

PENGARUH PENGGUNAAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP KEAUSAN BETON POROUS YANG MENGGUNAKAN RCA (RECYCLED COARSE AGGREGATE)

(The Effect of Superplasticizer on Pervious Concrete Abrasion Using (Recycled Coarse Aggregate) RCA)

Mukhamad Redianto, Eva Arifi, Indra Waluyohadi.
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia-Telp (0341) 566710. 587711
E-mail : redianto09@gmail.com

ABSTRAK

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 150 ± 5 mm dan tinggi 100 ± 5 mm. Pengujian abrasi beton porous menggunakan metode *cantabro loss* yaitu dengan diputar 300 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. Pada penambahan *superplasticizer* variasi fas yang digunakan adalah 0,2 dan 0,25. Pemanfaatan *recycled coarse aggregate* (RCA) diharapkan dapat menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan agregat kasar alam. Variasi RCA yang digunakan adalah 0%, 50%, dan 100%. Semen yang digunakan adalah *portland pozzoland cemen* (PPC). Beton porous dengan penambahan *superplasticizer* bersifat SCC (*Self Compacting Concrete*) dan perawatan beton dilakukan selama 7 hari berdasarkan ACI 522 1-3. Pengujian beton *porous* dilaksanakan saat beton berumur 28 hari.

Hasil *cantabro loss* menunjukkan ketahanan abrasi pada beton *porous* dengan tambahan *superplasticizer* pada putaran ke 300 tidak ada yang memenuhi persyaratan sebagai bahan perkerasan jalan. Syarat batas maksimum abrasi yang digunakan adalah 50%. Hal ini menunjukkan *superplasticizer* tidak cocok untuk beton porous.

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

ABSTRACT

Pervious concrete is a concrete consisting of a coarse aggregate, cement, water, and slightly fine aggregate or without fine aggregate. Pervious concrete has a void ratio range from 15% to 35%. The value of this large void ratio makes pervious concrete easy to pass by water it's permeable. However it has a lower strength than normal concrete. Pervious concrete can be since used as pavement material on parking lots, sidewalks, and other low capacity roads.

In this study the sample used has a diameter of 150 ± 5 mm and a height of 100 ± 5 mm. Pervious concrete abrasion test using *cantabro loss* method. The *cantabro loss* method can of the strengths of the cement paste bonds or the bonds between aggregates. Pervious concrete is made without fine aggregates with size of coarse aggregate is 10 mm - 20 mm. Proportion of aggregate and cement ratio is 1: 4 with water conten 0,3. In addition to *superplasticizer*, the variation of water content are 0,2 and 0,25. 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). Pervious concrete with *superplasticizer* is self compacting concrete and the curing treatmeant are 7 days based on ACI 522 1-3. Pervious concrete testing is carried out in age 28 days.

The results of *cantabro loss* show that abrasion resistance of pervious concrete with additional *superplasticizer* at 300th rotation do not fulfill the requirement as pavement material. Which limit require is 50% for maximum abrasion. this indicates the *superplasticizer* is not suitable for pervious concrete.

Keywords: Pervious Concrete, *Superplasticizer*, Abrasion, Recycled Coarse Aggregate.

Pendahuluan

Beton merupakan material utama yang sering digunakan dalam pembangunan bidang konstruksi seperti rumah tinggal, pabrik, sekolah, rumah sakit dan lain sebagainya. Hal ini dikarenakan untuk memperoleh atau membuat material beton tergolong mudah serta bahan-bahan yang diperlukan mudah ditemukan, seperti pasir, kerikil, dan semen. Beton juga digunakan untuk bahan perkerasan jalan. 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 tidak mampu menahan laju air hujan. Salah satu inovasi mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan material terbaharukan seperti beton *porous*. Dengan adanya perkerasan beton *porous* diharapkan bias mengurangi genangan air hujan yang ada di jalan.

Beton porous merupakan bentuk sederhana dari beton ringan yang dibuat dengan cara menghilangkan penggunaan agregat halus. Selain dikenal dengan sebutan beton porous beton ini juga dikenal dengan sebutan lain yaitu *permeconcrete*, *no-fine concrete*, serta beberapa nama lainnya. Akibat tidak digunakannya pasir dalam beton porous maka terciptalah rongga yang diisi udara. Kadar rongga berkisar 15% sampai 35%. Rongga ini mengakibatkan berkurangnya kepadatan dari beton serta berkurangnya jumlah luasan yang perlu diselimuti oleh pasta semen, sehingga berdampak langsung terhadap porsi semen dalam campuran dan mampu menghemat biaya konstruksi. Dengan adanya rongga pada beton *porous* mengakibatkan air bisa mengalir bebas melewati permukaan beton *porous*. Kekuatan tekan beton porous bervariasi antara 70 kg/m² sampai dengan 140 kg/m².

Saat ini banyak yang memakai bahan tambahan untuk digunakan ke dalam campuran beton. Bahan tambahan didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen dan fiber yang digunakan dalam campuran beton atau mortar, yang ditambahkan dalam adukan segera sebelum atau selama pengadukan dilakukan (ACI 166R-2000). Tujuan 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 bahan ini juga dilakukan agar lebih ekonomis.

Superplasticizer adalah bahan kimia tambahan pengurang air yang sangat efektif. Dengan pemakaian bahan tambahan ini diperoleh adukan dengan factor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan lebih encer dengan factor air semen yang sama sehingga kuat tekan beton lebih tinggi.

Pesatnya perkembangan pada perkerasan jalan akan membutuhkan bahan yang lebih banyak. Dengan ini dapat di kaji lebih lanjut dengan mengganti seluruh agregat kasar atau mengganti sebagian agregat kasar dari alam dengan agregat kasar dari beton daur ulang (*Recycle Coarse Agregat*). Dengan menggunakan RCA diharapkan limbah konstruksi ini dapat dimanfaatkan dengan baik.

Oleh karena itu dengan permasalahan-permasalahan diatas, dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh penggunaan superplasticizer terhadap keausan beton porous yang menggunakan RCA (Recycled Coarse Aggregate)”.

TUJUAN

1. Mengetahui hubungan antara penggunaan agregat kasar daur ulang sebesar 0%, 50%, dan 100% terhadap agregat kasar alam dengan nilai abrasi beton porous dengan penambahan *superplastisizer* 1,5 % dengan nilai fas 0,2 dan 0,25.
2. Mengetahui komposisi optimum agregat kasar daur ulang dengan variasi 0%, 50%, dan 100% terhadap agregat kasar alam.
3. Mengetahui pengaruh *Superplasticizer* terhadap abrasi beton *porous* dengan tambahan *fly ash* 25% dan *silica fume* 7% terhadap semen.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Porous

Beton *porous* atau beton non-pasir juga dikenal sebagai *pervious concrete* adalah campuran antara semen, air dan agregat kasar yang membentuk suatu material tembus air (Neville dan Brooks, 2010). Agregat kasar yang digunakan

memiliki gradasi penyeragaman yang disesuaikan. Beton *porous* terusun atas agregat kasar yang diselubungi dengan lapisan pasta semen tipis sekitar 1,3 mm (Neville dan Brooks, 2010). *Mix design* dari beton *porous* terdiri dari : semen (270 – 415 kg), agregat kasar (1190 – 1480 kg), faktor air semen (0,27 – 0,34), perbandingan berat pasir dan kerikil sebesar 0 sampai 1 : 1 serta penambahan *chemical admixtures* (ACI 522R-10).

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

- **Permeabilitas**

Permeabilitas beton adalah kemudahan beton untuk dapat dilalui air. Jika beton tersebut dapat dilalui air maka, beton tersebut dikatakan permeable. Jika sebaliknya, maka beton tersebut dikatakan impermeable.

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

Penghitungan permeabilitas beton porous menggunakan persamaan

$$k = \frac{A_1 l}{A_2 t} \log \frac{h_2}{h_1} \dots \dots \dots 2.1$$

Dimana,

k = permeabilitas air (mm/s)

A₁ = Luas sample (mm)

A₂ = Luas alat (mm)

l = panjang sampel (mm)

t = waktu (s)

h₁ = tinggi muka air awal (mm)

h₂ = tinggi muka air akhir (mm)

- **Void Ratio**

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

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

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 didasarkan 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 (m³)

Superplasticizer

Menurut ASTM C494 dan British Standard 5075, Superplasticizer adalah bahan kimia tambahan pengurang air yang sangat efektif. Dengan pemakaian bahan tambahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan lebih encer dengan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi.

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.

Menurut El – Reddy, 2009 sifat beton dengan RCA jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan NA yaitu:

- (a). Kuat tarik lebih rendah tidak lebih dari 10%.
- (b). Kuat tekan menurun sebesar 10% - 30%.
- (c). Modulus elastisitas menurun sebesar 10% - 40 % tergantung dari sumber agregat kasarnya.
- (d). Susut lebih besar 20% - 55% sedangkan rangkai lebih kecil hingga 10%.

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) 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 ± 0,2 in (115 ± 5 mm). Campuran HMA harus memiliki density 93 ± 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.

$$Cantabro\ Loss\ (CL) = \frac{A-B}{A} \times 100\ \% \quad (2.4)$$

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)

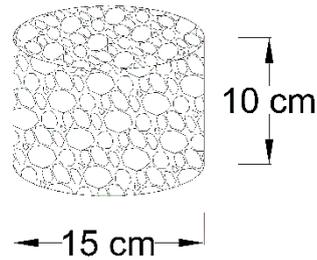
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat tiga variabel diantaranya:

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*) adalah variabel yang perubahannya bebas dilakukan oleh peneliti. Variabel bebas pada penelitian ini meliputi:
 1. Variasi presentase agregat RCA (0%, 50%, dan 100%) terhadap NCA;
 2. Faktor air semen (0,2, 0,25 dan 0,3)
2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*) adalah variabel yang bergantung pada variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah pengujian ketahanan abrasi beton porus.
3. 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 3/8 in;
 2. Presentase penambahan *Superplasticizer* 1,5 %, *Silica Fume* sebesar 7% dan *Fly Ash* sebesar 25%.

Benda uji yang digunakan berdiameter 5,9 inch (150 mm) dan tinggi $4 \pm 0,2$ inch (100 ± 5 mm). Uji Abrasi dengan Cantabro Loss

menggunakan perbandingan masa akhir setelah diuji dengan masa masa sebelum benda uji diuji.



Gambar 2. Dimensi Benda Uji

Tabel 1. Variabel penelitian

| Variasi penelitian | Komposisi | Variabel |
|--|-----------|----------|
| Variasi RCA terhadap NCA | 0% | R0 |
| | 50% | R1 |
| | 100% | R2 |
| Variasi <i>Superplasticizer</i> terhadap semen | 0% | P0 |
| | 1% | P1 |
| Variasi kadar air (w/c) | 0.2 | W1 |
| | 0.25 | W2 |
| <i>Silica Fume</i> terhadap semen | 7% | S1 |
| <i>Fly Ash</i> terhadap semen | 25% | F1 |

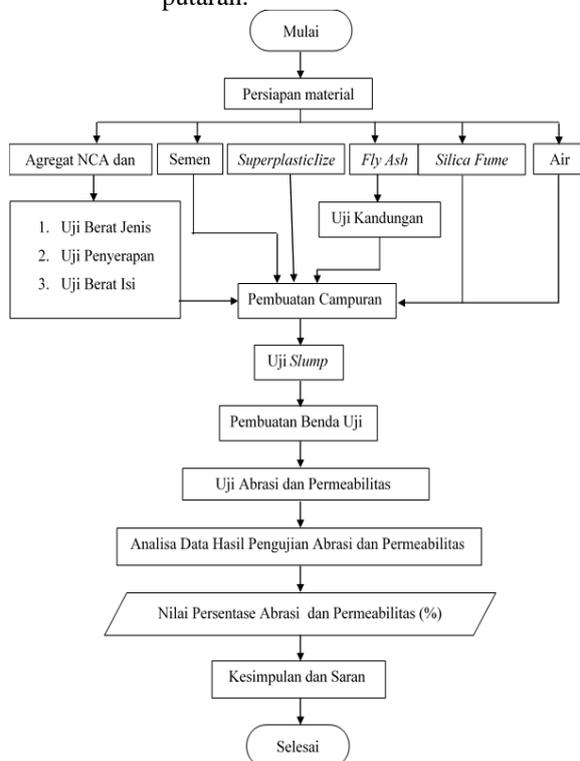
Pengujian yang dilakukan pada beton porous segar antara lain density dan void ratio Tujuan Pengujian ini adalah untuk menentukan density campuran beton segar dari beton porous dan nilai void ratio.

- I. Bahan
 1. Campuran Beton Segar
- II. Peralatan
 1. Alat ukur untuk density
 2. Timbangan dengan ketelitian 0,05 kg
 3. Ember, sekop dan cetok
- III. Pelaksanaan
 1. Pastikan Alat ukur lembab atau basahi alat ukur dengan air.
 2. Isi cetakan benda uji.
 3. Ratakan permukaan Benda uji.
 4. Timbang benda uji.

Pelaksanaan pengujian ketahanan abrasi dengan metode Cantabro Loss sebagai berikut.

- I. Bahan

1. Benda uji yang memiliki diameter 150 mm dan tinggi 115 ± 5 mm.
- II. Peralatan
1. 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 3. 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. Nilai berat jenis yang digunakan adalah berat jenis kering permukaan jenuh. Hasil pengujian berat jenis pada

RCA rata-rata sebesar 2,471 dan NCA sebesar 2,655. Keduanya memenuhi syarat sebagai agregat yaitu berkisar antara 2,4 – 2,9. Penyerapan RCA sebesar 3,394% dan NCA sebesar 1,573% maka keduanya memenuhi syarat absorpsi $NCA < RCA$.

Berat Isi Agregat Kasar

Berat isi didapatkan dari perbandingan massa agregat dengan volume. Pemeriksaan dilakukan dengan menimbang agregat pada wadah. Metode yang digunakan adalah rata-rata dari berat isi dengan cara *rodded* (ditumbuk) dan *shoveled* (tanpa tumbukan). Hasil berat isi NCA menunjukkan berat isi agregat ukuran 10 mm-20 mm yaitu $1,537 \text{ gr/cm}^3$, dan hasil berat isi RCA ukuran 10 mm-20 mm yaitu $1,384 \text{ gr/cm}^3$.

Uji Keleccakan

Berdasarkan pemeriksaan dapat diperoleh nilai slump dari setiap pembuatan campuran beton. Nilai slump yang diambil adalah slump flow dan slump test pada umumnya. Nilai slump flow terbesar pada pengujian ini sebesar 410 mm dan yang terendah sebesar 310 mm. Nilai slump test terbesar pada pengujian ini sebesar 220 mm dan yang terendah sebesar 90 mm. Semakin besar nilai slump, maka semakin mudah pengerjaannya, dan semakin kecil nilai slump, maka kemudahan pekerjaan (*workability*) semakin rendah. Hal ini juga akan berpengaruh pada kekuatan beton yang dihasilkan, termasuk daya tahan aus pada beton porus.

Analisa Hasil Uji *Density* dan *Void Ratio*

Tabel 2. Hasil Uji *Density* dan *Void Ratio*

| NO | KODE MIX DESIGN | Density | Theoretical Density | Void Ratio | |
|----|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------|--------|
| | | (D) kg/m ³ | (T) kg/m ³ | (U)% | |
| 1 | R0 | P0F0S0 | 1571.824 | 2559.440 | 38.587 |
| 2 | R0 | P1F0S0W1 | 1408.891 | 2604.663 | 45.909 |
| 3 | R0 | P1F0S0W2 | 1475.981 | 2577.898 | 42.745 |
| 4 | R0 | P1F1S0W1 | 1466.397 | 2579.117 | 43.143 |
| 5 | R0 | P1F1S0W2 | 1437.644 | 2553.581 | 43.701 |
| 6 | R0 | P1F0S1W1 | 1428.060 | 2593.692 | 44.941 |
| 7 | R0 | P1F0S1W2 | 1437.644 | 2567.212 | 44.000 |
| 8 | R0 | P1F1S1W1 | 1418.476 | 2568.582 | 44.776 |
| 9 | R0 | P1F1S1W2 | 1485.566 | 2543.312 | 41.589 |
| 10 | R1 | P0F0S0 | 1533.487 | 2540.781 | 39.645 |
| 11 | R1 | P1F0S0W1 | 1341.801 | 2507.200 | 46.482 |
| 12 | R1 | P1F0S0W2 | 1408.891 | 2533.097 | 44.381 |
| 13 | R1 | P1F1S0W1 | 1408.891 | 2484.767 | 43.299 |
| 14 | R1 | P1F1S0W2 | 1428.060 | 2509.478 | 43.093 |
| 15 | R1 | P1F0S1W1 | 1322.633 | 2496.656 | 47.024 |
| 16 | R1 | P1F0S1W2 | 1389.723 | 2522.269 | 44.902 |
| 17 | R1 | P1F1S1W1 | 1351.386 | 2474.632 | 45.390 |
| 18 | R1 | P1F1S1W2 | 1437.644 | 2499.080 | 42.473 |
| 19 | R2 | P0F0S0 | 1495.150 | 2441.823 | 38.769 |
| 20 | R2 | P1F0S0W1 | 1284.296 | 2459.653 | 47.786 |
| 21 | R2 | P1F0S0W2 | 1351.386 | 2434.679 | 44.494 |
| 22 | R2 | P1F1S0W1 | 1360.970 | 2438.069 | 44.178 |
| 23 | R2 | P1F1S0W2 | 1351.386 | 2414.233 | 44.024 |
| 24 | R2 | P1F0S1W1 | 1303.464 | 2448.980 | 46.775 |
| 25 | R2 | P1F0S1W2 | 1293.880 | 2424.286 | 46.628 |
| 26 | R2 | P1F1S1W1 | 1332.217 | 2427.819 | 45.127 |
| 27 | R2 | P1F1S1W2 | 1389.723 | 2404.244 | 42.197 |

Berdasarkan Tabel 2 dapat diperoleh nilai berat volume beton segar untuk mengetahui kepadatan beton segar aktual. Hasil pengujian berat volume menunjukkan bahwa beton *porous* yang tidak menambahkan *superplasticizer* mempunyai berat volume yang lebih tinggi dari beton *porous* yang ditambahkan *superplasticizer*. Berat volume beton *porous* yang tidak menggunakan *superplasticizer* untuk RCA 0% yaitu 1571,824 kg/cm³, RCA 50% yaitu 1533,487 kg/cm³, RCA 100% yaitu 1495,150 kg/cm³. Hasil pengujian void ratio menunjukkan nilai void ratio terkecil adalah 38,587% pada beton *porous* normal tanpa tambahan *superplasticizer* variasi 0% RCA. Nilai void ratio terbesar adalah 47,786 % pada beton *porous* dengan tambahan *superplasticizer* dengan variasi 100% RCA. Terdapat perbedaan yang cukup jauh dapat kita lihat pada beton *porous* yang menggunakan *superplasticizer* dan yang tidak menggunakan *superplasticizer*, dipengaruhi oleh perbedaan metode saat mengukur *density* dan *void ratio*. Pada beton *porous* normal pengukuran *density* menggunakan *standart proctor hammer* pada saat memasukkan benda uji ke dalam tabung *density*, sedangkan untuk beton *porous* dengan tambahan *superplasticizer* pada saat pengujian *density* tidak menggunakan *standart proctor hammer*. Pada proses ini sangat mempengaruhi kepadatan dari beton *porous*.

Berdasarkan ACI 522R-10 *Report on pervious concrete*, Beton *porous* memiliki void ratio antara 15% sampai 35%, pada penelitian ini keseluruhan hasil pengujian void ratio memiliki nilai void ratio diatas 35% hal ini dikarenakan agregat yang dipakai untuk penelitian adalah

ukuran 1-2 cm sehingga memiliki nilai rongga yang tinggi.

Permeabilitas Beton Porous

Nilai permeabilitas beton porous merupakan permeabilitas setiap sampel beton pada setiap variasi RCA. Setiap variasi RCA ada 3 sampel beton yang diuji. Semakin besar *void ratio*, maka semakin besar pula permeabilitas, dan sebaliknya.

Nilai permeabilitas menunjukkan bahwa beton yang paling *permeable* merupakan beton dengan campuran RCA 50 %, SP 1,5%, FA 0 %, SF 0 % dan W 0,2 yaitu sebesar 22,515 mm/detik, sedangkan pada beton yang paling tidak *permeable* pada beton dengan campuran RCA 100 %, FA 0 %, dan SF 0 % yaitu sebesar 10,619 mm/detik (dapat dilihat pada Gambar 4.15). Hal ini terjadi karena pada beton dengan campuran RCA 50 %, SP 1,5%, FA 0 %, SF 0 % dan W 0,2, memiliki angka persentase pori yang besar sehingga air cepat melewati beton. Sedangkan pada permeabilitas yang kecil disebabkan karena angka persentase pori pada variasi ini relatif kecil daripada yang lain.

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.

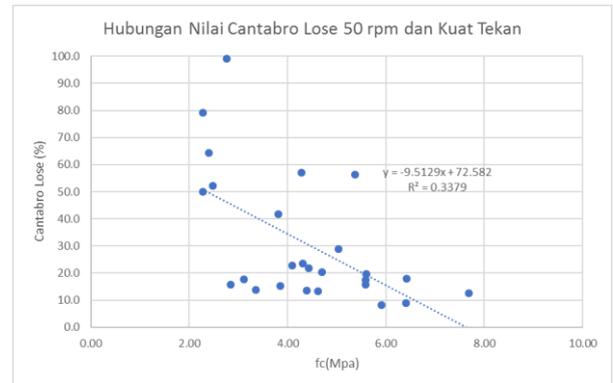
| No | Kode mix desain | | RCA | Cantabro Loss (%) tiap putaran | | | | | | |
|----|-----------------|----------|------|--------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | | | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | |
| 1 | R0 | POF0S0 | 0% | 0.0 | 8.3 | 15.7 | 35.3 | 40.9 | 57.1 | |
| 2 | R0 | PIF0S0W1 | | 0.0 | 99.1 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | |
| 3 | R0 | PIF0S0W2 | | 0.0 | 64.3 | 90.0 | 99.4 | 100.0 | 100.0 | |
| 4 | R0 | PIF1S0W1 | | 0.0 | 41.7 | 88.5 | 95.2 | 99.6 | 100.0 | |
| 5 | R0 | PIF1S0W2 | | 0.0 | 50.0 | 88.4 | 97.7 | 100.0 | 100.0 | |
| 6 | R0 | PIF0S1W1 | | 0.0 | 17.5 | 60.7 | 72.3 | 90.2 | 92.2 | |
| 7 | R0 | PIF0S1W2 | | 0.0 | 56.2 | 91.7 | 98.3 | 100.0 | 100.0 | |
| 8 | R0 | PIF1S1W1 | | 0.0 | 17.6 | 28.4 | 60.8 | 68.1 | 74.6 | |
| 9 | R0 | PIF1S1W2 | | 0.0 | 17.9 | 33.8 | 66.1 | 76.7 | 84.2 | |
| 10 | R1 | POF0S0 | 50% | 0.0 | 23.6 | 52.9 | 81.5 | 89.0 | 92.9 | |
| 11 | R1 | PIF0S0W1 | | 0.0 | 15.6 | 33.1 | 46.6 | 55.3 | 66.9 | |
| 12 | R1 | PIF0S0W2 | | 0.0 | 79.1 | 96.2 | 98.7 | 100.0 | 100.0 | |
| 13 | R1 | PIF1S0W1 | | 0.0 | 20.3 | 68.2 | 84.6 | 91.3 | 92.6 | |
| 14 | R1 | PIF1S0W2 | | 0.0 | 28.8 | 69.4 | 82.8 | 92.3 | 94.1 | |
| 15 | R1 | PIF0S1W1 | | 0.0 | 19.6 | 34.5 | 45.0 | 54.2 | 60.4 | |
| 16 | R1 | PIF0S1W2 | | 0.0 | 13.4 | 30.8 | 41.9 | 66.8 | 83.8 | |
| 17 | R1 | PIF1S1W1 | | 0.0 | 52.3 | 66.7 | 90.8 | 95.6 | 100.0 | |
| 18 | R1 | PIF1S1W2 | | 0.0 | 9.0 | 15.2 | 21.5 | 26.8 | 35.5 | |
| 19 | R2 | POF0S0 | 100% | 0.0 | 19.5 | 45.0 | 58.4 | 62.5 | 68.4 | |
| 20 | R2 | PIF0S0W1 | | 0.0 | 13.7 | 32.2 | 56.9 | 65.8 | 78.4 | |
| 21 | R2 | PIF0S0W2 | | 0.0 | 22.7 | 43.0 | 67.4 | 74.3 | 89.9 | |
| 22 | R2 | PIF1S0W1 | | 0.0 | 15.4 | 29.2 | 39.8 | 56.8 | 70.6 | |
| 23 | R2 | PIF1S0W2 | | 0.0 | 21.8 | 52.7 | 71.2 | 81.9 | 85.9 | |
| 24 | R2 | PIF0S1W1 | | 0.0 | 57.1 | 77.2 | 83.5 | 95.7 | 96.8 | |
| 25 | R2 | PIF0S1W2 | | 0.0 | 15.8 | 50.3 | 68.9 | 76.2 | 90.3 | |
| 26 | R2 | PIF1S1W1 | | 0.0 | 13.3 | 34.1 | 39.7 | 50.7 | 56.7 | |
| 27 | R2 | PIF1S1W2 | | 0.0 | 12.5 | 27.7 | 40.6 | 51.1 | 68.1 | |

Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Tahanan Abrasi.

Nilai CL (*Cantabro Loss*) ditunjukkan pada berat beton porous setelah 300 putaran. Data yang dihasilkan berasal dari rata-rata pengujian abrasi pada tiga buah sampel dan dicatat pada tabel. Putaran 300 merupakan jumlah putaran yang disyaratkan pada pengujian keausan beton porous berdasarkan aturan pengujian *Cantabro Loss*. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan hasil dari putaran 300 untuk dianalisis. Namun pada beton porous dengan penambahan *superplasticizer* pada putaran ke 300 rata-rata nilai *Cantabro Loss* yang diperoleh sangat tinggi atau beton porous sudah hancur tidak berbentuk. Pada pembahasan ini ditampilkan nilai *Cantabro Loss* setiap putaran sehingga pola keruntuhan beton porous akan terlihat.

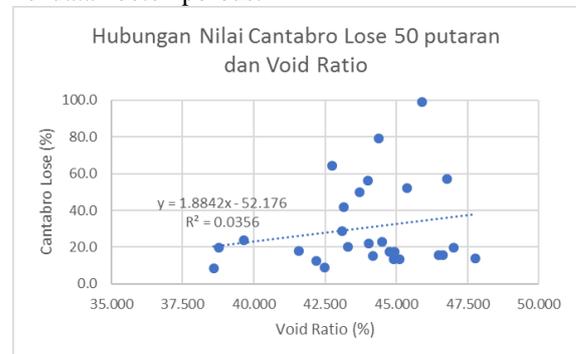
Dari semua hasil pengujian ketahanan abrasi pada beton porous yang menggunakan *superplasticizer* 1,5 % menurunkan nilai ketahanan abrasi jika dibandingkan dengan beton porous yang tidak menggunakan *superplasticizer*. Hal ini dikarenakan dengan penambahan *superplasticizer* pasta semen yang ada pada beton porous mengendap kelapisan bawah beton porous sehingga ikatan antar agregat pada lapisan atas berkurang dan mengakibatkan cepat hancurnya beton porous.

Pada penelitian ini diambil nilai *cantabro loss* putaran ke 50 untuk mengetahui perbedaan nilai CL pada masing-masing *mix desain* dan untuk perbandingan antara daya tahan aus (nilai abrasi) dengan kuat tekan, permeabilitas serta void ratio. Hal ini dikarenakan hasil pengujian abrasi pada putaran ke 50 sudah ada yang mendekati nilai CL 100% sehingga diambil nilai CL pada putaran ke 50 untuk perbandingan.

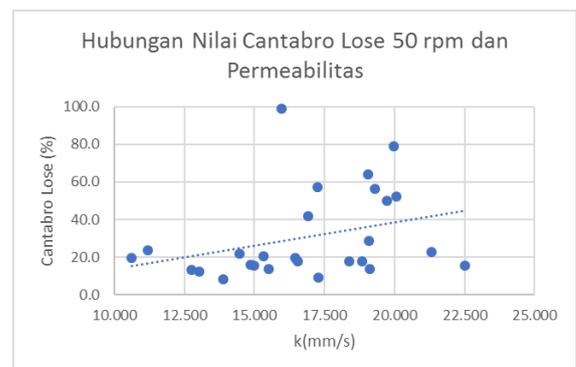


Gambar 4 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Tahanan Abrasi pada 50 putaran.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa apabila nilai kehilangan abrasi/keausan semakin besar maka akan semakin kecil kuat tekan yang terjadi. Hal ini menunjukkan daya tahan abrasi akan meningkat seiring dengan meningkatnya kekuatan beton porous.



Gambar 5 Grafik Hubungan Tahanan Abrasi pada Putaran ke 50 dan Void ratio



Gambar 6 Grafik Hubungan Tahanan Abrasi pada Putaran ke 50 dan Permeabilitas

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa semakin besar *void ratio*, maka semakin besar nilai kehilangan keausan beton porous dan semakin besar permeabilitas maka nilai *cantabro loss* semakin tinggi menunjukkan daya aus beton semakin rendah seperti pada gambar. Hal ini terjadi bahwa beton porous yang memiliki persentase rongga yang besar menyebabkan aliran air yang dilalui akan semakin cepat merembes ke dalam tanah.

KESIMPULAN

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

1. Pengujian abrasi menggunakan metode cantabro loss pada beton porous dengan tambahan *superplasticizer* 1,5% pada putaran ke 50 menghasilkan nilai Cantabro Loss (CL) terkecil 9,006% pada mix desain SP 1,5 %, FA 25% , SF 7% dengan fas 0,25 dan nilai CL terbesar 99,131 % pada mix desain SP 1,5 %, FA 0% , SF 0% dengan fas 0,2. Semakin kecil nilai CL yang dihasilkan menunjukkan bahwa ketahanan abrasi yang dimiliki beton porous semakin baik.
2. Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian secara keseluruhan daya tahan keausan pada beton porous dengan tambahan *superplasticizer* 1,5% rata-rata nilai terbaik adalah menggunakan RCA 100% dan nilai fas 0,2.
3. Dari keseluruhan mix desain beton porous yang menambahkan *superplasticizer* 1,5% nilai CL pada putaran ke 300 lebih dari 50% sehingga tidak memenuhi standart ASTM C-33 sehingga dengan menambahkan *superplasticizer* beton porous tidak dapat digunakan pada perkerasan jalan. Hal ini dikarenakan dengan penambahan *superplasticizer* pasta semen yang ada pada beton porous mengendap kelapisan bawah beton porous sehingga ikatan antar agregat pada lapisan atas berkurang dan mengakibatkan cepat hancurnya beton porous.

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 terait judul ini, antara lain.

1. Sebaiknya dilakukan penelitian pendahuluan untuk menentukan kadar *superplasticizer* dan kadar air yang digunakan, karena referensi yang masih sedikit untuk digunakan menjadi acuan.
2. Pengawasan faktor air semen di lapangan cukup sulit dilakukan sehingga perlu diperhatikan.
3. Penggunaan zat tambahan (*admixture*) direkomendasikan untuk memperbaiki ikatan antar agregat sehingga diperoleh kekuatan yang lebih baik, hal ini dikarenakan beton porous merupakan beton yang ramah lingkungan dengan kemampuan permeabilitas yang tinggi, namun semakin tinggi nilai permeabilitas beton porous semakin lemah kekuatan abrasi.
4. Penggunaan metode lain seperti *asphalt pavement analyzer* (APA) direkomendasikan untuk digunakan karena dapat memberika beban roda dan tekanan kontak pada benda uji sehingga lebih mendekati kondisi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee. (2010). ACI 522R-10, *Repot on Pervious Concrete*, USA: American ACI Commmittee 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., Zacoeb, 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
- Asroni, 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 Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia. Concrete Institute.
- Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-1969-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-2834-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana*
- Departemen Pekerjaan Umum, SNI 15-0302-2004, *Semen Portland Pozolan*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum, SNI 15-2049-2004, *Semen Portland*, Badan Standarisasi Education Limited, Essex, England.
- Dong, Qiao, Wu, Hao, Huang, Baoshan, Shu, Xiang, and Wang, Kejin. (2013). *Investigation into Laboratory Abrasion Test Methods for Pervious Concrete*. American: ASCE.
- Murdock, L. J. & Brook, K. M. (1986). *Bahan dan Praktek Kerja Beton*. Jakarta: Erlangga. Nasional, Jakarta, Indonesia.
- 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.
- Nawy, Edward G., (1998). *Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Dasar)*. Penerbit PT.
- Neville, A. M. 1995. *Properties of Concret.*. New York: John Wiley and Sons Inc
- Neville, A.M., Brooks, J.J. (2010). *Concrete Technology*, Second Edition, Pearson
- NRMCA Committee. (2004). "What, Why, and How? Pervious Concrete" *Concrete in Practice series, CIP 38*. NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association). Silver Spring, Maryland.
- Rusyandi, Kukun, Mukodas, Jamul, dan Gunawan, Yudi. (2012). *Perancangan Beton Sefl Compacting Concrete dengan Penambahan Fly Ash dan Structuro* . Jurnal; Sekolah Tinggi Teknologi Garut.
- Shetty, M.S. (2000). *Concrete Technology-Theory And Practice*. India: S. Chand Limited.
- Sriravindrajah, R., Wang, N. D. H. & Ervin, L. J. W. (2012), Mix Design for Pervious Recycled Aggregate Concrete. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. VI (4): 239-246.
- Tennis, Paul D., Leming, Michael L. & Akers, David J. (2004). *Pervious Concrete Pavements*. USA: Portland Cement Association.
- Thomas, Michael. (2007). *Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete*. Washington DC:
- Trisnoyuwono, Diarto. (2014). *Beton Non-Pasir*. Jakarta: Graha Ilmu
- Wangsadinata, Wiratman. (1971), *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI – 1971)*, Bandung: Departemen Pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik.
- Wardani, Sri Prabandiyani Retno. (2008). *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Jurnal: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Yogyakarta.