

UJI KINERJA PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI NATA DE COCO DENGAN PROSES LUMPUR AKTIF

Nusa Idaman Said dan Wahyu Widayat

Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT, Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan, 15314, Indonesia
Email: nusaidamansaid@gmail.com; wdytwahyuw09@gmail.com

ABSTRAK

Industri Nata de Coco merupakan salah satu agroindustri yang dalam proses produksinya menghasilkan air limbah yang bersifat asam dan mengandung konsentrasi polutan organik yang tinggi, terutama air limbah yang berasal dari sisa fermentasi nata. Oleh karena itu, air limbah tersebut harus diolah dengan baik agar tidak mencemari lingkungan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, baku mutu air limbah industri Nata de Coco yang boleh dibuang ke badan air atau saluran umum yakni dengan konsentrasi maksimum COD 150 mg/l, BOD 75 mg/l, TSS 100 mg/l dan pH 6-9. Tujuan penelitian ini adalah melakukan uji kinerja pengolahan air limbah industri Nata de Coco yang berlokasi di Gunung Putri, Kabupaten Bogor, menggunakan proses lumpur aktif. Penelitian dilakukan mulai bulan Februari sampai dengan bulan April 2019. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa air limbah industri Nata de Coco mempunyai pH yang rendah dengan konsentrasi zat organik (COD) yang tinggi, dapat mencapai lebih dari 5000 mg/l. Perbandingan BOD/COD air limbah berkisar 0,34 sehingga relatif sulit untuk terurai secara biologis. Untuk mengolah air limbah industri Nata de Coco dengan menggunakan proses lumpur aktif, pH air perlu dinaikan menjadi sekitar 8 agar proses lumpur aktif berjalan optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan beban COD rata-rata 0,56 kg COD/m³.hari didapatkan efisiensi rata-rata penghilangan COD sebesar 95,7 %.

Kata Kunci: Air Limbah, Nata de Coco, Lumpur Aktif

PERFORMANCE TEST OF NATA DE COCO INDUSTRIAL WASTE WATER USING ACTIVATED SLUDGE PROCESS

Nusa Idaman Said and Wahyu Widayat

Center for Environmental Technology, BPPT, Puspiptek Area, South Tangerang, 15314, Indonesia
Email: nusaidamansaid@gmail.com ; wdytwahyuw09@gmail.com

ABSTRACT

Nata de Coco industry is one of the agro-industries which in the production process produces acidic wastewater and contains high concentrations of organic pollutants, especially waste water from the remaining fermented nata. Therefore the waste water must be treated properly so as not to pollute the environment. Based on the Regulation of the Minister of Environment of the Republic of Indonesia Number 5 of 2014 concerning Waste Water Quality Standards, the quality standards of Nata de Coco industrial wastewater which may be disposed of into water bodies or public channels namely maximum concentration of COD 150 mg /l, BOD 75 mg/l, TSS 100 mg /l and pH 6-9. The research objective was to conduct a performance test of Nata de Coco industrial wastewater treatment located in Gunung Putri, Bogor Regency, using an activated sludge process. The study was conducted from February to April 2019. From the results of the study it can be seen that the Nata de Coco industrial wastewater has a low pH with a high concentration of organic matter (COD), which can reach more than 5000 mg/l. Comparison of BOD/COD wastewater is around 0.34 so it is relatively difficult to biodegrade. To process Nata de Coco industrial wastewater using the activated sludge process, the pH of the water needs to be increased to around 8 so that the activated sludge process runs optimally. The results showed that with an average COD loading of 0.56 kg COD/m³ per day, the average efficiency of COD removal was 95.7%.

Keywords: Wastewater, Nata de Coco, Activated Sludge

1. PENDAHULUAN

Industri nata de coco merupakan salah satu industri di Indonesia memanfaatkan bahan baku buah kelapa. Buah kelapa terdiri dari kulit luar, sabut, tempurung, kulit daging (testa), daging buah, air kelapa dan lembaga. Air kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan nata de coco. Akhir-akhir ini pemanfaatan bahan baku air kelapa untuk argoindustri nata de coco mengalami peningkatan. Perkembangan jumlah argoindustri nata de coco akan mengakibatkan semakin besarnya limbah yang dihasilkan dari industri ini (Hakimi dan Daddy, 2006).

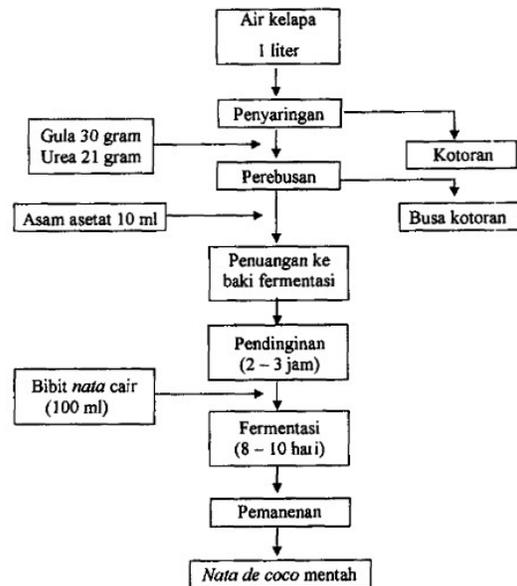
Industri nata de coco merupakan salah satu agroindustri yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah baik itu berupa limbah cair, maupun limbah padat. Limbah yang dihasilkan dari aktivitas industri nata de coco sulit dihindari, terutama untuk limbah air yang digunakan dalam proses perendaman. Limbah air ini bersifat asam karena mengandung asam asetat dalam konsentrasi tinggi (Pambayun, 2002 : 32). Limbah cair sisa fermentasi yang memiliki bau tidak sedap ini akan meyebabkan pencemaran air karena masih terkandung banyak bahan organik didalamnya. Pencemaran bahan organik ke perairan akan mengakibatkan terganggunya kualitas air sedangkan bau yang tidak sedap dari limbah cair sisa fermentasi nata de coco terjadi akibat adanya kondisi anaerobik yang menghasilkan karbon dioksida dan hidrogen sulfida.

Proses utama dalam pembuatan Nata de Coco meliputi rangkaian proses antara lain: a) persiapan medium; b) persiapan starter; c) proses fermentasi; penghilangan asam (deasidifikasi); dan e) pengawetan. Setelah proses fermentasi, nata dipanen dan dipotong-potong sesuai ukuran yang diharapkan, selanjutnya direndam di dalam air bersih dengan memberikan air secara terus menerus sampai rasa asamnya hilang, kemudian direbus selama kurang lebih 30 menit. Setelah itu ditiriskan, kemudian dicampur dengan air gula atau sirup dengan rasa tertentu, dan selanjutnya dikemas dan disterilkan (Saragih, 2014). Secara umum diagram proses pembuatan Nata de coco dapat dilihat seperti pada Gambar 1.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pembuatan nata de coco antara lain adalah: sumber gula, suhu fermentasi, tingkat keasaman medium, lama fermentasi, serta aktifitas bakteri (Alaban, 1962). Nata de coco dibentuk oleh mikro organisme *Acetobacter Xylinum*. Pembentukan nata de coco terjadi karena

proses pengambilan glukosa dari larutan gula atau gula dalam air kelapa oleh sel-sel *Acetobacter Xylinum* (Suhardiyono, 1988)

Di dalam industri nata de coco, air limbah dihasilkan dari beberapa sumber: 1) air Limbah panen yaitu air limbah yang berasal dari sisa proses fermentasi nata de coco yang tidak jadi, 2) air limbah pencucian nata de coco yaitu air limbah pencucian nata de coco awal, 3) air limbah bilas akhir yaitu air pencucian nata de coco akhir, 4) air Limbah pencucian baki (tray) yaitu air limbah yang dihasilkan dari proses pencucian baki tempat pembuatan nata de coco.



Gambar 1. Diagram proses pembuatan Nata De Coco (Saragih, 2004)

Air limbah panen jumlahnya relatif sedikit dengan konsentrasi zat organik yang tinggi yakni konsentrasi COD dapat mencapai 30.000 mg/l, dengan pH antara 3 - 4. Sedangkan gabungan air limbah yang berasal dari proses yang lainnya mempunyai konsentrasi COD yang relatif lebih rendah yakni berkisar antara 1500 - 6000 mg/l. Dengan demikian, air limbah industri nata de coco jika tidak diolah dengan baik akan sangat berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran badan air.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah: Lampiran XVII Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Kelapa, maka baku mutu air limbah industri nata de coco yang boleh dibuang ke badan air atau saluran umum yakni konsentrasi maksimum COD 150 mg/l, BOD 75 mg/l, TSS 100 mg/l dan pH 6-9.

Makalah ini membahas tentang hasil uji kinerja pengolahan air limbah industri nata de

coco dengan proses lumpur aktif di salah satu industri nata de coco yang berlokasi di Gunung Putri, Kabupaten Bogor.

2. PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN PROSES LUMPUR AKTIF

Ada berbagai macam desain pengolahan air limbah dengan lumpur aktif, tetapi pada prinsipnya semua proses lumpur aktif terdiri dari tiga komponen utama: 1) sebuah bak atau tangki aerasi yang berfungsi sebagai reaktor biologis, 2) sebuah bak atau tangki pengendapan akhir (*final clarifier*) untuk pemisahan padatan dari lumpur aktif dan air limbah yang telah diolah, 3) peralatan sirkulasi lumpur aktif (*return activated sludge, RAS*) yang berfungsi untuk mentransfer lumpur aktif yang mengendap di bak pengendapan akhir ke influen bak aerasi (Rainier. et.al., 2015).

Salah satu karakteristik penting di dalam proses lumpur aktif adalah adanya resirkulasi biomasa dalam jumlah yang besar dari bak pengendapan akhir ke bak aerasi. Hal ini menyebabkan waktu tinggal cel rata-rata (umur lumpur) menjadi lebih besar dibandingkan dengan waktu tinggal hidroliknya (Sterrit and Lester, 1988). Dengan adanya resirkulasi biomasa dalam jumlah yang besar tersebut dapat menjaga mikroorganismenya mengoksidasi senyawa organik dengan efektif dalam waktu yang relatif singkat (Bitton, 1994).

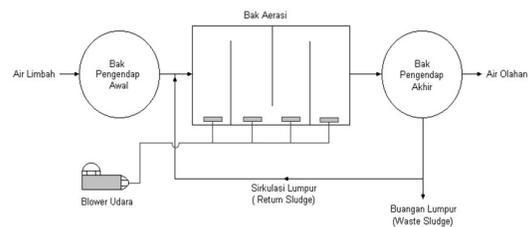
Udara atmosfer dihembuskan ke dalam air limbah di dalam bak aerasi. Dengan adanya oksigen di dalam air limbah maka polutan organik akan diuraikan oleh mikroorganismenya yang ada di dalam air limbah dan diubah menjadi biomassa atau flok biologis yang disebut lumpur aktif.

Campuran air limbah dan biomassa di dalam bak aerasi umumnya dikenal sebagai *mixed liquor suspended solids (MLSS)*. Dengan proses lumpur aktif sebagian besar polutan organik yang ada di dalam influen air limbah akan diuraikan secara biologis dan sebagian secara kimia di dalam bak aerasi. Efisiensi penghilangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berbeda misalnya waktu tinggal hidrolis (*hydraulic residence time, HRT*) di dalam bak aerasi, yang didefinisikan sebagai volume bak aerasi dibagi dengan debit air limbah yang masuk. Faktor lain adalah beban influen yakni konsentrasi zat organik (BOD, COD), konsentrasi amoniak, suplai udara atau oksigen, pengaruh suhu dan lainnya.

Efluen dari bak aerasi selanjutnya dialirkan ke bak pengendapan akhir. Di dalam bak pengendapan akhir lumpur aktif diendapkan atau dipisahkan dari air limbah yang telah diolah. Air jernih yang ada di bagian atas bak pengendapan (*supernatant*) merupakan air olahan dan dibuang ke saluran umum, sedangkan lumpur

aktif yang mengendap di dasar bak pengendapan akhir dikembalikan lagi ke bagian inlet bak aerasi untuk menguraikan polutan yang ada didalam air limbah. Jumlah lumpur yang disirkulasi diatur sedemikian rupa agar didapatkan konsentrasi *MLSS* seperti yang diharapkan agar proses dapat berjalan dengan sempurna.

Di dalam penguraian polutan secara biologis, sebagian substrat akan digunakan untuk pertumbuhan biomassa sehingga akan terjadi akumulasi konsentrasi biomassa (*MLSS*) di dalam bak aerasi. Oleh karena itu, untuk mendapatkan konsentrasi *MLSS* sesuai dengan yang diharapkan maka kelebihan lumpur aktif harus dibuang dan dialirkan ke unit pengolahan lumpur (*sludge treatment*) baik secara anaerobik atau aerobik sebelum dibuang. Proses pengolahan air limbah sistem lumpur aktif standar secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 2 (JSWA, 1984).



Gambar 2. Sistem lumpur aktif standar atau konvensional (JSWA, 1984).

Keunggulan proses lumpur aktif ini adalah dapat mengolah air limbah dengan beban organik yang besar sehingga tidak memerlukan tempat yang besar. Selain itu, proses lumpur aktif memiliki keunggulan dapat menghasilkan air olahan dengan kualitas yang baik dengan biaya operasi dan pemeliharaan yang wajar (Bhargava, 2016).

Variabel perencanaan (*design variabel*) yang umum digunakan dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif (Davis dan Cornwell, 1985; Verstraete dan van Vaerenbergh, 1986) di jelaskan dalam sub-bab selanjutnya.

2.1 Beban Organik (BOD/COD Loading Rate Atau Volumetric Loading Rate)

Beban BOD adalah jumlah massa BOD di dalam air limbah yang masuk (*influent*) dibagi dengan volume reaktor atau bak aerasi (JSWA, 1984; Ebie and Ashdate, 1992). Beban BOD dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Beban Organik} = \frac{Q \times S_0}{V} \text{ kg/m}^3.\text{hari}$$

Di mana :

Q = Debit air limbah yang masuk (m³/hari).
 S₀ = Konsentrasi BOD/COD di dalam air limbah yang masuk (kg/m³).
 V = Volume reaktor (m³).

Untuk proses lumpur aktif standar beban organik (beban BOD) berkisar antara 0,3 – 0,8 kg/m³. hari)

2.2 Mixed-liquor suspended solids (MLSS)

Isi di dalam bak aerasi pada proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai *mixed liquor* yang merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisme serta padatan tersuspensi lainnya. *MLSS* adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk di dalamnya adalah mikroorganisme. *MLSS* ditentukan dengan cara menyaring lumpur campuran dengan kertas saring (filter), kemudian filter dikeringkan pada temperatur 105^o C, dan berat padatan dalam contoh ditimbang.

2.3 Mixed-liquor volatile suspended solids (MLVSS)

Porsi material organik pada *MLSS* diwakili oleh *MLVSS*, yang berisi material organik bukan mikroba, mikroba hidup dan mati, dan hancuran sel (*Nelson dan Lawrence, 1980*). *MLVSS* diukur dengan memanaskan terus sampel filter yang telah kering pada 600-650 °C, dan untuk proses lumpur aktif yang baik nilai *MLVSS* mendekati 65-75% dari *MLSS*.

2.4 Food-To-Microorganism Ratio Atau Food-To Mass Ratio Disingkat F/M Ratio

Parameter ini menunjukkan jumlah zat organik (BOD) yang dihilangkan dibagi dengan jumlah massa mikroorganisme di dalam bak aerasi atau reaktor. Besarnya nilai *F/M ratio* umumnya ditunjukkan dalam kilogram BOD per kilogram *MLSS* per hari (*Curds dan Hawkes, 1983; Nathanson, 1986*). *F/M* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F/M = \frac{Q (S_0 - S)}{MLSS \times V}$$

Di mana:

Q = Laju alir limbah m³ per hari.
 S₀ = Konsentrasi BOD di dalam air limbah yang masuk ke bak aerasi (reaktor) (kg/m³).
 S = Konsentrasi BOD di dalam effluent(kg/m³).

MLSS = *Mixed liquor suspended solids* (kg/m³).

V = Volume reaktor atau bak aerasi (m³).

Rasio *F/M* dapat dikontrol dengan cara mengatur laju sirkulasi lumpur aktif dari bak pengendapan akhir yang disirkulasi ke bak aerasi. Lebih tinggi laju sirkulasi lumpur aktif lebih tinggi pula rasio *F/M*-nya. Untuk pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif konvensional atau standar, rasio *F/M* adalah 0,2 - 0,5 kg BOD₅ per kg *MLSS* per hari, tetapi dapat lebih tinggi hingga 1,5 jika digunakan oksigen murni (*Hammer, 1986*). Rasio *F/M* yang rendah menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam tangki aerasi dalam kondisi lapar, semakin rendah rasio *F/M* pengolah limbah semakin efisien.

2.5 Hydraulic Retention Time (HRT)

Waktu tinggal hidraulik (*HRT*) adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh larutan influen masuk dalam tangki aerasi untuk proses lumpur aktif; nilainya berbanding terbalik dengan laju pengenceran (*dilution rate, D*) (*Sterritt dan Lester, 1988*).

$$HRT = 1/D = V/Q$$

Di mana :

V = Volume reaktor atau bak aerasi (m³).
 Q = Debit air limbah yang masuk ke dalam Tangki aerasi (m³/jam).
 D = Laju pengenceran (jam⁻¹).

2.6 Ratio Sirkulasi Lumpur (Hydraulic Recycle Ratio, HRT)

Ratio sirkulasi lumpur adalah perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasikan ke bak aerasi dengan jumlah air limbah yang masuk ke dalam bak aerasi.

2.7 Umur lumpur (Sludge Age)

Istilah ini sering disebut waktu tinggal rata-rata sel (*mean cell residence time*). Parameter ini menunjukkan waktu tinggal rata-rata mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Jika *HRT* memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroba dalam bak aerasi dapat dalam hitungan hari. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba. Umur lumpur dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (*Hammer, 1986; Curds dan Hawkes, 1983*):

$$\text{Umur Lumpur (Hari)} = \frac{MLSS \times V}{SS_e \times Q_e + SS_w \times Q_w}$$

Di mana:

MLSS = *Mixed liquor suspended solids* (mg/l).

V = Volume bak aerasi (m³).

SS_e = Padatan tersuspensi dalam effluent (mg/l).

SS_w = Padatan tersuspensi dalam air limbah (mg/l).

Q_e = Laju effluent limbah (m³/hari).

Q_w = Laju influent limbah (m³/hari).

Umur lumpur dapat bervariasi antara 5 - 15 hari untuk sistem lumpur aktif konvensional. Pada musim dingin dapat menjadi lebih lama dibandingkan pada musim panas (U.S. EPA, 1987). Parameter penting yang mengendalikan operasi lumpur aktif adalah beban organik atau beban BOD, suplay oksigen, dan pengendalian dan operasi bak pengendapan akhir. Bak pengendapan akhir ini mempunyai dua fungsi yakni untuk penjernihan (*clarification*) dan pemekatan lumpur (*thickening*).

Campuran air limbah dan lumpur (*mixed liquor*) dipindahkan dari tangki aerasi ke bak pengendapan akhir. Di dalam bak pengendapan akhir ini, lumpur yang mengandung mikroorganisme yang masih aktif dipisahkan dari air limbah yang telah diolah. Sebagian dari lumpur yang masih aktif ini dikembalikan ke bak aerasi dan sebagian lagi dibuang dan dipindahkan ke pengolahan lumpur. Sel - sel mikroba terjadi dalam bentuk *agregat* atau flok, densitasnya cukup untuk mengendap dalam tangki penjernih.

Pengendapan lumpur tergantung rasio *F/M* dan umur lumpur. Pengendapan yang baik dapat terjadi jika lumpur mikroorganisme berada dalam fase *endogeneous*, yang terjadi jika karbon dan sumber energi terbatas dan jika pertumbuhan bakteri rendah. Pengendapan lumpur yang baik dapat terjadi pada rasio *F/M* yang rendah (contoh : tingginya konsentrasi *MLSS*). Sebaliknya, rasio *F/M* yang tinggi mengakibatkan pengendapan lumpur yang buruk.

Dalam air limbah domestik, rasio *F/M* yang optimum antara 0,2 - 0,5 (Gaudy, 1988 ; Hammer, 1986). Rata-rata waktu tinggal sel yang diperlukan untuk pengendapan yang efektif adalah 3 - 4 hari (Metcalf dan Eddy, 1991). Pengendapan yang tidak baik dapat terjadi akibat gangguan yang tiba-tiba pada parameter fisik (suhu dan pH), kekurangan makanan (contoh N, suhu, mikro-nutrien), dan kehadiran zat racun (seperti logam berat) yang dapat menyebabkan hancurnya sebagian flok yang sudah terbentuk (Chudoba, 1989). Untuk operasi rutin, operator harus mengukur laju pengendapan lumpur dengan menentukan

indeks volume lumpur (*sludge volume index, SVI*) (Forster dan Johnston, 1987).

Cara konvensional untuk mengamati kemampuan pengendapan lumpur adalah dengan menentukan Indeks Volume *Sludge* (*Sludge Volume Index = SVI*). Caranya adalah sebagai berikut: campuran lumpur dan air limbah (*mixed liquor*) dari bak aerasi dimasukkan ke dalam silinder kerucut volume 1 liter dan dibiarkan selama 30 menit. Volume *sludge* dicatat. SVI adalah menunjukkan besarnya volume yang ditempati 1 gram lumpur (*sludge*). SVI dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$SVI \text{ (ml/g)} = \frac{SV \times 1000}{MLSS} \text{ milliliter per gram}$$

Dimana:

SV = Volume endapan lumpur di dalam silinder kerucut setelah 30 menit pengendapan (ml).

MLSS = adalah *mixed liquor suspended solid* (mg/l).

Di dalam unit pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif konvensional dengan *MLSS* < 3500 mg/l nilai *SVI* yang normal berkisar antara 50 - 150 ml/g.

3. METODA PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Loksi penelitian adalah di pabrik Nata de Coco PT Kara Santan Pratama yang berlokasi di Gunung Putri, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

3.2 Analisa Kualitas Air

Analisa COD dilakukan dengan menggunakan Instrumen spektrofotometer HACH DR2800, dan COD Reactor Hanna Instruments HI 839800.

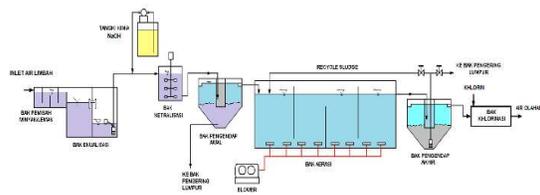
3.3 Proses Pengolahan Air Limbah Industri Nata De Coco

Pengolahan air limbah industri Nata De Coco dengan proses lumpur aktif konvensional (standar) terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi dan bak pengendap akhir. Air limbah yang berasal dari proses produksi ditampung ke dalam bak penampung air limbah. Bak penampung ini berfungsi sebagai bak pengatur debit air limbah serta dilengkapi dengan saringan kasar untuk memisahkan kotoran yang besar. Selanjutnya, air limbah dalam bak penampung di pompa ke bak pemisah minyak dan selanjutnya dialirkan ke bak ekualisasi. Dari bak ekualisasi, air limbah dipompa ke bak pengendap awal, selanjutnya air limpasan dari

bak pengendap awal dialirkan ke bak aerasi sambil dihembus dengan udara. Dari bak aerasi, air limbah dialirkan ke bak pengendap akhir dan air limpasan dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak penampung antara untuk diproses lebih lanjut dengan proses kimia fisika.

Bak pengendap awal berfungsi untuk menurunkan padatan tersuspensi (*Suspended Solids*). Air limpasan dari bak pengendap awal dialirkan ke bak aerasi secara gravitasi. Di dalam bak aerasi ini air limbah dihembus dengan udara sehingga mikro organisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah. Energi yang didapatkan dari hasil penguraian zat organik tersebut digunakan oleh mikroorganisme untuk proses pertumbuhannya. Dengan demikian didalam bak aerasi tersebut akan tumbuh dan berkembang biomasa dalam jumlah yang besar. Biomasa atau mikroorganisme inilah yang akan menguraikan senyawa polutan yang ada di dalam air limbah. Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung masa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur atau menggunakan pompa *air lift* (*air lift pump*).

Air limpasan (*over flow*) dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak klorinasi dan selanjutnya dibuang ke saluran umum. Surplus lumpur dari bak pengendap awal maupun akhir ditampung ke dalam bak penampung atau pemekat lumpur, selanjutnya endapan lumpur dipompa ke bak pengering lumpur, sedangkan air resapannya ditampung kembali di bak penampung air limbah. Diagram pengolahan air limbah industri Nata De Coco dengan proses lumpur aktif dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram pengolahan air limbah industri Nata de Coco dengan proses lumpur aktif.

3.4 Periode Uji Kinerja

Penelitian dilakukan mulai bulan Februari sampai dengan bulan April 2019. Periode bulan Februari merupakan masa penumbuhan mikroba di dalam bak aerasi sampai kinerja IPAL mulai stabil. Periode Maret-April 2019 adalah periode dimana kinerja IPAL dianggap sudah stabil.

3.5 Spesifikasi Teknis IPAL Lumpur Aktif Industri Nata de Coco

Spesifikasi unit IPAL utama yang digunakan untuk pengolahan air limbah industri Nata de Coco yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut:

Bak Pengendap Awal

Panjang	: 400 cm
Lebar	: 400 cm
Kedalaman efektif	: 300 cm
Tinggi Ruang Bebas	: 50 cm
Bahan	: Beton bertulang K250
Jumlah	: 1 unit
Volume efektif	: 48 m ³

Bak Aerasi

Panjang	: 1200 cm
Lebar	: 800 cm
Kedalaman efektif	: 350 cm
Tinggi Ruang Bebas	: 50 cm
Bahan	: Beton bertulang
Jumlah	: 1 unit
Volume efektif	: 383 m ³
Keterangan	: Jumlah ruang bak aerasi di bagi menjadi enam ruang masing dengan ukuran (4m x 4m x 3,5m) dengan aliran berurutan (seri).

Blower Udara Untuk Proses Lumpur Aktif

Tipe	: Root Blower
Merk	: Shoufu
Kapasitas	: 8,77 m ³ /menit
Bahan	: Cast iron
Total head	: 3500 - 4000 mm aqua
Daya Listrik	: 8,6 Kw, 380 Volt, 3 phase, 50 Hz
RPM	: 1500 Rpm
Jumlah	: 2 unit (operasi bergantian)
Perlengkapan	: Dilengkapi dengan silencer, ball valve dan check valve.

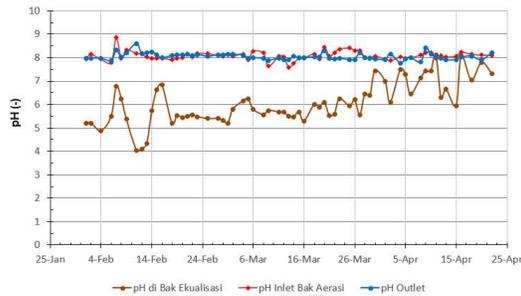
Difuser Udara (Untuk Proses Lumpur Aktif)

Tipe	: Fine Bubbles Difuser
Size	: 250 mm
Connection Diameter	: 3/4 "
Material	: Plastik single membrane
Jumlah	: 96 buah. Bak Aerasi di bagi menjadi 6 Ruang dan tiap ruang dilengkapi dengan 16 difuser

Bak Pengendap Akhir

Panjang	: 400 cm
---------	----------

bak aerasi dan dan pH outlet IPAL dapat dilihat seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Garfik pH Air Limbah di Bak Ekualisasi, pH Inlet Bak Aerasi dan Dan pH Outlet IPAL.

Proses menaikkan pH air air limbah tersebut perlu dilakukan sebab jika pH air limbah rendah reaksi fermentasi nata masih berlanjut di bak pemisah lemak maupun di bak ekualisasi, sehingga terjadi endapan partikel nata seperti jeli. Hal ini juga terjadi pada air limbah sisa fermentasi nata, yang jika ditampung dalam waktu yang lama akan terjadi endapan partikel nata berwarna putih seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Endapan yang terjadi dari air limbah panen (Sisa Fermentasi Nata) setelah ditampung di dalam Bak Penampung.

Aktivitas pembentukan nata oleh bakteri *acetobacter xylinum* mencapai kondisi optimum pada pH 4 (Novianti, 2003), oleh karena itu jika air limbah dari proses pembuatan Nata de Coco tidak dinaikkan maka reaksi pembentukan nata masih mungkin terjadi.

4.2 Penyisihan Zat Organik

Selama uji kinerja IPAL, konsentrasi COD di dalam air limbah berkisar antara 1460 – 5175 mg/l. Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium, dapat diketahui perbandingan BOD: COD sekitar 0,34 (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa air limbah industri Nata de Colo relatif sulit diolah secara biologi

dibandingkan dengan air limbah domestik yang perbandingan BOD : COD berkisar antara 0,4 - 0,8 (Metcalf and Eddy, 1991). Jika rasio BOD/COD kurang dari 0,5 itu berarti air limbah sulit untuk diurai secara biologis, sehingga membutuhkan *pretreatment* sebelum diolah dengan proses biologis. Atau melakukan pemilihan teknologi yang sesuai sebagai pasca pengolahan air limbah yang diolah secara biologis (Tiwari, 2013).

Pada periode Pebruari merupakan tahapan penumbuhan mikroba di dalam sistem lumpur aktif. Air limbah industri Nata de Cono mempunyai konsentrasi COD yang tinggi, sedangkan konsentrasi Total Pospor (P) rendah. Dari hasil pemeriksaan kualitas air limbah pada bulan April 2019, konsentrasi COD 997 mg/l, Amoniak 0,52 mg/l dan konsentrasi Total Pospor 0,23 ng/l. Pada Uji kinerja periode bulan Pebruari di tambahkan larutan nutrient dan mikroba yang terdiri dari campuran gula, tapioka, pupuk NPK, Sulfur, urea dan EM4 ke dalam bak aerasi sebanyak 320-400 liter per hari (8-10 jurigen @ 40 liter). Hal ini dilakukan untuk menaikkan komposisi Unsur N dan P di dalam air limbah agar pertumbuhan mikroba menjadi lebih optimal. Untuk perbandingan Unsur C : N : P di dalam proses lumpur aktif yang ideal adalah 100 : 5 : 1 (Bitton, 1984).

Hasil uji kinerja IPAL periode bulan Pebruari secara dapat dilihat pada Tabel 1. Dari hasil tersebut dapat dilihat konsentrasi COD di dalam air limbah sangat berfluktuasi berkisar antara 1.530 – 4.725 mg/l, dengan konsentrasi rata-rata 3.387,5 mg/l.

Tabel 1. Uji kinerja bulan februari 2019.

Tanggal	COD Inlet (mg/l)	COD Outlet (mg/l)	Debit (m ³ /hari)	Efisiensi Penyisihan COD (%)	COD Loading (Kg/m ² .hari)
1-Feb	3615	2525	86	30,15	0,81
2-Feb	3250	2495	91	23,23	0,77
4-Feb	5175	2060	77	60,19	1,04
6-Feb	1850	1520	79	17,84	0,38
7-Feb	1530	685	101	55,23	0,40
8-Feb	1650	645	107	60,91	0,46
9-Feb	4725	760	52	83,92	0,64
11-Feb	2950	450	46	84,75	0,36
12-Feb	4885	385	43	92,12	0,55
13-Feb	4230	495	49	88,30	0,54
14-Feb	4280	540	52	87,38	0,58
15-Feb	4005	790	54	80,27	0,57
16-Feb	2815	780	78	72,29	0,57
18-Feb	3420	580	55	83,04	0,49
19-Feb	4075	425	59	89,57	0,63
20-Feb	4455	300	66	93,27	0,77
21-Feb	2805	315	63	88,77	0,46
22-Feb	2565	215	49	91,62	0,33
23-Feb	3045	135	46	95,57	0,37
25-Feb	3060	270	53	91,18	0,42
27-Feb	3080	260	63	91,56	0,51
28-Feb	3060	85	78	97,22	0,62
Rata-Rata	3387,5	759,8	65,8	75,4	0,56

Konsentrasi COD air olahan (oulet IPAL) pada awal uji kinerja masih tinggi dan berangsur-angsur turun dengan signifikan. Konsentrasi COD air olahan berkisar antara 85- 2525 mg/l, atau rata-rata 759,8 mg/l. Efisiensi penyisihan COD berkisar antara 23,23 – 97,22 %, atau rata-rata 75,5 %. Debit air limbah juga berfluktuasi berkisar antara 43 – 107 m³/hari, atau rata-rata 65,8 m³/hari. Pada minggu terakhir bulan Pebruari 2019, efisiensi penyisihan COD sudah menjadi stabil yakni sudah di atas 90 %. Dari perhitungan beban COD dapat dilihat bahwa pada masa penumbuhan mikroba (*seeding*), dengan beban COD rata-rata 0, 56 Kg COD/m³ volume bak aerasi per hari didapatkan efisiensi penyisihan COD rata-rata 75,4 %.

Setelah periode *seeding*, dan efisiensi penyisihan atau penghilangan COD relatif stabil, penambahan nutrient dan mikroba dikurangi, menjadi 120 -160 liter per hari (3-4 Jurigen @40 liter). Hasil uji kinerja IPAL periode bulan 1 Maret – 22 April 2019 secara dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji kinerja bulan Maret- April 2019

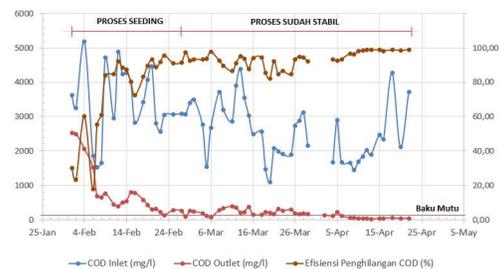
Tanggal	COD Inlet (mg/l)	COD Outlet (mg/l)	Debit (m ³ /hari)	Efisiensi Penyisihan COD (%)	COD Loading (Kg/m ³ .hari)
1-Mar	3395	250	81	92,64	0,72
2-Mar	3500	230	76	93,43	0,70
4-Mar	2760	190	97	93,12	0,70
5-Mar	1545	100	93	93,53	0,38
6-Mar	2670	65	92	97,57	0,64
8-Mar	3715	275	97	92,60	0,94
9-Mar	3190	330	103	89,66	0,86
11-Mar	2865	390	103	86,39	0,77
12-Mar	3895	350	96	91,01	0,98
13-Mar	4385	210	86	95,21	0,99
14-Mar	3550	225	71	93,66	0,66
15-Mar	3035	370	77	87,81	0,61
16-Mar	2495	150	92	93,99	0,60
18-Mar	2555	145	102	94,32	0,68
19-Mar	1460	215	102	85,27	0,39
20-Mar	1090	195	104	82,11	0,30
21-Mar	2080	160	103	92,31	0,56
22-Mar	1985	305	59	84,63	0,31
23-Mar	1905	255	84	86,61	0,42
25-Mar	1885	290	87	84,62	0,43
26-Mar	2730	180	104	93,41	0,74
27-Mar	2875	155	133	94,61	1,00
28-Mar	3120	180	129	94,23	1,05
29-Mar	2160	170	98	92,13	0,55
30-Mar	-	-	121	-	-
1-Apr	-	-	68	-	-
2-Apr	-	135	123	-	-
4-Apr	1670	110	124	93,41	0,54
5-Apr	2890	215	67	92,56	0,51
6-Apr	1665	110	90	93,39	0,39
8-Apr	1660	55	59	96,69	0,26
9-Apr	1450	55	88	96,21	0,33
10-Apr	1680	30	102	98,21	0,45
11-Apr	1845	28	98	98,48	0,47
12-Apr	2020	26	120	98,71	0,63
13-Apr	1890	21	113	98,89	0,56
15-Apr	2475	32	86	98,71	0,56
16-Apr	2345	41	114	98,25	0,70
18-Apr	4270	48	58	98,88	0,65
20-Apr	2110	32	109	98,48	0,60
22-Apr	3720	38	115	98,98	1,12
Rata-Rata	2540,4	163,1	95,7	93,3	0,625

Pada periode ini Debit air limbah yang masuk ke IPAL berkisar antara 58 - 133 m³/hari, atau rata-rata 95,7 m³/hari. Konsentrasi COD Inlet yang masuk ke IPAL lumpur aktif berkisar antara 1090 – 4385 mg/l, atau rata-rata 3387,5 mg/l. Konsentrasi COD air olahan (*Outlet*) berkisar antara 21 – 390 mg/l, atau rata-rata 163,1 mg/l. Efisiensi penyisihan atau penghilangan COD berkisar antara 82,11 – 98,98 %, atau rata-rata 95,7 %. Dari hasil perhitungan (Tabel 2), dapat dilihat beban COD (*COD Loading*) yang masuk ke IPAL lumpur aktif berkisar antara 0,37 – 1,04 kg COD/m³ Vol. bak aerasi per hari, atau rata-rata 0,56 kg COD/m³.hari. Dengan demikian dengan beban COD rata-rata 0,56 kg COD/m³.hari didapatkan efisiensi penghilangan COD rata-rata sebesar 95,7 %. Dilihat dari efisiensi penghilangan COD, maka kinerja IPAL lumpur aktif yang ada sudah sangat baik.

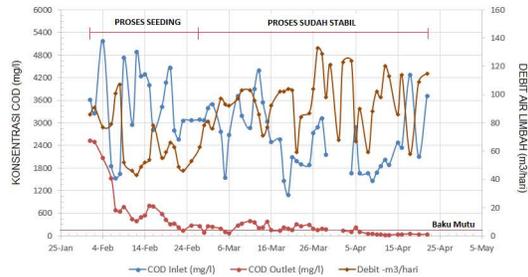
Permasalahannya adalah konsentrasi COD inlet sangat berfluktuasi sehingga jika konsentrasi COD inlet melebihi 3000 mg/l, maka dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 95 %, maka kemungkinan konsentrasi COD air olahan akan melebihi baku mutu air limbah yakni 150 mg/l. Oleh karena itu sedapat mungkin konsentrasi COD yang masuk ke IPAL lumpur aktif di atur lebih kecil dari 3000 mg/l dengan cara pengaturan pembuangan air limbah antara yang air limbah pekat dan air limbah encer.

Jika konsentrasi COD air limbah lebih tinggi dari 3000 mg/l, agar hasil air olahan dapat memenuhi baku mutu, maka proses lumpur aktif memerlukan waktu kontak yang lebih lama atau dapat dikakukan dengan melakukan pengolahan lanjutan agar hasil air olahan selalu dapat memenuhi baku mutu yang diharapkan.

Garfik konsentrasi COD Inlet dan Outlet IPAL serta efisiensi penyisihan COD selama uji kinerja bulan Maret- April 2019 dapat dilihat pada Gambar 12, sedangkan garfik Konsentrasi COD Inlet dan Outlet IPAL serta debit air limbah dapat dilihat pada Gambar 13. Dari Gambar 13 tersebut pada saat proses lumpur dalam keadaan stabil, konsentrasi COD air olahan sudah memenuhi baku mutu air limbah yakni lebih kecil 150 mg/l.



Gambar 12. Garfik konsentrasi COD Inlet dan Outlet IPAL serta efisiensi penyisihan COD.



Gambar 13. Garfik konsentrasi COD Inlet dan Outlet IPAL serta debit air limbah

Dari hasil pemeriksaan kualitas air limbah sebelum dan sesudah diolah dengan IPAL lumpur aktif pada Tanggal 1 April 2019, dapat dilihat pada Tabel 3. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi COD di dalam air limbah (COD Inlet) adalah 2141 mg/l, dan setelah melalui proses pengolahan di dalam IPAL lumpur aktif turun menjadi 98 mg/l. Konsentrasi BOD inlet 722 mg/l dan setelah pengolahan turun menjadi 30 mg/l, sedangkan konsentrasi TSS inlet 250 mg/l dan setelah pengolahan turun menjadi 13 mg/l. pH air limbah sebelum diolah 5,18 dan setelah pengolahan naik menjadi 8,11. Dengan demikian hasil air olahan sudah memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah : Lampiran XVII Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Kelapa, maka baku mutu air limbah industri Nata de Coco yang boleh dibuang ke badan air atau saluran umum yakni konsentrasi maksimum COD 150 mg/l, BOD 75 mg/l, TSS 100 mg/l dan pH 6-9. Penampakan fisik air limbah sebelum diolah, air limbah di bak aerasi dan air olahan dapat dilihat seperti pada Gambar 14.

Tabel 3. Hasil Analisa Kualitas Air Limbah Sebelum Dan Sesudah Pengolahan (IPAL Lumpur Aktif).

No	PARAMETER	UNIT	COD INLET	COD OUTLET
1	BOD	mg/l	722	30
2	COD	mg/l	2141	98
3	Total Dissolved Solids, TDS	mg/l	624	1280
4	Total Suspended Solids, TSS	mg/l	250	13
5	Oil and Grease	mg/l	< 0,14	0,51
8	pH	-	5,18	8,11

Tgl Sampling: 1 April 2019.



Gambar 14. Penampakan fisik air limbah sebelum diolah, air limbah di bak aerasi dan air olahan.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitaian tersebut di atas dapat disimpulkan:

- Air limbah industri Nata de Coco mempunyai pH yang rendah dengan konsentrasi zat organik (COD) yang tinggi, dapat mencapai lebih dari 5000 mg/l, serta sangat berfluktuasi.
- Perbandingan BOD/COD berkisar 0,34 sehingga relatif sulit untuk terurai secara biologis.
- Untuk mengolah air limbah industri Nata de Coco dengan menggunakan proses lumpur aktif, pH air perlu dinaikan menjadi sekitar 8 agar proses lumpur aktif berjalan optimal.
- Dengan beban COD rata-rata 0,56 kg COD/m³.hari didapatkan efisiensi penghilangan COD rata-rata sebesar 95,7 %.

PERSANTUNAN

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pimpinan Perusahaan PT. Kara Santan Pratama atas bantuan dan fasilitasnya dalam melakukan kajian penelitian ini. Terimakasih juga disampaikan kepada Bapak Anung dan Bapak Hafzialman yang telah mendukung terlaksananya kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaban, C.A. 1962. Studies On Optimum Conditions For Nata de Coco Bacterium or Nata Formation in Coconut Water. Philippine Agric. 96(2)490-515.
- Bhargava, Akshey. 2016. Activated Sludge Treatment Process – Concept and System Design. IJEDR Volume 4, Issue 2. ISSN: 2321-9939

3. Bitton G. (1994). "Wastewater Microbiology". Wiley-Liss, New York.
4. Chudoba, J. 1989. Activated Sludge-Bulking Control, pp. 171-202, in Encyclopedia of Environmental Control Technology, Vol. 3, Wastewater Treatment Technology, P.N. Cheremisinoff, Ed. Gulf Publishing Co., Houston, TX.
5. Curds, C.R., and H.A. Hawkes, 1983. Eds. 1983. Ecological Aspects of Used Water Treatment, Vol. 2, Academic, London.
6. Davis, M.L., and D.A. Cornwell. 1985. Introduction to Environmental Engineering. PWS Engineering, Boston.
7. Ebie Kunio and Ashidate Noriatsu. 1992. "Eisei Kougaku Enshu - Jousuidou To Gesuidou", Morikita Publishing, Tokyo, Japan (1992).
8. Forster, C. F., and D. W. M. Johnston. 1987. Aerobic Processes, pp. 15-56. In: Environmental Biotechnology, C.F. Forster and D.A J. Wase, Eds. Ellis Horwood, Chichester, U.K.
9. Gaudy, A.F.Jr. and E.T. Gaudy.1988. Elements of Bioenvironmental Engineering. Engineering Press, San Yose. CA.
10. Hakimi, Rini dan Daddy Budiman. 2006. Aplikasi Produksi Bersih (Cleaner Production) pada Industri Nata De Coco. Jurnal Teknik Mesin. Vol 3 (2) hal: 90-98.
11. Hammer, M.J. 1986. Water and Waste Water Technology. Wiley, New York.
12. JSWA, 1984. "Gesuidou Shisetsu Sekkei Shisin to Kaisetsu ", Nihon Gesuidou Kyoukai, Japan.
13. Metcalf and Eddy (1991), Wastewater Engineering: Treatment Disposal, Reuse, 3rd ed., G. Tchobano-glous and F.L. Burton, eds., McGraw-Hill, Toronto.
14. Nathanson, J.A., 1986. Basic Environmental Technology: water Supply, Waste Disposal and Pollution Control. Wiley, New York.
15. Nelson, P.O., and A.W. Lawrence. 1980. Microbial Viability Measurements and Activated Sludge Kinetics. Water Research 14: 217-225.
16. Novianti dan Hendrizon, 2003. Pembuatan Nata de Soya dari Limbah Cair Pabrik Tahu, Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, hal. 9-19
17. Pambayun, R, 2002, Teknologi Pengolahan Nata De Coco, Yogyakarta: Kanisius.
18. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
19. Rainier Hreiz, M.A. Latifia, Nicolas Rocheb. 2015. Optimal design and operation of activated sludgeprocesses: State-of-the-art, Chemical Engineering Journal. Volume 281, 1 December 2015, Pages 900-920
20. Saragih, Y.P. 2004. Membuat Nata de Coco. Jakarta: Puspa Swara.
21. Sterrit. R.M. dan Lester.J.N. 1988. "Microbiology for Environmental and Public Health Engineers", E.& F.N Spon Ltd, London.
22. Suhardiyono, L., 1988. Tanaman Kelapa Budidaya dan Pemanfaatannya. Jogyakarta: Kanisius.
23. Tiwari, Amit Kumar. 2013. Combination of Theoretical and Practical Approach to Design an Activated Sludge Process (ASP) and Selection of Other Treatment Technologies with ASP for Effluent of API Manufacturing Industry. International Journal of Advanced Research and Technology (2013), Volume 1, Issue 2, 67-75
24. U.S. EPA, 1987. The Causes and Control Activated of Activated Sludge Bulking and Foaming. EPA-625/8-87/012, Cincinnati, OH.
25. Verstraete, W., and E. van Vaerenbergh. 1986. Aerobic Activated Sludge, pp.43-112, In: Biotechnology, H.J. Rehm and G. Reed Eds.; Vol. 8.