr)	1050	1050
2	Berat takaran + air	(gr)	3100	3100
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	2050	2050
4	Volume air = (3)/(1)	(cc)	2050	2050
5	Berat Takaran	(gr)	1050	1050
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	4050	4150
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	3000	3100
8	Berat isi agregat = (7)/(4)	(gr/cc)	1.4634	1.5122

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan berat isi agregat NCA lebih besar daripada RCA. Nilai berat isi NCA 1,5122 gr/cc sedangkan RCA sebesar 1,4634 gr/cc. Hal tersebut dapat menunjukkan bahwa NCA memiliki butiran yang lebih padat dibandingkan dengan RCA. Hal ini sesuai dengan kondisi fisik NCA yang merupakan batu pecah alami sedangkan RCA yang merupakan hasil daur ulang beton sebagian dari butiran RCA mengandung mortar dan terdapat pula butiran yang terbentur dari mortar seluruhnya. Akan tetapi hal ini sangat berbanding dengan hasil penyerapan. Nilai penyerapan RCA jauh lebih kecil dibandingkan dengan NCA. Seharusnya nilai penyerapan NCA sebanding dengan nilai berat isi NCA.

4.1.4 Fly ash

Fly ash adalah limbah dari pembangkit listrik yang memiliki kemampuan untuk menambah kekuatan pada beton setelah beraksi dengan hasil reaksi semen dan air. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap *fly ash* untuk melihat kandungan bahan semen yang terdapat dalam *fly ash*. Pengujian dilakukan dengan metode XRF atau *X-Ray Fluorescence* untuk melihat kandungan senyawa silika, alumina, fero oksida serta kalsium oksida. Berikut ini adalah hasil pengujian *fly ash* di laboratorium dengan metode XRF.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Fly ash* Dengan Metode XRF (*X-Ray Fluoresence*)

No Filter			Helium		
Senyawa	Kadar %	Metode	Senyawa	Kadar %	Metode
Al ₂ O ₃	7.5		MgO	0.69	
SiO ₂	20.4		Al ₂ O ₃	3.1	
SO ₃	1.6		SiO ₂	12.5	
K ₂ O	1.2		P ₂ O ₅	0.22	
CaO	25.8		K ₂ O	1.9	
TiO ₂	1.3		CaO	57.5	
V ₂ O ₅	0.05		TiO ₂	3.8	XRF
Cr ₂ O ₃	0.079		V ₂ O ₅	0.71	
MnO	0.32		Cr ₂ O ₃	1.4	
Fe ₂ O ₃	37.77	XRF	MnO	7.6	
NiO	0.913		MoO ₃	3.9	
CuO	0.11		In ₂ O ₃	1.2	
ZnO	0.06		BaO	5.5	
SrO	0.64				
MoO ₃	1				
In ₂ O ₃	0.07				
BaO	0.41				
Eu ₂ O ₃	0.3				
Re ₂ O ₇	0.1				
HgO	0.21				

Tabel 4.3 menunjukkan hasil dari pengujian *fly ash* yang digunakan pada saat pembuatan beton porous dalam penelitian ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kalsium oksida (CaO) yang terkandung dalam *fly ash* sebesar 25,8 % dan 57,5 % dengan menggunakan metode XRF. Berdasarkan hasil tersebut maka *fly ash* termasuk pada *fly ash* tipe C yaitu memiliki kandungan kalsium dioksida (CaO) lebih besar dari 20% dan memiliki kemampuan mengeras dan menambah kekuatan apabila bereaksi dengan hasil reaksi semen dan air. Hasil ini sesuai dengan ASTM C618. Selain itu dengan kandungan kalsium dioksida yang lebih banyak maka *fly ash* bisa digunakan untuk bahan penambah untuk meningkatkan kekuatan beton dengan sifat pozzolanik yang dimiliki *fly ash*.



Gambar 4.3 Fly ash

4.2 Hasil Pembuatan Balok Beton Porous

Pembuatan benda uji dilakukan seperti proses pengecoran pada umumnya. Pada saat persiapan pengecoran dilakukan mempersiapkan agregat kasar alami (NCA) dan agregat kasar daur ulang (RCA). Persiapan meliputi penyaringan ukuran agregat yaitu 0,5-1 cm. Selanjutnya NCA dan RCA direndam dalam air selama 1 malam dan dikeluarkan untuk mendapatkan keadaan kering permukaan jenuh. Kemudian penimbangan jumlah kebutuhan material untuk setiap variasi atau mix design. Material yang dipersiapkan meliputi semen, *fly ash*, agregat kasar alami (NCA), agregat kasar daur ulang (RCA) dan air. Kemudian, proses pengecoran dilakukan untuk membuat benda uji kuat lentur. Bentuk benda uji adalah balok berukuran 15 cm x 15 cm x 53 cm. Setelah selesai pengecoran selanjutnya proses perawatan beton. Proses perawatan beton dilakukan selama 7 hari setelah pengecoran. Teknik perawatan yang dilakukan menggunakan kain yang dibasahi. Proses selanjutnya adalah perhitungan berat isi beton porous yang telah dibuat. Berat isi beton porous adalah perbandingan antara massa beton pada umur 28 hari dengan volume beton yang memiliki satuan kg/m^3 . Hasil berat isi sangat dipengaruhi oleh pemadatan yang dilakukan pada saat pengecoran berlangsung. Pada saat pemadatan, pemadatan yang merata dengan jumlah tusukan yang sama akan menghasilkan berat isi yang seragam. Apabila terjadi perbedaan, perbedaan tersebut tidak besar. Berikut ini adalah tabel perhitungan berat isi balok beton porous.

Tabel 4.5 Berat isi balok beton porous

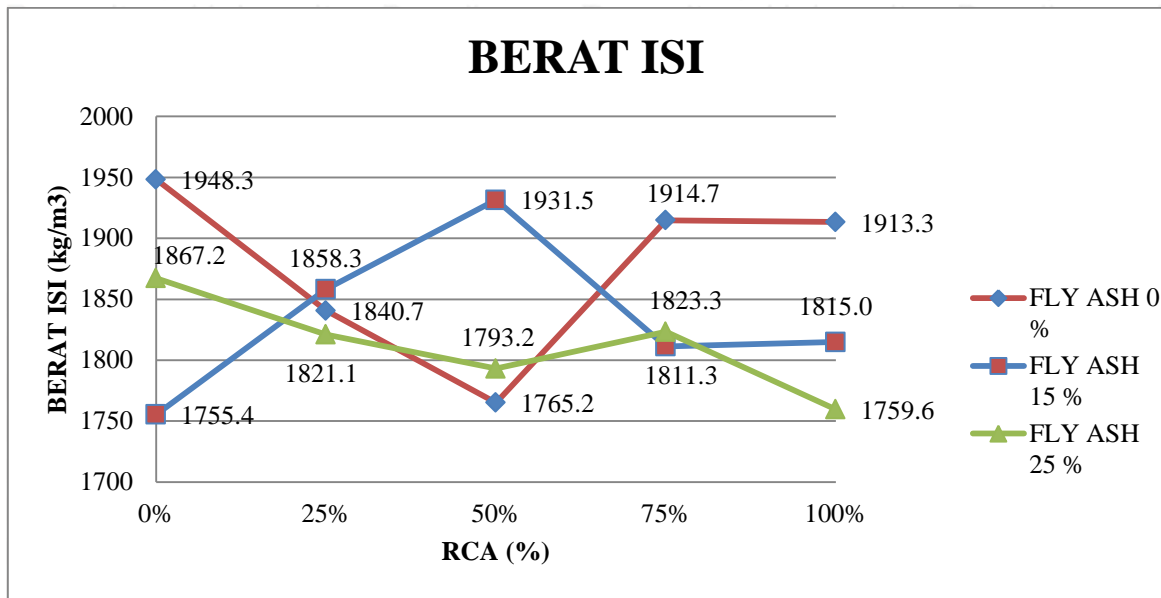
No.	Mix Design	Dimensi			Volume (cm ³)	Berat (kg)	Berat Isi (kg/m ³)	Tanggal Pengecoran	Tanggal Pengujian	
		B (cm)	H (cm)	L (cm)						
1	A0B0 (0% FA, 0% RCA, 100% NCA)	1	15	15	53	11925	23.30	1953.9	7 Maret 2017	4-Apr-17
		2	15	15	53	11925	22.75	1907.8		
		3	15	15	53	11925	23.65	1983.2		
2	A1B0 (0% FA, 25% RCA, 75% NCA)	1	15	15	53	11925	21.85	1832.3	8 Maret 2017	7-Apr-17
		2	15	15	53	11925	22.20	1861.6		
		3	15	15	53	11925	21.80	1828.1		
3	A2B0 (0% FA, 50% RCA, 50% NCA)	1	15	15	53	11925	20.90	1752.6	13 Maret 2017	10-Apr-17
		2	15	15	53	11925	21.50	1802.9		
		3	15	15	53	11925	20.75	1740.0		
4	A3B0 (0% FA, 75% RCA, 25% NCA)	1	15	15	53	11925	23.25	1949.7	14 Maret 2017	11-Apr-17
		2	15	15	53	11925	22.75	1907.8		
		3	15	15	53	11925	22.50	1886.8		
5	A4B0 (0% FA, 100% RCA, 0% NCA)	1	15	15	53	11925	23.00	1928.7	14 Maret 2017	11-Apr-17
		2	15	15	53	11925	22.80	1911.9		
		3	15	15	53	11925	22.65	1899.4		
6	A0B1 (15% FA, 0% RCA, 100% NCA)	1	15	15	53	11925	21.10	1769.4	15 Maret 2017	12-Apr-17
		2	15	15	53	11925	20.70	1735.8		
		3	15	15	53	11925	21.00	1761.0		
7	A1B1 (15% FA, 25% RCA, 75% NCA)	1	15	15	53	11925	21.80	1828.1	16 Maret 2017	13-Apr-17
		2	15	15	53	11925	22.15	1857.4		
		3	15	15	53	11925	22.53	1889.3		
8	A2B1 (15% FA, 50% RCA, 50% NCA)	1	15	15	53	11925	23.15	1941.3	17 Maret 2017	14-Apr-17
		2	15	15	53	11925	23.20	1945.5		
		3	15	15	53	11925	22.75	1907.8		
9	A3B1 (15% FA, 75% RCA, 25% NCA)	1	15	15	53	11925	20.70	1735.8	20 Maret 2017	17-Apr-17
		2	15	15	53	11925	22.05	1849.1		
		3	15	15	53	11925	22.05	1849.1		
10	A4B1 (15% FA, 100% RCA, 0% NCA)	1	15	15	53	11925	21.35	1790.4	21 Maret 2017	18-Apr-17
		2	15	15	53	11925	22.05	1849.1		
		3	15	15	53	11925	21.53	1805.5		
11	A0B2 (25% FA, 0% RCA, 100% NCA)	1	15	15	53	11925	22.20	1861.6	15 Maret 2017	12-Apr-17
		2	15	15	53	11925	22.20	1861.6		
		3	15	15	53	11925	22.40	1878.4		
12	A1B2 (25% FA, 25% RCA, 75% NCA)	1	15	15	53	11925	21.90	1836.5	16 Maret 2017	13-Apr-17
		2	15	15	53	11925	22.15	1857.4		
		3	15	15	53	11925	21.10	1769.4		
13	A2B2 (25% FA, 50% RCA, 50% NCA)	1	15	15	53	11925	22.20	1861.6	17 Maret 2017	14-Apr-17
		2	15	15	53	11925	20.30	1702.3		
		3	15	15	53	11925	21.65	1815.5		
14	A3B2 (25% FA, 75% RCA, 25% NCA)	1	15	15	53	11925	22.30	1870.0	20 Maret 2017	17-Apr-17
		2	15	15	53	11925	21.53	1805.5		
		3	15	15	53	11925	21.40	1794.5		
15	A4B2 (25% FA, 100% RCA, 0% NCA)	1	15	15	53	11925	21.35	1790.4	21 Maret 2017	18-Apr-17
		2	15	15	53	11925	20.40	1710.7		
		3	15	15	53	11925	21.20	1777.8		

Berdasarkan tabel 4.4 tentang berat isi balok beton porous hasil pengecoran dengan volume setiap balok adalah 0,010125 m³ didapatkan nilai yang berbeda untuk setiap *mix design*. Untuk satu variasi *mix design* dibuat tiga benda uji yang memiliki ukuran dan dimensi yang sama. Namun setelah 28 hari pengecoran dan dilakukan penimbangan pada masing-masing balok memiliki berat yang berbeda dalam satu variasi *mix design*. Seperti pada variasi *mix design* A0B0. *Mix design* A0B0 merupakan variasi untuk 0% *fly ash* dan 0% RCA. Untuk

benda uji nomor 1, 2 dan 3 memiliki berat berturut-turut yaitu 23,3 kg; 22,75 kg; dan 23,65 kg. sehingga hasil berat isi balok 1, 2 dan 3 berturut-turut yaitu $1953,9 \text{ kg/m}^3$; $1907,8 \text{ kg/m}^3$; dan $1983,2 \text{ kg/m}^3$. Perbedaan ini disebabkan pada saat melakukan pemadatan terjadi perlakuan yang berbeda atau tidak merata dalam pemadatan benda uji. Pemadatan sangat berpengaruh terhadap berat isi beton karena dengan cara memeadatkan beton rongga-rongga beton dapat terisi oleh beton. Sebaliknya, apabila pemadatan tidak merata menyebabkan banyak rongga-rongga pada beton dan mengurangi berat beton porous. Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata berat isi balok beton porous untuk setiap variasi *mix design*. Berikut ini adalah tabel berat isi rata-rata balok beton porous,

Tabel 4.6 Berat isi rata-rata beton porous

No.	Mix design	Berat Isi Rata-Rata (kg/m3)
1	A0B0	1948
2	A1B0	1841
3	A2B0	1765
4	A3B0	1915
5	A4B0	1913
6	A0B1	1755
7	A1B1	1858
8	A2B1	1932
9	A3B1	1811
10	A4B1	1815
11	A0B2	1867
12	A1B2	1821
13	A2B2	1793
14	A3B2	1823
15	A4B2	1760



Gambar 4.4 Grafik rata-rata berat isi beton porous

Dari gambar grafik 4.4, hasil berat isi balok beton porous untuk variasi *mix design fly ash* 0% dan RCA 0% memiliki berat isi paling tinggi. Variasi *mix design fly ash* 0% dan *fly ash* 25% memiliki pola yang sama, meskipun terjadi fluktuasi dalam setiap variasi RCA. Berbeda dengan *fly ash* 15% hasilnya menunjukkan bahwa untuk variasi *fly ash* 15% dan RCA 50% memiliki berat isi paling tinggi yang berkebalikan dengan hasil berat isi *fly ash* 0% dan 25%. Berdasarkan hasil ini, terjadi perbedaan yang menonjol dalam berat isi yang akan dilanjutkan dengan melihat hasil pengujian kuat lentur.



Gambar 4.5 Balok beton porous (umur 28 hari)

4.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Porous

Pengujian kuat lentur balok beton porous menggunakan SNI 4431:2011 tentang cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. Kuat lentur adalah kemampuan balok menahan momen. Kuat lentur diperoleh dengan memberikan beban dua titik pada balok hingga balok retak dan patah menggunakan alat uji universal.

Tabel 4.6 Hasil pengujian kuat lentur balok beton porous

No.	Mix Design	Berat Isi (kg/m ³)	Beban Maks. (N)	Kuat Lentur $\sigma = P.L / B.H^2$ (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)	Tanggal Pengecoran	Tanggal Pengujian	
1	A0B0 (0% FA, 0% RCA, 100% NCA)	1	1953.9	18605	2.4807	2.3320	7 Maret 2017	4-Apr-2017
		2	1907.8	16865	2.2487			
		3	1983.2	17000	2.2667			
2	A1B0 (0% FA, 25% RCA, 75% NCA)	1	1832.3	15780	2.1040	2.2036	8 Maret 2017	7-Apr-2017
		2	1861.6	17280	2.3040			
		3	1828.1	16520	2.2027			
3	A2B0 (0% FA, 50% RCA, 50% NCA)	1	1752.6	12480	1.6640	1.6249	13 Maret 2017	10-Apr-2017
		2	1802.9	12780	1.7040			
		3	1740.0	11300	1.5067			
4	A3B0 (0% FA, 75% RCA, 25% NCA)	1	1949.7	16800	2.2400	2.0827	14 Maret 2017	11-Apr-2017
		2	1907.8	15480	2.0640			
		3	1886.8	14580	1.9440			
5	A4B0 (0% FA, 100% RCA, 0% NCA)	1	1928.7	15430	2.0573	1.9649	14 Maret 2017	11-Apr-2017
		2	1911.9	14280	1.9040			
		3	1899.4	14500	1.9333			
6	A0B1 (15% FA, 0% RCA, 100% NCA)	1	1769.4	12800	1.7067	1.7333	15 Maret 2017	12-Apr-2017
		2	1735.8	12400	1.6533			
		3	1761.0	13800	1.8400			
7	A1B1 (15% FA, 25% RCA, 75% NCA)	1	1828.1	12900	1.7200	1.9293	16 Maret 2017	13-Apr-2017
		2	1857.4	13910	1.8547			
		3	1889.3	16600	2.2133			
8	A2B1 (15% FA, 50% RCA, 50% NCA)	1	1941.3	16530	2.2040	1.9804	17 Maret 2017	14-Apr-2017
		2	1945.5	13650	1.8200			
		3	1907.8	14380	1.9173			
9	A3B1 (15% FA, 75% RCA, 25% NCA)	1	1735.8	9430	1.2573	1.5507	20 Maret 2017	17-Apr-2017
		2	1849.1	13580	1.8107			
		3	1849.1	11880	1.5840			
10	A4B1 (15% FA, 100% RCA, 0% NCA)	1	1790.4	12960	1.7280	1.7449	21 Maret 2017	18-Apr-2017
		2	1849.1	13500	1.8000			
		3	1805.5	12800	1.7067			
11	A0B2 (25% FA, 0% RCA, 100% NCA)	1	1861.6	18250	2.4333	2.1938	15 Maret 2017	12-Apr-2017
		2	1861.6	16820	2.2427			
		3	1878.4	14290	1.9053			
12	A1B2 (25% FA, 25% RCA, 75% NCA)	1	1836.5	13280	1.7707	1.8960	16 Maret 2017	13-Apr-2017
		2	1857.4	15320	2.0427			
		3	1769.4	14060	1.8747			
13	A2B2 (25% FA, 50% RCA, 50% NCA)	1	1861.6	13500	1.8000	1.2191	17 Maret 2017	14-Apr-2017
		2	1702.3	130	0.0173			
		3	1815.5	13800	1.8400			
14	A3B2 (25% FA, 75% RCA, 25% NCA)	1	1870.0	13780	1.8373	1.6684	20 Maret 2017	17-Apr-2017
		2	1805.5	11960	1.5947			
		3	1794.5	11800	1.5733			
15	A4B2 (25% FA, 100% RCA, 0% NCA)	1	1790.4	12060	1.6080	1.6480	21 Maret 2017	18-Apr-2017
		2	1710.7	11490	1.5320			
		3	1777.8	13530	1.8040			

Berdasarkan tabel 4.7, dapat diketahui beban maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji balok beton porous. Beban maksimum diperoleh pada saat patah terjadi pada bentang tengah balok. Dalam satu variasi, beban maksimum yang dicapai berbeda-beda. Seperti pada variasi A0B0 (0% *fly ash* dan 0% agregat kasar daur ulang (RCA)). Hasil pengujian menunjukkan A0B0(1) beban maksimum yang dicapai 18605 N, A0B0(2) beban maksimum yang dicapai 16865 N, dan A0B0(3) 17000 N. Selanjutnya hasil perhitungan berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai kuat lentur A0B0(1), A0B0(2), A0B0(3) berturut-turut adalah 2,4807 MPa, 2,2487 MPa, dan 2,2667 MPa. Perhitungan yang sama dilakukan pada semua variasi selanjutnya dan menghasilkan nilai rata-rata kuat lentur beton porous yang tersaji dalam tabel berikut.

Tabel 4.8 Kuat lentur rata-rata balok beton porous

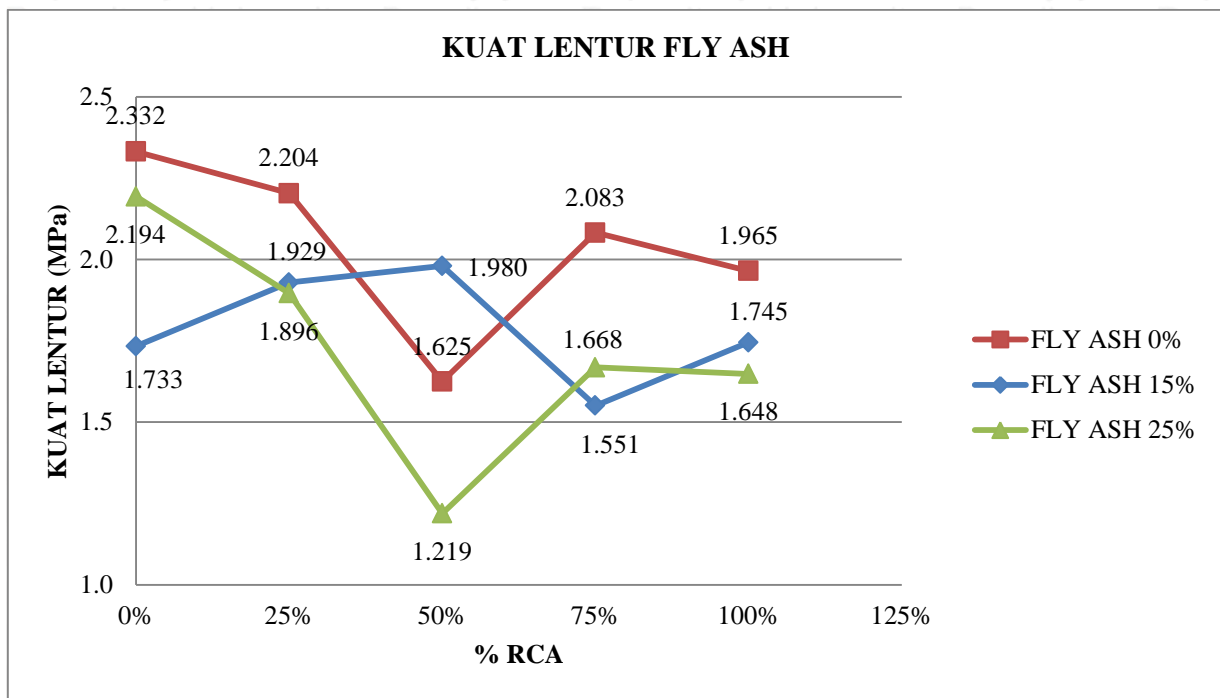
No.	Mix design	Kuat Lentur (Mpa)
1	A0B0	2.332
2	A1B0	2.204
3	A2B0	1.625
4	A3B0	2.083
5	A4B0	1.965
6	A0B1	1.733
7	A1B1	1.929
8	A2B1	1.980
9	A3B1	1.551
10	A4B1	1.745
11	A0B2	2.194
12	A1B2	1.896
13	A2B2	1.219
14	A3B2	1.669
15	A4B2	1.713

Tabel 4.8 menunjukkan nilai rata-rata dari setiap variasi yang telah diuji pada umur 28 hari. Setelah dilakukan perhitungan kuat lentur dan menghasilkan nilai rata-rata kuat lentur dapat dilihat bahwa setiap variasi memiliki perbedaan. Selanjutnya dalam satu kelompok variasi dengan 0% *fly ash* yaitu A0B0, A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0 memiliki kuat lentur berturut-turut 2,332 MPa, 2,204 MPa, 1,625 MPa, 2,083 MPa, dan 1,965 MPa. Pada variasi tersebut menunjukkan bahwa kuat lentur tertinggi pada variasi A0B0 dengan 0% *fly ash* dan 0% RCA.

Selanjutnya untuk variasi dengan penggantian semen dengan 15% *fly ash* yaitu A0B1, A1B1, A2B1, A3B1, dan A4B1 didapatkan nilai kuat lentur berturut-turut 1,733 MPa, 1,929 MPa, 1,980 MPa, 1,551 MPa dan 1,745 MPa. Nilai kuat lentur tersebut berada dibawah hasil dari variasi 0% *fly ash*. Namun terdapat satu variasi yang memiliki nilai kuat lentur lebih tinggi dibandingkan dengan 0% *fly ash* yaitu variasi 15% *fly ash* dan 50% RCA.



Gambar 4.6 Balok beton porous sebelum dan sesudah diuji



Gambar 4.7 Grafik kuat lentur rata-rata beton porous

Pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai variasi 15% *fly ash* dan 50% agregat kasar memiliki nilai lebih tinggi dari variasi 0% *fly ash* dan 50% agregat kasar daur ulang. Penambahan 15% *fly ash* dapat meningkatkan kuat lentur beton porous untuk penggantian RCA sebesar 50%. Peningkatan kuat lentur terjadi sebesar 21,846% dari 1,625 MPa menjadi 1,980 MPa. Peningkatan kuat lentur yang signifikan dapat dijadikan nilai tertinggi peningkatan kuat lentur dalam hasil penelitian tentang kuat lentur beton porous dengan penggantian semen oleh *fly ash*. Untuk pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat lentur, penggantian semen oleh 15% *fly ash* dengan penggunaan RCA 50% mampu meningkatkan kuat lentur beton porous.

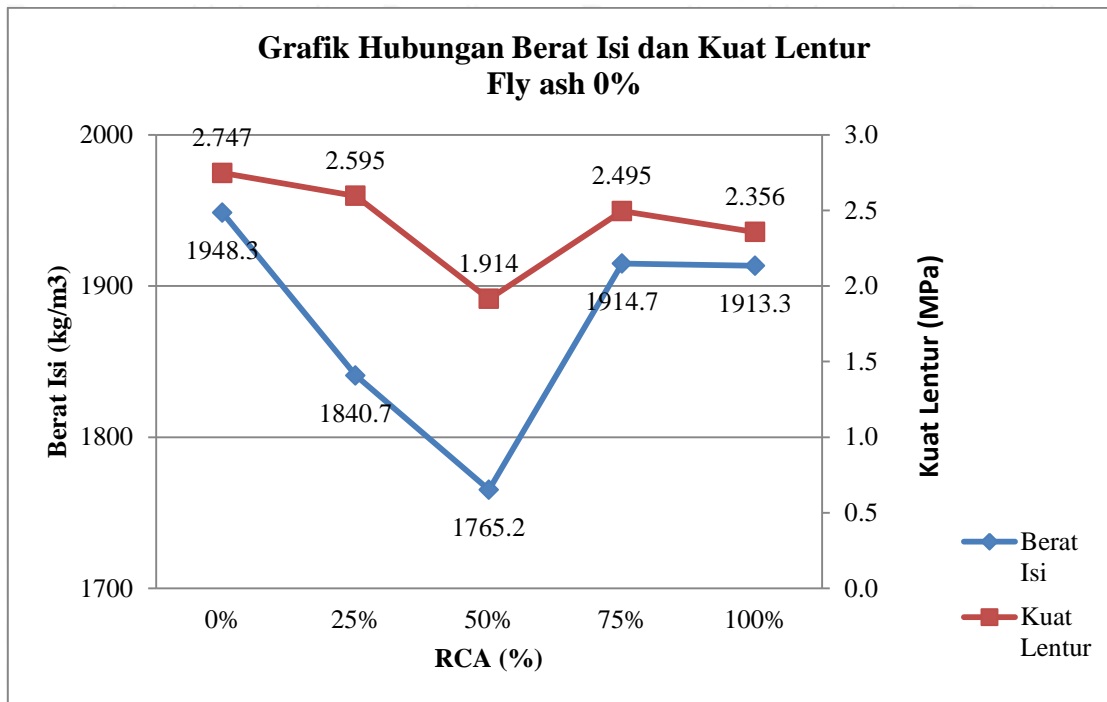
Penambahan *fly ash* seharusnya dapat meningkatkan kuat lentur. Akan tetapi, pada hasil penelitian ini, terjadi penurunan kuat lentur beton porous. Terlihat dari gambar grafik 4.7 nilai kuat lentur rata-rata tertinggi ada pada *fly ash* 0%. Oleh karena itu penggantian semen oleh *fly ash* tidak menghasilkan perubahan dalam kuat lentur beton porous.

Selanjutnya pengaruh menggunakan RCA sebagai pengganti agregat kasar alami terhadap kuat lentur beton porous. Sesuai dengan hasil penelitian yang terdapat pada gambar 4.7 setiap penambahan komposisi RCA terjadi penurunan kuat lentur beton porous. Dalam penelitian ini, kuat lentur beton porous 0% RCA memiliki nilai kuat lentur tertinggi. Kemudian penurunan kuat lentur terjadi pada 25% RCA diikuti oleh 50% RCA. Meskipun kuat lentur beton porous pada 75% RCA dan 100% RCA lebih tinggi dari nilai 50%. Namun hasil tersebut menunjukkan kuat lentur beton porous yang fluktuatif.

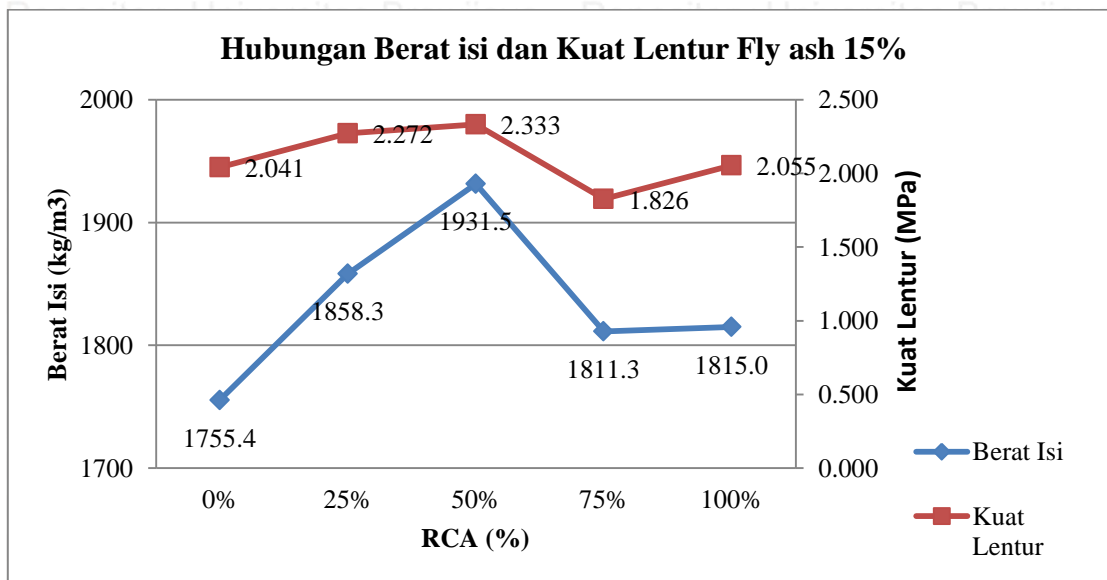
4.4 Hubungan berat isi dan kuat lentur

Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan mengenai berat isi dan kuat lentur balok beton porous. Selanjutnya akan membahas tentang hubungan antara berat isi dan kuat lentur balok beton porous.

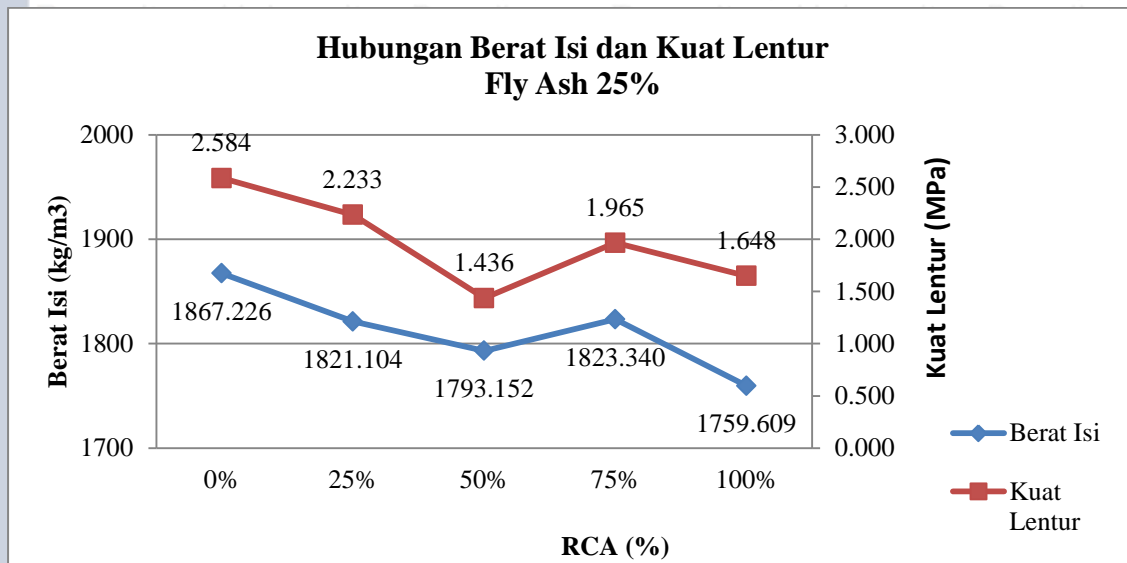
Pada gambar 4.8 grafik berat isi dan kuat lentur memiliki pola yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kuat lentur sebanding dengan berat isi dari beton porous. Apabila berat isi yang dimiliki beton porous tinggi maka nilai kuat lentur yang dihasilkan tinggi. Sebaliknya apabila berat isi yang dimiliki oleh beton porous kecil maka hasil kuat lentur pun kecil. Gambar diatas adalah hubungan berat isi dan kuat lentur beton porous tanpa penggantian *fly ash* maupun agregat kasar daur ulang. Sedangkan untuk penggantian semen 15% dan 25 % yang diikuti dengan penggantian agregat kasar daur ulang seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.8 Grafik hubungan berat isi dan kuat lentur fly ash 0%



Gambar 4.9 Grafik hubungan berat isi dan kuat lentur fly ash 15%



Gambar 4.10 Grafik hubungan berat isi dan kuat lentur fly ash 25%

Pada gambar 4.9 untuk penggantian semen dengan fly ash 15 %, berat isi dan kuat lentur memiliki pola yang sama. Gambar 4.10 menunjukkan hal yang sama yaitu kuat lentur beton porous sebanding dengan berat isi beton porous. Saat terjadi penurunan berat isi maka terjadi pula penurunan kuat lentur beton porous. Hal ini terjadi pada semua variasi komposisi RCA. Kuat lentur dan berat isi memiliki pola yang sama yaitu penurunan kuat lentur diikuti pula penurunan berat isi serta peningkatan kuat lentur diikuti peningkatan berat isi. Berat isi yang lebih tinggi memiliki kuat lentur yang tinggi karena masa beton porous lebih besar yang menunjukkan kepadatan beton porous. Semakin padat beton porous maka semakin tinggi pula kuat lentur.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat lentur rata-rata tertinggi beton porous adalah 2,332 MPa. Nilai tersebut didapatkan dari variasi penggantian semen oleh *fly ash* sebesar 0 % tanpa penggantian agregat kasar alami (NCA) dengan agregat kasar daur ulang (RCA). Nilai kuat lentur terendah adalah 1,219 MPa untuk variasi penggantian semen oleh *fly ash* sebesar 25% dengan penggantian agregat kasar alami 50% oleh RCA. Kuat lentur rata-rata secara keseluruhan memiliki pola dan hasil yang tidak sama. Kuat lentur tertinggi pada variasi beton porous tanpa *fly ash* dan tanpa agregat kasar daur ulang. Nilai kuat lentur yang dihasilkan masih lebih tinggi dibandingkan dengan penggantian semen oleh *fly ash* 15%. Oleh karena itu, hubungan antara komposisi RCA sebesar 05, 25 %, 50%, 75%, dan 100% terhadap kuat lentur beton porous dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0%, 15% dan 25% tidak memiliki hubungan yang signifikan. Hal tersebut dikarenakan pemilihan agregat kasar daur ulang yang memiliki mutu lebih tinggi daripada agregat kasar alami dan proses pemadatan yang tidak merata. Selain itu, penggantian NCA dengan RCA dapat menurunkan kuat lentur beton porous yang ditunjukkan oleh hasil kuat lentur yang menurun setiap dilakukan penambahan komposisi RCA.
2. Nilai kuat lentur tertinggi dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah pada variasi 0% *fly ash* dan 0% RCA yaitu 2,332 MPa. Hasil yang diperoleh menunjukkan ketidakteraturan nilai kuat lentur pada variasi penggantian semen oleh *fly ash* sebesar 15% dengan pola hasil kuat lentur dengan penggantian 0% dan 25%. Namun dengan penggantian 15% *fly ash* dan penggantian 50% RCA didapatkan hasil bahwa kuat lentur meningkat. Maka dapat disimpulkan bahwa komposisi penggantian 15% semen

oleh fly ash dengan penggantian 50% RCA merupakan komposisi optimum meskipun hasil kuat lentur tidak memenuhi persyaratan beton perkerasan.

5.2 Saran

Pada penelitian yang telah dilaksanakan mengenai *fly ash* dan RCA terhadap kuat lentur beton porous, dapat diberikan beberapa saran berikut:

1. Pemilihan material agregat kasar alami dan daur ulang harus lebih teliti. Pada penelitian selanjutnya perlu menggunakan agregat kasar alami yang lebih baik mutu dan karakteristiknya dibandingkan agregat kasar daur ulang atau RCA.
2. Proses pemadatan pada saat proses pencetakan harus lebih teratur dan dilakukan secara merata. Hal ini perlu diperhatikan karena hasil dari pemadatan menentukan berat isi dan kuat lentur beton porous.
3. Pada proses pengecoran jumlah material perlu dilebihkan untuk menghindari kekurangan adukan pada saat dilakukan pencetakan beton porous.
4. Proses perawatan beton menggunakan karung yang dibasahi sebaiknya diawasi setiap hari. Pada saat proses perawatan usahakan karung dalam keadaan tetap lembab atau basah.
5. Tempat penyimpanan benda uji harus terhindar dari kegiatan yang dapat merusak benda uji mengingat jumlah benda uji untuk setiap variasi sedikit.
6. Pada saat pengujian, persiapan sebelum pengujian sebaiknya dilakukan agar tidak terjadi kesalahan pada saat pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 522. (2006). *Pervious Concrete*. Report No. 522R-10, American Concrete Institute. Detroit, USA, 2006

Arifi, Eva. (2015). *Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Parsial Untuk Meningkatkan Performa Beton Agregate Daur Ulang*. Jurnal : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

ASTM Committee. ASTM C 33 Standard Test Method for Fine And Coarse Aggregate. Pennsylvania, US : ASTM International Standard.

Badan Standarisasi Nasional. (2011). *SNI 4431:2011 Cara Uji Kuat Lentur Bton Normal dengan Dua Titik Pembeban*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional

Badan Standarisasi Nasional. (2004). *Semen Portland*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Cedergren, Harry R. (1974). *Drainage of Highway and Airfield Pavements*. USA : John Wiley & Sons, Inc.

Dipohusodo, Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang : Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.

Mardiono. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dalam Beton Mutu Tinggi*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Gunadarma: Jakarta

Prabowo D.A, Ary S. dan Sambowo K.A. (2013). *Desain Beton Berpori untuk Perkerasan Jalan yang Ramah Lingkungan*. e-jurnal matriks teknik sipil/ juni 2013/96

LAMPIRAN

Lampiran 1. data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar daur ulang RCA.

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN RCA

Sampel 1

Nomor Contoh			1
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	2000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	1924.8
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	1222

Nomor Contoh			
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)		2.474
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)		2.571
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)		2.739
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%		3.907

Sampel 2

Nomor Contoh			4
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	4750
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	2958.7

Nomor Contoh			
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)		2.327
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)		2.449
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)		2.652
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%		5.263

Sampel 3

Nomor Contoh			3
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	4700
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	2918.4

Nomor Contoh			
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)		Bk/(Bj-Ba)	2.258
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)		Bj/(Bj-Ba)	2.402
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)		Bk/(Bk-Ba)	2.638
Penyerapan (%) (Absorption)		(Bj-Bk)/Bk x 100%	6.383

Contoh Perhitungan Sampel RCA 3

Bk = Berat benda uji kering oven (gram).

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram).

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air (gram).

a. Berat jenis curah = $\frac{Bk}{Bj-Ba}$

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{4700}{5000-2918.4} = 2,258$$

b. Berat jenis Kering Permukaan Jenuh = $\frac{Bj}{Bj-Ba}$

$$\text{Berat jenis Kering Permukaan Jenuh} = \frac{5000}{5000-2918.4} = 2,402$$

c. Berat jenis semu = $\frac{Bk}{Bk-Ba}$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{4700}{4700-2918.4} = 2,638$$

d. Penyerapan = $\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$

$$\text{Penyerapan} = \frac{5000-4700}{4700} \times 100\% = 6,383 \%$$

Lampiran 2. data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar alam NA.

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN NA

Sampel 1

Nomor Contoh			1
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	4364.4
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	2815

Nomor Contoh			
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Grafity)	Bk/(Bj-Ba)		1.997
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Grafity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)		2.288
Berat Jenis Semu Apparent Spesific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)		2.817
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%		14.563

Sampel 2

Nomor Contoh			2
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	4357.8
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	2818

Nomor Contoh			
Berat Jenis Curah (Bulk Spesific Grafity)	Bk/(Bj-Ba)		1.997
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Spesific Grafity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)		2.291
Berat Jenis Semu Apparent Spesific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)		2.830
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%		14.737

Sampel 3

Nomor Contoh			3
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	4452.6
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	2870

Nomor Contoh			
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)		2.090
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)		2.347
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)		2.813
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%		12.294

Sampel 4

Nomor Contoh			4
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	4380
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	2819

Nomor Contoh			
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)		2.008
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)		2.293
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)		2.806
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%		14.155



Sampel 5

Nomor Contoh			5
Berat benda uji kering permukaan jenuh	B _j	(gr)	5000
Berat benda uji kering oven	B _k	(gr)	4314.4
Berat benda uji dalam air	B _a	(gr)	2806

Nomor Contoh			
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	B _k /(B _j -B _a)		1.966
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	B _j /(B _j -B _a)		2.279
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	B _k /(B _k -B _a)		2.860
Penyerapan (%) (Absorption)	(B _j -B _k)/B _k x100%		15.891

Contoh Perhitungan Sampel RCA 3

B_k = Berat benda uji kering oven (gram).

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram).

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air (gram).

$$a. \text{ Berat jenis curah} = \frac{B_k}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{4314.4}{5000 - 2806} = 1,966$$

$$b. \text{ Berat jenis Kering Permukaan Jenuh} = \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis Kering Permukaan Jenuh} = \frac{5000}{5000 - 2806} = 2,279$$

$$c. \text{ Berat jenis semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{4314.4}{4314.4 - 2806} = 2,869$$

$$d. \text{ Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{5000 - 4314.4}{4314.4} \times 100\% = 15,891 \%$$

Lampiran 3. data hasil pengujian kandungan fly ash.

HASIL PENGUJIAN FLY ASH

No Filter		Metode
Compound	Conc (%)	
Al ₂ O ₃	7.5	XRF
SiO ₂	20.4	
SO ₃	1.6	
K ₂ O	1.2	
CaO	25.8	
TiO ₂	1.3	
V ₂ O ₅	0.05	
Cr ₂ O ₃	0.079	
MnO	0.32	
Fe ₂ O ₃	37.77	
NiO	0.913	
CuO	0.11	
ZnO	0.06	
SrO	0.64	
MoO ₃	1	
In ₂ O ₃	0.07	
BaO	0.41	
Eu ₂ O ₃	0.3	
Re ₂ O ₇	0.1	
HgO	0.21	
JUMLAH	99.832	

Helium		Metode	
Compound	Conc (%)		
MgO	0.69	XRF	
Al ₂ O ₃	3.1		
SiO ₂	12.5		
P ₂ O ₅	0.22		
K ₂ O	1.9		
CaO	57.5		
TiO ₂	3.8		
V ₂ O ₅	0.71		
Cr ₂ O ₃	1.4		
MnO	7.6		
MoO ₃	3.9		
In ₂ O ₃	1.2		
BaO	5.5		
JUMLAH	100.02		

XRF
(X-Ray
Fluorescence)

Menguji kandungan unsur mulai dari Natrium sampai Uranium

Compound	Conc (%)	kelas C	kelas F	kelas N
CaO	25.8	>=10%	<10%	-
SiO ₂	65.67	>50%	>70%	>50%
Al ₂ O ₃				
Fe ₂ O ₃				



UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)

Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200) / 574895 / 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00126.2017

Nomor Pengujian : LSUM.P.00110.2017
Nomor Sampel : Fly ash (E111)
Nama Pelanggan : Akbar Maulana
Instansi Pelanggan : UB
Jenis Karakterisasi : XRF
Sampel Diterima Tanggal : 02 Mei 2017
Nama Operator : Mailinda Ayu Hana M, S.Si
Nama Analis : Drs. Abdulloh Fuad, M.Si

Hasil

No filter

Compound	Conc (%)	Metode
Al ₂ O ₃	7.5	XRF
SiO ₂	20.4	
SO ₃	1.6	
K ₂ O	1.2	
CaO	25.8	
TiO ₂	1.3	
V ₂ O ₅	0.05	
Cr ₂ O ₃	0.079	
MnO	0.32	
Fe ₂ O ₃	37.77	
NiO	0.913	
CuO	0.11	
ZnO	0.06	
SrO	0.64	
MoO ₃	1	
In ₂ O ₃	0.07	
BaO	0.41	
Eu ₂ O ₃	0.3	
Re ₂ O ₇	0.1	
HgO	0.21	

Helium

Compound	Conc (%)	Metode
MgO	0.69	XRF
Al ₂ O ₃	3.1	
SiO ₂	12.5	
P ₂ O ₅	0.22	
K ₂ O	1.9	
CaO	57.5	
TiO ₂	3.8	
V ₂ O ₅	0.71	
Cr ₂ O ₃	1.4	
MnO	7.6	
MoO ₃	3.90	
In ₂ O ₃	1.2	
BaO	5.5	

Keterangan :

1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 03 Mei 2017

Pen. Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju



Drs. Abdulloh Fuad, M.Si
NIP. 1963022219881211002

Lampiran 4. Data hasil pengujian berat isi dan pembuatan beton porous.

No.	Mix Design	Dimensi			Volume (cm ³)	Berat (kg)	Berat Isi (kg/m ³)	Tanggal Pengecoran	Tanggal Pengujian	
		B	H	L						
		(cm)	(cm)	(cm)						
1	A0B0	1	15	15	53	11925	23.3	1953.9	7 Maret 2017	4-Apr-17
	(0% FA, 0% RCA, 100% NCA)	2	15	15	53	11925	22.75	1907.8		
		3	15	15	53	11925	23.65	1983.2		
2	A1B0	1	15	15	53	11925	21.85	1832.3	8 Maret 2017	7-Apr-17
	(0% FA, 25% RCA, 75% NCA)	2	15	15	53	11925	22.2	1861.6		
		3	15	15	53	11925	21.8	1828.1		
3	A2B0	1	15	15	53	11925	20.9	1752.6	13 Maret 2017	10-Apr-17
	(0% FA, 50% RCA, 50% NCA)	2	15	15	53	11925	21.5	1802.9		
		3	15	15	53	11925	20.75	1740.0		
4	A3B0	1	15	15	53	11925	23.25	1949.7	14 Maret 2017	11-Apr-17
	(0% FA, 75% RCA, 25% NCA)	2	15	15	53	11925	22.75	1907.8		
		3	15	15	53	11925	22.5	1886.8		
5	A4B0	1	15	15	53	11925	23	1928.7	14 Maret 2017	11-Apr-17
	(0% FA, 100% RCA, 0% NCA)	2	15	15	53	11925	22.8	1911.9		
		3	15	15	53	11925	22.65	1899.4		
6	A0B1	1	15	15	53	11925	21.1	1769.4	15 Maret 2017	12-Apr-17
	(15% FA, 0% RCA, 100% NCA)	2	15	15	53	11925	20.7	1735.8		
		3	15	15	53	11925	21	1761.0		
7	A1B1	1	15	15	53	11925	21.8	1828.1	16 Maret 2017	13-Apr-17
	(15% FA, 25% RCA, 75% NCA)	2	15	15	53	11925	22.15	1857.4		
		3	15	15	53	11925	22.45	1889.3		

8	A2B1	1	15	15	53	11925	23.15	1941.3	17 Maret 2017	14-Apr-17
	(15% FA, 50% RCA, 50% NCA)	2	15	15	53	11925	23.2	1945.5		
		3	15	15	53	11925	22.75	1907.8		
9	A3B1	1	15	15	53	11925	20.7	1735.8	20 Maret 2017	17-Apr-17
	(15% FA, 75% RCA, 25% NCA)	2	15	15	53	11925	22.05	1849.1		
		3	15	15	53	11925	22.05	1849.1		
10	A4B1	1	15	15	53	11925	21.35	1790.4	21 Maret 2017	18-Apr-17
	(15% FA, 100% RCA, 0% NCA)	2	15	15	53	11925	22.05	1849.1		
		3	15	15	53	11925	21.45	1805.5		
11	A0B2	1	15	15	53	11925	22.2	1861.6	15 Maret 2017	12-Apr-17
	(25% FA, 0% RCA, 100% NCA)	2	15	15	53	11925	22.2	1861.6		
		3	15	15	53	11925	22.4	1878.4		
12	A1B2	1	15	15	53	11925	21.9	1836.5	16 Maret 2017	13-Apr-17
	(25% FA, 25% RCA, 75% NCA)	2	15	15	53	11925	22.15	1857.4		
		3	15	15	53	11925	21.1	1769.4		
13	A2B2	1	15	15	53	11925	22.2	1861.6	17 Maret 2017	14-Apr-17
	(25% FA, 50% RCA, 50% NCA)	2	15	15	53	11925	20.3	1702.3		
		3	15	15	53	11925	21.65	1815.5		
14	A3B2	1	15	15	53	11925	22.3	1870.0	20 Maret 2017	17-Apr-17
	(25% FA, 75% RCA, 25% NCA)	2	15	15	53	11925	21.45	1805.5		
		3	15	15	53	11925	21.4	1794.5		
15	A4B2	1	15	15	53	11925	21.35	1790.4	21 Maret 2017	18-Apr-17
	(25% FA, 100% RCA, 0% NCA)	2	15	15	53	11925	20.4	1710.7		
		3	15	15	53	11925	21.2	1777.8		

Contoh perhitungan berat isi beton porous

Sampel : A0B0 (1)

Dimensi:

B = 15 cm

Berat = 23,3 kg

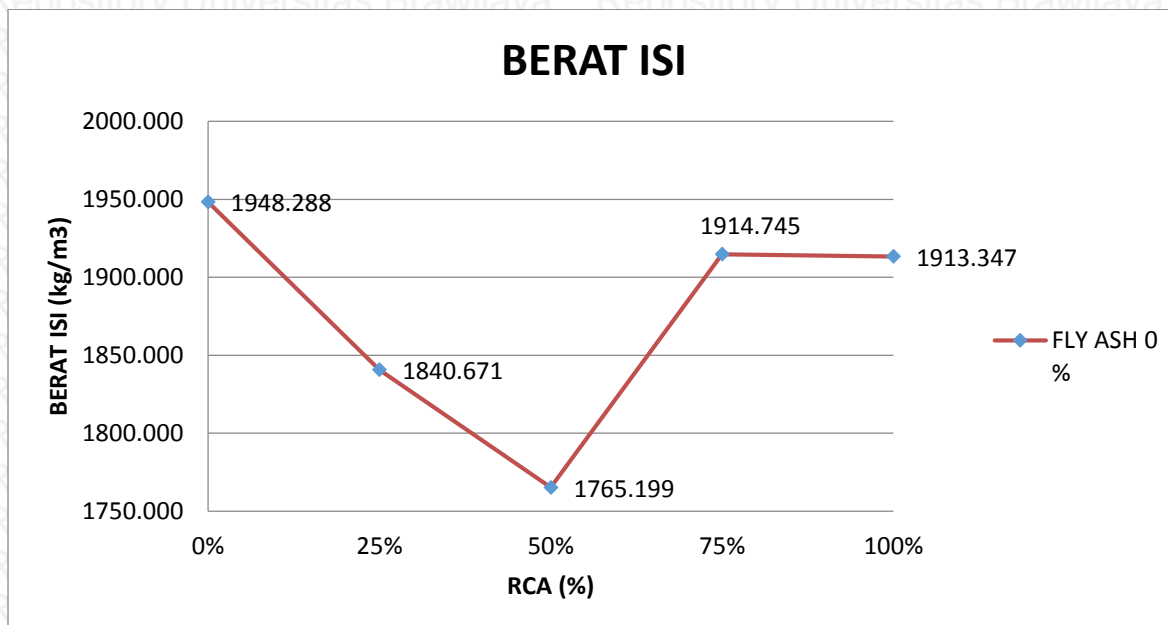
H = 15 cm

L = 53 cm

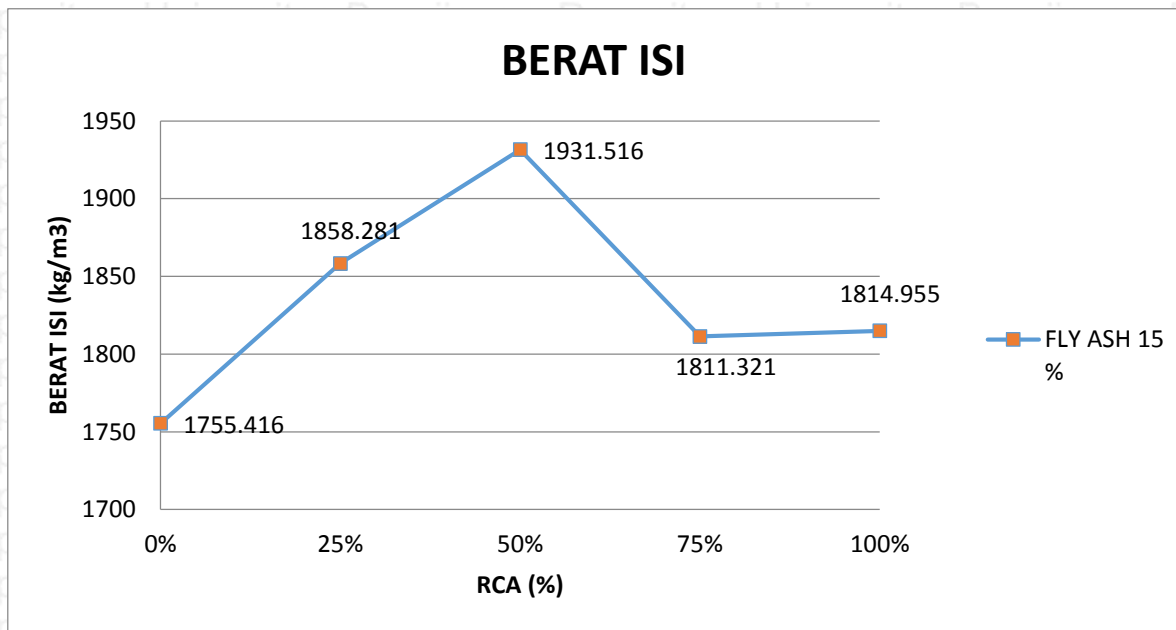
Berat isi = $\frac{\text{Berat}}{\text{volume}}$

$$= \frac{23,3}{0,15 \times 0,15 \times 0,53} = 1953,88 \text{ kg/m}^3$$

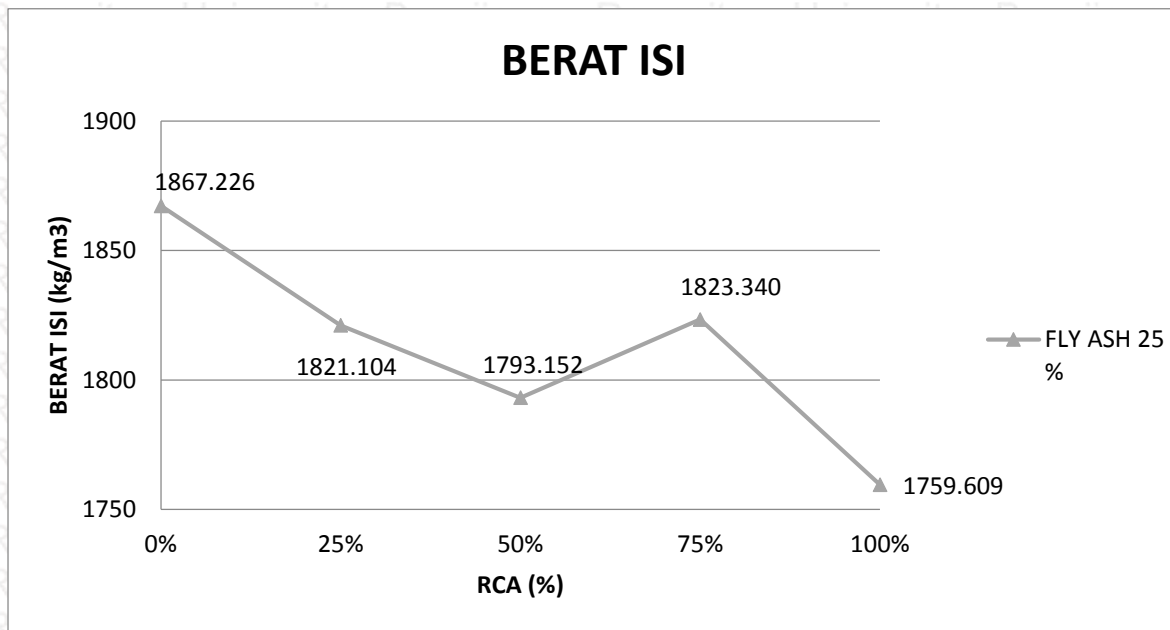
No.	Mix design	Berat Isi Rata-Rata (kg/m ³)
1	A0B0	1948
2	A1B0	1841
3	A2B0	1765
4	A3B0	1915
5	A4B0	1913



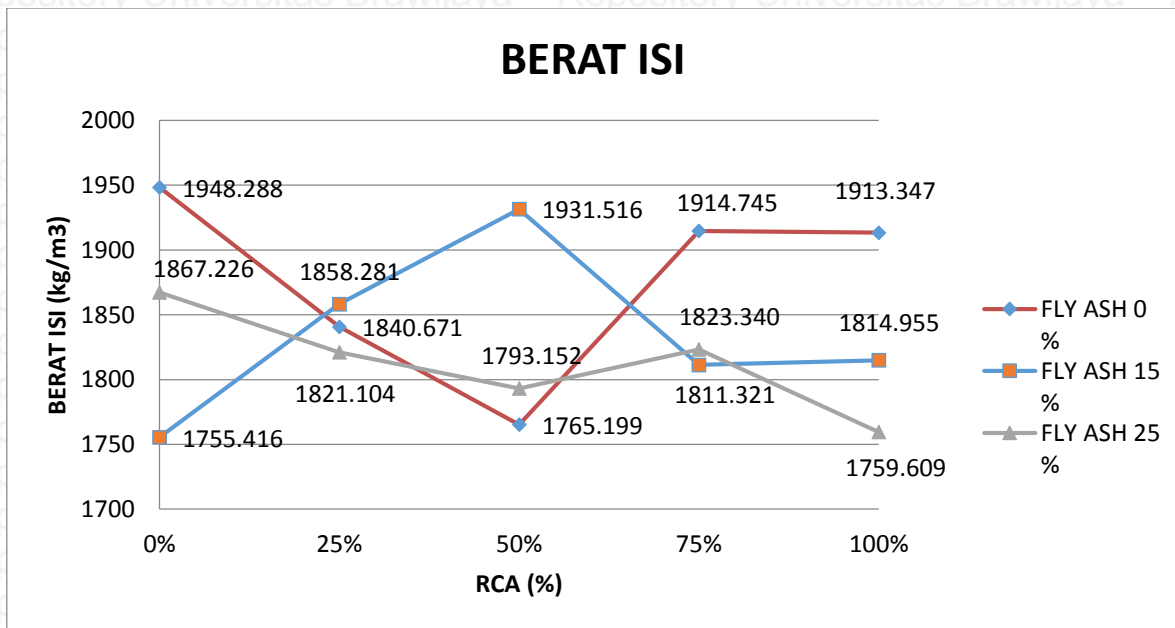
No.	Mix design	Berat Isi Rata-Rata (kg/m ³)
1	A0B1	1755
2	A1B1	1858
3	A2B1	1932
4	A3B1	1811
5	A4B1	1815



No.	Mix design	Berat Isi Rata-Rata (kg/m ³)
1	A0B2	1867
2	A1B2	1821
3	A2B2	1793
4	A3B2	1823
5	A4B2	1760



No.	Mix design	Berat Isi Rata-Rata (kg/m3)
1	A0B0	1948
2	A1B0	1841
3	A2B0	1765
4	A3B0	1915
5	A4B0	1913
6	A0B1	1755
7	A1B1	1858
8	A2B1	1932
9	A3B1	1811
10	A4B1	1815
11	A0B2	1867
12	A1B2	1821
13	A2B2	1793
14	A3B2	1823
15	A4B2	1760



Lampiran 5. data hasil pengujian kuat lentur beton porous.

No.	Mix Design	Dimensi			Beban Maks. (N)	Kuat Lentur	Rata-Rata (Mpa)	Tanggal Pengecoran	Tanggal Pengujian	
		B	H	L		$\sigma = P.I / B.H^2$				
		(cm)	(cm)	(cm)		(Mpa)				
1	A0B0	1	15	15	45	18605	2.3320	7 Maret 2017	4-Apr-2017	
	(0% FA, 0% RCA, 100% NCA)	2	15	15	45	16865				2.2487
		3	15	15	45	17000				2.2667
2	A1B0	1	15	15	45	15780	2.2036	8 Maret 2017	7-Apr-2017	
	(0% FA, 25% RCA, 75% NCA)	2	15	15	45	17280				2.3040
		3	15	15	45	16520				2.2027
3	A2B0	1	15	15	45	12480	1.6249	13 Maret 2017	10-Apr-2017	
	(0% FA, 50% RCA, 50% NCA)	2	15	15	45	12780				1.7040
		3	15	15	45	11300				1.5067
4	A3B0	1	15	15	45	16800	2.0827	14 Maret 2017	11-Apr-2017	
	(0% FA, 75% RCA, 25% NCA)	2	15	15	45	15480				2.0640
		3	15	15	45	14580				1.9440
5	A4B0	1	15	15	45	15430	1.9649	14 Maret 2017	11-Apr-2017	
	(0% FA, 100% RCA, 0% NCA)	2	15	15	45	14280				1.9040
		3	15	15	45	14500				1.9333
6	A0B1	1	15	15	45	12800	1.7333	15 Maret 2017	12-Apr-2017	
	(15% FA, 0% RCA, 100% NCA)	2	15	15	45	12400				1.6533
		3	15	15	45	13800				1.8400
7	A1B1	1	15	15	45	12900	1.9293	16 Maret 2017	13-Apr-2017	
	(15% FA, 25% RCA, 75% NCA)	2	15	15	45	13910				1.8547
		3	15	15	45	16600				2.2133

8	A2B1	1	15	15	45	16530	2.2040	1.9804	17 Maret 2017	14-Apr-2017
	(15% FA, 50% RCA, 50% NCA)	2	15	15	45	13650	1.8200			
		3	15	15	45	14380	1.9173			
9	A3B1	1	15	15	45	9430	1.2573	1.5507	20 Maret 2017	17-Apr-2017
	(15% FA, 75% RCA, 25% NCA)	2	15	15	45	13580	1.8107			
		3	15	15	45	11880	1.5840			
10	A4B1	1	15	15	45	12960	1.7280	1.7449	21 Maret 2017	18-Apr-2017
	(15% FA, 100% RCA, 0% NCA)	2	15	15	45	13500	1.8000			
		3	15	15	45	12800	1.7067			
11	A0B2	1	15	15	45	18250	2.4333	2.1938	15 Maret 2017	12-Apr-2017
	(25% FA, 0% RCA, 100% NCA)	2	15	15	45	16820	2.2427			
		3	15	15	45	14290	1.9053			
12	A1B2	1	15	15	45	13280	1.7707	1.8960	16 Maret 2017	13-Apr-2017
	(25% FA, 25% RCA, 75% NCA)	2	15	15	45	15320	2.0427			
		3	15	15	45	14060	1.8747			
13	A2B2	1	15	15	45	13500	1.8000	1.2191	17 Maret 2017	14-Apr-2017
	(25% FA, 50% RCA, 50% NCA)	2	15	15	45	130	0.0173			
		3	15	15	45	13800	1.8400			
14	A3B2	1	15	15	45	13780	1.8373	1.6684	20 Maret 2017	17-Apr-2017
	(25% FA, 75% RCA, 25% NCA)	2	15	15	45	11960	1.5947			
		3	15	15	45	11800	1.5733			
15	A4B2	1	15	15	45	12060	1.6080	1.6480	21 Maret 2017	18-Apr-2017
	(25% FA, 100% RCA, 0% NCA)	2	15	15	45	11490	1.5320			
		3	15	15	45	13530	1.8040			

Contoh perhitungan kuat lentur

Sampel : A0B0 (1)

Dimensi :

B = 15 cm

H = 15 cm

L = 45 cm

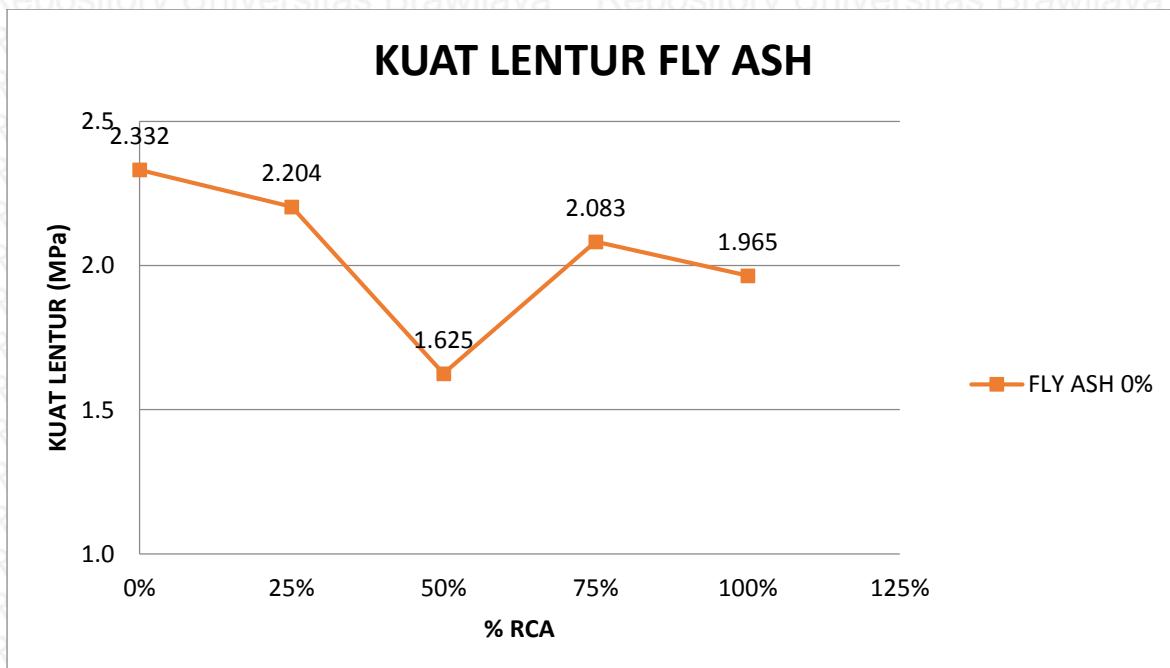
Beban maksimum = 18605 N

Umur = 28 hari

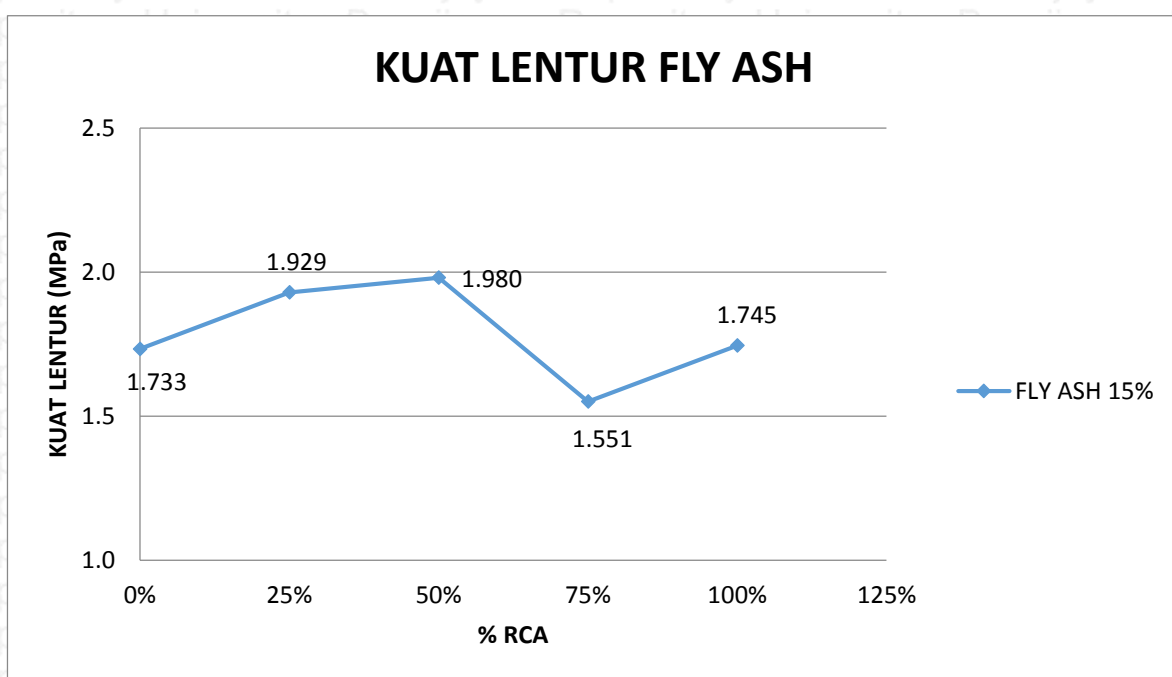
$$\text{Kuat lentur} = \sigma = \frac{Pxl}{BxH^2}$$

$$= \frac{18605 \times 450}{150 \times 150^2} = 2,481 \text{ MPa}$$

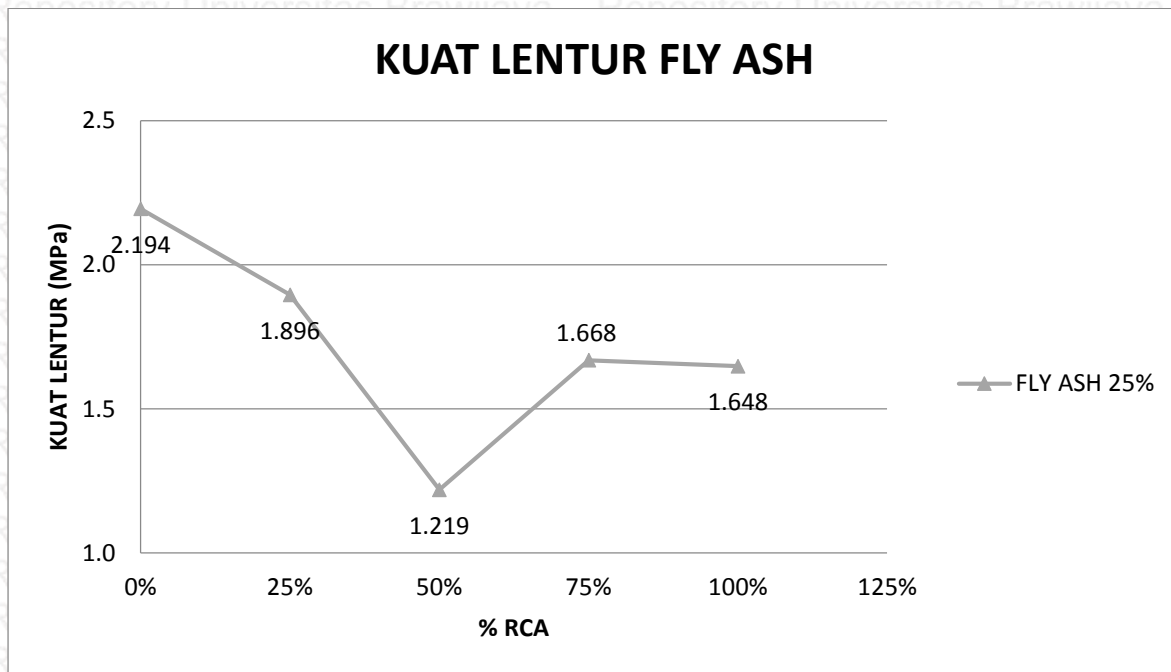
No.	Mix Design	Kuat Lentur (Mpa)
1	A0B0	2.332
2	A1B0	2.204
3	A2B0	1.625
4	A3B0	2.083
5	A4B0	1.965



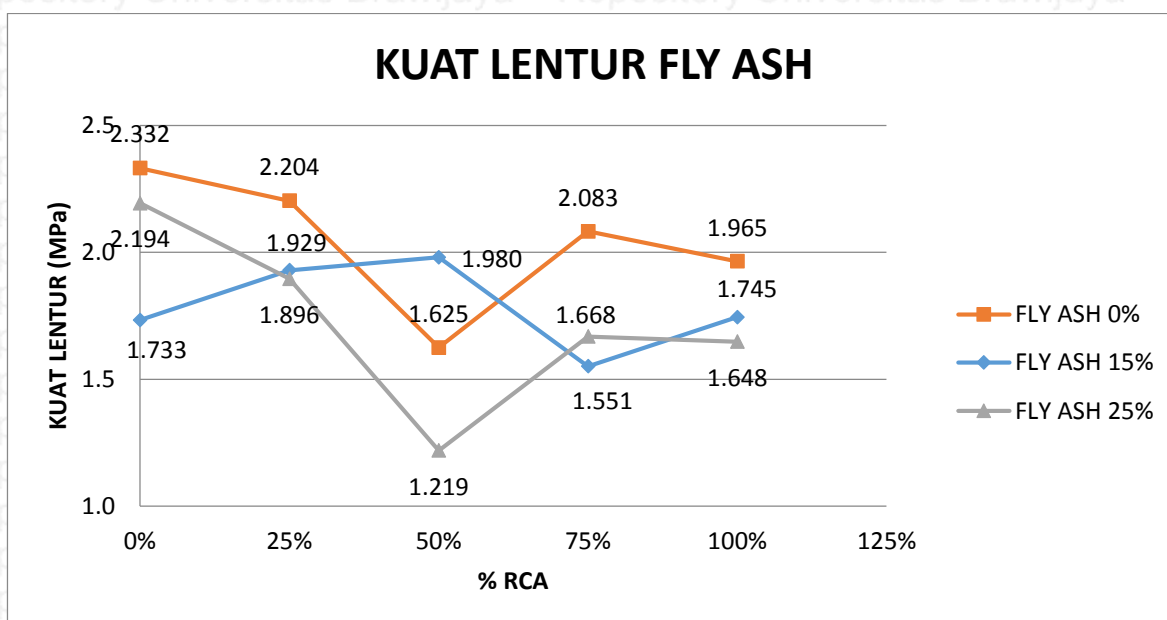
No.	Mix Design	Kuat Lentur (Mpa)
1	A0B1	1.733
2	A1B1	1.929
3	A2B1	1.980
4	A3B1	1.551
5	A4B1	1.745



No.	Mix Design	Kuat Lentur (Mpa)
1	A0B2	2.194
2	A1B2	1.896
3	A2B2	1.219
4	A3B2	1.668
5	A4B2	1.713



No.	Mix Design	Kuat Lentur (Mpa)
1	A0B0	2.332
2	A1B0	2.204
3	A2B0	1.625
4	A3B0	2.083
5	A4B0	1.965
6	A0B1	1.733
7	A1B1	1.929
8	A2B1	1.980
9	A3B1	1.551
10	A4B1	1.745
11	A0B2	2.194
12	A1B2	1.896
13	A2B2	1.219
14	A3B2	1.668
15	A4B2	1.713



Lampiran 6. data form hasil pengujian kuat tarik belah beton porous.

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$					
Nama : Uji Kuat Lentur Balok A0B0					
Tanggal uji : 4 April 2017 Tanggal dibuat : 7 Maret 2017					
Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB					
Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm					
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
	10	-			
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-
Nomor benda uji		1	2	3	
Umur benda uji	(hari)	28	28	28	
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15	
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15	
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53	
Berat benda uji	(kg)	23.3	22.75	23.65	
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925	
Berat volume	(kg/m ³)	1953.878	1907.757	1983.229	
Beban maksimum	(N)	18605	16865	17000	
Jarak bentang	(cm)	45	45	45	
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15	
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15	
Kuat lentur uji	(Mpa)	2.481	2.249	2.267	
RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$					
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)	2.332			

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

$$\text{RUMUS : } \sigma = (P.I)/(B.H^2)$$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A1B0

Tanggal uji : 7 April 2017 Tanggal dibuat : 10 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
	10	-			
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-

Nomor benda uji		1	2	3
Umur benda uji	(hari)	28	28	28
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53
Berat benda uji	(kg)	21.85	22.2	21.8
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)	1832.285	1861.635	1828.092
Beban maksimum	(N)	15780	17280	16520
Jarak bentang	(cm)	45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15
Kuat lentur uji	(Mpa)	2.104	2.304	2.203
RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$				
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)		2.204	

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

$$\text{RUMUS : } \sigma = (P.l)/(B.H^2)$$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A2B0
 Tanggal uji : 10 April 2017 Tanggal dibuat : 13 Maret 2017
 Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB
 Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
		10	-		
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-

Nomor benda uji		1	2	3
Umur benda uji	(hari)	28	28	28
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53
Berat benda uji	(kg)	20.9	21.5	20.75
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)	1752.621	1802.935	1740.042
Beban maksimum	(N)	12480	12780	11300
Jarak bentang	(cm)	45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$	(Mpa)	1.664	1.704	1.507
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)	1.625		

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$					
Nama : Uji Kuat Lentur Balok A3B0					
Tanggal uji : 11 April 2017 Tanggal dibuat : 14 Maret 2017					
Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB					
Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm					
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
	10	-			
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-
Nomor benda uji			1	2	3
Umur benda uji	(hari)		28	28	28
Lebar benda uji	(cm)		15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)		15	15	15
Panjang benda uji	(cm)		53	53	53
Berat benda uji	(kg)		23.25	22.75	22.5
Volume benda uji	(cm ³)		11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)		1949.686	1907.757	1886.792
Beban maksimum	(N)		16800	15480	14580
Jarak bentang	(cm)		45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)		15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)		15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$	(Mpa)		2.240	2.064	1.944
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)		2.083		

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

$$\text{RUMUS : } \sigma = (P.I)/(B.H^2)$$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A4B0

Tanggal uji : 11 April 2017 Tanggal dibuat : 14 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
		10	-		
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-
Nomor benda uji			1	2	3
Umur benda uji	(hari)		28	28	28
Lebar benda uji	(cm)		15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)		15	15	15
Panjang benda uji	(cm)		53	53	53
Berat benda uji	(kg)		23	22.8	22.65
Volume benda uji	(cm ³)		11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)		1928.721	1911.950	1899.371
Beban maksimum	(N)		15430	14280	14500
Jarak bentang	(cm)		45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)		15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)		15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$	(Mpa)		2.057	1.904	1.933
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)		1.965		

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

$$\text{RUMUS : } \sigma = (P.l)/(B.H^2)$$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A0B1

Tanggal uji : 12 April 2017 Tanggal dibuat : 15 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
		10	-		
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-

Nomor benda uji		1	2	3
Umur benda uji	(hari)	28	28	28
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53
Berat benda uji	(kg)	21.1	20.7	21
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)	1769.392	1735.849	1761.006
Beban maksimum	(N)	12800	12400	13800
Jarak bentang	(cm)	45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$	(Mpa)	1.707	1.653	1.840
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)	1.733		

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A1B1

Tanggal uji : 13 April 2017 Tanggal dibuat : 16 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
	10	-			
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-

Nomor benda uji		1	2	3
Umur benda uji	(hari)	28	28	28
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53
Berat benda uji	(kg)	21.8	22.15	22.54
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)	1828.092	1857.442	1890.147
Beban maksimum	(N)	12900	13910	14380
Jarak bentang	(cm)	45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$	(Mpa)	1.720	1.855	1.917
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)		1.831	

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

$$\text{RUMUS : } \sigma = (P.I)/(B.H^2)$$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A2B1

Tanggal uji : 14 April 2017 Tanggal dibuat : 17 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
		10	-		
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-

Nomor benda uji		1	2	3
Umur benda uji	(hari)	28	28	28
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53
Berat benda uji	(kg)	23.15	23.2	22.75
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)	1941.300	1945.493	1907.757
Beban maksimum	(N)	16530	13650	14380
Jarak bentang	(cm)	45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$	(Mpa)	2.204	1.820	1.917
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)	1.980		

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

$$\text{RUMUS : } \sigma = (P.I)/(B.H^2)$$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A3B1

Tanggal uji : 17 April 2017 Tanggal dibuat : 20 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
		10	-		
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-
Nomor benda uji			1	2	3
Umur benda uji	(hari)		28	28	28
Lebar benda uji	(cm)		15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)		15	15	15
Panjang benda uji	(cm)		53	53	53
Berat benda uji	(kg)		20.7	22.05	22.05
Volume benda uji	(cm ³)		11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)		1735.849	1849.057	1849.057
Beban maksimum	(N)		9430	13580	11880
Jarak bentang	(cm)		45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)		15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)		15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$	(Mpa)		1.257	1.811	1.584
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)		1.551		

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

$$\text{RUMUS : } \sigma = (P.I)/(B.H^2)$$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A4B1

Tanggal uji : 18 April 2017 Tanggal dibuat : 21 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
		10	-		
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-

Nomor benda uji		1	2	3
Umur benda uji	(hari)	28	28	28
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53
Berat benda uji	(kg)	21.35	22.05	21.45
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)	1790.356	1849.057	1798.742
Beban maksimum	(N)	12960	13500	12800
Jarak bentang	(cm)	45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$	(Mpa)	1.728	1.800	1.707
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)	1.745		

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

$$\text{RUMUS : } \sigma = (P.I)/(B.H^2)$$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A0B2

Tanggal uji : 12 April 2017 Tanggal dibuat : 15 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
	10	-			
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-

Nomor benda uji		1	2	3
Umur benda uji	(hari)	28	28	28
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53
Berat benda uji	(kg)	22.2	22.2	22.4
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)	1861.635	1861.635	1878.407
Beban maksimum	(N)	18250	16820	14290
Jarak bentang	(cm)	45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$	(Mpa)	2.433	2.243	1.905
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)		2.194	

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$					
Nama : Uji Kuat Lentur Balok A1B2					
Tanggal uji : 13 April 2017 Tanggal dibuat : 16 Maret 2017					
Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB					
Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm					
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
	10	-			
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-
Nomor benda uji			1	2	3
Umur benda uji		(hari)	28	28	28
Lebar benda uji		(cm)	15	15	15
Tinggi benda uji		(cm)	15	15	15
Panjang benda uji		(cm)	53	53	53
Berat benda uji		(kg)	21.9	22.15	21.1
Volume benda uji		(cm ³)	11925	11925	11925
Berat volume		(kg/m ³)	1836.478	1857.442	1769.392
Beban maksimum		(N)	13280	15320	14060
Jarak bentang		(cm)	45	45	45
Lebar tampak lintang = b		(cm)	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h		(cm)	15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$		(Mpa)	1.771	2.043	1.875
Kuat lentur rata-rata (Mpa)		(Mpa)	1.896		

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

$$\text{RUMUS : } \sigma = (P.l)/(B.H^2)$$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A2B2

Tanggal uji : 14 April 2017 Tanggal dibuat : 17 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
	10	-			
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-
Nomor benda uji		1	2	3	
Umur benda uji	(hari)	28	28	28	
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15	
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15	
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53	
Berat benda uji	(kg)	22.2	20.3	21.65	
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925	
Berat volume	(kg/m ³)	1861.635	1702.306	1815.514	
Beban maksimum	(N)	13500	130	13800	
Jarak bentang	(cm)	45	45	45	
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15	
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15	
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$	(Mpa)	1.800	0.017	1.840	
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)		1.219		

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK

$$\text{RUMUS : } \sigma = (P.I)/(B.H^2)$$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A3B2

Tanggal uji : 17 April 2017 Tanggal dibuat : 20 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
		10	-		
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-

Nomor benda uji		1	2	3
Umur benda uji	(hari)	28	28	28
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53
Berat benda uji	(kg)	22.3	21.45	21.4
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)	1870.021	1798.742	1794.549
Beban maksimum	(N)	13780	11960	11800
Jarak bentang	(cm)	45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.I)/(B.H^2)$	(Mpa)	1.837	1.595	1.573
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)	1.668		

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON**PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK**

RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$

Nama : Uji Kuat Lentur Balok A4B2

Tanggal uji : 18 April 2017 Tanggal dibuat : 21 Maret 2017

Tempat Uji : Lab. Struktur dan Bahan Konstruksi FT-UB

Benda uji : Balok Ukuran : 15 cm x 15 cm x 53 cm

PERBANDINGAN CAMPURAN

Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slum (cm)	Kadar udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
	10	-			
Berat volume	Air W (kg/m ³)	PPC (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Kerikil C (kg/m ³)	Bahan pencampur (g atau cc/m ³)
			-	-	-

Nomor benda uji		1	2	3
Umur benda uji	(hari)	28	28	28
Lebar benda uji	(cm)	15	15	15
Tinggi benda uji	(cm)	15	15	15
Panjang benda uji	(cm)	53	53	53
Berat benda uji	(kg)	21.35	20.4	21.2
Volume benda uji	(cm ³)	11925	11925	11925
Berat volume	(kg/m ³)	1790.356	1710.692	1777.778
Beban maksimum	(N)	12980	11980	13580
Jarak bentang	(cm)	45	45	45
Lebar tampak lintang = b	(cm)	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h	(cm)	15	15	15
Kuat lentur uji RUMUS : $\sigma = (P.l)/(B.H^2)$	(Mpa)	1.731	1.597	1.811
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	(Mpa)	1.713		

Lampiran 7. Dokumentasi beton porous.

1. A0B0 (0% Fly ash dan 0% RCA)



Sebelum diuji



Setelah diuji

2. A1B0 (0% Fly Ash dan 25% RCA)



Sebelum diuji



Setelah diuji

3. A2B0 (0% Fly Ash dan 50% RCA)

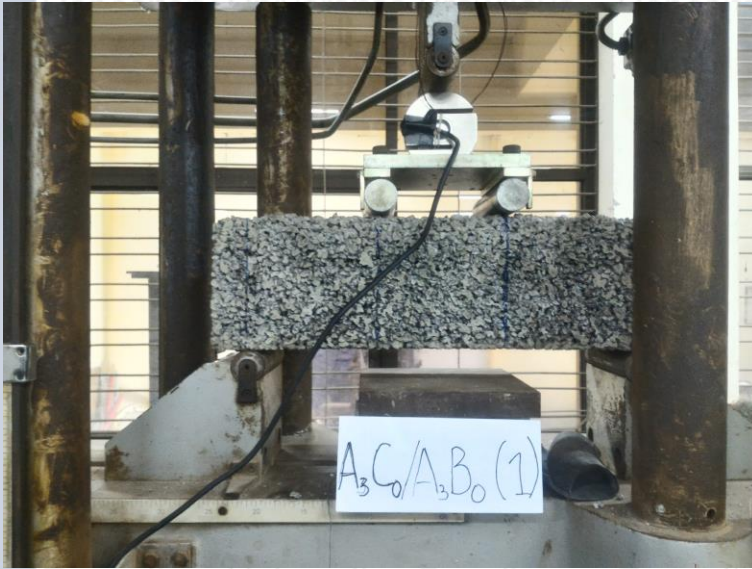


Sebelum diuji



Setelah diuji

4. A3B0 (0% Fly ash dan 75% RCA)



Sebelum diuji



Setelah diuji

5. A4B0 (0% Fly Ash dan 100% RCA)



Sebelum diuji



Setelah Diuji

6. A0B1 (15% Fly Ash dan 0% RCA)



Sebelum diuji



Setelah diuji

7. A1B1 (15% Fly Ash dan 25% RCA)



Sebelum diuji



Setelah diuji

8. A₂B₁ (15% Fly Ash dan 50% RCA)

Sebelum diuji



Setelah diuji



11. A0B2 (25% Fly Ash dan 0% RCA)

Sebelum diuji

Setelah diuji

12. A1B2 (25% Fly Ash dan 25% RCA)



Sebelum diuji



Setelah diuji

13. A2B2 (25% Fly Ash dan 50% RCA)



Sebelum diuji



Setelah diuji

14. A3B2 (25% Fly Ash dan 75% RCA)



Sebelum diuji



Setelah diuji




Lampiran 8. Logbook pembuatan dan pengujian benda uji beton porous

Hari ke-	Tanggal	Jam	Kegiatan	Pelaksanaan	Hasil
1	7 Maret 2017	15:00	Pengecoran mix design a ₀ c ₁ /a ₀ b ₁ /a ₀ c ₀ 0% RCA, 100%NCA, <i>Normal Mixing</i>	<ol style="list-style-type: none"> Penggunaan material : NCA = 150 kg RCA = - Semen = 37,5 kg Air = 11 kg (+ 2 kg) Mixer belum miring Terlalu banyak air (ditambah 2 kg) Kelebihan banyak material Memakai vibrator Pasta semen banyak keluar dari bekisting Bekisting balok melar Cara SSD salah Pemadatan ½ tinggi bekisting Bekisting 3 silinder dibuka sebelum 24 jam. 	<ol style="list-style-type: none"> 8 silinder φ15 x 30 cm Bagian bawah silinder tidak <i>porous</i>. 3 balok 15 x 15 x 53 cm Bagian bawah balok tidak <i>porous</i>.
2	8 Maret 2017	11:00	Pengecoran mix design a ₁ c ₁	<ol style="list-style-type: none"> Penggunaan material : NCA = 88 kg 	<ol style="list-style-type: none"> 6 silinder φ15 x 30 cm

			<p>25% RCA, 75%NCA, TSMA</p> <p>RCA = 30 kg Semen = 30 kg Air = 8,8 kg (- 2,2 kg)</p> <ol style="list-style-type: none"> Kelebihan banyak material Cara SSD salah Jumlah air dikurangi 2,2 kg dari 8,8 kg kebutuhan semula <i>Workability</i> pas Bekisting balok melar Tidak pakai vibrator Mesin mixer tidak sengaja dimatikan Cetok masuk ke dalam mixer. 	<ol style="list-style-type: none"> 3 balok 15 x 15 x 53 cm
3	9 Maret 2017	11:00	<p>Pengecoran mix design a₃c₁</p> <p>75% RCA, 25%NCA, TSMA</p> <p>NCA = 26 kg RCA = 77 kg Semen = 25 kg Air = 7,7 kg</p>	<ol style="list-style-type: none"> 6 silinder ϕ15 x 30 cm 3 balok 15 x 15 x 53 cm

			<p>2. Bekisting balok melar</p> <p>3. Tidak pakai vibrator</p> <p>4. Agregat sudah SSD.</p>		
		15:30	<p>Pengecoran mix design a₂c₁</p> <p>50% RCA, 50%NCA, TSMA</p>	<p>1. Penggunaan material :</p> <p>NCA = 51 kg</p> <p>RCA = 51 kg</p> <p>Semen = 26 kg</p> <p>Air = 7,7 kg</p> <p>2. Material kurang karena banyak menempel pada mixer</p> <p>3. Kurang campuran pada 1 balok (sekitar 15%)</p> <p>4. Membuat campuran beton baru menggunakan NCA dan dimasukkan pada 1 balok tersebut</p> <p>5. Bekisting balok melar</p>	<p>1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm</p> <p>2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm</p>

			UNIVERSITAS BRAWIJAYA	6. Tidak pakai vibrator 7. Agregat sudah SSD		
4	10 Maret 2017	15:00	UNIVERSITAS BRAWIJAYA	<p>Pengecoran mix design a_1b_0/a_1c_0</p> <p>25% RCA, 75%NCA, 0% FA</p> <p><i>Normal Mixing</i></p>	<p>1. Penggunaan material :</p> <p>NCA = 77 kg RCA = 26 kg Semen = 26 kg Air = 7,7 kg FA = -</p> <p>2. Bekisting balok melar</p> <p>3. Tidak pakai vibrator</p> <p>4. Agregat sudah SSD.</p>	<p>1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm</p> <p>2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm</p>
5	13 Maret 2017	11:00	UNIVERSITAS BRAWIJAYA	<p>Pengecoran mix design a_4c_1</p> <p>100% RCA, 0%NCA, TSMA</p>	<p>1. Penggunaan material :</p> <p>NCA = - RCA = 103 kg Semen = 26 kg Air = 7,7 kg</p>	<p>1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm</p> <p>2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm</p>



				<ol style="list-style-type: none"> 2. Bekisting balok melar 3. Tidak pakai vibrator 4. Agregat sudah SSD 5. Mulai dicampur dengan RCA yang lebih besar ukuran sekitar 1 cm. 	
		15:30	<p>Pengecoran mix design a_2b_0 / a_2c_0</p> <p>50% RCA, 50%NCA, 0% FA</p> <p><i>Normal Mixing</i></p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penggunaan material : <ul style="list-style-type: none"> NCA = 51 kg RCA = 51 kg Semen = 26 kg Air = 7,7 kg FA = 0 kg 2. Bekisting balok melar 3. Tidak pakai vibrator 4. Agregat sudah SSD. 5. 1 balok hampir terjatuh. 6. Memakai RCA ukuran yang lebih besar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm 2. 3 balok $15 \times 15 \times 53$ cm
6	14	11:00		<ol style="list-style-type: none"> 1. Penggunaan material : 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm

Maret 2017			design a ₃ b ₀ / a ₃ c ₀ 75% RCA, 25%NCA, 0% FA <i>Normal Mixing</i>	NCA = 26 kg RCA = 77 kg Semen = 26 kg Air = 7,7 kg FA = 0 kg 2. Bekisting balok melar 3. Tidak pakai vibrator 4. Agregat sudah SSD. 5. Memakai RCA ukuran yang lebih besar.	2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm
		15:00	Pengecoran mix design a ₄ b ₀ / a ₄ c ₀ 100% RCA, 0%NCA, 0% FA <i>Normal Mixing</i>	1. Penggunaan material : NCA = - RCA = 103 kg Semen = 26 kg Air = 7,7 kg FA = 0 kg 2. Bekisting balok melar	1. 6 silinder ϕ 15 x 30 cm 2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm

				<ul style="list-style-type: none"> 3. Tidak pakai vibrator 4. Agregat sudah SSD. 5. Memakai RCA ukuran yang lebih besar. 	
7	15 Maret 2017	13:50	Pengecoran mix design a ₀ b ₁ 0% RCA, 100%NCA, 15% FA <i>Normal Mixing</i>	<ul style="list-style-type: none"> 1. Penggunaan material : NCA = 103 kg RCA = - Semen = 22 kg Air = 7,7 kg FA = 4 kg 2. Bekisting balok melar 3. Tidak pakai vibrator 4. Agregat sudah SSD. 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm 2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm 3. 2 kubus
		16:00	Pengecoran mix design a ₀ b ₂ 0% RCA, 100%NCA, 25% FA <i>Normal Mixing</i>	<ul style="list-style-type: none"> 1. Penggunaan material : NCA = 103 kg RCA = - Semen = 19,5 kg Air = 7,7 kg FA = 6,5 kg 2. Bekisting balok melar 3. Tidak pakai vibrator Agregat sudah SSD. 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm 2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm

8	16 Maret 2017	16:30	Pengecoran mix design a ₁ b ₁ 25% RCA, 75%NCA, 15% FA <i>Normal Mixing</i>	1. Penggunaan material : NCA = 77 kg RCA = 26 kg Semen = 22 kg Air = 7,7 kg FA = 4 kg 2. Bekisting balok melar 3. Tidak pakai vibrator 4. Agregat sudah SSD 5. Memakai RCA ukuran yang lebih besar.	1. 6 silinder ϕ 15 x 30 cm 2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm
		17:00	Pengecoran mix design a ₁ b ₂ 25% RCA, 75%NCA, 25% FA <i>Normal Mixing</i>	1. Penggunaan material : NCA = 77 kg RCA = 26 kg Semen = 19,5 kg Air = 7,7 kg FA = 6,5 kg 2. Bekisting balok melar 3. Tidak pakai vibrator 4. Agregat sudah SSD. 5. Memakai RCA ukuran yang lebih besar. 6. 1 bekisting ada sisi yang belum dibor, sudah diatasi	1. 6 silinder ϕ 15 x 30 cm 2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm

				<p>7. Gerimis saat pengecoran, tetapi seperti yang tidak mempengaruhi.</p> <p>8.</p>	
9	17 Maret 2017	16:00	<p>Pengecoran mix design a₂b₁</p> <p>50% RCA, 50%NCA, 15% FA</p> <p><i>Normal Mixing</i></p>	<p>1. Penggunaan material :</p> <p>NCA = 51 kg RCA = 51 kg</p> <p>Semen = 22 kg Air = 7,7 kg</p> <p>FA = 4 kg</p> <p>2. Bekisting balok melar</p> <p>3. Tidak pakai vibrator</p> <p>4. Agregat sudah SSD</p> <p>5. Memakai RCA ukuran yang lebih besar.</p>	<p>1. 6 silinder ϕ15 x 30 cm</p> <p>2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm</p>
		16:30	<p>Pengecoran mix design a₂b₂</p> <p>50% RCA, 50%NCA, 25% FA</p> <p><i>Normal Mixing</i></p>	<p>1. Penggunaan material :</p> <p>NCA = 51 kg RCA = 51 kg</p> <p>Semen = 19,5 kg Air = 7,7 kg</p> <p>FA = 6,5 kg</p> <p>2. Bekisting balok melar</p> <p>3. Tidak pakai vibrator</p> <p>4. Agregat sudah SSD.</p>	<p>1. 6 silinder ϕ15 x 30 cm</p> <p>2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm</p>

			 UNIVERSITAS BRAWIJAYA  UNIVERSITAS BRAWIJAYA	5. Memakai RCA ukuran yang lebih besar.	
10	20 Maret 2017	15:30	Pengecoran mix design a ₃ b ₁ 75% RCA, 25%NCA, 15% FA <i>Normal Mixing</i>	1. Penggunaan material : RCA = 77 kg NCA = 26 kg Semen = 22 kg Air = 7,7 kg FA = 4 kg 2. Bekisting balok melar 3. Tidak pakai vibrator 4. Agregat sudah SSD 5. Memakai RCA ukuran yang lebih besar	1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm 2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm

			<p>6. Gerimis saat pengecoran</p> <p>7. Kurang air</p> <p>8. Semen menggumpal.</p>		
		16:00	<p>Pengecoran mix design a₃b₂</p> <p>75% RCA, 25%NCA, 25% FA</p> <p><i>Normal Mixing</i></p>	<p>1. Penggunaan material :</p> <p>RCA = 77 kg NCA = 26 kg</p> <p>Semen = 19,5 kg Air = 7,7 kg</p> <p>FA = 6,5 kg</p> <p>2. Bekisting balok melar</p> <p>3. Tidak pakai vibrator</p> <p>4. Agregat sudah SSD.</p> <p>5. Memakai RCA ukuran yang lebih besar.</p>	<p>1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm</p> <p>2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm</p>
11	21 Maret	14:30	<p>Pengecoran mix design a₄b₁</p>	<p>1. Penggunaan material :</p> <p>RCA = 103 kg NCA = -</p>	<p>1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm</p>

2017			<p>100% RCA, 0%NCA, 15% FA <i>Normal Mixing</i></p>	<p>Semen = 22 kg Air = 7,7 kg FA = 4 kg</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Bekisting balok melar 3. Tidak pakai vibrator 4. Agregat sudah SSD 5. Memakai RCA ukuran yang lebih besar 6. Mulai hujan saat pemadatan. 	<ol style="list-style-type: none"> 2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm
		15:00	<p>Pengecoran mix design a₄b₂ 100% RCA, 0%NCA, 25% FA <i>Normal Mixing</i></p>	<p>1. Penggunaan material :</p> <p>RCA = 103 kg NCA = - Semen = 19,5 kg Air = 7,7 kg FA = 6,5 kg</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Bekisting balok melar 3. Tidak pakai vibrator 4. Agregat sudah SSD. 5. Memakai RCA ukuran yang lebih besar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 6 silinder $\phi 15 \times 30$ cm 2. 3 balok 15 x 15 x 53 cm

