



**PENGARUH PENGGUNAAN GLASS FIBER DAN POLYPROPYLENE  
FIBER TERHADAP ABRASI BETON POROUS DENGAN  
MENGUNAKAN KOMPOSISI AGREGAT KASAR DAUR ULANG  
(RCA)**

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**M. ALI HASYMI A.Q**

**NIM. 135060107111019**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2019**



## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGARUH PENGGUNAAN *GLASS FIBER* DAN *POLYPROPYLENE FIBER* TERHADAP ABRASI BETON *POROUS* DENGAN MENGGUNAKAN KOMPOSISI AGREGAT KASAR DAUR ULANG (RCA)

#### SKRIPSI

#### TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**M. ALI HASYMI A.Q**

**NIM. 135060107111019**

Skrripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada tanggal 23 September 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Bhondana Bayu B.K., ST., MT  
NIP. 201607 880727 1 001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1

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



**HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI**

Judul Skripsi :

Pengaruh penggunaan glass fiber dan polypropylene fiber terhadap abrasi beton porous dengan menggunakan komposisi agregat kasar daur ulang (RCA)

Nama Mahasiswa : M.Ali Hasymi A.Q

NIM : 135060107111019

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji :

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

Dosen Penguji 2 : Bhondana Bayu B.K., ST., MT

Dosen Penguji 3 : Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc.

Tanggal Ujian : 23 Juli 2019

SK Penguji : 198/UN 10.F07/PP/2019



## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas 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 plagiasi, 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, 23 september 2019

Mahasiswa,

M. Ali Hasymi A.Q

NIM: 135060107111019



## RIWAYAT HIDUP

Muhammad Ali Hasymi Abdul Q, lahir di Lumajang 15 April 1995, anak kedua dari Bapak M. Setia Budhi dan Asroria Syakur. Mulai memasuki bangku sekolah di SD AL-Irsyad Surabaya sejak tahun 2000 dan lulus pada tahun 2006. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP AL-Irsyad Surabaya dan lulus pada tahun 2010. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di MA Amanatul Ummah dan lulus pada tahun 2013. Kemudian mengenyam bangku perkuliahan hingga lulus S1 (Strata 1) pada tahun 2019 dari Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

Malang, September 2019

Penulis  
Muhammad Ali Hasymi A.Q

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga dapat terselesaikannya penyusunan skripsi ini yang berjudul “PENGARUH PENGGUNAAN GLASS FIBER DAN POLYPROPYLENE FIBER TERHADAP ABRASI BETON POROUS DENGAN MENGGUNAKAN KOMPOSISI AGREGAT KASAR DAUR ULANG (RCA)”

Tugas akhir ini merupakan tugas akademik yang wajib ditempuh oleh mahasiswa untuk mendapatkan gelar sarjana S1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan lancar tanpa adanya bimbingan, bantuan serta doa dari berbagai pihak.

Pada kesempatan ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. Yang telah memberikan saya berbagai kenikmatan dalam menjalani hidup sampai saat ini.
2. Kedua orang tua dan keluarga saya yang selalu memberikan semangat, masukan, dukungan moral serta doa.
3. Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Dr. Eng Eva Arifi, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Sarjana (S1) Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Dr. Ir. Wisnumurti, MT selaku dosen pembimbing akademik yang selama 5.5 tahun di perkuliahan sudah memberikan arahan perihal KRS.
7. Dr. Eng Eva Arifi ST.,MT. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberi arahan dan bimbingan sehingga penulisan skripsi ini selesai.
8. Bhondana Bayu B.K., ST., MT selaku dosen pembimbing 2 yang memberikan masukan serta arahan untuk mengerjakan skripsi ini.
9. Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc. selaku ketua majelis
10. Bapak Sugeng, Bapak Dino, Bapak Hadi selaku Laboran lab.struktur
11. Mas Pepi selaku Laboran lab Transportasi yang telah membantu dalam pelaksanaan pengujian abrasi.
12. Rekan sesama penelitian dan tugas akhir Beton *Porous* (Dobonsolo Sudibyo, Prima, Toton, Aghata).



13. Nyink yang setia membantu menyusun naskah sampai penulisan skripsi ini selesai.

14. Dzul abang tukang pentol yang selalu setia menemani saya dalam pengujian abrasi beton porous hingga larut malam.

15. Dimas Adhiatmono dan Zuhri Abdullah telah meminjamkan kendaraanya untuk mengangkut beton dari gresik, yang akan diolah menjadi RCA.

16. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil FT-UB dan seluruh mahasiswa angkatan 2013 jurusan Teknik Sipil yang telah membantu dan memberikan semangat serta doa dalam menyelesaikan skripsi ini.

Besar harapan penulis agar nantinya hasil yang telah didapatkan ini dapat bermanfaat untuk pribadi dan para pembaca, baik sebagai bahan bacaan penunjang maupun sebagai referensi. Demi kesempurnaan tugas akhir ini, saran dan petunjuk serta kritik yang bersifat membangun sangatlah diharapkan guna memperoleh hasil yang lebih baik.

Malang, September 2019

Penulis



## DAFTAR ISI

Halaman

## PENGANTAR.....i

## DAFTAR ISI.....iii

## DAFTAR TABEL.....vii

## DAFTAR GAMBAR.....ix

## DAFTAR LAMPIRAN.....xi

## RINGKASAN.....xiii

## BAB I PENDAHULUAN.....1

## 1.1 Latar Belakang.....1

## 1.2 Identifikasi Masalah.....3

## 1.3 Rumusan Masalah.....3

## 1.4 Batasan Masalah.....3

## 1.5 Tujuan Penelitian.....4

## 1.6 Manfaat Penelitian.....4

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....5

2.1 Beton *Porous*.....52.2 Material Penyusun Beton *Porous*.....62.2.1 Semen *Portland*.....62.2.2 Semen *Portland Pozzoland*.....6

## 2.2.3 Agregat Kasar Alami.....7

## 2.2.4 Agregat Kasar Daur Ulang.....8

## 2.2.5 Bahan Campuran Tambahan.....8

2.2.5.1 *Superplasticizer*.....102.2.5.2 *Glass Fiber*.....112.2.5.3 *Polypropylene fiber*.....12

## 2.2.6 Air.....12

## 2.3 Pengujian Bahan Dasar.....13

## 2.3.1 Berat Jenis.....12

## 2.3.2 Gradasi Agregat Kasar.....14

2.3.3 *Density*.....152.3.4 Kelecekan (*Woerkability*).....15



2.3.5 Void Ratio .....	16
2.3.6 Permeabilitas .....	17
2.3.7 Abrasi .....	18
2.3.8 Pengujian Abrasi .....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
3.2 Variabel Penelitian .....	21
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	22
3.3.1 Alat Penelitian .....	20
3.3.2 Bahan Penelitian .....	20
3.4 Analisa Bahan .....	22
3.4.1 Agregat Kasar Alam (NCA) .....	22
3.4.2 Agregat Kasar Daur Ulang (RCA) .....	22
3.4.3 Semen <i>Portland Pozzoland</i> .....	23
3.4.4 <i>Superplasticizer</i> .....	23
3.4.5 Air .....	23
3.4.6 <i>Glass Fiber</i> .....	23
3.4.7 Polypropylene Fiber .....	24
3.5 Rancangan Penelitian .....	24
3.5.1 <i>Mix Design</i> Beton <i>Porous</i> .....	24
3.5.2 Rancangan Benda Uji Abrasi .....	25
3.5.3 Kebutuhan Material Penelitian .....	26
3.6 Prosedur Penelitian .....	27
3.6.1 Persiapan Alat dan Bahan .....	27
3.6.2 Penelitian Pendahuluan .....	27
3.6.2.1 Analisa Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar ASTM-C33 .....	27
3.6.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar .....	28
3.6.2.3 Pengujian Berat Isi Agregat .....	29
3.6.3 Pembuatan Benda Uji .....	30
3.6.4 Pengujian pada Saat <i>Fresh Concrete</i> .....	31
3.6.4.1 Pengujian Kelecekan ( <i>Slump Test</i> ) .....	31
3.6.4.2 Pengujian <i>Density</i> dan <i>Void Ratio</i> pada <i>Fresh Concrete</i> .....	31
3.6.5 Pengujian pada Saat <i>Hardened Concrete</i> .....	33
3.6.5.1 Pengujian Abrasi .....	33



3.6.5.2 Pengujian Permeabilitas.....	34
3.7 Tabulasi Hasil Pengujian.....	35
3.8 Diagram Alir Penelitian.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1 Penelitian Pendahuluan.....	38
4.1.1 Gradasi Agregat Kasar.....	38
4.1.2 Berat Isi Agregat Kasar NCA dan RCA.....	39
4.1.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar NCA dan RCA.....	40
4.2 Kelecekan ( <i>Workability</i> ).....	42
4.3 Berat Volume dan Void Ratio Beton Segar.....	43
4.3.1 Berat Volume Beton Segar.....	43
4.3.2 Void Ratio Beton Segar.....	44
4.4 Abrasi Beton Porous.....	46
4.5 Hasil Pengujian Abrasi.....	47
4.6 Pengaruh Penggunaan NCA dan RCA.....	52
4.6.1 Hasil Test Abrasi Pada Penggunaan NCA.....	52
4.6.2 Hasil Test Abrasi Pada Penggunaan RCA.....	53
4.7 Pengaruh Penambahan Glass Fiber dan Polypropylene Fiber.....	53
4.7.1 Pengaruh Penambahan Glass Fiber dan Polypropylene Fiber pada NCA.....	53
4.7.2 Pengaruh Penambahan Glass Fiber dan Polypropylene Fiber pada RCA.....	54
4.8 Hubungan Void Ratio dan Permeabilitas.....	54
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>56</b>
5.1 kesimpulan.....	56
5.2 saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>58</b>

**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Nilai Abrasi yang Diizinkan untuk agregat kasar.....	19
Tabel 2.2	Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji.....	20
Tabel 3.1	Proporsi Material Beton Berpori.....	24
Tabel 3.2	Proporsi Campuran Semen.....	25
Tabel 3.3	Variabel Penelitian.....	26
Tabel 3.4	Variasi Penelitian.....	26
Tabel 3.5	Proporsi Campuran Semen.....	26
Tabel 3.6	Volume Kebutuhan Material.....	27
Tabel 3.7	Form Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat.....	35
Tabel 3.8	Form Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat.....	35
Tabel 3.9	Form Perhitungan <i>Density</i> Agregat.....	36
Tabel 3.10	Form Hasil Pengujian Abrasi Beton Porous.....	36
Tabel 4.1	Berat Isi Agregat Kasar Alami NCA.....	40
Tabel 4.2	Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang RCA.....	40
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi NCA.....	41
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi RCA.....	41
Tabel 4.5	Uji Slump Beton Segar.....	42
Tabel 4.6	Berat Volume Beton Segar.....	43
Tabel 4.7	Berat Volume dan Massa Total Beton Campuran.....	45
Tabel 4.8	Perhitungan Void Ratio.....	45
Tabel 4.9	Abrasi NCA Kontrol.....	47
Tabel 4.10	Abrasi NCA+Polypropylene 0,75%.....	48
Tabel 4.11	Abrasi NCA+Polypropylene 1,5%.....	48
Tabel 4.12	Abrasi NCA+Glass Fiber 0,75%.....	49
Tabel 4.13	Abrasi NCA+Glass Fiber 1,5%.....	49
Tabel 4.14	Abrasi RCA Kontrol.....	50
Tabel 4.15	Abrasi RCA+Polypropylene 0,75%.....	50
Tabel 4.16	Abrasi RCA+Polypropylene 1,5%.....	51
Tabel 4.17	Abrasi RCA+Glass Fiber 0,75%.....	51
Tabel 4.18	Abrasi RCA+Glass Fiber 1,5%.....	52
Tabel 4.19	Data Void Ratio, Berat Volume, dan Permeabilitas Beton Porous.....	54





## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	<i>previewus concrete</i> .....	5
Gambar 2.2	<i>realation ship between previewus concrete void ratio and permeability</i> ..	16
Gambar 2.3	Alat <i>Falling Head</i> .....	37
Gambar 2.4	<i>LA Machine</i> .....	19
Gambar 3.1	<i>Spesifikasi Glass Fiber type E-glass</i> .....	23
Gambar 3.2	<i>Spesifikasi Polypropylene Fiber Mapefiber NS18 Fiber</i> .....	24
Gambar 3.3	Design Benda Uji Abrasi .....	25
Gambar 3.4	Penimbangan Beton Segar .....	32
Gambar 3.5	Potongan Melintang Alat Uji Abrasi/Los Angles .....	33
Gambar 4.1	Gradasi Agregat Kasar Alami .....	38
Gambar 4.2	Gradasi Agregat Kasar Daur Ulang .....	39
Gambar 4.3	Pengukuran Slump Beton Segar .....	43
Gambar 4.4	Pengambilan data Mc untuk Berat Volume .....	44
Gambar 4.5	Grafik Hubungan antara Void Ratio dengan Variasi Fiber .....	46
Gambar 4.6	Abrasi NCA dan RCA .....	52
Gambar 4.7	Abrasi NCA + Glass Fiber .....	53
Gambar 4.8	Abrasi RCA + Glass Fiber .....	54
Gambar 4.9	Hubungan Void Ratio dan Permeabilitas .....	55



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Alami.....	60
Lampiran 2.	Uji Berat Isi Agregat.....	61
Lampiran 3.	Dokumentasi Pengujian Abrasi.....	62
Lampiran 4.	Logbook Pelaksanaan.....	72



## RINGKASAN

M.Ali Hasymi A.Q, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2011,  
Pengaruh Penggunaan *Glass Fiber dan Polypropylenene Fiber* Terhadap Keausan Beton  
Porous Dengan Menggunakan Agregat Kasar Daur Ulang (RCA), Dosen Pembimbing : Dr.  
Eng Eva Arifi, ST., MT. dan Bhondana Bayu B.K, ST., MT

Beton porous merupakan bentuk sederhana dari beton ringan yang dibuat dengan cara mengurangi penggunaan agregat halus. Beton porous terdiri dari agregat kasar, air, semen, dan sedikit agregat halus atau tanpa agregat halus. Beton porous memiliki rongga berkisar antara 15% sampai 35%. Nilai rongga atau void ratio yang besar ini menjadikan beton porous mudah dilewati oleh air atau bersifat permeabel, namun memiliki kekuatan yang lebih rendah dibanding beton normal. Beton porous dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan pada trotoar, lahan parkir, dan jalan berkapasitas rendah lainnya.

Pada penelitian ini sampel yang digunakan memiliki diameter  $200 \pm 5$  mm dan tinggi  $100 \pm 5$  mm. Pengujian abrasi beton porous menggunakan metode *cantabro loss* yaitu dengan diputar 500 kali dalam mesin los angeles (LA machine) tanpa bola baja. Metode *cantabro loss* dapat mengidentifikasi kualitas dan kuantitas kekuatan dari ikatan pasta semen ataupun ikatan antar agregat. Beton porous dibuat tanpa menggunakan agregat halus dan menggunakan agregat kasar 10 mm - 20 mm. Perbandingan agregat dan semen yang digunakan adalah 1:4 dengan fas 0,3. Pemanfaatan *recycled coarse aggregate* (RCA) diharapkan dapat menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan agregat kasar alam. Variasi RCA yang digunakan adalah 0% dan 100%. Semen yang digunakan adalah *portland pozzoland cemen* (PPC). Beton porous dengan penambahan *glass fiber* dan *polypropylene fiber* bersifat Pengujian beton porous dilaksanakan saat beton berumur 28 hari.

Hasil *cantabro loss* menunjukkan ketahanan abrasi pada beton porous menggunakan RCA dengan tambahan polypropylene fiber pada putaran ke 500 tidak ada yang memenuhi persyaratan sebagai bahan perkerasan jalan. Syarat batas maksimum abrasi yang digunakan adalah 50%. Hal ini menunjukkan bahwa RCA dengan tambahan fiber tidak cocok untuk beton porous yang akan digunakan untuk perkerasan jalan.

Kata Kunci : Beton Porous, *glass fiber*, *polypropylene fiber*, Abrasi, Recycled Coarse Aggregate.

## SUMMARY

**M. Ali Hasymi A.Q.**, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, Mei 2019, The Effect of Using Glass Fiber and Polypropylenene Fiber on Porous Concrete Wear by Using Coarse Recycled Aggregates (RCA), Academic Supervisor: Dr. Eng Eva Arifi, ST., MT. and Bhodana Bayu B.K, ST., MT

Porous concrete is a simple form of lightweight concrete made by reducing the use of fine aggregates. Porous concrete consists of coarse aggregate, water, cement, and slightly fine aggregate or without fine aggregate. Porous concrete has cavities ranging from 15% to 35%. This large void ratio makes porous concrete easily crossed by water or permeable, but has lower strength than normal concrete. Porous concrete can be used as material for road pavement on sidewalks, parking lots, and other low capacity roads.

In this study the sample used had a diameter of  $200 \pm 5$  mm and a height of  $100 \pm 5$  mm. Porous concrete abrasion testing uses the cantabro loss method, which is rotated 500 times in the los angeles (LA machine) machine without steel balls. The cantabro loss method can identify the quality and quantity of strength of cement paste bonds or bonds between aggregates. Porous concrete is made without using fine aggregates and uses coarse aggregates of 10 mm - 20 mm. The aggregate and cement ratio used is 1: 4 with fas 0.3. The use of recycled coarse aggregate (RCA) is expected to be an alternative to reduce the use of natural coarse aggregates. The variation of RCA used is 0% and 100%. The cement used is portland pozzoland cemen (PPC). Porous concrete with glass fiber additive and polypropylene fiber is porous concrete testing carried out when the concrete is 28 days old.

The results of cantabro loss showed abrasion resistance in porous concrete using RCA with the addition of polypropylene fiber in round 500, none of which met the requirements as pavement material. The maximum abrasion requirement used is 50%. This shows that RCA with additional fiber is not suitable for porous concrete that will be used for pavement.

Keywords: Porous concrete, *glass fiber*, *polypropylene fiber*, Abrasion, Recycled Coarse Aggregate.



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Beton merupakan material utama yang sering digunakan dalam pembangunan bidang konstruksi seperti parkir, perumahan, sekolah dan lain sebagainya. Hal ini dikarenakan untuk memperoleh atau membuat material beton tergolong mudah serta bahan-bahan yang diperlukan mudah ditemukan. Seperti pasir, krikil, dan semen. Beton merupakan batu buatan yang terbuat dari campuran semen, agregat kasar, dan agregat halus. Beton biasa bisa dikatakan material yang tidak ramah lingkungan, hal ini dikarenakan bahan agregat kasar pembentuknya atau sering disebut *natural coarse aggregate* (NCA) berasal dari alam, dan jika terus diambil terus menerus maka akan merusak alam. Sehingga, dibutuhkan material baru sebagai pengganti agregat penyusunnya. Beton sendiri juga bisa dikalsifikasikan sebagai limbah saat sudah hancur akibat bencana ataupun uji lab. Beton seperti ini sudah tidak bisa digunakan lagi untuk bangunan-bangunan yang kompleks. Maka dari itu, agar batuan di alam (NCA) tidak cepat habis, bisa diganti menggunakan beton limbah ini atau disebut dengan *recycled coarse aggregate* (RCA).

Namun, dari banyaknya jenis infrastruktur yang akan dibangun, pemerintah memfokuskan kepada infrastruktur pembangunan jalan ataupun perbaikan jalan. Hal ini dikarenakan ada banyak masalah di Indonesia yang dikarenakan oleh jalan. Contohnya seperti tidak mencukupinya kapasitas jalan dan juga tidak berfungsinya bagian-bagian jalan sebagaimana mestinya. Bagian jalan yang sering bermasalah adalah trotoar yang masih sering disalahgunakan oleh pengguna jalan dan drainase jalan yang belum berfungsi seperti yang diharapkan.

Di Indonesia juga banyak menggunakan perkerasan jalan dengan menggunakan beton. Indonesia adalah negara yang memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Saat musim hujan beberapa daerah di Indonesia sering terjadi banjir yang disebabkan karena drainase yang kurang serta kondisi jalan yang mampu menahan laju air hujan. Jalan-jalan di Indonesia, khususnya yang ada di kota-kota besar masih belum semuanya sesuai dengan standar. Masalah-masalah seperti air tergenang di ruas jalan ataupun banjir masih menjadi pemandangan biasa. Hal ini dikarenakan tidak adanya

2  
drainase pada badan jalan ataupun drainase tidak berfungsi optimal karena ada sampah-sampah yang menyumbat. Lubang drainase yang biasanya ditutup oleh rangkaian besi yang disusun saling menyilang sudah tidak layak digunakan lagi karena akan membuat sampah yang terbawa aliran air tersangkut dan menyumbat jalan drainase. Hal ini harus segera dicari jalan keluarnya, salah satunya dengan mengganti bahan penutup drainase dari rangkain besi yang disusun menyilang dengan bahan lain yang berfungsi sama tetapi lebih tidak mudah tersangkut oleh sampah. Bahan yang mudah dibuat, sering ditemukan dan cocok sebagai pengganti adalah beton porous.

Beton *porous* adalah beton khusus yang didesain memiliki porositas yang tinggi sehingga rongga pada beton mampu dilewati oleh air. Untuk mendapatkan porositas yang tinggi maka bahan penyusun beton *porous* terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar dan sedikit agregat halus atau sama sekali tanpa agregat halus. Saat ini banyak yang menggunakan bahan tambahan untuk dicampurkan ke dalam campuran beton. Bahan tambahan didefinisikan sebagai material selain air, agregat dan semen yang digunakan dalam campuran beton atau mortar, yang ditambahkan dalam adukan segar sebelum atau selama pengadukan dilakukan (ACI 166R-2000). Pemakaian bahan tambahan bermacam-macam, dan cara pemakaian yang berbeda-beda. Seperti untuk mempercepat proses pengerasan beton maupun untuk menghindari pengerasan beton yang begitu cepat serta untuk menambah kekuatan beton yang dihasilkan. Bahan tambahan dapat sebagai pengganti atau sebagai bahan tambahan pada campuran beton. Dilakukan penambahan ini juga dilakukan agar lebih ekonomis.

*Fiberglass* dan *Polypropylene* adalah bahan tambah (*admixture*) untuk memperkuat beton porous. Material yang tersusun dari bahan-bahan seperti resin, mat, erosil dll. Bahan-bahan tersebut membuat bahan yang dicampur dengan *fiberglass* dan *polypropylene* menjadi kuat, keras, tidak mudah patah dan juga lentur.

Dari penjelasan di atas, solusi untuk drainase yang memungkinkan dan dinilai lebih baik adalah beton porous yang dikombinasikan dengan bahan tambah (*admixture*) dan juga *fiberglass* serta *polypropylene*. Untuk mewujudkan hal tersebut, maka dilakukanlah penelitian yang berjudul “Pengaruh Penggunaan *Fiberglass* dan *Polypropylene* terhadap Abrasi Beton Porous dengan Menggunakan Komposisi Agregat Kasar Daur Ulang *RCA* (*Recycled Coarse Aggregate*)”.





## 1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari uraian latar belakang yang telah dijelaskan, maka perlu dilaksanakan identifikasi masalah secara global guna lebih dikerucutkan. Adapun identifikasi masalah yang dapat ditarik dalam penelitian ini adalah beton sendiri yang dikenal sebagai bahan utama pembangunan, ternyata bisa menjadi limbah yang berguna. Contoh limbah beton adalah beton hasil pembongkaran bangunan lama ataupun beton bekas pengujian pada laboratorium. Dari dua masalah diatas maka solusinya adalah menggunakan beton porous. Beton porous adalah beton yang hanya terdiri dari campuran semen dan agregat kasar. Beton porous bisa digunakan menjadi pengganti penutup pintu saluran atau trotoar yang dibawahnya ada saluran air. Hal dikarenakan sifat beton porous sendiri yang memiliki rongga sehingga dapat mengalirkan air, dan untuk menjadikan bahan ini ramah lingkungan maka dicoba menggunakan agregat dari limbah beton, akibat adanya rongga pada beton porous, menyebabkan kekuatan yang dimiliki oleh beton porous juga lebih kecil dari beton normal. Maka dari itu, perlu ditambahkan material yang bisa meningkatkan kekuatan dari beton porous itu sendiri. Material atau bahan tambah yang cocok digunakan adalah *glass fiber* dan *polypropylene fiber*.

## 1.3. Rumusan Masalah

1. Bagaimana hubungan penggunaan agregat kasar daur ulang (RCA) dan agregat kasar alam (NCA) terhadap abrasi beton porous?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *glass fiber* dan *polypropylene fiber* pada campuran beton terhadap abrasi beton porous?

## 1.4. Batasan Masalah

1. Benda uji berbentuk tabung dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
2. Penggunaan agregat kasar daur ulang (RCA) berasal dari penggilingan batu daerah Tunggulwulung, Kota Malang yang memiliki ukuran seragam yaitu 0,5cm – 2 cm.
3. Semen menggunakan Semen Gresik jenis PPC.
4. *Superplasticizer* menggunakan jenis polikarboksilat..
5. Perbandingan campuran agregat kasar daur ulang (RCA) adalah 0% dan 100% terhadap agregat kasar alam (NCA).
6. Penggunaan *Superplasticizer* sebagai bahan tambah campuran beton pada benda uji adalah 250 ml/40 kg semen setiap variasi *mix design*.



4

7. Penggunaan *Glass fiber* dan *Polypropylene* pada campuran benda uji adalah masing-masing 0,75% dan 1,5% terhadap berat semen.

8. Pengujian beton akan dilakukan saat beton berumur 28 hari

9. Faktor air semen (FAS) yang digunakan sebesar 0,27.

10. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Los Angeles Abrasion Test* yang terdapat di Laboatorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

### 1.5. Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan pengaruh penggunaan agregat kasar daur ulang (RCA) dan agregat kasar alami (NCA) terhadap keausan beton porous.

2. Mengetahui keausan beton porous dengan tambahan *glass fiber* dan *polypropylene fiber* pada campuran beton porous.

### 1.6. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan mengenai bagaimana pengaruh *superplasticizer* sebagai pengganti semen dan penambahan *fiberglass* dan *polypropylene* terhadap abrasi atau keausan beton porous yang menggunakan RCA (*Recycle Coarse Aggregate*).

2. Memberikan pengetahuan dan pandangan kepada seluruh pembaca terkait perkembangan dunia keteknik sipil.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Beton *Porous*

Beton *porous* (beton berpori) sering pula disebut dengan *previous concrete* memiliki campuran hampir sama dengan beton konvensional, beton *porous* terdiri dari semen, air, dan agregat. Tetapi, agregat yang digunakan umumnya hanya agregat kasar dengan ukuran gradasi yang seragam. Menurut ACI 522R-10, *Pervious Concrete* atau dalam Bahasa Indonesia disebut Beton Porus diartikan sebagai beton yang terdiri dari semen, agregat kasar, sedikit atau tidak ada agregat halus dan bahan tambah (admixtures) serta air. Dan beton ini tidak memiliki nilai slump atau nilainya mendekati nol.



Gambar 2.1 *Pervious Concrete*

(Sumber : [www.boral.com](http://www.boral.com))

Beton *porous* bertujuan untuk mengalirkan air yang berada dipermukaanya melalui rongga-rongga beton hingga membantu air agar dapat terserap kedalam tanah. Penggunaan beton *porous* dapat dikatakan cukup langka, Negara Indonesia sendiri lebih cenderung menggunakan *paving block* untuk pekerjaan yang memiliki hubungan dengan perkerasan dan penyerapan air. Adanya rongga udara yang lebih besar berdampak pada abrasi beton *porous* yang lebih rendah dibandingkan beton konvensional, hal ini menunjukkan bahwa beton *porous* tidak sesuai untuk diterapkan pada struktur yang memerlukan abrasi tinggi. Beton *porous* biasanya digunakan untuk perkerasan pada beban lalu lintas yang ringan seperti lapangan parkir, area rekreasi, trotoar, taman, jalan lokal, dan lain-lain.



## 2.2 Material Penyusun Beton *Porous*

### 2.2.1 Semen *Portland*

Bahan pengikat hidrolis yang paling utama adalah semen Portland. Disebut pengikat hidrolis karena semen Portland akan mengikat *sifat adhesi dan kohesi* apabila diberi air dan kemudian terjadi reaksi kimia *proses hidrasi* yang bermula dari pasta semen yang plastis kemudian menjadi kaku dan keras. Semen portland hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus klinker *mineral pembentuk semen*, yang terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis yaitu  $\text{CaO}$  kapur hidup,  $\text{SiO}_2$  pasir besi/silika,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  alumina,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan gypsum/gips sebagai bahan pembantu dan mengatur pengikatan.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland terbagi dalam 5 jenis yaitu :

- Tipe I, yaitu untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya. Hanya tipe ini yang harus dipakai jika ingin ditambah additive dan admixture.
- Tipe II, yaitu untuk konstruksi secara umum terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap Sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
- Tipe III, yaitu untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- Tipe IV, yaitu untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- Tipe V, yaitu untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap Sulfat.

Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi. Proses kimiawi ini berupa rekristalisasi dalam bentuk interlocking-crystals sehingga membentuk gel semen yang akan mempunyai kekuatan tekan tinggi apabila mengeras.

### 2.2.2 Semen *Portland Pozzoland*

Semen *Portland Pozzoland* (*Portland Pozzoland Cement* atau PPC) adalah jenis semen hidrolis yang diproduksi dengan menghaluskan klinker portland cement biasa bersama gypsum dan material pozzolan. Pozzolan sendiri merupakan material alam yang mengandung banyak unsur silica dan aluminat yang reaktif. Dalam bentuk normal, pozzolan tidak memiliki sifat pengikat seperti semen. (SNI 15-0302-2004). Material pozzolan yang biasa digunakan untuk pembuatan Portland pozzolan cement adalah abu vulkanik, tanah liat, fly ash, dan asap silica



Berdasarkan penggunaannya, PPC dalam SNI 15-0302-2004 terbagi menjadi 4 jenis sebagai berikut:

1. Jenis IP-U yaitu semen portlandupozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
2. Jenis IP-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis P-U yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis P-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

### 2.2.3 Agregat Kasar Alami (*Natural Coarse Aggregate*)

Agregat kasar bisa juga disebut kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,76 mm – 150 mm Material disebut sebagai agregat kasar jika memiliki ukuran sama atau sama dengan 6 mm. Agregat kasar juga berperan penting terhadap ketahanan beton karena cuaca ataupun gaya-gaya yang merusak beton dari luar. Agregat kasar bisa dibedakan secara umum, antara lain :

1. Batu pecah alami : bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
2. Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
3. Agregat kasar buatan : Agregat ini biasanya digunakan untuk beton ringan, atau beton yang tidak memiliki kekuatan yang tinggi, bentuk dari agregat ini berupa *slag* atau serpihan (*shale*). Ada juga yang berasal dari *blast-furnace*.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat : Agregat ini tidak berasal dari batuan, melainkan dari baja pecah, barit, magnetit, dan limonit. Hal ini dikarenakan konstruksi sekarang seperti pembangkit nuklir, dibutuhkan bahan yang kuat, melindungi dari sinar-x, gamma, maupun neutron.

### 2.2.4 Agregat Kasar Daur Ulang (*Recycled Coarse Aggregate*)

Pada saat ini pembangunan infrastruktur semakin gencar dan meningkat dari tahun ke tahun sehingga kebutuhan baha-bahan material khususnya bahan pembuat beton juga semakin meningkat, baik semen, agregat dan bahan lainnya. Sementara itu, peningkatan kapasitas produksi industri pemecah batu alam yang ada cukup terbatas karena batu alam adalah sumber alam yang tidak dapat diperbaharui maka peningkatan kapasitas produksi batu alam akan merusak lingkungan. Bila pembangunan infrastruktur terus berkembang maka dikhawatirkan akan terjadi kekurangan pasokan bahan agregat. Daur ulang beton menjadi agregat agar dapat dimanfaatkan kembali adalah salah satu bentuk usaha untuk dapat mengurangi kebutuhan material yang berasal dari alam.

Dewasa ini telah banyak jalan yang dibangun dengan perkerasan kaku dari beton, sehingga RCA dapat bermanfaat jika digunakan. RCA adalah agregat kasar yang diperoleh dari bangunan tua yang terpaksa dibongkar karena bangunan tersebut perlu diperbaharui, mengalami, kerusakan, tidak layak lagi dihuni, atau bangun yang hancur akibat gempa.

Menurut A.K Padmini, K. Ramamurthy (2009) mengatakan bahwa perbedaan RCA dengan NCA adalah sebagai berikut :

1. Pada agregat daur ulang, penyerapan air meningkat dari agregat asalnya. Namun, penyerapan dalam agregat daur ulang itu sendiri menurun sesuai dengan bertambahnya ukuran agregat tersebut. Sehingga diperlukan perhitungan faktor air semen yang sesuai.
2. Agregat daur ulang memiliki ketahanan yang rendah terhadap gaya mekanis.
3. Agregat daur ulang membutuhkan fas yang lebih rendah dan membutuhkan semen yang banyak dibandingkan dengan beton normal.
4. Kekuatan agregat akan meningkat berdasarkan ukuran agregat tersebut. Semakin besar maka akan semakin kuat

### 2.2.5 Bahan Campur Tambahan

Bahan utama penyusun beton berpori adalah semen Portland, agregat, air, dan bahan tambahan lainnya dengan komposisi tertentu. Yang berbeda pada beton berpori adalah agregat yang digunakan hanya agregat kasar saja. Faktir air semen harus dijaga sedemikian rupa agar setelah mengeras pori-pori yang terbentuk tidak tertutup oleh campuran pasta semen yang mengeras. Bahan campur tambahan berfungsi sebagai pemberi/meningkatkan/melemahkan suatu



sifat tertentu pada beton normal. Hal ini berguna agar beton yang akan dibuat menjadi “cocok” untuk suatu konstruksi tertentu yang tidak bisa dilaksanakan jika menggunakan beton normal.

Contoh-contoh bahan tambah yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

#### 1. ***Type A “Water-Reducing Admixtures***

*Water – Reducing Admixture* adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. *Water – Reducing Admixture* digunakan antara lain dengan tidak mengurangi kadar semen dan nilai slump untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau ratio factor air semen (fas) yang rendah atau dengan tidak merubah kadar semen yang digunakan dengan factor air semen yang tetap maka nilai slump yang dihasilkan dapat lebih tinggi

#### 2. ***Type B “Retarding Admixture”***

*Retarding Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton, misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau untuk memperpanjang waktu untuk pemadatan, untuk menghindari *cold joints* dan menghindari dampak penurunan saat beton segar saat pelaksanaan pengecoran.

#### 3. ***Type C “Accelerating Admixture”***

*Accelerating Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan awal beton. *Accelerating Admixture* yang paling terkenal adalah kalsium klorida. Dosis maksimum adalah 2 % dari berat semen yang digunakan. Secara umum, kelompok bahan tambah ini dibagi tiga kelompok yaitu: Larutan garam organik, Larutan campuran organik dan *Material miscellaneous*.

#### 4. ***Type D “Water Reducing and Retarding Admixtures”***

*Water Reducing and Retarding Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal. Bahan ini hampir semuanya berwujud cair. Air yang terkandung dalam bahan akan menjadi bagian air campuran beton. Dalam perencanaan

air ini harus ditambahkan sebagai berat air total dalam campuran beton. Perlu diingat, perbandingan antara mortar dengan agregat kasar tidak boleh berubah. Perubahan kandungan air, atau udara atau semen, harus diatasi dengan perubahan kandungan agregat halus sehingga volume tidak berubah.

##### **5. Tipe E “Water Reducing and Accelerating Admixtures”**

*Water Reducing and Accelerating Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

##### **6. Tipe F “Water Reducing, High Range Admixtures”**

*Water Reducing, High Range Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih.

##### **7. Tipe G “Water Reducing, High Range Retarding Admixtures”**

*Water Reducing, High Range Retarding Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton disebabkan keterbatasan ruang kerja.

#### **2.2.5.1 Superplasticizer**

Superplasticizer merupakan bahan kimia, biasanya yang pada saat ditambahkan pada beton mengurangi air yang diperlukan.

Superplasticizer ada tiga jenis, yaitu :

1. Kondensasi sulfonate melamin formaldehid dengan kandungan klorida sebesar 0,005%.
2. Sulfonat naphthalin formaldehid dengan kandungan klorida yang dapat diabaikan.
3. Modifikasi lignosulfonate tanpa kandungan klorida.

Ketiga jenis bahan tambahan ini dibuat dari sulfonate organik dan disebut *superplasticizer* karena bahan ini dapat banyak mengurangi air pada campuran beton sementara *slump* beton



bertambah samapai 208 mm atau lebih. Dosis yang disarankan adalah 1% – 2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan tekan pada beton.

Kelebihan superplasticizer :

- Mengurangi jumlah air dan menjaga kandungan semen dengan kemampuan kerjanya tetap sama serta menghasilkan faktor air semen yang lebih rendah dengan kekuatan tekan beton yang lebih besar.
- Lebih ekonomis
- Mengurangi pemakaian air campuran beton tanpa mengurangi workability.
- Dapat menghilangkan kadar udara pada campuran beton, hingga terhindar dari bleeding.

Kelemahan superplasticizer :

- Dapat sedikit mengurangi setting time beton jika digunakan dosis tinggi.
- Dosis tinggi dapat mengurangi kekuatan beton

### 2.2.5.2 Fiberglass

Fiberglass adalah Kaca serat atau sering diterjemahkan menjadi serat gelas adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm -0,01 mm. Kuat tarik dari material ini adalah 3.447.000 kN/m<sup>2</sup>.

Bentuk-bentuk umum fiberglass antara lain:

1. Staple Matte, tersusun dari fiber yang terpotong-potong dan fiber lurus. Ukuran pada fiber yang terpotong-potong adalah 25 mm – 50 mm.
2. Woven Roving, merupakan filamen yang ditenun atau seperti benang yang ditenun.
3. Rovimet, Bentuk ini adalah bentuk gabungan dari Staple Matte dan Woven Roving. Fiber ini memiliki anyaman seperti Woven Roving dan memiliki benang-benang seperti Staple Matte, atau juga memiliki dua permukaan yaitu permukaan Staple Matte dan Woven Roving.

### 2.2.5.3 Polypropylene

Serat polypropylene adalah polimer termo-plastik yang dapat digunakan untuk material barang sehari-hari seperti tali, karpet, pakaian dll. Polypropylene memiliki kepadatan sekitar  $0,895 - 0,92 \text{ gram/cm}^3$ . Sehingga polypropylene adalah material plastic yang memiliki kerapatan yang paling rendah. Modulus Young dari polypropylene ini sendiri mencapai  $1300-1800 \text{ N/mm}^2$ . Selain itu, polypropylene memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap kelelahan. Sehingga, serat jenis ini dapat meningkatkan kuat tarik lentur dan tekan beton (Arde:2005). Keuntungan yang didapatkan dalam penggunaan serat polypropylene pada beton antara lain:

1. Mengurangi keretakan beton pada muai-susut beton
2. Meningkatkan ketahanan terhadap kikisan.
3. Meningkatkan ketahanan terhadap tumbukan (impact).
4. Meningkatkan ketahanan terhadap rembesan air dan bahan kimia.
5. Meningkatkan keawetan atau umur dari beton.

### 2.2.6 Air

Menurut Tjokrodinuljo (1996), air diperlukan untuk berreaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk berreaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. Tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton. Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

- Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.



## 2.3 Pengujian Bahan Dasar

Beton porous memiliki material penyusun yang berperan dalam kekuatan beton itu sendiri.

Sehingga, diperlukan pengujian bahan dasar agar beton yang dihasilkan memiliki kualitas yang direncanakan. Pengujian juga diperlukan agar mengetahui kadar masing-masing bahan penyusun yang akan digunakan untuk *mix design*. Pemeriksaan atau pengujian bahan dasar dilakukan sebagai berikut :

### 2.3.1 Berat Jenis

#### 1. Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*)

Adalah perbandingan antara berat agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suatu suhu tertentu.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

$B_k$  = Berat Benda Uji Kering Oven (kg)

$B_j$  = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (kg)

$B_a$  = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air (kg)

#### 2. Berat Jenis Kering Permukaan (*Saturated Surface Dry*)

Adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

$B_j$  = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (kg)

$B_a$  = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air (kg)

#### 3. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)

Adalah berat jenis yang memperhitungkan volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dapat dilewati air.

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots (2.3)$$



Dimana,

$B_k$  = Berat Benda Uji Kering Oven (kg)

$B_a$  = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air (kg)

### 2.3.2 Gradasi agregat kasar

Gradasi agregat merupakan distribusi dari ukuran agregat, pemeriksaan gradasi agregat berfungsi untuk mengetahui distribusi ukuran butiran agregat. Distribusi ini dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut:

1. Gradasi sela (*gap grade*), gradasi ini memiliki satu garis horizontal yang dikarenakan tidak adanya salah satu atau lebih ukuran butiran pada satu set ayakan.
2. Gradasi menerus (*continous grade*) atau gradasi rapat, adalah gradasi yang lengkap, yaitu memiliki semua ukuran agregat pada satu set ayakan dan terdistribusi dengan baik.
3. Gradasi seragam (*uniform grade*), memiliki diagram yang hampir tegak, dikarenakan hanya memiliki satu ukuran agregat atau ukuran agregat tidak terlalu banyak dan selisih ukuran agregat pada satu set ayakan sangat kecil.

Pengaruh susunan butir terhadap sifat aduk/beton segar adalah sebagai berikut :

1. Dapat memengaruhi *workability*
2. Berpengaruh pada sifat kohesif antara agregat, semen dan air.
3. Berpengaruh pada keseragaman adukan sehingga akan berpengaruh pada cara pengecoran dan kualitas
4. Berpengaruh pada sifat segregasi (pemisahan butir) /bleeding.
5. Berpengaruh pada saat finishing permukaan beton.

Pengaruh susunan butir terhadap sifat aduk/beton keras adalah sebagai berikut :

1. Berpengaruh pada porositas
2. Berpengaruh pada kedap air beton
3. Berpengaruh terhadap kepadatan beton



### 2.3.3 Density

Density adalah perbandingan antara massa suatu benda dengan volume atau bias disederhanakan sebagai besaran massa persatuan volume benda. Density dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana,

$\rho$  = density atau massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$m$  = massa benda (kg)

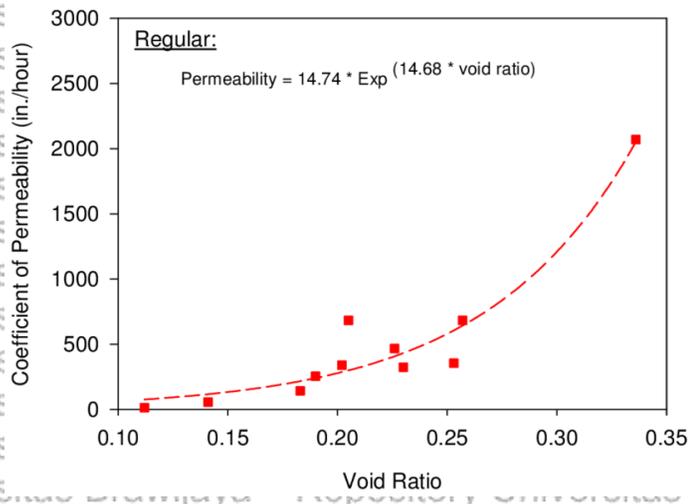
$v$  = volume benda ( $\text{m}^3$ )

Pada kasus NCA dan RCA, diperkirakan bahwa massa *natural aggregate* akan lebih besar dibandingkan dengan *recycle aggregate* pada volume yang sama. Sehingga menyebabkan density atau berat isi dari beton yang menggunakan NCA akan lebih besar dari density beton yang menggunakan RCA.

### 2.3.4 Keleccakan (*Workability*)

Keleccakan atau *workability* adalah ukuran kemudahan dalam proses pengerjaan beton. Keleccakan berkaitan erat dengan FAS atau faktor air semen. Material air pada beton sebenarnya hanya memiliki dua fungsi, yaitu untuk mereaksikan zak kimia semen dan yang kedua adalah membuat pekerjaan pengecoran semakin mudah. Semakin tinggi FAS, maka *workability* akan semakin meningkat dan saat FAS semakin sedikit dapat dipastikan *workability*nya pun juga akan berkurang. Namun, FAS juga ada batasan jumlahnya, hal ini berkaitan dengan kekuatan beton itu sendiri. Semakin besar FAS, maka kekuatan beton bisa turun, dan semakin kecil FAS maka kekuatan beton juga meningkat. Sehingga untuk memenuhi *workability* harus menentukan ukuran yang pas untuk FAS, dikarenakan ada satu hal yaitu mutu beton yang harus diperhatikan agar tidak turun. Uji untuk menentukan *workability* adalah slump. Semakin besar slump, maka keleccakan akan semakin meningkat pula.

**2.3.5 Void Ratio**



Gambar 2.2 Relationship Between Pervious Concrete Void Ratio and Permeability (Sumber : Sterpi,2015)

Void Ratio atau perbandingan pori adalah hal yang penting jika kita membicarakan kekuatan beton porous. Void ratio adalah prosentase rongga udara pada beton segar termasuk juga udara yang terperangkap pada pasta semen. Void ratio yang tinggi menandakan rongga pada beton porous sangat banyak sehingga akan membuat beton porous mengalami penurunan kekuatan dan koefisien permeabilitas akan mningkat. Void ratio dapat dihitung berdasarkan ASTM C 1688 sebagai berikut:

$$Void Ratio : U (\%) = \frac{T-D}{T} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Density : D (kg/m^3) = \frac{Mc-Mm}{Vm} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Theoritcal density : T (kg/m^3) = \frac{Ms}{Vs} \dots\dots\dots(2.7)$$

- Dimana, D = Density atau unit weight (kg/m<sup>3</sup>)
- Ms = Berat total semua campuran material (kg)
- Mm = Berat alat ukur dan benda uji (kg)
- Mc = Berat benda uji (kg)
- T = Densitas teoritis beton pada udara bebas (kg/m<sup>3</sup>)
- Vs = Total volume absolut dari seluruh komponen campuran (m<sup>3</sup>)
- Vm = Volume alat ukur (m<sup>3</sup>)



### 2.3.6 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan air untuk melewati suatu material. Permeabilitas bisa terjadi karena ada rongga pada suatu material. Semakin besar angka permeabilitasnya, maka menunjukkan bahwa material tersebut berongga. Beton porous adalah beton yang di desain khusus memiliki rongga yang bertujuan untuk mengalirkan air. Beton porous biasa digunakan pada konstruksi drainase ataupun penahan tanah agar air tetap bisa mengalir pada rongga-rongganya.

Permeabilitas sendiri memiliki keterkaitan dengan void ratio. Karena semakin besar void ratio suatu material, maka permeabilitas material tersebut juga akan besar juga. Sehingga, diperlukan pengujian void ratio dan permeabilitas pada beton porous karena untuk mengetahui seberapa banyak air yang dapat melalui beton porous tersebut. Sehingga untuk pengaplikasian di lapangan, beton porous bisa direncanakan dan berfungsi dengan baik untuk mengalirkan air.

Untuk pengukuran permeabilitas pada beton porous dapat menggunakan metode pada ACI-522R. Falling head adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengukur permeabilitas air.

Gambar 2.4 menunjukkan gambar susunan uji permeabilitas.



Gambar 2.4 Gambar Alat Falling Head

(Sumber : Joshi, 2016)

Pengukuran permeabilitas ini menggunakan air sebanyak 300 mm diatas beton. Untuk mengukur permeabilitas, digunakan beton berbentuk silinder dengan ukuran 100mm x 200mm yang telah dicor. Silinder tersebut dicor pada pipa PVC. Beton diukur permeabilitasnya pada umur 28 hari. Penghitungan permeabilitas beton pourus menggunakan persamaan.

$$k = \frac{A_1 l}{A_2 t} \log \frac{h_2}{h_1} \quad (2.8)$$

Dimana,

$k$  = permeabilitas air (mm/s)

$A_1$  = Luas sample (mm)

$A_2$  = Luas alat (mm)

$l$  = panjang sampel (mm)

$t$  = waktu (s)

$h_1$  = tinggi muka air awal (mm)

$h_2$  = tinggi muka air akhir (mm)

### 2.3.7 Abrasi

Menurut Papenfus, N (2003) Ketahanan Abrasi didefinisikan sebagai kemampuan permukaan untuk menahan keausan dengan perlakuan dorongan atau gesekan partikel keras. Ketahanan abrasi beton tergantung pada kekerasan sisinya, kekerasan agregat dan pasta ikatan antar agregat. Abrasi menunjukkan mekanisme kemunduran kualitas beton. Kinerja beton tergantung pada karakteristik mikrostruktural, komposisi campuran, dan efek dari berbagai faktor lingkungan yang sangat kompleks ( Benjamin D,Scott dan Md. Safiuddin, 2015).

### 2.3.8 Pengujian Abrasi

Menurut texas departement of transportation (Tex-245-F) Cantabro Loss merupakan metode untuk menentukan abrasi dari hot-mix asphalt (HMA) kompak dan permeable friction Course (PFC) asphalt. Cantabro Loss menggunakan mesin Loss Angeles (LA) tanpa menggunakan bola baja. Presentase dari kehilangan berat (Cantabro Loss) mengidentifikasikan ketahanan dari kualitas dan kuantitas dari bahan pengikat aspal. Prosedur ini juga dapat digunakan untuk campuran HMA lainnya. Diameter sampel yang digunakan harus 5,9 in (150 mm) dan tinggi sampel  $4,5 \pm 0,2$  in ( $115 \pm 5$  mm). Campuran HMA harus memiliki density  $93 \pm 1\%$  dan tidak ada syarat spesifik untuk campuran PFC. Data yang diperoleh dari metode ini adalah berat awal, berat akhir dan persentas kehilangan.



Gambar 2.10 LA Machine

(sumber : Qiao Dong etc, 2013)

Mesin Loss Angeles awalnya digunakan untuk menguji tahanan abrasi dari agregat kasar dan digunakan untuk Cantabro loss untuk mengetahui tahanan abrasi dari HMA Asphalt dan PFC Asphalt. HMA asphalt and PFC asphalt memiliki kadar ruang kosong (void content) 15% yang mana mirip dengan beton porous (watson etc,2003 ; Alvarez etc, 2010 ), Sehingga ketahanan abrasi beton porous dapat diuji dengan catabro loss berdasarkan pendekatan void content yang hampir sama. Sebelum pengujian sampel harus ditimbang terlebih dahulu, kemudian dimasukkan ke dalam drum baja dan diputar dengan kecepatan 30-33 rpm. Setiap 50 putaran sampel dikeluarkan dari drum baja dan ditimbang untuk mengetahui nilai kehilangan berat. Parameter abrasi yang digunakan adalah kehilangan berat. Sampel diuji tahanan abarasinya sampai 300 putaran dengan penimbangan kehilangan massa setiap 50 putaran. ( Hao Wu. etc, 2011).

Tabel 2.1 Nilai yang dizinkan untuk agregat kasar Bina Marga Divisi 6 Tahun 2010

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	DoT's Pennsylvania	95/90
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)	Test Method, PTM No. 621	80/75



Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4142- 1996	Maks. 1%

Untuk menentukan berat benda uji dan jumlah bola ketika akan melakukan pengujian abrasi, maka dapat ditentukan dari daftar gradasi dan berat benda uji dari tabel 2.2

Tabel 2.2 Daftar gradasi dan berat benda uji

Ukuran Ayakan (mm)		Gradasi dan Berat untuk setiap ukuran (gr)						
Lolos	Tertahan	A	B	C	D	E	F	G
75	62					2500		
62	50					2500		
50	37,5					5000	5000	
37,5	25,0	1250					5000	5000
25,0	19,0	1250						5000
19,0	12,5	1250	2500					
12,5	9,50	1250	2500					
9,50	6,30			2500				
6,30	4,75			2500				
4,75	2,36				5000			
Jumlah Bola		12	11	8	6	12	12	12
Berat Bola (gr)		5000 ± 25	4584 ± 25	3330 ± 20	2500 ± 15	5000 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25

## 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 pada tahun ajaran tahun 2018-2019. Sedangkan pengujian dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Penginderaan Jarak Jauh Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya pada tahun ajaran 2018-2019.

#### 3.2. Variabel Penelitian

a. Variabel Bebas (*Independent Variable*) adalah variabel yang menjadi penyebab atau memengaruhi, meliputi faktor-faktor yang diukur, dan dipilih oleh peneliti. Variabel bebas pada penelitian ini meliputi:

1. Variasi presentase agregat *RCA* (0%, dan 100%) terhadap *NCA*.
2. Variasi presentase *glass fiber* (0,75% dan 1,5%) terhadap berat semen.
3. Variasi presentase *polypropylane* (0,75% dan 1,5%) terhadap berat semen.

b. Variabel Terikat (*Dependent Variable*) adalah faktor-faktor yang diamati dan diukur dalam rangka menentukan pengaruh variabel bebas, di dalamnya itu termasuk faktor yang muncul, atau tidak muncul, atau berubah sesuai dengan yang diperkenalkan oleh peneliti. Variabel terikat pada penelitian ini adalah pengujian ketahanan abrasi beton porus dan pengujian permeabilitas beton porus.

c. Variabel Terkontrol (*Control Variable*) adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar yang digunakan adalah lolos ayakan 3/4 in dan tertahan ayakan nomor 4 (0,5 cm – 2 cm)
2. FAS yang digunakan sebesar 0,27.
3. Penggunaan *Superplasticizer* sebanyak 250 ml terhadap satu sak semen 40 kg.



### 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 100gr
3. Timbangan dengan 150 kg dengan ketelitian 1 gr.
4. Mesin pencampur beton (*concrete mixer*).
5. Satu set alat uji slump beton
6. Mesin uji abrasi (los angeles)
7. Sendok semen, talam, kuas, dan obeng
8. Cetakan beton silinder diameter 15 tinggi 10 cm
9. Jangka sorong dan mistar pengukur.
10. Alat tulis.

#### 3.3.2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Agregat kasar daur ulang (RCA).
2. Agregat kasar alam (NCA).
3. Semen PPC.
4. Air PDAM Kota Malang.
5. *Glass fiber*.
6. *Polypropylene fiber* merek Mapefibre NS 18.
7. *Superplasticizer* merek sika.

### 3.4. Analisa Bahan

#### 3.4.1. Agregat Kasar Alam (NCA)

Agregat kasar alam (NCA) diperoleh dari tempat penggilingan batu di daerah Tulung Wulung, Lowokwaru, Kota Malang.

#### 3.4.2. Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

RCA yang didapatkan dari hasil daur ulang beton harus bersih dari kotoran organik dan anorganik. Pengujian RCA dilakukan terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengujian yang dilakukan antara lain, analisa gradasi agregat, berat jenis agregat dan penyerapan agregat berdasarkan ASTM C-33. RCA berasal dari beton mutu K-300 yang dihancurkan

dan diperoleh dari crusher / alat pemisah antara agregat kasar dan agregat halus yang terletak di daerah Tunggul Wulung, Kota Malang.

#### 3.4.3. Semen *Portland Pozzoland*

Semen yang dipakai dalam penelitian merupakan Semen *Portland Pozzoland* dan tidak melalui proses pengujian. Semen yang digunakan dengan merk Semen Gresik.

#### 3.4.4. *Superplasticizer*

*Superplasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *superplasticizer* yang diproduksi oleh PT. MAPEI dengan nama produk (Mapefluid N200).

#### 3.4.5. Air

Air yang digunakan dalam penelitian berasal dari PDAM Kota Malang dan tidak dilakukan pengujian.

#### 3.4.6 Glass Fiber

*Glass Fiber* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Glass Fiber* type E-glass

Property	Carbon	Kevlar	S-Glass	E-Glass
Tensile Strength Ksi-Mpa	500 - 3445	473 - 3260	575 - 3970	330 - 2275
Tensile Modulus Msi-Gpa	34 - 228	19 - 128	12.75 - 88	10.25 - 71
Elongation to break (%)	1.7	2.5	5.3	4.3
Density lb/in3 - g/cm3	0.065 - 1.8	0.052 - 1.44	0.09 - 2.48	0.093 - 2.57
Fatigue Resistance	Excellent	Good	Excellent	Good
Impact Strength	Fair	Excellent	V. Good	Good
Compressive Strength	Excellent	Fair	V. Good	Good
Compressive Modulus	Excellent	Good	V. Good	Good
Flexural Strength	Excellent	Good	V. Good	Good
Flexural Modulus	Excellent	V. Good	V. Good	Good
Impact Strength	Fair	Excellent	V. Good	Good
Inter-laminar Shear Strength	Excellent	Fair	Excellent	Excellent

**Gambar 3.1** Spesifikasi *Glass Fiber* type E-glass

### 3.4.7 Polypropylene Fiber

Polypropylene Fiber yang digunakan pada penelitian ini adalah Mapefibre NS18 sesuai yang terdapat pada gambar

TECHNICAL DATA (typical values)	
PRODUCT IDENTITY	
Length of fibres (mm)	12
Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.91
Flame point	160°C-170°C
Melting point	400°C
Water absorption	none
Resistance to alkalis, acids and salts	high
Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	400-500

Gambar 3. 2 Spesifikasi Polypropylene Fiber Mapefibre NS18 Fiber

### 3.5. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 10 cm. Campuran beton menggunakan variasi RCA, pasir, glass fiber dan polypropylene fiber.

Benda uji ini akan diuji untuk mengetahui pengaruh penggunaan RCA, penambahan glass fiber dan polypropylene terhadap kuat tekan beton saat berumur 28 hari. Faktor-faktor yang dipakai pada uji kuat tekan ada pada **Tabel 3.1**

#### 3.5.1. Mix Design Beton Porous

Mix design beton *porous*, dengan volume tiap 1 m<sup>3</sup> dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Proporsi material beton berpori

Material	Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )
Semen (OPC atau campuran)	1250
Agregat NCA	1520
Agregat RCA	1360
w/c	0,27

Pada penelitian ini, digunakan w/c sebesar 0,27 dikarenakan ada bahan tambahan berupa *superplasticizer* yang bisa menambah kelecakan (*workability*) beton tanpa menambah air. Penambahan *superplasticizer* pada campuran beton ini adalah 250 ml/40 kg semen. Dan untuk perbandingan agregat kasar dengan semen menggunakan perbandingan agregat dan semen 4 : 1.

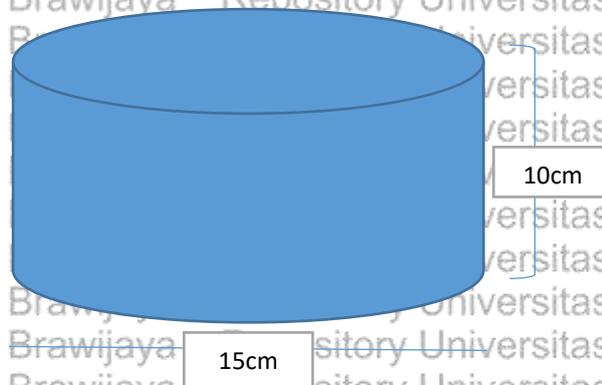
Berat isi agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah berat isi berdasarkan pengujian *density* agregat alam (NCA) dan agregat daur ulang (RCA) dapat dilihat sesuai dengan tabel 3.3

Tabel 3.3 Proporsi Campuran Semen

NO	RCA	Kode Mix Design	Volume Campuran (m <sup>3</sup> )	Volume agregat kasar (m <sup>3</sup> )	Volume semen (m <sup>3</sup> )	Volume Air (m <sup>3</sup> )	PP Fiber	Berat PP Fiber (kg)	Glass Fiber	Berat Glass Fiber (kg)	SP
1		Kontrol	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	0	0	
2		R0P1	0.135	0.108	0.027	0.0073	0.75%	0.253	0	0.253	
3	0%	R0P2	0.135	0.108	0.027	0.0073	1.50%	0.507	0	0.507	
4		R0F1	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	0.75%	0	250 ml
5		R0F2	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	1.50%	0	per 40 kg
6		Kontrol	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	0	0	semen
7		R1P1	0.135	0.108	0.027	0.0073	0.75%	0.253	0	0.253	
8	100%	R1P2	0.135	0.108	0.027	0.0073	1.50%	0.507	0	0.507	
9		R1F1	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	0.75%	0	
10		R1F2	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	1.50%	0	

### 3.5.2. Rancangan Benda Uji Abrasi

Penelitian ini menggunakan silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 10 cm sesuai dengan gambar 3.1



Gambar 3.3 Desain benda uji abrasi

Uji abrasi yang dilakukan yaitu pada saat umur beton mencapai 28 hari dengan variasi yang digunakan adalah variasi RCA, *superplasticizer* terhadap semen sesuai dengan tabel 3.4. Sedangkan untuk variasi mix design pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.5.



Tabel 3.4 Variabel penelitian

Variasi Penelitian	Komposisi	Variabel
Variasi R1 terhadap R0	0%	R0
	100%	R1
Variasi <i>glass fiber</i> terhadap berat semen	0,75%	F1
	1,5%	F2
Variasi <i>polypropylene fiber</i> terhadap berat semen	0,75%	P1
	1,5%	P2

Tabel 3.5 Variasi penelitian

NO	RCA	Kode Mix Design	SP	C	Polypropylene fiber	Glass fiber
1		Kontrol	-	100%	-	-
2		ROP1			0,75%	-
3	0%	ROP2	250 ml/40		1,5%	-
4		ROF1	kg semen	100%	-	0,75%
5		ROF2			-	1,5%
1		Kontrol	-	100%	-	-
2		R1P1			0,75%	-
3	100%	R1P2	250 ml/40		1,5%	-
4		R1F1	kg semen	100%	-	0,75%
5		R1F2			-	1,5%

**3.5.3. Kebutuhan Metrial Penelitian**

Kebutuhan Material pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.6 dibawah ini.

Tabel 3.6 Proporsi Campuran Semen

NO	RCA	Kode Mix Design	Volume Campuran (m3)	Volume agregat kasar (m3)	Volume semen (m3)	Volume Air (m3)	PP Fiber	Berat PP Fiber (kg)	Glass Fiber	Berat Glass Fiber (kg)	SP
1		Kontrol	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	0	0	
2		ROP1	0.135	0.108	0.027	0.0073	0.75%	0.253	0	0.253	
3	0%	ROP2	0.135	0.108	0.027	0.0073	1.50%	0.507	0	0.507	
4		ROF1	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	0.75%	0	250 ml
5		ROF2	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	1.50%	0	per 40 kg
6		Kontrol	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	0	0	semen
7		R1P1	0.135	0.108	0.027	0.0073	0.75%	0.253	0	0.253	
8	100%	R1P2	0.135	0.108	0.027	0.0073	1.50%	0.507	0	0.507	
9		R1F1	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	0.75%	0	
10		R1F2	0.135	0.108	0.027	0.0073	0	0	1.50%	0	

Hasil perhitungan keseluruhan volume masing-masing material disajikan pada tabel 3.7 di bawah ini.

Tabel 3.7 Volume kebutuhan material

RCA	Kode Mix Design	C	Polypropylene Fiber	Glass Fiber	Volume Total (M3)	Volume Semen (M3)	Berat Semen (kg)	Volume Agregat Kasar (M3)	Berat Agregat Kasar (kg)	Volume SP (ml)	Berat Polypropylene (kg)	Berat Fiber Glass (kg)
0%	Kontrol		-	-	0.135	0.027	33.78	0.108	164.31	-	-	-
	S1P1		0.75%	-	0.135	0.027	33.78	0.108	164.31	211	0.253	-
	S1P2	100%	1.50%	-	0.135	0.027	33.78	0.108	164.31	211	0.507	-
	S1F1		-	0.75%	0.135	0.027	33.78	0.108	164.31	211	-	0.253
	S1F2		-	1.50%	0.135	0.027	33.78	0.108	164.31	211	-	0.507
100%	Kontrol		-	-	0.135	0.027	33.78	0.108	147.01	-	-	-
	S1P1		0.75%	-	0.135	0.027	33.78	0.108	147.01	211	0.253	-
	S1P2	100%	1.50%	-	0.135	0.027	33.78	0.108	147.01	211	0.507	-
	S1F1		-	0.75%	0.135	0.027	33.78	0.108	147.01	211	-	0.253
	S1F2		-	1.50%	0.135	0.027	33.78	0.108	147.01	211	-	0.507

Perhitungan kebutuhan material dihitung berdasarkan Volume yang dihitung dikalikan dengan berat isi masing-masing material. Berat isi ditentukan melalui proses pengujian agregat maupun dalam keadaan beton segar. Jumlah kebutuhan disajikan dalam tabel 3.7

### 3.6. Prosedur Penelitian

#### 3.6.1. Persiapan Alat dan Bahan

Menyiapkan alat alat dan bahan yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan penelitian dan standar peraturan yang sudah ada.

#### 3.6.2 Penelitian Pendahuluan

##### 3.6.2.1 Analisa Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar ASTM-C33

###### I. Dasar Teori

Berat jenis agregat kasar adalah perbandingan berat agregat kasar dengan berat air suling yang mempunyai volume sama dengan agregat kasar. Dalam merencanakan campuran beton (Mix Design), salah satu data yang kita perlukan diantaranya berat jenis curah, berat jenis kering permukaan air pada agregat kasar.

Agregat ringan memiliki berat jenis kurang dari 2,0, Agregat normal memiliki berat jenis 2,0 - 2,7 dan Agregat berat memiliki berat jenis lebih dari 2,8

Penyerapan air pada agregat kasar diperoleh dari perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kasar kering yang dinyatakan dalam persen.

Penyerapan air ini berfungsi untuk menentukan besarnya kandungan air dan agregat dalam

pembuatan Mix Design, sehingga diperoleh campuran beton yang ideal. Menurut SK – SNI – 15 – 1990 – 03, pada bab IV pengerjaan perencanaan beton disebutkan bahwa penyerapan air agregat kasar untuk agregat kasar  $\leq 3\%$

### 3.6.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis, berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), berat jenis semu, dan presentase berat air yang mampu diserap pori terhadap berat agregat kasar kering.

#### A. Pelaksanaan Pengujian.

1. Cuci agregat kasar
2. Keringkan agregat kasar di dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap.
3. Dinginkan dalam suhu kamar selama 1 sampai 3 jam, biarkan mengering hingga suhunya kira-kira  $50^{\circ}\text{C}$ . Timbang benda uji dengan ketelitian 0,5 gram.
4. Rendam agregat kasar dalam air pada suhu ruangan selama  $24 \pm 4$  jam.
5. Keluarkan agregat kasar, lap dengan lembaran penyerap air. Lakukan dengan hati-hati untuk menghindari penguapan air dari pori-pori agregat dalam mencapai kondisi SSD.
6. Timbang agregat kasar.
7. Letakan agregat kasar ke dalam keranjang dan masukkan ke dalam air. Guncangkan agregat tersebut untuk mengeluarkan udara dan menentukan beratnya di dalam air.

#### B. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air.

Berdasarkan SNI 03-1969-1990, pengujian dihitung sebagaimana berikut ini:

$$\text{Berat jenis (Bulk)} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\text{Berat semu} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% \dots \dots \dots (3.4)$$





Dengan,

$B_k$  = Berat benda uji kering oven (gram)

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

$B_a$  = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

### 3.6.2.3 Pengujian Berat Isi Agregat

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat kasar yaitu perbandingan berat material kering agregat dengan volumenya. Pemeriksaan ini berdasarkan ASTM C29.

#### A. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat contoh;
2. Tongkat baja pemadatan diameter 15 mm, panjang 50 cm yang berujung lingkaran;
3. Kotak takar kaku berbentuk silinder

#### B. Pelaksanaan Pengujian

Metode *Shoveled*

1. Ukur volume Kotak takar
2. Timbang Kotak takar dalam keadaan kosong
3. Isi Kotak takar dengan agregat kasar sampai penuh
4. Ratakan permukaan dengan alat perata
5. Timbang berat Kotak takar + agregat kasar

Metode *Rodded*

1. Ukur volume kotak takar.
2. Timbang kotak takar.
3. Masukkan agregat kasar kedalam kotak takar 1/3 bagian, lalu tumbuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.
4. Ulangi prosedur ketiga untuk lapisan kedua.
5. Untuk lapisan terakhir, masukkan agregat hingga melebihi permukaan atas kotak takar lalu tumbuk kembali
6. Ratakan permukaan dengan perata.
7. Timbang berat kotak takar + agregat kasar.

### C. Perhitungan Berat isi

Perhitungan berat isi pada penelitian ini didapat sesuai dengan rumus 3.5

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots \dots \dots (3.5)$$

#### 3.6.3. Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji silinder adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk membuat benda uji.
2. Menyiapkan cetakan silinder ukuran  $d = 15 \text{ cm}$ ,  $h = 10 \text{ cm}$ . Cetakan silinder harus bersih dari kotoran yang kemudian diolesi dengan oli secara merata untuk benda uji abrasi.
3. Menyiapkan cetakan silinder ukuran  $d = 10 \text{ cm}$ ,  $h = 20 \text{ cm}$  untuk benda uji permeabilitas.
4. Menyiapkan mesin pencampur beton (*concrete mixer*). *Concrete mixer* dalam keadaan telah menyala.
5. Menuangkan agregat kasar kemudian semen *Portland Pozolan* sesuai dengan *mix design* yang telah direncanakan.
6. Menuangkan *Superplasticizer*, *fly ash* dan/atau *Silica fume* sesuai dengan *mix design* yang telah direncanakan.
7. Menambahkan air secara perlahan.
8. Pengadukan dengan *concrete mixer* sampai merata.
9. Selanjutnya campuran beton *porous* segar diuji *slump*. Untuk beton *porous* memiliki nilai *slump*  $\pm 12 \text{ cm}$  dan diameter *slump* 60-80 cm untuk beton *porous* SCC.
10. Cek nilai *slump* beton *porous*. Apabila nilai *slump* tidak memenuhi syarat maka perlu ditambahkan bahan kembali lalu diaduk hingga nilai *slump* tercapai.
11. Cetak beton porous pada bekisting yang telah disiapkan.

### 3.6.4. Pengujian pada Saat *Fresh Concrete*

#### 3.6.4.1. Pengujian Keleccakan (*Slump Test*)

Pengujian ini mengacu pada SNI 1972-2008, berikut ini adalah tahapan pengujian sesuai dengan SNI 1972-2008 :

##### A. Tahap Persiapan Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah *fresh Concrete* dengan proporsi material sesuai desain. Sedangkan alat yang digunakan sebagai berikut:

1. Kerucut Abrams ( Kerucut yang bagian runcingnya hilang), sebagai cetakan. Dengan diameter bawah 20,3 cm, diameter atas 10,2 cm dan tinggi 30,5 cm.
2. Batang logam dengan ujung bulat, panjang  $\pm 60$  cm diameter 10-16 mm.
3. Pelat logam rata dan kedap air sebagai alas.
4. Sekop kecil
5. Mistar atau pita ukur.

##### B. Tahap Uji *Slump*

1. Membersihkan cetakan kerucut dan plat dengan kain basah.
2. Meletakkan kerucut di atas plat dengan posisi terbalik.
3. Masukkan beton segar ke dalam cetakan kerucut sampai penuh.
4. Meratakan permukaan benda uji serta bersihkan sisa benda uji di sekitar cetakan.
5. Kemudian angkat kerucut abram secara perlahan tegak lurus ke atas
6. Lalu ukur diameter *slump* dari benda uji yang keluar dari cetakan kerucut.

Seluruh proses uji *slump* tidak boleh lebih dari 3 menit.

##### C. Perhitungan Nilai *Slump*

Perhitungan Nilai *Slump* pada penelitian ini didapatkan sesuai dengan rumus 3.6 dibawah ini :

$$Slump (cm) = \text{tinggi cetakan (cm)} - \text{tinggi rata-rata benda uji} \dots \dots \dots (3.6)$$

#### 3.6.4.2. Pengujian *Density* dan *Void Ratio* pada *Fresh Concrete*

Tahapan pada pengujian ini didasarkan oleh ASTM C1688 tentang “*Standard Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete*”.



**A. Tahap persiapan alat dan bahan pengujian**

Bahan pengujian berupa beton segar yang proporsinya telah disesuaikan dengan mix desain. Sedangkan alat-alat yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- 1. Neraca dengan ketelitian 0,05 kg
- 2. Wadah silinder yang terbuat dari baja.

**B. Tahap uji Density dan Void Ratio**

- 1. Ukurlah ukuran tabung uji bagian dalam, dan timbang beratnya
- 2. Letakkan tabung pada tempat yang datar, dan terhindar dari getaran
- 3. Basahi tabung bagian dalam sebelum memasukkan beton segar.

Buang air yang tertinggal di dalam tabung menggunakan spon yang dibasahi.

- 4. Letakkan beton segar ke dalam silinder sampai penuh tanpa pemadatan menggunakan *proctor standard hammer*.
- 5. Ratakan permukaannya dan timbang (sesuai pada gambar 3.2)



Gambar 3.2 Penimbangan Beton Segar

**C. Perhitungan Density dan Void Ratio**

Perhitungan Density dan Void Rasio pada penelitian ini didapatkan sesuai dengan rumus 3.6, rumus 3.7, dan rumus 3.8.

*Density* :  $D \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_c - M_m}{V_m}$  .....(3.6)

*Void Ratio* :  $U \text{ (%) } = \frac{T - D}{T} \times 100\%$  .....(3.7)

*Theoretical density* :  $T \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_s}{V_s}$  .....(3.8)

Dimana:

$D$  = *Density* atau *unit weight* ( $\text{kg/m}^3$ )

$M_s$  = Berat total semua campuran material (kg)

$M_m$  = Berat alat ukur dan benda uji (kg)

$M_c$  = Berat benda uji (kg)

$T$  = Densitas teoritis beton pada udara bebas ( $\text{kg/m}^3$ )

$U$  = Persentase rongga udara pada beton segar termasuk udara terperangkap pada pasta semen (%)

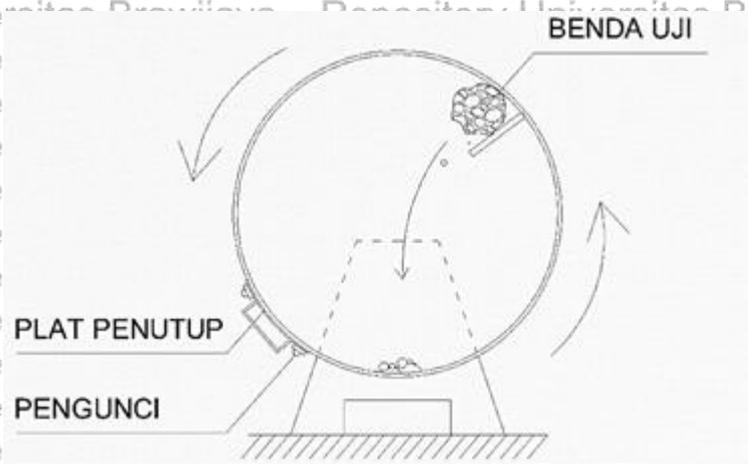
$V_s$  = Total volume absolut dari seluruh komponen campuran ( $\text{m}^3$ )

$V_m$  = Volume alat ukur ( $\text{m}^3$ )

### 3.6.5. Pengujian pada Saat *Hardened Concrete*

#### 3.6.5.1. Pengujian Abrasi

Pengujian abrasi menurut *Cantabro Test Tex245F* untuk *Pervious Concrete* dapat menggunakan metode *Cantabro Loss*. Pada *Cantabro Test Tex245F*, pengujian abrasi beton porous dilakukan menggunakan mesin *Los Angeles (LA)* tanpa menggunakan bola baja. Seperti pada gambar 3.4



Gambar 3.3 Potongan Melintang Alat Uji Abrasi *Los Angeles*

Tahapan pengujian tersebut yaitu sebagai berikut:

#### A. Tahap Persiapan Alat dan Bahan

Bahan uji yang dibutuhkan adalah benda uji silinder yang beton porous yang telah berumur 28 hari, Alat yang perlu dipersiapkan adalah sebagai berikut:

1. Seperangkat mesin Uji Abrasi *Los Angeles (Los Angeles Machine Test)* dengan kecepatan putaran 30-33 rpm tanpa bola baja



2. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
3. Alat ukur penggaris.
4. Alat tulis

### B. Tahap Pengujian Abrasi

1. Sebelum dilakukan pengujian, dilakukan pengukuran terlebih dahulu (berat, diameter dan tinggi) pada setiap benda uji menggunakan penggaris.
2. Benda uji yang telah diukur kemudian dimasukkan ke dalam mesin *Los Angeles* yang sudah dikeluarkan bola – bola bajanya dan tutup kembali dengan rapat dengan mur.
3. Atur mesin dengan putaran 500 kali kemudian mesin dihidupkan.
4. Mengeluarkan benda uji dari mesin, kemudian benda uji ditimbang beratnya
5. Tulis dalam form pengujian agregat.

### C. Perhitungan Kehilangan Abrasi

Kehilangan abrasi dihitung berdasarkan prosentase kehilangan berat akibat abrasi

$$= \frac{A}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (3.9)$$

Dengan keterangan:

A = Berat mula-mula benda uji (gram)

B = Berat benda uji setelah diuji (gram)

### 3.6.5.2. Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas ini dilakukan menggunakan metode falling head.

#### I. Alat

1. Alat permeabilitas
2. Pipan bening 1 m
3. Pipa keran
4. Penggaris
5. Kabel ties
6. Solasi pipa (TBA)

## II. Langkah-langkah

1. Siapkan dua benda uji beton yang telah disiapkan berdiameter 15 cm dan tingginya 10 cm.
2. Sekeliling beton dibuat kedap air dengan menambah lapisan kedap air, lalu dimasukkan ke dalam silinder penahan beton. Celah diantara benda uji dengan silinder ditutup dengan ring karet dan lapisan resin
3. Permukaan atas beton diberi air dengan tinggi tertentu. Waktu pengujian ini ditetapkan terlebih dahulu, misalnya selama dua jam. Air yang menetes ditampung dalam gelas ukur untuk mengetahui volumenya. Pertambahan volume air setiap satu jam dicatat untuk mengetahui debit air yang mengalir. Pengujian dihentikan bila telah terjadi debit aliran yang konstan, yaitu pada saat pertambahan volume setiap 10 menit pada gelas ukur sudah konstan.
4. Hitung koefisien permeabilitas dengan menggunakan Rumus.

### 3.7. Tabulasi Hasil Pengujian

Tabulasi hasil pengujian pada penelitian ini dibagi menjadi 3 macam, yaitu form pengujian berat jenis dan penyerapan agregat (Tabel 3.10), form perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat (Tabel 3.11), dan form perhitungan *Density* agregat (Tabel 3.12)

Tabel 3.10 Form Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Nomor Contoh		Satuan	Nilai
Berat benda uji kering permukaan jenuh	B <sub>j</sub>	(gr)	.....
Berat benda uji kering oven	B <sub>k</sub>	(gr)	.....
Berat benda uji dalam air	B <sub>a</sub>	(gr)	.....

Tabel 3.11 Form Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Nomor Contoh	Rumus	Nilai
Berat Jenis Curah ( <i>Bulk Specific Gravity</i> )	$B_k / (B_j - B_a)$	.....
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh ( <i>Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry</i> )	$B_j / (B_j - B_a)$	.....
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent Specific Gravity</i> )	$B_k / (B_k - B_a)$	.....
Penyerapan (%) ( <i>Absorption</i> )	$(B_j - B_k) / B_k \times 100\%$	.....

Tabel 3.12 Form Perhitungan *Density* Agregat

Ukuran : .....		RODDED			SHOVELED		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran + agregat (W2)	kg	...	...	...	...	...	...
Berat agregat (W2-W1)	kg	...	...	...	...	...	...
Berat isi	kg/m <sup>3</sup>	...	...	...	...	...	...
Berat isi	kg/m <sup>3</sup>	...	...	...	...	...	...
Berat isi rata2	kg/m <sup>3</sup>	...	...	...	...	...	...

Tabel 3.13 Form Hasil Pengujian Abrasi Beton Porous

Jumlah Putaran	Massa Benda uji (gram)					CL (%)					CL rata-rata (%)	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
0												
500												

Keterangan :

$$\text{Cantabro Loss (CL)} = \frac{A}{B} \cdot 100 \% \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana

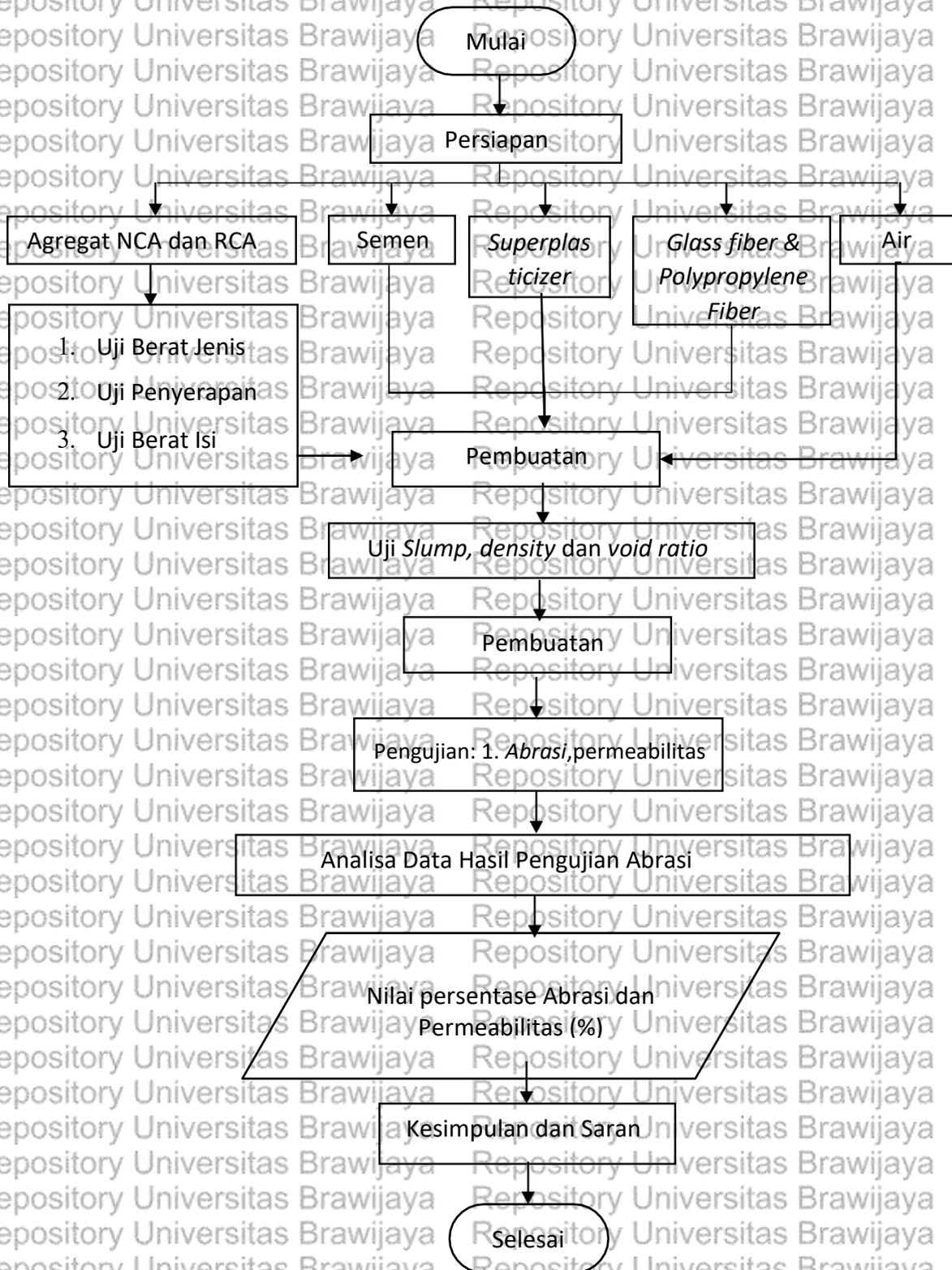
A = Massa awal dari benda uji (gram)

B = Massa akhir benda uji setelah mengalami putaran. (gram)

CL = Cantabro Loss (%)



### 3.8. Diagram Alir Penelitian







## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

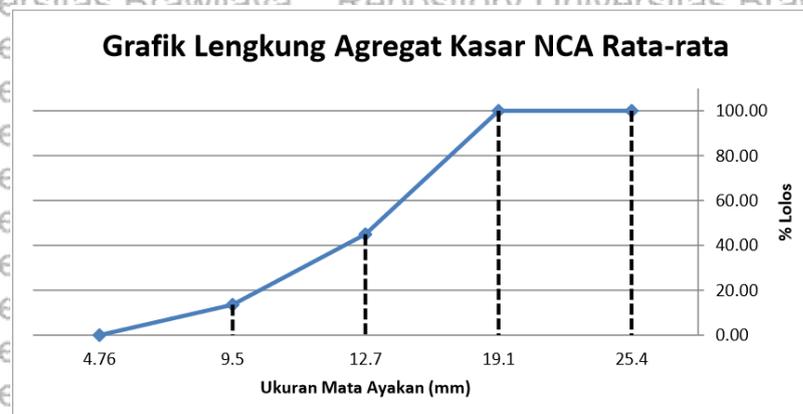
Hasil dari pengaruh penggunaan *glass fiber* dan *polypropylene fiber* terhadap kuat tekan beton porous akan dibahas pada bab ini. Penelitian ini berdasarkan pengujian yang dilakukan di laboratorium dan hasilnya akan diolah berdasarkan literatur.

#### 4.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bahan-bahan campuran beton yang akan memengaruhi kualitas beton yang akan dibuat. Pada penelitian ini menggunakan dua jenis agregat kasar yaitu agregat kasar alami (NCA) dan agregat kasar daur ulang (RCA). Agregat kasar alami didapatkan dari batuan yang berasal dari alam dan dipecah oleh alat pemecah batu (*stone crusher*). Agregat kasar daur ulang didapatkan dari beton K-300 dari sampel proyek yang dihancurkan dengan (*stone crusher*). Agregat yang digunakan pada penelitian ini harus dicek terlebih dahulu agar diketahui sifat-sifat karakteristiknya. Pengecekan sifat karakteristik pada penelitian ini meliputi berat isi agregat, berat jenis dan penyerapan agregat.

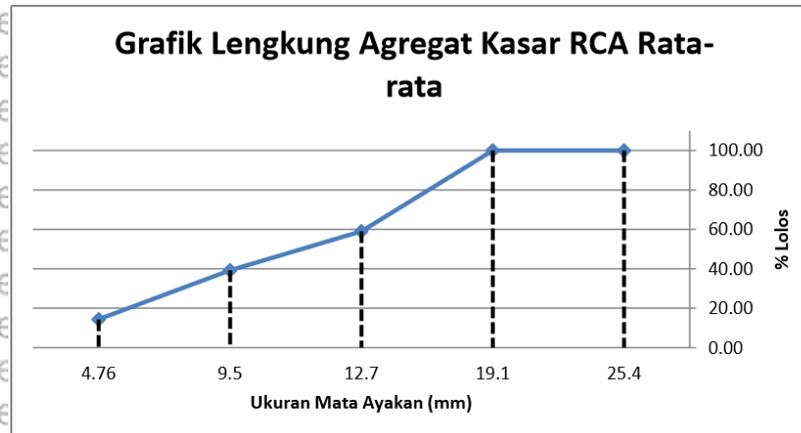
##### 4.1.1 Gradasi Agregat Kasar

Agregat kasar pada penelitian ini menggunakan dua jenis, yaitu agregat kasar alami (NCA) dan agregat kasar daur ulang (RCA). Masing-masing agregat kasar dicari terlebih dahulu gradasinya agar mengetahui sebaran ukuran butirannya. Gradasi agregat kasar dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut :



**Gambar 4.1 Gradasi Agregat Kasar Alami (NCA)**

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa ukuran agregat kasar alami (NCA) adalah 4,76 mm sampai dengan 19,1 mm. Agregat kasar alami dengan ukuran 4,76 mm sampai 12,7 mm sebesar  $\pm 45\%$  dan ukuran 12,7 mm sampai dengan 19,1 mm sebesar  $\pm 55\%$ .



**Gambar 4.2 Gradasi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)**

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa ukuran agregat kasar daur ulang (RCA) adalah 4,76 mm sampai dengan 19,1 mm. Pada RCA memiliki agregat di bawah ukuran 4,76 mm namun tidak digunakan sebesar  $\pm 15\%$ . Agregat kasar daur ulang dengan ukuran 4,76 mm sampai 12,7 mm sebesar  $\pm 45\%$  dan ukuran 12,7 mm sampai dengan 19,1 mm sebesar 40%.

Dari hasil uji gradasi agregat kasar NCA dan RCA pada gambar 4.1 dan gambar 4.2, digunakan agregat kasar untuk penelitian ini adalah dua jenis ukuran yaitu 4,76 mm sampai dengan 12,7 mm sebesar 40% dan ukuran 12,7 mm sampai dengan 19,1 mm sebesar 60%. Hal ini dikarenakan untuk mengefektifkan penggunaan material agregat kasar NCA maupun RCA yang ada.

#### **4.1.2 Berat Isi Agregat Kasar Alami (NCA) dan Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)**

Berat isi merupakan perbandingan dari massa agregat dengan volume agregat tersebut. Penelitian berat isi diperlukan untuk perhitungan jumlah agregat pada mix design yang akan dibuat. Berat isi didapatkan dengan cara menimbang agregat pada volume yang telah ditentukan. Hasil dari penelitian berat isi NCA dan RCA terdapat pada table 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1 Berat Isi Agregat Kasar Alami (NCA)

NO	KETERANGAN	NCA 1		NCA 2		NCA 3	
		Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled
1	berat takaran (gr)	1632.8	1632.9	1632.8	1632.8	1632.9	1632.8
2	berat takaran + air (gr)	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7
3	berat air = (2)-(1) (gr)	3080.9	3080.8	3080.9	3080.9	3080.8	3080.9
4	volume air = (3)/1000 (l)	3.0809	3.0808	3.0809	3.0809	3.0808	3.0809
5	berat takaran (gr)	1632.8	1632.9	1632.8	1632.8	1632.9	1632.8
6	berat takaran + benda uji (gr)	6700	6160	6540	6700	6160	6540
7	berat benda uji = (6)-(5) (gr)	5067.2	4527.1	4907.2	5067.2	4527.1	4907.2
8	berat isi agregat kasar = (7)/(4) (gr/l)	1398.05	1599.27	1417.52	1644.71	1469.4	1592.7
9	berat isi agregat kasar rata-rata kg/m <sup>3</sup>	1520.3					

Tabel 4.2 Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

NO	KETERANGAN	RCA 1		RCA 2		RCA 3	
		Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled
1	berat takaran (gr)	1632.8	1632.9	1632.8	1632.8	1632.9	1632.8
2	berat takaran + air (gr)	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7
3	berat air = (2)-(1) (gr)	3080.9	3080.8	3080.9	3080.9	3080.8	3080.9
4	volume air = (3)/1000 (l)	3.0809	3.0808	3.0809	3.0809	3.0808	3.0809
5	berat takaran (gr)	1632.8	1632.9	1632.8	1632.8	1632.9	1632.8
6	berat takaran + benda uji (gr)	6700	6160	6540	6700	6160	6540
7	berat benda uji = (6)-(5) (gr)	5067.2	4527.1	4907.2	5067.2	4527.1	4907.2
8	berat isi agregat kasar = (7)/(4) (gr/l)	1398.05	1599.27	1417.52	1644.71	1469.4	1592.7
9	berat isi agregat kasar rata-rata kg/m <sup>3</sup>	1359.1					

Berdasarkan hasil dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 didapatkan berat isi dari agregat kasar alami sebesar 1520,3 kg/m<sup>3</sup> yang lebih besar dari berat isi agregat kasar daur ulang yang sebesar 1359,1 kg/m<sup>3</sup>. Dari data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa NCA lebih berat dan lebih padat daripada RCA.

#### 4.1.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Alami (NCA) dan Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Berat jenis adalah perbandingan massa jenis suatu benda dan massa jenis air murni. Berat jenis ada tiga macam yaitu, berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, dan berat jenis semu. Dan penyerapan adalah perbandingan antara air yang berada di pori-pori agregat dan berat kering agregat tersebut. Hasil dari pengujian berat jenis agregat kasar alami terdapat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 berikut :



Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorbansi NCA

NCA		1	2	3	4	5	6	RATA-RATA
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj (gr)	5090	5100	5075	5080	5090	5050	5080.83
Berat benda uji kering oven	Bk (gr)	4910	4940	4930	4960	4960	4910	4935
Berat benda uji dalam air	Ba (gr)	3100	3094	3174	3224	3109	3103	3134.00
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)	2.47	2.46	2.59	2.67	2.50	2.52	2.54
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	2.56	2.54	2.67	2.74	2.57	2.59	2.61
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	2.71	2.68	2.81	2.86	2.68	2.72	2.74
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bk x 100%	3.67	3.24	2.94	2.42	2.62	2.85	2.96

Dari tabel 4.3 didapatkan hasil pengujian berat jenis curah rata-rata sebesar 2,52, berat jenis kering permukaan jenuh rata-rata sebesar 2,61, dan berat jenis semu rata-rata sebesar 2,78. Untuk penyerapan agregat didapatkan 2,96 %. Dari ketiga hasil perhitungan berat jenis tersebut, yang digunakan adalah berat jenis kering permukaan jenuh. Syarat dari berat jenis adalah 2,4 sampai dengan 2,9 sehingga agregat kasar alami pada penelitian ini yang memiliki berat jenis kering permukaan jenuh sebesar 2,61 dapat digunakan.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorbansi RCA

RCA		1	2	3	4	5	6	RATA-RATA
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj (gr)	5100	5100	5260	5270	5310	5230	5211.67
Berat benda uji kering oven	Bk (gr)	4820	4720	4940	4940	4960	4900	4880
Berat benda uji dalam air	Ba (gr)	2996	2954	3054	3059	3074	3033	3028.33
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)	2.29	2.20	2.24	2.23	2.22	2.23	2.24
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	2.42	2.38	2.38	2.38	2.37	2.38	2.39
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	2.64	2.67	2.62	2.63	2.63	2.62	2.64
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bk x 100%	5.81	8.05	6.48	6.68	7.06	6.73	6.80

Dari tabel 4.4 didapatkan hasil pengujian berat jenis curah rata-rata sebesar 2,24, berat jenis kering permukaan jenuh rata-rata sebesar 2,39, dan berat jenis semu rata-rata sebesar 2,64. Untuk penyerapan agregat didapatkan 6,8%. Dari ketiga hasil perhitungan berat jenis tersebut, yang digunakan adalah berat jenis kering permukaan jenuh sebesar 2,39.

Perbandingan pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 didapatkan hasil ketiga berat jenis agregat kasar alami lebih besar daripada berat jenis agregat kasar daur ulang. Namun, penyerapan agregat kasar alami lebih kecil daripada agregat kasar daur ulang. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.1 sampai dengan tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa mutu dari agregat kasar alami (NCA) lebih baik dari mutu agregat kasar daur ulang (RCA).

#### 4.2 Keleccakan (*Workability*)

Keleccakan atau *workability* adalah ukuran untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan campuran beton. Pengujian ini dilakukan saat kondisi beton segar. Pada tabel 4.5 menunjukkan hasil tes slump pada sepuluh variasi *mix design*. Hasil tes slump ini menggunakan FAS sebesar 0,27.

Tabel 4.5 Uji Slump Beton Segar

No	Mix Design	Keterangan	Slump (cm)
1	Kontrol	NCA Kontrol	22
2	R0P1	NCA 0,75% Polypropylene Fiber	18
3	R0P2	NCA 1,5% Polypropylene Fiber	17
4	R0F1	NCA 0,75% Glass Fiber	18
5	R0F2	NCA 1,5% Glass Fiber	18
6	Kontrol	RCA Kontrol	17
7	R1P1	RCA 0,75% Polypropylene Fiber	20
8	R1P2	RCA 1,5% Polypropylene Fiber	17
9	R1F1	RCA 0,75% Glass Fiber	19
10	R1F2	RCA 1,5% Glass Fiber	14

Pada tabel 4.5 diperoleh nilai slump dari sepuluh variasi *mix design*. Nilai slump yang tercatat berkisar antara 17 cm sampai dengan 22 cm. Semakin besar nilai slump suatu campuran beton akan berdampak pada kemudahan pengerjaan beton tersebut. Sebaliknya semakin kecil nilai slump akan mengakibatkan pengerjaan beton lebih sulit. Uji slump pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini :



Gambar 4.3 Pengukuran slump beton segar

### 4.3 Berat Volume dan Void Ratio Beton Segar

#### 4.3.1 Berat Volume Beton Segar

Berat volume adalah perbandingan antara massa suatu material dibandingkan dengan volumenya. Pada penelitian ini dilakukan test berat volume sebanyak tiga sampel tiap variasi *mix design*. Pengecekan berat volume dilakukan dengan cara menuangkan beton segar ke alat uji secara bertahap, yaitu dibagi menjadi dua lapisan. Tiap lapisnya akan dipadatkan dengan *proctor hammer* sebanyak sepuluh kali sesuai dengan ASTM C 1688/C1688M-08. Dan hasil dari pengecekan ini dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut ini :

Tabel 4.6 Berat Volume Beton Segar

No	Mix Design	Keterangan	Mc	Mm	Vm (m <sup>3</sup> )	Ms	Vs (m <sup>3</sup> )	Density (D) (kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata Density (D) (kg/m <sup>3</sup> )
1	Kontrol	NCA Kontrol	1	13.86	5.85	0.0043	207.21	0.135	1852.55
			2	13.75	5.85	0.0043	207.21	0.135	1827.10
			3	13.82	5.85	0.0043	207.21	0.135	1843.29
2	ROP1	Polypropylene Fiber	1	13.9	5.85	0.0043	207.46	0.135	1861.80
			2	13.98	5.85	0.0043	207.46	0.135	1880.30
			3	14.08	5.85	0.0043	207.46	0.135	1903.43
3	ROP2	Polypropylene Fiber	1	13.54	5.85	0.0043	207.72	0.135	1778.54
			2	13.64	5.85	0.0043	207.72	0.135	1801.66
			3	13.6	5.85	0.0043	207.72	0.135	1792.41
4	ROF1	NCA 0,75% Glass Fiber	1	14.53	5.85	0.0043	207.46	0.135	2007.50
			2	14.55	5.85	0.0043	207.46	0.135	2012.13
			3	14.33	5.85	0.0043	207.46	0.135	1961.25
5	ROF2	NCA 1,5% Glass Fiber	1	14.49	5.85	0.0043	207.72	0.135	1998.25
			2	14.4	5.85	0.0043	207.72	0.135	1977.44
			3	14.33	5.85	0.0043	207.72	0.135	1961.25

No	Mix Design	Keterangan	Mc	Mm	Vm (m <sup>3</sup> )	Ms	Vs (m <sup>3</sup> )	Density (D) (kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata Density (D) (kg/m <sup>3</sup> )
6	Kontrol	RCA Kontrol	1	13.66	5.85	0.0043	189.92	0.135	1806.29
			2	13.5	5.85	0.0043	189.92	0.135	1769.29
			3	13.68	5.85	0.0043	189.92	0.135	1810.92
7	R1P1	Polypropylene Fiber	1	13.51	5.85	0.0043	190.17	0.135	1771.60
			2	13.91	5.85	0.0043	190.17	0.135	1864.11
			3	13.38	5.85	0.0043	190.17	0.135	1741.53
8	R1P2	Polypropylene Fiber	1	13.53	5.85	0.0043	190.42	0.135	1776.22
			2	13.53	5.85	0.0043	190.42	0.135	1776.22
			3	13.56	5.85	0.0043	190.42	0.135	1783.16
9	R1F1	RCA 0,75% Glass Fiber	1	13.88	5.85	0.0043	190.17	0.135	1857.17
			2	14.2	5.85	0.0043	190.17	0.135	1931.18
			3	14.11	5.85	0.0043	190.17	0.135	1910.37
10	R1F2	RCA 1,5% Glass Fiber	1	13.99	5.85	0.0043	190.42	0.135	1882.61
			2	13.87	5.85	0.0043	190.42	0.135	1854.86
			3	13.96	5.85	0.0043	190.42	0.135	1875.67

Pengukuran Mc untuk perhitungan void ratio pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Pengambilan data Mc untuk berat volume

#### 4.3.2 Void Ratio Beton Segar

*Void ratio* adalah persentase rongga udara pada beton segar termasuk juga udara yang terperangkap pada pasta semen. *Void ratio* yang tinggi menandakan rongga pada beton porous sangat banyak sehingga akan membuat beton porous mengalami penurunan kekuatan dan koefisien permeabilitas akan meningkat. *Void Ratio* diperoleh dari perbandingan antara selisih *teoritical density* dan *actual density* dengan *teoritical density*.

dan dikalikan dengan 100%. *Theoretical density* adalah perbandingan antar massa total semua campuran material dengan total volume dari seluruh campuran. *Actual density* diperoleh dari pembagian massa benda uji dengan volume benda uji beton seperti yang sudah ditulis pada tabel 4.6. Sedangkan perhitungan massa total dan volume total campuran untuk perhitungan *theoretical density* akan disajikan pada tabel 4.7 berikut ini :

Tabel 4.7 Berat volume material dan massa total campuran

Kode Mix Design	Volume total (m3)	Volume total 140% (m3)	Volume semen (m3)	Berat volume semen (kg/m3)	Berat semen (kg)	Volume agregat kasar (m3)	Berat volume agregat (kg/m3)	Berat agregat kasar (kg)	FAS	Berat air (kg)	Berat polypropylene (kg)	Berat glass fiber (kg)	Massa total campuran (kg)
Kontrol	0.097	0.135	0.027	1250	33.78	0.108	1520	164.31	0.27	9.12			207.21
ROP1	0.097	0.135	0.027	1250	33.78	0.108	1520	164.31	0.27	9.12	0.253		207.46
ROP2	0.097	0.135	0.027	1250	33.78	0.108	1520	164.31	0.27	9.12	0.507		207.72
ROF1	0.097	0.135	0.027	1250	33.78	0.108	1520	164.31	0.27	9.12		0.253	207.46
ROF2	0.097	0.135	0.027	1250	33.78	0.108	1520	164.31	0.27	9.12		0.507	207.72
Kontrol	0.097	0.135	0.027	1250	33.78	0.108	1360	147.01	0.27	9.12			189.92
R1P1	0.097	0.135	0.027	1250	33.78	0.108	1360	147.01	0.27	9.12	0.253		190.17
R1P2	0.097	0.135	0.027	1250	33.78	0.108	1360	147.01	0.27	9.12	0.507		190.42
R1F1	0.097	0.135	0.027	1250	33.78	0.108	1360	147.01	0.27	9.12		0.253	190.17
R1F2	0.097	0.135	0.027	1250	33.78	0.108	1360	147.01	0.27	9.12		0.507	190.42

Selanjutnya untuk menghitung *void ratio* adalah dengan cara membagi antara selisih *theoretical density* ( $M_s/V_s$ ) dan *actual density* ( $\frac{M_c - M_m}{V_m}$ ) dengan *theoretical density* atau bisa kita tulis menjadi  $\frac{T-D}{T} \times 100\%$ . Perhitungan *void ratio* dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut ini :

Tabel 4.8 Perhitungan *Void Ratio*

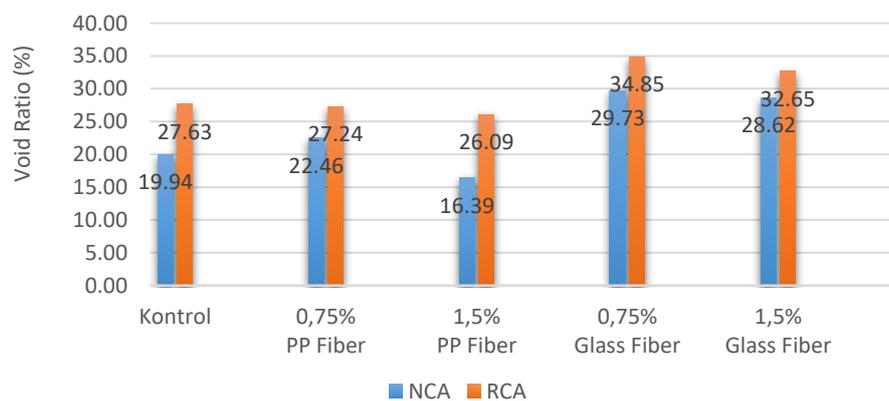
No	Mix Design	Keterangan	Mc	Mm	Vm (m3)	Ms	Vs (m3)	Density (D) (kg/m3)	Theoretical Density (T) (kg/m3)	Void Ratio (U) %	Rata-rata Void Ratio (U) %	
1	Kontrol	NCA Kontrol	13.86	5.85	0.0043	207.21	0.135	1852.55	1534.89	20.70		
1	ROP1	Polypropylene Fiber	1	13.75	5.85	0.0043	207.21	0.135	1827.10	1534.89	19.04	19.94
			2	13.82	5.85	0.0043	207.21	0.135	1843.29	1534.89	20.09	
			3	13.9	5.85	0.0043	207.46	0.135	1861.80	1536.74	21.15	
2	ROP2	Polypropylene Fiber	1	13.98	5.85	0.0043	207.46	0.135	1880.30	1536.74	22.36	22.46
			2	14.08	5.85	0.0043	207.46	0.135	1903.43	1536.74	23.86	
			3	14.08	5.85	0.0043	207.46	0.135	1903.43	1536.74	23.86	
3	ROF1	NCA 1,5%	1	13.54	5.85	0.0043	207.72	0.135	1778.54	1538.67	15.59	
			2	13.64	5.85	0.0043	207.72	0.135	1801.66	1538.67	17.09	16.39
			3	13.6	5.85	0.0043	207.72	0.135	1792.41	1538.67	16.49	
4	ROF2	NCA 0,75%	1	14.53	5.85	0.0043	207.46	0.135	2007.50	1536.74	30.63	
			2	14.55	5.85	0.0043	207.46	0.135	2012.13	1536.74	30.93	29.73
			3	14.33	5.85	0.0043	207.46	0.135	1961.25	1536.74	27.62	
5	ROF2	NCA 1,5%	1	14.49	5.85	0.0043	207.72	0.135	1998.25	1538.67	29.87	
			2	14.4	5.85	0.0043	207.72	0.135	1977.44	1538.67	28.52	28.62
			3	14.33	5.85	0.0043	207.72	0.135	1961.25	1538.67	27.46	

No	Mix Design	Keterangan	Mc	Mm	Vm (m <sup>3</sup> )	Ms	Vs (m <sup>3</sup> )	Density (D) (kg/m <sup>3</sup> )	Theoretical Density (T) (kg/m <sup>3</sup> )	Void Ratio (U) %	Rata-rata Void Ratio (U) %	
6	Kontrol	RCA Kontrol	1	13.66	5.85	0.0043	189.92	0.135	1806.29	1406.81	28.40	
			2	13.5	5.85	0.0043	189.92	0.135	1769.29	1406.81	25.77	27.63
			3	13.68	5.85	0.0043	189.92	0.135	1810.92	1406.81	28.72	
7	R1P1	RCA 0,75%	1	13.51	5.85	0.0043	190.17	0.135	1771.60	1408.67	25.76	
		Polypropylene Fiber	2	13.91	5.85	0.0043	190.17	0.135	1864.11	1408.67	32.33	27.24
			3	13.38	5.85	0.0043	190.17	0.135	1741.53	1408.67	23.63	
8	R1P2	RCA 1,5%	1	13.53	5.85	0.0043	190.42	0.135	1776.22	1410.52	25.93	
		Polypropylene Fiber	2	13.53	5.85	0.0043	190.42	0.135	1776.22	1410.52	25.93	26.09
			3	13.56	5.85	0.0043	190.42	0.135	1783.16	1410.52	26.42	
9	R1F1	RCA 0,75%	1	13.88	5.85	0.0043	190.17	0.135	1857.17	1408.67	31.84	
		Glass Fiber	2	14.2	5.85	0.0043	190.17	0.135	1931.18	1408.67	37.09	34.85
			3	14.11	5.85	0.0043	190.17	0.135	1910.37	1408.67	35.62	
10	R1F2	RCA 1,5%	1	13.99	5.85	0.0043	190.42	0.135	1882.61	1410.52	33.47	
		Glass Fiber	2	13.87	5.85	0.0043	190.42	0.135	1854.86	1410.52	31.50	32.65
			3	13.96	5.85	0.0043	190.42	0.135	1875.67	1410.52	32.98	

Pada tabel 4.8 dapat dilihat perhitungan dan rata-rata *void ratio* dari sepuluh variasi *mix design* beton porous. *Void ratio* yang didapat berkisar antara 16% sampai dengan 34%.

*Void ratio* terkecil didapat pada *mix design* NCA 1,5% *polypropylene fiber* sebesar 16,39% dan *void ratio* terbesar didapat pada RCA 0,75% *glass fiber* sebesar 34,85%. Pada gambar 4.5 merupakan grafik hubungan *void ratio* dengan komposisi *fiber*.

### Hubungan Void Ratio dengan Variasi Fiber



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara void ratio dengan variasi fiber

#### 4.4 Abrasi Beton Porous

Pengujian abrasi bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *glass fiber* dan *polypropylene fiber* terhadap keausan beton porous. Namun, pada beton porous itu sendiri kuat tekan juga dipengaruhi juga oleh *void ratio* dan permeabilitas dari beton porous.

Pengujian abrasi pada penelitian ini dilakukan saat beton berumur 28 hari.

#### 4.5 Hasil Pengujian Abrasi

Pengujian abrasi beton porous menggunakan metode contabro loss yaitu benda uji yang telah dibuat dimasukkan dalam LA machine dan diputar sebanyak 500 kali tanpa bola baja dengan kecepatan berkisar 30 sampai dengan 33 rpm. Dengan hasil tes dapat dilihat pada tabel dengan kondisi agregat kasar menggunakan NCA dan RCA sebagai berikut:

$$\text{Kehilangan berat} = (a-b)/a \times 100 (\%) \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana : Berat sebelum pengujian (a)

Berat setelah pengujian (b)

Kehilangan berat (d)

Rata-rata kehilangan berat (e)

Pada penelitian ini mempunyai sepuluh variasi *mix design*, dan tiap-tiap *mix design* mempunyai lima benda uji beton porous. Hasil dari pengujian abrasi beton porous yang menggunakan agregat kasar alami (NCA) yang dipergunakan sebagai kontrol didapat nilai rata-rata abrasi sebesar 61.23% dapat dilihat pada tabel 4.9.

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dijelaskan bahwa nilai abrasi rata-rata benda uji kontrol melebihi dari 50% .

Tabel 4.9 Abrasi NCA Kontrol

NO	KODE MIX DESIGN	BERAT	BERAT	(a-b)/a	c x 100 (%)	Rata-Rata Abrasi (%)
		BENDA UJI AWAL (gram)	BENDA UJI SETELAH ABRASI (gram)			
		a	b	c	d	e
1	KONTROL	3.281,3	1.167,5	0,64	64,42	
2		3.369,5	1.222,7	0,64	63,71	
3		3.469,4	1.389,7	0,60	59,94	
4		3.293,2	1.378,5	0,58	58,14	
5		3.234,2	1.295,4	0,60	59,95	61,23

Hasil analisis sebanyak 5 (lima) benda uji yang menggunakan agregat kasar alami (NCA) ditambah *polypropylene fiber* sebanyak 0.75% didapat nilai rata-rata abrasi sebesar 47.55 % sebagaimana tertera dalam Tabel 4.10.

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat dijelaskan bahwa nilai abrasi mengalami kecenderungan turun jika dibandingkan dengan benda uji kontrol yaitu dari 61.23% menjadi 47.55.% akibat adanya penambahan *polypropylene fiber* sebanyak 0.75%.

Tabel 4.10 Abrasi NCA + *Polypropylene* 0.75%

NO	KODE MIX DESIGN	BERAT BENDA UJI AWAL (gram)	BERAT BENDA UJI SETELAH ABRASI (gram)	(a-b)/a	c x 100 (%)	Rata-Rata Abrasi (%)
		a	b			
1	ROP1	3.521,2	1.854,8	0,47	47,32	
2		3.364,6	2.002,1	0,40	40,50	
3		3.663,5	1.927,0	0,47	47,40	
4		3.674,2	1.852,4	0,50	49,58	
5		3.618,0	1.701,8	0,53	52,96	47,55

Hasil analisis sebanyak 5 (lima) benda uji yang menggunakan agregat kasar alami (NCA) ditambah *polypropylene fiber* sebanyak 1.5 % didapat nilai rata-rata abrasi sebesar 67.72 % sebagaimana tertera dalam Tabel 4.11.

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat dijelaskan bahwa nilai abrasi mengalami naik jika dibandingkan dengan benda uji kontrol yaitu dari 61.23 % menjadi 67.72 % akibat adanya penambahan *polypropylene fiber* sebanyak 1.5 %

Tabel 4.11 Abrasi NCA+*Polypropylene* 1.5%

NO	KODE MIX DESIGN	BERAT BENDA UJI AWAL (gram)	BERAT BENDA UJI SETELAH ABRASI (gram)	(a-b)/a	c x 100 (%)	Rata-Rata Abrasi (%)
		a	b			
1	ROP2	3.568,4	1.131,3	0,68	68,30	
2		3.449,1	1.118,4	0,68	67,57	
3		3.504,5	1.297,1	0,63	62,99	
4		3.467,9	1.072,7	0,69	69,07	
5		3.525,1	1.033,0	0,71	70,70	67,72

Hasil analisis sebanyak 5 (lima) benda uji yang menggunakan agregat kasar alami (NCA) ditambah *glass fiber* sebanyak 0.75 % didapat nilai rata-rata abrasi sebesar 52.57 % sebagaimana tertera dalam Tabel 4.12.

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat dijelaskan bahwa nilai abrasi mengalami kecenderungan menurun jika dibandingkan dengan benda uji kontrol yaitu dari 61.23 % menjadi 52.57 % akibat adanya penambahan *glass fiber* sebanyak 0.75 %

Tabel 4.12 Abrasi NCA + *Glass Fiber* 0.75%

NO	KODE MIX DESIGN	BERAT	BERAT	(a-b)/a	c x 100 (%)	Rata-Rata Abrasi (%)
		BENDA UJI AWAL (gram)	BENDA UJI SETELAH ABRASI (gram)			
		a	b	c	d	e
1	ROF1	3.394,6	1.496,7	0,56	55,91	
2		3.382,4	1.386,2	0,59	59,02	
3		3.432,4	1.695,7	0,51	50,60	
4		3.422,6	1.778,2	0,48	48,05	
5		3.480,0	1.765,2	0,49	49,28	52,57

Hasil analisis sebanyak 5 (lima) benda uji yang menggunakan agregat kasar alami (NCA) ditambah *glass fiber* sebanyak 1.5 % didapat nilai rata-rata abrasi sebesar 49.75 % sebagaimana tertera dalam Tabel 4.13.

Berdasarkan Tabel 4.13 dapat dijelaskan bahwa nilai abrasi mengalami menurun jika dibandingkan dengan benda uji kontrol yaitu dari 61.23 % menjadi 49.75 % akibat adanya penambahan *glass fiber* sebanyak 1.5 %

Tabel 4.13 Abrasi NCA + *Glass Fiber* 1.5%

NO	KODE MIX DESIGN	BERAT	BERAT	(a-b)/a	c x 100 (%)	Rata-Rata Abrasi (%)
		BENDA UJI AWAL (gram)	BENDA UJI SETELAH ABRASI (gram)			
		a	b	c	d	e
1	ROF2	3.635,1	1.669,7	0,54	54,07	
2		3.426,7	1.669,4	0,51	51,28	
3		3.444,4	1.728,0	0,50	49,83	
4		3.609,3	1.827,6	0,49	49,36	
5		3.749,9	2.093,0	0,44	44,19	49,75

Hasil analisis sebanyak 5 (lima) benda uji yang menggunakan agregat kasar daur ulang (RCA) yang dipergunakan sebagai kontrol didapat nilai rata-rata abrasi sebesar 54.31 % sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.14.

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat dijelaskan bahwa nilai abrasi benda uji kontrol melebihi dari 50%



Tabel 4.14 Abrasi RCA Kontrol

NO	KODE MIX DESIGN	BERAT	BERAT	(a-b)/a	c x 100 (%)	Rata-Rata Abrasi (%)
		BENDA UJI AWAL (gram)	BENDA UJI SETELAH ABRASI (gram)			
		a	b	c	d	e
1	KONTROL	3.242,5	1.604,5	0,51	50,52	
2		3.251,3	1.390,7	0,57	57,23	
3		3.269,6	1.564,5	0,52	52,15	
4		3.179,6	1.376,5	0,57	56,71	
5		3.142,4	1.415,2	0,55	54,96	54,31

Hasil analisis sebanyak 5 (lima) benda uji yang menggunakan agregat kasar daur ulang (RCA) ditambah *polypropylene fiber* sebanyak 0.75% didapat nilai rata-rata abrasi sebesar 54.51 % sebagaimana tertera dalam Tabel 4.15.

Berdasarkan Tabel 4.15 dapat dijelaskan bahwa nilai abrasi mengalami sama/tetap jika dibandingkan dengan benda uji control yaitu dari 54.31 % menjadi 54.51 % akibat adanya penambahan *polypropylene fiber* sebanyak 0.75%.

Tabel 4.15 Abrasi RCA + Polypropylene Fiber 0.75%

NO	KODE MIX DESIGN	BERAT	BERAT	(a-b)/a	c x 100 (%)	Rata-Rata Abrasi (%)
		BENDA UJI AWAL (gram)	BENDA UJI SETELAH ABRASI (gram)			
		a	b	c	d	e
1	R1P1	3.406,4	1.641,5	0,52	51,81	
2		3.690,7	1.659,8	0,55	55,03	
3		3.281,7	1.306,2	0,60	60,20	
4		3.324,0	1.552,6	0,53	53,29	
5		3.106,4	1.483,7	0,52	52,24	54,51

Hasil analisis sebanyak 5 (lima) benda uji yang menggunakan agregat kasar daur ulang (RCA) ditambah *polypropylene fiber* sebanyak 1.5 % didapat nilai rata-rata abrasi sebesar 53.28 % sebagaimana tertera dalam Tabel 4.16.

Berdasarkan Tabel 4.16 dapat dijelaskan bahwa nilai abrasi mengalami *sama / tetap* jika dibandingkan dengan benda uji Kontrol yaitu dari 54.31 % menjadi 53.28 % akibat adanya penambahan *polypropylene fiber sebanyak 1.50 %*.

Tabel 4.16 Abrasi RCA + Polypropylene Fiber 1.5%

NO	KODE MIX DESIGN	BERAT	BERAT	(a-b)/a	c x 100 (%)	Rata-Rata Abrasi (%)
		BENDA UJI AWAL (gram)	BENDA UJI SETELAH ABRASI (gram)			
		a	b	c	d	e
1	R1P2	3.284,0	1.620,1	0,51	50,67	
2		3.284,0	1.314,5	0,60	59,97	
3		3.296,5	1.562,8	0,53	52,59	
4		3.182,2	1.614,8	0,49	49,26	
5		3.276,5	1.509,9	0,54	53,92	53,28

Hasil analisis sebanyak 5 (lima) benda uji yang menggunakan agregat kasar daur ulang (RCA) ditambah *glass fiber* sebanyak 0.75% didapat nilai rata-rata abrasi sebesar 54.90 % sebagaimana tertera dalam Tabel 4.17.

Berdasarkan Tabel 4.17 dapat dijelaskan bahwa nilai abrasi *sama / tetap* jika dibandingkan dengan benda uji kontrol yaitu dari 54.31 % menjadi 54.90 % akibat adanya penambahan *glass fiber sebanyak 0.75%*.

Tabel 4.17 Abrasi RCA + Glass Fiber 0.75%

NO	KODE MIX DESIGN	BERAT	BERAT	(a-b)/a	c x 100 (%)	Rata-Rata Abrasi (%)
		BENDA UJI AWAL (gram)	BENDA UJI SETELAH ABRASI (gram)			
		a	b	c	d	e
1	R1F1	3.281,3	1.442,3	0,56	56,04	
2		3.304,4	1.619,2	0,51	51,00	
3		3.422,9	1.533,7	0,55	55,19	
4		3.417,4	1.478,0	0,57	56,75	
5		3.302,8	1.469,1	0,56	55,52	54,90

Hasil analisis sebanyak 5 (lima) benda uji yang menggunakan agregat kasar daur ulang (RCA) ditambah *glass fiber* sebanyak 1.5 % didapat nilai rata-rata abrasi sebesar 52.04 % sebagaimana tertera dalam Tabel 4.18.

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat dijelaskan bahwa nilai abrasi *kecenderungan sama / tetap* jika dibandingkan dengan benda uji kontrol yaitu dari 54.31 % menjadi 52.04 %, akibat adanya *penambahan glass fiber sebanyak 1.5 %*.

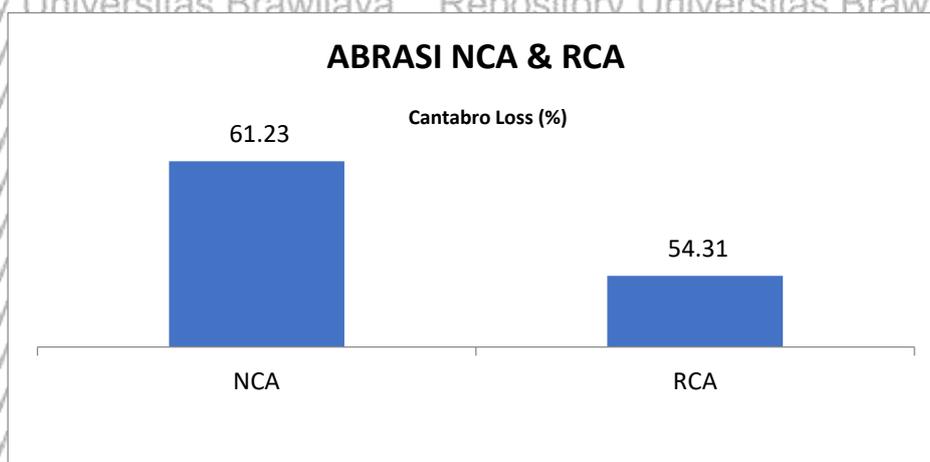
Tabel 4.18 Abrasi RCA + *Glass Fiber* 1.5%

NO	KODE MIX DESIGN	BERAT	BERAT	(a-b)/a	c x 100 (%)	Rata-Rata Abrasi (%)
		BENDA UJI AWAL (gram)	BENDA UJI SETELAH ABRASI (gram)			
		a	b	c	d	e
1	R1F2	3.397,0	1.805,4	0,47	46,85	52,04
2		3.293,7	1.655,1	0,50	49,75	
3		3.351,8	1.661,9	0,50	50,42	
4		3.262,0	1.359,6	0,58	58,32	
5		3.254,0	1.469,0	0,55	54,86	

#### 4.5. Pengaruh Penggunaan NCA dan RCA

##### 4.5.1. Hasil Test Abrasi Pada Penggunaan NCA

Berdasarkan hasil analisis seperti pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai abrasi beton porous yang menggunakan agregat kasar alami (NCA) sebagai benda uji kontrol adalah sebesar 61.23 %. Hal ini dapat dikatakan mempunyai nilai abrasi yang besar karena melebihi dari 50 %.



Gambar 4.6. hasil pengujian daya tahan aus pada RCA+NCA

#### 4.5.2. Hasil Test Abrasi Pada Penggunaan RCA

Berdasarkan hasil analisis mix design menunjukkan bahwa nilai abrasi beton porous yang menggunakan agregat kasar daur ulang (RCA) sebagai benda uji kontrol adalah sebesar 54.31 %

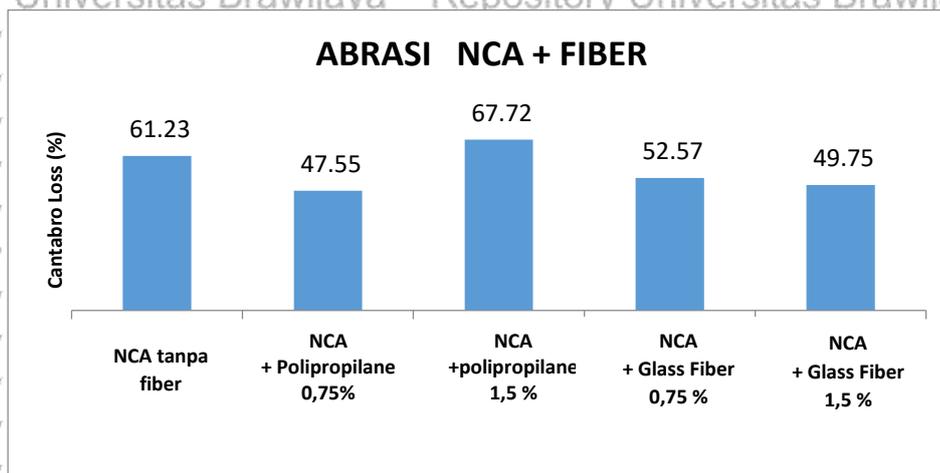
Penggunaan agregat kasar daur ulang (RCA) mempunyai nilai abrasi lebih rendah yaitu sebesar rata-rata : 54.31 % dibandingkan dengan menggunakan agregat kasar alam (NCA) yaitu rata-rata sebesar : 61.23 % yang digunakan pada beton porous. Lihat Gambar 4.6. Abrasi NCA & RCA.

#### 4.6. Pengaruh Penambahan *Glass fiber* dan *Polypropylene fiber*

Pengaruh penambahan *Glass fiber* dan *Polypropylene fiber* ini dibagi dalam 2 (dua) kondisi, yaitu kondisi menggunakan agregat alam (NCA) dan menggunakan agregat daur ulang (RCA).

##### 4.6.1. Pengaruh Penambahan *Glass fiber* dan *Polypropylene fiber* Pada NCA

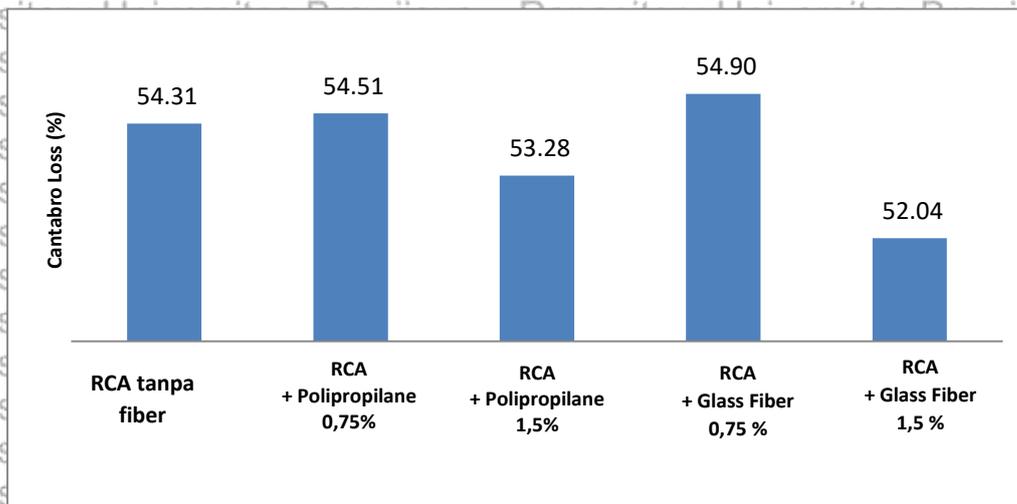
Penggunaan polypropylene fiber sebesar 0.75 % pada beton porous yang menggunakan agregat alam atau natural coarse aggregate (NCA) dapat menurunkan tingkat abrasi sebesar  $\pm 13.68$  %. Sedangkan penambahan glass fiber sebesar 1.5 % pada beton porous yang menggunakan natural coarse aggregate (NCA) dapat menurunkan tingkat abrasi sebesar  $\pm 11.49$  %. Sehingga direkomendasikan pada penggunaan agregat kasar alami cukup menambahkan polypropylene fiber sebesar 0.75 % seperti gambar 4.7.



Gambar 4.7. Diagram hasil Pengujian Daya Tahan Aus pada NCA+Fiber

#### 4.6.2. Pengaruh Penambahan Glass fiber dan Polypropylene fiber Pada RCA

Penggunaan polypropylene fiber maupun glass fiber sebesar 0.75 % dan 1.50 % pada beton porous yang menggunakan agregat daur ulang atau recycled coarse aggregate (RCA) ada mempunyai nilai abrasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, jadi penggunaan agregat kasar daur ulang tidak direkomendasikan untuk menambah polypropylene fiber maupun glass fiber karena hasilnya tidak signifikan. Lihat Gambar 4.8. Abrasi RCA + Fiber.



Gambar 4.8. hasil Pengujian Daya Tahan Aus pada RCA+Fiber

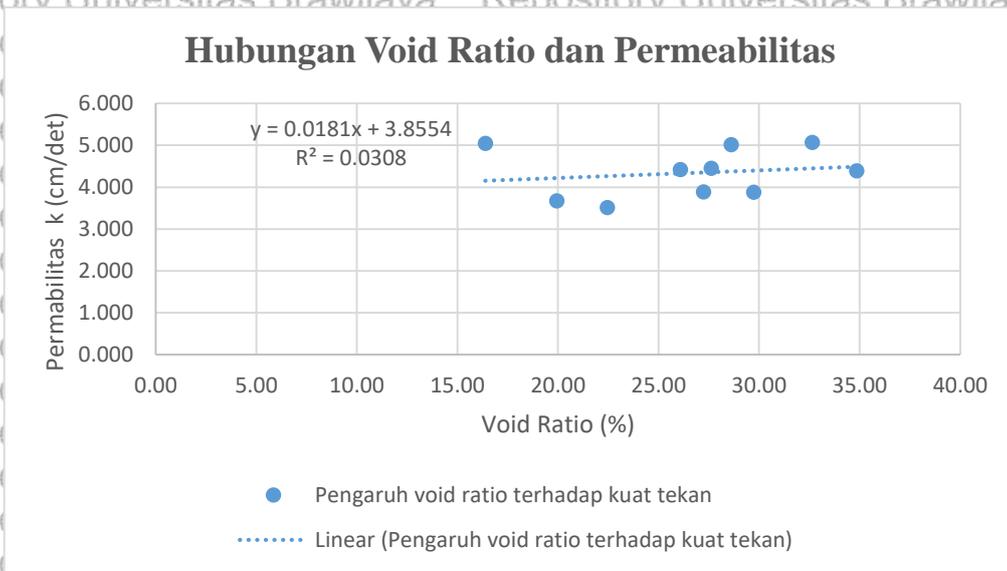
#### 4.7 Hubungan Void Ratio, dan Permeabilitas

Tujuan dari pembuatan beton porous adalah sebagai material beton yang dapat mengalirkan air, sehingga sifat fisiknya harus memiliki rongga. Maka dari itu, setiap pembuatan beton porous harus selalu mengecek tentang *void ratio* dan permeabilitas dari beton tersebut. Perbandingan antara *void ratio* (%), dan permeabilitas dituliskan pada tabel 4.19 di bawah ini :

Tabel 4.19 Data *Void Ratio*, Berat Volume, dan Permeabilitas Beton *Porous*

No	Mix Design	Sampel	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Void Ratio (%)	Permeabilitas (cm/det)
6	Kontrol	Kontrol RCA	1795.50	27.63	4.455
7	R1P1	POLY 0,75%	1792.41	27.24	3.890
8	R1P2	POLY 1,5%	1778.54	26.09	4.420
9	R1F1	FIBER 0,75%	1899.57	34.85	4.390
10	R1F2	FIBER 1,5%	1871.05	32.65	5.072

No	Mix Design	Sampel	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Void Ratio (%)	Permeabilitas (cm/det)
1	Kontrol	Kontrol NCA	1840.98	19.94	3.675
2	ROP1	POLY 0,75%	1881.84	22.46	3.516
3	ROP2	POLY 1,5%	1790.87	16.39	5.048
4	ROF1	FIBER 0,75%	1993.63	29.73	3.885
5	ROF2	FIBER 1,5%	1978.98	28.62	5.017



Gambar 4.9. Hubungan void ratio dan permeabilitas

Pada gambar 4.9 di atas adalah hubungan antara *void ratio* beton porous dengan permeabilitas. Dari hasil di atas kita dapat menyimpulkan bahwa semakin besar void ratio yang berarti semakin banyak rongga pada beton porous, maka permeabilitas beton porous tersebut semakin meningkat. Dan dari dua gambar di atas kita dapat menyimpulkan bahwa *void ratio* berbanding lurus dengan permeabilitas, namun berbanding terbalik terhadap kuat tekan beton porous.

Pada gambar 4.37 terlihat bahwa persamaan regresinya adalah  $y = 3,8554 + 0,0181x$ . Persamaan ini memiliki arti yaitu jika beton porous memiliki void ratio yang kecil, maka nilai permeabilitasnya akan konsisten sebesar 3,8554 (cm/det), dan +0,0181 memiliki arti bahwa setiap penambahan 1% void ratio akan menyebabkan meningkatkan koefisien permeabilitas sebesar 0,0181 (cm/det). Dan pada grafik tersebut didapatkan  $R^2 = 0,0308$  atau 3,08% yang berarti hal ini menunjukkan beda void ratio tidak berpengaruh secara signifikan terhadap permeabilitas.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian pengaruh *fiber* terhadap keausan beton porous dengan variasi recycled coarse aggregate RCA dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian abrasi pada beton *porous* RCA dan NCA putaran ke 500 menghasilkan nilai terkecil pada RCA adalah 54,31% dan NCA adalah 61,23%. Sehingga penggunaan RCA pada beton porous tidak pengaruh terhadap daya tahan abrasi.
2. Dari hasil penambahan polypropylene 0,75% dan glass fiber 0,75% pada RCA dapat meningkatkan daya tahan abrasi, dibandingkan polypropylene 1,5% dan glass fiber 1,5% yang tidak pengaruh terhadap daya tahan abrasi.

### 5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian ini, peneliti mengusulkan beberapa saran-saran antara lain sebagai berikut :

1. Pada penggunaan agregat kasar daur ulang untuk beton porous tidak diperlukan lagi penambahan baik itu polypropylene fiber maupun glass fiber karena kurang signifikan terhadap perbaikan nilai abrasi.
2. Perlu dilakukan kembali penelitian lanjutan terkait mix design yang sudah ada hal ini bertujuan sebagai metode pembelajaran bagi mahasiswa bahwa dengan penambahan bahan tambahan baik itu polypropylene fiber sebesar 1% maupun glass fiber 1% pada beton porous agar dapat mengurangi tingkat keausan, sehingga penggunaannya pada konstruksi jalan untuk lalu lintas rendah menjadi lebih tahan terhadap keausan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- ACI Committee. (2010). *ACI 522R-10, Report on Pervious Concrete*, USA: American
- ACI Committee 522 (2006). *Pervious concrete*, ACI International, Farmington Hills.
- Arifi, E. (2015). *Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Parsial Untuk Meningkatkan Peforma Beton Agregat Daur Ulang*. Jurnal: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Arifi, E., Zacob, Achfas. & Shigeishi, Mitsuhiro. (2014). *Effect Of Fly Ash On The Strength Of Concrete Made From Recycled Aggregate By Pulsed Power*. Jurnal: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Aroni, Ali., (2010), *Balok Pelat Beton Bertulang*, Edisi Pertama, Penerbit Graha Ilmu,
- ASTM C 618 + 05. (2005). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. ASTM International.
- ASTM C-125. (1995). *Standard Definition of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregate*. ASTM International.
- ASTM C1688. "Standard Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete.
- ASTM C-33. (2002). *Standard Specifcaton for Concrete Aggregates*. ASTM International
- Campuran Beton Normal*, Badan Standarisai Nasional, Jakarta, Indonesia.  
Concrete Institute.





### Lampiran 1. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar alam (NCA)

#### SAMPEL NCA

NCA		1	2	3	4	5	6
		(gr)					
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	5100	5100	5075	5080	5090	5050
Berat benda uji kering oven	Bk	4820	4820	4930	4960	4960	4910
Berat benda uji dalam air	Ba	0	0	3174	3224	3109	3103

RCA		1	2	3	4	5	6	Rerata
		gr						
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)	2,291	2,199	223,935	223,428	221,825	223,031	2,235
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	2,424	2,377	238,441	238,354	237,478	238,052	2,387
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	2,643	2,673	26,193	262,626	26,299	262,453	2,636
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%	5,809	8,051	647,773	668,016	705,645	673,469	<b>6,802</b>

#### SAMPEL RCA

RCA		1	2	3	4	5	6
		gr					
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	5100	5100	5260	5270	5310	5230
Berat benda uji kering oven	Bk	4820	4720	4940	4940	4960	4900
Berat benda uji dalam air	Ba	2996	2954	3054	3059	3074	3033

RCA		1	2	3	4	5	6	Rerata
		gr						
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)	2,291	2,199	223,935	223,428	221,825	223,031	2,235
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	2,424	2,377	238,441	238,354	237,478	238,052	2,387
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	2,643	2,673	26,193	262,626	26,299	262,453	2,636
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%	5,809	8,051	647,773	668,016	705,645	673,469	<b>6,802</b>

**Lampiran 2. Uji Berat Isi Agregat**

NO	KETERANGAN	RCA 1		RCA 2		RCA 3	
		Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled
1	berat takaran (gr)	1632.8	1632.9	1632.8	1632.8	1632.9	1632.8
2	berat takaran + air (gr)	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7
3	berat air = (2)-(1) (gr)	3080.9	3080.8	3080.9	3080.9	3080.8	3080.9
4	volume air = (3)/1000 (l)	3.0809	3.0808	3.0809	3.0809	3.0808	3.0809
5	berat takaran (gr)	1632.8	1632.9	1632.8	1632.8	1632.9	1632.8
6	berat takaran + benda uji (gr)	6700	6160	6540	6700	6160	6540
7	berat benda uji = (6)-(5) (gr)	5067.2	4527.1	4907.2	5067.2	4527.1	4907.2
8	berat isi agregat kasar = (7)/(4) (gr/l)	1398.05	1599.27	1417.52	1644.71	1469.4	1592.7
9	berat isi agregat kasar rata-rata kg/m <sup>3</sup>	1359.1					

NO	KETERANGAN	NCA 1		NCA 2		NCA 3	
		Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled
1	berat takaran (gr)	1632.8	1632.9	1632.8	1632.8	1632.9	1632.8
2	berat takaran + air (gr)	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7	4713.7
3	berat air = (2)-(1) (gr)	3080.9	3080.8	3080.9	3080.9	3080.8	3080.9
4	volume air = (3)/1000 (l)	3.0809	3.0808	3.0809	3.0809	3.0808	3.0809
5	berat takaran (gr)	1632.8	1632.9	1632.8	1632.8	1632.9	1632.8
6	berat takaran + benda uji (gr)	6700	6160	6540	6700	6160	6540
7	berat benda uji = (6)-(5) (gr)	5067.2	4527.1	4907.2	5067.2	4527.1	4907.2
8	berat isi agregat kasar = (7)/(4) (gr/l)	1398.05	1599.27	1417.52	1644.71	1469.4	1592.7
9	berat isi agregat kasar rata-rata kg/m <sup>3</sup>	1520.3					

**Lampiran 3.** Form hasil uji tarik belah benda uji AOC0/AOC1 dan dokumentasi

PENGUJIAN ABRASI BETON					
Nama	: KONTROL NCA				
Tanggal pembuatan	: 20 Desember 2018				
Tanggal uji	: 11 April 2019				
Tempat Uji	: Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UB				
Bentuk Benda uji	: Silinder (15cm x 10cm)				
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Agregat Kasar ukuran 1 cm - 2 cm	Semen	Fiber	Air	SP
kg					ml
65,724	98,586	33,78	-	9,12	211,125

Mix Design	sampel	sebelum di uji	setelah di uji
	1		
	2		
Variabel Mix Design "NCA Kontrol" Keterangan: 0% RCA, 100% NCA	3		
	4		
	5		

### PENGUJIAN ABRASI BETON

Nama	: NCA POLY 0,75%				
Tanggal pembuatan	: 31 Januari 2019				
Tanggal uji	: 11 April 2019				
Tempat Uji	: Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UB				
Bentuk Benda uji	: Silinder (15cm x 10cm)				
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Agregat Kasar ukuran 1 cm - 2 cm	Semen	Fiber	Air	SP
kg					ml
65,724	98,586	33,78	0,253	9,12	211,125

Mix Design	sampel	sebelum di uji	setelah di uji
Variabel Mix Design "NCA Kontrol" Keterangan: Polypropylene 0,75%	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

### PENGUJIAN ABRASI BETON

Nama	: NCA POLY 1,5%
Tanggal pembuatan	: 1 Februari 2019
Tanggal uji	: 11 April 2019
Tempat Uji	: Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UB
Bentuk Benda uji	: Silinder (15cm x 10cm)

### PERBANDINGAN CAMPURAN

Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Agregat Kasar ukuran 1 cm - 2 cm	Semen	Fiber	Air	SP
kg					ml
65,724	98,586	33,78	0,57	9,12	211,125

Mix Design	Sampel	Sebelum di uji	Setelah di uji
Variabel Mix Design "NCA Kontrol" Keterangan: Polypropylene 1,5%	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

### PENGUJIAN ABRASI BETON

Nama	: NCA FIBER 0,75%
Tanggal pembuatan	: 11 Februari 2019
Tanggal uji	: 12 April 2019
Tempat Uji	: Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UB
Bentuk Benda uji	: Silinder (15cm x 10cm)

### PERBANDINGAN CAMPURAN

Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Agregat Kasar ukuran 1 cm - 2 cm	Semen	Fiber	Air	SP
kg					ml
65,724	98,586	33,78	0,253	9,12	211,125

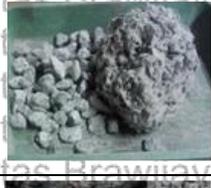
Mix Design	Sampel	Sebelum di uji	Setelah di uji
Variabel Mix Design "NCA Kontrol" Keterangan: Glass Fiber 0,75%	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

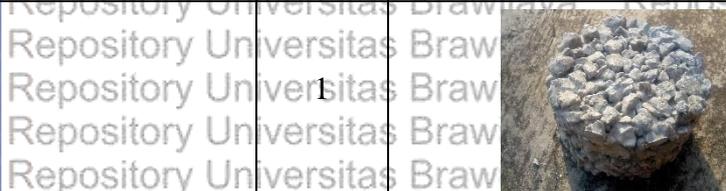
### PENGUJIAN ABRASI BETON

Nama	: NCA FIBER 1,5%
Tanggal pembuatan	: 12 Februari 2019
Tanggal uji	: 12 April 2019
Tempat Uji	: Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UB
Bentuk Benda uji	: Silinder (15cm x 10cm)

### PERBANDINGAN CAMPURAN

Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Agregat Kasar ukuran 1 cm - 2 cm	Semen	Fiber	Air	SP
kg					ml
65,724	98,586	33,78	0,507	9,12	211,125

Mix Design	Sampel	Sebelum di uji	Setelah di uji
Variabel Mix Design "NCA Kontrol" Keterangan: Glass Fiber 1,5%	1		
	2		
	3		
	4		
	5		



### PENGUJIAN ABRASI BETON

Nama	: KONTROL RCA
Tanggal pembuatan	: 20 Desember 2018
Tanggal uji	: 11 April 2019
Tempat Uji	: Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UB
Bentuk Benda uji	: Silinder (15cm x 10cm)

### PERBANDINGAN CAMPURAN

Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Agregat Kasar ukuran 1 cm - 2 cm	Semen	Fiber	Air	SP
kg					ml
58,805	88,208	33,78	-	9,12	211,125

Mix Design	Sampel	Sebelum di uji	Setelah di uji
Variabel Mix Design "RCA Kontrol" Keterangan: 100% RCA, 0% NCA	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

### PENGUJIAN ABRASI BETON

Nama	: RCA POLY 0,75%				
Tanggal pembuatan	: 31 Januari 2019				
Tanggal uji	: 11 April 2019				
Tempat Uji	: Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UB				
Bentuk Benda uji	: Silinder (15cm x 10cm)				
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Agregat Kasar ukuran 1 cm - 2 cm	Semen	Fiber	Air	SP
kg					ml
58,805	88,208	33,78	0,253	9,12	211,125

Mix Design	Sampel	Sebelum di uji	Setelah di uji
Variabel Mix Design "RCA Kontrol" Keterangan: Polypropylene 0,75%	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

### PENGUJIAN ABRASI BETON

Nama	: RCA POLY 1,5%
Tanggal pembuatan	: 1 Februari 2019
Tanggal uji	: 11 April 2019
Tempat Uji	: Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UB
Bentuk Benda uji	: Silinder (15cm x 10cm)

### PERBANDINGAN CAMPURAN

Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Agregat Kasar ukuran 1 cm - 2 cm	Semen	Fiber	Air	SP
kg					ml
58,805	88,208	33,78	0,507	9,12	211,125

Mix Design	Sampel	Sebelum di uji	Setelah di uji
Variabel Mix Design "RCA Kontrol" Keterangan: Polypropylene 1,5%	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

### PENGUJIAN ABRASI BETON

Nama	: RCA FIBER 0,75%
Tanggal pembuatan	: 11 Februari 2019
Tanggal uji	: 12 April 2019
Tempat Uji	: Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UB
Bentuk Benda uji	: Silinder (15cm x 10cm)

### PERBANDINGAN CAMPURAN

Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Agregat Kasar ukuran 1 cm - 2 cm	Semen	Fiber	Air	SP
kg					ml
58,805	88,208	33,78	0,253	9,12	211,125

Mix Design	Sampel	Sebelum di uji	Setelah di uji
Variabel Mix Design "RCA Kontrol" Keterangan: Glass Fiber 0.75%	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

### PENGUJIAN ABRASI BETON

Nama	: RCA FIBER 1,5%
Tanggal pembuatan	: 12 Februari 2019
Tanggal uji	: 12 April 2019
Tempat Uji	: Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UB
Bentuk Benda uji	: Silinder (15cm x 10cm)

### PERBANDINGAN CAMPURAN

Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Agregat Kasar ukuran 1 cm - 2 cm	Semen	Fiber	Air	SP
kg					ml
58,805	88,208	33,78	0,507	9,12	211,125

Mix Design	Sampel	Sebelum di uji	Setelah di uji
Variabel Mix Design "RCA Kontrol" Keterangan: Glass Fiber 1,5%	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

**Lampiran 4. Logbook Pelaksanaan**

Tanggal	Jam	Kegiatan	Pelaksanaan & Kendala	Dokumentasi
16-Nov-18	07.30	Pengujian Pendahuluan untuk Superplasticizer	<b>1. Hasil :</b> Setelah melakukan pengujian pendahuluan untuk mencari nilai FAS yang paling tepat dengan penggunaan <i>Superplasticizer</i> pada campuran beton didapatkan nilai FAS sebesar 0,27	
			<b>2. Kendala</b>	
20 Desember 2018	12,00	Pengecoran Variasi <i>Mix Design</i> 'NCA Kontrol' <b>Keterangan</b> : 0% RCA; 100% NCA	<b>1. Penggunaan material :</b> NCA = 164,31 kg RCA = - Semen = 33,78 kg Air = 9,12 kg Fiber = - SP = 211,125 ml	
			<b>2. Hasil</b> 1. 13 silinder Ø10 x 20 cm 2. 5 silinder Ø15 x 10 cm 3. 3 balok 15 x 15 x 53 cm 4. 3 pelat 50 x 30 x 7 cm	
			<b>3. Kendala</b>	
				



<p>21 Januari 2019</p>	<p>14,00</p>	<p>Pengecoran Variasi Mix Design 'RCA Kontrol' Keterangan : 100% RCA; 0% NCA</p>	<p><b>1. Penggunaan material :</b> NCA = - RCA = 147,01 kg Semen = 33,78 kg Air = 9,12 kg Fiber = - SP = 211,125 ml</p> <p><b>2. Hasil</b> 1. 13 silinder Ø10 x 20 cm 2. 5 silinder Ø15 x 10 cm 3. 3 balok 15 x 15 x 53 cm 4. 3 pelat 50 x 30 x 7 cm</p> <p><b>3. Kendala</b></p>	  
<p>24 Januari 2019</p>	<p>14,00</p>	<p>Pengujian Pendahuluan untuk metode pencampuran fiber kedalam beton segar</p>	<p><b>1. Hasil :</b> Setelah melakukan pengujian pendahuluan untuk mencari metode pencampuran fiber kedalam beton dengan persentase fiber sesuai dengan syarat yang ditentukan didapatkan persentase optimal yaitu sebesar 0,75% dan 1,5% terhadap berat semen yang dicampurkan perlahan kedalam molen.</p> <p><b>2. Kendala</b></p>	  

31 Januari 2019	12,00	Pengecoran Variasi <i>Mix Design 'R1P1'</i> <b>Keterangan</b> : 100% RCA; 0% NCA; 0,75% Poly	<b>1. Penggunaan material :</b> NCA = - RCA = 147,01 kg Semen = 33,78 kg Air = 9,12 kg Fiber = 0,253 kg SP = 211,125 ml	 
	15,00	Pengecoran Variasi <i>Mix Design 'R0P1'</i> <b>Keterangan</b> : 0% RCA; 100% NCA; 0,75% Poly	<b>1. Penggunaan material :</b> NCA = 164,31 kg RCA = - Semen = 33,78 kg Air = 9,12 kg Fiber = 0,253 kg SP = 211,125 ml	
1 Februari 2019	12,00	Pengecoran Variasi <i>Mix Design 'R1P2'</i> <b>Keterangan</b> : 100% RCA; 0% NCA; 1,5% Poly	<b>1. Penggunaan material :</b> NCA = - RCA = 147,01 kg Semen = 33,78 kg Air = 9,12 kg Fiber = 0,507 kg SP = 211,125 ml	 
	15,00	Pengecoran Variasi <i>Mix Design 'R0P2'</i> <b>Keterangan</b> : 0% RCA; 100% NCA; 1,5% Poly	<b>1. Penggunaan material :</b> NCA = 164,31 kg RCA = - Semen = 33,78 kg Air = 9,12 kg Fiber = 0,507 kg SP = 211,125 ml	

<p>09.00</p> <p>4 Februari 2019</p>	<p>Pemotongan Glass Fiber dari bentuk lembaran menjadi potongan-potongan sepanjang 2-3 cm</p>	<p><b>1. Hasil :</b> Didapatkan glass fiber dengan ukuran potongan 2-3 cm sebanyak 1,52 kg</p> <p><b>2. Kendala</b></p>	 
<p>12.00</p> <p>11 Februari 2019</p>	<p>Pengecoran Variasi Mix Design 'R1F1'</p> <p><b>Keterangan</b> : 100% RCA; 0% NCA; 0,75% Glass</p>	<p><b>1. Penggunaan material :</b> NCA = RCA = 147,01 kg Semen = 33,78 kg Air = 9,12 kg Fiber = 0,253 kg SP = 211,125 ml</p> <p><b>2. Hasil</b> 1. 13 silinder Ø10 x 20 cm 2. 5 silinder Ø15 x 10 cm 3. 3 balok 15 x 15 x 53 cm 4. 3 pelat 50 x 30 x 7 cm</p>	 
<p>15.00</p>	<p>Pengecoran Variasi Mix Design 'R0F1'</p> <p><b>Keterangan</b> : 0% RCA; 100% NCA; 0,75% Glass</p>	<p><b>1. Penggunaan material :</b> NCA = 164,31 kg RCA = Semen = 33,78 kg Air = 9,12 kg Fiber = 0,253 kg SP = 211,125 ml</p> <p><b>2. Hasil</b> 1. 13 silinder Ø10 x 20 cm 2. 5 silinder Ø15 x 10 cm 3. 3 balok 15 x 15 x 53 cm 4. 3 pelat 50 x 30 x 7 cm</p>	

	12.00	<p><b>1. Penggunaan material :</b>          NCA = -          RCA = 147,01 kg          Semen = 33,78 kg          Air = 9,12 kg          Fiber = 0,507 kg          SP = 211,125 ml</p> <p>Pengecoran Variasi  <i>Mix Design 'R1F2'</i></p> <p><b>Keterangan</b>          : 100% RCA; 0%          NCA; 1,5% Glass</p>	<p><b>2. Hasil</b>          1. 13 silinder Ø10 x 20 cm          2. 5 silinder Ø15 x 10 cm          3. 3 balok 15 x 15 x 53 cm          4. 3 pelat 50 x 30 x 7 cm</p>	
12 Februari 2019	15.00	<p><b>1. Penggunaan material :</b>          NCA = 164,31 kg          RCA = -          Semen = 33,78 kg          Air = 9,12 kg          Fiber = 0,507 kg          SP = 211,125 ml</p> <p>Pengecoran Variasi  <i>Mix Design 'R0F2'</i></p> <p><b>Keterangan</b>          : 0% RCA; 100%          NCA; 1,5% Glass</p>	<p><b>2. Hasil</b>          1. 13 silinder Ø10 x 20 cm          2. 5 silinder Ø15 x 10 cm          3. 3 balok 15 x 15 x 53 cm          4. 3 pelat 50 x 30 x 7 cm</p>	

25 Februari 2019	13.00	<p>Pengujian kuat tekan silinder beton dengan variasi mix design : 'NCA Kontrol' dan 'RCA kontrol'</p>	<p><b>1. Hasil :</b>          Dilakukan pengujian kuat tekan silinder beton dengan ukuran Ø10 x 20 cm sebanyak 20 sampel dengan rincian sebagai berikut :          5 Silinder Ø10 x 20 cm (NCA Kontrol)          5 Silinder Ø10 x 20 cm (RCA Kontrol)</p> <p><b>2. Kendala</b></p>	
------------------	-------	--	--	--



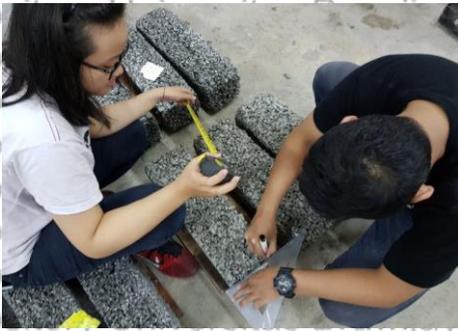


<p>5 Maret 2019</p> <p>10.00</p>	<p>Pengujian kuat tekan silinder beton dengan variasi mix design :R0P1', 'R1P1', 'R0P2' dan 'R1P2'</p>	<p><b>1. Hasil :</b>                  Dilakukan pengujian kuat tekan silinder beton dengan ukuran Ø10 x 20 cm sebanyak 20 sampel dengan rincian sebagai berikut :                  5 Silinder Ø10 x 20 cm (RCA 0,75% Poly)                  5 Silinder Ø10 x 20cm (RCA 1,5% Poly)                  5 Silinder Ø10 x 20 cm (NCA 0,75% Poly)                  5 Silinder Ø10 x 20cm (NCA 1,5% Poly)</p>	 
		<p><b>2. Kendala</b></p>	

<p>8 Maret 2019</p> <p>14.00</p>	<p>Pengujian kuat lentur balok beton dengan variasi mix design :R0P1', 'R1P1', 'R0P2', 'R1P2', 'RCA Kontrol' dan 'NCA Kontrol'</p>	<p><b>1. Hasil :</b>                  Dilakukan pengujian kuat lentur balok beton dengan ukuran 15x15x53 cm sebanyak 18 sampel dengan rincian sebagai berikut :                  3 Balok 15x15x53 cm (RCA kontrol)                  3 Balok 15x15x53 cm (NCA Kontrol)                  3 Balok 15x15x53 cm (RCA 0,75% Poly)                  3 Balok 15x15x53 cm (NCA 0,75% Poly)                  3 Balok 15x15x53 cm (RCA 1,5% Poly)                  3 Balok 15x15x53 cm (NCA 1,5% Poly)</p>	 
		<p><b>2. Kendala</b></p>	



<p>21 Maret 2019</p> <p>09.00</p>	<p>Pengujian kuat tekan silinder beton dengan variasi mix design :ROF1', 'RIF1', 'ROF2' dan 'RIF2'</p>	<p><b>1. Hasil :</b> Dilakukan pengujian kuat tekan silinder beton dengan ukuran Ø10 x 20 cm sebanyak 20 sampel dengan rincian sebagai berikut : 5 Silinder Ø10 x 20 cm (RCA 0,75% Glass) 5 Silinder Ø10 x 20cm (RCA 1,5% Glass) 5 Silinder Ø10 x 20 cm (NCA 0,75% Glass) 5 Silinder Ø10 x 20cm (NCA 1,5% Glass)</p>	
		<p><b>2. Kendala</b></p>	

<p>22 Maret 2019</p> <p>09.00</p>	<p>Pengujian kuat lentur balok beton dengan variasi mix design :ROF1', 'RIF1', 'ROF2', dan 'RIF2'</p>	<p><b>1. Hasil :</b> Dilakukan pengujian kuat lentur balok beton dengan ukuran 15x15x53 cm sebanyak 12 sampel dengan rincian sebagai berikut : 3 Balok 15x15x53 cm (RCA 0,75% Glass) 3 Balok 15x15x53 cm (NCA 0,75% Glass) 3 Balok 15x15x53 cm (RCA 1,5% Glass) 3 Balok 15x15x53 cm (NCA 1,5% Glass)</p>	
		<p><b>2. Kendala</b></p>	



<p>5-Apr-19 12.00</p>	<p>Pengujian kuat lentur pelat beton dengan variasi mix design :R0P1', 'R1P1', 'RCA kontrol', dan 'NCA kontrol'</p>	<p><b>1. Hasil :</b>                  Dilakukan pengujian kuat lentur pelat beton dengan ukuran 50x30x7 cm sebanyak 12 sampel dengan rincian sebagai berikut :                  3 Pelat 50x30x7 cm <b>(RCA Kontrol)</b>                  3 Pelat 50x30x7 cm <b>(NCA Kontrol)</b>                  3 Pelat 50x30x7 cm <b>(RCA 0,75% Poly)</b>                  3 Pelat 50x30x7 cm <b>(NCA 0,75% Poly)</b></p> <p><b>2. Kendala</b></p>	 
-----------------------	---	---	---

<p>8-Apr-19 09.00</p>	<p>Pengujian kuat lentur pelat beton dengan variasi mix design :R0P2', 'R1P2', 'R0F1', 'R1F1', 'R0F2', dan 'R1F2'</p>	<p><b>1. Hasil :</b>                  Dilakukan pengujian kuat lentur pelat beton dengan ukuran 50x30x7 cm sebanyak 18 sampel dengan rincian sebagai berikut :                  3 Pelat 50x30x7 cm <b>(RCA 1,5% Poly)</b>                  3 Pelat 50x30x7 cm <b>(NCA 1,5% Poly)</b>                  3 Pelat 50x30x7 cm <b>(RCA 0,75% Glass)</b>                  3 Pelat 50x30x7 cm <b>(NCA 0,75% Glass)</b>                  3 Pelat 50x30x7 cm <b>(RCA 1,5% Glass)</b>                  3 Pelat 50x30x7 cm <b>(NCA 1,5% Glass)</b></p> <p><b>2. Kendala</b></p>	 
-----------------------	---	---	---



<p>27-Apr-19 13:00</p>	<p>Pengujian Permeabilitas Beton untuk semua variasi mix design</p>	<p><b>1. Hasil :</b>          Dilakukan pengujian permeabilitas beton dengan ukuran Ø10 x 20 cm sebanyak 30 sampel terhadap seluruh variasi mix design</p> <p><b>2. Kendala</b></p>	
------------------------	---	---	--