

**DESAIN ROCK FILTERS SEBAGAI POLISHING UNIT KOLAM
STABILISASI LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT
(Penelitian Tahap I)**

Luqman Erningpraja, Roby Fauzan, Vita Dhian Lelyana, Henny Lydyasari

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain saringan batu (*rock filters*) untuk polishing unit efluen kolam stabilisasi limbah cair pabrik kelapa sawit. Penelitian menggunakan 4 bak saringan batu berukuran panjang 65 cm, lebar 45 cm, dan dalam 45 cm dan volume efektif cairan 110 L. Sistem pengaliran upflow dengan pompa peristaltik dan umpan diambil langsung dari kolam fakultatif terakhir (*kolam alga*) PKS Bah Jambi dengan pompa ke bak penampung secara kontinu yang kemudian diteruskan oleh pompa peristaltik ke bak saringan batu. Material menggunakan batu mangga ukuran 10 – 15 cm dan ukuran 30 – 50 mm. Pada penelitian awal ini digunakan variasi Hydraulic Loading Rates (HLR) 0,50/hari ; 0,75/hari ; 1,00/hari ; 1,25/hari dan 1,50/hari tanpa perendaman awal. Dari hasil penelitian, penyisihan maksimal didapat pada HLR 0,50/hari. Pada HLR 0,50/hari untuk batu mangga didapat rata – rata penyisihan COD 16,7 %, BOD 11,83 % dan TSS 12,4%, sedangkan untuk batu pecah ukuran 30 – 50 mm didapat rata – rata penyisihan COD 30,19%, BOD 19,84%, dan TSS 18,71%. Selanjutnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa pada HLR 1,25/hari dan 1,50/hari diperoleh hasil penyisihan negatif. Penelitian perlu dilanjutkan untuk variasi batu yang lebih kecil sehingga diameter rongga antar batu lebih kecil pula. Selain itu, perlu juga dilakukan penelitian pembandingan dengan menggunakan bak yang telah direndam selama 1 – 2 bulan.

Kata Kunci : *hydraulic loading rates, rock filters, kolam stabilisasi*

ABSTRACT

This research objective is to design and evaluate the using of rock filters as polishing unit to palm oil mill waste stabilizations ponds (WSP) effluent. The pilot study is done by using four rock filters in plastic water tank (65 cm length, 45 cm width and depth) with the effective volume of each tank is 110 liters. The tank is fed (up flow system) by wastewater from the last facultative ponds from Bah Jambi Palm Oil Mill WSP. The material used in this research is 10 – 15 cm mango stone and 30 -50 mm split stone, without initial submerging the for several months in the tank. Hydraulic loading rates (HLR) used in this initial research are 0.5/day, 0.75/day, 1.00/day, 1.25/day, and 1.50/day. The result shows that the average efficiency at HLR 0.50/day for each parameter is 16.7% (COD), 11.83% (BOD) and 12.4% (TSS) for mango stone and 30.19% (COD), 19.84% (BOD) and 18.71% (TSS). This research also shows that at HLR 1.25/day and 1.50/day, the flush out phenomenon occurs. This leads to negative

results. The subsequent research must be done in smaller stone diameter, or by letting the stone receive initial treatment by submerging the stone for 1-2 months in the tank as comparison.

Key Words: *hydraulic loading rates, rock filters, waste stabilization ponds*

I. PENDAHULUAN

Saringan batu digunakan untuk memperbaiki kualitas efluen kolam terakhir dengan mekanisme filtrasi. Keunggulannya dibandingkan dengan saringan pasir adalah bahwa biaya konstruksi dan pemeliharannya lebih murah dan frekuensi kejenuhan dan *clogging* (penyumbatan) lebih sedikit (3). Masalah yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan kriteria desain untuk saringan batu pada skala laboratorium dari segi kedalaman, ukuran batu, dan *hydraulic loading rates* untuk limbah cair PKS di Sumatera. Kolam stabilisasi paling banyak digunakan sebagai instalasi pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit (IPAL) konvensional, yang tersusun dari sejumlah kolam anaerobik, kolam fakultatif, atau kolam aerobik. Masalah yang timbul antara lain masih tingginya kadar BOD₅, TSS (*total suspended solids*), nitrogen total, dan minyak dan lemak pada kolam terakhir sehingga kualitas efluen melebihi baku mutu yang dipersyaratkan bagi limbah industri minyak sawit sesuai KepMen LH No. Kep-51/Men.LH/10/1995. Umumnya PKS cukup kesulitan dalam pemenuhan baku mutu tersebut sehingga sebagian besar beralih pada modifikasi kolam stabilisasi dengan aplikasi lahan limbah cair yang membutuhkan biaya investasi dan pemeliharaan tinggi. Untuk

PKS yang masih menggunakan sistem kolam stabilisasi dan belum beralih pada aplikasi lahan, penambahan *polishing unit* dapat meningkatkan kinerja akhir kolam stabilisasi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja kolam stabilisasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) adalah dengan membangun instalasi saringan batu. Selain itu, optimasi pengutipan minyak pada *fat-pit* harus lebih ditingkatkan sebagai langkah minimisasi limbah pada sumbernya.

Hasil riset skala pilot di Assamra, Yordania, menunjukkan bahwa saringan batu dapat menurunkan kadar BOD dan TSS hingga 60% (5) pada pembebanan TSS 0,33 – 0,044 kg TSS/m³ dan menggunakan limbah domestik. Hasil penelitian Mara pada tahun 2002 di Inggris menunjukkan bahwa saringan batu dapat menyisihkan BOD sebanyak 40 % dan SS sebanyak 60% pada *Hydraulic Loading Rate* (HLR) 0,15/hari, dengan bak saringan batu berukuran panjang 4 m, lebar 0,5 m, dan kedalaman 0,5 m dan menggunakan batu kapur (*limestone*) ukuran 40-100 mm. Limbah yang dipakai pada penelitian tersebut adalah limbah domestik. Pada penelitian selanjutnya pada tahun 2002, Mara memvariasikan HLR pada nilai 0,1/hari, 0,15/hari, 0,2/hari, dan 0,25/hari untuk limbah dari kolam fakultatif, batu yang dipakai terdiri dari batu kapur ukuran 28 mm dan batu kapur ukuran 40-

100 mm sedangkan kedalaman tetap 0,5 m (tidak divariasikan). Hasil penelitiannya menunjukkan semakin kecil HLR, semakin tinggi penyisihan BOD dan SS (1, 2). Sementara itu, Mara dan Pearson (3) melaporkan bahwa di daerah Mediterrania dan Oregon (Amerika Serikat) dalam skala lapangan dipakai HLR 1/hari untuk saringan batu, memakai batu kali atau batu kapur dengan ukuran 75 mm – 100 mm dan kedalaman 1,5 – 2 m untuk desain saringan batu dan kinerjanya dapat menurunkan BOD dan TSS sampai 70%. Limbah yang diolah adalah limbah cair yang berasal dari limbah domestik serta industri peternakan dan makanan. Mara (4) merekomendasikan HLR sebesar 0,15/hari untuk kolam fakultatif dan 0,30/hari untuk kolam maturasi untuk daerah Inggris dan Eropa. Swanson dan Williamson (6) membuat model prediksi penyisihan BOD dan SS untuk *Rock Filters* :

$$R_{BOD} (\%) = 72 - 109 (HLR)$$

$$R_{SS} (\%) = 97 - 137 (HLR)$$

untuk kisaran nilai HLR antara 0,06/hari – 0,34/hari (R_{BOD} ^{ss} menyatakan persentase penyisihan BOD dan TSS).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan *hydraulic loading rates* (HLR) yang digunakan untuk menyusun kriteria desain saringan batu dan menentukan ukuran batu yang memberikan penyisihan paling tinggi untuk masing-masing parameter. Selain untuk mengatasi penurunan kinerja kolam stabilisasi yang digunakan dalam pengolahan limbah cair PKS, efluen dari saringan batu mempunyai potensi untuk

bisa didaur ulang atau dikembalikan sebagai air bahan baku *water treatment* untuk air proses pabrik kelapa sawit. Hal ini merupakan suatu upaya menuju integrasi pengolahan air limbah dan air proses dan siklus tertutup dalam penggunaan air di pabrik kelapa sawit. Selain itu, saringan batu diharapkan dapat menjadi solusi pengolahan limbah PKS di lahan gambut dimana sistem *land application* tidak boleh dilaksanakan dan pengomposan terkendala biaya investasi yang tinggi dan terbatasnya aplikasi pupuk organik untuk tanaman di lahan gambut. Saringan batu memiliki kekurangan antara lain memerlukan bahan baku batu mangga atau kerikil yang cukup banyak, sehingga faktor kemudahan suplai bahan baku harus diperhatikan, serta perlu pengawasan aliran air dengan mengatur elevasi di sekitar saringan batu agar pada saat hujan, air hujan tidak melimpas dengan membawa sejumlah sampah-sampah dan kotoran-kotoran yang dapat menyumbat instalasi yang terdiri dari batu-batu pecah tersebut.

II. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di PKS Bah Jambi milik PTPN IV (Persero) dengan waktu penelitian selama 5 bulan, mulai bulan September 2005 sampai Januari 2006. Limbah cair diambil dari kolam terakhir (kolam alga) sistem kolam stabilisasi pada PKS Bah Jambi PTPN IV. Batu yang dipakai batu kerikil atau batu pecah ukuran antara 30 – 50 mm dan batu mangga besar ukuran 10 – 15



Gambar 1. Instalasi *Rock Filters*

cm. Peralatan yang digunakan adalah 1 kolam penampung untuk distribusi limbah (*feeding*) berukuran panjang 65 cm, lebar 45 cm, dan dalam 45 cm, 1 pompa *feeding* dari kolam limbah terakhir (kolam alga) ke kolam penampung, 4 bak saringan batu berukuran panjang 65 cm, lebar 45 cm, dan dalam 45 cm, 1 atau 2 pompa peristaltik sebagai pengumpan dari kolam penampung ke bak saringan batu.

Sistem saringan batu yang digunakan adalah berupa bak-bak dengan ukuran kedalaman 45 cm, panjang 65 cm, dan lebar 45 cm. Limbah cair diumpankan dengan aliran *upflow*, di mana limbah cair dialirkan dengan pipa PVC yang berlubang (*perforated*) ke bagian bawah bak dan efluen mengalir dari lubang dengan ketinggian sama dengan ketinggian batu. Hal ini

berdasarkan sistem yang dilakukan Johnson dan Mara, 2002, dalam percobaan saringan batu di Inggris. Sistem ini diharapkan menghasilkan distribusi umpan yang lebih baik. Limbah cair yang menuju bak diatur dengan menggunakan pompa peristaltik sesuai dengan HLR yang divariasikan. Aliran dari pompa peristaltik tersebut dibuat paralel (dengan debit sama sesuai HLR yang dipakai) menuju dua bak dengan kedalaman batu sama tetapi jenis batu berbeda. Limbah cair yang keluar dari outlet bak kemudian diambil dengan botol sampel untuk dianalisis BOD, COD dan TSS. Kemudian percobaan ini diulang enam kali sampai variasi HLR selesai dilakukan.

Ulangan pertama yang dilakukan adalah HLR 0,75/hari, kemudian dilanjutkan dengan HLR 1,50/hari, HLR



Gambar 2. Dua Pompa Peristaltik Yang Digunakan Dalam Penelitian (Sedang Tidak Beroperasi Karena Ada Pengrusakan Bak)

1,25/hari, HLR 1,00/hari, dan terakhir HLR 0,5/hari. Masing – masing variasi dilakukan sebanyak 6 ulangan. Pergantian HLR dilakukan dengan pembuangan air di dalam bak saringan dengan metode penghisapan dengan selang dan pompa oli.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi maksimal diperoleh pada penggunaan HLR 0,50/hari, dengan material penyaring batu pecah $3/5$ (30 – 50 mm). Pada HLR 0,50/hari untuk batu mangga didapat rata – rata penyisihan COD 16,7 %, BOD 11,83 % dan TSS 12,4%, sedangkan untuk batu pecah ukuran 30 – 50 mm didapat rata – rata penyisihan COD 30,19%, BOD 19,84%, dan TSS 18,71%. Berdasarkan hasil

penelitian, terlihat bahwa batu pecah $3/5$ dengan ukuran yang lebih kecil dari batu mangga memberikan performa penyisihan yang lebih baik. Penyisihan yang lebih baik pada batu yang ukuran lebih kecil (batu pecah) juga diduga akibat luas permukaan kontak yang lebih besar dibandingkan dengan batu mangga.

Rata – rata penyisihan pada HLR 1,00/hari justru lebih tinggi daripada rata – rata penyisihan pada HLR 0,75/hari. Hal ini diduga karena variasi pertama yang dilakukan adalah HLR 0,75/hari sehingga sama sekali mekanisme yang terjadi adalah filtrasi murni dan belum terjadi mekanisme pertumbuhan melekat pada permukaan media yang membantu penyaringan. Akan tetapi, hal ini perlu diteliti lebih lanjut. Untuk itu, pengulangan penelitian dengan menggunakan batu yang telah direndam terlebih dahulu

dapat dilakukan untuk menyelidiki dugaan tersebut.

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada HLR 1,25/hari dan 1,50/hari, penyisihan yang terjadi sangat sedikit, dan hasil rata – rata negatif. Hal ini disebabkan terjadinya fenomena *flush out* akibat debit yang terlalu tinggi (sehingga waktu tinggal air limbah dalam bak sangat pendek). Padatan tersuspensi yang telah mengendap terbawa kembali oleh aliran. Rekomendasi HLR untuk kawasan Mediterranean dan Amerika

Serikat adalah 1/hari (3). Begitu juga HLR yang dipakai pada saringan batu di Eropa umumnya $\leq 0,50$ /hari. Sesuai dengan hasil pada HLR $\leq 1,00$ /hari pada penelitian ini, rata – rata hasil penyisihan awal memberikan hasil positif. Dengan demikian, hasil ini bisa dijadikan acuan untuk penetapan kisaran variasi HLR pada penelitian selanjutnya. Adanya kisaran hasil antara positif dan negatif ini juga menunjukkan adanya fenomena *flush out*. Peluang fenomena *flush out* pada batu $^{3/5}$ lebih kecil daripada

Tabel 1. Persentase Rata – Rata Efisiensi Penyisihan Untuk Saringan Batu Mangga

HLR (1/hari)	BAK	Δr BOD (%)	Δr COD (%)	Δr TSS (%)
0,5	Bak A	11.339	16.389	11.041
	Bak C	12.315	16.949	13.748
	ΔR	11.827	16.669	12.395
0,75	Bak A	4.73	3.49	6.73
	Bak C	3.64	3.33	7.26
	ΔR	4.18	3.41	7.00
1	Bak A	6.10	6.93	8.87
	Bak C	14.79	10.02	12.26
	ΔR	10.45	8.47	10.56
1,25	Bak A	5.48	3.89	1.54
	Bak C	-6.98	-5.93	-1.93
	ΔR	-0.75	-1.02	-0.19
1,5	Bak A	-4.98	-4.65	-2.50
	Bak C	-7.71	-2.84	-3.00
	ΔR	-6.34	-3.74	-2.75

Sumber : Pengolahan Data Primer Hasil Analisis

Tabel 2. Persentase Rata – Rata Efisiensi Penyisihan Untuk Saringan Batu Pecah

HLR (1/hari)	BAK	Δr BOD (%)	Δr COD (%)	Δr TSS (%)
0,5	Bak B	18.841	38.014	17.798
	Bak D	20.844	22.365	19.632
	ΔR	19.843	30.190	18.715
0,75	Bak B	11.99	12.53	17.27
	Bak D	14.37	9.18	14.07
	ΔR	13.18	10.86	15.67
1	Bak B	13.95	12.52	18.74
	Bak D	12.87	11.78	13.76
	ΔR	13.41	12.15	16.25
1,25	Bak B	-1.02	1.06	0.73
	Bak D	3.64	3.33	-1.93
	ΔR	1.31	2.20	-0.60
1,5	Bak B	-3.38	1.22	-0.15
	Bak D	1.73	3.72	1.62
	ΔR	-0.83	2.47	0.74

Sumber : Pengolahan Data Primer Hasil Analisis



Gambar 3. Barak Penelitian Di Kolam Limbah PKS Bah Jambi



Gambar 4. Kolam Alga PKS Bah Jambi

batu mangga karena rongga antar batu lebih kecil. Akan tetapi, penyelidikan lebih lanjut diperlukan terutama berkaitan dengan aspek hidrolis dan geometri bangunan air yang digunakan. Untuk mengatasi *flush out* tersebut, ada beberapa alternatif yang dapat diambil, yaitu membatasi variasi HLR (maksimal 1,00/hari), *rock filters* sistem seri atau mengatur desain geometri saringan batu. Secara umum, penurunan TSS diikuti oleh penurunan BOD, yang menunjukkan bahwa sebagian besar BOD merupakan BOD tersuspensi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian awal ini, didapat HLR kritis untuk desain saringan batu adalah 1,00/hari dengan ukuran batu mangga besar (10 – 15 cm) dan batu

pecah 3/5 (30 – 50 mm). Pada HLR \geq 1,25/hari terjadi fenomena *flush out* akibat debit terlalu besar. Efisiensi penyisihan pada saringan batu dengan menggunakan batu pecah $3/5$ lebih baik daripada batu mangga. Penelitian perlu dilanjutkan untuk variasi batu yang lebih kecil sehingga diameter rongga antar batu lebih kecil pula. Selain itu, perlu juga dilakukan penelitian pembandingan dengan menggunakan bak yang telah direndam selama 1 – 2 bulan.

Selanjutnya, perlu juga dikaji kombinasi media saringan atau penggunaan kombinasi saringan batu dan saringan pasir lambat dengan tetap mempertimbangkan faktor investasi serta kesulitan dan kemudahan dalam operasional dan pemeliharaan saringan. Faktor dimensi bak juga mempengaruhi karena kinerja penyaringan dan sedimentasi juga dipengaruhi oleh geometri bangunan air

yang digunakan serta sejumlah faktor – faktor hidrolis lainnya.

Stabilization Ponds in Mediterranean countries. Lagoon Technology International, Leeds, England.

DAFTAR PUSTAKA

1. JOHNSON, M. 2002. Research on WSP in the UK: Rock Filters Treating Facultative and Maturation Pond Effluent - Results for Summer 2002. School of Civil Engineering, University of Leeds, England.
2. JOHNSON, M. and D. D. MARA, 2002. Research on WSP in the UK-II: Initial result from pilot scale maturation ponds, reed bed channels and rock filters. School of Civil Engineering, University of Leeds, England.
3. MARA, D. D. and H. W. PEARSON, 1998. Design Manual for Waste
4. MARA, D. D. 2004. Design Manual for Waste Stabilization Ponds in The United Kingdom. School of Civil Engineering, University of Leeds, England.
5. SAIDAM, M., S. RAMADAN and D. BUTLER, 1995. Upgrading waste stabilization pond effluent by rock filters. *Water Science and Technology* Vol. 31 No 12 pp 369–378.
6. SWANSON, G. R. dan K. J. WILLIAMSON. 1980. Upgrading Lagoon Effluents With Rock Filters. *Journal of Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineers*, vol.106, no. EE6, pp.1111-1129.