

# TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN PROSES BIOFILM TERCELUP

Oleh : Ir. Nusa Idaman Said, M.Eng. \*)

## Abstract

Water pollution in the big cities in Indonesia has shown serious problems. One of the potential sources of water pollution is domestic wastewater that is wastewater from kitchens, laundry, bathing and toilets. These problems have become more serious since the spreads of sewerage systems are still low, so that domestic, institutional and commercial wastewater cause severe water pollution in many rivers or water body. This paper describes alternative technology for treatment of wastewater or organic wastewater using submerged biofilter. Using anaerobic and aerobic submerged biofilter within total one day residence time can decrease BOD, COD and Suspended Solids (SS) concentration more than 90 %.

KATA KUNCI : Biofilm, biofilter, air limbah, anaerob, aerob.

## 1. PENDAHULUAN

Masalah air limbah di Indonesia baik limbah domestik maupun air limbah industri sampai saat ini masih menjadi masalah yang serius. Di dalam proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikro-organisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan aktifitas mikro-organisme biasa disebut dengan "Proses Biologis".

Proses pengolahan air limbah secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi.

Pengolahan air limbah biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (suspended culture), proses biologis dengan biakan melekat (attached culture) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam. Secara garis besar klasifikasi proses pengolahan air limbah secara biologis dapat dilihat seperti pada gambar (1).

Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikro-organisme untuk

menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikro-organisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem ini antara lain : proses lumpur aktif standar/konvensional (standard activated sludge), step aeration, contact stabilization, extended aeration, oxidation ditch (kolam oksidasi sistem parit) dan lainnya.

Proses biologis dengan biakan melekat yakni proses pengolahan limbah dimana mikro-organisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Proses ini disebut juga dengan proses film mikrobiologis atau proses biofilm. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain : trickling filter, biofilter tercelup, reaktor kontak biologis putar (*rotating biological contactor, RBC*), *contact aeration/oxidation* (aerasi kontak) dan lainnya.

Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan lagoon atau kolam adalah dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga dengan aktifitas mikro-organisme yang tumbuh secara alami, senyawa polutan yang ada dalam air akan terurai. Untuk mempercepat proses penguraian senyawa polutan atau memperpendek waktu tinggal dapat juga dilakukam proses aerasi. Salah satu contoh proses pengolahan air limbah dengan cara ini adalah kolam aerasi atau kolam stabilisasi (stabilization pond). Proses dengan sistem lagoon tersebut kadang-kadang

\*) Peneliti pada Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Direktorat Teknologi Lingkungan, BPPT

dikategorikan sebagai proses biologis dengan biakan tersuspensi.

Makalah ini membahas tentang teknologi pengolahan air limbah dengan proses biofilm atau biofilter tercelup yang merupakan salah satu cara pengolahan air limbah secara biologis dengan biakan melekat. Beberapa hal yang dibahas antara lain prinsip pengolahan, serta aplikasinya untuk pengolahan air limbah organik.

## **2. PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN PROSES FILM MIKROBIOLOGIS (BIOFILM)**

### **2.1 KLASIFIKASI PROSES FILM MIKROBIOLOGIS (BIOFILM)**

Proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm atau biofilter secara garis besar dapat diklasifikasikan seperti pada Gambar 2. Proses tersebut dapat dilakukan dalam kondisi aerobik, anaerobik atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses aerobik dilakukan dengan kondisi adanya oksigen terlarut di dalam reaktor air limbah, dan proses anaerobik dilakukan dengan tanpa adanya oksigen dalam reaktor air limbah. Sedangkan proses kombinasi anaerob-aerob adalah merupakan gabungan proses anaerobik dan proses aerobik. Proses ini biasanya digunakan untuk menghilangkan kandungan nitrogen di dalam air limbah. Pada kondisi aerobik terjadi proses nitrifikasi yakni nitrogen ammonium diubah menjadi nitrat ( $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$ ) dan pada kondisi anaerobik terjadi proses denitrifikasi yakni nitrat yang terbentuk diubah menjadi gas nitrogen ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$ ).

### **2.2 PRINSIP PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN SISTEM BIOFILM**

Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm aerobik secara sederhana dapat diterangkan seperti pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan suatu sistem biofilm yang terdiri dari medium penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan alir limbah dan lapisan udara yang terletak diluar. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD, COD), ammonia, fosfor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomasa. Sulpai oksigen pada lapisan biofilm dapat dilakukan dengan beberapa cara misalnya

pada sistem RBC yakni dengan cara kontak dengan udara luar, pada sistem "Trickling Filter" dengan aliran balik udara, sedangkan pada sistem biofilter tercelup dengan menggunakan blower udara atau pompa sirkulasi.

Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas  $\text{H}_2\text{S}$ , dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar maka gas  $\text{H}_2\text{S}$  yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat ( $\text{SO}_4$ ) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilm.

Selain itu pada zona aerobik nitrogen-ammonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat dan selanjutnya pada zona anaerobik nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Oleh karena di dalam sistem biofilm terjadi kondisi anaerobik dan aerobik pada saat yang bersamaan maka dengan sistem tersebut maka proses penghilangan senyawa nitrogen menjadi lebih mudah. Hal ini secara sederhana ditunjukkan seperti pada Gambar 4.

### **2.3 KEUNGULAN PROSES MIKROBIOLOGIS (BIOFILM)**

Pengolahan air limbah dengan proses biofilm mempunyai beberapa keunggulan antara lain :

#### **A. Pengoperasiannya mudah**

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm, tanpa dilakukan sirkulasi lumpur, tidak terjadi masalah "bulking" seperti pada proses lumpur aktif (*Activated sludge process*). Oleh karena itu pengelolaaanya sangat mudah.

#### **B. Lumpur yang dihasilkan sedikit**

Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan pada proses biofilm relatif lebih kecil. Di dalam proses lumpur aktif antara 30 – 60 % dari BOD yang dihilangkan (*removal BOD*) diubah menjadi lumpur aktif (biomasa) sedangkan pada proses biofilm hanya sekitar 10-30 %. Hal ini disebabkan karena pada proses biofilm rantai makanan lebih panjang dan melibatkan aktifitas mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi dibandingkan pada proses lumpur aktif.

#### **C. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.**

Oleh karena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm mikroorganisme atau mikroba melekat pada permukaan medium penyangga maka pengontrolan terhadap mikroorganisme atau mikroba lebih mudah. Proses biofilm tersebut cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.

**D. Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi.**

Di dalam proses biofilter mikro-organisme melekat pada permukaan unggun media, akibatnya konsentrasi biomasa mikro-organisme per satuan volume relatif besar sehingga relatif tahan terhadap fluktuasi beban organik maupun fluktuasi beban hidrolik.

**E. Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil.**

Jika suhu air limbah turun maka aktifitas mikroorganisme juga berkurang, tetapi oleh karena di dalam proses biofilm substrat maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan biofilm dan juga lapisan biofilm bertambah tebal maka pengaruh penurunan suhu (suhu rendah) tidak begitu besar.

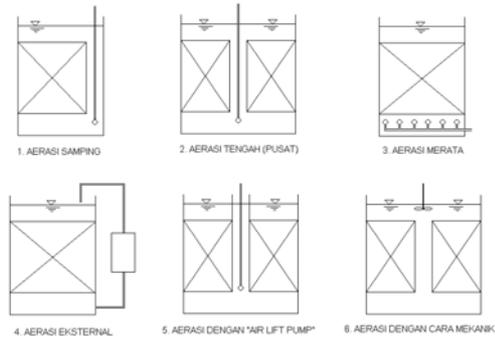
**3. PROSES BIOFILM ATAU BIOFITER TERCELUP (SUBMERGED BIOFILTER)**

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilm atau biofilter tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk pengebang-biakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Untuk proses anaerobik dilakukan tanpa pemberian udara atau oksigen. Posisi media biofilter tercelup di bawah permukaan air. Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik.

Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (random packing), bentuk papan (plate), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah (split), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (kokas) dan lainnya.

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter tercelup aerobik, sistem suplai udara dapat dilakukan dengan berbagai cara, tetapi yang sering digunakan adalah

seperti yang tertera pada Gambar 5. Beberapa cara yang sering digunakan antara lain aerasi samping, aerasi tengah (pusat), aerasi merata seluruh permukaan, aerasi eksternal, aerasi dengan "air lift pump", dan aersai dengan sistem mekanik. Masing-masing cara mempunyai keuntungan dan kekurangan. Sistem aerasi juga tergantung dari jenis media maupun efisiensi yang diharapkan. Penyerapan oksigen dapat terjadi disebabkan terutama karena aliran sirkulasi atau aliran putar kecuali pada sistem aerasi merata seluruh permukaan media.



Gambar 5 : Beberapa metoda aerasi untuk proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter tercelup.

Di dalam proses biofilter dengan sistem aerasi merata, lapisan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media mudah terlepas, sehingga seringkali proses menjadi tidak stabil. Tetapi di dalam sistem aerasi melalui aliran putar, kemampuan penyerapan oksigen hampir sama dengan sistem aerasi dengan menggunakan difuser, oleh karena itu untuk penambahan jumlah beban yang besar sulit dilakukan. Berdasarkan hal tersebut diatas belakangan ini penggunaan sistem aerasi merata banyak dilakukan karena mempunyai kemampuan penyerapan oksigen yang besar.

Jika kemampuan penyerapan oksigen besar maka dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan beban organik (organic loading) yang besar pula. Oleh karena itu diperlukan juga media biofilter yang dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar. Biasanya untuk media biofilter dari bahan anaorganik, semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehinggann jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula. Jika sistem aliran dilakukan dari atas ke bawah (down flow) maka sedikit banyak terjadi efek filtrasi sehingga terjadi proses peumpukan lumpur organik pada bagian atas media yang dapat mengakibatkan penyumbatan. Oleh karena itu perlu proses pencucian secukupnya. Jika terjadi

penyumbatan maka dapat terjadi aliran singkat (Short pass) dan juga terjadi penurunan jumlah aliran sehingga kapasitas pengolahan dapat menurun secara drastis.

Untuk media biofilter dari bahan organik banyak yang dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan misalnya PVC dan lainnya, dengan luas permukaan spesifik yang besar dan volule rongga (porositas) yang besar, sehingga dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar dengan resiko kebuntuan yang sangat kecil. Dengan demikian memungkinkan untuk pengolahan air limbah dengan beban konsentrasi yang tinggi serta efisiensi pengolahan yang cukup besar. Salah Satu contoh media biofilter yang banyak digunakan yakni media dalam bentuk sarang tawon (honeycomb tube) dari bahan PVC. Beberapa contoh perbandingan luas permukaan spesifik dari berbagai media biofilter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 : Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter.

No.	Jenis Media	Luas permukaan spesifik (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )
1	Trickling Filter dengan batu pecah	100-200
2	Modul Sarang Tawon (honeycomb modul)	150-240
3	Tipe Jaring	50
4	RBC	80-150

#### 4. APLIKASI BIOFILTER TERCELUP UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH MENGGUNAKAN MEDIA BATU PECAH (SPLIT)

##### 4.1 Prosedur Percobaan

Percobaan dilakukan dengan cara mengoperasikan sebuah reaktor *bench scale* alat pengolah air limbah rumah tangga dengan proses biofilter anaerob-aerob dengan ukuran : lebar 20 cm, panjang 62 cm, dan tinggi 40 cm, volume efektif 50 liter, dan reaktor tersebut dibuat dari bahan acrilix (plexygalss). Diagram proses pengolahan adalah seperti terlihat pada Gambar 6.

Reaktor tersebut dibagi menjadi beberapa zona yakni ruang pengendapan awal, zona anaerob, zona aerob dan ruang pengendapan akhir.

Air limbah yang digunakan untuk percobaan dikumpulkan dari saluran pembuangan limbah yang merupakan campuran limbah industri dan limbah rumah tangga ditampung di dalam suatu bak,

kemudian dialirkan ke ruang (bak) pengendapan awal. Dari ruang pengendapan awal air limbah dialirkan ke zona anaerob yang terdiri dari biofilter dengan media kerikil ukuran 5 - 10 mm, dengan arah aliran dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas. Selanjutnya, air limpasan dari zona anaerob tersebut dialirkan ke zona aerob, yang terdiri dari biofilter dengan media kerikil dengan arah aliran dari atas ke bawah sambil diaerasi dengan menggunakan pompa udara (air pump). Air yang keluar dari biofilter aerob selanjutnya dialirkan ke ruang pengendapan akhir dengan aliran dari bawah ke atas. Air limpasan dari ruangan pengendapan akhir adalah merupakan air hasil pengolahan.

Laju air pengolahan diatur sedemikian rupa sehingga waktu tinggal di dalam reaktor sekitar tiga hari. Setelah operasi berjalan satu minggu pada permukaan media pada zona anaerob maupun zona aerob akan diselubungi oleh lapisan mikroorganisme yang disebut biofilm. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan senyawa polutan organik yang ada di dalam air limbah. Setelah operasi berjalan dua minggu waktu tinggal di dalam reaktor diubah menjadi 2 hari, dan setelah dua minggu operasi waktu tinggal di dalam reaktor diubah lagi menjadi satu hari. Pengambilan dan pemeriksaan contoh air bakulimbah dan air olahan dilakukan setelah minggu ke satu, dua, tiga, empat, lima dan setelah minggu ke enam.

Parameter senyawa polutan yang diukur yakni COD, BOD, Padatan tersuspensi (SS), ammonium nitrogen (NH<sub>4</sub>-N) dan deterjen.

##### 4.2 Hasil Percobaan

Berdasarkan pengamatan secara kenampakan fisik pada awal proses yakni pengamatan setelah dua hari operasi, proses pengolahan belum berjalan secara baik. Hal ini karena mikroorganisme yang ada di dalam reaktor biofilter belum tumbuh secara optimal. Proses yang terjadi terlihat masih merupakan proses pengendapan dan penyaringan secara fisik. Di dalam bak aerasi buih yang terjadi cukup banyak. Hal ini menunjukkan bahwa penguraian senyawa deterjen belum berjalan secara baik. Air yang keluar dari reaktor sudah relatif bersih dibandingkan dengan air limbah yang masuk.

Setelah proses berjalan berjalan sekitar satu minggu, mikroorganisme sudah mulai tumbuh atau berkembang biak dipermukaan media kerikil. Pada permukaan media kontak (batu pecah atau kerikil) yang ada di dalam zona anaerob maupun zona aerob, telah diselubungi oleh lapisan mikroorganisme. Dengan tumbuhnya lapisan mikroorganisme tersebut maka selain proses penyaringan padatan

tersuspensi (SS) secara fisik, penguraian senyawa polutan yang ada di dalam air limbah secara biologis juga sudah mulai berjalan. Hal ini secara fisik dapat dilihat dari air limpasan yang keluar dari zona anaerob sudah cukup jernih, dan buih atau busa yang terjadi di zona aerob (bak aerasi) sudah berkurang. Sedangkan air olahan yang keluar secara fisik sudah sangat jernih.

### **Penghilangan COD (*chemical oxygen demand*)**

Dari hasil analisa kimia contoh air limbah yang masuk dan air hasil olahan, dengan waktu tinggal 3 hari, setelah satu minggu operasi konsentrasi COD air limbah yang masuk 807,7 mg/l turun menjadi 206,73 mg/l dengan efisiensi penghilangan 74,4 %. Pada saat operasi berjalan dua minggu konsentrasi COD air limbah 1500 mg/l turun menjadi 92,16 mg/l dengan efisiensi penghilangan 93,9 %.

Setelah dua minggu operasi, waktu tinggal air limbah di dalam reaktor diubah menjadi dua hari, dan pada minggu ke tiga konsentrasi COD di dalam air limbah yang masuk 1257 mg/l, dan konsentrasi COD di dalam air olahan turun menjadi 140,59 mg/l, dengan efisiensi penghilangan COD 88,8 %. Pada minggu ke empat setelah operasi berjalan konsentrasi COD air limbah yang masuk 1313,8 mg/l dan konsentrasi COD air olahan 100 mg/l, efisiensi penghilangan COD 92,8 %.

Setelah operasi pada minggu ke empat waktu tinggal air limbah di dalam reaktor diubah menjadi satu hari. Setelah operasi berjalan pada minggu ke lima konsentrasi COD air limbah masuk 728,97 mg/l dan konsentrasi COD air olahan 52,17 mg/l, efisiensi penghilangan COD 92,8 %. Pada minggu ke enam setelah operasi berjalan, konsentrasi COD air limbah masuk 447 mg/l dan konsentrasi COD air olahan 47,06 mg/l, efisiensi penghilangan COD 89,5 %.

Dari hasil tersebut dapat terlihat bahwa dengan kombinasi proses biofilter anaerob-aerob, dengan total waktu tinggal satu hari efisiensi penghilangan senyawa organik (COD) masih cukup besar dan relatif stabil. Hasil analisa konsentrasi COD di dalam air limbah masuk dan air olahan serta efisiensi penghilangan COD selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2, dan Gambar 8.

### **Penghilangan BOD (*biological oxygen demand*)**

Analisa konsentrasi BOD di dalam air limbah dan air hasil olahan mulai dilakukan setelah operasi pada minggu ke dua, ke tiga, ke empat, ke lima dan setelah minggu ke enam.

Hasil analisa konsentrasi BOD di dalam air limbah sebelum dan sesudah pengolahan serta efisiensi penghilangan BOD dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 9. Dari hasil analisa tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi BOD di dalam air limbah yang masuk berfluktuasi antara 240 mg/l sampai dengan 630 mg/l, sedangkan konsentrasi BOD di dalam air olahan berkisar antara 2,5 mg/l sampai dengan 96,5 mg/l, dengan efisiensi penghilangan BOD antara 82,2 % sampai dengan 98,96 %. Dari hasil tersebut dapat terlihat juga bahwa dengan waktu tinggal satu hari efisiensi penghilangan BOD cukup tinggi yakni antara 92% dan 96 %.

### **Penghilangan Ammonia (NH<sub>4</sub>-N)**

Konsentrasi ammonia di dalam air limbah berkisar antara 5,85 mg/l sampai dengan 33,68 mg/l. Dengan waktu tinggal 3 hari, pada minggu pertama setelah operasi efisiensi penghilangan ammonia 58,1 %, yakni dari 5,85 mg/l turun menjadi 2,45 mg/l. Setelah minggu ke dua konsentrasi ammonia dari 6,89 mg/l turun menjadi 0,4 mg/l, dengan efisiensi penghilangan ammonia 94,2 %.

Setelah operasi berjalan pada minggu ke dua waktu tinggal di dalam reaktor diubah menjadi dua hari, dan setelah satu minggu berjalan yakni pada minggu ke tiga konsentrasi ammonia di dalam air limbah dari 25,77 mg/l dan konsentrasi ammonia di dalam air menjadi turun 9,39 mg/l, dengan efisiensi penghilangan 63 %. Pada minggu ke empat konsentrasi ammonia dari 30,94 mg/l turun menjadi 12 mg/l, dengan efisiensi penghilangan 61 %. Dengan demikian dengan waktu tinggal dua hari, efisiensi penghilangan ammonia rata-rata sekitar 62 %.

Dengan waktu tinggal satu hari, efisiensi penghilangan ammonia masing 44 % pada minggu ke 5 dan 53 % pada minggu ke 6. Dengan demikian dengan waktu tinggal satu hari efisiensi penghilangan ammonia rata-rata sekitar 48,5 %. Hasil analisa konsentrasi ammonia di dalam air limbah sebelum dan sesudah pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 10.

### **Penghilangan Deterjen (MBAS)**

Analisa konsentrasi deterjen di dalam air limbah diukur dengan metoda MBAS. Hasil analisa konsentrasi deterjen di dalam air limbah sebelum dan sesudah pengolahan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 11.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa dengan waktu tinggal 3 hari efisiensi penghilangan deterjen (MBAS) 83 %, dengan waktu tinggal dua hari efisiensi penghilangan

deterjen rata-rata sekitar 62,4 %, dan dengan waktu tinggal satu hari efisiensi penghilangan deterjen rata-rata 48,6 %.

#### **Penghilangan Zat Padat Tersuspensi (Suspended Solids, SS)**

Dengan menggunakan proses biofilter tercelup dapat menghilangkan zat padat tersuspensi dengan efektif. Dari hasil percobaan, setelah proses berjalan stabil yakni setelah dua minggu operasi berjalan efisiensi penghilangan zat padat tersuspensi (SS) lebih besar 95 %. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 12.

### **5. PENUTUP**

Dari uraian di atas dengan menggunakan proses kombinasi biofilter tercelup anaerob-aerob dapat mengilangkan polutan organik dan zat padat tersuspensi (SS) dengan efisiensi cukup tinggi (> 90 %).

Proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter tercelup cukup stabil terhadap pengaruh fluktuasi beban organik yang cukup tinggi.

Pengolahan air limbah dengan proses biofilter tercelup pengoperasiannya mudah dan dapat digunakan untuk unit yang kecil maupun besar.

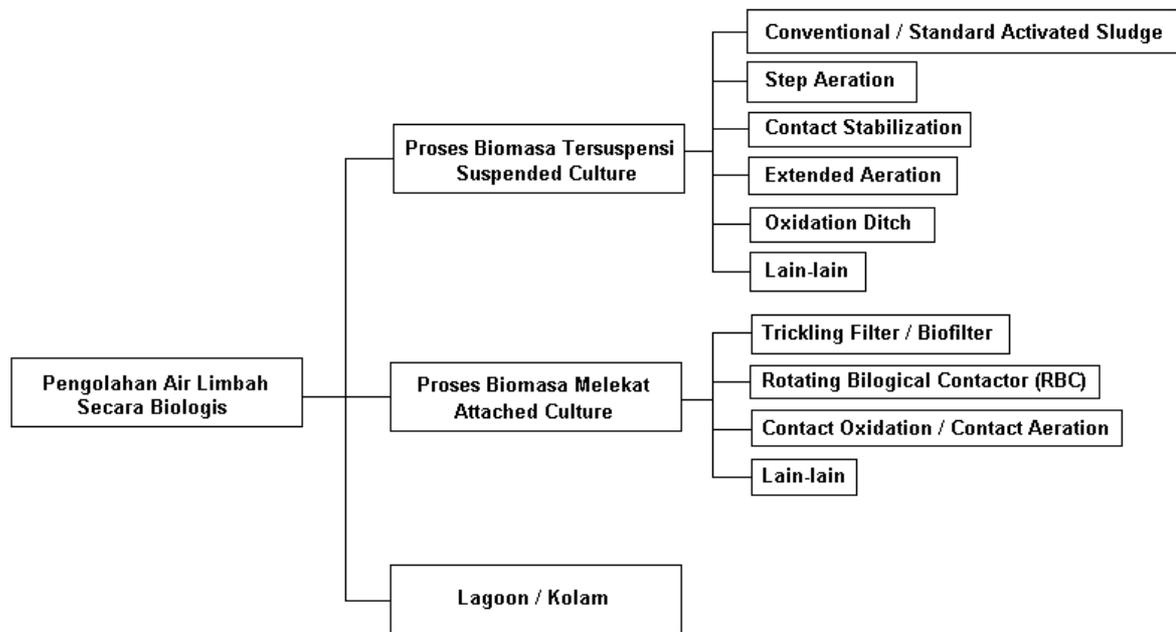
Dengan kombinasi proses anaerob dan aerob dapat menghemat suplai udara, dengan demikian dapat menghemat listrik atau biaya operasi.

### **DAFTAR PUSTAKA**

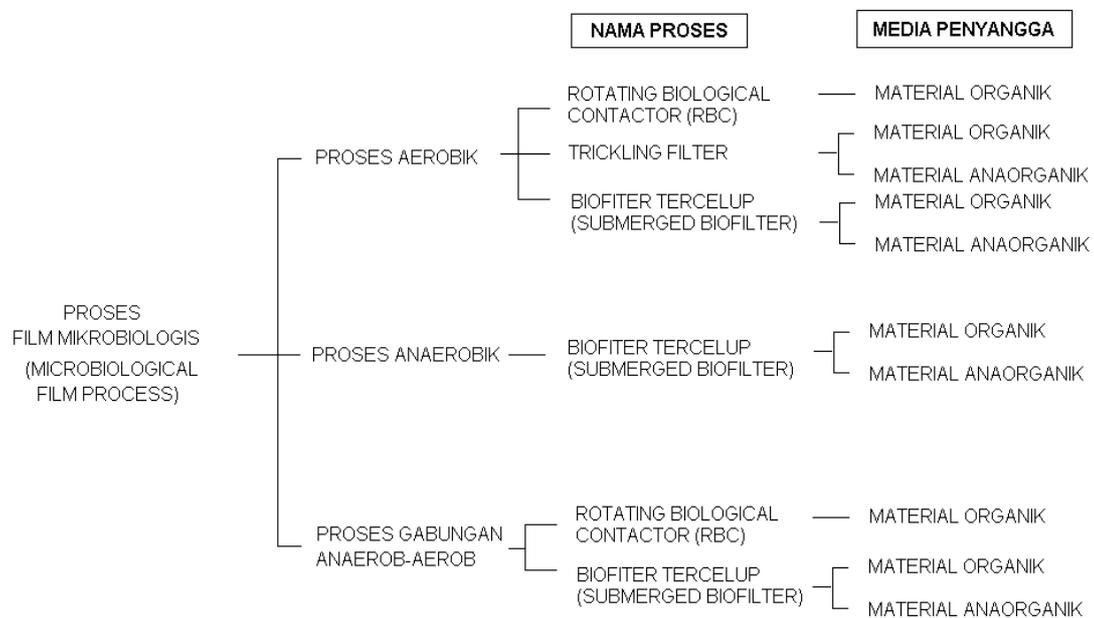
- ----, " Gesuidou Shissetsu Sekkei Shisin to Kaisetsu ", Nihon Gesuidou Kyoukai, 1984.
- FAIR, GORDON MASKEW et.al., " Eements Of Water Supply And Waste Water Disposal", John Willey And Sons Inc., 1971.
- GOUDA T., " Suisitsu Kougaku - Ouyouben", Maruzen kabushiki Kaisha, Tokyo, 1979.
- HIKAMI, Sumiko., "Shinseki rosohou ni yoru mizu shouri gijutsu (Water Treatment with Submerged Filter)", Kougyou Yousui No.411, 12,1992.
- METCALF AND EDDY, " Waste Water Engineering", Mc Graw Hill 1978.
- SUEISHI T., SUMITOMO H., YAMADA K., DAN WADA Y., " Eisei Kougaku " (Sanitary Engineering), Kajima Shuppan Kai, Tokyo, 1987.
- VIESSMAN W, JR., HAMER M.J., " Water Supply And Polution Control ", Harper & Row, New York,1985.

### **RIWAYAT PENULIS**

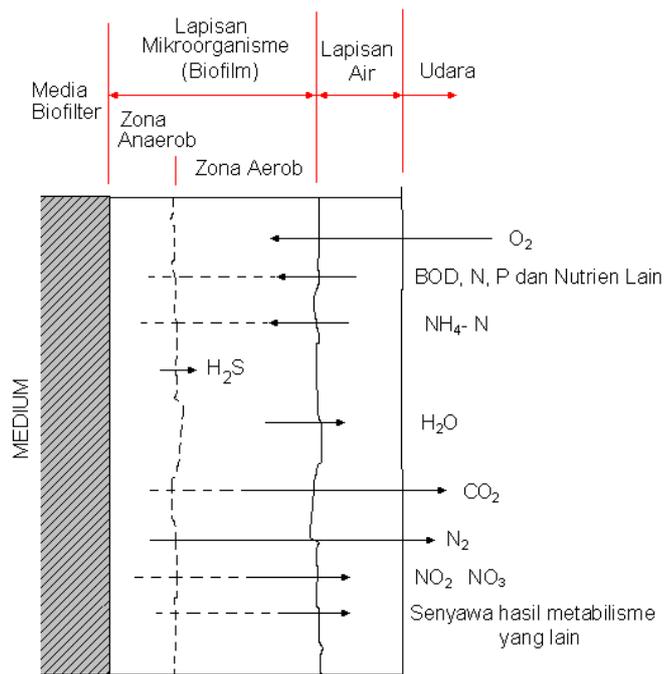
**Nusa Idaman Said**, Lahir di Jombang, 5 Mei 1959. Menyelesaikan pendidikan sarjana Teknik Kimia ITS, Surabaya tahun 1984. Pernah Mengikuti program Industrial Training untuk bidang Perencanaan Fasilitas Pengolahan Air Minum dan Air Limbah di Kyoto University, Jepang (Juli 1987 - Juli 1988). Menyelesaikan Program Master di bidang Environ-mental and Sanitary Engineering, di Kyoto University, Jepang pada tahun 1995. Sejak tahun 1985 sampai sekarang bekerja staf peneliti di Direktorat Teknologi Lingkungan, BPP Teknologi.



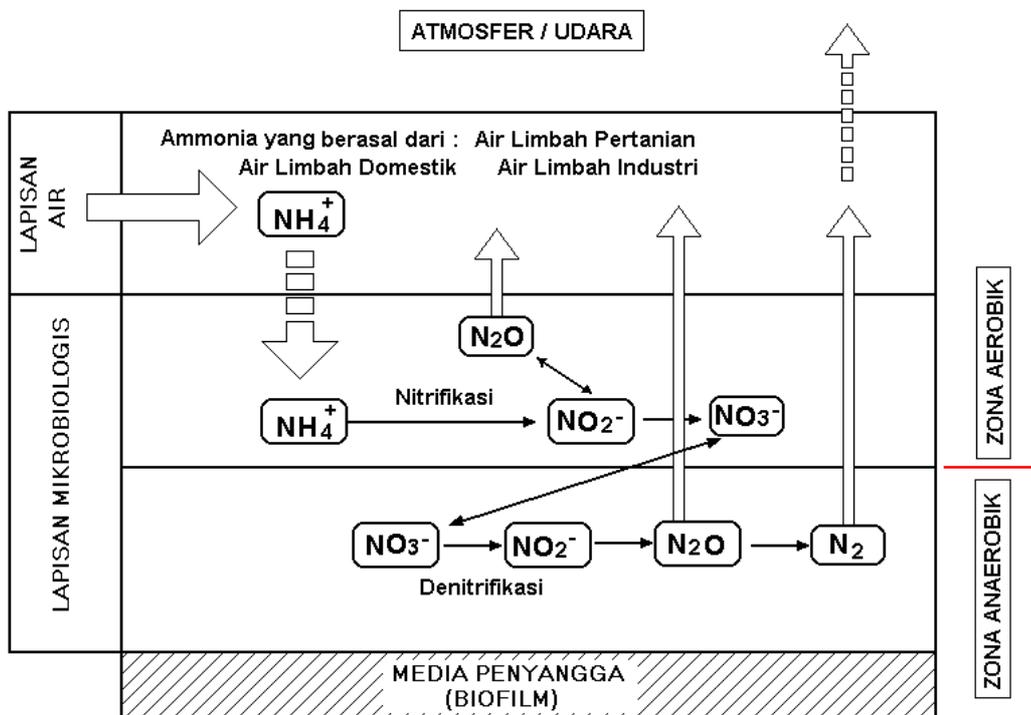
Gambar 1 : Klasifikasi proses pengolahan air limbah secara biologis.



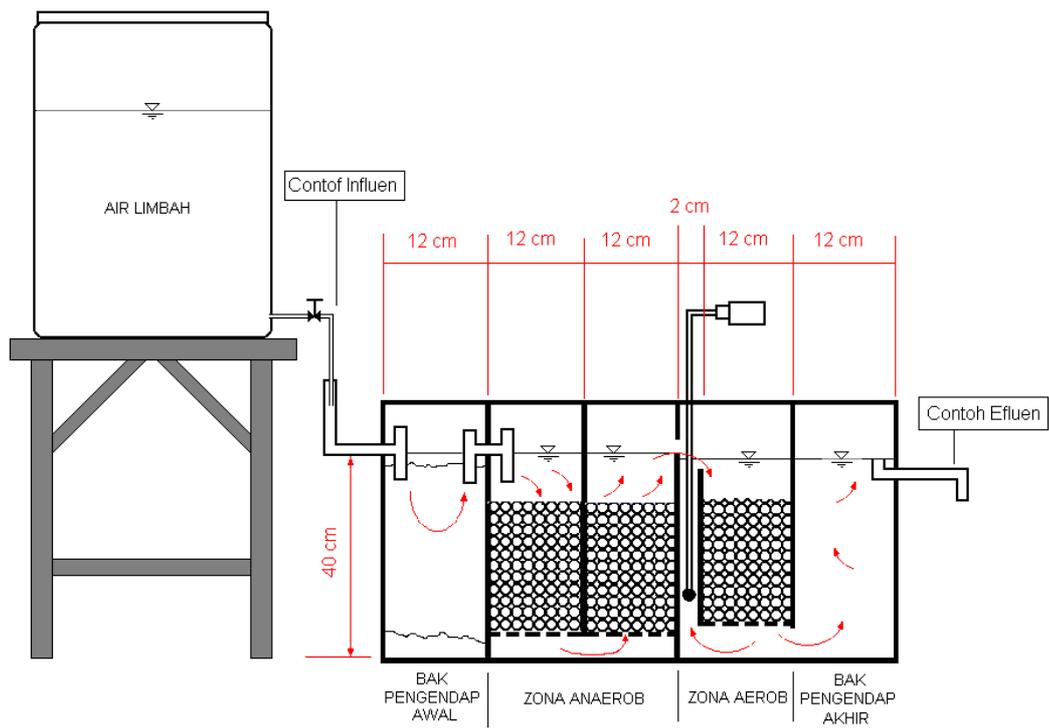
Gambar 2: Kalsifikasi cara pengolahan air limbah dengan proses film mikro-biologis (proses biofilm).



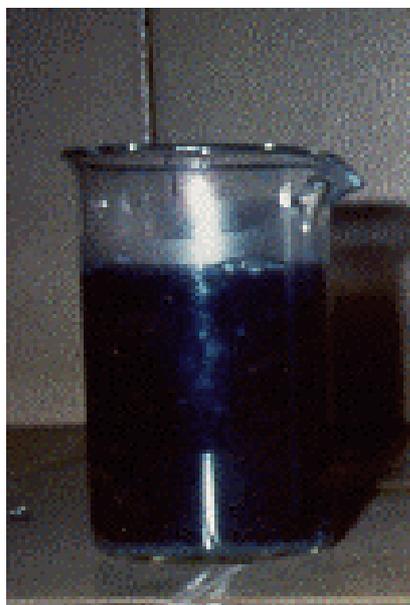
Gambar 3 : Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm.



Gambar 4 : Mekanisme penghilangan Ammonia di dalam proses biofilter.



Gambar 6 : Penampang reaktor biologis biofilter tercelup “anaerob-aerob” untuk pengolahan air limbah yang digunakan untuk percobaan.



Air limbah



Air hasil olahan

Gambar 7 : Kenampakan fisik air limbah sebelum dan sesudah pengolahan.

Tabel 2 : Hasil analisa konsentrasi COD sebelum dan sesudah pengolahan.

Minggu ke	COD masuk (mg/l)	COD keluar (mg/l)	Efisiensi (%)	Keterangan
1	807,7	206,73	74.4	waktu tinggal 3 hari
2	1500	92,16	93.9	
3	1257	140,59	88.8	waktu tinggal 2 hari
4	1313.8	100	92.8	
5	728.97	52,17	92.8	waktu tinggal 1 hari
6	447	47.06	89.5	

Tabel 3 : Hasil analisa konsentrasi BOD sebelum dan sesudah pengolahan.

Minggu ke	BOD masuk (mg/l)	BOD keluar (mg/l)	Efisiensi (%0)	Keterangan
1	-	-	-	waktu tinggal 3 hari
2	240	2,5	98,96	
3	630	57	91	waktu tinggal 2 hari
4	541	96,5	82,2	
5	419	16,5	96	waktu tinggal 1 hari
6	336	27	92	

Tabel 4 : Hasil analisa konsentrasi Nitrogen Ammonium (NH<sub>4</sub>-N) sebelum dan sesudah pengolahan.

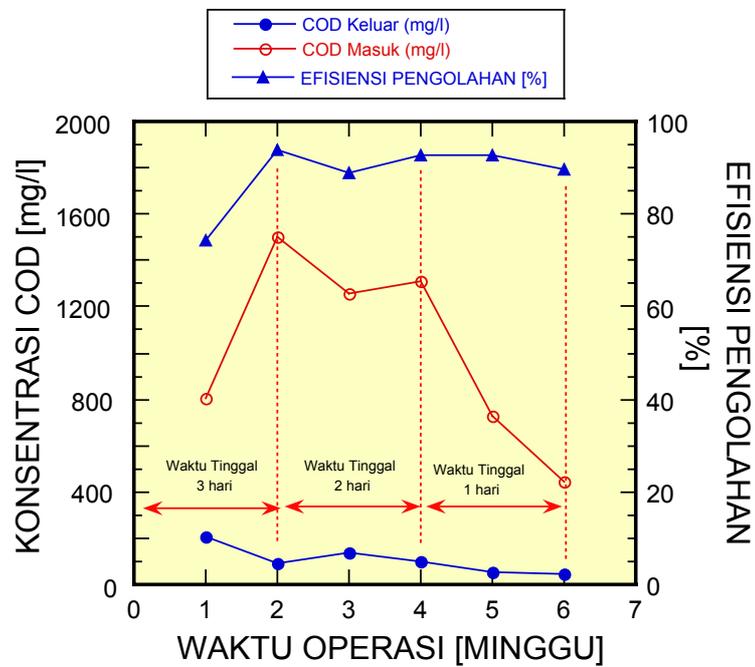
Minggu ke	NH <sub>4</sub> -N masuk (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N keluar (mg/l)	Efisiensi (%)	Keterangan
1	5.85	2.45	58.1	waktu tinggal 3 hari
2	6.89	0.4	94.2	
3	25.77	9.39	63	waktu tinggal 2 hari
4	30.94	12	61	
5	33.68	18	44	waktu tinggal 1 hari
6	31.6	14.78	53	

Tabel 5 : Hasil analisa konsentrasi MBAS di dalam air limbah sebelum dan sesudah pengolahan.

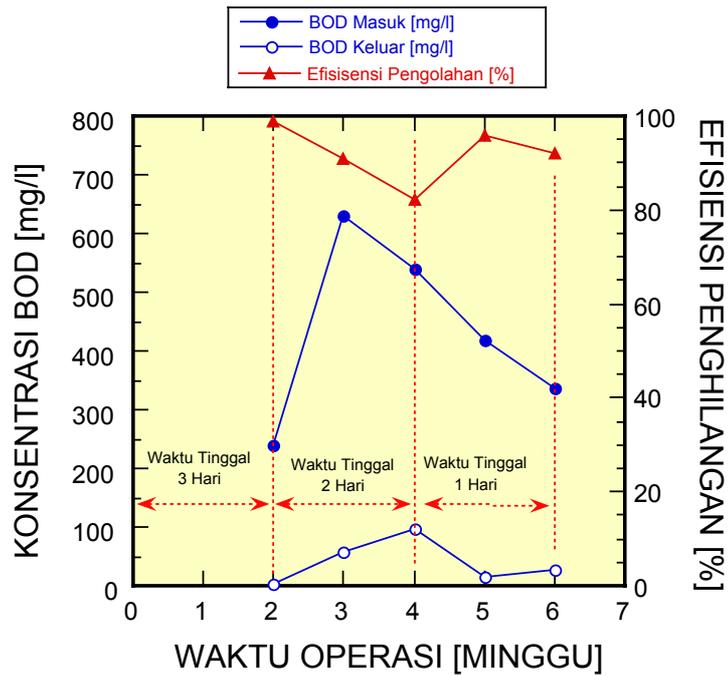
Minggu ke	MBAS masuk (mg/l)	MBAS keluar (mg/l)	Efisiensi (%)	Keterangan
1	-	-	-	waktu tinggal 3 hari
2	47,65	8,1	83	
3	81,45	16,7	63,6	waktu tinggal 2 hari
4	30,94	12	61,2	
5	33,68	18	44	waktu tinggal 1 hari
6	31,6	14,78	53,2	

Tabel 6 : Hasil analisa konsentrasi Padatan Tersuspensi (SS) sebelum dan sesudah pengolahan.

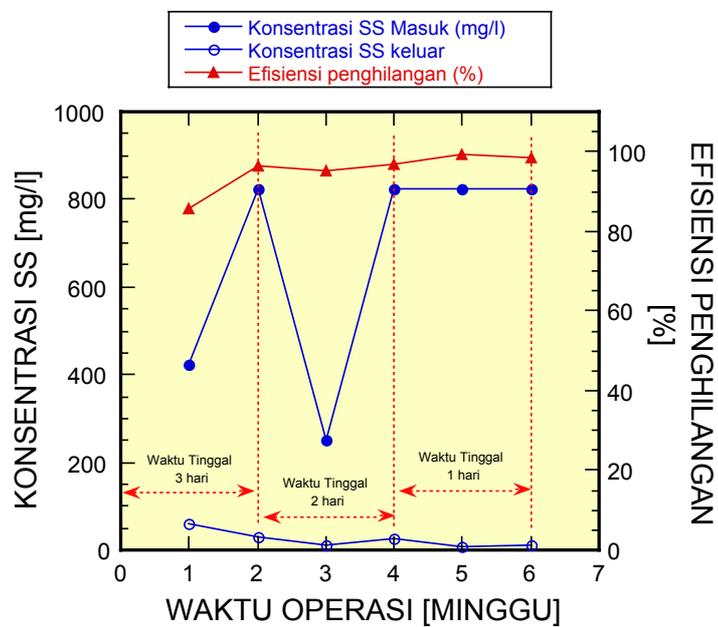
Minggu ke	SS masuk (mg/l)	SS keluar (mg/l)	Efisiensi (mg/l)	Keterangan
1	425	60	85.9	waktu tinggal 3 hari
2	825	30	96.4	3 hari
3	251	12	95.2	waktu tinggal 2 hari
4	825	27	96.7	2 hari
5	825	7	99.1	waktu tinggal 1 hari
6	825	12	98.5	1 hari



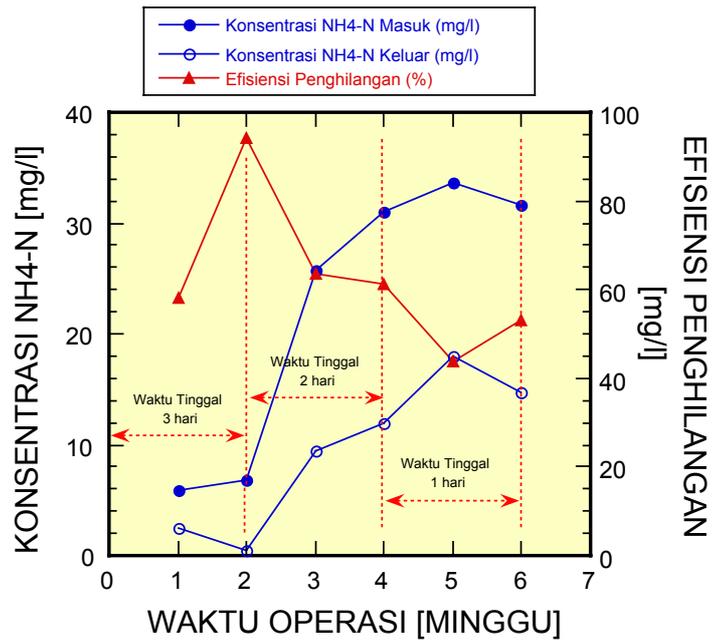
Gambar 8 : Konsentrasi COD sebelum dan sesudah pengolahan serta efisiensi penghilangan.



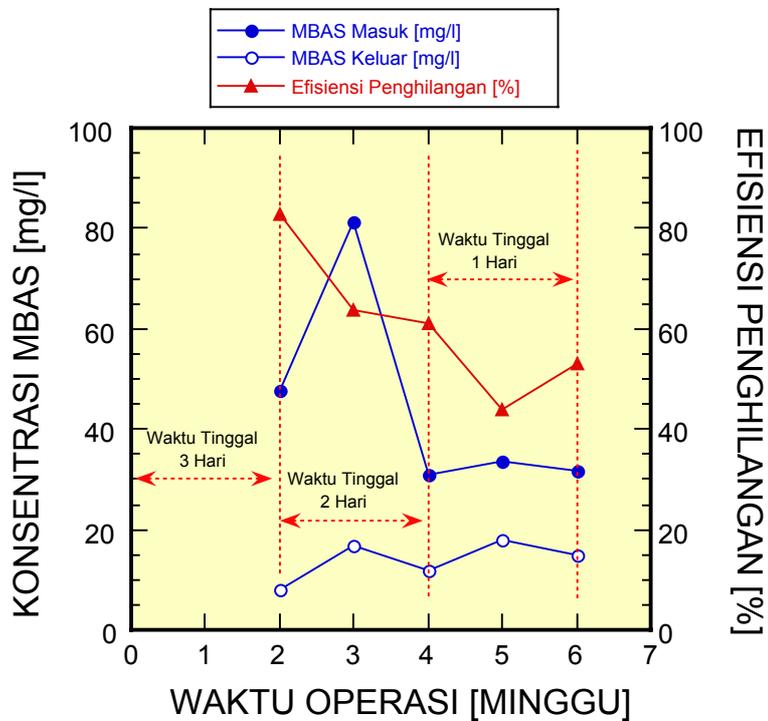
Gambar 9 : Konsentrasi BOD sebelum dan sesudah pengolahan serta efisiensi penghilangan.



Gambar 10 : Konsentrasi padatan tersuspensi (SS) sebelum dan sesudah pengolahan serta efisiensi penghilangan.



Gambar 11: Konsentrasi NH4-N sebelum dan sesudah pengolahan serta efisiensi penghilangan.



Gambar 12 : Konsentrasi MBAS sebelum dan sesudah pengolahan serta efisiensi penghilangan.