

**PENGARUH UKURAN BUTIR AGREGAT TERHADAP ABRASI
PERKERASAN BETON POROUS DENGAN VARIASI *RECYCLED
COARSE AGGREGATE* (RCA)**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**MA'RIFATUL MAUZUDAH
NIM. 145060100111001**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH UKURAN BUTIR AGREGAT TERHADAP ABRASI PERKERASAN BETON POROUS DENGAN VARIASI *RECYCLED COARSE AGGREGATE (RCA)*

NASKAH PUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MA'RIFATUL MAUZUDAH

NIM. 145060100111001

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 18 Mei 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Dr. Eng. Devi Nuralinah, ST., MT.
NIP. 19761208 200604 2 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

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

**PENGARUH UKURAN BUTIR AGREGAT TERHADAP ABRASI PERKERASAN BETON
POROUS DENGAN VARIASI RECYCLED COARSE AGGREGATE (RCA)**

**(The Effect of Aggregate Size on Porous Concrete Pavement Abrasion With Variation of Recycled
Coarse Aggregate (RCA))**

Ma'rifatul Mauzudah, Eva Arifi, Devi Nuralinah.
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia-Telp (0341) 566710. 587711
E-mail : marifatulmauzudah@gmail.com

ABSTRAK

Beton Porous merupakan beton yang terdiri dari agregat kasar, sedikit agregat halus atau tanpa agregat halus, air, dan semen. Beton porous memiliki void ratio berkisar antara 15% sampai 35%. Nilai void ratio yang besar ini menjadikan beton porous mudah dilewati oleh air atau bersifat permeable, 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 150 mm dan tinggi 115 ± 5 mm. Pengujian abrasi beton porous menggunakan metode *cantabro loss*. Beton porous dibuat tanpa menggunakan agregat halus dan menggunakan agregat kasar dengan ukuran 5 mm – 10 mm, 10 mm-20 mm, dan 5 mm- 20 mm. Perbandingan agregat dan semen yang digunakan adalah 1:5 dengan f.a.s 0,3. Pemanfaatan *recycled coarse aggregate (RCA)* diharapkan dapat menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan agregat kasar alam. Variasi RCA yang digunakan adalah 0%, 50%, dan 100%.

Hasil *cantabro loss* menunjukkan ketahanan abrasi yang memenuhi persyaratan sebagai bahan perkerasan jalan adalah pada ukuran agregat 5mm -10 mm dengan variasi 0% RCA, 50% RCA, 100% RCA, dan ukuran agregat 5 mm -20 mm dengan variasi 50% RCA. Tahanan abrasi terbaik pada ukuran agregat 5 mm – 10 mm dengan 0% RCA yaitu 29,90%. Syarat batas maksimum abrasi yang digunakan adalah 50%.

Kata Kunci : Beton Porous, *Cantabro loss*, Abrasi. Recycled Coarse Aggregate.

ABSTRACT

Porous concrete is a concrete consisting of a coarse aggregate, slightly fine aggregate or without fine aggregate, water, and cement. Porous concrete has a void ratio ranging from 15% to 35%. The value of this large void ratio makes porous concrete easy to pass by water or it's permeable, but has a lower strength than normal concrete. Porous concrete can be used as pavement material on sidewalks, parking lots, and other low capacity roads. In this study the sample used has a diameter of 150 mm and a height of 115 ± 5 mm. Porous concrete abrasion test using *cantabro loss* method .Porous concrete is made without fine aggregates and size of coarse aggregate is 5 mm - 10 mm, 10 mm - 20 mm, and 5 mm - 20 mm. Proportion of aggregate and cement ratio is 1: 5 with f.a.s 0.3. Utilization of recycled coarse aggregate (RCA) is expected to be an alternative to reduce the use of natural coarse aggregates. Variance of RCA were 0%, 50%, and 100%. The cement used is portland pozzoland cemen (PPC). Sampel made by fill in two layers where each layer will be compacted 20 times using standard hammer proctor.

The result of *cantabro loss* shows the abrasion resistance that fulfill the requirement as road pavement material is on the aggregate size of 5mm -10 mm with variation of 0% RCA, 50% RCA, 100% RCA, and aggregate size 5 mm -20 mm with varians of 50% RCA . The best abrasion resistance on aggregate size 5 mm - 10 mm with 0% RCA is 29.90%. The maximum abrasion limit requirement is 50%.

Keywords: Porous Concrete, *Cantabro loss*, Abrasion. Recycled Coarse Aggregate.

Pendahuluan

Perkerasan beton sudah lama di kenal di Indonesia. Penggunaan perkerasan beton antara lain untuk jalan, area parkir, bahu jalan dan sebagainya. Perkerasan beton dapat bertahan dalam berbagai kondisi buruk dan masa layan yang cukup baik namun perkerasan beton sedikit atau bahkan tidak bersifat permeabilitas dan diperuntukan jalan kelas tinggi. Masalah yang mulai muncul akhir-akhir ini adalah terkait krisis air. Di kota-kota besar yang padat penduduk sering terjadi masalah terkait sumber daya air. Jika musim hujan tiba setiap tahunnya daerah yang memiliki topografi rendah dan berpenduduk padat mengeluhkan masalah banjir. Kondisi diperparah dengan minimnya daerah resapan karena alih fungsi lahan untuk perumahan, perkerasan jalan, dan fasilitas umum lainnya.

Porous concrete atau *pervious concrete* atau beton porous merupakan beton yang memiliki pori-pori yang lebih banyak daripada beton normal. Beton porous terdiri dari agregat kasar, semen, air, dan admixture yang diinginkan. Beton porous merupakan beton yang sedikit atau bahkan tidak ada campuran agregat halus atau pasir dalam mix desain. Jika dibandingkan agregat normal biasa beton porous lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Salah satu aturan yang mengatur tentang beton porous adalah *ACI 522R-10 Report on Pervious Concrete*. Beton porous memiliki kemampuan porositas yang tinggi, namun kuat tekan dan kuat lentur yang dimiliki lebih rendah

Pesatnya pembangunan meningkatkan sampah beton yang kian lama kian menumpuk dipembuangan. Selain masalah sampah beton bekas pembangunan masalah lain yang dihadapi adalah menipisnya agregat kasar alami yang tersedia, sehingga perlu dicari alternatif lain untuk mengatasi masalah ini. Sampah beton buangan ternyata dapat digunakan sebagai agregat kasar untuk recycle beton walaupun diperlukan penelitian lebih lanjut terkait hasil dari penggunaan *recycled coarse aggregate*. *Recycled coarse agregat* adalah agregat kasar dari sampah beton yang digunakan untuk campuran beton dengan ukuran agregat sesuai dengan yang diinginkan. *Recycled coarse agregat* memiliki porositas yang lebih tinggi karena agregat sudah terselimuti pasta semen yang menyerap air lebih banyak dari pada *normal coarse aggregate*.

Penggunaan *pervious concrete* atau beton porous umumnya untuk area parkir, trotoar dan jalur pejalan kaki, sehingga tempat tersebut dapat menjadi daerah resapan dan meningkatkan muka air tanah namun juga nyaman untuk digunakan. Namun perlu adanya suatu penelitian terkait ketahanan abrasi yang dipengaruhi dengan ukuran

butiran untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh ukuran butiran agregat terhadap abrasi perkerasana beton porous dengan variasi *recycled coarse aggregate (RCA)*”.

TUJUAN

Adapun Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui ukuran Agregat yang memberikan tahanan abrasi yang terbaik pada perkerasan beton porous dan mengetahui pengaruh penggunaan *recycled coarse aggregate* pada perkerasan beton porous.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Porous

Beton porous dalam ACI (American Concrete Institute) 522R-10 *Report on pervious Concrete* adalah beton yang memiliki nilai slump mendekati nol, yang terbentuk dari semen portland, agregat kasar, sedikit atau tanpa agregat halus, admixture, dan air. Beton porous memiliki kisaran angka pori dari 2 sampai 8 mm dan void ratio antara 15% sampai 35% dengan kuat tekan berkisar antara 2,8 MPa sampai 28 MPa. Beton porous sudah banyak digunakan di negara-negara eropa sejak 1930 untuk bangunan berlantai satu maupun untuk bangunan tinggi.

Beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik beton porous antara lain:

- **Void Ratio**

Menurut ASTM C1688. Void ratio merupakan persentase keseluruhan void atau rongga di bandingkan volume benda. Kadar void ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{void ratio (\%)} = \frac{T-D}{T} \times 100 \quad (2.2)$$

Dimana,

D = Density (kg/m³)

T = Ms/Vs atau Density teoritis ((kg/m³))

Ms = massa total dari material (kg)

Vs = total volume dari material (m³)

- **Density**

Density merupakan perbandingan antara massa benda dengan volume wadah alat uji didasarakn pada ASTM C168M-10 yaitu pengujian density untuk beton segar. Nilai Density diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (2.3)$$

Keterangan :

D = densitas beton (kg/m³)

M_c = massa wadah ukur yang diisi beton (kg)

M_m = massa wadah ukur (kg)

V_m = volume wadah ukur (m^3)

Pada umumnya beton porous memiliki kecenderungan sifat yang hampir sama. Sifat beton porous di rangkum dalam tabel berikut. Sifat tersebut harus diperhatikan dalam desain struktural dan konstruksi perkerasan jalan.

Tabel 1. Sifat Khusus dari Beton Porous

Sifat Khusus	Nilai Umum/Kisaran
<i>Plastic Concrete</i>	
Slump	N/A
Unit Weight (Density)	70% dari beton normal
Waktu kerja	1 jam
<i>Handened Concrete</i>	
<i>In-Place Density</i>	100 – 125 lb/ft^3
Kuat Tekan	500 – 4000 lbf/in^2
Kuat Lentur	150 – 550 lbf/in^2
Pemeabilitas	2 – 18 $gal/ft^3/min$ (384 – 3456 ft/day)

Ket :
 1 in = 25,4 mm; 1 lb/ft^3 = 16 kg/m^3 ; 1 lbf/in^2 = 6,89 kPa; 1 $gal/ft^3/min$ = 40,8 $L/m^2/min$

Recycled Coarse Aggregate

Recycled Coarse Aggregate (RCA) atau agregat kasar daur ulang adalah limbah beton yang telah dihancurkan dan digunakan kembali sebagai agregat pada campuran beton. RCA memiliki daya serap air yang lebih tinggi dan berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan normal agregat, hal ini karena terdapat kandungan mortar dalam agregat. Volume pori dalam RCA perlu dipertimbangkan dalam perhitungan total volume karena sifatnya yang porous. Berat jenis bulk adalah parameter yang penting untuk campuran mix desain karena menggambarkan volume agregat yang dapat *permeable* dan *impermeable*. Pemeriksaan keausan RCA dengan menggunakan mesin Loss Angeles diperoleh keausan sekitar 33,04%. Keausan ini masih memenuhi standar maksimum yang ditentukan oleh PB-0206-76 yaitu sebesar 50% (Mulyati dan Arman, 2014).

Mix design dari RCA didasarkan pada faktor air semen dan mempertimbangkan daya serap air yang tinggi dari RCA. Penambahan kandungan air untuk mengimbangi daya serap air yang tinggi berdampak pada penurunan kuat tekan beton yang sudah mengeras (Ryu, 2002). Kesimpulan dari pengujian beton daur ulang yang sudah dilakukan perlu dipertimbangkan. Sifat beton dengan agregat daur ulang jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat alami antara lain: Kuat tekan menurun sebesar 10% - 30%. Kuat tarik lebih rendah tidak lebih dari 10%. Modulus elastisitas menurun sebesar 10% - 40% tergantung dari sumber agregat kasarnya. Susut

lebih besar 20% - 55% sedangkan creep lebih kecil hingga 10% (El-Reedy, 2009).

Pengujian Abrasi

Menurut Texas Department 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) mengidentifikasi 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 ± 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. Dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Cantabro Loss (CL)} = \frac{A-B}{A} \times 100 \% \quad (2.3)$$

Dimana

- A = Massa awal dari benda uji (gram)
- B = Massa akhir benda uji setelah mengalami putaran. (gram)
- CL = Cantabro Loss (%)



Gambar 1. Los Angeles Machine (sumber : Qiao Dong etc, 2013)

Mesin Los 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 cantabro 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

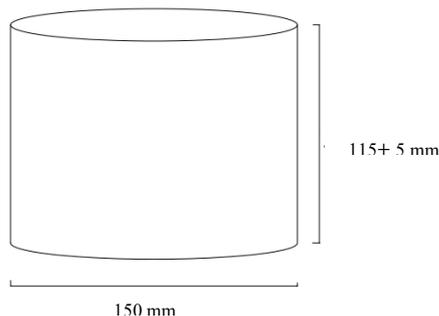
drum baja dan ditimbang untuk mengetahui nilai kehilangan berat. Parameter abrasi yang digunakan adalah kehilangan berat. Sampel diuji tahanan abarasinya sampai 300 putaran dengan penimbangan kehilangan massa setiap 50 putaran. (Hao Wu. etc, 2011).

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat tiga variabel diantaranya:

- Variabel Bebas merupakan variabel yang dibuat berubah-ubah diantaranya
 - Ukuran agregat yang digunakan yaitu 5 mm-10 mm, 10 mm-20 mm dan 5 mm-20 mm.
 - Persentase campuran agregat NCA (*Natural Coarse Agreggate*) yaitu 0% RCA, 50% RCA, dan 100% RCA.
- Variabel Kontrol merupakan variabel yang di buat sama atau konstan yaitu w/c Ratio atau faktor air semen 0.3 dan perbandingan semen : agregat yaitu 1:4.
- Variabel Terikat merupakan variabel sebagai akibat dari perubahan variabel bebas yaitu tahanan abrasi.

Benda uji yang digunakan berdiameter 5,9 inch (150 mm) dan tinggi $4,5 \pm 0,2$ inch (115 ± 5 mm). Benda uji mengikuti aturan Cantabro Loss yang dibuat oleh Texas Department of Transportation. Uji Abrasi dengan Cantabro Loss menggunakan perbandingan masa akhir setelah diuji dengan masa masa sebelum benda uji diuji.



Gambar 2. Dimensi Benda Uji

Terdapat dua variabel bebas dalam penelitian ini yaitu ukuran agregat dan campuran agregat daur ulang (RCA). Total mix desain yang akan dibuat adalah 9 dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 2. Prosentasen Agregat yang digunakan

No	Ukuran Agregat	Prosentase Agregat	
		NCA	RCA
1	5 mm- 10 mm	100 %	0 %
2		50 %	50 %
3		0 %	100 %
4	10 mm- 20 mm	100%	0%

5	5 mm-20 mm	50 %	50 %
6		0 %	100 %
7		100 %	0 %
8		50 %	50 %
9		0 %	100 %

Pengujian yang dilakukan pada beton porous segar antara lain density dan void ratio Tujuan Pengujian ini adalah untuk menentukan density campuran beton segar dari beton porous dan nilai void ratio.

- Bahan
 - Campuran Beton Segar
- Peralatan
 - Alat ukur untuk density
 - Tongkat Pematik diameter 16 mm, panjang 600 mm, dengan ujung dibulatkan dan dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat
 - Timbangan dengan ketelitian 0,05 kg
 - Standart Proctor Hammer



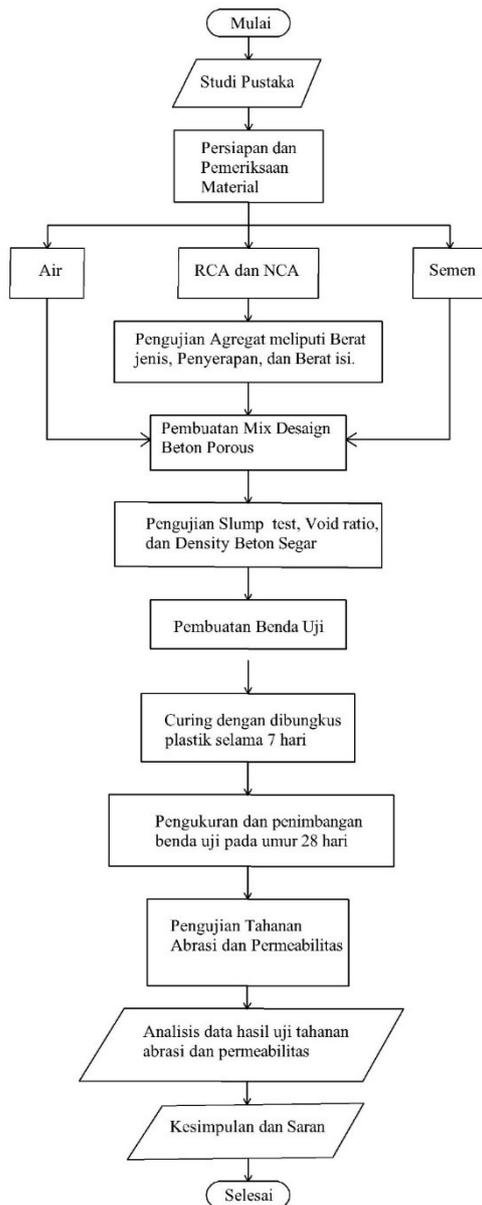
Gambar3. Standart Proctor Hammer

- Ember ,Sekop dan cetok
- Pelaksanaan
 - Pastikan Alat ukur lembab atau basahi alat ukur dengan air.
 - Isi cetakan benda uji dalam 2 lapisan yang sama tebal.
 - Tumbuk dengan standar proctoc hammer sebanyak 20 kali tiap lapis.
 - Untuk Lapis kedua Tumbuk sebanyak 10 kali tumbukan . Jika tidak cukup campuran beton, maka tambahkan hingga penuh. Jika terlalu banyak beton, ambil kelebihan beton dan ratakan.
 - Tumbuk lagi lapis kedua sebanyak 10 kali, sehingga total sebanyak 20 kali tumbukan.
 - Ratakan permukaan Benda uji.

Pelaksanaan pengujian ketahanan abrasi dengan metode Cantabro Loss sebagai berikut.

- Bahan
 - Benda uji yang memiliki diameter 150 mm dan tinggi 115 ± 5 mm.
- Peralatan
 - Loss Angeles Machine tanpa bola baja.

2. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
 3. Pengaris.
- III. Pelaksanaan
1. Ukur dimensi Benda uji (diameter dan tinggi).
 2. Timbang berat awal benda uji
 3. Masukkan benda uji kedalam Loss Angeles Machine (LA machine) tanpa boal baja. Pastikan penutup drum pada LA machine tertutup dengan kuat.
 4. Pengujian dilakukan sampai total 300 putaran dengan benda uji dikeluarkan dan ditimbang setiap 50 putaran.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN

Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Kasar

Berat jenis dan penyerapan agregat digunakan untuk menentukan karakteristik agregat yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil pengujian natural coarse aggregate (NCA) menunjukkan pengujian menggunakan 3 sampel NCA. Berat jenis dan penyerapan air digunakan untuk mengetahui karakteristik agregat yang digunakan. Berdasarkan pengujian diperoleh hasil rerata berat jenis curah 2,614, rerata berat jenis jenuh kering permukaan 2,655, rerata berat jenis semu 2,726, dan rerata penyerapan air 1,573 %.

Hasil pengujian recycled coarse aggregate (RCA) yang meliputi berat jenis dan penyerapan menunjukkan bahwa rerata berat jenis curah RCA, berat jenis jenuh kering permukaan RCA, dan berat jenis semu RCA memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan NCA, secara berturut turut yaitu 2,390, 2,470, dan 2,600 namun hal ini berbanding terbalik dengan penyerapan air untuk RCA lebih tinggi daripada NCA yaitu 3,394%. Hal ini dikarenakan RCA berasal dari pecahan limbah beton. RCA yang terbentuk tidak sepadat NCA karena agregat yang sudah terlapisi oleh mortar lama sehingga lebih ringan dan lebih banyak menyerap air.

Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi NCA dibedakan berdasarkan pada ukuran agregat. Terdapat 3 jenis ukuran agregat yang diuji yaitu agregat ukuran 5 mm - 10 mm, 10 mm -20 mm, dan 5 mm – 20 mm. Hasil berat isi NCA menunjukkan berat isi pada agregat ukuran 5 mm-10 mm yaitu 1,263 gr/cm³, ukuran 10 mm-20 mm yaitu 1,367 gr/cm³, ukuran 5 mm-20 mm yaitu 1,330 gr/cm³.

Pengujian berat isi RCA berdasarkan 3 jenis ukuran. Keseluruhan berat isi agregat lebih kecil dibandingkan dengan NCA Berat isi RCA terbesar pada agregat ukuran 5 mm-10 mm yaitu 1,178 gr/cm³, ukuran 10 mm-20 mm yaitu 1,254 gr/cm³, ukuran 5 mm-20 mm yaitu 1,226 gr/cm³.

Density Beton Segar

Density adalah perbandingan antara massa benda dengan volume wadah alat uji. Data yang diperlukan dalam pengujian ini adalah dimensi wadah alat uji, berat alat uji, berat beton segar dalam benda uji. Pengisian beton segar ke dalam wadah benda uji dibagi menjadi 2 lapis. Setiap lapis dipukul sebanyak 20 kali menggunakan standart proctor hammer yang memiliki berat 2,45 kg dengan tinggi jatuhan 30,5.

Density Beton Segar

Density tertinggi berada pada agregat dengan ukuran 5 mm – 10 mm dengan variasi 0% RCA. Pengaruh penggunaan RCA dalam campuran beton porous secara keseluruhan dapat menurunkan density. Sifat khusus beton porous adalah memiliki density sekitar 70% beton normal yaitu sekitar 70% dari 2400 kg/m³ atau setara dengan 1680 kg/m³. Density terkecil diperoleh dalam dua kondisi campuran pada agregat ukuran 5 mm -10 mm dengan 50% RCA dan 100% RCA yaitu 1101,479 kg/m³. Density terbesar pada agregat ukuran 5 mm -10 mm dengan 0% RCA yaitu 1258,833 kg/m³

Void Ratio Beton Segar

Void Ratio merupakan prosentase keseluruhan void atau rongga dibandingkan volume benda. Nilai void ratio ditentukan oleh density di lapangan, density teoritis, dan total volume material campuran. Volume tiap material penyusun beton porous diketahui dari mix design yang dibuat berdasarkan perbandingan volume. Nilai density diperoleh dari hasil pengujian density beton segar. Nilai density teoritis diperoleh dari massa total dari material penyusun campuran beton porous dibagi dengan volume total dari material penyusun beton porous.

Nilai void ratio terkecil adalah 25,53% pada ukuran agregat 5 mm-10 mm dengan variasi 0% RCA. Nilai Rasio terbesar adalah 33,25 % pada agregat ukuran 10 mm-20 mm dengan variasi 50% RCA. Variasi RCA memberikan pengaruh yang bermacam pada campuran beton porous. Pada campuran beton porous dengan ukuran agregat 5 mm-10 mm dan 10 mm-20 mm void rasio terbesar didapat dengan menambahkan 50% RCA. Namun, kondisi yang berbeda terjadi pada campuran beton porous dengan ukuran agregat 5 mm-20 mm nilai void ratio tertinggi diperoleh dengan menambahkan 100% RCA.

Berdasarkan ACI 522R-10 *Report on pervious concrete*, Beton porous memiliki void ratio antara 15% sampai 35%, pada penelitian ini keseluruhan hasil pengujian memenuhi nilai void ratio untuk beton porous. Nilai Void rasio ini hampir mirip dengan HMA dan PFC Asphalt yang memiliki void ratio 15%. Hal ini pula yang mendasari penggunaan metode cantabro loss dalam pengujian ketahanan abrasi beton porous.

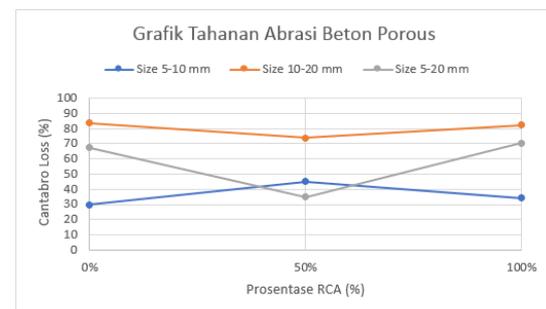
Abrasi Beton Porous

Ketahanan abrasi menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan durability dari suatu perkerasan jalan. Perkerasan jalan akan menerima dorongan dan gesekan dari beban yang keras secara berulang setiap hari. Secara garis

besar ketahanan abrasi dipengaruhi oleh kekerasan bahan penyusunnya dan ikatan agregat maupun ikatan pasta. Ketahanan abrasi didefinisikan sebagai kemampuan permukaan untuk menahan keausan dengan perlakuan dorongan atau gesekan partikel keras. Pada beton porous kekuatan yang menentukan kualitas beton porous adalah pada kemampuan bahan pengikat antar agregat. Salah satu metode yang digunakan dalam pengujian ketahanan abrasi beton porous adalah metode cantabro loss. Metode cantabro loss dapat mengidentifikasi ketahanan kuantitas dan kualitas dari bahan pengikat. Menurut ASTM C-33 nilai maksimal ketahanan abrasi untuk perkerasan jalan adalah 50%.

Tabel 3. Rekap Hasil Void Ratio dan Tahanan Abrasi.

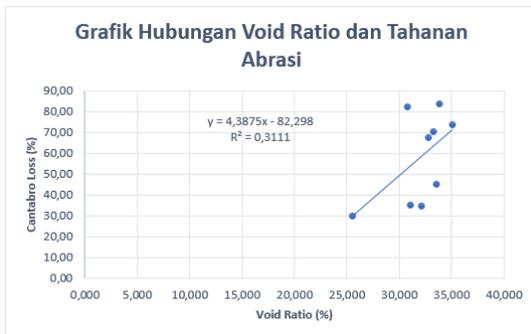
Size	% RCA	% NCA	Void Ratio (%)	Tahanan Abrasi (%)
5 -10	0%	100%	18,789	29,90
	50%	50%	27,347	45,02
	100%	0%	25,680	34,45
10 - 20	0%	100%	28,181	83,82
	50%	50%	29,290	73,95
	100%	0%	24,437	82,22
5 - 2	0%	100%	26,855	67,34
	50%	50%	24,908	35,03
	100%	0%	27,087	70,56



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Tahanan Abrasi.

Hasil pengujian cantabro loss menunjukkan keseluruhan mix desain dengan ukuran agregat 10 mm – 20 mm memiliki ketahanan abrasi yang melebihi standart ASTM sehingga tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan, sebaliknya keseluruhan mix desain dengan ukuran agregat 5 mm -20 mm memiliki ketahanan abrasi dibawah batas maksimum menurut standart ASTM sehingga dapat digunakan untuk perkerasan jalan. Pada mix desain ukuran agregat 5mm -20 mm dengan 50%RCA memiliki nilai CL yang tidak melebihi batas abrasi sehingga dapat

digunakan untuk perkerasan jalan. Prosentase 50% RCA dapat meningkatkan tahanan abrasi jika berada pada ukuran agregat 10mm- 20mm dan 5mm -20 mm, namun akan menurunkan tahanan abrasi pada ukuran agregat 5mm-10mm.



Gambar 6 Grafik Hubungan Void Ratio dan Tahanan Abrasi

Pada gambar 6 grafik hubungan void ratio dan tahanan abrasi menunjukkan bahwa semakin tinggi void ratio semakin tinggi pula nilai cantabro loss. Nilai cantabro loss yang tinggi menjadi indikasi tahanan abrasi yang buruk. Pendekatan yang digunakan untuk mengetahui hubungan void ratio dan abrasi menggunakan pendekatan linier dan memiliki nilai regresi square 0,3111. Hal ini menunjukkan void ratio mempengaruhi nilai cantabro loss sebesar 31,11%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian pengaruh ukuran butir agregat terhadap abrasi perkerasan beton porous dengan variasi *recycled coarse aggregate* (RCA) dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. *Natural coarse aggregate* (NCA) memiliki kualitas yang lebih baik daripada *recycled coarse aggregate* (RCA) karena NCA memiliki berat jenis dan berat isi yang lebih besar dari RCA serta penyerapan air yang lebih sedikit dari RCA.
2. Hasil pengujian void ratio beton segar diperoleh nilai void ratio terkecil adalah 21,062% dan nilai void ratio terbesar adalah 31,132%. Void ratio yang diperoleh memenuhi syarat untuk dilakukan pengujian cantabro loss.
3. Pengujian abrasi menggunakan metode cantabro loss menghasilkan nilai Cantabro Loss (CL) terkecil 29,90% pada ukuran agregat 5mm-10mm dan nilai CL terbesar 83,82 % pada ukuran agregat 10mm-20mm.
4. Semakin kecil ukuran agregat yang digunakan semakin baik tahanan abrasi.

5. Pengaruh *recycled coarse aggregate* (RCA) pada setiap variasi campuran menunjukkan hasil yang berbeda-beda.
6. Pada variasi campuran 5 mm - 10 mm dengan 0% RCA memberikan tahanan abrasi yang terbaik. Pada variasi campuran 10 mm - 20 mm dan 5 mm – 20 mm dengan 50 % RCA memberikan tahanan abrasi yang terbaik.
7. Variasi campuran yang memenuhi syarat abrasi perkerasan jalan antara lain variasi campuran ukuran 5 mm – 10 mm dengan 0% RCA, 50% RCA, dan 100% RCA, serta variasi campuran ukuran 5 mm – 20 mm dengan 50% RCA.

Saran

Pada penelitian ini ditemukan beberapa kendala yang ditemukan baik dalam proses persiapan, pengecoran dan pengujian serta pengambilan data. Saran yang diberikan dalam rangka perbaikan untuk penelitian selanjutnya terkait judul ini, antara lain.

1. Penambahan metode pengujian berat isi. ASTM mengatur pengujian berat isi dengan metode rodded dan shoveled, sebaiknya dalam penelitian selanjutnya dapat juga dilakukan pengujian menggunakan standar proctor hammer sebagai bahan acuan dalam menentukan berat isi. Perlakuan yang sama antara pengujian bahan dan pelaksanaan di lapangan dapat mengurangi kesalahan yang mungkin terjadi
2. Pengawasan faktor air semen dilapangan cukup susah dilakukan, sebaiknya seluruh alat yang digunakan dalam pengadukan campuran beton porous terlebih dahulu dibasahi untuk menjaga faktor semen yang ada.
3. Beton porous merupakan beton yang ramah lingkungan dengan kemampuan permeabilitas yang tinggi, Namun semakin tinggi nilai permeabilitas beton porous semakin lemah kekuatan abrasi sehingga diperlukan zat tambahan (admixture) untuk dapat memperbaiki ikatan antar agregat sehingga diperoleh kekuatan yang lebih baik.
4. Pengujian Abrasi dengan metode cantabro loss memberikan hasil yang signifikan dengan total 300 putaran untuk masing-masing sampel. Cantabro loss membuat benda uji mengalami tumbukan dengan sedikit abrasi gesekan antara dinding LA machine. Penggunaan metode lain seperti *asphalt pavement analyzer* (APA) direkomendasikan untuk digunakan karena dapat memberikan

beban roda dan tekanan kontak pada benda uji sehingga lebih mendekati kondisi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee. (2010). ACI 522R-10, *Report on Pervious Concrete*, USA: American Concrete Institute.
- Arifi, Eva, Nur Cahya, Evi, dan Remayanti N, Christin. (2017). *Effect of Fly Ash on the Strength of porous Concrete using Recycled Coarse Aggregate to replace Low-Quality Natural Coarse Aggregate*. American Institute of Physics.
- Arifi, Eva. (2014). *A Study on Utilization of Recycled Aggregate and Fly Ash to Reduce Enviromental Load: Application of Pulsed Power Techology for Reconstruction of Great East Japan Earthquake*. Thesis/Dissertatin. Japan: Kumamoto University.
- ASTM Internasional. (2001). *Standard Specification for Concrete Aggregates (C 33-03)*. United State: ASTM Internasional.
- ASTM Internasional. (2008). *Standart Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete (C 1688M-08)*. United State: ASTM Internasional.
- Buyle-Bodin, F and Hadjieva-Zaharieva, R. (2002). *Influnce of Industrially Produced Recycled Aggregates on Flow Properties of Concrete, Materials, and Structures*. Vol.3
- Dong, Qiao, Wu, Hao, Huang, Baoshan, Shu, Xiang, and Wang, Kejin. (2013). *Investigation into Laboratory Abrasion Test Methods for Pervious Concrete*. American: ASCE.
- El-Reedy, M. A. (2009). *Advanced Materials and Techniques for Reinforced Concrete Structure*. Dunfermline, UK: CRC Press.
- Ferguson, Bruce K. (2005). *Porous Pavements*. Florida: CRC Press.
- Gonzales, Julia Garcia, Robles, Desiree Rodriguez, Valdes, Andres Juan, Moran del Pozo. Julia, M, and Romero, Mignacio Guerra. (2014). *Pre-Saturation Technique of the Recycled Aggregates: Solution to the Water Absorption Drawback in the Recycled Concrete Manufacture*. Superior and Technical School of Agricultural Engineering. University of Leon.
- J, Ryu J. (2002). *Improvement on strength and impermeability of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate*. Journal of Materials Science Letter.
- Joshi, Tejas, and Dave, Dr. Urmil. (2016). *Evaluation of Strength, Permeability and Void Ratio of Pervious Concrete with Changing W/C ratio and Aggregate Size*. India: IAEME Publication.
- Mitchell, Charles. (2016). *Principles Pervious Concrete Testing*. United state: Specialized Enggining
- Mulyati dan Arman. (2014). *Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar dan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. Jurnal Momentum. Institute Teknologi Padang
- Mulyono, Tri. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.
- Naila Mahdiana, Arifi, Eva, dan Nulina, Siti. (2018). *Pengaruh Void Ratio dan Permeabilitas Beton terhadap Kuat tekan Beton Porous dengan Variasi RCA*. Jurnal; Fakultas Teknik Univeritas Brawijaya.
- Nassiri, Somayeh, Rangelov Milena, and Chen Zhao. (2017). *Preliminary Study to Develop Standart Acceptance Test for Pervious Concrete*. Washington: WSDOT Research Report.
- NRMCA Commitee (2015). *Pervious Concrete Pavement Maintenance and Operations Guide*. NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association). Silver Spring, Maryland.
- Nurlina, Siti. (2011). *Teknologi Bahan I*. Malang: BARGIE Media.
- Papenfus, N. (2003). *Applying Concrete Technology to Abrasion Resistance*. Dams for Africa Pty. Waltevreden Park
- Salgues, Marie, Devillers, Philippe, Sourche, Jean-Claude, and Garcia-Diaz, Eric. (2016). *Influence of Initial Saturation Degree of Recycled Aggregates on Fresh Cement Paste Characteristics: Consequences on Recycled Concrete Properties*. European Journey of Environmental and Civil Engineering. Ed. Lavoiser.

- Scott, Benjamin D, and Safiuddin, Md. (2015). *Abrasion Resistance of Concrete-Design, Construction and Case Study*. Concrete Research Letters.
- Sika.(2013) *A Guide to Pervious Concrete*. US: Sika Corporation.
- Sonebi, Mohammed, Bassuoni, Mohammed, and Ammar Yahia. (2016). *Pervious Concrete: Mix Design, Properties and Applications*. 109-115. UK: RILEM Technical Letter.
- TechBrief. (2012). *Pervious Concrete*. US: US Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Texas Department of Transport. (2014). *Cantabro Loss (Tex-245-F)*. Amerika: Texas Department of Transport.
- Yong, P.C and Teo, D.C.L. (2009). *Utilisation of Recycled Aggregate as Coarse Aggregate in Concrete*. Faculty of Engineering. Universitas Malaysia Sarawak.