

**ANALISIS KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
DOMESTIK DENGAN METODE MBBR**

RUSLI ARDIANSYAH AKBAR

P0302216010



Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. M. Farid Samawi, M.Si

Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI LINGKUNGAN
JURUSAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2020



LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

ANALISIS KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN METODE MBBR

Disusun dan diajukan oleh

RUSLI ARDIANSYAH AKBAR
Nomor Pokok P0302216010

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal, September 2020 dan dinyatakan telah memenuhi syarat



Menyetujui,
Komisi Penasehat


Dr. Ir. Muhammad Farid Samawi, M.Si
Ketua


Prof. Dr. Ir. Mary Selitung, M.Sc
Anggota

Ketua Program Studi
Pengelolaan Lingkungan Hidup,



Dr. Ir. Eymal Bahsar Demmallino, M.Si

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rusli Ardiansyah Akbar

Nomor mahasiswa : P0302216010

Program studi : Pengelolaan Lingkungan Hidup

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Agustus 2020

Yang menyatakan,



RUSLI ARDIANSYAH AKBAR

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul **“Analisis Kinerja Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Metode MBBR”** sebagai syarat memperoleh gelar Magister di Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

Pertama, penulis berterima kasih kepada beberapa pihak yang turut berperan dalam kelancaran penyelesaian tesis ini di antaranya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang telah mendoakan. Segala kebaikan untuk mereka, dunia hingga akhirat.
2. Bapak **Dr. Ir. Muhammad Farid Samawi, M.Si** dan **Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc** selaku pembimbing atas segala masukan saran dan keilmuan. Semoga Tuhan melimpahkan keberkahan dan menjadi amal jariyah.
3. Penguji yang telah meluangkan waktu serta memberikan saran dan mengarahkan penulis dalam perbaikan penulisan tesis, **Bapak Prof. Dr. Akbar Tahir, M.Sc., Bapak Prof. Dr. Ir. Didi Rukmana, M.Si dan Bapak Dr. Ir. Prastawa Budi, M.Sc.**
4. Kepada Istri dan anak-anak beserta keluarga besar atas segala dukungan dan motivasinya dalam penyelesaian tesis ini.
5. Kepada sahabat dan kawan yang turut andil dan tak berkempatan saya



k menulis satu per satu. Terima kasih atas dukungan moril, tenaga, vasi, dan saran-saran dalam penyusunan tesis ini.

Akhirnya, penulis menyadari, tentunya dalam penyusunan tesis ini, masih terdapat banyak kekurangan dan kekhilafan didalamnya. Tidak lain bahwa saya hanyalah manusia biasa yang juga tak pernah luput dari segala kesalahan. Semoga tesis ini turut memberikan sumbangsih dalam dunia keilmuan dan sebagai informasi ilmiah utamanya dalam bidang pengelolaan lingkungan.

Makassar, Agustus 2020



Penulis



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRAK

RUSLI ARDIANSYAH AKBAR. Analisis Kinerja Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Metode MBBR (dibimbing oleh Farid Samawi dan Mary Selintung)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan nilai parameter TSS, COD, BOD, konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$, pH, dan suhu pada pengolahan limbah domestik menggunakan system MBBR dan menganalisis pengaruh, kepadatan *Kaldness*, waktu tinggal dan karakteristik *Kaldness* pada pengolahan limbah domestik menggunakan Sistem MBBR.

Pengambilan sampel air limbah domestik dilakukan di Sungai Pampang Sementara percobaan dilakukan di Laboratorium Fakultas Kelautan dan Perikanan. Metode yang digunakan adalah metode pengolahan dengan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai BOD awal air limbah sebesar 22,5 mg/L menurun menjadi 2,15 mg/L, untuk COD 336 mg/L menurun menjadi 35 mg/L. Untuk nilai Amoniak (NH_3), dari 7,42 mg/L menurun menjadi 0.146 mg/L dan untuk nilai TSS sebesar 36.63 mg/L menjadi 20.24 mg/L. Untuk nilai pH yaitu 7,28– 7,68 dan berada pada suhu 27°C - 29°C. Dari hasil uji pengaruh menggunakan statistik *one way anova* bahwa tidak ada pengaruh signifikan (sig. <0.05) jumlah *Kaldness* K1 terhadap penyisihan parameter air limbah seperti BOD, COD, Amoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan TSS namun untuk pH terdapat pengaruh pada ketiga reaktor dengan jumlah penggunaan *Kaldness* . Waktu tinggal hidrolis air limbah didapatkan hasil bahwa semakin lama waktu pengolahan maka semakin tinggi efektivitas pengolahan namun pada pengolahan 6 jam pertama parameter seperti BOD, COD dan TSS telah mampu direduksi hingga dibawah baku mutu yang telah ditetapkan

Kata kunci: Limbah Domestik, MBBR, Sungai Pampang, BOD, COD, TSS



ABSTRACT

RUSLI ARDIANSYAH AKBAR. *Performance Analysis of Domestic Wastewater Treatment Using the MBBR Method* (supervised by **Farid Samawi** and **Mary Selintung**)

This study aims to analyze changes in the parameter values of TSS, COD, BOD, NH₃-N concentration, pH, and temperature in domestic waste treatment using the MBBR system and to analyze the effect, density of *Kaldness*, residence time and characteristics of *Kaldness* on domestic waste treatment using the MBBR system.

Sampling of domestic wastewater was carried out in the Pampang River. Meanwhile the experiment was carried out at the Laboratory of the Faculty of Marine Affairs and Fisheries. The method used is the processing method with the *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR).

The results showed that the initial BOD value of wastewater was 22.5 mg / L decreased to 2.15 mg / L, for COD of 336 mg / L decreased to 35 mg / L. For the value of ammonia (NH₃), from 7.42 mg / L decreased to 0.146 mg / L and for the TSS value of 36.63 mg / L to 20.24 mg / L, the pH value is 7.28–7.68 and is at a temperature of 27 ° C - 29 ° C. From the results of the effect test using the one way ANOVA statistic that there is no significant effect (sig. <0.05) on the amount of K1 *Kaldness* on the removal of wastewater parameters such as BOD, COD, Ammonia (NH₃-N) and TSS but for pH there is an effect on the three reactors with the amount of use of *Kaldness*. The Hydraulic Retention Time of wastewater shows that the longer the processing time, the higher the effectiveness of the treatment, but in the first 6 hours of processing parameters such as BOD, COD and TSS have been able to be reduced to below the predetermined quality standards.



Is: Domestic waste, MBBR, Pampang River, BOD, COD, TSS

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Lingkup Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Limbah Cair Domestik	5
B. Pengolahan Limbah Domestik.....	10
C. <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR)	11
D. Kerangka Pikir Penelitian	14
BAB III. METODE PENELITIAN	15
A. Jenis Penelitian	15
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	15
C. Rancangan Penelitian	16
D. Populasi dan Sampel.....	16
E. Alat dan Bahan Penelitian	16
F. Jenis dan Sumber Data	18
G. Variabel Penelitian.....	20
H. Prosedur Penelitian	20
Analisis Data.....	23
Survei Penelitian	24
HASIL DAN PEMBAHASAN	25



A. Gambaran Umum Lokasi.....	25
B. Karakteristik Limbah Awal	26
C. Hasil Uji <i>Effluent</i>	27
1. Nilai BOD	27
2. Nilai COD	30
3. Nilai Amoniak (NH ₃)	34
4. Nilai Total Suspended Solid (TSS)	37
5. Nilai pH.....	41
D. Pengaruh Jumlah <i>Kaldness</i> dan Waktu Retensi Pengolahan Terhadap Penyisihan Parameter Air Limbah	43
1. Pengaruh Jumlah <i>Kaldness</i> (Reaktor) Terhadap Penyisihan Parameter Air Limbah	43
2. Pengaruh Waktu Tinggal Hidrolik Terhadap Penyisihan Parameter Air Limbah	45
E. <i>Seeding</i> Dan Aklimatisasi dan Karakteristik MBBR.....	47
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses MBBR Secara Umum (Sumber: Odegaard, Rusten, dan Westrum 1994).....	13
Gambar 2. Reaktor Aerob, Anaerob Anoksik dan <i>Carrier</i>	13
Gambar 3. Kerangka Pikir Penelitian	14
Gambar 4. Lokasi Sampling Air Limbah Domestik.....	15
Gambar 5. Desain MBBR.....	17
Gambar 6. Diagram Alur Penelitian.....	24
Gambar 7. Nilai BOD Masing-Masing Reaktor Terhadap Variasi Waktu	27
Gambar 8. Nilai COD Masing-Masing Reaktor Pada Retensi Waktu Pengolahan Yang Berbeda	30
Gambar 9. Nilai Amoniak (NH ₃) Pada Masing-Masing Reaktor Dengan Waktu Pengolahan Berbeda.....	34
Gambar 10. Nilai TSS Masing-Masing Reaktor Pada Retensi Waktu Pengolahan Berbeda.....	37
Gambar 11. Nilai pH Pada Masing-Masing Reaktor Dengan Waktu Pengolahan Berbeda.....	41



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Domestik	6
Tabel 2. Alat dan Bahan	18
Tabel 3. Tabel Parameter dan Metode Analisa Pengolahan Sampel	19
Tabel 4. Komposisi Dalam Setiap Reaktor Uji	21
Tabel 5. Penelitian MBBR	22
Tabel 6. Nilai Awal Parameter Air Limbah Domestik Sungai Pampang UMI	26
Tabel 7. Uji Pengaruh Jumlah <i>Kaldness</i> Pada Masing-Masing Reaktor Terhadap Penyisihan Parameter Air Limbah	45
Tabel 8. Uji Pengaruh Waktu Pengolahan Terhadap Penyisihan Parameter Air Limbah.....	47



LAMPIRAN

Lampiran 1. Reaktor MBBR	56
Lampiran 2. Proses pengambilan Air Limbah Uji	56
Lampiran 3. Bakteri Aerob Untuk Proses <i>Seeding</i>	57
Lampiran 4. Pengujian Sampel Hasil Pengolahan di Laboratorium Kimia FIKP UNHAS	57
Lampiran 5. Pengaruh Jumlah <i>Kaldness</i> Terhadap Penyisihan Parameter Air Limbah.....	58
Lampiran 6. Pengaruh Waktu Pengamatan Terhadap Penyisihan Parameter Air Limbah.....	69



BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Limbah cair domestik merupakan cairan limbah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, namun tidak termasuk limbah tinja. Kegiatan yang menghasilkan limbah domestik yaitu mencuci, memasak, mandi, kegiatan pertanian dan peternakan (Dhamar Yudho Aji onesia 2008). Rata-rata konsumsi air setiap individu perhari yaitu 144 liter (Menteri dan Umum 2007), air limbah yang dihasilkan tidak diolah secara khusus melainkan langsung dibuang ke saluran air ataupun ke sungai. Hal tersebut menyebabkan pencemaran ekosistem akuatik seiring dengan pertambahan jumlah penduduk (Schwarzenbach et al. 2010).

Limbah domestik menyebabkan banyak permasalahan di perairan, seperti munculnya bau, meningkatnya kekeruhan air, dan ketidakseimbangan komposisi mikroflora yang diakibatkan oleh kelebihan nutrisi terlarut dalam air. Beban COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) meningkat seiring semakin besarnya polutan yang masuk ke dalam perairan, sehingga menyebabkan penurunan DO (*Dissolved Oxygen*) atau oksigen terlarut dalam air, yang sangat dibutuhkan oleh organisme non-fotosintetik yang hidup di berbagai lapisan

(Von Sperling 2015).



Di beberapa daerah di dunia sudah ada pengolahan limbah domestik dengan menggunakan berbagai metode. Cara yang paling umum digunakan yaitu dengan menggunakan optimasi proses metabolisme dengan menggunakan bantuan mikroorganisme dalam suatu instalasi pengolahan air limbah, yang sebelumnya telah dilakukan perlakuan fisik dan kimiawi agar kondisi limbah sesuai dengan kondisi hidup mikroorganisme pengurai. Pada prinsipnya proses pengolahan limbah secara konvensional merupakan pengolahan aerobik dengan menggunakan berbagai jenis mikroorganisme yang mengoksidasi polutan menjadi CO_2 , H_2O , NH_4 dan sel biomassa. Sel biomassa akan mengendap membentuk endapan lumpur aktif yang terdiri dari bakteri, protozoa, virus dan algae yang bekerja sama dalam mengurai polutan yang terlarut dalam limbah (Spellman 2013).

Endapan lumpur aktif yang dihasilkan sangat menentukan proses pengolahan selanjutnya, karena terdiri dari berbagai mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian dan sudah teradaptasi dengan baik pada kondisi limbah. Jumlah organisme di tiap volume juga sangat berpengaruh terhadap kesuksesan pengolahan limbah (Zita dan Hermansson 1997). Sistem pengolahan ini memerlukan suatu instalasi yang membutuhkan biaya dan tempat yang tidak sedikit, sehingga diperlukan adanya suatu metode yang lebih praktis, hemat dan efisien dalam proses pengolahan limbah domestik.

Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) merupakan pilihan teknologi terbaik saat ini untuk menyelesaikan masalah pencemaran perairan oleh limbah cair domestik. Kurang lebih sudah ada 16 negara menggunakan instalasi pengolahan limbah gunakan metode ini (Patel dan Vashi 2013). Lebih kurang ada 90 unit



industri dan limbah perkotaan di Amerika Serikat (Zhao et al. 2015). Pengolahan limbah dengan metode ini menjadi sangat populer karena efisiensi, kapasitas yang besar, dan membutuhkan biaya dan tempat yang relatif kecil. MBBR merupakan proses pengolahan yang berkesinambungan dengan konsentrasi mikroorganisme pengurai yang tinggi tanpa adanya penambahan volume reaktor. Efisiensi tersebut terjadi karena keistimewaan proses aerasi akibat desain carrier sebagai tempat melekatnya biofilm yang bergerak dengan bebas dan menciptakan kondisi aerob dengan sendirinya (Busch, Cruse, dan Marquardt 2007). Hal tersebut menjadi dasar pertanyaan mengenai seberapa efektif pengolahan air limbah dengan metode MBBR diaplikasikan di Indonesia, serta bagaimana kesesuaian proses tersebut dengan mikroorganisme pengurai yang ada di Indonesia.

B. Rumusan Masalah

Bagaimana kinerja metode MBBR dalam pengolahan limbah cair domestik?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis perubahan nilai perubahan parameter TSS, COD, BOD, konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$, pH, dan suhu pada pengolahan limbah domestik menggunakan Sistem MBBR.
2. Menganalisis pengaruh, kepadatan *Kaldness*, waktu tinggal dan karakteristik da pengolahan limbah domestik menggunakan sistem MBBR.



D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan alternatif pilihan metode pengolahan limbah cair domestik dalam skala lapangan.
2. Memberikan estimasi data penurunan konsentrasi polutan yang spesifik pada limbah domestik.
3. Memberikan pandangan awal untuk pengembangan metode MBBR dalam proses pengolahan limbah cair.

E. Lingkup Penelitian

1. Parameter yang diukur yaitu pH, Suhu, TSS, COD, BOD, dan konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$.
2. Efektivitas diukur pada alat dalam skala laboratorium.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. limbah Cair Domestik

Air limbah merupakan sisa air yang aktivitas manusia yang dapat mengandung zat tersuspensi dan zat terlarut. Air limbah biasanya sulit diolah karena mengandung berbagai zat organik, minyak atau lemak, dan logam berat. (Metcalf dan Eddy 1991). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik dapat didefinisikan sebagai air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, lembaga pendidikan, pelayanan kesehatan perniagaan, apartemen, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan. Pencemar pada limbah domestik biasanya bersifat organobiologis, yang berupa padatan tersuspensi berukuran besar atau sedang seperti *feces* dan sisa makanan, koloid atau larutan seperti urin, dan senyawa kimia seperti sabun dan deterjen. Dirangkum dalam Abbassi dan Al-Baz (2008), limbah cair domestik dibagi menjadi empat jenis, yaitu:

1. **Grey Water** merupakan air limbah yang berasal dari proses kegiatan dari dapur, kamar mandi, *laundry*, tanpa feces dan urin.
2. **Black Water** merupakan air limbah yang berasal dari proses kegiatan pembilasan toilet (*feces* dan urin dengan pembilasan)



3. **Yellow Water** merupakan air limbah yang berasal dari toilet khusus urin (tanpa atau dengan air pembilasan).
4. **Brown Water** merupakan air limbah *black water* tanpa urin atau *yellow water*.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Domestik

No	Parameter	Limbah cair domestik
1	BOD	100-300 mg/l
2	COD	160-300 mg/l
3	Total solid	200-1000 mg/l
4	Suspended solid	100-500 mg/l
5	Dissolve solid	100-500 mg/l
6	Total Nitrogen	5-86 mg/l
7	Phosphor total	2-10 mg/l
8	Logam berat	0 mg/l
9	Minyak dan lemak	0-40 mg/l

Sumber : (Wisjnuprpto 2007)

Limbah cair domestik dapat berperan sebagai vektor penyakit, bersifat korosif pada bangunan, dan merusak keseimbangan ekosistem perairan. Nilai estetika dari ekosistem perairan dan ekosistem sekitarnya dapat menurun akibat pencemaran yang terjadi oleh limbah cair domestik (G.S.Sodhi 2015). Zat-zat yang terkandung dalam cairan limbah domestik yaitu materi organik tersuspensi maupun terlarut seperti protein, karbohidrat, lemak dan unsur anorganik seperti garam dan logam berat (Kodoatie 2010).



Nutrien yang masuk dalam jumlah berlebih kedalam perairan dapat menimbulkan efek langsung yaitu naik atau turun nya suhu dan pH air, atau akibat tak langsung yaitu turun nya oksigen terlarut karena digunakan mikroorganisme untuk mengurai nutrisi tersebut, kedua akibat tersebut sama-sama mengganggu keseimbangan kehidupan biota air (Water dan Management 2000). Masuknya limbah dengan nilai COD dan BOD di atas 200 mg/L menyebabkan penurunan oksigen terlarut, sehingga organisme seperti bakteri aerob, *crustacea*, dll akan mati, dan perairan didominasi oleh bakteri anaerob. Beberapa jenis bakteri anaerob mengubah nitrit menjadi amonia, sulfat menjadi sulfida yang bersifat toksik bagi makroorganisme. Deterjen yang masuk melalui limbah domestik juga dapat meningkatkan kadar fosfat di perairan yang juga menyebabkan eutrofikasi. Kematian makroorganisme dan *blooming* tumbuhan invasif juga dapat menyebabkan fenomena pendangkalan di perairan diam seperti danau (Edzwald 2011).

Parameter yang biasa diukur untuk mengetahui kualitas suatu perairan meliputi kondisi fisik, kimiawi dan biologis. Parameter yang termasuk kondisi fisik yaitu suhu, masuknya limbah cair ke dalam perairan dapat meningkatkan atau menurunkan suhu lingkungan akuatik. Kondisi suhu yang fluktuatif dapat berpengaruh terhadap organisme yang hidup di dalamnya. Kenaikan suhu di perairan dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dan menyebabkan konsumsi oksigen oleh mikroorganisme semakin tinggi. Hal tersebut menyebabkan makroorganisme seperti ikan kekurangan suplai oksigen dan akhirnya mati, karena tidak mampu memenuhi kebutuhan metabolismenya (Hendricks 2016).



Parameter selanjutnya yaitu derajat keasaman (pH), merupakan nilai dari aktivitas ion Hidrogen dalam air. pH di perairan menunjukkan nilai keasaman dan kebasaan lingkungan perairan tersebut, semakin rendah maka semakin asam, dan sebaliknya semakin tinggi nilai pH maka semakin basa. Tiap parameter memiliki keterkaitan dengan parameter lainnya dan sangat terkait dengan aktivitas biologis yang terjadi di dalam perairan, juga dengan suhu dan parameter lainnya. Kekeruhan juga termasuk kedalam parameter fisik yang biasanya diukur untuk mengetahui kualitas suatu lingkungan perairan.

Detritus dan limbah cair organik yang berasal dari kegiatan pertanian atau kegiatan sehari-hari di rumah tangga berperan sebagai sumber nutrisi bagi bakteri. Mayoritas bakteri mengurai materi organik tersebut dengan menggunakan oksigen, sehingga proses tersebut mengurangi kadar oksigen terlarut dalam air yang sangat penting bagi organisme akuatik lainnya. BOD₅ (*Biochemical Oxygen Demand*) merupakan ukuran dari jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengurai materi organik pada kondisi aerob. BOD ditentukan dengan menginkubasi sampel air selama 5 hari, dan mengukur seberapa banyak jumlah oksigen yang hilang akibat dekomposisi oleh bakteri. COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan nilai total oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi materi organik di dalam air menjadi karbondioksida dan air. Tidak semua materi organik dapat diurai oleh proses biologis, ada pula materi organik yang bersifat *recalcitrant*, sehingga nilai COD selalu lebih besar dari nilai BOD nya (Barnes, K. 1998).

Nitrogen merupakan unsur dengan jumlah paling banyak di atmosfer dan merupakan unsur paling banyak ke empat yang terdapat di dalam sel, sebagai penyusun dan asam nukleat. Di alam nitrogen ditemukan dalam berbagai bentuk,



dalam bentuk tak teroksidasi yaitu gas nitrogen (N_2), ammonia (NH_4^+ , NH_3), nitrogen organik (urea, asam amino, dll.), dan dalam bentuk teroksidasi yaitu Nitrit (NO_2^-), Nitrat (NO_3^-), (N_2O), (NO), dan (NO_2). Siklus nitrogen merupakan siklus biogeokimia yang kompleks, dari bentuk awal yang sulit bereaksi yaitu N_2 menjadi bentuk yang bisa digunakan dalam proses biologis. Siklus Nitrogen melibatkan beberapa proses yaitu:

1. Fiksasi nitrogen, yaitu pengikatan gas nitrogen (N_2) menjadi bentuk organik atau terikat dengan senyawa lain sehingga dapat digunakan secara langsung oleh organisme. Fiksasi nitrogen biasanya terjadi oleh proses biologis misalnya fiksasi oleh *Rhizobium* atau *Azotobacter*.
2. Nitrifikasi, perubahan ammonia ke dalam bentuk nitrit, nitrit dapat digunakan oleh tumbuhan secara langsung. Proses tersebut terjadi oleh bakteri nitrifikasi.
3. Assimilasi, pemanfaatan senyawa nitrogen secara langsung oleh organisme yang digunakan sebagai penyusun protein.
4. Amonifikasi, merupakan perubahan senyawa organik menjadi senyawa ammonia yang dilakukan oleh mikroba pengurai.
5. Denitrifikasi, perubahan nitrat menjadi gas oleh bakteri denitrifikasi dalam kondisi anaerob.
6. Dissimilasi nitrat menjadi amonia, respirasi anaerobik yang melibatkan nitrat sebagai penerima elektron dan menghasilkan amonia.

Masalah lingkungan yang diakibatkan oleh pencemaran ammonia ke perairan berdampak besar, yaitu menurunnya oksigen terlarut, keracunan, eutrofikasi, dan menurunnya nilai estetika disebabkan bau tak sedap di perairan (Bertino 2010).



B. Pengolahan Limbah Domestik

Sistem pembuangan limbah domestik yang umum digunakan masyarakat saat ini yaitu pengaliran limbah toilet ke dalam tangki septik selanjutnya diresapkan ke dalam tanah atau dibuang ke sungai atau saluran air. Limbah non toilet seperti mandi, cuci dan buangan dapur dibuang langsung ke saluran umum, jumlah penduduk yang semakin padat menyebabkan pencemaran yang semakin tinggi (Erni et al. 2011). Proses pengolahan limbah konvensional melibatkan proses fisik, kimiawi dan biologis. Proses biologis merupakan cara pengolahan yang efektif dalam penghematan biaya, energi, dan penggunaan zat kimia. Misalnya, *Biological Nutrient Removal* (BNR) yang merupakan pendekatan yang baru-baru ini muncul sebagai sistem pengolahan limbah. Pada prosesnya BNR melibatkan modifikasi sistem biologis, sehingga mikroorganisme dapat bekerja lebih efektif dalam mengurai polutan. IFAS (*Intergrated Fixed-film Activated Sludge*), MBBR, dan MBR (*Membrane Bio-Reactor*) merupakan contoh dari hasil modifikasi untuk mengoptimasi proses pengolahan limbah dengan proses biologis. (Leyva-Díaz et al. 2013).

Sistem pengolahan limbah dengan lumpur aktif konvensional membutuhkan bak pengendapan, bak aerasi, dan bak pengendapan sekunder. Setelah melalui kolam pengendapan primer, limbah dialirkan ke dalam bak aerasi dengan waktu tinggal setidaknya enam jam, agar bakteri memiliki cukup waktu untuk tumbuh dan mengurai polutan di dalam limbah. Selanjutnya limbah dilalukan kedalam bak pengendapan sekunder, di dalamnya terjadi pengendapan lumpur aktif yang akan dikembalikan ke dalam bak aerasi, sedangkan limbahnya dilanjutkan kedalam proses pengolahan tersier.

Sistem konvensional merupakan sistem yang banyak digunakan, namun akan banyak lahan jika dibandingkan dengan sistem pengolahan limbah



lainnya. Sistem pengolahan bioreaktor dengan membran, merupakan sistem yang hampir sama dengan sistem konvensional, yang juga menggunakan bak aerasi untuk pertumbuhan mikroba. Pada sistem ini ditambahkan bak dengan membran yang telah tersusun di dalamnya, sehingga proses pengolahan dengan sistem, MBR mampu menghasilkan air dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan sistem konvensional. Tidak diperlukan kolam pengendapan primer dan sekunder pada proses ini, karena limbah telah melalui proses filtrasi dengan menggunakan membran, selanjutnya dinamakan dengan ultra filtrasi (Bahadori dan Smith 2016). Proses ini memisahkan polutan tersuspensi dengan air. Membran dengan kemampuan ultra filtrasi harus dibersihkan secara berkala dan sangat rentan karena melibatkan tekanan yang tinggi. Penyaringan setelah kolam aerasi sebelum memasuki filter ultra filtrasi harus dilakukan untuk menjaga kualitas membran. Pengolahan dengan menggunakan sistem ini memerlukan tempat yang relatif lebih kecil (Anderson 2003).

C. *Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)*

Sistem MBBR merupakan pengolahan limbah berbasis bioreaktor yang diisi oleh carrier yang biasanya terbuat dari plastik. Carrier merupakan benda yang menjadi tempat melekatnya biofilm dari berbagai koloni mikroba. Reaktor dalam MBBR dapat beroperasi dalam kondisi aerob maupun anaerob. Pada kondisi aerob proses penguraian materi organik dan nitrifikasi terjadi, sedangkan pada kondisi anaerob proses denitrifikasi. Pada reaktor aerob, sistem sirkulasi dilakukan dengan menggunakan pompa udara, sedangkan pada reaktor anoksik menggunakan mixer yang terendam. Volume carrier

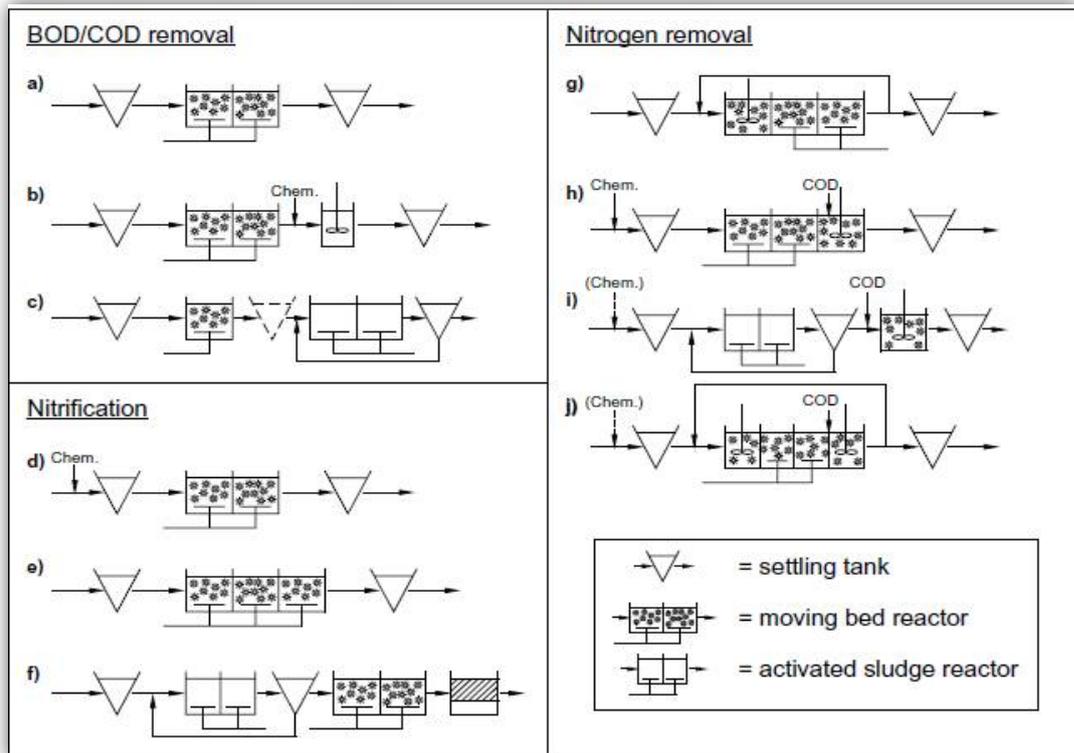
70% dari total volume reaktor (Weiss et al. 2012). Di dalam reaktor



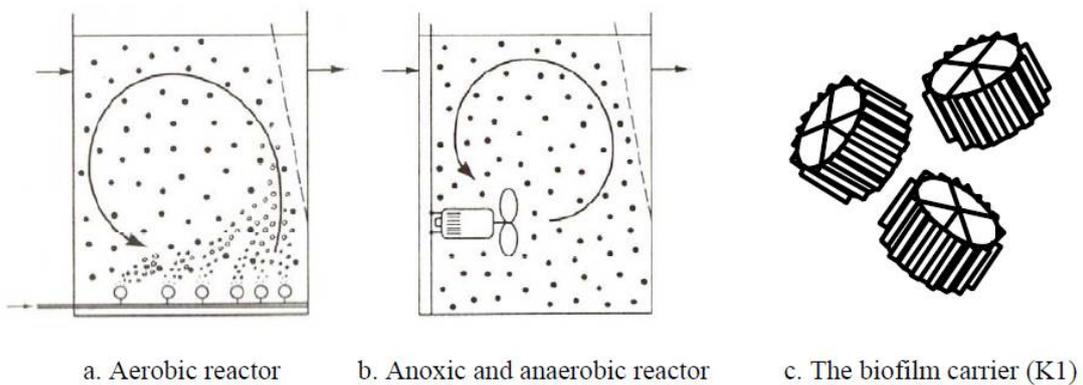
MBBR terdapat “*carrier*” yang berfungsi sebagai tempat melekatnya mikroba pengurai yang membentuk biofilm. *Carrier* tersebut aktif bergerak dan tersuspensi dalam limbah oleh sistem aerasi yang meniupkan udara ke dalam reaktor. *Carrier* menyebabkan semakin besar agitasi yang terjadi juga memperbesar luas permukaan untuk melekatnya biofilm juga penyerapan oksigen. Hal tersebut juga memperpanjang waktu kontak limbah dengan mikroba sehingga proses penguraian lebih efektif baik untuk mengurai bahan organik maupun senyawa nitrogen (Kermani et al. 2008).

Proses aerasi pada sistem MBBR memberikan kondisi aerob pada bakteri di lapisan luar biofilm sehingga proses oksidasi aerob terjadi dengan cepat dan efektif. Mikroba yang mengurai tidak hanya mikroba yang melekat pada *carrier* tetapi juga mikroba yang tersuspensi dalam cairan limbah, yang nantinya akan mengendap dan terpisah menjadi lumpur aktif. Lumpur yang dihasilkan dari proses MBBR 10 kali lebih sedikit dibandingkan sistem pengolahan limbah dengan lumpur aktif (Ahl, Leiknes, dan Ødegaard 2006). Menurut Ahl *et al* (2006), MBBR merupakan sistem pengolahan lumpur aktif dengan *carrier* yang bergerak bebas di dalam reaktor. Hal tersebut menunjukkan bahwa *carrier* sangat berperan penting dalam teknologi MBBR tersebut. Hal tersebut mendorong penelitian tentang *carrier* yang paling efektif sebagai media lekat dari biofilm mikroba pengurai seperti pada Gambar 1.





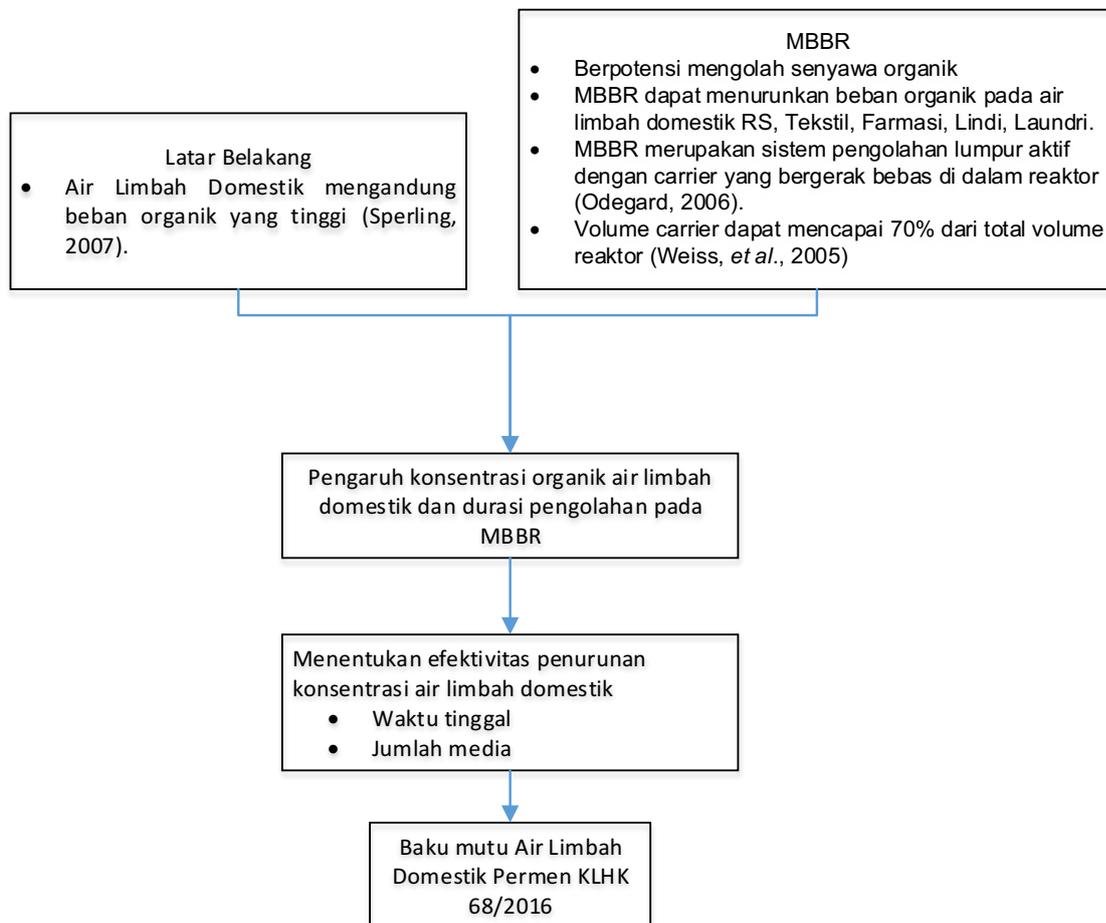
Gambar 1. Proses MBBR Secara Umum (Sumber: (Odegaard, Rusten, dan Westrum 1994)



Gambar 2. Reaktor Aerob, Anaerob Anoksik dan Carrier



D. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 3. Kerangka Pikir Penelitian

