

# DESAIN BIOBALL BERBAHAN KOMPOSIT BULU AYAM-RESIN POLYESTER: SIFAT MATERIAL, KARAKTERISTIK BENTUK DAN KARAKTERISTIK HIDRAULIK

Ruslim Budianto<sup>1</sup>, Agus Prasetya<sup>2</sup>, Mudjijana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

\*Korespondensi: ruslim\_budianto@yahoo.co.id

## Abstract

Tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah bulu ayam sebagai bahan pembuat media biofilter (bioball). Komposit serat bulu ayam-resin polyester diuji kekuatan tekan dan dampak sebelum digunakan sebagai bahan pembuat media biofilter, dengan variasi komposisi serat pada komposit. Komposisi yang dipilih adalah yang memiliki kekuatan material lebih baik dibandingkan material media biofilter yang telah ada dipasaran (polypropylene dan HDPE). Selain kekuatan material, karakteristik bentuk dan hidraulik bioball pun diuji, antara lain, porositas, luas spesifik area dan kapasitas akumulasi biomass pada media.

Dari hasil penelitian, komposisi komposit yang digunakan sebagai media bioball adalah 20% bulu ayam-80% resin polyester, dengan kekuatan tekan 35,97 Mpa dan kekuatan dampak 5781 kg/cm<sup>2</sup>. Berat jenis material komposit 20% serat bulu ayam adalah 1,124 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan penelitian yang dilakukan kemampuan bioball untuk menampung endapan biomass berhubungan linier dengan luas area permukaan pada media. Bioball 2 dengan luas area permukaan paling tinggi yaitu 369 cm<sup>2</sup> memiliki kapasitas endapan biomass paling tinggi yaitu 7029 gr/m<sup>3</sup>.

## History:

Received: June 05, 2013

Accepted: November 19, 2013

First published online:

December 31, 2013

## Keywords:

bioball,  
komposit,  
serat bulu ayam

## 1. Pendahuluan

Tangki septik merupakan unit pengolahan air limbah domestik yang paling banyak digunakan, meskipun memiliki efektifitas pengolahan sangat kecil yaitu 25-50% dari total beban organik air limbah, sehingga *effluent* dari tangki septik sendiri masih diatas baku mutu yang disyaratkan. Peningkatan efektifitas tangki septik dapat dilakukan dengan penambahan media pelekat bakteri sehingga air limbah dapat berkontak dengan bakteri (mikroorganisme) untuk kemudian mendekomposisikannya (Nguyen, et al. 2007).

Dalam penggunaan *biofilter* diperlukan bahan yang memiliki sifat mekanik yang baik, untuk dapat menunjang kinerja reaktor. Benturan antar media akan mengakibatkan kerusakan. Sifat mekanis yang baik berarti memiliki stabilitas bentuk yang baik, mengurangi kebutuhan kekuatan penyangga bejana dan lebih tahan lama (Said 2000).

Berkembangnya penelitian mengenai bahan komposit menginspirasi untuk mendapatkan media *biofilter* menggunakan bahan tersebut. Dengan keunggulan yang dimilikinya komposit diharapkan mampu untuk memberikan kriteria material yang sesuai sebagai media lekat bakteri. Penggunaan serat bulu ayam meningkatkan modulus elastisitas hingga tiga kali lipat dengan menggunakan resin polyethylene (Schmidt & Barone, 2004).

Selain kekuatan material, untuk mendapatkan media biofilter yang baik juga perlu dipertimbangkan faktor bentuk dari media, antara lain: dimensi, porositas dan luas area permukaan media. Faktor-faktor tersebut nantinya akan mempengaruhi jumlah pertumbuhan mikroorganisme pada media. Media sebaiknya menyediakan ruang yang cukup untuk menahan biomass, yang merupakan hasil pertumbuhan koloni

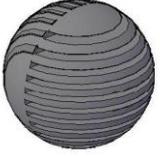
mikroorganisme dalam proses dekomposisi material organik. Media biofilter diharapkan mampu untuk menampung biomass yang dihasilkan, system pengolahan air limbah *submerged aerated biofilter* menghasilkan biomass berkisar antara 0,63-1,02 kg.Suspended solid/kg.BOD (Stephenson 1997).

## 2. Metodologi

Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan komposisi komposit serat bulu ayam – resin polyester yang akan digunakan sebagai material bioball, mendesain bioball dengan karakteristik bentuk dan hidraulik yang sesuai sebagai media biofilter. Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi :

1. Studi literatur yang berupa kegiatan mengumpulkan kajian teori, kajian pustaka serta formula dan rumus-rumus yang berkaitan dengan materi penelitian ini.
2. Pembuatan spesimen uji material komposit serat bulu ayam – resin polyester dengan variasi komposisi serat bulu ayam 10%, 15%, 20% dan 25%.
3. Pembuatan spesimen dan pengujian kekuatan dan berat jenis sesuai dengan standar ASTM D790 untuk pengujian tekan dan D5942 untuk pengujian kekuatan dampak.
4. Desain bioball dengan menggunakan bantuan software Autocad beserta perhitungan volume dan luas area permukaan media bioball dengan variasi lebar celah bioball yaitu celah 2 mm, 3 mm dan 4 mm. Desain bioball dapat dilihat pada tabel 1.
5. Pengujian porositas media, kehilangan tekan dan kapasitas endapan biomass pada media.

Tabel 1. Desain dan Dimensi Bioball

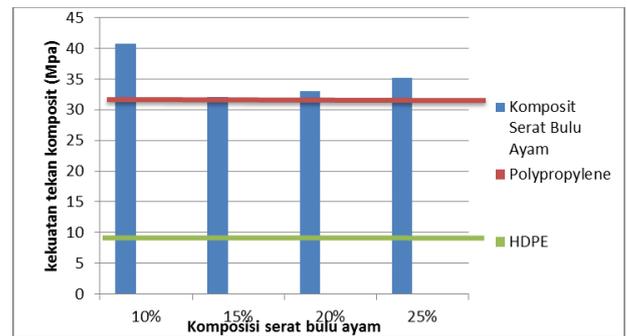
gambar bentuk bioball								
Bioball 2			Bioball 3			Bioball 4		
								
Diameter	5	cm	Diameter	5	cm	Diameter	5	cm
Volume	34	cm <sup>3</sup>	Volume	28	cm <sup>3</sup>	Volume	24	cm <sup>3</sup>
Luas Permukaan	369	cm <sup>2</sup>	Luas Permukaan	303	cm <sup>2</sup>	Luas Permukaan	260	cm <sup>2</sup>
Lebar Celah	0.2	cm	Lebar Celah	0.3	cm	Lebar Celah	0.4	cm
Volume Rongga	31.4	cm <sup>3</sup>	Volume Rongga	37.44	cm <sup>3</sup>	Volume Rongga	41.44	cm <sup>3</sup>
Specific Surface Area (av)	10.85	cm <sup>-1</sup>	Specific Surface Area (av)	10.82	cm <sup>-1</sup>	Specific Surface Area (av)	10.83	cm <sup>-1</sup>



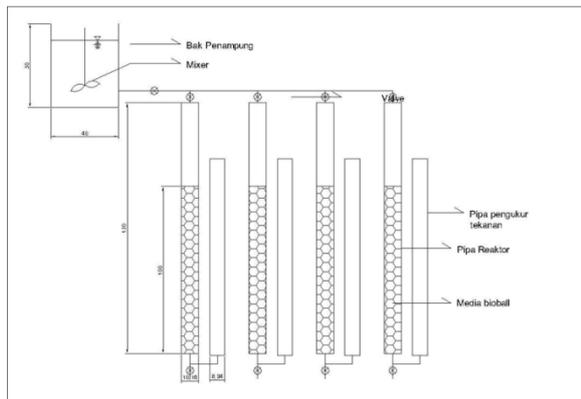
Gambar 2. Spesimen uji tekan dan Impak

- Analisis data hasil pengukuran dan perhitungan untuk digunakan sebagai dasar dalam menentukan variasi celah bioball yang terbaik sebagai media biofilter. Pengujian hidraulik media dan kapasitas tampungan biomass dalam media dilakukan dengan menggunakan reaktor uji dengan desain dapat dilihat pada gambar 1.
- Analisis tampungan biomass pada media bioball dengan menghitung kadar Total suspended solid pada media. Pengujian kadar total suspended solid dilakukan sesuai standar SNI 06-6989.3-2004.

Hasil pengujian terhadap kuat tekan material komposit yang dibandingkan dengan kuat tekan material polypropylene dan HDPE dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik kekuatan tekan material komposit



Gambar 1. Desain Reaktor Uji Tekan dan Kapasitas Pengendapan Pada Bioball

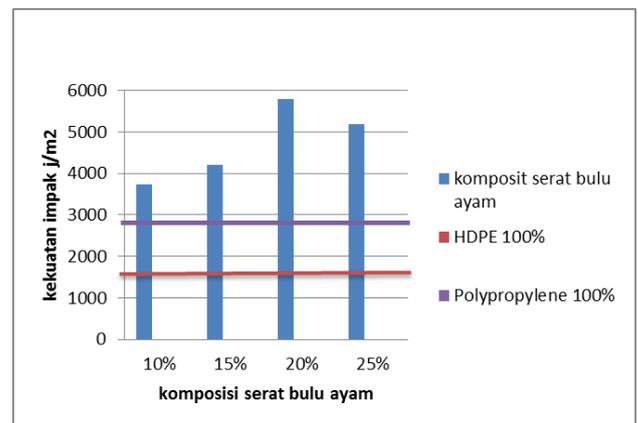
Berdasarkan grafik kekuatan tekan penambahan serat bulu ayam sebanyak 15% pada media komposit justru menurunkan kekuatan tekan, namun dengan konsentrasi 20% kekuatan tekan kembali naik sehingga kekuatan tekan yang lebih tinggi dari material PP dan HDPE diperoleh.

Kekuatan impak media diuji berdasarkan ASTM 5942, hasil pengujian kekuatan impak dapat dilihat pada gambar 4.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan komposit bulu ayam dengan pengikat resin Polyester, dilakukan dengan pencetakan dingin dan dilakukan pengempaan selama 18 jam dengan kuat tekan 100 kg/cm<sup>2</sup> dengan peningkatan kekuatan tekan secara bertahap, yaitu 25, 50 dan 100 kg/cm<sup>2</sup> tiap 5 menit pertama, dengan tujuan mengeluarkan gelembung udara yang masih tersimpan pada campuran komposit cair.

Setelah dilakukan pengukuran ketebalan komposit, spesimen pengujian dibuat berdasarkan standar ASTM. Contoh spesimen uji tekan dan uji impak dapat dilihat pada gambar 2.

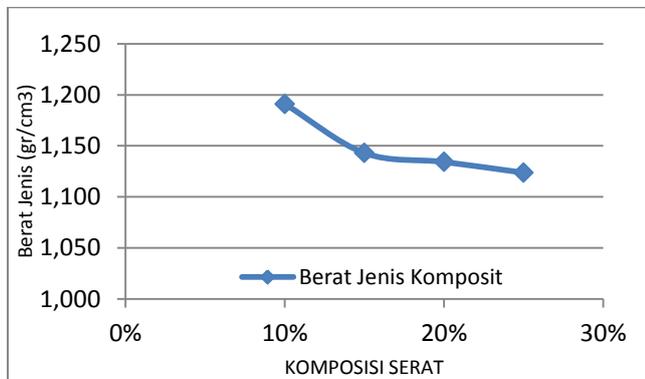


Gambar 4. Grafik Kekuatan Impak Material Komposit

Hasil pengujian uji impak menunjukkan serat bulu ayam berpengaruh dalam meningkatkan kekuatan impak. Serat pada komposit secara spesifik meningkatkan kekuatan tertentu pada material komposit (Purboputro 2006). Kekuatan impak komposit meningkat seiring

penambahan serat bulu ayam dengan kekuatan maksimal berada pada komposisi serat 20% (5781 kg/cm<sup>2</sup>), kekuatan impak kembali turun pada komposisi 25%.

Keunggulan lain dalam penggunaan serat bulu ayam adalah mampu mengurangi berat jenis material. Hasil pengujian berat jenis material komposit serat bulu ayam dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Berat Jenis Material Komposit

Berat jenis komposit menurun dari 1,191 gr/cm<sup>3</sup> hingga 1,124 gr/cm<sup>3</sup> pada komposisi 25%. Meskipun mampu menurunkan berat jenis, namun komposit serat bulu ayam memiliki berat jenis lebih tinggi dari material polypropylene dan HDPE.

Berdasarkan hasil pengujian sifat material komposit serat bulu ayam, komposisi 20% serat bulu ayam digunakan sebagai komposisi yang digunakan untuk pembuatan bioball.

Pengujian karakteristik hidraulik media diawali dengan pengukuran porositas dan berat tumpukan media. Berdasarkan pengujian nilai porositas bioball 2 adalah 0,78 , bioball 3 0,8 dan 0,83 untuk bioball 4. Selain mempengaruhi porositas media, perbedaan lebar celah pada media juga berpengaruh pada berat tumpukan bioball. Bioball 2 dengan porositas paling rendah memiliki berat tumpukan paling tinggi yaitu 2 295 kg/m<sup>3</sup>. Bioball 3 memiliki berat tumpukan 227 kg/m<sup>3</sup> dan bioball 4 memiliki berat 193 kg/m<sup>3</sup>.

Parameter media biofilter yang perlu untuk diketahui adalah faktor bentuk media. Faktor bentuk media menggambarkan kebulatan dari media yang membantu dalam desain penggunaan biofilter pada unit pengolahan limbah. Benda yang memiliki Faktor bentuk yang mendekati nilai 1 dapat diasumsikan benda tersebut memiliki bentuk bulat. Berdasarkan perhitungan, meskipun berbentuk bola, bioball memiliki faktor kebulatan yang rendah. Nilai faktor bentuk media bioball berkisar 0,106 – 0,12. Karakteristik bentuk bioball dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Bentuk dan Hidraulik Media Bioball

Parameter		Bioball 2	Bioball 3	Bioball 4
Tinggi Media (l)	m	0.75	0.75	0.75
Koefisien Kozeny (K)		4.9	4.9	4.9
Gravitasi (g)	m/det <sup>2</sup>	9.81	9.81	9.81
Viskositas kinematis (v)	m <sup>2</sup> /det	9.40E-06	9.40E-06	9.40E-06
Kecepatan Aliran (V)	m/det	0.002535	0.002535	0.002535
Porositas (f)		0.78	0.8	0.84
Keseragaman Media (Pi)		0.95	0.95	0.95
Diameter Bioball (di)	m	0.05	0.05	0.05
Faktor Bentuk Media Ψ		0,106	0,114	0,12
Kehilangan Tekan (h) pada media	m	0.002	0.0012	0.001
kehilangan tekan (h) kalkulasi	m	0.001191	0.000788	0.000393

Persamaan Carman-Kozony digunakan untuk menghitung kehilangan tekan pada media bioball yang kemudian dibandingkan dengan kehilangan tekan hasil pengamatan. Hasil perhitungan dan pengamatan kehilangan tekan pada media bioball dapat dilihat pada tabel 2.

Dengan menggunakan reaktor yang sama untuk pengujian kehilangan tekanan pada media bioball, pengujian dilanjutkan untuk menghitung kapasitas endapan biomass pada media bioball hanya saja pada pengujian kehilangan tekan digunakan air bersih sedangkan pada pengujian kapasitas endapan biomass digunakan air limbah sintesis.

Air limbah yang digunakan untuk pengujian memiliki konsentrasi Total suspended solid sebesar 375 mg/l. Total suspended solid pada air limbah diasumsikan biomass pada proses pengolahan limbah dengan biofilter. Aliran air limbah yang masuk pada media secara *continue* diatur pada kecepatan 1 m/jam dan 2 m/jam. Proses pengendapan biomass dihitung berdasarkan persamaan massa :

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \epsilon t \frac{\partial X}{\partial t} A dz = Q \cdot X - Q \cdot [X + \frac{\partial X}{\partial Z} dz]$$

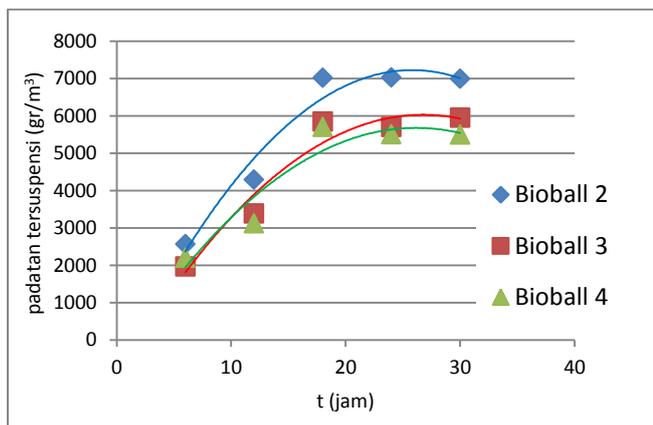
Dengan :

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \epsilon t \frac{\partial X}{\partial t} A dz = \text{laju akumulasi suspended solid dalam media filter.}$$

$$Q \cdot X = \text{laju aliran air dengan kandungan suspended solid yang masuk media biofilter.}$$

$$Q \cdot [X + \frac{\partial X}{\partial Z} dz] = \text{laju suspended solid yang keluar dari media filter.}$$

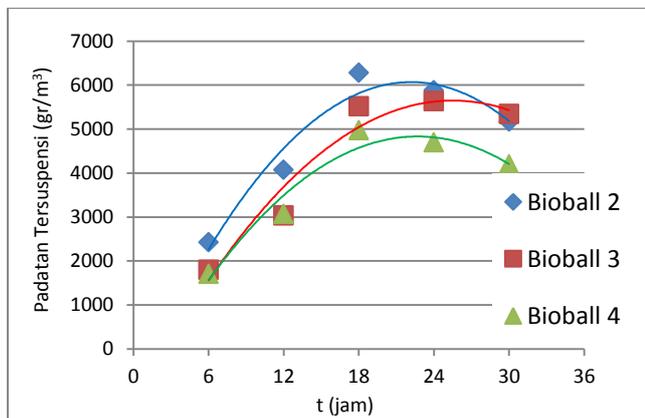
Kandungan TSS air limbah setelah melewati media bioball diukur pada laboratorium setiap 6 jam, hingga kapasitas tampungan air limbah pada media mencapai maksimal. Hasil penelitian mengenai kapasitas tampungan biomass pada bioball dengan aliran air limbah 1 m/jam dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik kapasitas endapan biomass pada media bioball dengan kecepatan aliran 1 m/jam

Akumulasi biomass paling tinggi diperoleh pada bioball 2 dimana kapasitas biomass pada bioball ini mencapai 7029  $\text{gr/m}^3$  dengan lama waktu endapan 24 jam. Sedangkan bioball 3 dan 4 memiliki kapasitas serta waktu jenuh endapan yang lebih singkat. Pada bioball 3 kapasitas endapan maksimal adalah 5848  $\text{gr/m}^3$  dan bioball 4 memiliki kapasitas maksimal 5703  $\text{gr/m}^3$ .

Kapasitas endapan pada media bioball memberikan gambaran waktu yang dibutuhkan media filter untuk dilakukan *backwashing*. Penggunaan aliran air dengan *flowrate* lebih tinggi mengakibatkan kapasitas endapan media dicapai dalam waktu yang lebih singkat sedangkan kapasitas endapan yang mampu ditampung bioball semakin berkurang. Hasil pengujian kapasitas endapan biomass pada *flowrate* lebih tinggi dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik kapasitas endapan biomass pada media bioball dengan kecepatan aliran 2 m/jam

Dari hasil pengujian dapat diketahui, kapasitas endapan biomass paling tinggi berada pada bioball 2, meskipun untuk waktu pengendapan maksimal menurun menjadi 18 jam. Endapan pada bioball 2 menurun pada

kecepatan aliran 2 m/jam menjadi 6284  $\text{gr/m}^3$ , sedangkan pada bioball 3 dan 4 masing-masing senilai 5637,8  $\text{gr/m}^3$  Dan 5975,53  $\text{gr/m}^3$ .

#### 4. Kesimpulan dan Saran

1. Kekuatan tekan dan dampak komposit *polyester*-serat bulu ayam lebih tinggi dari pada material HDPE dan *Polypropilene* dimana kedua material ini banyak digunakan sebagai media pembuatan *biofilter* (*bioball*).
2. Komposisi serat ayam dan resin *polyester* yang digunakan dalam pembuatan media bioball adalah 20% bulu ayam dan 80% resin.
3. Penggunaan serat bulu ayam menghasilkan material komposit yang ringan sehingga sesuai digunakan sebagai media *biofilter*. Dimana penambahan serat bulu ayam akan mengakibatkan penurunan berat jenis media.
4. Porositas dari bioball yang dihasilkan sangat tinggi, Porositas yang tinggi mengakibatkan bioball yang diproduksi cocok digunakan sebagai media pengolahan limbah pada tahap *secondary treatment*.
5. Kapasitas bioball terhadap pertumbuhan biomass berbanding lurus dengan luas permukaan media namun berbanding terbalik dengan lebar celah bioball.

#### Daftar Pustaka

- Nguyen, Anh Viet, Nga T Pham, Thang H Nguyen, Antoine Morel, and K. Tonderski. "Improved Septic Tank With Constructed Wetland, A Promising Decentralized Wastewater Treatment Alternative In Vietnam." Hanoi: NOWRA 16th Annual Technical Education Conference & Exposition, 2007.1-17.
- Purboputro, Pramuko I. "Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Enceng Gondok Dengan Matriks Poliester." *MEDIA MESIN*, 2006: 70-76.
- Said, Nusa Idaman. "TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH." *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol.1, No. 2, 2000: 101-113.
- Schmidt, Walter F., dan Justin R. Barone. "Polyethylene reinforced with keratin fibers obtained from chicken feathers." *Composites Science and Technology*, 2004: 173-181.
- Stephenson, T. "High rate aerobic wastewater treatment processes." *International Symposium on Environmental Biotechnology*, 1997: 57-66.