

PEMANFAATAN BETON POROS *RECYCLE* AGREGAT SEBAGAI MEDIA FILTRASI AIR LIMBAH DOMESTIK MCK TERPADU KELURAHAN TLOGOMAS KOTA MALANG

Alif Ramadhani Medisia PG¹, Evi Nur Cahya², Emma Yuliani³

¹Mahasiswa Program Sarjana Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Teknik Pengairan Universitas Brawijaya-Malang, Jawa Timur, Indonesia
Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145, Indonesia
e-mail: medisiagunawan@gmail.com

ABSTRAK: Keterbatasan dana dan lahan merupakan masalah sebuah perkotaan dalam pembangunan IPAL. Maka dari itu, kelurahan Tlogomas membangun MCK Terpadu untuk mengatasi limbah domestik dikelurahan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mencari efisiensi beton poros sebagai media filtrasi air limbah domestik menggunakan model IPAL. *Recycle* agregat yang digunakan bertujuan untuk mendaur ulang kembali beton yang sudah tidak terpakai. Beton poros yang digunakan adalah NCA (*Normal Coarse Aggregate*) berasal dari krikil alami, RCA (*Recycle Coarse Aggregate*) dan campuran NCA RCA. Agregat yang digunakan berukuran 0.5-1, 1-2, 0.5-2. *Void ratio* diuji dengan menimbang berat *fresh concrete*. Pengujian *permeabilitas* menggunakan metode *Falling Head* pada beton kering yang berumur 28 hari. Model disekat oleh dua beton dengan tebal 5 cm setiap 30 cm dengan debit 2lt/menit. Sampel hasil percobaan diambil setiap akhir percobaan pada jam ke 3. Nilai BOD, COD dan TSS tereduksi paling besar pada percobaan 50%RCA50%NCA0.5-2 sebesar 90.97%, 89.59% dan 86.35%. Amoniak tereduksi paling besar pada percobaan 100%NCA0.5-1 sebesar 14.51%, minyak dan lemak dan *total coliform* tidak dapat tereduksi dengan metode ini. Beton poros paling efisien digunakan adalah 50%RCA50%NCA 0.5-2 dengan nilai *void ratio* 5.940% dan *permeabilitas* 7.332 mm/s.

Kata Kunci: Beton Poros, Air Limbah Domestik, Model IPAL

ABSTRACT: Limited funds and land is a problem process to build waste water treatment plant in the city. Because of that, Tlogomas subdistrict was build the intregeted wastewater treatment plant to resolving the problems from domestic water. The aimed from this research was finding the efficiency of pervious aggregate as filtration media of domestic wastewater was using wastewater treatment plant model. Recycle aggregate was used, because it has function to reuse concrete from building demolished. The aggregate that used is NCA (*Normal Coarse Aggregate*) derived from natural aggregate, RCA (*Recycle Coarse Aggregate*) and mix of NCA RCA. The aggregate that used is 0.5-1, 1-2, 0.5-2. The void ratio was tested by weighing fresh concrete weight. The permeability test was used the Falling Head method on a 28-day-old dry concrete. The model was divided become three parts by two concretes with a thickness of 5 cm with a discharge was 2lt / min. Samples from this experiment are taken by 3 hours in the end of experiment. In the other hand the values of BOD, COD and TSS reduction were 90.97%, 89.59% and 86.35%. There are were highest result of these reductions. Ammonia was highest reduced 14.51% in a 100% NCA 0.501 experiment, oil and greasse and total coliform could not be reduced by physic method (Said,2017). The most efficient pervious concrete used is 50% RCA50% NCA 0.5-2 with the value of void ratio and permability is 5.940% and 7.332 mm/s.

Keywords : Pervious Concrete, Domestic Waste Water, Waste Water Treatment Plant Model.

PENDAHULUAN

Pencemaran sungai di Indonesia saat ini telah berada diambang kritis. Berdasarkan laporan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) di tahun 2015 sebanyak 67.94 persen atau mayoritas air sungai di Indonesia dalam status tercemar berat (Fauziah, 2017). Berdasarkan identifikasi yang dilakukan, sumber utama pencemar air sungai di Indonesia sebagian besar berasal dari limbah domestik atau rumah tangga. Terdapat instalasi pengolahan air limbah komunal berada pada kota Malang kelurahan Tlogomas.

Jika ditelaah kembali mengenai permasalahan yang sudah ada, banyak solusi yang dapat ditawarkan. Namun, banyak juga solusi yang tidak terealisasi. Hal ini dikarenakan keterbatasan dana dan lahan untuk pembangunan IPAL. Maka dari itu, adanya penelitian ini berfungsi untuk menambah satu ide kreatifitas untuk mengatasi permasalahan air limbah khususnya limbah domestik. Pada penelitian kali ini, menggunakan media beton poros atau beton berongga yang berasal dari bahan *recycle* agregat yang berfungsi sebagai media filtrasi air limbah. Beton poros adalah beton yang bersifat *permeable*.

Tujuan Penelitian

Mencari efisiensi beton poros dengan menggunakan variasi komposisi agregat kasar sebagai media filtrasi air limbah domestik (*Grey water* dan *black water*) dengan model IPAL.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas Kota Malang. Untuk pembuatan beton poros dan pengujiannya dilakukan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Pengujian kualitas air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I Kota Malang. Pengambilan sampel

pada penelitian ini dilakukan menggunakan pompa langsung dari outlet bak sedimentasi MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas Kota Malang. Penelitian ini menggunakan model dengan ukuran Panjang 1.1 meter, lebar 0.6 meter dan kedalaman 0.6 meter yang disekat dengan beton setebal 5 cm setiap 30 cm dari inlet.

Material Dasar

1. Beton Poros

Penelitian ini menggunakan sembilan variasi campuran agregat pada beton poros. Beton poros tersebut terdiri dari NCA (*Normal Coarse Agregat*) yang berasal dari kerikil alami, RCA (*Recycle Coarse Agregat*) yang berasal dari beton yang sudah tidak terpakai. Agregat yang digunakan berukuran 0.5-1 cm, 1-2 cm dan 0.5-2 cm.

Mix design beton poros ini memiliki perbandingan semen:agregat kasar:air yaitu 1:4:0.3. Pembuatan beton ini tidak menggunakan agregat halus atau pasir.

2. Data Awal Kualitas Air MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas Kota Malang

Data kualitas air MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas Kota Malang diambil pada tanggal 2 juni 2017 dengan metode *grab sampling* (SNI 6989.59:2008).

Tahapan Penelitian

1. Penelitian ini terdiri dari 2 tahap yaitu :

• Pembuatan beton poros

Beton poros ini dibuat dengan melalui beberapa tahap. Tahap yang pertama adalah pengayakan agregat. Tahap ini bertujuan untuk mengelompokkan ukuran agregat. Ayakan yang dipakai adalah ayakan berukuran 0.5-1 cm, 1-2 cm, dan campuran antara 0.5-1 dan 1-2. Tahap kedua adalah perendaman agregat. Hal ini bertujuan untuk membuat agregat menjadi dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) selama minimal 24 jam (Trisnoyuwono,2014).

Sebelum dimasukkan dalam alat pengadukan agregat terlebih dahulu dikeringkan menggunakan kain dan bukan sinar

matahari. Kemudian dilakukan penimbangan sesuai dengan porsi dari perbandingan *mix design*. Tahap berikutnya adalah diaduk menggunakan molen. Setelah dilakukan pengadukan maka dilakukan uji slump dan penimbangan berat untuk mencari nilai angka pori beton dari *density*. Prosesnya adalah dengan menggunakan vibrator dan ditumbuk sebanyak 25 kali per 1/3 lapis beton. Kemudian langsung menyiapkan bekisting untuk pelat beton sebagai media filtrasi berukuran 60,60,5 cm dan pengujian *permeabilitas* berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 15cm. Bekisting yang akan digunakan diolesi oleh oli bekas agar adonan beton tidak menempel pada cetakan dan dapat dilepas pada kondisi kering. Tahap terakhir adalah proses *curing* yaitu beton dibungkus oleh plastik dan didiamkan selama 7 hari kemudian beton dapat diaplikasikan (Trisnoyuwono,2014).

- Pengujian kualitas air pada model Pengujian kualitas air pada model dilakukan pada akhir percobaan menggunakan metode *grab sampling*. Percobaan ini dilakukan selama 3 jam. Sampel yang diambil adalah air pada bak I, II dan III pada satu waktu. Debit yang dialirkan pada model ini sebesar 2lt/menit.
2. Pengujian
- a. Kualitas air IPAL Tlogomas pada bak penghancur dan bak setelah filter Pengujian kualitas air ini dilakukan di Labolatorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I Kota Malang.
 - b. *Void ratio* beton poros Pengujian ini dilakuakan pada *fresh concrete*. Pengujian ini dilakukan setelah beton dikeluarkan dari pengadukan (Joshi & Dave, 2016). Analisa *void ratio* dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Void content (\%)} = \frac{T-D}{T} \times 100$$

$$D = \frac{(Mc-Mm)}{Vm} \quad (1)$$

Keterangan :

- Mc = berat total benda uji dan cetakan
- Mm = berat bersih beton dikurangi cetakan benda uji
- Vm = Volume total benda uji
- T = Ms/ Vs (*Teoritichal density*)
- Ms = Berat total material
- Vs = Volume absolut material

c. *Permeabilitas* beton

Pengujian ini dilakukan dengan metode Falling Head. Benda uji yang digunakan adalah beton kering berbentuk silinder berukuran 15 cm untuk diameter dan 15 cm tinggi silinder. Beton ini di uji setelah masa *curing* dan berumur 28 hari (Joshi & Dave, 2016). Perhitungan *permeabilitas* dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$k = \frac{A1l}{A2t} \log \frac{h2}{h1} \quad (2)$$

Dimana,

- K = nilai *permeabilitas*
 - A1 = *cross section area* benda uji (150 mm)
 - A2 = *cross section area* dari tabung (150 mm)
 - L = Panjang penda uji (150 mm)
 - T = waktu = 17.75 detik
 - H1 = *initial water head* (300 mm)
 - H2 = *final water head* (1 mm)
- d. Pengukuran tinggi muka air Pengukuran tinggi muka air ini, dilakukan untuk melihat kestabilan air yang mengalir pada model. Pengukuran ini dilakukan setiap 1 jam.
 - e. Pengukuran tinggi endapan Pengukuran tinggi endapan dilakukan setelah 18 jam percobaan selesai.
 - f. Pengukuran debit masuk Debit inlet diukur setiap awal percobaan menggunakan gelas ukur. Debit yang digunakan pada penelitian
 - g. Pengukuran nilai pH dan Suhu Pengukuran parameter ini menggunakan alat Horiba.

- h. Pengujian kualitas air setiap layer (BOD, COD, TSS, Amoniak, Minyak dan Lemak, *Total Coliform*)

Untuk pengujian kualitas air ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Laboratorium Perum Jasa Tirta I Kota Malang. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab sampling* menggunakan botol sampel dan *cool box*. Parameter yang digunakan mengacu pada Permen LH Nomor 68 Tahun 2016



A

Gambar 1. Foto Digital Microscope

Gambar A adalah hasil foto digital microscope untuk beton 50%RCA50%NCA 0.5-2 dan gambar B adalah 50%RCA50%NCA 0.5-1. Pada gambar 1 terlihat bahwa ada beberapa kotoran yang menempel diseluruh-nya beton. Pengambilan gambar ini dilakukan usai beton porous digunakan sebagai filter dan dalam kondisi yang kering. Pada campuran 50%RCA50%NCA terlihat bahwa banyak sekali kotoran yang menempel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mencari nilai efisiensi model instalasi pengolahan air limbah dengan media filtrasi beton porous. Pada pengujian beton akan mendapatkan hasil nilai *void ratio*, *permeabilitas*. Sedangkan untuk pengujian model sendiri akan mendapatkan hasil kualitas air dan efisiensi. Dimana angka pori dan *permeabilitas* akan dihubungkan dengan hasil efisiensi untuk mengetahui karakteristik beton yang

mengenai baku mutu air limbah domestik.

- i. Foto *digital microscope*

Beton porous yang sudah selesai digunakan sebagai media filtrasi dibersihkan kering dan kemudian difoto menggunakan *digital microscope*. Perlakuan ini diharapkan dapat menunjukkan polutan-polutan yang menempel dan tersaring pada beton porous. Untuk gambar hasil foto *digital microscope* dipaparkan pada Gambar 1.



B

dibutuhkan agar menjadi campuran beton yang efisien untuk menjadi media filtrasi air limbah domestik. Sembilan sampel terdiri dari 100% NCA ukuran 0.5-1, 100% RCA ukuran 0.5-1, 50% NCA 50% RCA ukuran 0.5-1, 100% NCA ukuran 1-2, 100% RCA ukuran 1-2, 50% NCA 50% RCA ukuran 1-2, 100% NCA ukuran 0.5-2, 100% RCA ukuran 0.5-2 dan 50% NCA 50% RCA ukuran 0.5-2.

Void Ratio dan Permeabilitas

Angka pori menunjukkan banyaknya pori pada beton. Angka pori beton sejalan dengan besarnya porositas pada beton. Analisa *permeabilitas* ini digunakan untuk melihat berapa besar penyerapan oleh beton porous yang dimunculkan dengan simbol k. Pengukuran *permeabilitas* dihitung berdasarkan ACI-522R. Hasil perhitungan angka pori dan *permeabilitas* dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Void Ratio* dan *Permeabilitas*

	Void Ratio %	Permeabilitas (mm/s)
100%NCA 0.5-1	9.772	4.87834
100%NCA 1-2	10.615	4.8243
100%NCA 0.5 -2	8.720	9.24775
50%NCA50%RCA 0.5 -1	8.587	7.31718
50%NCA50%RCA 1-2	11.672	11.3672
50%NCA50%RCA 0.5-2	5.940	7.33237
100%RCA 0.5-1	4.865	6.26375
100%RCA 1-2	5.186	8.86476
100%RCA0.5-2	8.263	8.05161

Kurang terlihat hubungan yang nyata antara angka pori dan *permeabilitas* dikarenakan metode pengujian angka pori menggunakan *fresh concrete* sedangkan *permeabilitas* menggunakan beton kering yang sudah berumur 28 hari.

Kapasitas Model

Dengan debit 2 liter/ menit model ini memiliki kapasitas tampungan air buangan sebagai berikut :

- Diketahui :
- Q_{am} : 100 liter/orang/hari
- F_{ab} : 0.5 -0.8
- Q_r : 2 liter/menit
- Hidram: 30 liter/menit

Maka, dengan persamaan berikut :

$$Q_r = \frac{F_{ab} \times ((80\% \times Q_{am} \times \text{Jumlah penduduk}) + (20\% \times \text{keb air hidram}))}{86400 \text{ dt/hr}}$$

Jumlah penduduk = (((2 liter/menit x 1440 menit/hari) / 0.8) - (30 liter/hari x 20%)) / (100liter/hari/orang x 80%) = 44.93 = 45 orang. Sehingga, kapasitas model ini adalah untuk 45 orang. Untuk perhitungan waktu tinggal adalah seperti berikut :

- Diketahui ,
- $Q_r = 2$ liter/menit
- $V_{\text{model}} = 1 \times (0.6 \times 5\%) \times 0.6 = 0.39 \text{ m}^3$
- $V_{\text{beton}} = 2 \times (0.58 \times 0.6 \times 0.05) = 0.0348 \text{ m}^3$
- $V_{\text{total}} = 0.39 - 0.0348 = 0.3552 \text{ m}^3 = 355.2$ liter
- $T = V/Q$

Maka waktu tinggal model IPAL = 355.2 liter / (2 liter/menit) = 177.6 menit = 3 jam. Sehingga kapasitas model ini adalah untuk 45 orang dalam debit 2 liter/menit dan dengan waktu tinggal 3 jam. Jika model ini digunakan pada 1 rumah (5 orang) maka,

$Q_r = (0.8 \times (0.8 \times 100\text{liter/orang/hari} \times 5 \text{ orang}) + (0.2 \times 30\text{liter/orang/hari})) / (86400\text{dt/hari})$. Maka debit yang digunakan adalah 0.00329 liter/detik atau

$Q_r = 0.00329$ liter/detik x 60 = 0.197 liter/menit. Maka,

$$T = 355.2 \text{ liter} / (0.197 \text{ liter/menit})$$

$$T = 1799.75 \text{ menit} = 1 \text{ hari } 6 \text{ jam.}$$

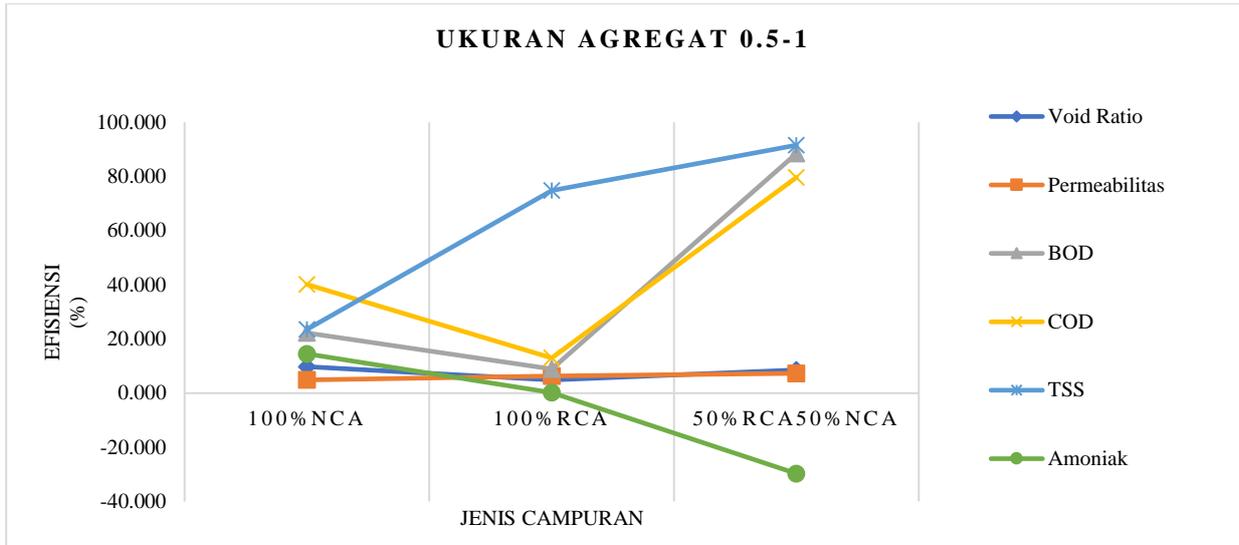
Pada dasarnya penentuan debit 2 liter/ menit ini adalah berasal dari IPAL terpadu yang dapat menampung 20 liter/ menit untuk 104 kartu keluarga atau sekitar 520 orang.

Dengan nilai debit 10 kali lebih kecil, maka dapat menampung air buangan dari 45 orang dalam waktu 3 jam. Dan model ini dapat menampung limbah 1 rumah (5 orang) dengan debit 0.197liter/menit dalam waktu 1 hari 6 jam.

Analisa Hasil Kualitas Air dan Efisiensi

Kualitas air yang diuji pada penelitian ini sesuai dengan baku mutu air limbah domestik yaitu Suhu, pH, BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak, Amoniak dan *Total Coliform*. Untuk melihat hubungan antara efisiensi reduksi parameter tersebut dengan *void ratio* dan *permeabilitas* maka dibuat beberapa grafik. Pada grafik ini nilai minyak dan lemak dan *total coliform* tidak dicantumkan karena tidak ada nilai reduksi parameter tersebut pada penelitian ini. Minyak dan lemak dan *total coliform* hanya dapat diuraikan dan direduksi menggunakan metode biologi dan kimia. Hal ini dikarenakan waktu pertumbuhan coli yang sangat cepat dan metode penggumpalan minyak dan lemak yang harus membutuhkan zat koagulan tertentu (Hammer, 2008) .

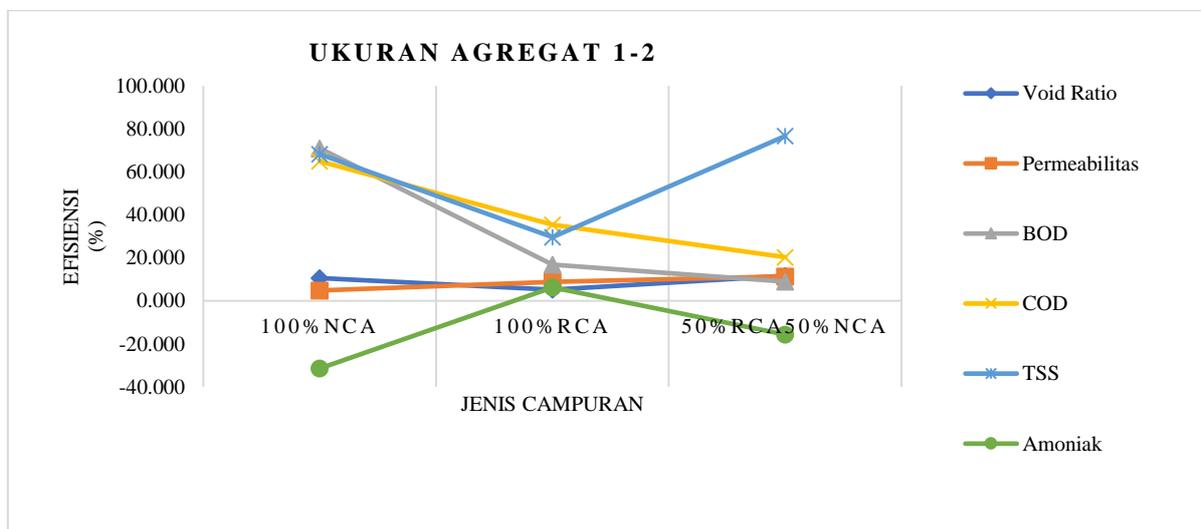
Perbandingan jenis agregat dengan ukuran 0.5-1 dijelaskan pada Gambar 2 dibawah.



Gambar 2. Grafik Perbedaan Nilai *Void Ratio*, *Permeabilitas* dan Efisiensi Setiap Campuran Dengan Ukuran Agregat 0.5-1

Pada gambar 2 diatas terlihat nilai prosentasi efisiensi terbaik adalah pada jenis campuran 50%RCA50%NCA. Namun memiliki efisiensi amoniak yang paling rendah. Hal ini dikarenakan amoniak tidak direduksi hanya dengan metode fisik

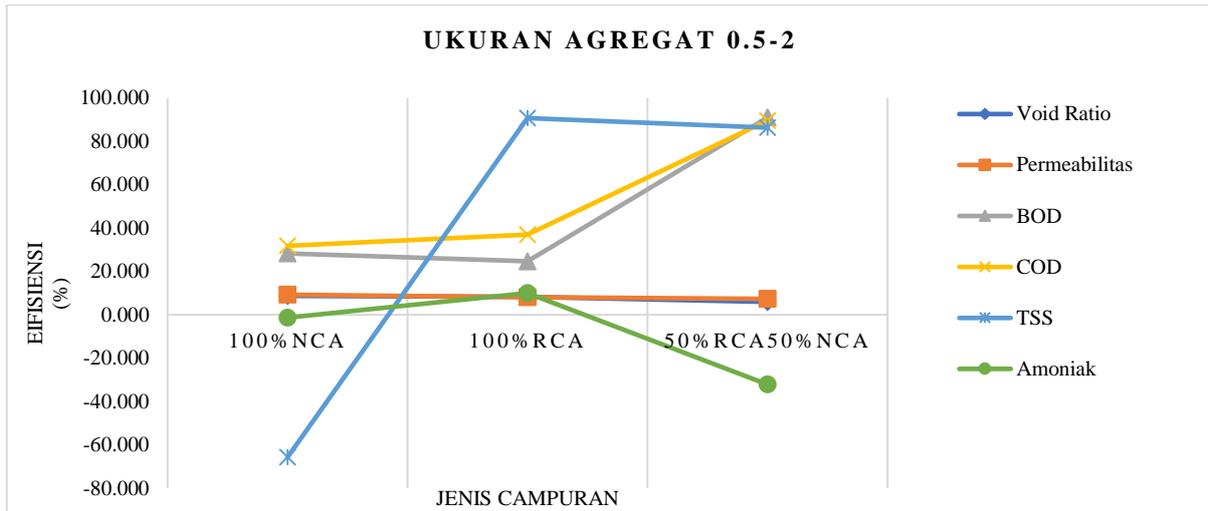
saja, namun penambahan metode biologi atau dengan penambahan aerasi pada pengolahan (Said,2017). Perbandingan jenis agregat pada ukuran 1-2 dipaparkan pada Gambar 3 dibawah.



Gambar 3. Grafik Perbedaan Nilai *Void Ratio*, *Permeabilitas* dan Efisiensi Setiap Campuran Dengan Ukuran Agregat 1-2

Pada gambar 3 diatas nilai efisiensi TSS tertinggi pada campuran 50%RCA50%NCA sedangkan BOD,COD berada pada 100%NCA. Namun, nilai efisiensi reduksi amoniak paling besar

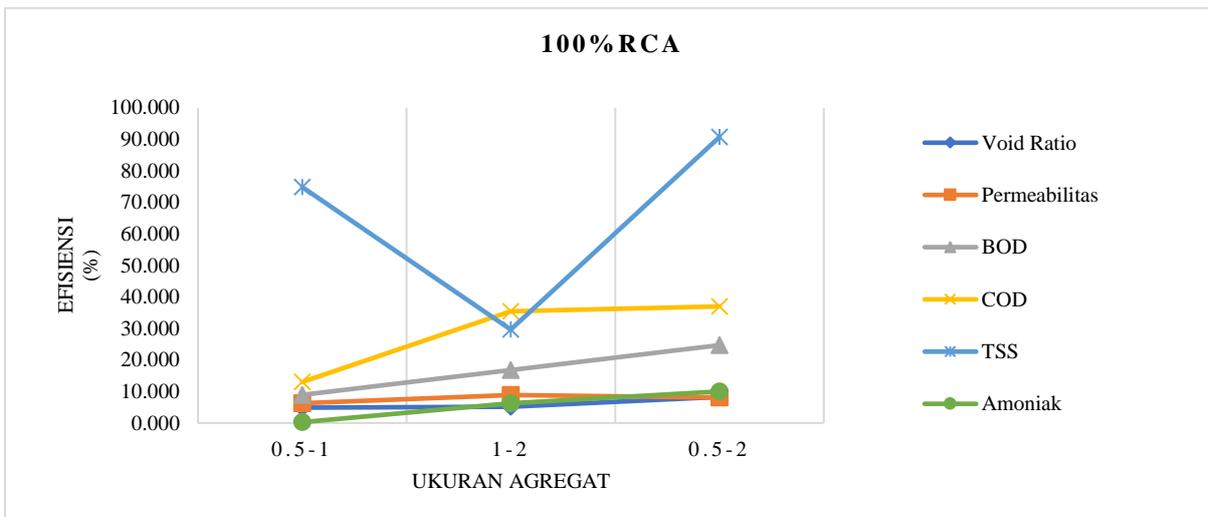
adalah 100%RCA. Angka pori terbesar adalah pada 100%NCA. Permeabilitas terbesar adalah pada 50%RCA50%NCA. Perbandingan jenis agregat pada ukuran 0.5-2 dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbedaan Nilai *Void Ratio*, *Permeabilitas* dan Efisiensi Setiap Campuran Dengan Ukuran Agregat 0.5-2

Pada gambar 4 memaparkan bahwa nilai efisiensi TSS, COD, BOD memiliki nilai tertinggi pada 50%RCA50%NCA. Dengan nilai angka pori lebih rendah dari 100%NCA dan lebih tinggi dari 100%RCA

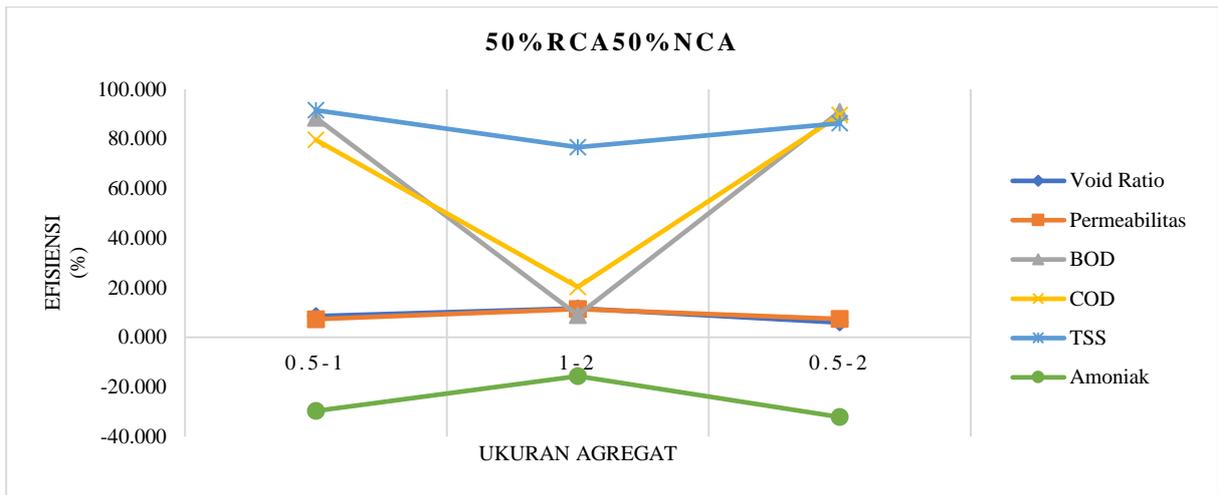
begitu juga dengan nilai permeabilitasnya. Perbandingan ukuran agregat pada jenis yang sama dipaparkan dengan grafik pada gambar 5,6 dan 7. Untuk jenis agregat 100%RCA dipaparkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Perbedaan Nilai *Void Ratio*, *Permeabilitas* dan Efisiensi Setiap Campuran Dengan Jenis Agregat 100%NCA

Pada gambar diatas, terlihat bahwa nilai efisiensi TSS, BOD, COD dan Amoniak tertinggi adalah pada campuran 100%RCA ukuran 0.5-2. Namun nilai tertinggi angka pori adalah paaukuran 1-2 . Sedangkan

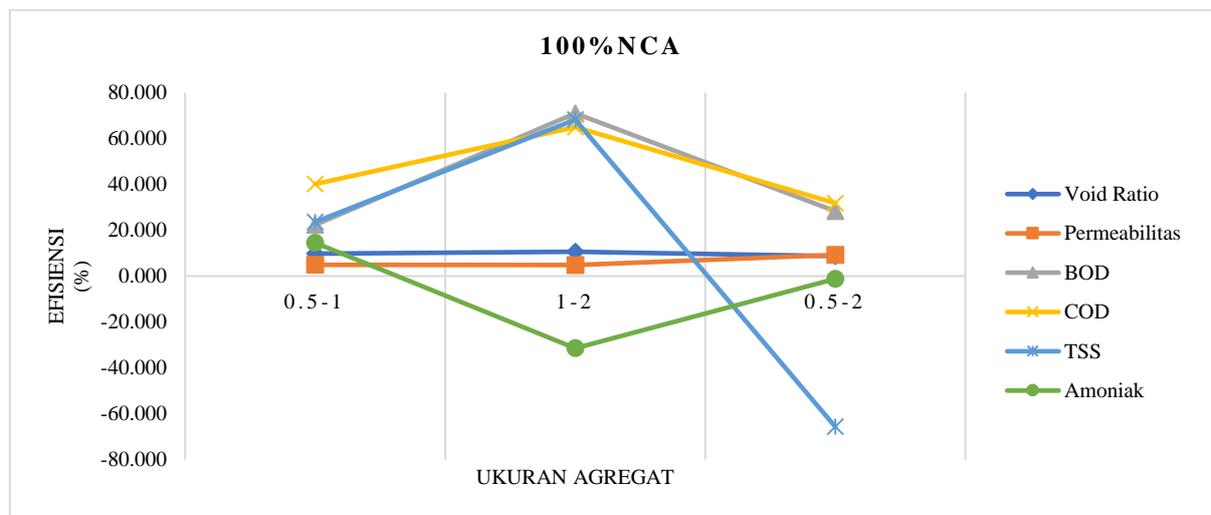
permeabilitas adalah pada 0.-2. Perbandingan ukuran agregat pada jenis campuran 50%RCA50%NCA dipaparkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Perbedaan Nilai *Void Ratio*, *Permeabilitas* dan Efisiensi Setiap Campuran Dengan Jenis Agregat 50%RCA50%NCA

Pada gambar diatas efisiensi terbesar TSS, BOD dan COD adalah pada ukuran 0.5-2 . Namun nilai efisiensi reduksi amoniak terbesar adalah pada ukuran 1-2. Hasil efisiensi 0.5-1 dan 0.5-2 pada

campuran 50%RCA50%NCA tidak jauh berbeda. Untuk perbandingan ukuran agregat pada jenis agregat 100%NCA dijelaskan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Perbedaan Nilai *Void Ratio*, *Permeabilitas* dan Efisiensi Setiap Campuran Dengan Jenis Agregat 100%RCA

Pada campuran 100% NCA ukuran 1-2 memiliki efisiensi tertinggi untuk parameter TSS, COD, BOD. Namun memiliki efisiensi reduksi amoniak terendah pada ukuran 1-2. Pada ukuran agregat 1-2

dengan jenis campuran 100%NCA, nilai angka pori adalah terbesar dibandingkan 0.5-1 dan 0.5-2. 100%NCA 1-2 memiliki permeabilitas paling kecil dibandingkan 0.5-1 dan 0.5-2.

KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai *void ratio* pada beton poros paling tinggi adalah campuran 50%RCA50%NCA 1-2 dengan nilai void 11.672%. Sedangkan rasio angka pori terendah yaitu 100%RCA 0.5-1 yaitu sebesar 4.865. Nilai *permeabilitas* paling tinggi adalah 50%RCA50%NCA 1-2 dengan nilai *permeabilitas* 11.37 mm/s dan terendah adalah 100%NCA 1-2 dengan nilai k 4.82 mm/s.

Kapasitas model yang dibuat adalah untuk 45 orang dengan debit 2 liter/ menit dalam 3 jam dan beda tinggi muka air dan hasil endapan yang berbeda-beda.

Parameter Minyak dan Lemak, Amoniak dan *Total Coliform* kurang efektif jika menggunakan metode ini. Lebih baik ditambahkan metode pengolahan biologi dan kimia. pH dan suhu masih terdapat pada *range* baku mutu air limbah domestik Permen LH Nomor 68 Tahun 2014. Percobaan paling efisien dalam reduksi kadar BOD adalah 50%RCA 50%NCA 0.5-2. Untuk parameter COD adalah 50%RCA 50%NCA 0.5-2, parameter TSS adalah 50%RCA 50%NCA 0.5-1 dan Amoniak 100%NCA 0.5-1. Pada penelitian ini ukuran 0.5-2 dan 0.5-1 lebih baik dari pada 1-2 cm dalam efisiensi sebagai filter air limbah domestik. Sedangkan untuk jenis agregat 100%NCA dan 50%RCA50%NCA lebih bagus dari pada 100%RCA. Untuk hasil terbaik adalah 50%RCA50%NCA 0.5-2 sebagai media filtrasi air limbah domestik. Nilai *void ratio* dan *permeabilitas* tidak dapat menentukan besar efisiensi reduksi polutan oleh beton poros. Penelitian ini disarankan untuk

dilanjutkan hingga terbentuk instalasi pengolahan air limbah yang efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standart Nasional. (2008). SNI 6989 – 2008 *Metode Pengambilan Contoh Air Limbah*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Hammer, Mark J. (2008). *Water and Wastewater Technology – Sixth Edition*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Joshi, Tejas & Urmil, Dave, U. (2016). *Evaluation Of Strength, Permeability And Void Ratio Of Pervious Concrete With Changing W/C Ratio And Aggregate Size*, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 7: 276- 284.
- Fauziyah, lutfi (2017). *Limbah Domestik Musuh Utama Indonesia*. <http://nationalgeographic.co.id/berita/2016/07/limbah-domestik-musuh-utama-sungai-indonesia>. (1 Mei 2017)
- Republik Indonesia. (2016). *Permen Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor P.68 tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jakarta : Sekretariat Negara.
- Said, Nusa Idaman. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Jakarta : Erlangga.
- Trisnoyuwono, Diarto. (2014) . *Beton – Non Pasir*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Zevri, Asril. (2010). *Studi Penyaluran Dan Pengolahan Air Limbah Di Komplek Pemukiman*, *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Medan : Universitas Sumatera Utara.