

Kajian Parameter Suhu dalam Baku Mutu Air Limbah Industri Gula Jenis Air Limbah Kondensor di Jawa Tengah

Novarina Irnaning Handayani^{1*}, Setia Budi Sasongko^{1,2} dan Agus Hadiyanto^{1,2}

¹ Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro

² Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

* nova.bbtpi@yahoo.com

ABSTRACT

Air limbah kondensor industri gula memiliki karakteristik suhu tinggi dan jumlah yang banyak. Air limbah ini merupakan buangan aktivitas kondensor barometrik yang digunakan dalam proses penguapan dan pemasakan. Sebagian air limbah kondensor langsung dibuang ke lingkungan tanpa melalui pengolahan karena terbatasnya kapasitas unit penurun suhu (*spray pond*). Baku mutu industri gula dalam Perda Jawa Tengah No 10 tahun 2004 mensyaratkan suhu sebagai salah satu parameter kunci dengan besaran 38°C. Pada baku mutu baru Perda Jawa Tengah No 5 tahun 2012, parameter suhu tidak disyaratkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pentingnya parameter suhu dalam baku mutu air limbah industri gula jenis air limbah kondensor ditinjau dari keberadaan plankton dalam badan air dan simulasi suhu pada *mixing zone*. Data primer keragaman plankton diambil di badan air penerima air limbah 8 (delapan) industri gula di Jawa Tengah pada saat tidak ada proses produksi. Data sekunder yang digunakan adalah suhu air limbah kondensor hasil pemantauan industri gula tahun 2008 dan 2009. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 19 genus fitoplankton dan 11 genus zooplankton yang hidup dalam badan air dengan suhu antara 26 hingga 32°C. Toleransi suhu 3°C dari suhu alami untuk kehidupan biota air masih dapat dicapai pada saat air limbah dengan suhu 38°C masuk ke dalam badan air minimal dengan debit yang sama.

Keywords : Air limbah kondensor, suhu, plankton, baku mutu air limbah

1. PENGANTAR

Potensi industri gula di Jawa Tengah cukup banyak dan pasti diiringi dengan permasalahan lingkungan karena sebagian besar industri tersebut belum melakukan pengelolaan lingkungan dengan baik. Nugroho (2011) menyebutkan bahwa salah satu penyebab timbulnya kasus pencemaran lingkungan adalah kurangnya ketaatan pihak industri terhadap peraturan yang ada yang ditengarai disebabkan oleh rendahnya pengetahuan dan kesadaran serta tanggungjawab di bidang lingkungan hidup. Dilihat dari sisi kondisi badan air penerima air limbah, sungai-sungai di Jawa Tengah debitnya tidak terlalu besar sehingga sangat mempengaruhi kemampuan dalam melakukan purifikasi.

Komitmen pemerintah Provinsi Jawa Tengah terhadap pengendalian pencemaran ditunjukkan dengan disahkannya Perda Jateng No 10 tahun 2004 dengan baku mutu yang lebih ketat untuk industri gula dibanding peraturan baku mutu nasional. Pada peraturan tersebut air limbah industri gula digolongkan menjadi 2 jenis yaitu air limbah proses dan air limbah buangan kondensor dengan 7 parameter kunci (Suhu, BOD, COD, TSS, Sulfida (sebagai H₂S), minyak dan lemak serta pH) dilengkapi dengan debit air limbah maksimum yang boleh dibuang. Suhu, minyak dan lemak, serta debit merupakan parameter yang ditambahkan.

Penambahan parameter suhu dilakukan untuk mengantisipasi kualitas buangan air limbah kondensor dengan karakteristik bersuhu tinggi, yang sebagian besar langsung dibuang ke badan air karena kemampuan unit pengolah air limbah kondensor yang masih terbatas. Fluktuasi dan peningkatan suhu air akan langsung mempengaruhi kondisi biota perairan yang terbiasa hidup pada suhu alami. Biota air yang cukup penting keberadaannya dalam ekosistem perairan adalah plankton, terutama fitoplankton yang merupakan produsen primer dalam rantai makanan. Identifikasi plankton (fitoplankton dan zooplankton) beserta suhu syarat hidupnya menjadi dasar yang penting untuk menentukan besaran suhu yang relatif aman bagi air limbah kondensor.

Sastrawijaya (2009) menyampaikan bahwa suhu mempunyai pengaruh besar terhadap kelarutan oksigen. Jika suhu naik maka kandungan oksigen dalam air menurun. Perbedaan suhu 5°C sudah cukup untuk mematikan organisme perairan, terutama jika limbah datang serentak (seperti halnya limbah pabrik). Suriawiria (2003) menambahkan kenaikan suhu air dibarengi dengan naiknya kecepatan respirasi organisme perairan yang mengakibatkan kondisi naiknya kebutuhan oksigen dan turunnya kelarutan gas tersebut dalam air. Temperatur yang tinggi juga akan mempercepat koagulasi protein, dengan ditambah kondisi alkalis atau asam akan lebih mudah membunuh mikroorganisme. Fitoplankton memiliki fungsi utama dalam ekosistem perairan sebagai produsen primer bahan organik biologis dalam air melalui reaksi fotosintesis. Bahan organik yang dihasilkan oleh fitoplankton akan digunakan oleh makhluk hidup dengan tingkatan yang lebih tinggi sebagai bahan makanan dan sumber energi. Pada saat kehidupan fitoplankton terganggu dan menimbulkan kematiannya karena peningkatan suhu yang diikuti oleh penurunan oksigen

terlarut dalam air, maka biota dengan tingkat trofik dalam rantai makanan yang lebih tinggi akan mengalami gangguan pula.

Sistem pengolahan air limbah untuk menurunkan suhu yang biasa digunakan adalah *spray pond* dan *cooling tower*. Karakteristik *spray pond*: lebih simple, biaya operasional lebih murah, tidak memerlukan bahan kimia untuk memelihara alat, perlu lahan yang luas, potensi kehangatan air lebih besar dan jika ada angin akan mengganggu lingkungan sekitar. *Colling tower* dari sisi dimensi lebih kompak, tidak perlu lahan luas, namun operasional lebih tinggi karena perlu bahan kimia pengendali erosi. Untuk alasan pencapaian suhu dan ekonomi energi, *cooling tower* lebih efektif (IFC, 2009).

Pada tahun 2010, pemerintah pusat mengesahkan PerMen LH No 5 tahun 2010 tentang baku mutu air limbah industri gula menggantikan peraturan lama. Pemerintah Provinsi Jawa Tengah mengambil kebijakan menyesuaikan baku mutu air limbah industri gula menyamai ketentuan nasional dengan tidak didahului dengan kajian ilmiah. Baku mutu industri gula yang baru ini termuat dalam Perda Jateng No 5 tahun 2012 tentang Perubahan Atas peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah. Dalam baku mutu baru ini tidak memuat parameter suhu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui teknologi yang digunakan untuk mengolah air limbah kondensor, serta pentingnya parameter suhu dalam baku mutu air limbah industri gula jenis air limbah kondensor ditinjau dari keberadaan plankton dalam badan air.

2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat deskriptif dengan pendekatan evaluatif secara kualitatif. Evaluasi dilakukan terhadap suhu air limbah kondensor yang dibuang ke lingkungan dan data kualitatif di dapat dari identifikasi genus plankton yang ada dalam perairan.

Data primer identifikasi genus plankton didapat dengan melakukan pengambilan contoh plankton pada badan air penerima air limbah 8 (delapan) industri gula pada saat tidak melakukan giling dengan cara sampling purposif. Alat yang digunakan adalah planktonet no.25. Sampel merupakan pemekatan dari 50 liter air sungai menjadi 75 ml, disimpan pada suhu 4-8°C. Sampel plankton selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *Sedgwick-Rafter Counting Cell* dan mikroskop, identifikasi dilakukan hingga taksonomi genus mengacu pada *Fresh Water Biology* (Ward and, Whipple, 1966). Suhu pada saat pengambilan sampel dicatat sebagai suhu alami.

Data sekunder suhu air limbah dikompilasi dari data pemantauan rutin bulanan 8 (delapan) pabrik gula di Jawa Tengah pada tahun 2008 hingga 2009. Sebagai data pendukung dilakukan kunjungan langsung ke lapangan untuk mengetahui sistem pengolahan air limbah kondensor yang dilakukan masing-masing industri gula.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Teknologi Pengolahan Air Limbah Kondensor

Pengamatan proses produksi pada 8 (delapan) industri gula menunjukkan bahwa sumber air limbah kondensor berasal dari air pendingin uap kondensor barometric pada stasiun penguapan dan pemasakan. Jumlah air jatuhan kondensor yang dibuang ke lingkungan ditentukan oleh kemampuan industri dalam mengolah air limbah tersebut hingga dapat digunakan kembali sebagai air pendingin (yang disebut air injeksi).

Instalasi pengolah air limbah diperlukan agar suhu air limbah kondensor turun menjadi 40°C. Pada saat penurunan suhu tidak tercapai, akan mempengaruhi efektifitas proses pemasakan (menurut informasi PG, proses menjadi lebih lama, target produksi harian menjadi tidak terpenuhi). Untuk mencapai suhu tersebut biasanya dibantu dengan penambahan air yang berasal dari air sungai atau air sumur.

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa seluruh industri menggunakan *spray pond* untuk menurunkan suhu air limbah kondensor. Luasan *spray pond* mempengaruhi jumlah air limbah kondensor yang dapat diolah dan layak digunakan kembali sebagai air injeksi. Menurut Hugot (1986) penghitungan luasan *spray pond* yang dibutuhkan dapat menggunakan rumus $Q_2/S = 750 \text{ kg/m}^2/\text{jam}$, Q_2 adalah berat air yang akan diolah (kg/h), S adalah luasan *spray pond* (m²). Untuk kedalaman *spray pond* rata-rata 1 meter. Kedalaman ini tidak begitu berpengaruh terhadap penurunan suhu, yang menentukan adalah luasan dan kemampuan dalam mengkabutkan air. Dengan mengacu pada perhitungan tersebut dapat diketahui seberapa luasan *spray pond* yang harus dimiliki PG agar dapat memakai kembali air jatuhan kondensor sebagai air injeksi. Namun sebagian besar PG belum melakukan analisis luasan *spray pond* ideal yang diperlukan.

Dalam Tabel 1. diuraikan kemampuan industri dalam menggunakan kembali air limbah kondensornya. Kemampuan penggunaan kembali air jatuhan kondensor menjadi air injeksi sangat fluktuatif tergantung dari ketersediaan air permukaan, temperatur air jatuhan kondensor, serta kondisi proses produksi.

Dilihat dari sisi proses produksi, BPPI dan Bappedal Propinsi Jateng (2002) menyatakan bahwa sumber cemaran air limbah kondensor berasal dari zat organik yang terikut dalam uap saat penguapan nira dalam proses pemasakan/kristalisasi yang akan terkondensasi dan bercampur dengan air buangan kondensor. Minimisasi cemaran zat nira dalam air limbah jatuhan kondensor sebenarnya telah dilakukan seluruh PG dengan memasang alat penangkap nira yang disebut *Juice Catcher* atau *Sap Vanger*. Kenyataannya pada saat ini tidak semua alat tersebut dapat bekerja dengan baik sepanjang musim giling, sehingga terkadang kandungan nira yang terikut dalam air jatuhan kondensor masih

cukup tinggi yang ditunjukkan dengan nilai BOD, COD, dan TSS melampaui baku mutu. Baik atau tidaknya kualitas air jatuhnya kondensor sangat tergantung dari mekanisme internal proses produksi.

Tabel 1. Prosentase Penggunaan Kembali Air Limbah Kondensor

Inisial industri gula	% Pemakaian kembali Air Limbah Kondensor
PG 1	72,1
PG 2	73,3
PG 3	55,3
PG 4	70
PG 5	33
PG 6	33
PG 7	90
PG 8	42,8
Rata-rata	56,7

Sumber : Diolah dari data primer, 2012

Sebagai upaya mengolah air limbah kondensor yang biasanya mengandung nira dari efek proses vakum, sebagian besar industri telah menggunakan bakteri termofilik sebagai pengurai cemaran organik yang terkandung dalam air limbah kondensor. Menurut Suriawiria (2003), mikroorganisme termofil mampu hidup pada kisaran suhu optimum antara 55 hingga 60°C, dengan suhu minimum 40°C dan maksimum 75°C. Kumpulan mikroorganisme ini di tanamkan dalam ijuk langsung atau dimasukkan terlebih dahulu dalam casing dari sponge baru dimasukkan dalam ijuk yang telah disusun di dalam *biotray* dari bambu atau besi. Air jatuhnya kondensor dipompa dan di-spray-kan melewati nozzle-nozzle akan jatuh ke dalam *biotray*, selanjutnya akan terjadi peruraian bahan organik oleh bakteri yang diindikasikan dengan penurunan konsentrasi BOD dan COD dalam selang waktu tertentu. Dengan sistem ini 2 kondisi tercapai yaitu terjadi penurunan suhu dan penurunan kadar pencemar organik. Hasil pengamatan kondisi operasi *spray pond* di masing-masing industri pada musim giling 2012 (hingga bulan Juni 2012) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi *Spray Pond*

Inisial industri gula	Kondisi <i>Spray pond</i>	Penambahan bakteri	Kendala	Keterangan
PG 1	Digunakan	Dilakukan	-	Seluruh <i>spray pond</i> digunakan
PG 2	Digunakan	Dilakukan	-	Seluruh <i>spray pond</i> digunakan
PG 3	Digunakan	Dilakukan	Power pompa	Dari total 3 <i>spray pond</i> , kadang hanya digunakan 2
PG 4	Belum digunakan	Belum dilakukan	Power pompa	Seluruh air limbah dibuang langsung
PG 5	Digunakan	Dilakukan	-	Seluruh <i>spray pond</i> digunakan
PG 6	Digunakan	Dilakukan	-	Seluruh <i>spray pond</i> digunakan
PG 7	Belum digunakan	Belum dilakukan	Spray pond belum siap	Pengolahan tidak melalui <i>spray pond</i>
PG 8	Digunakan	Dilakukan	Nozzle rusak, bakteri mati	Dari <i>spray pond</i> timbul bau

Sumber : Diolah dari data primer, 2012

Jika air limbah jatuhnya kondensor yang akan digunakan kembali diolah dalam *spray pond*, sisa air limbah kondensor yang tidak terolah oleh sebagian besar industri akan dibuang langsung ke lingkungan. Air limbah tidak terolah dalam jumlah besar inilah yang nantinya akan memberi kontribusi terhadap kondisi badan air penerima yaitu menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air, gangguan kehidupan biota air maupun makhluk hidup di sekitar aliran badan air yang bercampur dengan air limbah tersebut.

Secara keseluruhan *spray pond* yang ada belum cukup efektif untuk menurunkan temperatur seluruh air limbah kondensor. Masih perlu penambahan kapasitas atau pembuatan *cooling tower*.

3.2. Hasil Identifikasi Plankton dalam Badan Air

Hasil pengamatan plankton di badan air penerima berhasil mengidentifikasi 30 genus yang terdiri dari 19 genus fitoplankton dan 11 genus zooplankton. Fitoplankton terdiri dari 4 kelas yaitu Chlorophyceae, Bacillariophyceae,

Euglenophyceae, dan Myxophyceae. Zooplankton 5 kelas yaitu Crustacea, Ciliata, Monogononta, Rhizopoda, dan Zooflagellata. Genus terbanyak berasal dari kelas Chlorophyceae (11 genus).

Fitoplankton merupakan produsen primer dalam rantai makanan. Gangguan terhadap jumlah fitoplankton akan menimbulkan penurunan produktifitas perairan secara umum.

Plankton diambil dari badan air dengan suhu antara 26 hingga 32°C (pada saat pengambilan perairan memiliki suhu alami karena tidak ada pengaruh dari air limbah). Nybakken (1988) dalam Widyorini dan Ruswahyuni (2008) menyatakan bahwa suhu perairan antara 25-32 °C merupakan kisaran normal untuk perairan tropik. Dalam Peraturan Pemerintah No 82 tahun 2001 tentang kriteria mutu air berdasar kelas mensyaratkan suhu air sungai adalah $\pm 3^{\circ}\text{C}$ suhu alami, berarti suhu maksimal yang diperbolehkan dicapai dalam perairan dengan suhu alami maksimal 32°C adalah 35°C.

3.3. Simulasi Suhu di *Mixing Zone*

Selain dengan cara tersebut, pendekatan pengukuran daya tampung badan air penerima dapat dilakukan dengan menganalisis suhu pencampuran antara air limbah dan badan air penerima hingga tidak boleh melebihi suhu alami, dan ini berarti sangat spesifik untuk kondisi masing-masing industri dengan debit badan air yang berbeda. Sebagai perbandingan pada Tabel 3 termuat data primer suhu badan air setelah menerima air limbah dari beberapa industri.

Tabel 3. Pengukuran Suhu di Badan Air Penerima Air Limbah PG

Badan Air	PG	Suhu (°C)
Downstream	PG 1	46
Downstream	PG 2	33
Downstream	PG 3	33
Downstream	PG 4	34
Downstream	PG 5	32
Downstream	PG 6	39,7

Sumber : Data primer, 2011

Suhu badan air penerima terlihat sangat bervariasi, hasil pengukuran suhu di atas 38°C terjadi karena badan air penerima air limbah kondensor memiliki debit yang tidak terlalu besar (berupa saluran irigasi), sedangkan yang menunjukkan suhu di bawah 38°C terjadi karena badan air penerima adalah sungai dengan debit lebih besar hingga suhu pencampuran menjadi lebih rendah. Jarak antara titik *effluent* dengan badan air penerima juga menjadi penentu, semakin jauh jarak dengan badan air penerima semakin rendah suhu air limbah saat bercampur dengan badan air tersebut.

Jika diasumsikan suhu alami rata-rata badan air di siang hari adalah 32°C, dan suhu air limbah bervariasi : 38, 40, dan 45°C, maka dengan menggunakan perbandingan antara debit air limbah dan debit badan air dapat diketahui suhu *mixing zone* seperti disimulasikan dalam Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Simulasi Suhu Campuran *Mixing Zone* pada Badan Air

Rasio Debit Air Limbah dan Debit Badan Air		Suhu Badan Air (°C)	Suhu Campuran pada <i>Mixing zone</i> (°C)		
Debit Air Limbah	Debit Badan air		Suhu Air limbah 38°C	Suhu Air limbah 40°C	Suhu Air limbah 45°C
1	1	32	35,00	36,00	38,50
1	2	32	34,00	34,67	36,33
1	3	32	33,50	34,00	35,25
1	4	32	33,20	33,60	34,60
1	5	32	33,00	33,33	34,17
1	6	32	32,86	33,14	33,86
1	7	32	32,75	33,00	33,63
1	8	32	32,67	32,89	33,44
1	9	32	32,60	32,80	33,30
1	10	32	32,55	32,73	33,18

Pada saat rasio antara debit dengan air limbah 1:1, maka pada suhu air limbah 38°C di badan air memiliki suhu 35°C (+3°C dari 32°C). Pada saat suhu air limbah 40°C dan 45°C, suhu di *mixing zone* sudah berada di atas 35°C. Pada suhu air limbah 40°C, di badan air menjadi 36°C dan pada 45°C menjadi 38,5°C. Bahkan untuk suhu air limbah 45°C dengan rasio debit air limbah dan debit air sungai 1:3, suhu *mixing zone* masih 35,25°C. Semakin besar rasio antara

debit air limbah dan debit badan air maka semakin rendah suhu di *mixing zone*. Dengan kondisi badan air penerima air limbah industri gula di Jawa Tengah yang relatif memiliki debit yang fluktuatif dan cenderung rendah, maka agar tetap masuk dalam kisaran suhu toleransi kehidupan organisme perairan (terutama plankton) maka suhu ideal dalam baku mutu adalah 38°C.

Suhu 38°C dapat dicapai oleh air limbah proses, namun pada saat ini masih sulit dicapai untuk air limbah kondensor. Perlu usaha dan upaya yang lebih serius agar air limbah kondensor layak buang ke perairan. Jika suhu air limbah kondensor dapat mencapai 38°C dapat digunakan kembali sebagai air injeksi, dan ini berarti menghemat pemakaian air permukaan. Dua tujuan langsung di dapat saat suhu BMAL ditetapkan sebesar 38°C, yaitu biota air tidak terganggu dan menghemat pemakaian air.

4. KESIMPULAN

Sebagian besar industri gula menggunakan *spray pond* untuk mengolah air limbah kondensor. Luasan *spray pond* belum cukup untuk mengolah seluruh air limbah kondensor yang dihasilkan serta menurunkan suhu hingga syarat sebagai air injeksi terpenuhi. Perlu penambahan kapasitas *spray pond* atau pembuatan *cooling tower*.

Identifikasi plankton dari badan air tanpa ada pengaruh air limbah pada suhu antara 26 hingga 32°C adalah 30 genus plankton (19 genus fitoplankton dan 11 genus zooplankton). Toleransi suhu 3°C dari suhu alami untuk kehidupan biota air masih dapat dicapai pada saat air limbah dengan suhu 38°C masuk ke dalam badan air minimal dengan debit yang sama.

Rekomendasi untuk baku mutu industri gula jenis air limbah kondensor di Jawa Tengah adalah memasukkan parameter suhu sebesar 38°C.

5. SARAN

Selain kualitas air limbah, kualitas badan air penerima perlu dipantau secara rutin dari aspek kimia, fisika, maupun biologi untuk mengetahui dampak air limbah terhadap kondisi perairan.

6. REFERENSI

- Bappedal Provinsi Jawa Tengah dan BPPI, 2002, *Laporan Akhir Penyusunan Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri, Hotel, dan Rumah Sakit*, Semarang.
- IFC (*International Finance Corporation*) Word Bank Group, 2011, *Good Management Practices Manual For Cane Sugar Industry (Final)*, IFC, Author Peter Rein, Peter Turner, Kathryn Mathias, Resource Manager Cameron McGregor, PGBI Sugar and Bio Energy, PGBI House, 8 Wolseley Street, woodmead East, 2191, Johannesburg, South Africa.
- Sastrawijaya, A.T., 2009, *Pencemaran Lingkungan*, Rineka Cipta, Cetakan ke 3, Jakarta.
- Suriawiria, U, 2003, *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, Bandung Alumni, Bandung.
- Ward, H.B., Whipple, G.C., 1966, *Fresh Water Biology*, Edited by Edmondson, W.T., Second Edition, University of Washington, Settle,
- Widyorini, N., Ruswahyuni, 2008, Sebaran Unsur Hara Terhadap Struktur Komunitas Plankton Di Pantai Bandengan Dan Pulau Panjang, Jepara, *Jurnal Saintek Perikanan* Vo. 3 No. 2 2008 : 23 – 26.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Gula.
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 tahun 2012 Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah.