

Kulit Kerang Sebagai Media Alternatif Filter Anaerobik untuk Mengolah Air Limbah Domestik

Risma Aulia Rokhmadhoni dan Bowo Djoko Marsono

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan,

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: bowodjok@gmail.com

Abstrak—Lebih dari 3 ton limbah kulit kerang setiap minggunya dihasilkan dan dibuang di pinggir Pantai Kenjeran. Penelitian memanfaatkan limbah kulit kerang sebagai media *anaerobic filter*. Variasi penelitian yang digunakan adalah variasi waktu detensi (*Empty Bed Contact Time*) dan variasi ketebalan media yang digunakan. Variasi waktu detensi yang digunakan adalah 24; 30 dan 36 jam. Sedangkan variasi ketebalan media yang digunakan adalah tebal media 55 ; 80 dan 122 cm. Penelitian dilakukan dengan mulainya proses *seeding* dan aklimatisasi yang berlangsung selama 10 hari hingga kondisi reaktor berada dalam kondisi *steady state*. Penelitian utama dilakukan selama 7 hari dengan menguji parameter COD, TSS dan BOD. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai *removal* untuk parameter COD dan BOD tertinggi adalah 80,6 dan 89,91 persen pada tebal media 122 cm dan HRT 36 jam. Sedangkan untuk parameter TSS, didapatkan hasil *removal* terbaik pada tebal media 80 cm dan HRT 24 jam dengan *removal* 91,76 persen.

Kata Kunci—*Anaerobic Filter*, Ketebalan Media, Kulit Kerang, Waktu detensi, Zat Organik.

I. PENDAHULUAN

MAYORITAS penduduk pesisir Kenjeran bekerja sebagai nelayan. Kegiatan para nelayan terbagi menjadi dua, ada yang mencari ikan dan ada yang mencari kerang. Hasil tangkapan kerang ini diambil bagian dagingnya dan kulitnya dibuang begitu saja [1]. Limbah kulit kerang yang dihasilkan dibuang ke pesisir Kenjeran dan menyebabkan masalah lingkungan yang serius. Limbah kulit kerang ini tidak dapat dibuang menuju TPA Benowo sehingga terjadi penumpukan kulit kerang dipesisir Kejeran.

Berdasarkan laporan Dinas Kebersihan Dan Pertamanan, limbah kulit kerang yang dihasilkan di pesisir Kenjeran ini mencapai 3 ton setiap minggunya. Limbah kulit kerang ini telah dimanfaatkan sebagai bahan kerajinan dan bahan pembuatan paving namun belum dapat mengurangi jumlah limbah kulit kerang secara signifikan. Tumpukan limbah kulit kerang ini berdampak negatif pada estetika lingkungan tersebut. Terlebih daerah pesisir Kenjeran akan dijadikan sebagai daerah wisata Kota Surabaya [1].

Salah satu kelemahan dari *anaerobic filter* adalah biaya media *anaerobic filter* yang mahal [2]. Banyaknya lapisan biofilm yang terlekat pada media ditentukan berdasarkan luas permukaan spesifik media. Semakin kecil luas permukaan spesifik media maka semakin banyak media yang diperlukan untuk pengolahan *anaerobic filter*. Limbah kulit kerang yang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai alternatif media untuk pengolahan limbah domestik menggunakan *anaerobic filter*.

Proses pengolahan limbah domestik dapat dilakukan dengan beberapa cara secara fisik, kimia maupun biologis. Pengolahan secara biologis merupakan alternatif dalam pengolahan limbah sisa aktivitas kegiatan manusia dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme [3]. Pengolahan biologis sendiri dapat dilakukan dengan oksigen (aerobik) atau tanpa oksigen (anaerobik). Proses aerobik dalam pengolahan *grey water* menggunakan oksigen dalam proses degradasi bahan organik, sedangkan secara anaerob tidak memerlukan oksigen dalam pendegradasian bahan organik [1]. Metode pengolahan limbah domestik yang dapat dipertimbangkan yaitu menggunakan proses anaerobik. Proses anaerobik tidak membutuhkan energi dalam pengoperasiannya dan membutuhkan lahan yang sedikit [4]. Salah satu pengolahan limbah secara anaerobik yang dapat diaplikasikan adalah *anaerobic filter*.

Anaerobic filter adalah alternatif pengolahan limbah *grey water* menggunakan media terlekat pada biofilter. Pengolahan *anaerobic filter* ditandai dengan tumbuhnya biofilm yang menempel pada biofilter. Jenis media yang digunakan sebagai tempat melekatnya biofilm menjadi salah satu faktor penentu dalam proses pengolahan *anaerobic filter*. Mikroorganisme dalam *anaerobic filter* menggunakan bahan organik dalam air limbah sebagai sumber untuk melakukan proses metabolisme sehingga menghasilkan perumbuhan biomassa yang optimum. Pertumbuhan biomassa dalam *anaerobic filter* akan menghasilkan penebalan biofilm pada biofilter dan mampu mengurangi konsentrasi bahan organik dalam limbah [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan limbah kulit kerang sebagai media *anaerobic filter* dalam menurunkan konsentrasi zat organik pada *grey water*. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh ketebalan media serta waktu tinggal hidrolis pada *anaerobic filter* dalam mengolah *grey water*. Penurunan konsentrasi zat organik dianalisis berdasarkan parameter COD, TSS dan BOD. Hal ini sesuai PERMENPUPR No.4 tahun 2017, bahwa *anaerobic filter* mampu menurunkan zat organik yang dinyatakan dalam COD, BOD dan TSS.

Adapun penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan mengenai limbah kulit kerang sebagai alternatif media yang dapat digunakan dalam proses *anaerobic filter*. Selain itu juga, menambah nilai manfaat dari limbah kulit kerang yang ada di Pesisir Pantai Kenjeran.

II. METODE DAN PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan penelitian pendahuluan kemudian dilakukan penelitian utama.

A. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mempersiapkan reaktor yang akan digunakan selama penelitian utama. Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah analisis pada media kulit kerang, analisis kualitas air limbah yang akan digunakan dan proses *seeding* dan aklimatisasi. Analisis media kulit kerang terdiri dari analisis ukuran media, densitas, fraksi volume rongga media, luas permukaan media dan salinitas media. Analisis ini dilakukan untuk memastikan bahwa media kulit kerang yang digunakan sesuai dengan media *anaerobic filter*.

Analisis kualitas air limbah awal dilakukan untuk mengetahui kualitas air limbah yang akan diolah. Analisis ini terdiri dari analisis parameter COD, TSS, BOD dan pH. Parameter ini dipilih karena sesuai PERMENPUPR No.4 Tahun 2017, *anaerobic filter* mampu menurunkan konsentrasi zat organik yang dinyatakan dalam COD, BOD dan TSS.

Proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan setelah analisis media kulit kerang dan analisis kualitas air limbah dilakukan. Proses *seeding* adalah proses penumbuhan mikroorganisme di dalam reaktor yang berasal dari EM4. Sedangkan aklimatisasi adalah proses pembiasaan mikroorganisme dalam mengolah air limbah di dalam reaktor. Pada penelitian ini dilakukan proses *seeding* dan aklimatisasi secara bersamaan di dalam reaktor karena proses pengolahan yang berlangsung kontinyu. Proses *seeding* dan aklimatisasi diamati berdasarkan analisis parameter COD setiap harinya. Proses ini dilakukan hingga mencapai kondisi *steady state* (fluktuasi $\pm 10\%$) [8]. Kondisi *steady state* dipilih karena pada kondisi ini dianggap mikroorganisme atau lapisan *biofilm* dalam reaktor telah siap untuk mengolah air limbah.

B. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan selama 7 hari secara kontinyu. Parameter yang diujikan adalah parameter COD, TSS dan BOD untuk setiap sampel yang diambil setiap harinya. Penelitian dilakukan dengan menggunakan air limbah yang berasal dari RUSUNAWA Penjaringan Sari 2, Kecamatan Rungkut, Surabaya. Variasi penelitian yang digunakan adalah variasi waktu detensi serta variasi ketebalan media. Variasi waktu detensi yang digunakan adalah 24, 30 dan 36 jam. Sedangkan variasi ketebalan media yang digunakan adalah 55, 80 dan 122 cm. Penelitian ini dilakukan menggunakan debit 20 L/hari.

C. Analisis Data

Analisis data dilakukan berdasarkan analisis laboratorium untuk mengetahui pengaruh waktu detensi dan ketebalan media pada system *anaerobic filter*. Analisis laboratorium dilakukan pada parameter COD, TSS dan BOD. Analisis parameter dilakukan pada inlet dan outlet untuk didapatkan hasil efisiensi penurunan parameter pencemar. Parameter COD menggunakan metode *closed reflux*, parameter BOD menggunakan metode yodometri (Winkler), parameter TSS menggunakan metode gravimetri.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Air Limbah

Hasil analisa pada awal penelitian terhadap karakteristik limbah *grey water* yang telah diambil di saluran *outlet* air limbah Rusunawa Penjaringan Sari 2 Blok E pada pukul 06.00 WIB hingga 09.00 WIB dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.

Karakteristik Air Limbah Awal			
Parameter	Kadar	Baku Mutu	Satuan
COD	800	100	mg/L
BOD	588	30	mg/L
TSS	140	30	mg/L
pH	6,8	6-9	-

Karakteristik limbah pada Tabel 1 diambil dari nilai tertinggi dari semua air limbah yang telah diambil selama uji penelitian berlangsung. Pada hasil analisa air limbah yang diambil menunjukkan hasil yang fluktuatif. Hal ini disebabkan tidak adanya kesamaan aktivitas setiap harinya di dalam Rusunawa Penjaringan Sari 2 Blok E. Aktivitas yang dapat menyebabkan tingginya kadar zat organik salah satunya adalah kegiatan mencuci. Namun hal ini tidak berpengaruh karena COD air limbah *grey water* yang digunakan masih dalam rentang laju beban COD yang dapat diolah oleh *Anaerobic Filter* sesuai PERMENPUPR No.4 Tahun 2017.

B. Karakteristik Media Kulit Kerang

Karakteristik media kulit kerang diukur berdasarkan ukuran diameter, densitas, fraksi volume rongga media, luas permukaan spesifik media serta salinitas pada kulit kerang. Analisis karakteristik media ini bertujuan untuk menguji kesesuaian media kulit kerang dengan media *anaerobic filter*.

Pada analisis ukuran diameter media dilakukan menggunakan ayakan dengan ukuran $\frac{1}{2}$ " hingga $1\frac{1}{2}$ ". Hasilnya menunjukkan media tertahan paling banyak berada pada ayakan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan 1". Sehingga digunakan campuran dari kedua media dengan ukuran tersebut sebagai media *anaerobic filter*. Sedangkan hasil analisis densitas, fraksi volume rongga media dan luas permukaan spesifik media untuk masing-masing ukuran media dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.

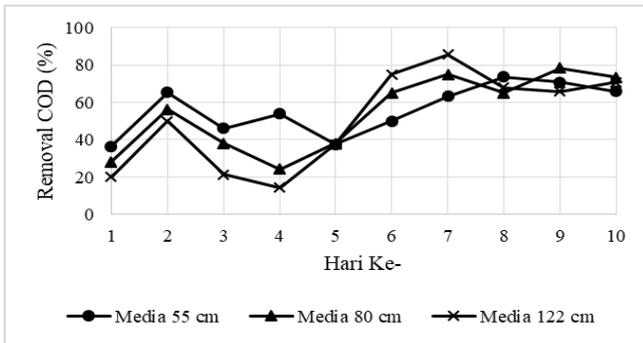
Karakteristik Kulit Kerang			
	1"	$\frac{3}{4}$ "	Satuan
Densitas	2,34	2,21	g/ml
Fraksi volume rongga media	80	79,4	%
Luas permukaan	302,3	420,5	m ² /m ³

Pada uji salinitas media yang dilakukan dengan menguji air rendaman media selama 24 jam didapatkan hasil yaitu 0,13 psu. Hal ini tidak menghambat pertumbuhan mikroorganisme di dalam reaktor karena pertumbuhan mikroorganisme di air tawar dapat dihambat dengan konsentrasi NaCl 1% atau sebanding dengan 10,35 psu [6].

C. Proses Seeding dan Aklimatisasi

Tahapan *seeding* dan aklimatisasi dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah dan EM4 secara kontinyu ke dalam reaktor. Tahapan ini dilakukan secara bersamaan karena proses pembiakan mikroorganisme langsung di dalam reaktor. Penambahan EM4 yang paling efektif dalam melakukan *seeding* dan aklimatisasi pada media biofilter adalah dengan perbandingan 1:40 dimana untuk setiap 40 L air limbah ditambahkan 1 L EM4 [7]. Proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan selama 10 hari menggunakan debit yang sama dengan penelitian utama yaitu 20 L/hari.

Pada awal proses *seeding* dan aklimatisasi, nilai *removal* COD pada reaktor dengan waktu detensi 24 jam masih mengalami fluktuasi yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena reaktor belum mencapai kestabilan. Selain itu, nilai *removal* COD yang rendah ini diakibatkan oleh reaktor yang mengalami *wash-out* pada *effluent*nya.

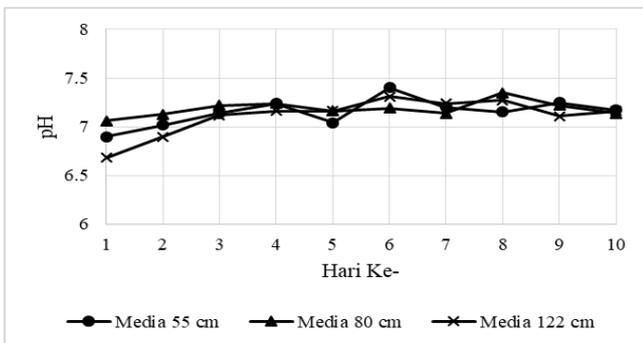


Gambar 1. Removal COD Seeding dan Aklimatisasi.

Berdasarkan Gambar 1 terlihat pada masing-masing media peningkatan *removal* COD dimulai pada hari ke-6. Kemudian tercapai kondisi *steady state* pada hari ke-8 hingga hari ke-10. Kondisi *steady state* reaktor ditunjukkan dengan fluktuasi *removal* COD tidak lebih dari 10 persen [8]. Pada tebal media 55 cm, kondisi *steady state* dicapai dengan *removal* COD mencapai 73,6 persen pada hari ke-8. Pada tebal media 80 cm, kondisi *steady state* dicapai dengan *removal* COD mencapai 75 persen pada hari ketujuh. Sedangkan pada tebal media 122 cm, kondisi *steady state* dicapai dengan *removal* COD mencapai 67,86 persen pada hari kedelapan.

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa nilai pH pada setiap media dengan ketebalan media 55, 80 dan 122 cm relatif konstan. Nilai pH yang diperoleh berada dalam rentang 6,8 hingga 7,4. Nilai pH yang stabil ini menunjukkan kondisi yang baik di dalam reaktor. pH optimum pada proses anaerobik adalah 6,5 – 7,5 [3].

Rendahnya nilai pH pada hari pertama dapat disebabkan oleh proses hidrolisis dan asidifikasi yang terjadi terlebih dahulu dibandingkan dengan proses methanasi. Bakteri



Gambar 2. Nilai pH Proses Seeding dan Aklimatisasi

Asidogen paling mudah beradaptasi dan berkembang biak pada awal proses pembiakan bakteri atau proses *seeding*. Ketika bakteri *acetogen* dan *methanogen* lebih lambat berkembang biak pada awal proses *seeding* dan aklimatisasi berada dalam jumlah yang kecil dalam reaktor maka substrat dalam bentuk *volatile fatty acids* (VFA) akan keluar bersama *effluent* [8]. Hal inilah yang menyebabkan nilai pH dan nilai *removal* COD rendah.

Selain itu, kandungan kalsium karbonat pada limbah kulit kerang dapat membantu meningkatkan nilai pH yang menurun [9]. Kemungkinan kandungan kalsium karbonat yang ikut terlarut dalam air dapat meningkatkan nilai pH dalam pengolahan. Setelah dianggap reaktor mencapai kondisi *steady state* dengan fluktuasi COD hanya berkisar 10 persen dan nilai pH menunjukkan hasil yang stabil maka reaktor dapat digunakan untuk penelitian utama. Proses pengikisan media kulit kerang dapat menyebabkan penyumbatan pada media filter, karena padatan kalsium

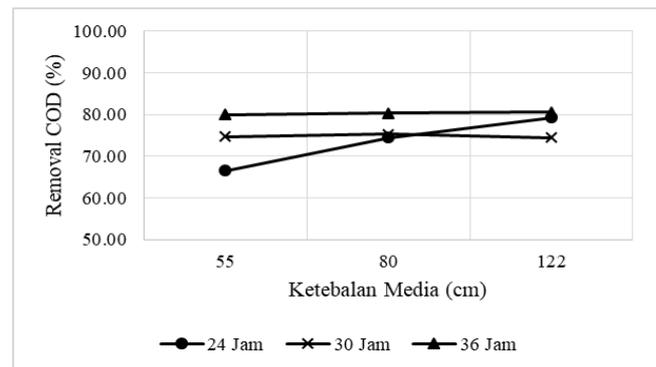
karbonat yang terkikis. Sehingga untuk mengantisipasi penyumbatan pada reaktor, dilakukan *backwash* atau pencucian arah balik [10].

D. Pengaruh Ketebalan Media

Pada pengolahan limbah menggunakan *anaerobic filter*, peran media sebagai tempat hidup untuk mikroorganisme sangat besar. Semakin tebal media *anaerobic filter* diharapkan semakin banyak biomassa yang terbentuk. Hal ini dikarenakan semakin banyak tempat bagi mikroorganisme untuk hidup. Sehingga proses pendegradasian zat organik pada air limbah dapat berlangsung lebih cepat. Analisis pada media kulit kerang sebagai media *anaerobic filter* dengan variabel ketebalan media adalah 55, 80 dan 122 cm.

1. Penyisihan COD

Berdasarkan hasil analisa COD yang diperoleh pada Gambar 3, terlihat bahwa masing-masing variabel media menghasilkan efisiensi *removal* yang tidak signifikan perbedaannya. Pada variabel media dengan ketebalan media 55 cm memiliki hasil efisiensi *removal* COD yang semakin meningkat seiring dengan pertambahan waktu detensinya. Sedangkan pada variabel media dengan ketebalan media 80 cm, menghasilkan efisiensi *removal* COD yang cukup stabil dengan perubahan yang tidak terlalu jauh (± 10 persen). Begitu pun dengan ketinggian media 122 cm, walaupun terjadi penurunan pada waktu detensi 30 jam, hasil efisiensi *removal* COD yang diperoleh masih dalam kondisi stabil dengan perubahan yang tidak terlalu jauh (± 10 persen).



Gambar 3. Removal COD Berdasarkan Ketebalan Media.

Menurunnya nilai *removal* ini dapat disebabkan oleh perubahan kualitas influen yang fluktuatif. Perubahan kualitas influen ini mempengaruhi kinerja dari biomassa di dalam reaktor. Hal ini dikarenakan dengan ketebalan media yang sama, beban organik yang harus diolah oleh biomassa mengalami fluktuatif sehingga kinerja dari biomassa tidak bisa efektif. Selain itu, adanya kemungkinan penyumbatan di dalam reaktor (*clogging*) dapat menjadi salah satu faktor menurunnya nilai *removal*. Hal ini dikarenakan penyumbatan di dalam reaktor menyebabkan berkurangnya kecepatan aliran keatas. Sehingga setelah dilakukan penyesuaian kecepatan aliran tersebut, zat organik maupun biomassa di dalam reaktor ikut keluar menuju *effluentt* (*wash-out*).

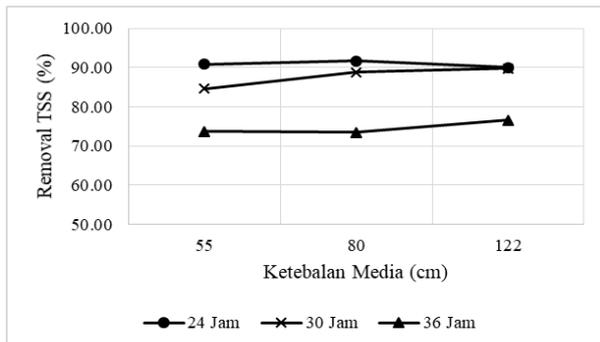
Pada penelitian ini berdasarkan ketebalan media, reaktor dengan ketebalan media 122 cm memiliki nilai efisiensi *removal* yang mayoritas lebih tinggi dari ketebalan media lainnya. Sedangkan pada variabel media dengan ketebalan media 55 cm memiliki nilai efisiensi *removal* COD yang mayoritas paling rendah dari ketinggian media lainnya. Hal ini dapat terjadi karena semakin pendek tebal media maka tempat kontak mikroorganisme atau biomassa dengan substrat zat organik dalam air limbah semakin sedikit.

Sehingga masih ada kandungan zat organik dalam air limbah yang ikut keluar menuju *effluent*. Tebalnya media filter menjadi faktor yang dominan karena semakin tebal media filter maka kemungkinan semakin banyak jumlah biomassa yang tinggal di dalam reaktor [8].

2. Penyisihan TSS

Berdasarkan hasil analisis *removal* TSS pada Gambar 4, diperoleh bahwa semua variabel media dapat menurunkan konsentrasi TSS dalam air limbah dengan baik. Konsentrasi TSS yang dapat diturunkan mencapai lebih dari 70 persen. Walaupun berdasarkan ketebalan media yang sama, semakin besar waktu detensinya semakin kecil nilai *removal* yang diperoleh.

Menurunnya nilai *removal* TSS seiring dengan waktu detensinya dikarenakan semakin lama waktu proses pengolahan air limbah maka semakin banyak biomassa yang terbentuk [11]. Sehingga kemungkinan biomassa ikut keluar menuju *effluent* semakin besar. Hasilnya konsentrasi TSS pada *effluent* semakin tinggi. Peningkatan nilai TSS berarti terjadi aktivitas mikroorganisme yang semakin tinggi sehingga menyebabkan banyaknya padatan terlarut dalam air limbah [12]. Nilai efisiensi *removal* TSS yang paling tinggi dicapai oleh variabel media dengan ketinggian media 80 cm pada waktu detensi 24 jam.



Gambar 4. *Removal* TSS Berdasarkan Ketebalan Media.

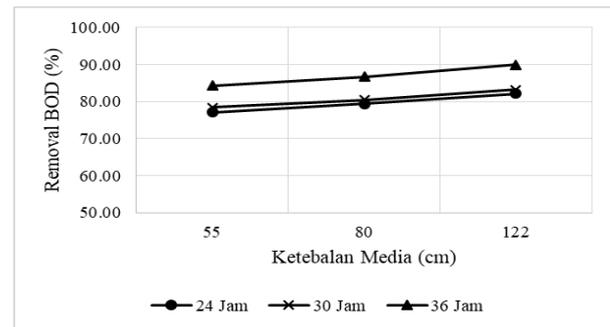
3. Penyisihan BOD

Berdasarkan hasil analisa BOD pada Gambar 5, terlihat bahwa masing-masing variabel media menghasilkan efisiensi *removal* yang tidak signifikan perbedaannya. Pada ketebalan media yang sama hasil efisiensi *removal* BOD semakin meningkat seiring meningkatnya waktu detensinya. Masing-masing variabel media menghasilkan efisiensi *removal* COD yang cukup stabil dengan perubahan yang tidak terlalu jauh (± 5 persen).

Meningkatnya nilai *removal* ini disebabkan oleh adanya aktivitas mikrobiologis di dalam reaktor. Zat organik yang terkandung dalam air limbah didegradasi oleh sel mikroba di dalam reaktor sehingga konsentrasi zat organik berkurang. Semakin banyak jumlah mikroorganisme di dalam reaktor untuk mendegradasi air limbah maka nilai BOD akan semakin turun [12]. Kebanyakan mikroorganisme yang terdapat pada limbah organik adalah bakteri kemoheterotrof yang menggunakan bahan organik sebagai sumber energi dan karbon. Bakteri ini berperan penting dalam penanganan air limbah karena dapat mendegradasi bahan organik [13].

Media dengan ketinggian media 122 cm memiliki nilai efisiensi *removal* yang mayoritas lebih tinggi dari ketebalan media lainnya. Sedangkan pada variabel media dengan ketinggian media 55 cm memiliki nilai efisiensi *removal* BOD yang mayoritas paling rendah dari ketebalan media lainnya. Seperti halnya pada parameter COD, hal ini dapat terjadi karena semakin pendek tebal media maka tempat

kontak mikroorganisme atau biomassa dengan substrat zat organik dalam air limbah semakin sedikit. Sehingga masih ada kandungan zat organik dalam air limbah yang ikut keluar menuju *effluent*.



Gambar 5. *Removal* BOD Berdasarkan Ketebalan Media.

E. Pengaruh Waktu Detensi (Empty Bed Contact Time)

Waktu detensi yang digunakan pada penelitian ini adalah 24, 30 dan 36 jam. Waktu detensi ini didasarkan pada kriteria desain menurut PERMENPUPR No.4 Tahun 2017, dimana waktu detensi yang dibutuhkan oleh *Anaerobic Filter* berkisar 0,5 hingga 4 hari. Semakin lama waktu detensi yang digunakan diharapkan akan menurunkan konsentrasi parameter pencemar semakin tinggi. Hal ini dikarenakan waktu kontak antara air limbah dengan sel mikroba pada media semakin panjang. Sehingga hasil proses pendegradasian kandungan zat organik pada air limbah akan semakin tinggi.

1. Penyisihan COD

Berdasarkan gambar 3, pada waktu detensi 24 jam, efisiensi *removal* COD meningkat secara signifikan seiring dengan pertambahan ketebalan media. Berbeda dengan waktu detensi 30 dan 36 jam yang hasil efisiensi *removal* COD nya cenderung stabil. Tercapainya *removal* COD yang cukup baik ini mungkin disebabkan kondisi biomassa dalam reaktor yang telah stabil dan juga karena karakteristik limbah yang bersifat *soluble*. Sehingga lebih mudah untuk didegradasi oleh mikroorganisme di dalam reaktor.

Hasil penelitian ini menunjukkan semakin lama waktu kontak antara air limbah dengan biomassa, semakin tinggi zat organik yang dapat diturunkan oleh sel mikroorganisme di dalam reaktor. Kecepatan aliran air ke atas yang digunakan cukup rendah sehingga memungkinkan biomassa untuk tetap tinggal dalam reaktor dan mengecilkan kemungkinan akan terjadi *washout*. Kecepatan aliran ke atas harus tidak lebih dari 2,8 m/hari [8].

2. Penyisihan TSS

Berdasarkan hasil analisis *removal* TSS yang dilakukan, diperoleh bahwa semua variabel media dapat menurunkan konsentrasi TSS dalam air limbah dengan baik. Konsentrasi TSS yang dapat diturunkan mencapai lebih dari 70 persen. Walaupun berdasarkan ketinggian media yang sama, semakin besar waktu detensinya semakin kecil nilai *removal* yang diperoleh. Sedangkan pada waktu detensi yang sama, hasil *removal* TSS yang diperoleh cenderung stabil seperti yang terlihat pada Gambar 4. Pada waktu detensi 24 jam dan 36 jam tidak terlihat perbedaan yang cukup signifikan. Begitu pun dengan waktu detensi 30 jam, walaupun menunjukkan peningkatan seiring dengan pertambahan ketebalan media. Namun, hasil yang diperoleh masih dapat dianggap konstan karena perubahannya tidak lebih dari 10 persen.

Menurunnya nilai *removal* TSS seiring dengan waktu detensinya dikarenakan semakin lama waktu proses

pengolahan air limbah maka semakin banyak biomassa yang terbentuk [11]. Sehingga kemungkinan biomassa ikut keluar menuju *effluent* semakin besar. Hasilnya konsentrasi TSS pada *effluent* semakin tinggi. Peningkatan nilai TSS berarti terjadi aktivitas mikroorganisme yang semakin tinggi sehingga menyebabkan banyaknya padatan terlarut dalam air limbah [12].

3. Penyisihan BOD

Berdasarkan hasil analisa BOD pada Gambar 5, terlihat bahwa masing-masing variabel media menghasilkan efisiensi *removal* yang tidak signifikan perbedaannya. asing-masing variabel media menghasilkan efisiensi *removal* COD yang cukup stabil dengan perubahan yang tidak terlalu jauh (± 10 persen) [8].

Namun, berdasarkan Gambar 5, terlihat peningkatan *removal* BOD seiring dengan peningkatan waktu detensinya. Meningkatnya nilai *removal* ini disebabkan oleh adanya aktivitas mikrobiologis di dalam reaktor. Zat organik yang terkandung dalam air limbah didegradasi oleh sel mikroba di dalam reaktor sehingga konsentrasi zat organik berkurang.

Nilai BOD/COD influen air limbah mencapai 0,8. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah *grey water* yang digunakan sangat cocok untuk diolah secara biologis, Penurunan konsentrasi BOD pada penelitian ini terlihat sangat baik dengan nilai *removal* BOD rata-rata mencapai 82 persen.

Pada penelitian ini berdasarkan waktu detensinya, reaktor dengan waktu detensi 36 jam memiliki nilai efisiensi *removal* yang mayoritas lebih tinggi dari ketinggian media lainnya. Sedangkan pada variabel media dengan waktu detensi 24 jam memiliki nilai efisiensi *removal* BOD yang mayoritas paling rendah dari ketinggian media lainnya. Seperti halnya pada parameter COD, hal ini dapat terjadi karena semakin pendek waktu tinggal air limbah maka waktu kontak mikroorganisme atau biomassa dengan substrat zat organik dalam air limbah semakin sedikit. Sehingga masih ada kandungan zat organik dalam air limbah yang ikut keluar menuju *effluent*.

F. Produksi Gas Metan

Pada proses anaerobik terdapat tahap metanogenesis yang merupakan tahap pengonversian asam asetat atau reduksi karbon dioksida oleh hydrogen dengan menggunakan bakteri *acetotrophic* dan *hidrogenotrophic* [8]. Potensi produksi gas metan dari limbah tergantung pada konsentrasi bahan organik (COD) di dalamnya dan efisiensi pengolahan.

Tabel 3.
Produksi Gas Secara Teoritis dalam L/Hari

HRT (Jam)	MEDIA (cm)		
	55	80	122
24	1.69	1.96	2.10
30	1.92	2.11	2.32
36	3.97	4.02	4.05

Pada penelitian ini, reaktor diberikan indikator gas metan berupa balon setelah reaktor mencapai kondisi *steady state*. Tidak dilakukan pengukuran secara pasti di lapangan pada gas metan yang dihasilkan pada setiap reaktor. Namun, selama penelitian berlangsung tidak terlihat indikator balon mengembang. Hal ini dapat dikarenakan beban organik yang masuk ke dalam reaktor terlalu kecil untuk dapat mengembangkan indikator balon. Sehingga gas metan yang dihasilkan hanya mampu mengisi ruang kosong di dalam reaktor. Tabel 3 merupakan hasil perhitungan secara teoritis produksi gas metan yang dihasilkan di dalam reaktor.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kinerja kulit kerang dalam menurunkan parameter COD yang paling baik adalah reaktor dengan tebal media 122 cm dan waktu detensi 36 jam dengan *removal* 80,6 persen. Begitupun dengan parameter BOD, reaktor dengan kinerja paling baik adalah reaktor dengan tebal media 122 cm dan waktu detensi 36 jam dengan *removal* 89,91 persen. Sedangkan untuk parameter TSS, reaktor dengan kinerja paling baik adalah reaktor dengan tebal media 80 cm dan waktu detensi 24 jam dengan 76,61 persen.

Ketebalan media kulit kerang tidak memiliki pengaruh yang signifikan dalam mengolah air limbah domestik pada proses *anaerobic filter* untuk semua parameter pencemar yang diujikan. Namun, secara umum pada ketebalan media 122 cm menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan tebal media 55 cm dan 80 cm.

Waktu detensi atau waktu tinggal hidrolis memiliki pengaruh yang signifikan dalam mengolah air limbah domestik pada proses *anaerobic filter* yaitu pada parameter TSS. Sedangkan untuk parameter COD dan BOD tidak memiliki pengaruh yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Kurniasih and et al, "Pembuatan Pakan Ternak dari limbah Cangkang Kerang di Desa Bulak Kenjeran Surabaya," in *Seminar MASTER PPNS*, 2017, pp. 159–164.
- [2] J. Malina and F. G. Pohland, *Design of Anaerobic Processes For The Treatment of Industrial and Municipal Waste*. USA: Technomic, 1992.
- [3] I. Indriyati, "Unjuk Kerja Reaktor Anaerob Lekat Diam Terendam dengan Media Penyangga Potongan Bambu," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 8, no. 3, 2011.
- [4] J. Ladu and X. Lu, "Effects of Hydraulic Retention Time, Temperature, and Effluent Recycling On Efficiency of Anaerobic Filter in Treating Rural Domestic Wastewater," *Water Sci. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 168–182, 2014.
- [5] K. Amri and P. Wesen, "Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob Bermedia Plastik (Bioball)," *J. Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 7, no. 2, 2015.
- [6] M. Sari, P. Purnomo, and Haeruddin, "Analisis Kebutuhan Oksigen untuk Dekomposisi Bahan Organik Sedimen di Kawasan Mangrove Desa Bedono Demak," *Diponegoro J. Maquares*, vol. 5, no. 4, pp. 285–292, 2016.
- [7] N. Ikhlas, "Penurunan COD Limbah Cair Tapioka dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Biofilter Susunan Honeycomb Potongan Bambu dan Penambahan Effective Microorganism (EM4)," 2014.
- [8] L. Indromarsudi, "Uji Penurunan Beban Organik Limbah Cair Berkadar Organik Rendah dengan Hybrid Upflow Anaerobic Filter Bermedia Pecahan Genteng," Surabaya, 2001.
- [9] Y.-X. Liu and et al, "Study of Municipal Wastewater Treatment with Oyster Shell as Biological Aerated Filter Medium," *Desalination*, vol. 254, pp. 149–153, 2010.
- [10] D. Samatha and J. Effendi, "Pengaruh Frekuensi dan Waktu Backwash Membran Terhadap Peningkatan Biomassa Pada Bioreaktor Membran," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 16, no. 2, pp. 115–124, 2010.
- [11] G. Gunandjar, Z. Salimin, S. Purnomo, and R. Ratiko, "Proses Oksidasi Biokimia untuk Pengolahan Limbah Simulasi Cair Organik Radioaktif," *J. Forum Nukl.*, vol. 4, no. 1, pp. 13–30, 2010.
- [12] D. Anggraeni, A. T. Sutanahaji, and B. Rahadi, "Pengaruh Volume Lumpur Aktif dengan Proses Kontak Stabilisasi pada Efektivitas Pengolahan Air Limbah Industri Pengolahan Ikan," *J. Sumberd. Alam dan Lingkung.*, 2013.
- [13] P. H. Doraja, M. Shovitri, and N. Kuswyatari, "Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami dari Tangki Septik," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 1, no. 1, 2012.