

JRL	Vol.9	No.2	Hal. 97 - 112	Jakarta, Desember 2016	ISSN : 2085.3866 No.376/AU1/P2MBI/07/2011
-----	-------	------	---------------	---------------------------	--

PERENCANAAN DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI NATA DE COCO DENGAN PROSES LUMPUR AKTIF

Dinda Rita K. Hartaja, S.T. dan Imam Setiadi, S.Kom
 Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
 Email: dinda.hartaja@bppt.go.id

Abstrak

Air limbah industri nata de coco umumnya memiliki kandungan zat padat tersuspensi dan COD yang tinggi, yaitu berkisar antara 90.000 mg/l. Tingginya tingkat kandungan polutan limbah tersebut, mengakibatkan industri nata de coco tidak dapat langsung membuang limbahnya ke badan lingkungan. Diperlukan teknologi yang sesuai agar dapat mengolah limbah tersebut sehingga air olahan dapat memenuhi baku mutu lingkungan yang diijinkan. Untuk perencanaan desain unit pengolah limbah yang sesuai dan efisien untuk mengolah limbah industri nata de coco adalah dengan proses lumpur aktif. Pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif konvensional (standar) secara umum terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi dan bak pengendap akhir.

Kata kunci: Lumpur Aktif, Desain, IPAL

DESIGN PLANNING WASTEWATER TREATMENT PLANT OF NATA DE COCO INDUSTRY WITH THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS

Abstract

Generally, wastewater of nata de coco industry contains suspended solids and COD were high, ranging from 90,000 mg / l. The high level of of the wastewater pollutants, resulting in nata de coco industry can not be directly disposed of its wastewater into the environment agency. Appropriate technology required in order to process the waste water so that the treated water can meet the environmental quality standards that are allowed. Designing the waste water treatment plant that is suitable and efficient for treating industrial wastewater nata de coco is the activated sludge process. Wastewater treatment using activated sludge process of conventional (standard) generally consists of initial sedimentation, aeration and final sedimentation.

Keywords : Activated Sludge, Design, IPAL

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air limbah Nata De Coco umumnya mengandung zat padat tersuspensi serta mengandung senyawa polutan zat organik maupun anorganik. Oleh karena itu senyawa polutan tersebut harus dihilangkan semaksimal mungkin sampai standar yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Untuk menghilangkan senyawa polutan tersebut, diperlukan suatu teknologi yang tepat dan efisien.

Dalam pemilihan jenis teknologi atau proses yang akan digunakan untuk pengolahan air limbah, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain: karakteristik air limbah, jumlah limbah serta standar kualitas air olahan yang diharapkan, kemudahan dalam hal pengelolaan, ketersediaan lahan dan sumber energi, serta biaya operasi dan perawatan diupayakan serendah mungkin.

Berdasarkan karakteristik limbah nata de coco, maka teknologi yang paling efektif untuk mengolah limbah tersebut adalah dengan menggunakan proses lumpur aktif.

1.2. Tujuan dan Sasaran

Tujuan dari kegiatan ini adalah memperoleh desain instalasi pengolahan air limbah industri nata de coco agar kualitas air buangan dapat memenuhi baku mutu lingkungan yang ditetapkan.

II. PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN PROSES LUMPUR AKTIF

2.1. Proses Pengolahan

Proses lumpur aktif termasuk proses biologis aerobik, yaitu proses peruraian polutan organik dalam air limbah dengan menggunakan mikroorganisme dan oksigen menjadi CO_2 dan H_2O , NH_4 dan sel biomassa baru.

Perlengkapan atau peralatan standar yang digunakan dalam proses lumpur aktif meliputi (Said, 2002):

- Tangki aerasi tempat bereaksinya air limbah dengan mikroorganisme pengurai air limbah. Mikroorganisme tersuspensi yang ada dalam air limbah dinamakan *activated sludge*.
- Bak pengendap untuk memisahkan air limbah yang telah dimurnikan dari lumpur mikroorganisme.
- Sistem sirkulasi untuk membalikkan sebagian lumpur dari bak pengendap ke

tangki aerasi. Sirkulasi ini digunakan untuk menjaga konsentrasi mikroorganisme dalam tangki aerasi. Tinggi rendahnya konsentrasi mikroorganisme dalam tangki aerasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi pengolahan.

- Sistem pengolahan dan pembuangan kelebihan lumpur sebagai akibat dari pertumbuhan mikroorganisme.
- Peralatan pemasok udara seperti blower dan difuser udara.
- Sistem pengadukan seperti untuk membuat campuran mikroorganisme dan air limbah homogen serta tidak mencegah pengendapan lumpur dalam tangki aerasi. Sistem ini tidak perlu digunakan apabila suplai udara dalam kolam aerasi sudah cukup besar dan tidak terjadi pengendapan. Udara disalurkan melalui pompa blower atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki pengendap.

Sistem ini mempunyai efisiensi penguraian polutan organik yang sangat baik dan cocok diterapkan pada daerah dimana lahan tidak cukup tersedia. Dibandingkan dengan sistem biologis lain seperti *facultative lagoon*, sistem lumpur aktif memiliki beberapa keunggulan diantaranya:

- Kualitas hasil olahan terutama pH dan kandungan oksigen lebih bagus.
- Kebutuhan lahan untuk IPAL relatif kecil.
- Cocok untuk kandungan polutan organik (BOD, COD) yang tidak terlalu tinggi (dibawah 3000 mg/l).
- Konsentrasi BOD pada air hasil olahan dapat mencapai lebih rendah dari 25 mg/l.

Proses pengolahan air limbah sistem lumpur aktif standar dapat dijelaskan pada Gambar 2.2. Secara umum proses pengolahannya adalah sebagai berikut. Air limbah yang berasal dari sumber ditampung ke dalam bak penampung air limbah. Bak penampung ini berfungsi sebagai bak pengatur debit air limbah, dilengkapi dengan saringan kasar untuk memisahkan kotoran yang besar. Kemudian, air limbah dalam bak penampung di pompa ke bak pengendap awal.

Bak pengendap awal berfungsi untuk menurunkan padatan tersuspensi (*Suspended Solids*) sekitar 30 - 40 %, serta BOD sekitar 20-25 %. Air limpasan dari bak pengendap awal dialirkan ke bak aerasi secara gravitasi. Di dalam bak aerasi ini air limbah dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme 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 (Malia, 2001).

2.2. Variabel Operasional di Dalam Proses Lumpur Aktif

Variabel perencanaan (*design variable*) yang umum digunakan dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif (Metcalf and Eddy, 1991) adalah sebagai berikut:

- Beban BOD (*BOD Loading rate*) merupakan jumlah massa BOD di dalam air limbah yang masuk (*influent*) dibagi dengan volume reaktor. Beban BOD dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Beban BOD} = \frac{Q \times S_0}{V} \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \dots (1)$$

Dimana :

- Q = debit air limbah yang masuk (m³/hari)
- S₀ = Konsentrasi BOD limbah yang masuk (kg/m³)
- V = Volume reaktor (m³)

- *Mixed-liquor suspended solids* (MLSS) merupakan 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°C, dan berat padatan dalam sampel ditimbang.
- *Mixed-liquor volatile suspended solids* (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.
- *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.

F/M dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F/M = \frac{Q(S_0 - S)}{MLSS \times V} \dots (2)$$

Dimana :

- Q = debit air limbah yang masuk (m³/hari)
- S₀ = Konsentrasi BOD limbah yang masuk (kg/m³)
- S = Konsentrasi BOD di effluen (kg/m³)
- MLSS = *Mixed liquor suspended solids* (kg/m³)
- V = Volume reaktor (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. Rasio F/M yang rendah menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam tangki aerasi dalam kondisi lapar, semakin rendah rasio F/M pengolah limbah semakin efisien.

- *Hydraulic retention time* (HRT), merupakan 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).

$$HRT = 1/D = V/Q \dots (3)$$

Dimana :

- V = Volume reaktor (m³)
- Q = Debit air limbah (m³/jam)
- D = Laju pengenceran (jam⁻¹)

- Rasio Sirkulasi Lumpur (*Hydraulic Recycle Ratio*, HRT), adalah perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasikan ke bak aerasi dengan jumlah air limbah yang masuk ke dalam bak aerasi.
- Umur lumpur (*sludge age*) atau 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 (Lin, 2007) :

$$\text{Umur Lumpur (Hari)} = \frac{\text{MLSS} \times V}{\text{SS}_e \times Q_e + \text{SS}_w \times Q_w} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

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

V = Volume bak aerasi (m³)

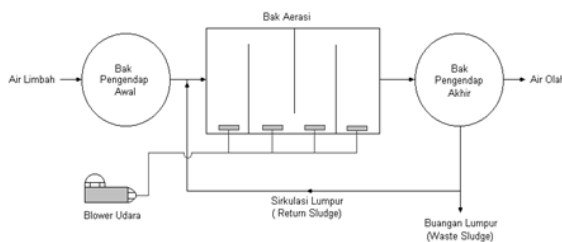
SS_e = Padatan tersuspensi dalam effluent (mg/l)

SS_w = Padatan tersuspensi dalam lumpur limbah (mg/l)

Q_e = Laju *effluent* limbah (m³/hari)

Q_w = Laju *influent* limbah (m³/hari)

- Parameter penting yang mengendalikan operasi lumpur aktif adalah beban organik atau beban BOD, suplai oksigen, dan pengendalian dan operasi bak pengendapan akhir. Bak pengendapan akhir ini mempunyai dua fungsi yakni untuk penjernihan (*clarification*) dan pemekatan lumpur (*thickening*) (Jelena, 2008).
- Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif standar (konvensional) dan kriteria perencanaan ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Lumpur Aktif Standar (Konvensional)

Kriteria perencanaan proses pengolahan air limbah dengan lumpur aktif adalah sebagai berikut:

- BOD-MLSS Loading : 0,2 – 0,4 kg/kg.hari
- BOD-Volume Loading : 0,3 – 0,8 kg/m³.hari
- MLSS : 1500 – 2000 mg/l
- Umur Lumpur : 2 – 4 hari
- Kebutuhan udara : 3 – 7

- Waktu Aerasi (T) : Tergantung beban organik
- Rasio Sirkulasi Lumpur : 20 – 40 %
- Efisiensi Pengolahan : 85 – 95 %

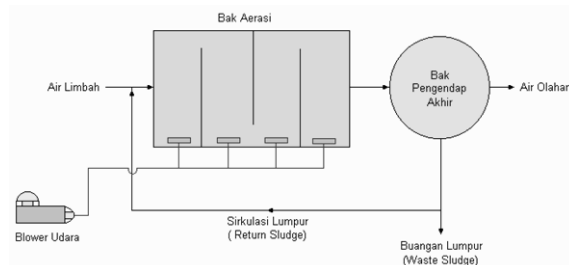
2.3. Modifikasi Proses Lumpur Aktif Standar (Konvensional)

Selain sistem lumpur aktif konvesional, ada beberapa modifikasi dari proses lumpur aktif yang banyak digunakan di lapangan yakni antara lain sistem aerasi berlanjut (*extended aeration system*), sistem aerasi bertahap (*step aeration*), sistem aerasi berjenjang (*tapered aeration*), sistem stabilisasi kontak (*Contact Stabilization system*), sistem oksidasi parit (*oxydation ditch*), sistem lumpur aktif kecepatan tinggi (*high rate activated sludge*), dan sistem lumpur aktif dengan oksigen murni (*pure-oxygen activated sludge*) (Casey,T.J,1997). Beberapa pertimbangan untuk pemilihan proses tersebut antara lain: jumlah air limbah yang akan diolah, beban organik, kualitas air olahan yang diharapkan, lahan yang diperlukan serta kemudahan operasi dan lainnya.

A. Sistem Aerasi Berlanjut (*Extended Aeration System*)

Proses ini biasanya dipakai untuk pengolahan air limbah dengan sistem paket (*package treatment*) dengan beberapa ketentuan antara lain :

- Waktu aerasi lebih lama (sekitar 30 jam) dibandingkan sistem konvensional. Usia lumpur juga lebih lama dan dapat diperpanjang sampai 15 hari.
- Limbah yang masuk dalam tangki aerasi tidak diolah dulu dalam pengendapan primer.
- Sistem beroperasi dengan F/M ratio yang lebih rendah (umumnya < 0,1 kg BOD/ per kg MLSS per hari) dibandingkan dengan sistem lumpur aktif konvensional (0,2 - 0,5 kg BOD per kg MLSS per hari).
- Sistem ini membutuhkan sedikit aerasi dibandingkan dengan pengolahan konvensional dan terutama cocok untuk komunitas yang kecil yang menggunakan paket pengolahan.



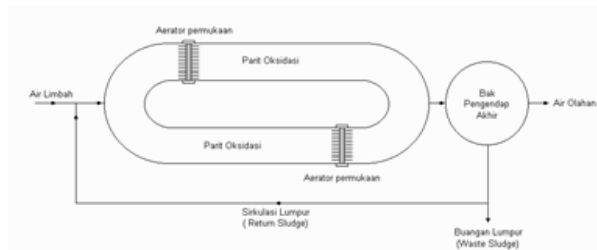
Gambar 2.2. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem *Extended Aeration*

Kriteria perencanaan proses pengolahan air limbah dengan Sistem *Extended Aeration* adalah sebagai berikut:

- BOD-MLSS Loading : 0,03 – 0,05 kg/kg.hari
- BOD-Volume Loading : 0,15 – 0,25 kg/m³.hari
- MLSS : 3000 – 6000 mg/l
- Umur Lumpur : 15 – 30 hari
- Kebutuhan udara : > 15
- Waktu Aerasi (T) : 16 – 24 jam
- Ratio Sirkulasi Lumpur : 50 – 150 %
- Efisiensi Pengolahan : 75 – 85 %

B. Proses Dengan Sistem Oksidasi Parit (*Oxidation Ditch*)

Sistem oksidasi parit terdiri dari bak aerasi berupa parit atau saluran yang berbentuk oval yang dilengkapi dengan satu atau lebih rotor rotasi untuk aerasi limbah. Saluran atau parit tersebut menerima limbah yang telah disaring dan mempunyai waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*) mendekati 24 jam. Proses ini umumnya digunakan untuk pengolahan air limbah domestik untuk komunitas yang relatif kecil dan memerlukan luas lahan yang cukup besar.



Gambar 2.3. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem *Oxidation Ditch*

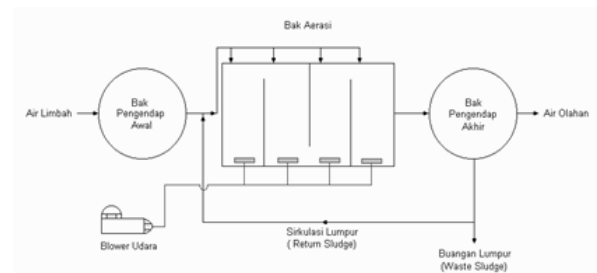
Kriteria perencanaan proses pengolahan air limbah dengan Sistem *Oxidation Ditch* adalah sebagai berikut:

- BOD-MLSS Loading : 0,03 – 0,05

- BOD-Volume Loading : 0,1 – 0,2 kg/kg.hari
- MLSS : 3000 – 6000 mg/l
- Umur Lumpur : 15 – 30 hari
- Kebutuhan udara : -
- Waktu Aerasi (T) : 24 – 48 jam
- Ratio Sirkulasi Lumpur : 50 – 150 %
- Efisiensi Pengolahan : 75 – 85 %

C. Sistem Aerasi Bertingkat (*Step Aeration*)

Limbah hasil dari pengolahan primer (pengendapan) masuk dalam tangki aerasi melalui beberapa lubang atau saluran, sehingga meningkatkan distribusi dalam tangki aerasi dan membuat lebih efisien dalam penggunaan oksigen. Proses ini dapat meningkatkan kapasitas sistem pengolahan.



Gambar 2.4. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem *Step Aeration*

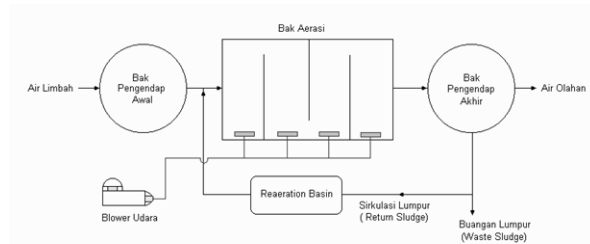
Kriteria perencanaan proses pengolahan air limbah dengan Sistem *Step Aeration* adalah sebagai berikut:

- BOD-MLSS Loading : 0,2 – 0,4 kg/kg.hari
- BOD-Volume Loading : 0,4 – 1,4 kg/m³.hari
- MLSS : 2000 – 3000 mg/l
- Umur Lumpur : 2 – 4 hari
- Kebutuhan udara : 3 – 7
- Waktu Aerasi (T) : 4 – 6 jam
- Ratio Sirkulasi Lumpur : 20 – 30 %
- Efisiensi Pengolahan : 90 %

D. Sistem Stabilisasi Kontak (*Contact Stabilization*)

Secara umum prosesnya hampir sama dengan proses lumpur aktif standar. Air limbah dialirkan ke bak pengendapan awal, selanjutnya masuk ke bak aerasi sambil dihembus dengan udara. Selanjutnya air limbah dari bak aerasi dilairkan ke bak pengendapan akhir. *Effluent* dari bak pengendapan akhir

merupakan air hasil olahan. Lumpur yang telah mengendap di dalam bak pengendapan akhir sebelum disirkulasi ke bak aerasi dimasukkan ke bak stabilisasi dengan waktu tinggal 4 - 8 jam sambil dihembus dengan udara. Sistem ini menghasilkan sedikit lumpur.



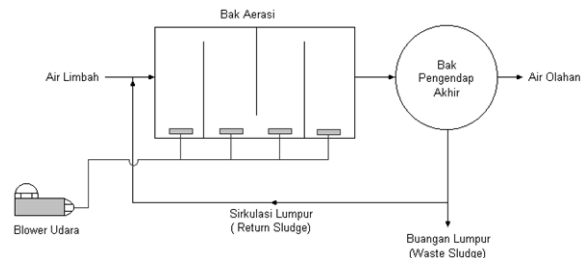
Gambar 2.5. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem *Contact Stabilization*

Kriteria perencanaan proses pengolahan air limbah dengan Sistem *Contact Stabilization* adalah sebagai berikut:

- BOD-MLSS Loading : 0,2 – 0,6 kg/kg.hari
- BOD-Volume Loading : 0,8 – 1,4 kg/m³.hari
- MLSS : 3000 – 6000 mg/l
- Umur Lumpur : 4 hari
- Kebutuhan udara : > 12
- Waktu Aerasi (T) : 5 jam
- Ratio Sirkulasi Lumpur : 40 – 100 %
- Efisiensi Pengolahan : 85 – 90 %

E. Sistem Aerasi Dengan Pencampuran Sempurna (*Completely Mixed System*)

Pada sistem ini limbah hanya diaerasi dalam tangki aerasi secara merata. Sistem ini dapat menahan shock load dan racun.



Gambar 2.6. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem *Modified Aeration*

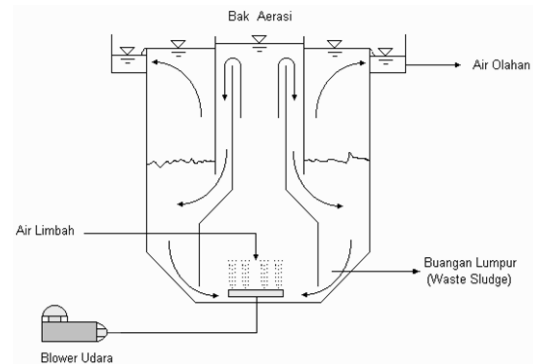
Kriteria perencanaan proses pengolahan air limbah dengan Sistem *Modified Aeration* adalah sebagai berikut:

- BOD-MLSS Loading : 1,5 – 3,0

- BOD-Volume Loading : 0,6 – 2,4 kg/m³.hari
- MLSS : 400 – 800 mg/l
- Umur Lumpur : 0,3 – 0,5 hari
- Kebutuhan udara : 2 – 3,5
- Waktu Aerasi (T) : 1,5 – 3 jam
- Ratio Sirkulasi Lumpur : 5 – 10 %
- Efisiensi Pengolahan : 60 – 70 %

F. Sistem Lumpur Aktif Kecepatan Tinggi (*High-Rate Activated Sludge*)

Sistem ini digunakan untuk mengolah limbah konsentrasi tinggi dan dioperasikan untuk beban BOD yang sangat tinggi dibandingkan proses lumpur aktif konvensional. Proses ini mempunyai waktu tinggal hidraulik sangat singkat. Sistem ini beroperasi pada konsentrasi MLSS yang tinggi.



Gambar 2.7. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem *High-Rate Activated Sludge*

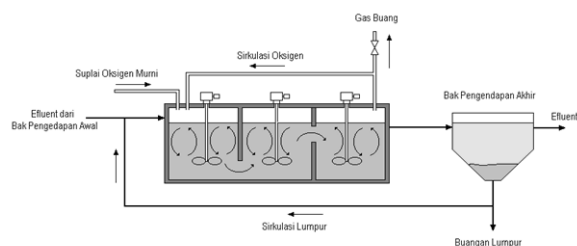
Kriteria perencanaan proses pengolahan air limbah dengan Sistem *Modified Aeration* adalah sebagai berikut:

- BOD-MLSS Loading : 0,02 – 0,04 kg/kg.hari
- BOD-Volume Loading : 0,6 – 2,4 kg/m³.hari
- MLSS : 3000 – 6000 mg/l
- Umur Lumpur : 2 – 4 hari
- Kebutuhan udara : > 15
- Waktu Aerasi (T) : 2 – 3 jam
- Ratio Sirkulasi Lumpur : 50 – 150 %
- Efisiensi Pengolahan : 75 – 95 %

G. Sistem Aerasi dengan Oksigen Murni (*Pure Oxygen Aeration*)

Sistem aerasi dengan oksigen murni didasarkan pada prinsip bahwa laju transfer oksigen lebih tinggi pada oksigen murni dari

pada oksigen atmosfer. Proses ini menghasilkan kemampuan oksigen terlarut menjadi lebih tinggi, sehingga meningkatkan efisiensi pengolahan dan mengurangi produksi lumpur.



Gambar 2.8. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem *Pure Oxygen Aeration*

Kriteria perencanaan proses pengolahan air limbah dengan Sistem *Modified Aeration* adalah sebagai berikut:

- BOD-MLSS Loading : 0,2 – 1,0 kg/kg.hari
- BOD-Volume Loading : 1,6 – 4,0 kg/m³.hari
- MLSS : 6000 – 8000 mg/l
- Umur Lumpur : 8 – 20 hari
- Kebutuhan udara : -
- Waktu Aerasi (T) : 1 – 3 jam
- Ratio Sirkulasi Lumpur : 25 – 50 %
- Efisiensi Pengolahan : 85 – 95 %

2.4. Permasalahan yang Sering Timbul di Dalam Proses Lumpur Aktif

Masalah yang sering terjadi pada proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif maupun proses biologis lainnya adalah "Sludge Bulking". Bulking adalah fenomena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif di mana lumpur aktif (sludge) berubah menjadi keputih – putihan dan sulit mengendap. Hal ini mengakibatkan cairan supernatan yang dihasilkan masih memiliki kekeruhan yang cukup tinggi. Beberapa masalah yang sering terjadi pada proses lumpur aktif antara lain:

A. Pertumbuhan Terdispersi (Dispersed Growth)

Di dalam proses lumpur aktif yang beroperasi dengan baik, bakteri yang tidak bergabung dalam bentuk flok biasanya dikonsumsi oleh protozoa. Adanya bakteri dalam bentuk dispersi sel yang tidak bergabung dalam bentuk flok dalam jumlah yang besar akan mengakibatkan effluent yang keruh. Fenomena pertumbuhan terdispersi ini berhubungan

dengan kurang berfungsinya bakteri pembentuk flok (*Floc-forming bacteria*) dan hal ini disebabkan karena beban Organik (BOD) yang tinggi dan kurangnya suplai udara atau oksigen. Selain itu senyawa racun misalnya logam berat juga dapat menyebabkan pertumbuhan terdispersi (dispersed growth) di dalam proses lumpur aktif.

B. Nonfilamentous Bulking

Fenomena nonfilamentous bulking ini juga sering disebut zoogloal bulking yakni terjadinya eksese produksi exopolysaccharida oleh bakteri misalnya zoogloea. Hal ini menyebabkan berkurangnya efektifitas pengendapan serta kompaksi lumpur. Fenomena *Nonfilamentous Bulking* ini dapat dicegah dengan proses klorinasi (Chudoba, 1989).

C. Pinpoint Floc

Gejala *pinpoint floc* adalah gejala dimana flok lumpur aktif pecah menjadi flok-flok yang halus dan ikut keluar di dalam effluent sehingga air olahan menjadi keruh. Beberapa peneliti mengatakan bahwa bakteri filamentous merupakan mikroorganisme utama yang menyusun flok di dalam sistem lumpur aktif sehingga keberadaannya dalam jumlah yang sedikit dapat mengakibatkan flok yang terbentuk kurang baik yang berakibat efisiensi pengendapan flok lumpur berkurang dan effluent menjadi keruh.

D. Lumpur Yang Mengambang (*Rising Sludge*)

Indikasi yang dapat dilihat adalah terjadinya lumpur yang mengambang pada permukaan bak pengendapan akhir. Gangguan ini disebabkan karena terjadinya eksese denitrifikasi yang berlebihan yang mengakibatkan suasana anoxic di dalam bak pengendapan akhir.

Selain itu gas nitrogen yang terjadi akibat proses denitrifikasi akan keluar ke atas dan akan mengikat flok lumpur aktif dan lumpur akan mengambang di permukaan sehingga effluent menjadi keruh. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut yakni dengan cara mengurangi waktu tinggal sludge dengan cara meningkatkan laju sirkulasi lumpur di dalam bak pengendap.

E. Filamentous Bulking

Beberapa jenis bakteri tumbuh di dalam gugusan filament yang mengandung sel yang sangat banyak atau bahkan melewati dinding-dinding filament yang mana dapat ditengarai sebagai sel multinucleate panjang (Brock,

1970). Bakteria Tipe 021N adalah merupakan mikroorganisme filament yang paling sering ditemui di dalam lumpur aktif pada kondisi bulking. Penggunaan berbagai jenis sumber karbon dan nitrogen serta pencapaian laju pertumbuhan maksimum pada kondisi konsentrasi substrat yang rendah menunjang organisme ini berkompetisi secara efektif di dalam sistem lumpur aktif (Williams and Unz, 1989).

F. Pembentukan Buih atau Busa (*Foaming or Scum Formation*)

Indikasi yang terlihat adalah terbentuknya buih pada permukaan bak aerasi dalam jumlah yang besar yang dapat melampaui ruang bebas dan melimpah ke bak pengendapan akhir. Hal ini disebabkan adanya senyawa surfactant yang tidak dapat terurai dan akibat berkembangbiaknya *Nocardia* dan *Microthrix parvicella*.

III. PERENCANAAN IPAL INDUSTRI NATA DE COCO DENGAN PROSES LUMPUR AKTIF

3.1. Perencanaan Proses Pengolahan

Air limbah yang berasal dari sisa produksi nata de coco atau air limbah panen masih mengandung zat organik dengan konsentrasi yang tinggi yakni COD sekitar 90.000 mg/l. Air limbah tersebut akan diolah dengan menggunakan proses kimia fisika dengan pembubuhan larutan kapur, larutan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Flokulan organik. Air olahan hasil proses kimia fisika selanjutnya diproses secara biologis dengan menggunakan Digester Anaerob. Air olahan dari proses digester anaerob akan dialirkan bersama – sama dengan air limbah yang lain dan akan diolah bersama-sama di dalam IPAL utama. Proses pengolahan air limbah dirancang dengan menggunakan proses lumpur aktif. Diagram proses pengolahan yang direncanakan dapat dilihat pada Lampiran 1 dan 2.

3.2. Perencanaan Unit Pretreatment Air Limbah

Air limbah panen produksi nata de coco akan diolah dengan menggunakan proses pengendapan kimia dan proses biofilter anaerobik. Air olahan dari biofilter anaerobik selanjutnya, dialirkan ke saluran air limbah bercampur dengan air limbah yang berasal dari proses pencucian, proses bilas dan proses pencucian napan dan diolah lebih lanjut ke Unit IPAL utama.

Pengolahan awal air limbah panen

dirancang sebagai berikut : Air limbah panen ditampung di dalam bak penampung atau bak ekualisasi yang terdiri dari dua ruangan untuk memisahkan padatan atau lemak yang mengapung. Dari bak ekualisasi air limbah panen P1 dipompa ke tangki netralisasi sambil diinjeksi dengan larutan kapur. Selanjutnya dialirkan ke bak koagulasi sambil diinjeksi dengan PAC, dan selanjutnya dialirkan ke bak flokulasi sambil diinjeksi dengan larutan flokulan organik dan selanjutnya dialirkan ke bak pengendap. Air limpasan dari bak pengendap dialirkan ke bak penampung (sumpit) dan selanjutnya dipompa ke Reaktor Biofilter Anaerob. Air olahan dari biofilter anaerob selanjutnya dialirkan ke saluran air limbah bercampur dengan air limbah yang berasal dari unit proses yang lain dan akan diolah bersama-sama di IPAL utama menggunakan kombinasi proses lumpur aktif dan biofilter aerobik.

Endapan lumpur yang terjadi dialirkan ke bak pengering lumpur. Air rembesan dari bak pengering lumpur dialirkan ke saluran air limbah untuk diproses lebih lanjut di IPAL utama. Diagram proses pengolahan awal air limbah panen dapat dilihat pada Lampiran 3.

3.3. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Utama

A. Desain Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Lumpur Aktif

Pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif konvensional (standar) secara umum terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi dan bak pengendap akhir. Secara umum proses pengolahannya adalah 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 di alirkan 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) sekitar 30 - 40 %, serta BOD sekitar 25 % . 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 massa 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.

Keunggulan proses lumpur aktif ini adalah dapat mengolah air limbah dengan beban BOD yang besar, sehingga tidak memerlukan tempat yang besar. Skema proses pengolahan air limbah proses industri dengan sistem lumpur aktif standar atau konvensional dapat dilihat pada Lampiran 4.

B. Perencanaan Bak Pemisah Lemak

Di dalam bak pemisah lemak, direncanakan:

- Waktu Tinggal : 2 jam
- Debit Air Limbah : 200 m³/hari
- Vol. bak yang diperlukan = $\frac{2}{24} \times 200 \text{ m}^3$
= 16,67 m³
- Ditetapkan dimensi bak pemisah lemak:
Kedalaman Air Efektif = 1,5 m
Lebar Bak = 2,6 m
Panjang Bak = 4,0 m
Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m

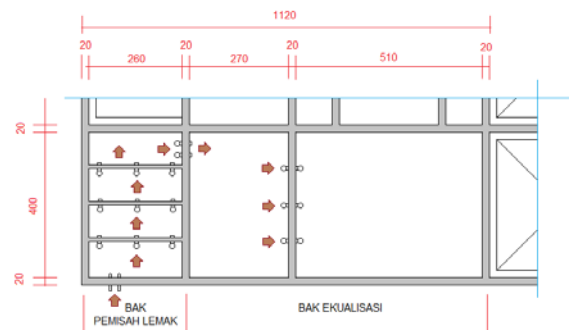
C. Perencanaan Bak Ekualisasi

Di dalam bak ekualisasi, direncanakan:

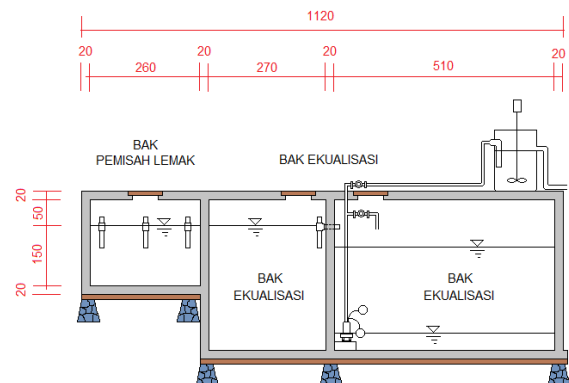
- Waktu Tinggal : 12 jam

- Debit Air Limbah : 200 m³/hari
- Vol. bak yang diperlukan = $\frac{12}{24} \times 200 \text{ m}^3$
= 100 m³
- Ditetapkan dimensi bak pemisah lemak:
Kedalaman Air Efektif = 3,0 m
Lebar Bak = 4,0 m
Panjang Bak = 8,0 m
Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m

Sketsa bak pemisah lemak dan bak ekualisasi dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.1. Bak Pemisah Lemak dan Bak Ekualisasi – Tampak Atas



Gambar 3.2. Potongan Bak Pemisah Lemak Dan Bak Ekualisasi

D. Perencanaan IPAL Lumpur Aktif

Unit lumpur aktif terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi, bak pengendap akhir dan unit pemasok udara (*blower udara*), sistem sirkulasi lumpur dan tangki penampung lumpur (*sludge holding tank*).

Kriteria perencanaan pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif standar (konvensional) adalah sebagai berikut:

- BOD-MLSS Loading : 0,2–0,4 kg/kg.hari
- BOD-Volume Loading: 0,3 – 0,8

kg/m³.hari

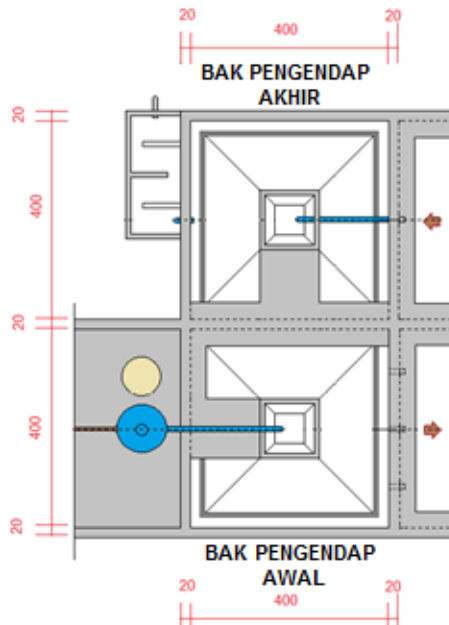
- MLSS : 1500 – 2000 mg/l
- Umur Lumpur : 4 hari
- Kebutuhan udara : 3 – 7
- Ratio Sirkulasi Lumpur : 20 – 40 %
- Efisiensi Pengolahan : 85 – 95 %

Volume Bak Pengendapan Awal dan Bak Pengendap Akhir

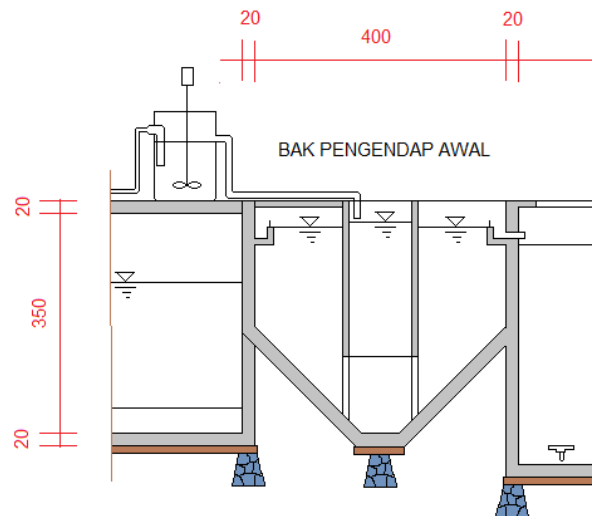
Di dalam bak pengendap awal, direncanakan:

- Waktu tinggal : 6 jam
- Debit air limbah : 200 m³/hari
- Vol. bak yang diperlukan = $\frac{6}{24} \times 200 = 50 \text{ m}^3$
- Ditetapkan bak berbentuk persegi dengan kedalaman efektif : 3,0 m
- Maka dimensi bak adalah:
Panjang - lebar bak = 4,0 m
Kedalaman air efektif = 3,0 m
Tinggi ruang bebas = 0,5 m
- *Surface Loading* = $\frac{200 \text{ m}^3/\text{hari}}{4\text{m} \times 4\text{m}} = 12,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$
- *Weir Loading* = $\frac{200 \text{ m}^3/\text{hari}}{(4 + 4 + 4 + 4)\text{m}} = 12,5 \text{ m}^3/\text{m}.\text{hari}$

Sketsa gambar bak pengendap awal dan bak pengendap akhir dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3. Bak Pengendap Awal dan Akhir Tampak Atas



Gambar 3.4. Sketsa Potongan Melintang Bak Pengendap Awal

Volume Bak Aerasi

Kriteria perencanaan yang akan digunakan dalam mendesain bak aerasi adalah sebagai berikut:

- MLSS : 1500 – 2000 mg/l
- BOD – SS Loading (Ls) : 0,2-0,4 kg BOD / kg SS.hari
- Rasio Sirkulasi Lumpur : 0,2 – 0,3

Dari kriteria perencanaan di atas, maka perhitungan desain bak aerasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Debit air limbah} &= 200 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Konsentrasi BODin} &= \frac{6}{10} \times 2000 \\ &= 1200 \text{ mg/l} \\ \text{Konsentrasi TSSin (C}_{ss}\text{)} &= 0,80 \times 200 \text{ mg/l} \\ &= 160 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\text{MLSS} = \frac{C_{ss} + R \cdot C_r}{1 + R}$$

Dimana $C_r = 8000 \text{ mg/l}$ dan $R = 0,25$; jadi:

$$\begin{aligned} \text{MLSS} &= \frac{160 + 0,3 \cdot 8000}{1 + 0,3} \\ &= 1969 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak Aerasi (V)} &= \frac{200 \times 1200}{1969 \times 0,4} \\ &= 304,72 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ditetapkan :

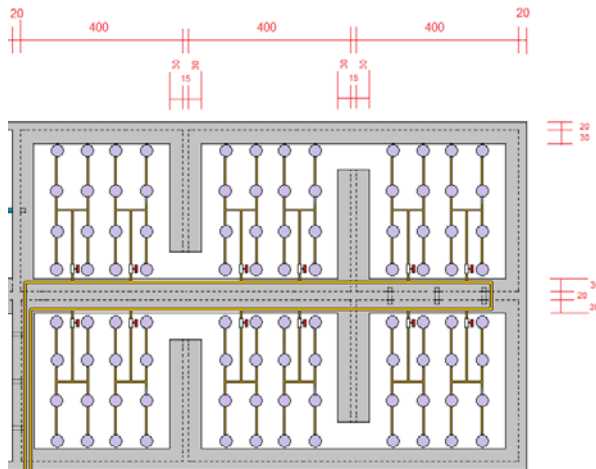
Panjang bak = 12,0 m
 Lebar bak = 8,0 m
 Kedalaman Efektif = 3,5 m
 Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m

= 3,11

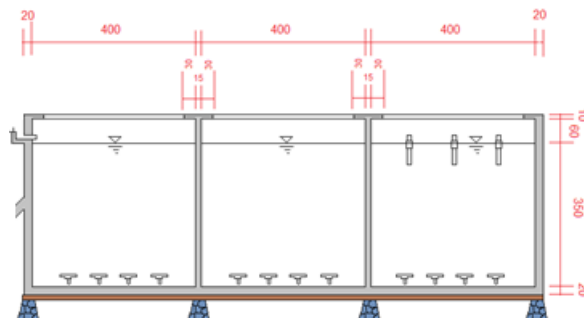
Dimensi Bak Pemekat Lumpur :

Lebar : 3,0 m
 Panjang : 4,0 m
 Kedalaman Air : 3,0 m
 Tinggi Ruang Bebas : 0,5 m

Sketsa bak pengering lumpur dapat dilihat seperti pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



Gambar 3.5. Bak Aerasi Tampak Atas



Gambar 3.6. Penampang Melintang Bak Aerasi

Volume Bak Pemekat Lumpur

Jumlah Produksi Lumpur : 14 m³/hari
 Waktu Pengendapan : 48 jam = 2 hari
 Kedalaman Air efektif : 3 m
 Bentuk Bak : Persegi Panjang
 Vol. Efektif Bak Lumpur : 2 hari x 14 m³/hari

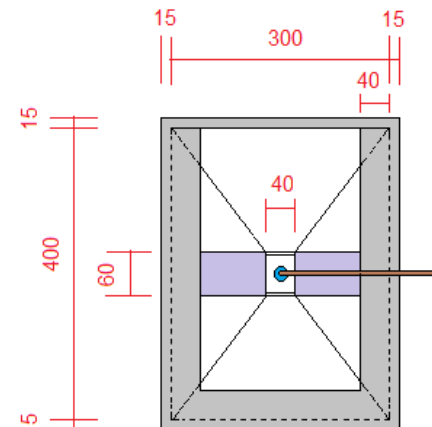
= 28 m³

Ditetapkan Kedalaman Air Maksimum : 3,0 m

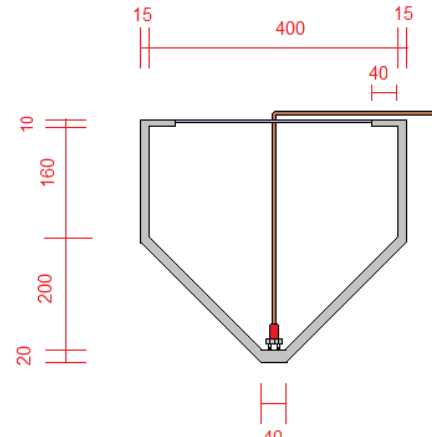
Luas Area Bak yang dibutuhkan = $\frac{28 \text{ m}^3/\text{hari}}{3 \text{ m}}$

= 9,33 m²

Panjang Bak = $\frac{9,33 \text{ m}^2}{3 \text{ m}}$



Gambar 3.7. Bak Pemekat Lumpur Tampak Atas



Gambar 3.8. Pemekat Lumpur (*Sludge Holding Tank*).

Volume Bak Pengering Lumpur

Bak pengering lumpur berfungsi untuk mengeringkan lumpur yang dihasilkan dari proses lumpur aktif yaitu bak pengendap awal, kolam aerasi dan bak pengendap akhir. Lamanya waktu yang diperlukan untuk mengeringkan lumpur antara 1 – 2 minggu, tergantung pada ketebalan lumpur yang

tertampung dan cuaca (Li, Norman, 2008).

Kriteria Perencanaan bak pengering lumpur:

- Bentuk bak sebaiknya persegi panjang (kotak).
- Tebal lapisan atas yang terdiri dari pasir kasar berkisar antara 20 – 30 cm.
- Tebal lapisan bawah atau lapisan kerikil berkisar antara 20 – 30 cm.
- Lantai dasar dibuat dengan kemiringan tertentu agar air filtrat dapat terkumpul dengan baik.
- Di bagian tengah yang paling dalam dilengkapi dengan pipa berluang-lubang untuk pengeluaran air filtrat dengan diameter 15-10 cm.
- Dinding bak dibuat dari beton atau pasangan batu bata yang diplester semen.
- Waktu pengeringan sangat dipengaruhi oleh iklim serta sifat dari lumpur yang akan dikeringkan.
- Ketebalan lumpur di dalam bak pengering lumpur diatur sekitar 10 -20 cm.

Luas bak pengering lumpur yang diperlukan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$A = \frac{Q \times T}{D} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

A = Luas permukaan bak pengering yang diperlukan (m²)

Q = Jumlah lumpur yang dikeringkan (m³/hari)

D = Ketebalan Lumpur (m)

T = Waktu pengeringan lumpur (hari)

Jumlah lumpur yang akan dikeringkan per hari = 5 % dari Volume Bak Pemekat Lumpur (hanya lumpur yang telah pekat) = 0,05 x 36 m³ = 1,8 m³

$$A = \frac{1,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ hari}}{0,3 \text{ m}} = 12 \text{ m}^2$$

Maka dimensi bak pengering lumpur adalah :

Lebar : 3,0 m

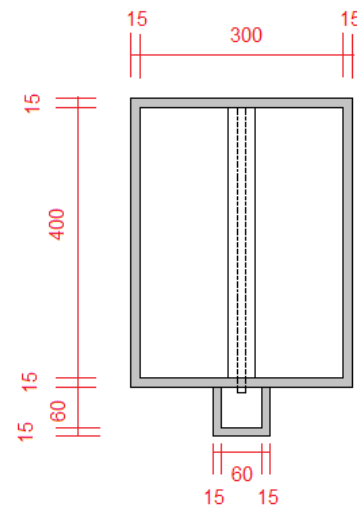
Panjang : 4,0 m

Kedalaman : 1,5 m

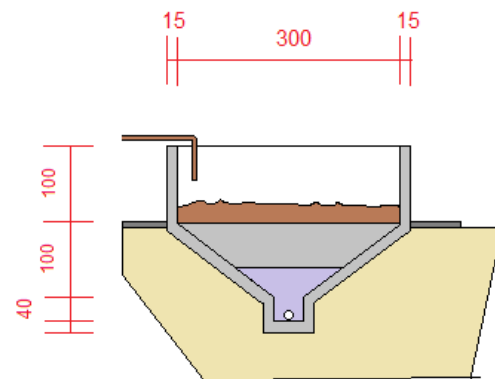
Jumlah : 1 unit

Sket bak pengering lumpur dapat dilihat seperti

pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10.



Gambar 3.9. Bak Pengering Lumpur - Tampak Atas



Gambar 3.10. Penampang Melintang Bak Pengering Lumpur

E. Bak Khlorinator Air Olahan

Debit Air Limbah = 200 m³/hari = 138.89 l/m

Kriteria Perencanaan :

Waktu Kontak = 10- 15 menit

Vol. yg dibutuhkan = 15 mnt x 138.89 l/m

= 2.083 liter = 2,083 m³

Dimensi Bak Kontaktor Khlor :

Panjang : 2,0 m

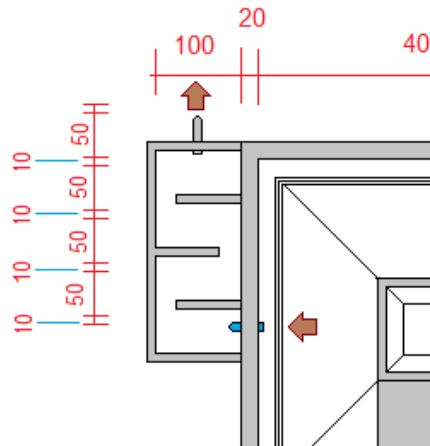
Lebar : 1,0 m

Kedalaman Air : 1,0 m

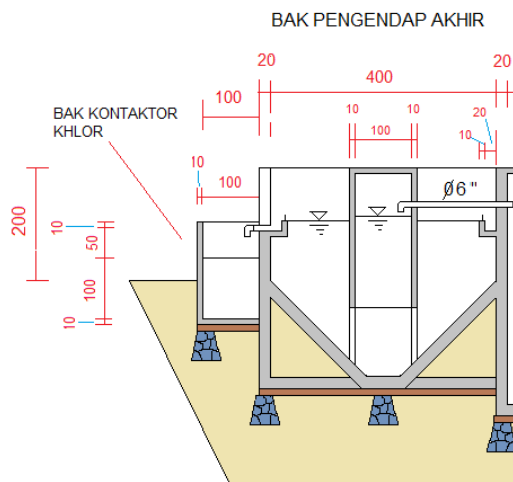
Ruang Bebas : 0,5 m

Volume Bak efektif : 2,0 m³

Sketsa bak kontaktor khlor dapat dilihat pada Gambar 3.11. dan Gambar 3.12.



Gambar 3.11. Bak Kontaktor Khlor Tampak Atas



Gambar 3.12. Potongan Melintang Bak Kontaktor Khlor

IV. KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi dan perhitungan desain perencanaan IPAL industri nata de coco, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Limbah dari sisa produksi nata de coco atau limbah panen memiliki kandungan organik yang tinggi, sehingga diperlukan pengolahan pretreatment sebelum limbah tersebut diolah di IPAL utama.
- IPAL utama yang cocok untuk mengolah air limbah industri nata de coco adalah dengan menggunakan proses lumpur aktif.

DAFTAR PUSTAKA

Brock, TD (1970) *Biology of Microorganisms*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Casey, T.J.(1997). "Unit Treatment Process In Water and Wastewater Engineering". University College Dublin, Ireland : John Wiley and Sons Ltd.

Chudoba, J, Grau. P and Ottova, V (1989) Control of activated sludge filamentous bulking II: Selection of micro-organisms by means of a selector. *Water Res.* 7 1389 pp.

Jelena Radjenovic, Marin Matosic , Ivan Mijatovic, Mira Petrovic, Damià Barceló., *Membrane Bioreactor (MBR) as an Advanced Wastewater Treatment Technology*. *Hdb Env Chem Vol. 5, Part S/2* (2008): 37–101 DOI 10.1007/698_5_093 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Published online: 6 November 2007

Li, Norman N.; Fane, Anthony G.; Ho, W.S. Winston; Matsuura, T. (2008). *Advanced Membrane Technology and Applications*. (Chapter 5 & 9). John Wiley & Sons.

Lin , Shun Dar (2007). *Water and Wastewater Calculation Manual*. second edition. Mc Graw-Hill Companies, New York.

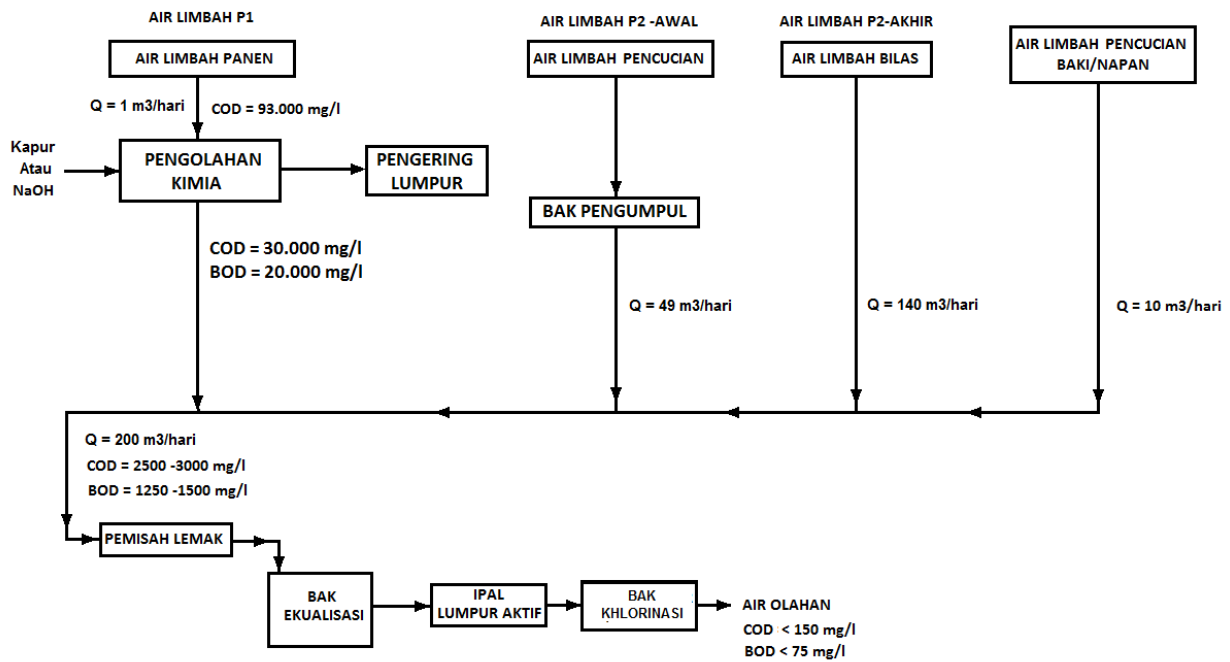
Malia, H. dan Till, S. (2001). *Membrane Bioreactors: Wastewater Treatment Applications To Achieve High Quality Effluent*.

Metcalfe and Eddy (1991), *Wastewater Engineering: Treatment Disposal, Reuse*, 3rd ed., G. Tchobanoglous and F.L. Burton, eds., McGraw-Hill, Toronto.

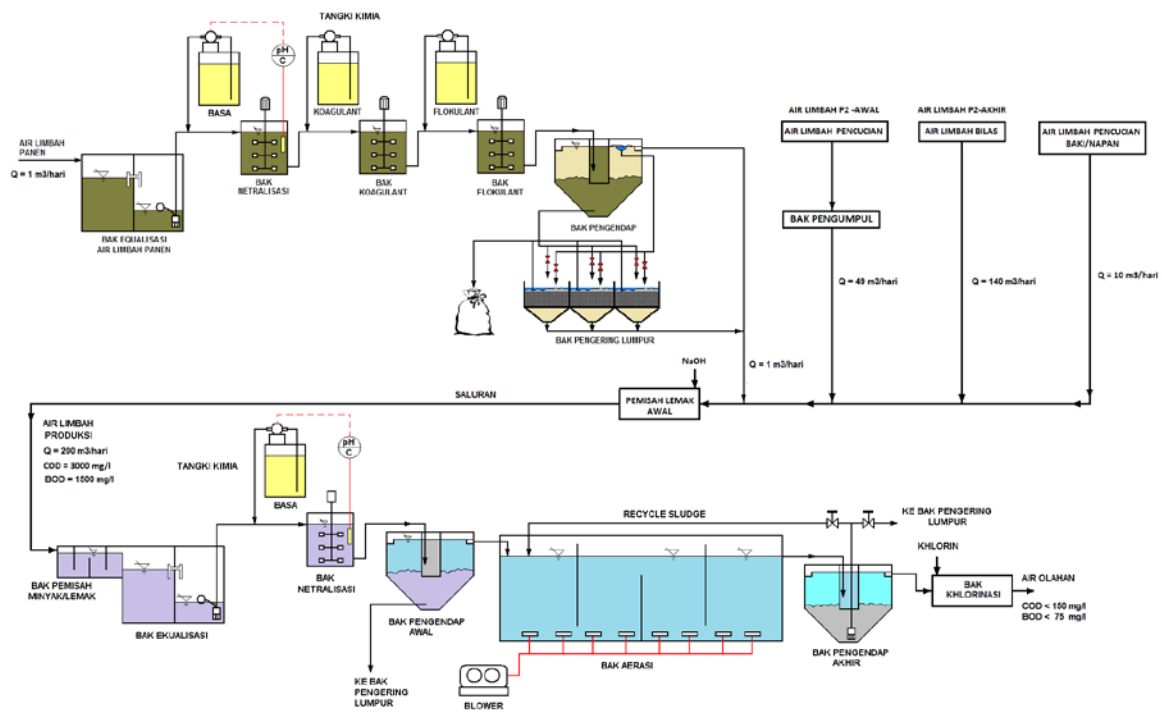
Said, Nusa Idaman, 2002, *Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Lumpur Aktif Yang Diisi Dengan Media Bioball*, Jurnal Air Indonesia Edisi Vol. BPPT, Jakarta.

Williams, T.M. AND Unz, R.F. (1989), "The Nutrition of Thiotrix, Type 021N, Beggiatoa and Leucothrix Strains," *Water Research*, 23, 1, pp. 15-22.

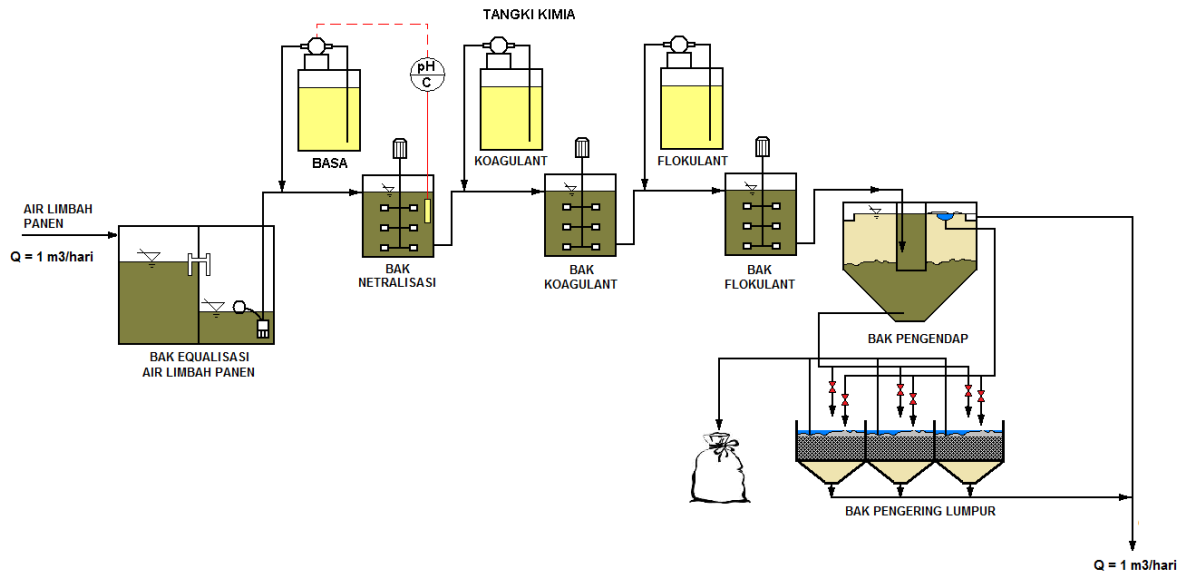
LAMPIRAN



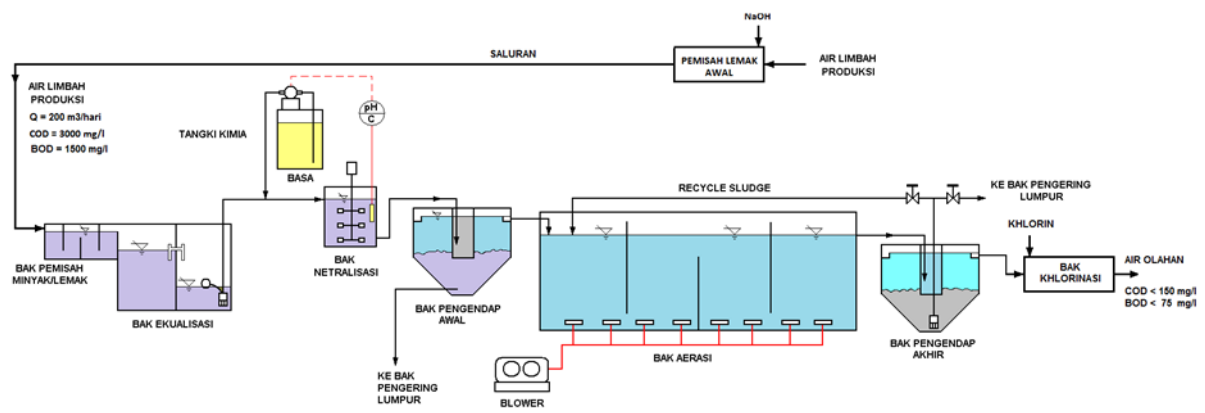
Lampiran 1. Sumber Air Limbah Dan Sistem Aliran Air Limbah Dan Rencana Proses Pengolahan



Lampiran 2. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif



Lampiran 3. Diagram Proses Pengolahan Awal Air Limbah Panen



Lampiran 4. Diagram Pengolahan Air Limbah Nata De Coco Dengan Kombinasi Proses Lumpur Aktif Standar

