

**EVALUASI DESIGN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA PT INDUSTRI MARMER
INDONESIA TULUNGAGUNG, DESA BESOLE, KECAMATAN BESUKI, KABUPATEN
TULUNGAGUNG**

WASTEWATER TREATMENT EVALUATION DESIGN AT PT INDUSTRI MARMER INDONESIA
TULUNGAGUNG, BESOLE VILLAGE, BESUKI DISTRICT, TULUNGAGUNG.

Okta Kurnia Sari¹, Evi Kurniatiz², Bambang Rahadi W³
^{1,2,3}Program Studi Teknik Lingkungan – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jl. Veteran – Malang 65145
Email Korespondensi: oktakurnias@gmail.com

Abstrak

PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan marmer di daerah Tulungagung. Perusahaan ini terletak di Desa Besole, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung yang merupakan perusahaan pertambangan pertama sekaligus pertambangan terbesar yang ada di Indonesia.. Industri ini berdiri sejak tahun 1962 dengan melayani permintaan produksi batu marmer di seluruh Indonesia. Penelitian mengenai evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang ada di PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung dilakukan mulai bulan Desember 2016 sampai bulan Februari 2017. Penelitian dimulai dengan pengambilan sampel dan analisis kondisi eksisting, kemudian dilakukan pengujian sampel. Hasil dari pengujian sampel yang meliputi parameter pH, COD, TSS dan kesadahan kemudian dilakukan perhitungan dan perbandingan dengan baku mutu menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 sehingga evaluasi kinerja unit IPAL dapat dilakukan. Hasil penelitian mengenai evaluasi IPAL ini didapatkan data debit rata-rata pada unit bak sedimentasi sebesar 0,32 m³/s dan debit puncak didapatkan sebesar 0,327 m³/s serta perhitungan debit maksimal pada bak sedimentasi didapatkan hasil sebesar 36 m³/s. Efisiensi removal total sebesar 93,21% untuk parameter COD, 98,47% untuk parameter TSS dan 51,417% untuk parameter kesadahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa outlet IPAL PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung tidak melebihi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tetapi hasil evaluasi menunjukkan bahwa bangunan unit IPAL tersebut tidak sesuai dengan standar kriteria rancangan, sehingga disarankan dimensi bangunan diubah menjadi 16 meter untuk panjang unit, 16 meter untuk lebar unit dan 3,75 meter untuk kedalaman unit bak sedimentasi.

Kata Kunci : Evaluasi IPAL, Industri Marmer

Abstract

PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung is a company which engaged in marble mining in Tulungagung area. This company is located in Basole village, Besuki district, Tulungagung regency. PT Industri Marmer Indonesia is the first and the biggest mining company in Indonesia. This company was founded in 1962 by serving the production demand of marble stone in Indonesia. The research of wastewater treatment plant evaluation at PT Industri Marmer Indonesia was conducted since December 2016 until February 2017. The research began with sampling and field analyzing to have accordance data with actual condition. The next was sample testing include pH, COD, TSS and hardness parameter and the step was calculating and comparing the standards quality of East Java Governor Regulation No. 72 Year 2013 from the sample result of the test in order the researcher could work on the performance evaluation of wastewater treatment plant evaluation unit. The results of wastewater treatment plant evaluation was obtained data on average in the sedimentation basin unit of 0,32 m³/s and peak discharge is obtained of 0,327 m³/s as well as the maximum discharge calculation in the sedimentation basin is obtained by 36 m³ / s. removal efficiency Total of 93.21% for COD, 98.47% for TSS parameter and 51.417% for parameter. The results of this research showed that the wastewater treatment plant evaluation outlet of PT Industri Marmer Indonesia in Tulungagung is not exceed the standards quality of East Java Governor Regulation No. 72 Year 2013 but the results of the evaluation showed that the wastewater treatment plant evaluation unit building is not in accordance with the specified standards criteria until the dimension of unit changed into 16 meters for the length, 16 meters for the width and 3,75 meters for the depth of sedimentation unit.

Keywords: Marble Industry, Wastewater treatment plant evaluation.

PENDAHULUAN

Kabupaten Tulungagung merupakan salah satu kabupaten yang memiliki sumber daya alam berupa komoditi batuan. Salah satunya adalah batuan marmer yang menjadi peluang komoditi besar baik dalam negeri maupun luar negeri. Marmer adalah batuan kristalin kasar berasal dari batu gamping yang telah mengalami proses metamorfosa, yaitu suatu proses yang diakibatkan oleh adanya kenaikan temperatur dan tekanan atau keduanya yang terjadi dalam tubuh bumi. Batu marmer secara kimiawi tersusun dari Kalsium Karbonat (Kesadahan) dalam bentuk batuan yang jauh lebih keras dengan tekstur dan struktur yang berbeda dibandingkan batuan aslinya yaitu batu gamping (Hunggrami, 2013). Tercatat pada Data Industri Kimia Kabupaten Tulungagung Tahun 2010 yang diterbitkan oleh Dinas Perindustrian dan Perdagangan (DISPERINDAG) Kabupaten Tulungagung, terdapat 48 industri batu marmer dari total 70 industri yang terdaftar di Kecamatan Besuki, Desa Besole (Pikatan, 2013).

Lokasi studi yang akan dikaji pada penelitian ini adalah PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung yang berada di Desa Besole, Kecamatan Campurdarat, Kabupaten Tulungagung. Pemilihan lokasi pada PT Marmer Indonesia ini karena menjadi pusat kegiatan industri pertambangan marmer di kawasan tersebut, sehingga menjadi tolok ukur bagi perusahaan lain dalam menjalankan usaha dan megolah limbah dari produk yang dihasilkan.

PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung sendiri merupakan perusahaan marmer terbesar yang berkembang dengan pesat sehingga tidak menutup kemungkinan dalam waktu yang akan datang produksi dan jumlah tenaga kerja pada perusahaan ini meningkat yang juga akan berdampak pada limbah yang dihasilkan. Peningkatan tersebut akan berdampak secara signifikan terhadap peningkatan beban hidrolis dan perubahan karakteristik limbah, sehingga penurunan kinerja IPAL pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung tidak bisa dihindari. Sehubungan dengan masalah tersebut, perlu dilakukannya evaluasi dari *design* IPAL yang ada di PT Industri Marmer

Indonesia Tulungagung untuk menunjang kinerja IPAL pada tahun yang akan datang.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan November 2016 sampai bulan Februari 2017. Tempat penelitian berada di Jalan Raya Gamping popoh Campurdarat, Desa Besole, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung yang terletak pada koordinat 111°43' -112°07' BT dan 7°51' -8°18' LS

Pengumpulan Data

Data yang harus dikumpulkan pada tahap ini adalah berupa data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data kualitas air limbah, data dimensi IPAL PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung, data debit air limbah PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung dan data pemakaian air bersih PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung. Sedangkan data penunjang lainnya yaitu data administrasi PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung. Pengumpulan data juga meliputi tahap dokumentasi untuk memperlengkap data yang ada.

a. Pengolahan data

Pengolahan data yang akan dilakukan pada data yang sudah terkumpul meliputi proses pengujian sampel yang diambil pada IPAL PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung untuk mengetahui kadar parameter kualitas air yang meliputi COD, TSS dan Kesadahan. Selanjutnya dilakukan tahap perhitungan debit dan prediksi debit serta perhitungan dan analisis dimensi bangunan IPAL PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung. Berikut ini merupakan penjelasan lebih rinci dari proses pengolahan data yang akan dilakukan:

1. Perhitungan Debit

Debit adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Berikut ini merupakan persamaan untuk perhitungan debit aliran:

$$Q = V \times A$$

Dimana : Q adalah Debit aliran (m³/s)

V adalah kecepatan aliran (m/s)

A adalah luas penampang (m²)

Pengukuran debit pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung dilakukan dengan pengukuran debit dengan metode pelampung. Metode ini dipilih karena langkah dan prosesnya yang sederhana dan menghasilkan hasil yang cukup akurat.

2. Pengambilan Sampel dan Pengukuran Dimensi IPAL

Pengambilan sampel air limbah dilakukan dengan metode *grab sampel* atau sampel sesaat, hal ini dilakukan dalam satu waktu untuk masing-masing unit. Unit yang diambil sampel air limbahnya yaitu pada saluran outlet pabrik marmer, unit pengendapan dan saluran inlet. Sampel yang diambil ini kemudian dilakukan pengujian di Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I, Kota Malang.

3. Perhitungan Efisiensi Pengurangan Parameter

Melakukan perhitungan efisiensi pengurangan parameter yang digunakan yaitu COD, TSS dan Kesadahan dengan persamaan sebagai berikut:

Dimana :

Kadar_{inlet} = Kadar parameter pada inlet

Kadar_{outlet} = Kadar parameter pada outlet

4. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Kriteria Desain

Kualitas air limbah dapat diketahui dengan pengujian sampel yang telah diambil, kemudian dilakukan perbandingan parameter kualitas air limbah yang meliputi COD, TSS dan Kesadahan dengan baku mutu air limbah yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 mengenai baku mutu air limbah industri keramik. Langkah selanjutnya adalah dilakukan evaluasi apakah terdapat ketidaksesuaian antara hasil *effluent* air limbah PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Perbandingan hasil penelitian dengan kriteria desain dilakukan setelah hasil pengujian sampel dilakukan. Hasil kemudian dicocokkan apakah hasil pengujian sudah memenuhi kriteria desain yang ada. Berikut ini merupakan kriteria desain dari unit yang diambil sampel air limbahnya.

Tabel 1 Kriteria Desain Bak Pengendap

Parameter	Nilai Range	Nilai Tipikal
BP I yang diikuti secondary treatment :		
1. Waktu detensi, jam	1.5-2.5	2
2. Over flow rate, m ³ /m ² .hari		
• Average flow	32.56-48.84	
Parameter		
• Peak hourly flow	81,4-122,1	101.75
3. Weir loading, m ² /m.hari	124-496	248

5. Penyelesaian

Proses penyelesaian ini dilakukan dengan proses pengerjaan tugas akhir dalam bentuk laporan tertulis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

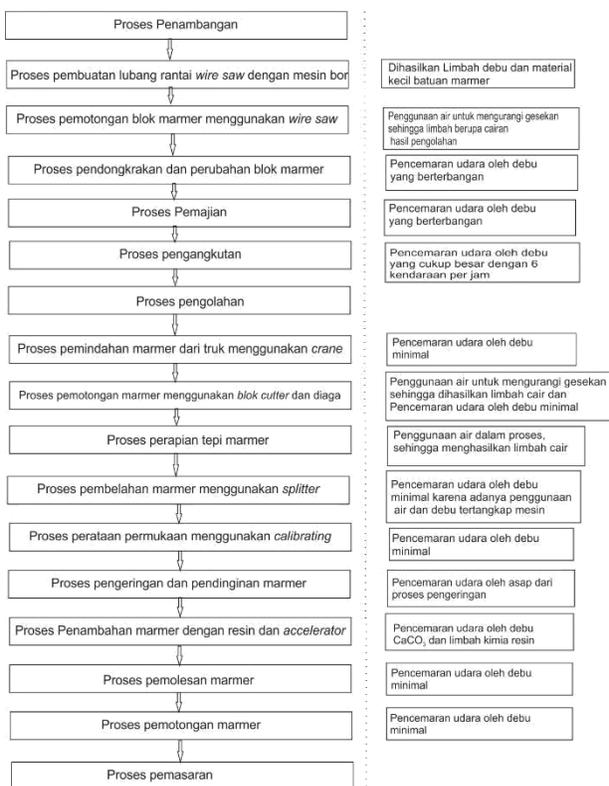
Profil dan sejarah PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung

PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan dan industri marmer di daerah Tulungagung. Perusahaan ini terletak di Desa Besole, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung yang merupakan perusahaan pertambangan pertama sekaligus pertambangan terbesar yang ada di Indonesia.

Perusahaan marmer PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung merupakan aset masyarakat dan pemerintah daerah Kabupaten Tulungagung yang diresmikan oleh menteri perindustrian rakyat pada tanggal 27 Januari 1962 dengan kepala proyek H.S Moerdani dan pada tanggal 25 maret 1994 stasus kepemilikannya berubah menjadi swasta.

Proses Produksi Marmer

Proses produksi marmer mejadi produk yang yang siap dipasarkan dibagi menjadi dua tahapan yaitu proses penambangan dan proses pengolahan. Tahapan proses produksi dapat dilihat dalam diagram proses produksi yang ada pada **diagram alir 1** berikut ini



Produksi Marmer PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung

Pabrik pengolahan marmer pada umumnya memproduksi marmer sebesar 48,706 ton/hari dengan jumlah batu marmer yang siap dipasarkan adalah sebesar 40,633 ton/hari. Sedangkan total limbah yang dihasilkan adalah sebesar 2,381 ton dalam bentuk padatan dan 5,69 ton limbah cair. Dalam produksi 10 tahun terakhir, PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung mengalami penurunan yang cukup signifikan dari tahun 2006 sampai tahun 2015. Berikut ini merupakan produksi slab marmer PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung dalam 10 tahun terakhir dapat dilihat pada **Tabel 2**

Tabel 2 Produksi Slab Marmer PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung dalam 10 Tahun Terakhir

Tahun	Produksi (ton/tahun)
2006	57.250
2007	51.300
2008	54.800
2009	45.600
2010	44.400
2011	47.200
2012	42.000
2013	38.400
2014	31.200
2015	25.350

Sumber : PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung, 2016

Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung

Instalasi pengolahan air limbah (ipal) PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung menggunakan pengolahan fisik tanpa pengolahan biologis dan kimia dan menggunakan pompa untuk penggeraknya, hal ini dikarenakan limbah cair yang dihasilkan pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung lebih banyak mengandung kesadahan atau zat kapur dengan sedimen yang tinggi. Unit IPAL yang ada pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung diantaranya adalah kolam inlet, bak sedimentasi dan kolam indikator.

Saluran *inlet* PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung mempunyai lebar berukuran 60 centimeter dengan kedalaman saluran 50 centimeter dan dengan jarak menuju kolam pengolahan selanjutnya sejauh 7 meter. Dimensi kolam sedimentasi pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung ini memiliki ukuran 6x6 meter dengan kedalaman kolam 1,5 meter dan jarak antara kolam sedimentasi dengan kolam indikator PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung adalah 7 meter. Proses terakhir pada IPAL di PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung adalah air limbah hasil pengolahan pada bak sedimentasi akan masuk ke kolam indikator.

Debit Air Limbah PT Industri Marmer Indonesia

Pengukuran debit dilakukan pada *inlet*, bak sedimentasi dan bak indikator IPAL

PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung. Pengukuran dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Berikut ini merupakan hasil pengukuran debit air limbah yang ada di PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung dapat dilihat pada **Tabel 3**

Tabel 3 Debit Air Limbah PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung

No	Waktu Pengukuran	<i>Inlet</i> (m ³ /s)	Bak Sedimentasi (m ³ /s)
1.	Pagi	0,135	0,309
2.	Siang	0,135	0,327
3.	Sore	0,117	0,324
	Rata-rata	0,129	0,32

Sumber : Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran debit dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Debit pada *inlet* didapatkan nilai sebesar 0,135 m³/s pada pagi hari, 0,135 m³/s pada siang hari dan 0,117 m³/s pada sore hari dengan debit rata-rata sebesar 0,129 m³/s. Perbedaan hasil pengukuran debit pada pagi, siang dan sore hari disebabkan oleh jam produksi pada PT Industri Marmer Indonesia yang lebih padat pada waktu pagi dan siang hari sedangkan pada sore hari produksi pada industri ini menurun sehingga mempengaruhi debit hasil pengukuran.

Debit pada unit sedimentasi didapatkan hasil pengukuran sebesar 0,309 m³/s pada pagi hari, 0,327 m³/s pada siang hari dan 0,324 m³/s pada sore hari dengan rata-rata debit sebesar 0,32 m³/s. Perbedaan nilai debit pada *inlet* dan bak sedimentasi dipengaruhi oleh adanya endapan yang ada pada kolam sedimentasi sehingga akan berpengaruh terhadap kecepatan aliran pada unit pengolahan. Nilai pengukuran debit pada pagi hari lebih tinggi daripada debit pada siang hari dan sore hari, hal ini dipengaruhi oleh jam produksi pada PT Industri Marmer Indonesia.

Nilai debit yang didapat bervariasi tergantung produksi yang dilakukan pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung. Tingkat keakuratan data yang didapat juga dipengaruhi beberapa faktor dalam pengambilan data diantaranya adalah

keterbatasan peneliti dalam melakukan pengukuran yang ada dimasing-masing unit serta volume air yang digunakan dalam proses produksi pada jam-jam tertentu tidak sama. Namun, pada metode area *velocity* memiliki keakuratan yang tinggi dan tergolong representatif. Debit yang diperoleh dilakukan konversi satuan pengukuran dari m³/detik ke m³/jam dan m³/hari yang kemudian digunakan untuk proses perhitungan dalam evaluasi IPAL di PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung. Hasil konversi satuan pengukuran didapatkan hasil 1152 m³/jam dan 27648 m³/hari untuk nilai debit rata-rata dan 1177,2 m³/jam serta 28252,8 m³/hari untuk debit puncak.

Karakteristik Air Limbah

Proses analisis air limbah dilakukan dengan pengambilan sampel dengan metode *grab* sampel atau sampel sesaat pada masing-masing unit IPAL, kemudian dilakukan proses analisis kualitas air limbah dengan empat parameter yaitu pH, COD, TSS dan kesadahan. Berikut ini merupakan hasil analisa sampel parameter pada tiap unit pengolahan dapat dilihat pada **Tabel 4**

Tabel 4 Hasil Analisa Air Limbah PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung

Parameter	Satuan	<i>Inlet</i>	Bak Sedimentasi	Bak Indikator	Bak Mutu
pH	-	8,4	8,2	8,2	6-9
COD	mg/l	408,4	968,1	27,72	100
TSS	mg/l	292,4	4009	44,7	300
Kesadahan	mg/l	247	568	120	500

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Hasil analisa sampel menunjukkan bahwa pada *inlet* didapatkan hasil pengujian parameter pH sebesar 8,4, pada bak sedimentasi pH bernilai 8,2 dan bak indikator sebesar 8,2. Nilai parameter pH yang dinilai tidak terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada masing-masing unit pengolahan karena tidak adanya zat tambahan dari proses pengolahan produksi

marmer di PT Industri Marmer Indonesia, sehingga tingkat asam dan basa yang ada pada air limbahpun cenderung tidak mengalami kenaikan atau penurunan yang signifikan dan masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Hasil pengujian parameter COD pada saluran *inlet* menunjukkan nilai sebesar 408,4 mg/l, 968,1 mg/l pada bak sedimentasi dan 22,72 mg/l pada bak indikator. Hasil pengujian parameter COD ini menunjukkan penurunan yang cukup signifikan dari bak sedimentasi ke bak indikator. Penurunan nilai parameter ini juga dipengaruhi oleh waktu detensi pada unit sedimentasi. Menurut Yanitra (2016), semakin kecil nilai HRT atau waktu detensi pada unit pengolahan, maka akan mempengaruhi kinerja dari unit tersebut sehingga kualitasnya pun juga akan mengalami peningkatan yang cukup signifikan.

Nilai parameter TSS pada *inlet* menunjukkan hasil sebesar 2924 mg/l dan TSS pada bak sedimentasi sebesar 4009 mg/l, sedangkan pada bak indikator, parameter TSS didapatkan hasil pengujian sebesar 44,7 mg/l. Penurunan yang cukup signifikan ini masih dipengaruhi oleh waktu detensi dari unit pengolahan tersebut. Besarnya nilai HRT akan mempengaruhi kualitas air limbah hasil pengolahan, Sedangkan pada parameter kesadahan didapatkan hasil pengujian pada *inlet* sebesar 247 mg/l dan 568 mg/l pada bak sedimentasi serta 120 mg/l pada bak indikator.

Hasil pengujian pada unit bak indikator sudah menunjukkan bahwa IPAL yang ada pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung sudah berfungsi secara optimal dengan menunjukkan hasil pengujian parameter yang tidak melampaui baku mutu yang telah ditetapkan pada masing-masing parameter yang diuji. Air limbah hasil pengolahan kemudian akan dipompa dan disalurkan kembali melalui pipa-pipa untuk kemudian digunakan kembali pada proses produksi batu marmer.

Proses Pengolahan IPAL Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung berfungsi sebagai pemisah padatan yang terapung, mengendapkan padatan yang tersuspensi,

meratakan aliran dan menghomogenkan limbah.

Bak sedimentasi yang ada pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung juga tidak dilapisi semen atau cor sehingga kemungkinan adanya infiltrasi air limbah melalui tanah juga akan terjadi pada perumahan disekitar pabrik marmer tersebut yang jaraknya kurang lebih sekitar 5 meter disamping IPAL. Berikut ini merupakan data bak sedimentasi yang ada di PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung dan kriteria desain pada unit bak sedimentasi bentuk *rectangular* dapat dilihat pada **Tabel 5**

Tabel 5 Kriteria Desain Bak Sedimentasi dan kondisi *Eksisting*

No.	Kriteria	Bak Persegi Aliran Horizontal	Kondisi <i>eksisting</i>
1.	Kedalaman (m)	3-6	1,5
2.	Waktu Tinggal (jam)	1,5-3	0,013
3.	Lebar/panjang	>1/5	6
4.	Bilangan Reynold	<2000	79400
5.	Bilangan Fraude	>10 ⁻⁵	1,908X10 ⁻³

Sumber : SNI 6774:2008

Evaluasi Kinerja

Evaluasi yang dilakukan pada bak sedimentasi atau kolam pengendapan dimulai dengan perhitungan proses evaluasi dari kinerja bak sedimentasi yang mencakup perhitungan waktu detensi (HRT), *Over flow rate* (OFR), *NRe*, Bilangan *Froude* (NFr), *Velocity Scouring* (Vsc), pH, parameter COD, TSS dan kesadahan beserata efisiensi removalnya, kemudian dibandingkan dengan kriteria desain standar dari referensi yang ada. Berikut merupakan hasil kinerja bak sedimentasi yang dibandingkan dengan kriteria desain standar, dapat dilihat pada **Tabel 6**

Tabel 6 Evaluasi Kinerja Bak sedimentasi

N o.	Paramete r	Stan dar	Hasil	Keteran gan
1.	HRT (jam)*	1,5-2,5	0,013	Tidak Sesuai
2.	OFR Q_{ave} ($m^3/m^2.h$ ari)*	25-30	768	Tidak Sesuai
3.	OFR Q_{peak} ($m^3/m^2.h$ ari)*	50-70	784,7	Tidak Sesuai
4.	Nre	<200	79400	Tidak Sesuai
5.	NFr	>10 ⁻⁵	1,908X10 ⁻²	Sesuai
6.	Vsc (m/dt)*	> 3 x 10 ⁻³	0,0301	Sesuai
7.	pH** Efisiensi Removal*	6-9	8,2	Sesuai
8.	COD (%)	50-65	93,21	Tidak sesuai
9.	TSS (%)	30-40	98,47	Tidak sesuai
10.	Kesadahan (%)	30-40	51,42	Tidak sesuai

Keterangan:

* : Metcalf & Eddy (1991)

**: Qasim (1986)

Waktu detensi (HRT) standar pada bak sedimentasi menurut Metcalf & Eddy (2004) adalah sebesar 1,5-2,5 jam, namun pada kondisi eksisting didapatkan hasil sebesar 0,013 jam, hal ini sangat jauh dari standar yang telah ditetapkan oleh prosedur yang ada. HRT yang berlebih pada bak sedimentasi menyebabkan efisiensi removal yang

melebihi standar sehingga *bak indikator* yang keluar lebih bagus, oleh sebab itu dalam bak sedimentasi ini mengalami efisiensi removal secara maksimal. *Over flow rate* (OFR) pada debit rata-rata dan debit maksimal eksisting masih dibawah dari standar (Yanita, 2016).

Evaluasi pada bak sedimentasi PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung didapatkan nilai HRT sebesar 0,013 jam yang tidak sesuai standar yang telah ditetapkan yaitu sebesar 1,5-2,5 jam. Nilai OFR debit rata-rata pada kondisi eksisting didapatkan hasil sebesar 768 $m^3/m^2.h$ ari dan OFR debit puncak sebesar 784,7 $m^3/m^2.h$ ari dengan standar masing-masing sebesar 25-30 untuk OFR debit rata-rata dan 20-70 OFR pada OFR debit puncak. Nilai Vsc pada kondisi eksisting sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan yaitu $>3 \times 10^{-6}$, nilai yang didapatkan dari hasil penelitian adalah 0,0301 sedangkan NFr kondisi eksisting $< 10^{-5}$ yakni dengan nilai 1,908X10⁻² sehingga menimbulkan aliran singkat (*short circuit*), untuk mengoptimalkan kinerja bak sedimentasi maka perlu menjaga aliran tetap laminer, sehingga perlu dibuat *perforated baffle*.

Komponen *perforated baffle* yang digunakan pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung meliputi jarak dari muka *inlet* sebesar 1,5 meter, lebar *baffle* 20 meter, tinggi *baffle* sebesar 1,5 meter dengan diameter lubang 0,060 meter dan luas tiap lubang sebesar 0,00785 m^2 , untuk luas *baffle* yang terendam sebesar 30 m^2 dan luas lubang sebesar 12 m^2 . Perencanaan dimensi bak sedimentasi juga diperhitungkan dengan panjang dan lebar bak sedimentasi masing-masing sebesar 16 meter dan tinggi bak sebesar 3,75 meter yang sebelumnya panjang, lebar dan tinggi bak sedimentasi unit masing-masing sebesar 6 meter untuk panjang, 6 meter untuk lebar bak dan 1,5 meter untuk kedalaman bak, hal ini tidak sesuai dengan kriteria *design* menurut Metcalf dan Eddy (1979) yaitu 3,05-4,6 meter untuk kedalaman dan 3,05-24,4 untuk lebar bak dan 15,24-91,44 untuk panjang bak sedimentasi, sedangkan untuk waktu pengurasan dari endapan pada bak sedimentasi dilakukan apabila tinggi endapan sudah 1/3 dari kedalaman bak sedimentasi yaitu pada kondisi eksisting endapan dikuras apabila tinggi endapan sebesar 1,25 meter.

Efisiensi Removal Total

Efisiensi removal total ini didapatkan dari persamaan hasil pengujian kualitas air limbah *inlet* dikurangi hasil pengujian kualitas air limbah bak indikator dibagi hasil pengujian kualitas *inlet* dikalikan seratus persen. Berikut ini merupakan perhitungan efisiensi removal yang dapat dilihat pada

Tabel 7

Tabel 7 Tabel Efisiensi Removal Total

	COD (%)	TSS (%)	Kesadahan (%)
Hasil Perhitungan	93,21	98,47	51,42
Standar efisiensi	50-65	30-40	30-40

Sumber : Hasil perhitungan dan Qosim (1986)

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi removal total pada IPAL PT Industri Marmer Indonesia tidak memenuhi standar efisiensi masing-masing parameter. Nilai efisiensi removal total COD adalah sebesar 93,21% sedangkan standar efisiensinya adalah sebesar 50%-65%. Efisiensi removal total untuk parameter TSS sebesar 98,47% dengan standar 30%-40% dan kesadahan sebesar 51,42% dengan standar efisiensi removal total sebesar 30%-40%.

Efisiensi Kualitas Bak Indikator

Analisis Kualitas bak indikator dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil pengujian kualitas air limbah PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung dengan standar yang telah ditetapkan. Pengujian kualitas air limbah tersebut mencakup parameter pH, COD, TSS dan kesadahan dengan standar atau Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya serta Peraturan Menteri Kesehatan No.416/Men.Kes/Per./IX/1990 mengenai air sumur. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 8** berikut

Tabel 8 Hasil Pengujian Parameter pada Bak indikator

Parameter	Satuan	Bak Indikator	Baku Mutu
pH	-	8,2	6-9
COD	Mg/l	27,72	100
TSS	Mg/l	44,7	300
Kesadahan	Mg/l	120	500

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Menurut hasil pengujian hasil yang diperoleh telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan baik dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya serta peraturan Menteri Kesehatan No.416/Men.Kes/Per./IX/1990 mengenai air sumur.

KESIMPULAN

1. Efisiensi Removal total yang didapatkan dari hasil penelitian sebesar 93,21% untuk parameter COD, 98,47% untuk parameter TSS dan 51,417 % untuk parameter kesadahan
2. *Design* unit IPAL belum memenuhi kriteria design yang telah ditetapkan meliputi kriteria dimensi bangunan, HRT, OFR, NRe, NFr dan Vsc

DAFTAR PUSTAKA

- Aji., Dunung Waksito. 2013. **Evaluasi Perencanaan Ulang Sistem Pengolahan Air Limbah RSUD Dr. Harjono**. Teknik Sipil.
- Alaerts,G. dan Santika,SS.1987. **Metode penelitian Air**. Usaha Nasional. Surabaya
- Bangun, AD .2014. **Sedimentasi pada Waduk**. Universitas Sumatera Utara. Medan
- Chandra, Budiman. 2007. **Pengantar Kesehatan Lingkungan**. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta
- Dewati, Retno. 2008. **Kinetika Reaksi Pembuatan Kalsium Karbonat dari Limbah Marmer dengan Natrium Karbonat**. Teknik Kimia 2(2): 161-169

- Gunawan, Santoso. 2010. **Studi Potensi Air Sebagai Energi Primer Pembangkit Mikro Hidro Di Kabupaten Pekalongan**. Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Semarang.
- Hermana, Joni. 2007. **Buku Ajar Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Buangan (PBPAB)**. Institut Teknologi Sepuluh Nopembe. Surabaya
- Hunggurami, Elia. 2013. **Pemanfaatan Limbah Serbuk Batu Marmer dari Gunung Batu Naitapan Kabupaten Timor Tengah Selatan pada Campuran Paving Block**. Teknik Sipil 2(1) :38
- Hanitiyo. 2015. **Pengolahan air limbah**. Universitas Diponegoro. Semarang
- Metcalf & Eddy, 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse (4th Edition)*. McGraw Hill Book Co. New York
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 **Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan /Atau Kegiatan Usaha Lainnya**.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 Tahun 1990 **Tentang Baku Mutu Air Sumur**
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2014. **Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Keramik**. Jakarta
- Pikatan, Glad Maida. 2013. **Graha Kerajinan Batu Marmer di Tulungagung**. eDimensi Arsitektur 1(2): 98-100
- Ramasari, Asri. 2015. **Tugas Besar Perencanaan Bangunan Unit Pengolahan Air Limbah**. Universitas Brawijaya. Malang
- Rodhiani, Zaroh. 2016. **Analisis Sebaran Debu Penambangan dan Industri Marmer di Kabupaten Tulungagung**. Universitas Brawijaya. Malang
- Said, Nusa Idaman, 2016. **Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit. Kelompok Tehnologi Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah, Pusat Pengkajian dan Penerapan Lingkungan, BPPT, Jakarta.**
- SNI. 2004. **Air dan Air Limbah Bagian 12: Cara Uji Kesadahan Total Kalsium dan Magnesium (Mg) dengan Metode Titrimetri**.
- Siregar, Sakti. 2005. **Instalasi Pengolahan Air Limbah**. Kanisius. Yogyakarta
- Sugiharto. 2014. **Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah**. UI Press. Jakarta
- Sugiono. 2006. **Teknik Penelitian**. Pines. Yogyakarta
- Utami, Sri. 2010. **Pemanfaatan Limbah Marmer untuk Pembuatan Paving Stone**. Neutron 10(2). 54-59
- Qasim, S. A. 1985. *Wastewater Treatment Plants : Planning, Design, and Operations*. McGraw Hill Book Co. New York
- Wahyudi, Sony. 2009. **Tugas Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Buangan**. Surabaya: ITS
- Yanita, Fahmi Alpha. 2016. **Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Surabaya Industrial Estate Rungkut - Management of Pasuruan Industrial Estate Rembang (PT SIER - PIER)**. Universitas Brawijaya. Malang.
- Yazied, Naufal. 2009. **Analisis Limbah pada Instansi Pengolahan Air Limbah di Rumah Sakit Islam Siti Hajar Mataram**. Universitas Brawijaya. Malang.