

**PENGARUH PERLAKUAN EM-4 DAN PROBIOTIK TERHADAP
LAJU PENURUNAN BOD_5 DAN COD PADA LIMBAH CAIR
RUMAH SAKIT Dr. KOESNADI BONDOWOSO**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh :

**MEIRZA FARIS BASORI
NIM. 105080100111015**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2014**

**PENGARUH PERLAKUAN EM-4 DAN PROBIOTIK TERHADAP
LAJU PENURUNAN BOD_5 DAN COD PADA LIMBAH CAIR
RUMAH SAKIT Dr. KOESNADI BONDOWOSO**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya, Malang**

Oleh :

**MEIRZA FARIS BASORI
NIM. 105080100111015**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2014**

LAPORAN SKRIPSI

PENGARUH PEMBERIAN EM-4 DAN PROBIOTIK TERHADAP LAJU
PENURUNAN BOD_5 DAN COD LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT
Dr. KOESNADI BONDOWOSO

Oleh :

MEIRZA FARIS BASORI
NIM. 105080100111015

telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 17 Juli 2014
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No. : _____
Tanggal : _____

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

(Ir. Herwati Umi S. MS)
NIP. 19520402 198003 2 001

Tanggal :

Dosen Penguji I

(Ir. Putut Widjanarko, MP)
NIP. 19540101 198303 1 006

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

(Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si)
NIP. 19730404 200212 2 001

Tanggal :

Dosen Penguji II

(Dr. Ir. Mulyanto, M.Si)
NIP. 19600317 198602 1 001

Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Arning Wiluieng Ekawati, MS)
NIP : 19620805 198603 2 001

Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Laporan Skripsi yang saya tulis ini benar-benar hasil karya saya sendiri, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Laporan Skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 17 Juli 2014

Mahasiswa

Meirza Faris Basori



RINGKASAN

MEIRZA FARIS BASORI. Skripsi Tentang "Pengaruh Perlakuan EM-4 dan Probiotik Terhadap Laju Penurunan BOD_5 dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso" (Di bawah bimbingan **Ir. Hj. HERWATI UMI S., MS** dan **Dr. UUN YANUHAR, S.Pi, MSi**)

Rumah sakit merupakan salah satu instansi yang bergerak dalam bidang kesehatan. Dalam semua proses penanganan penyakit akan menghasilkan limbah yang berasal dari sisa obat-obatan yang telah terpakai. Limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan pengobatan rumah sakit Dr. Koesnadi dibuang ke sungai atau ke perairan umum. Apabila limbah yang dibuang tersebut tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu, maka keberadaannya di perairan dapat menyebabkan menurunnya nilai guna perairan. Sehingga perairan akan tercemar dan tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso, Jawa Timur. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada tanggal 4-14 Maret 2014. Pengukuran kualitas air limbah dilaksanakan di Laboratorium Instalasi Sanitasi Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan membandingkan pengaruh keefektifan pemberian EM-4 dan Probiotik terhadap laju penurunan BOD_5 dan COD pada limbah cair Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso.

Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan analisa parameter kualitas air yaitu: Suhu, pH , *Biological Oxygen Demand* (BOD_5), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan Amoniak. Data analisa hasil penelitian menggunakan Uji T. Dalam penelitian ini dilakukan dua perlakuan yaitu EM-4 (A) dan Probiotik (B) dengan setiap perlakuan lima kali ulangan. Air limbah sebagai bahan uji ditempatkan pada bak plastik berukuran 10 liter yang berjumlah 10 buah. Perlakuan dalam penelitian ini meliputi: perlakuan air limbah + EM-4 (A) dan perlakuan air limbah + Probiotik (B). Masing-masing bak diisi dengan 5 liter air limbah yang kemudian diberi EM-4 dan Probiotik pada masing-masing perlakuan sebanyak 35 ml. Pengamatan BOD_5 , COD, Suhu, pH , dan Amoniak diukur pada hari pertama sebelum perlakuan dan pada hari keenam setelah pemberian perlakuan.

Hasil penelitian setelah enam hari pengamatan pada perlakuan EM-4 terjadi penurunan BOD_5 sebesar 35,65% dengan rata-rata 75,9 mg/l dan penurunan

repository.ub.ac.id

COD sebesar 21,59% dengan rata-rata 148,8 mg/l. Pada perlakuan Probiotik didapat penurunan BOD_5 sebesar 17,58% dengan rata-rata 90,12 mg/l dan penurunan COD sebesar 23,74% dengan rata-rata 175 mg/l. Perlakuan EM-4 dan Probiotik juga dapat menurunkan amoniak, dimana terjadi penurunan pada perlakuan EM-4 sebesar 74,16% dengan rata-rata 0,42 mg/l. Pada Probiotik terjadi penurunan sebesar 69,12% dengan rata-rata 0,44 mg/l. Selama enam hari pengamatan terjadi kenaikan pada Suhu dan pH . Kenaikan suhu pada perlakuan EM-4 sebesar 10,69% dengan rata-rata 30,84 °C dan pada Probiotik sebesar 9,41% dengan rata-rata 30,6 °C. Pada perlakuan EM-4 terjadi kenaikan pH sebesar 5,77% dengan rata-rata pH sebesar 8,09 dan pada Probiotik sebesar 5,94% dengan rata-rata pH sebesar 8,1.

Setelah enam hari penelitian didapat kesimpulan bahwa pemberian EM-4 memiliki kemampuan lebih baik dalam menurunkan BOD_5 . Pada laju penurunan COD, perlakuan Probiotik memiliki fungsi lebih baik dibandingkan dengan perlakuan EM-4. Setelah enam hari pengamatan, pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Peraturan Pemerintah tentang pengendalian pencemaran air. Dari hasil penelitian ini diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk menambah dosis EM-4 dan Probiotik sehingga dengan retensi waktu enam hari dapat memaksimalkan laju penurunan BOD_5 dan COD pada limbah rumah sakit.



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan ridhonya, Laporan Skripsi dengan judul “Pengaruh Pemberian EM-4 dan Probiotik Terhadap Laju Penurunan BOD₅ dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso” ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Laporan Skripsi ini disusun sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang.

Laporan Skripsi ini kami hadirkan dengan harapan agar dapat dijadikan pegangan belajar mengenai dunia perikanan, sekaligus menambah khasanah keilmuan bagi pembaca terutama untuk mempelajari tentang proses pengolahan limbah cair pada rumah sakit. Sehingga diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan oleh peneliti yang lain.

Dalam penyusunan laporan ini kami menyadari adanya kekurangan-kekurangan, oleh sebab itu segala kritik dan saran yang membangun kami terima dengan senang hati. Semoga laporan ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi yang membacanya. Amin.

Malang, 17 Juli 2014

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan segala nikmat dan kemudahan serta kekuatan hati yang luar biasa kepada saya selama ini.
2. Bapak dan Ibu yang sangat saya cintai di Bondowoso terimakasih atas bantuan dan pengorbanan baik moril maupun materiil serta doanya yang selalu mengiringi setiap langkah dan detak jantung saya menuju ke suksesan, khususnya dalam penyelesaian dan penyusunan laporan ini.
3. Ibu Ir. Herwati Umi S, MS dan Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si selaku pembimbing, atas segala bantuan, masukan, kritik dan saran serta bimbingannya sehingga saya dapat menyelesaikan laporan ini.
4. Bapak Ir. Putut Widjanarko, MP dan Dr. Ir. Mulyanto, M.Si selaku dosen penguji. Terimakasih untuk diberi kemudahan dalam jalannya sidang skripsi saya. Kritikan pedas tidak menjadi halangan untuk bisa membangun.
5. Instalasi Sanitasi Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso, atas waktu dan kesempatan yang diberikan kepada saya dalam pelaksanaan penelitian.
6. Staf Pelaksana IPAL yang telah membantu dan membimbing di lapang sehingga mempermudah dalam memahami proses pengolahan limbah cair.
7. Dia yang telah menemani segala proses studi ini dengan setulus hati, yakni Neirza Putri Istighfarina yang selalu memberikan motivasi dan masukan sampai laporan ini dapat terselesaikan. Sungguh karena Allah akhirnya proses studi sarjana ini dapat terselesaikan. Hanya Allah lah yang mampu membalas, dan hanya Allah sebaik-baiknya pemberi balasan.
8. Teman-teman MSP angkatan 2010 atas segala dukungan, saran dan kritik yang sangat membantu dalam penyusunan laporan ini. Kepada para sahabat yang turut berjuang, semoga kita disukseskan. Aamiin

Malang, 17 Juli 2014

Meirza Faris Basori

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Hipotesa.....	4
1.5 Kegunaan.....	5
1.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Limbah	6
2.2 Bioremediasi.....	8
2.3 Pengertian EM-4	10
2.4 Kandungan EM-4	10
2.5 Pengertian Probiotik	12
2.6 Kandungan Probiotik	13
2.7 Parameter Kualitas Air	14
a. Suhu.....	14
b. pH	14
c. <i>Chemycal Oxygen Demand</i> (COD).....	15
d. <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD_5)	16
e. Amoniak	17



3. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Materi Penelitian.....	19
3.2 Desain Penelitian	19
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.4 Metode Penelitian.....	20
3.5 Prosedur Penelitian	21
3.6 Analisa Parameter Kualitas Air	22
a. Suhu.....	22
b. <i>pH</i>	22
c. <i>Chemycal Oxygen Demand</i> (COD).....	23
d. <i>Biologycal Oxygen Demand</i> (<i>BOD</i> ₅)	23
e. Amoniak	24
3.6 Analisa Data.....	25
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Perubahan Bahan Organik.....	27
4.1.1 Proses Dekomposisi.....	27
4.1.2 Proses Nitrifikasi.....	28
4.1.3 Proses Fermentasi	29
4.1.4 Metabolisme Sel.....	29
4.2 Penurunan <i>Biologycal Oxygen Demand</i> (<i>BOD</i> ₅).....	30
4.3 Penurunan <i>Chemycal Oxygen Demand</i> (COD)	34
4.4 Parameter Kualitas Air	38
a. Suhu.....	38
b. <i>pH</i>	42
c. Amoniak	45
5. KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN	57

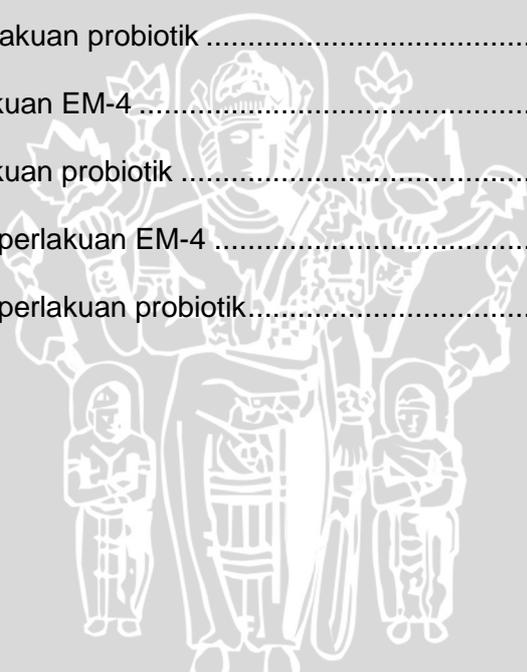
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabel desain perlakuan pada penelitian.....	19
2. Alat dan bahan penelitian	20
3. Prosentase penurunan BOD ₅ selama 6 hari	30
4. Prosentase penurunan COD (mg/l) selama 6 hari	35
5. Prosentase kenaikan suhu (°C) selama 6 hari	39
6. Prosentase kenaikan <i>pH</i> selama 6 hari.....	42
7. Prosentase penurunan amoniak (mg/l) selama 6 hari.....	46



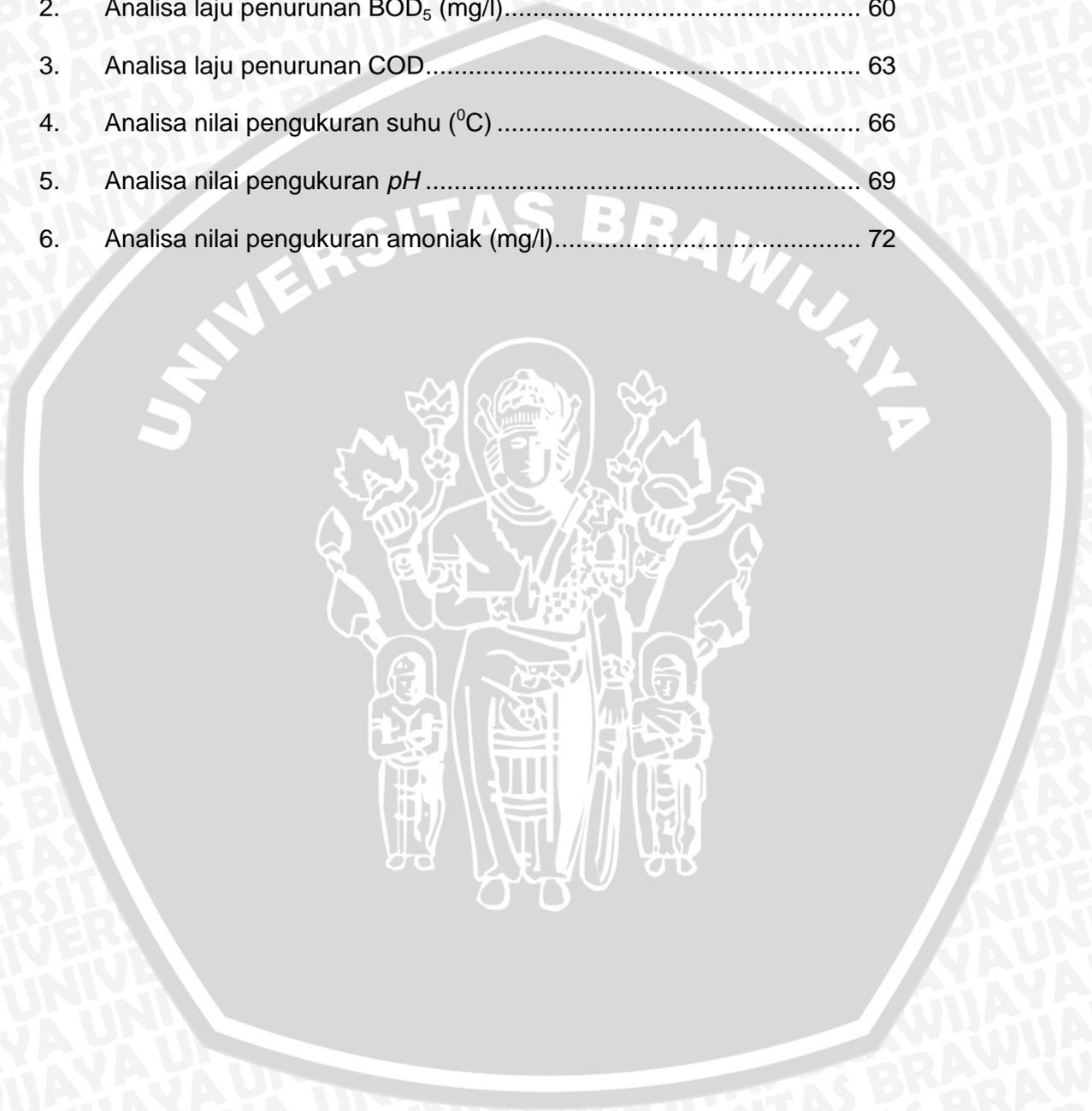
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kandungan limbah cair.....	6
2. Denah letak perlakuan penelitian.....	19
3. Penurunan BOD ₅ pada perlakuan EM-4 selama 6 hari.....	31
4. Penurunan BOD ₅ pada perlakuan probiotik selama 6 hari.....	33
5. Penurunan COD pada perlakuan EM-4 selama 6 hari.....	36
6. Penurunan COD pada perlakuan probiotik selama 6 hari.....	37
7. Grafik suhu pada perlakuan EM-4.....	39
8. Grafik suhu pada perlakuan probiotik.....	41
9. Grafik <i>pH</i> pada perlakuan EM-4.....	43
10. Grafik <i>pH</i> pada perlakuan probiotik.....	44
11. Grafik amoniak pada perlakuan EM-4.....	47
12. Grafik amoniak pada perlakuan probiotik.....	48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Gambar kegiatan penelitian	58
2. Analisa laju penurunan BOD ₅ (mg/l).....	60
3. Analisa laju penurunan COD.....	63
4. Analisa nilai pengukuran suhu (°C)	66
5. Analisa nilai pengukuran <i>pH</i>	69
6. Analisa nilai pengukuran amoniak (mg/l).....	72



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah sakit merupakan salah satu instansi yang bergerak dalam bidang kesehatan. Dalam semua proses penanganan penyakit akan menghasilkan limbah yang berasal dari sisa obat-obatan yang telah terpakai. Limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan pengobatan rumah sakit Dr. Koesnadi dibuang ke sungai atau ke perairan umum. Apabila limbah yang dibuang tersebut tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu, maka keberadaannya di perairan dapat menyebabkan menurunnya nilai guna perairan. Sehingga perairan akan tercemar dan tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

Rumah sakit sebagai sarana upaya perbaikan kesehatan yang melaksanakan pelayanan kesehatan sekaligus sebagai lembaga pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian, ternyata memiliki dampak positif dan negatif terhadap lingkungan sekitarnya. Rumah sakit dalam menyelenggarakan upaya pelayanan rawat jalan, rawat inap, pelayanan gawat darurat, pelayanan medik, dan nonmedik menggunakan teknologi yang dapat mempengaruhi lingkungan di sekitarnya.

Diakui pengelolaan lingkungan rumah sakit memiliki permasalahan yang kompleks. Salah satunya adalah permasalahan limbah rumah sakit yang sangat sensitif dengan peraturan pemerintah. Ada beberapa karakteristik bahan yang digunakan dan limbah yang dikeluarkan rumah sakit tergolong limbah B3 maupun non B3. Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 74/2001 limbah B3 ini perlu dikelola sesuai dengan aturan yang ada sehingga pengelolaan lingkungan hidup di rumah sakit perlu dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan (Adisasmito, 2007).

Pencemaran akibat limbah cair paling banyak menyita perhatian dewasa ini. Air sungai telah mengalami perubahan kualitas karena masuknya zat pencemar. Adanya program kali bersih (prokasih) yang ditujukan pada sungai yang telah mengalami pencemaran tidak terlepas dari kegiatan masyarakat yang membuang limbah cair tanpa pengolahan ke dalam aliran sungai. Sungai-sungai menjadi keruh dan dapat bersifat asam ataupun basa mengandung logam berat yang dapat membuat keracunan bagi biota perairan (Ginting, 2007).

Kualitas limbah juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti volume atau jumlah limbah, sumber limbah, kandungan bahan pencemar dan frekuensi pembuangan limbah tersebut. Adanya konsentrasi pembuangan limbah menyebabkan terjadinya perubahan badan penerimaan, semakin lama badan penerima dimasuki limbah maka semakin tinggi konsentrasi bahan pencemar di dalamnya. Selain itu, jika kita berbicara tentang limbah tidak terlepas dari peran perairan. Kebanyakan hasil pembuangan industri di salurkan bahkan dibuang ke perairan. Hal ini yang menjadi kekhawatiran bagi masyarakat khususnya yang bermukim di daerah Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso.

Pemrosesan air limbah secara biologis bertujuan untuk menghilangkan bahan organik terlarut dalam air melalui proses penguraian sehingga tidak berbahaya jika dibuang ke perairan umum. Perlakuan ini dapat menggunakan mikroorganisme dalam prosesnya, misal bakteri (Waluyo, 2009).

Teknologi EM-4 adalah teknologi yang mengandung berbagai mikroorganisme yang bermanfaat seperti bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp*), bakteri fotosintetik, jamur fermentatif, *Actinomyces sp*, dan ragi (*yeast*). Masing-masing mikroorganisme tersebut mempunyai kerja yang spesifik dan bekerjasama secara sinergis sehingga dapat memfermentasi limbah organik secara tepat dan efektif serta dapat mengurangi adanya pencemaran (Novayanthi, 2006). Penelitian mengenai EM-4 dalam mengolah limbah cair

tekstil sebelumnya dilakukan oleh Rosyadi (2011) dengan penyisihan BOD₅ dan COD sebesar 72,33% dan 68,38%. Perlakuan EM-4 terhadap limbah cair rumah sakit juga sebelumnya sudah dilakukan oleh Sutrisnawati (2011) dimana EM-4 dapat menurunkan BOD₅ dan COD sebesar 71,95% dan 74,52%.

Bakteri mempunyai peranan penting dalam dekomposisi bahan organik. Secara umum terdapat dua tipe bakteri berdasarkan kebutuhan akan oksigen, yaitu bakteri aerob dan bakteri anaerob. *Bacillus sp.* merupakan salah satu jenis bakteri aerob atau fakultatif aerob yang efektif sebagai agen biologi dalam pengolahan limbah organik. Selain telah diaplikasikan di lapangan, *Bacillus sp.* telah diproduksi secara komersial (Poernomo, 2004). Bakteri lain yang dapat digunakan adalah *Chromobacterium sp.* yang bersifat fakultatif anaerob. Kedua jenis bakteri tersebut terdapat dalam kandungan probiotik sehingga dalam pengolahan limbah dapat bersinergi untuk mendegradasi bahan organik.

Bakteri probiotik yang ada di pasaran (komersil) merupakan suatu komposisi bakteri yang fungsi utamanya adalah memperbaiki kualitas air. Probiotik yang dipakai dalam penelitian ini adalah probiotik komersil dengan merk Probio-7. Komposisi penyusunnya yaitu bakteri *Bacillus sp.*, *Actinomycetes*, *Azotobacter*, *Lactobacillus sp.*, serta bakteri nitrobakter yang berfungsi mengurai nitrogen. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Muchtar (2007) pada limbah kantin, bakteri *Bacillus sp.* dapat menurunkan BOD₅ sebesar 59,71% dan COD 66,44%. Hasil penurunan COD juga dihasilkan dari penelitian (Apriadi, 2008) pada perlakuan *Bacillus sp.* terhadap limbah kantin, yaitu sebesar 77%. *Bacillus sp.* juga diterapkan oleh Hidayat *et al.* (2010) terhadap limbah hotel dengan hasil penurunan BOD₅ sebesar 83,04% dan penurunan COD 81,72%. Penggunaan *Actinomycetes* dan *Azotobacter* diterapkan pada limbah cair tahu oleh Munawaroh *et al.* (2013) dengan efisiensi penyisihan BOD₅ dan COD sebesar 97% dan 96%.

Dari hasil penelitian telah diketahui beberapa jenis bakteri yang efektif dalam mengolah limbah. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh Probiotik yang komposisinya sudah diketahui dan EM-4 dalam mengukur laju penurunan BOD dan COD pada limbah cair rumah sakit Dr. Koesnadi Bondowoso.

1.2 Rumusan Masalah

Menurut uraian di atas rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh perbedaan perlakuan EM-4 dan Probiotik terhadap laju penurunan BOD₅ dan COD pada limbah cair Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keefektifan pada perbedaan perlakuan EM-4 dan Probiotik terhadap laju penurunan BOD₅ dan COD limbah cair Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso.

1.4 Hipotesa

H_0 = Tidak ada perbedaan laju penurunan BOD₅ dan COD akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

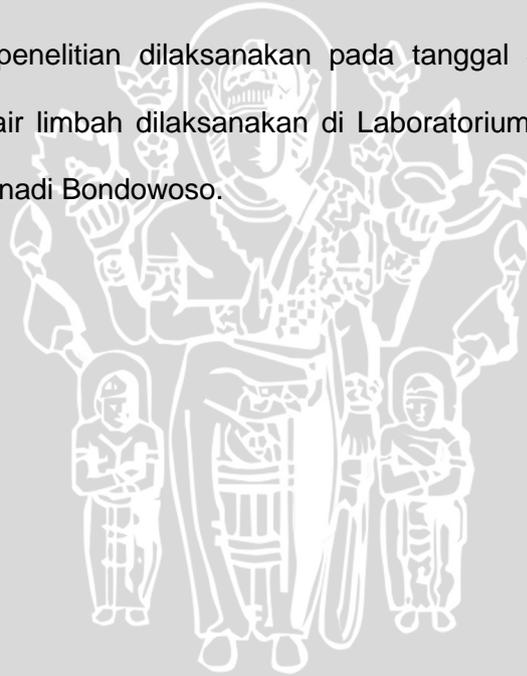
H_1 = Ada perbedaan laju penurunan BOD₅ dan COD akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

1.5 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian ini yaitu memberikan informasi tentang pengaruh perbedaan perlakuan EM-4 dan Probiotik terhadap laju penurunan BOD₅ dan COD pada limbah cair Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso. Selain itu dapat mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi proses perombakan limbah cair rumah sakit oleh EM-4 dan Probiotik dalam menurunkan kadar BOD₅ dan COD.

1.6 Tempat, Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso, Jawa Timur. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada tanggal 4-14 Maret 2014. Pengukuran kualitas air limbah dilaksanakan di Laboratorium Instalasi Sanitasi Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso.



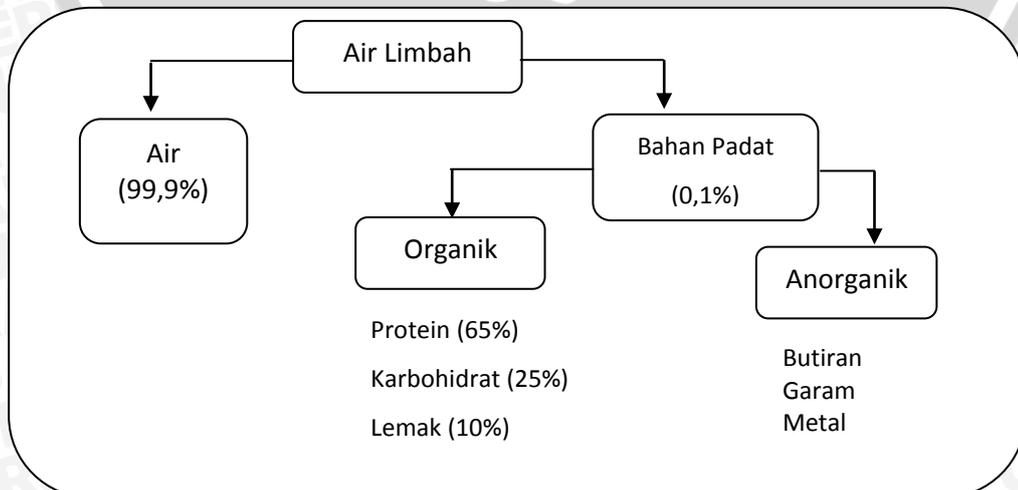
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Limbah

Air limbah (*waste water*) adalah kotoran dari masyarakat, rumah tangga, dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta pembuangan lainnya sehingga buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum (Sugiharto, 1987).

Menurut Tanty (2003), secara umum, limbah merupakan hasil samping pengolahan atau kegiatan yang tidak diperlukan dan secara fisik, kimiawi, atau bakteriologi, dapat mencemari lingkungan serta membahayakan kesehatan dan kelangsungan hidup makhluk. Limbah dapat berupa padat atau cair.

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Dimana masyarakat bermukim, disanalah berbagai jenis limbah akan dihasilkan, ada sampah, ada air kakus, dan ada air buangan dari berbagai aktivitas domestik lainnya (KEMENLH, 1995). Limbah cair domestik mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat. Zat padat terdiri dari 85% protein, 25% karbohidrat, 10% lemak dan sisanya zat anorganik terutama butiran pasir garam-garam dan logam (Sugiharto, 1987). Sebagaimana yang disajikan pada Gambar 1.



Adapun menurut Romli (2009) karakteristik kimia bahan organik dalam limbah cair adalah sebagai berikut:

1) Protein

Protein merupakan bagian yang penting dari makhluk hidup, termasuk di dalamnya tanaman dan hewan bersel satu. Protein mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen yang mempunyai bobot molekul sangat tinggi. Struktur kimianya sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai, sebagaimana ada yang larut dalam air, tetapi ada yang tidak. Susunan protein sangat majemuk dan terdiri dari beribu-ribu asam amino dan merupakan bahan pembentuk sel dan inti sel. Di dalam limbah cair, protein merupakan unsur penyebab bau, karena adanya proses pembusukan dan peruraian oleh bakteri.

2) Karbohidrat

Karbohidrat antara lain: gula, pati, selulosa dan benang-benang kayu terdiri dari unsur C, H, dan O. Gula dalam limbah cair cenderung terdekomposisi oleh enzim dari bakteri-bakteri tertentu dan ragi menghasilkan alkohol dan gas CO₂ melalui proses fermentasi. Fermentasi merupakan proses peruraian metabolik dari bahan organik oleh mikroorganisme yang menghasilkan energi dan gas yang berlangsung dalam kondisi anaerobik. Metabolisme merupakan peristiwa pembentukan dan peruraian zat di dalam diri makhluk hidup yang memungkinkan berlangsungnya hidup.

Pati merupakan salah satu karbohidrat yang relatif lebih stabil tetapi dapat diubah menjadi gula oleh aktivitas bakteri. Sedang selulosa merupakan salah satu karbohidrat yang paling tahan terhadap dekomposisi atau peruraian bakteri. Karbohidrat ini keberadaannya dalam limbah cair mengakibatkan bau busuk dan turunnya oksigen terlarut sehingga dapat mengganggu kehidupan biota air.

3) Minyak dan lemak

Minyak adalah lemak yang bersifat cair keduanya mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan-bahan tersebut banyak terdapat pada makanan, hewan, manusia, dan bahkan ada dalam tumbuh-tumbuhan sebagai minyak nabati. Sifat lainnya adalah relatif stabil, tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri.

Limbah cair dengan kandungan ammonia merupakan limbah organik. Beberapa cara yang banyak dilakukan untuk mengolah limbah dengan kandungan ammonia ini adalah dengan nitrifikasi, denitrifikasi, *ion exchange* dan *Stripping* (Valupadas, 1999). Nitrifikasi merupakan proses dengan dua tahap reaksi yaitu proses oksidasi ammonia menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat dengan bantuan bakteri. Kondisi operasi harus aerobik dengan kandungan BOD yang rendah. Proses selanjutnya adalah denitrifikasi yang merupakan konversi nitrat menjadi gas nitrogen dan juga dengan sedikit gas oksida nitrogen. Proses ini menggunakan mikroorganisme fakultatif dan harus tersedia nitrat, serta sumber karbon (BOD) dan dalam kondisi anaerobik. Proses *ion exchanger* menggunakan resin untuk mengikat ammonia dalam limbah.

2.2 Bioremediasi

Menurut Apriadi (2008), bioremediasi merupakan proses degradasi secara biologis bahan organik menjadi senyawa lain misalnya CO_2 , CH_4 , H_2O , garam anorganik, biomassa, dan hasil samping yang sedikit lebih sederhana dari senyawa semula. Proses ini didasarkan pada siklus karbon, sehingga bentuk senyawa organik dan anorganik didaur ulang melalui reaksi oksidasi dan reduksi.

Proses bioremediasi bergantung pada kemampuan organisme yang digunakan (mikroba, tanaman, atau hewan) dan sistem yang dioperasikan pada jangka waktu tertentu. Proses bioremediasi akan berlangsung optimal pada pH

dan suhu tertentu, serta harus tersedianya cukup nutrisi dan oksigen bagi organisme yang memanfaatkan. Perlakuan teknologi bioremediasi dapat dilakukan melalui beberapa proses antara lain: bioaugmentasi, biofilter, biostimulasi, bioreaktor, bioventing, pengomposan, fitoremediasi, dan *land farming* (Bacher dan Herson, 1994 dalam Citroeksoko, 1996).

Menurut Supradata (2005) proses secara biotik, seperti biodegradasi dan penyerapan oleh tanaman juga merupakan bentuk pengurangan polutan seperti halnya pada proses abiotik. Beberapa proses pengurangan polutan yang dilakukan oleh mikrobia dan tanaman dalam Lahan Basah, antara lain sebagai berikut:

- Biodegradasi secara Aerobik/ anaerobik, merupakan proses metabolisme mikroorganisme yang efektif menghilangkan bahan organik dalam Lahan Basah
- Phyto-akumulasi, proses pengambilan dan akumulasi bahan anorganik oleh tanaman.
- Phyto-stabilisasi, merupakan bentuk kemampuan sebagian tanaman untuk memisahkan bahan anorganik pada akar tanaman.
- Phyto-degradasi, tanaman dapat menghasilkan enzim yang dapat memecah bahan organik maupun anorganik dari polutan sebelum diserap, selama proses transpirasi.
- Rhizo-degradasi, akar tanaman dapat melakukan penyerapan bahan polutan dari hasil de gradasi bahan organik yang dilakukan oleh mikrobia.
- Phyto-volatilisasi / evapotranspirasi, penyerapan dan transpirasi pada daun tanaman terhadap bahan-bahan yang bersifat volatil.

2.3 Pengertian EM-4

Menurut Indriani (1999), larutan *effective microorganisms 4* yang disingkat EM-4 ditemukan pertama kali oleh Teruo Higa dari Universitas Ryukyus, Jepang. Kurang lebih 80 genus mikroorganisme fermentasi yang terkandung di dalam EM-4. Dari sekian banyak mikroorganisme, ada lima golongan utama penyusun EM-4 yaitu bakteri fotosintetik, *lactobacillus sp.*, *Streptomyces sp.*, ragi, dan *Actinomycetes*.

Djuarnani *et al.* (2005), dalam penelitiannya menyatakan bahwa EM-4 dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme patogen yang selalu menjadi masalah pada budidaya monokultur dan budidaya tanaman sejenis secara terus-menerus (*continous cropping*). EM-4 dapat digunakan untuk memproses bahan limbah menjadi kompos dengan proses yang lebih cepat dibandingkan dengan pengolahan limbah secara tradisional.

Menurut pendapat Wididana dan Muntoyah (1999), bahwa EM-4 adalah campuran dari *lactobacillus sp.*, azobakter, ragi, bakteri fotosintetik dan jamur pengurai selulosa. EM-4 ini digunakan untuk fermentasi bahan organik. Sedangkan Badan Pendidikan dan Latihan Pertanian (1996) menyatakan bahwa bakteri fotosintetik yang merupakan mikroorganisme utama EM-4 membentuk zat-zat yang berguna berupa asam amino, asam nukleat, zat bioaktif dan gula yang berfungsi untuk mempercepat proses dekomposisi dimana meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme.

2.4 Kandungan EM-4

EM-4 merupakan kumpulan mikroorganisme dengan lima golongan penyusun utamanya yaitu bakteri fotosintetik, *lactobacillus sp.*, *Streptomyces sp.*, ragi, dan *Actinomycetes*. Adapun menurut Yoyok (2012) fungsi dari 5 bakteri penyusun EM-4 yaitu:

1. Bakteri fotosintetik

Bakteri ini merupakan bakteri bebas yang dapat mensintesis senyawa nitrogen, gula, dan substansi bioaktif lainnya. Hasil metabolir yang diproduksi dapat diserap secara langsung oleh tanaman dan tersedia sebagai substrat untuk perkembangbiakan mikroorganisme yang menguntungkan.

2. *Lactobacillus sp.*

Bakteri yang memproduksi asam laktat sebagai hasil penguaraian gula dan karbohidrat lain yang bekerjasama dengan bakteri fotosintesis dan ragi. Asam laktat ini merupakan bahan sterilisasi yang kuat yang dapat menekan mikroorganisme berbahaya dan dapat menguraikan bahan organik dengan cepat.

3. *Streptomyces sp.*

Streptomyces sp. mengeluarkan enzim streptomisin yang bersifat racun terhadap hama dan penyakit yang merugikan.

4. Ragi (*yeast*)

Ragi memproduksi substansi yang berguna bagi tanaman dengan cara fermentasi. Substansi bioaktif yang dihasilkan oleh ragi berguna untuk pertumbuhan sel dan pembelahan akar. Ragi ini juga berperan dalam perkembangan atau pembelahan mikroorganisme menguntungkan lain seperti *Actinomyces* dan bakteri asam laktat.

5. *Actinomyces*

Actinomyces merupakan organisme peralihan antara bakteri dan jamur yang mengambil asam amino dan zat serupa yang diproduksi bakteri fotosintesis dan merubahnya menjadi antibiotik untuk mengendalikan patogen, menekan jamur dan bakteri berbahaya dengan cara menghancurkan khitin yaitu zat esensial untuk pertumbuhannya. *Actinomyces* juga dapat menciptakan kondisi yang baik bagi perkembangan mikroorganisme lain.

2.5 Pengertian Probiotik

Bakteri berasal dari bahasa Yunani yaitu “Bakterion” yang berarti batang atau tongkat. Bakteri merupakan mikrobia prokariotik dalam golongan *Schizomycetes*, tidak berklorofil (kecuali beberapa golongan fotosintetik), dan dapat berkembang biak secara aseksual maupun seksual. Probiotik adalah organisme hidup yang ditambahkan ke dalam sistem budidaya dengan maksud mengendalikan kualitas air, memperbaiki penggunaan pakan, memperbaiki respon imun, dan menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Verschuere,2000).

Probiotik adalah bakteri hidup yang ditambahkan ke dalam pakan yang dapat memberikan keuntungan bagi inang dengan memperbaiki keseimbangan bakteri di dalam ususnya. Namun demikian, pengertian ini menjadi berkembang bagi hewan akuatik yang berarti sebagai bakteri hidup yang memberikan pengaruh menguntungkan bagi inang dengan memodifikasi komunitas bakteri atau berasosiasi dengan inang, menjamin perbaikan dalam penggunaan pakan atau memperbaiki nutrisinya, memperbaiki respon inang terhadap penyakit atau memperbaiki kualitas lingkungannya (Fuller *dalam* Irianto, 2003).

Menurut Ghorif (2012) peranan bakteri probiotik sebagai kontrol biologis adalah menekan pertumbuhan bakteri patogen, mempercepat degradasi bahan organik dan limbah, meningkatkan ketersediaan nutrisi esensial, meningkatkan aktivitas mikroorganisme indigenus yang menguntungkan pada tanaman (misal *Mycorrhiza*, *Rhizobium* dan bakteri pelarut pospat), memfiksasi nitrogen, dan mengurangi pupuk serta pestisida.

2.6 Kandungan Probiotik (Probio-7)

Jenis bakteri yang terkandung dalam probiotik adalah:

a. *Lactobacillus sp*

Lactobacillus sp. termasuk golongan bakteri asam laktat yang sering dijumpai pada makanan fermentasi, produk olahan ikan, daging, susu, dan buah-buahan. Bakteri tersebut berperan sebagai flora normal dalam sistem pencernaan. Fungsinya adalah untuk menjaga keseimbangan asam dan basa sehingga pH dalam kolon konstan (Napitupulu *et al. dalam* Ulum *et al*, 2010).

b. *Bacillus sp*

Bacillus sp. berperan dalam memperbaiki kualitas air melalui penyeimbangan populasi mikroba dan mengurangi jumlah bakteri patogen serta secara bersamaan mengurangi penggunaan senyawa-senyawa kimia hasil dekomposisi bahan organik dan meningkatkan pertumbuhan serta kesehatan hewan inang. *Bacillus sp.* selain menghasilkan antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri vibrio yang dominan juga menghasilkan enzim yang mendegradasi lendir dan biofilm yang dapat dihasilkan oleh bakteri patogen. *Bacillus sp.* akan berkompetisi dengan bakteri patogen dalam mendapatkan nutrisi. Dengan adanya persaingan ini, bakteri patogen akan terhambat pertumbuhannya tanpa sempat menghasilkan gen yang resisten (Gatesoupe *dalam* Iskandar, 2012).

c. *Azotobacter macrocytogenes*

Menurut Dewi (2007), genus *Azotobacter* tumbuh dengan baik pada kondisi NH_3 juga pada berbagai jenis media seperti karbohidrat, alkohol, dan asam organik.

d. *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae mampu berperan meningkatkan aktifitas sistem kekebalan dan resistensi terhadap patogen, (Smith *et al. dalam* Hastuti, 2012).

2.7 Parameter Kualitas Air

a. Suhu

Suhu merupakan faktor pembatas utama habitat perairan karena jasad-jasad akuatik seringkali kurang dapat mentolerir perubahan suhu (bersifat stenotermal). Selain itu suhu akan menghasilkan sirkulasi dan stratifikasi air yang khas yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan akuatik. Menurut Kristanto (2002), naiknya suhu air akan menimbulkan akibat sebagai berikut:

- (1) Menurunnya oksigen terlarut dalam air.
- (2) Meningkatkan kecepatan reaksi kimia.
- (3) Mengganggu kehidupan ikan dan hewan lainnya.
- (4) Jika batas suhu yang mematikan terlampaui ikan dan hewan lainnya mungkin akan mati.

Suhu air merupakan faktor yang sangat penting untuk kehidupan akuatik. Suhu mengontrol tingkat metabolisme dan aktivitas reproduksi, dan menentukan spesies ikan yang dapat bertahan hidup. Suhu juga memberi efek pada konsentrasi oksigen terlarut dan berpengaruh pada aktivitas bakteri dan kimia toksik di dalam air (Isroi, 2008).

b. pH

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah. Air limbah dengan konsentrasi limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH-nya maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Sugiharto, 1987).

Nilai pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Pada perairan dengan pH rendah, banyak ditemukan senyawa amonium yang dapat terionisasi.

Pada suasana alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan amonia yang tidak terionisasi dan bersifat toksik (Effendi, 2003).

Bakteri pada umumnya tumbuh dengan baik pada pH netral dan alkalis. pH optimum untuk pertumbuhan bakteri berada pada kisaran 6,5-7,5. Umumnya bakteri tahan terhadap perubahan kecil pH dalam rentang 6-9 (Sidharta, 2000).

c. **Chemical Oxygen Demand (COD)**

COD merupakan parameter yang sangat penting yakni parameter pengukuran cepat yang digunakan sebagai parameter untuk stream dan limbah industri serta mengontrol unit pengolahan air limbah (Siregar, 2005).

Air limbah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi umumnya akan memiliki nilai COD yang besar. Hariyadi *et al.* (1992) menyatakan bahwa COD merupakan banyaknya oksigen (mg/l) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk mengoksidasi zat organik secara kimiawi dan menghasilkan CO₂ dan H₂O.

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Dalam hal ini bahan buangan organik akan dioksidasi oleh *Kalium Bichromat* menjadi gas CO₂ dan H₂O serta sejumlah ion *Chrom*. Kalium Bichromat atau K₂Cr₂O₇ sebagai sumber oksigen (Wardhana, 2007).

Menurut Alaerts dan Santika (1984) COD adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*).

Menurut Wahyudi (2012) dalam artikelnya menyebutkan bahwa cairan rembesan sampah yang masuk ke dalam drainase atau sungai akan mencemari air. Hal ini menyebabkan kandungan bahan organik tinggi dan memiliki nilai COD

yang tinggi. Berbagai organisme termasuk ikan dapat mati sehingga beberapa spesies akan lenyap, hal ini mengakibatkan berubahnya ekosistem perairan biologis. Pemanfaatan bahan organik dari sampah yang dibuang ke dalam air akan menghasilkan asam organik dan gas cair organik seperti metana. Selain berbau kurang sedap, gas ini dalam konsentrasi tinggi dapat meledak.

d. **Biological Oxygen Demand (BOD₅)**

Biological Oxygen Demand (BOD₅) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram/liter (mg/l) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali (Sugiharto, 1987).

Menurut Wardhana (2007) mengatakan bahwa *Biological Oxygen Demand* atau kebutuhan oksigen biologi adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada di dalam air lingkungan air tersebut.

Menurut Alaerts dan Santika (1984) BOD (*Biological Oxygen Demand*) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi.

Berkurangnya oksigen selama oksidasi ini sebenarnya selain digunakan untuk oksidasi bahan organik juga digunakan dalam proses sintesa sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme. Oleh karena itu uji BOD ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jumlah bahan-bahan organik yang sebenarnya terdapat di dalam air, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi

oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Semakin banyak oksigen yang dikonsumsi, maka semakin banyak pula kandungan bahan-bahan organik di dalamnya (Kristanto, 2002).

Oksigen yang dikonsumsi dalam uji BOD ini dapat diketahui dengan menginkubasikan contoh air pada suhu 20°C selama lima hari. Untuk memecahkan bahan-bahan organik tersebut secara sempurna pada suhu 20°C. Sebenarnya dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi untuk praktisnya diambil waktu lima hari sebagai standar. Inkubasi selama 5 hari tersebut hanya dapat mengukur kira-kira 68% dari total BOD (Sasongko, 1990).

Pada umumnya air lingkungan yang telah tercemar kandungan oksigennya sangat rendah. Hal itu karena oksigen yang terlarut di dalam air diserap oleh mikroorganisme untuk memecah atau mendegradasi bahan buangan organik sehingga menjadi bahan yang mudah menguap. Selain dari itu bahan buangan organik juga dapat bereaksi dengan oksigen yang terlarut di dalam air organik yang ada di dalam air makin sedikit sisa kandungan oksigen yang terlarut di dalamnya (Anita, 2005).

Semakin banyak bahan organik dalam air, maka semakin besar BODnya sedangkan DO akan semakin rendah. Air yang bersih adalah jika tingkat DONya tinggi sedangkan BOD dan zat padat terlarutnya rendah. Apabila kadar oksigen terlarut berkurang mengakibatkan hewan-hewan yang menempati perairan tersebut akan mati (Zulkifli, 2009).

e. Amoniak

Menurut Purba (2009) amoniak (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah dan disebut ammonium. Amoniak sendiri berada dalam keadaan tereduksi (-3). Amoniak dalam air permukaan berasal dari air

seni dan tinja juga dari oksidasi zat organis secara mikrobiologis, yang berasal dari air alam atau air buangan industri.

Amonia merupakan hasil tambahan penguraian (pembusukan) protein tanaman atau hewan atau dalam kotorannya. Jadi jika ada amoniak di dalam air ada kemungkinan kotoran hewan masuk. Juga dapat terbentuk jika urea dan asam urik dalam urine terurai (Sastrawijaya, 2000).

Menurut Alaerts dan Santika (1984) amoniak berada dimana - mana dari kadar beberapa mg/L pada air permukaan dan air tanah, sampai kira-kira 30 mg/L lebih pada air buangan. Kadar amoniak yang tinggi pada air sungai menunjukkan adanya pencemaran. Rasa amoniak (NH_3) kurang enak, sehingga kadar (NH_3) harus rendah. Pada air minum kadarnya harus nol dan pada air sungai harus di bawah 0,5 mg/L. Amoniak tersebut dapat dihilangkan sebagai gas melalui aerasi atau reaksi dengan asam hipoklorik HOCl atau kaporit dan sebagainya, hingga menjadi kloramin yang tidak berbahaya atau sampai menjadi nitrogen.

Menurut Brigden dan Stringer (2000) menyebutkan bahwa dalam larutan air amonia berada dalam bentuk terionisasi (NH_4^+) maupun tidak terionisasi (NH_3). Konsentrasi relatif dari masing-masing jenis tergantung dari beberapa faktor diantaranya pH dan suhu. Sifat racun dari amonia berhubungan dengan konsentrasi dari bentuk tak terionisasi (NH_3). Sifat racun dari amonia tak terionisasi ini akan tinggi pada lingkungan dengan suhu yang rendah dan pH tinggi. Sedangkan pada pH yang rendah sebagian besar dari amonia akan terionisasi menjadi ion amonium (NH_4^+).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini meliputi peranan EM-4 dan Probiotik dalam mendegradasi bahan organik pada limbah cair rumah sakit Dr. Koesnadi Bondowoso. Hasil olahan dapat diketahui melalui pengukuran parameter kualitas air yang terfokus terhadap penurunan BOD_5 dan COD pada limbah cair.

3.2 Desain Penelitian

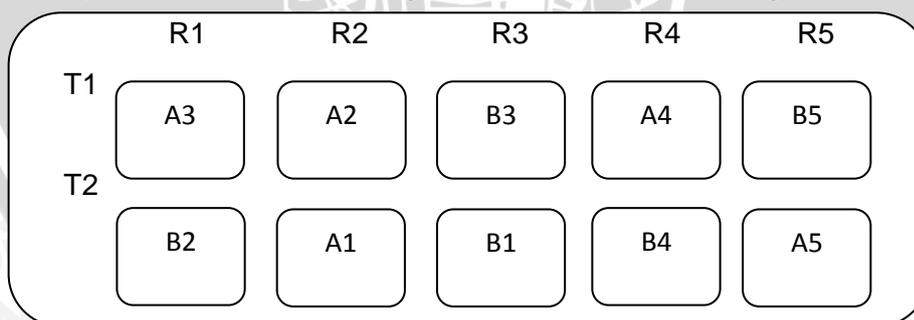
Perlakuan terdiri dari : Perlakuan Air Limbah + EM-4 (A) dan Perlakuan Air Limbah + Probiotik (B)

Tabel 1. Tabel Desain Perlakuan Pada Penelitian

Perlakuan	Jenis Limbah	Ulangan	Volume Limbah Cair	Dosis Perlakuan
EM-4	Limbah Cair	5 kali	5 liter	35 ml
Probiotik	Limbah Cair	5 kali	5 liter	35 ml

Penelitian ini menggunakan perhitungan Uji F untuk mengetahui beda varian dalam menentukan Uji T yang akan dipakai selanjutnya.

Denah letak perlakuan dilakukan dengan metode Dadu yaitu dengan urutan:



Gambar 2. Denah Letak Perlakuan Penelitian

Keterangan:

- A = EM-4
- B = Probiotik
- 1, 2, 3, 4, 5 = Ulangan
- T = Perlakuan
- R = Jumlah Ulangan

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat		Bahan
<ul style="list-style-type: none"> • Beaker glass 250 ml dan 1000 ml • Gelas ukur 25 ml • Pipet volume • Pipet tetes • Tabung reaksi • DO Meter Lutron 5510 • pH meter Eco Scan pH 6+ Eutech • Erlenmeyer 	<ul style="list-style-type: none"> • Bak plastik 10 liter sebanyak 10 buah • Spektrofotometer • Inkubator • Rak tabung reaksi • Botol sampel • COD Reaktor • Sesor • Aerator • Selang Aerator • Batu Aerator 	<ul style="list-style-type: none"> • COD Vial set • Tissue • Aquadest • Larutan Nessler • Air limbah • Kertas saring • EM-4 • Probio-7 • MnSO₄ • H₂SO₄ • Na-Thiosulfat

3.4 Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan analisa parameter kualitas air yaitu: suhu, *pH*, *Biological Oxygen Demand (BOD₅)*, *Chemycal Oxygen Demand (COD)*, dan Amoniak. Data analisa hasil penelitian menggunakan Uji T. Dalam penelitian ini dilakukan dua perlakuan yaitu EM-4 (A) dan Probiotik (B) dengan setiap perlakuan lima kali ulangan. Air limbah sebagai bahan uji ditempatkan pada bak plastik berukuran 10 liter yang berjumlah 10 buah. Perlakuan dalam penelitian ini meliputi: perlakuan air limbah + EM-4 (A) dan perlakuan air limbah + Probiotik (B). Masing-masing bak diisi dengan 5 liter air limbah yang kemudian diberi EM-4 dan Probiotik pada masing-masing perlakuan sebanyak 35 ml. Pengamatan *BOD₅*, *COD*, suhu, *pH*, dan amoniak dilakukan pada air limbah sebelum diberi perlakuan dan pada hari keenam setelah pemberian perlakuan.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini meliputi empat tahapan yaitu:

1. Persiapan Wadah

Disiapkan 10 bak plastik berukuran 10 liter untuk dua perlakuan dengan masing-masing perlakuan lima kali ulangan. Selanjutnya bak plastik diletakkan di tempat dengan intensitas cahaya matahari yang cukup dan terlindung dari hujan. Urutan penempatan bak plastik dilakukan secara acak untuk setiap perlakuan.

2. Persiapan Bahan Uji

Pengambilan air limbah yang berasal dari reaktor penampungan dilakukan menggunakan ember kecil. Selanjutnya air limbah disaring menggunakan seler untuk memisahkan partikel-partikel besar dan ditampung dalam ember.

EM-4 dan Probiotik yang akan digunakan sebelumnya diaktifkan dengan menggunakan campuran EM-4/Probiotik dan aquades dengan perbandingan 1/20 (5%) kemudian didiamkan selama 7 hari atau sampai tercium bau yang khas.

3. Pelaksanaan

Setelah semua komponen media uji siap, ember plastik diisi dengan air limbah sebanyak 5 liter. Selanjutnya masukkan EM-4 dan Probiotik sebagai perlakuan sebanyak 35 ml ke dalam 5 liter air limbah, hal ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang menggunakan dosis EM-4 yaitu sebanyak 7 ml bakteri/liter air limbah.

4. Pengukuran Parameter

Pengukuran parameter kualitas air dilakukan mulai dari sebelum diberi perlakuan sampai pada hari keenam setelah diberi perlakuan. Parameter yang diukur antara lain: *Biological Oxygen Demand (BOD₅)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, Suhu, *pH*, Amoniak.

3.6 Analisa Parameter Kualitas Air

a. Suhu

Menurut Buku Panduan Praktikum Limnologi (2010), pengukuran suhu limbah cair diukur dengan menggunakan DO Meter dengan cara:

- Mengkalibrasi elektroda DO meter menggunakan aquades.
- Mengeringkan elektroda yang sudah dikalibrasi menggunakan *tissue*.
- Mencelupkan elektroda pada sampel limbah cair dan mendiampkannya 2-3 menit sampai layar berhenti menunjukkan angka tertentu.
- Mencatat angka yang memiliki satuan (⁰C) yang tertera di layar.

b. *pH*

Menurut Jeffries dan Mills *dalam* Hartanti (2008), pengukuran *pH* dalam penelitian ini dilakukan dengan cara:

- Menstandarkan alat ukur (*pH* meter).
- Membilas elektroda (sensor) dengan aquades lalu mengeringkannya dengan menggunakan *tissue*.
- Memasukkan ujung elektroda ke dalam sampel.
- Mencatat nilai yang tertera pada alat.

c. **Chemycal Oxygen Demand (COD)**

Menurut Petunjuk Pemeriksaan Air Buangan dan Air Kolam Renang Departemen Kesehatan RI (1993), pengukuran COD dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengambil masing-masing sampel dan aquades sebagai blanko sebanyak 2ml menggunakan pipet tetes.
- Memasukkan masing-masing sampel dan blanko ke dalam vial.
- Memanaskan vial dengan menggunakan COD reaktor dengan suhu 150°C selama 2 jam.
- Mendinginkan vial pada suhu kamar.
- Membalikkan contoh, blanko, baku yang sudah dingin beberapa kali dan tunggu hingga mengendap.
- Mengukur menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm.

d. **Biological Oxygen Demand (BOD_5)**

Menurut Tebbut (1997) dalam Panduan Praktikum Limnologi (2010) pengukuran BOD_5 limbah cair yaitu:

- Mengaerasi larutan pengencer sebanyak 700 ml selama kurang lebih 2 jam.
- Mengencerkan sampel menggunakan larutan pengencer yang telah diaerasi.
- Memasukkan air sampel kedalam botol winkler dan diusahakan tidak ada gelembung didalam botol.
- Memberi tanda pada masing-masing sampel DO_0 dan DO_5 .
- Mengukur DO_0 pada saat itu juga.
- Menyimpan sampel DO_5 pada inkubator yang diatur suhunya 20°C selama 5 hari.
- Mengukur DO menggunakan cara:

- a. Membuka tutup botol winkler.
- b. Menambahkan 2 ml larutan $MnSO_4$ dengan pipet harus dibawah permukaan air.
- c. Memasukkan 2 ml larutan Alkali iodida azida.
- d. Menutup botol winkler.
- e. Mencampurkan larutan dengan membolak-balikkan botol winkler.
- f. Membiarkan mengendap sampai memenuhi setengah dari botol.
- g. Menambahkan 2 ml larutan H_2SO_4 pekat
- h. Menutup dan mencampurkan larutan dengan membola-balikkan botol winkler.
- i. Mengambil 200 ml air sampel kemudian dipindahkan ke labu erlenmeyer.
- j. Mentitrasi sampel dengan 0,025 N larutan Na-Thiosulfat sampai didapatkan warna kuning muda.
- k. Menambahkan 1-2 tetes amilum hingga terjadi perubahan warna menjadi biru.
- l. Mentitrasi sampel dengan 0,025 N larutan Na-Thiosulfat sampai warna biru hilang (bening).
- m. Menghitung nilai DO dengan rumus:

$$DO = \frac{(Vol. Na_2S_2O_3 \times Normalitas. Na_2S_2O_3 \times 8000)}{vol. sampel}$$

- n. Menghitung nilai BOD_5 dengan menggunakan rumus:

$$BOD_5 = (DO_0 - DO_5)$$

e. Amoniak

Menurut Buku Panduan Praktikum Limnologi (2010), pengukuran Amoniak bebas dapat dilakukan dengan cara :

- Menyaring air sampel Inlet supaya bahan yang berbentuk partikel terambil, kemudian diambil air sampel sebanyak 25 ml.

- Mempersiapkan larutan baku yang telah dibuat.
- Menambahkan 1 ml pereaksi nessler kedalam air sampel kemudian dikocok untuk menghomogenkan.
- Menghitung kadar amoniak menggunakan Spektrofotometer DR 2800 dengan panjang gelombang 425 μm .

3.7 Analisa Data

Dalam analisa data hasil pengukuran laju penurunan BOD_5 dan COD , kemudian dirata-rata untuk setiap perlakuan. Selanjutnya data yang telah diperoleh dianalisis menggunakan uji T. Uji T merupakan uji statistik untuk menguji hipotesis guna menunjukkan hasil-hasil observasi dengan cara membuktikan perbedaan rata-rata dan standart deviasi dari data hasil yang diperoleh, kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui perbedaan rata-rata data tersebut secara signifikan yaitu jika probabilitas hasil yang telah diuji bernilai kurang dari 0,05.

Pada penelitian ini menggunakan uji T karena untuk membedakan dua rata-rata variabel yang diteliti yaitu pemberian EM-4 dan Probiotik terhadap laju penurunan BOD_5 dan COD dengan sampel yang digunakan kurang dari 30, selain itu pula karena varian populasi dari keduanya sudah diketahui. Langkah perhitungan untuk analisa data berdasarkan uji T menurut Walpole (1992) yaitu:

- (1) Perhitungan standart defiasi (SD_1) untuk pemberian EM-4 dan Probiotik (SD_2)

dengan rumus $SD = \frac{\sqrt{\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2}}{n-1}$ dimana n= banyaknya perlakuan

- (2) Untuk mengetahui varian antara pemberian mikroalga EM-4 (SD_1) apakah sama dengan Probiotik (SD_2) digunakan pengujian dengan uji F, yaitu :

$$F \text{ hitung} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

dengan $df = n_1 - 1$ dan $n_2 - 1$

Pada pengujian ini, varian yang lebih besar berfungsi sebagai pembilang dan varian yang lebih kecil berfungsi sebagai penyebut.

(3) Perhitungan T Hitung

Uji untuk varian yang sama, uji beda 2 *mean* dapat dilakukan dengan menggunakan uji dua atau uji T. Rumus uji tersebut adalah :

$$T_{hitung} = \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}$$

dimana Perhitungan $SP = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}}$ dengan $Df = n_1 + n_2 - 2$

Sedangkan untuk uji varian yang berbeda, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$T_{hitung} = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{(S_1^2/n_1) + (S_2^2/n_2)}}$$

Untuk *df* pada uji ini menggunakan rumus :

$$Df = \frac{[(S_1^2/n_1) + (S_2^2/n_2)]}{[(S_1^2/n_1)^2/(n_1-1)] + [(S_2^2/n_2)^2/(n_2-1)]}$$

Hasil yang telah diperoleh selanjutnya dianalisa dengan menggunakan T tabel dengan selang kepercayaan 95% untuk menarik kesimpulan dari hipotesa yang telah diduga di awal penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perubahan Bahan Organik

Limbah cair Rumah Sakit Dr. Koesnadi Bondowoso sebelumnya sudah dipilah sesuai kandungan limbahnya. Limbah yang tertampung pada bak reaktor IPAL merupakan limbah yang mengandung bahan organik yang umumnya terdiri dari unsur-unsur yang mudah terurai. Bahan organik yang terkandung dalam limbah rumah sakit umumnya akan didekomposisi oleh mikroorganisme salah satunya adalah bakteri (*Bacillus sp.*, *Chromobacterium sp.*, atau bakteri dari jenis lain) melalui proses oksidasi menjadi bahan yang lebih sederhana dan unsur hara.

4.1.1 Proses Dekomposisi

Menurut Suryadiputra (1995), mekanisme penghilangan bahan organik dalam air limbah berlangsung melalui tiga proses penting yaitu:

1. Transfer

Proses ini merupakan suatu usaha bakteri untuk mengubah bahan organik karbon di air limbah menjadi karbondioksida, air, amonia, dan energi (proses katabolisme). Bahan organik terlarut (dari jenis *biodegradable*) akan langsung masuk terserap ke dalam sel bakteri melalui dinding sel atau membran bakteri (proses ini disebut juga absorpsi). Jika bahan organik di perairan dalam bentuk partikulat atau suspensi koloid maka pengambilan bahan organik oleh bakteri berlangsung secara adsorpsi, yaitu lewat proses penempelan bahan organik di permukaan dinding sel bakteri.

2. Konversi

Langkah ini merupakan kelanjutan dari proses transfer. Pada proses ini akan terjadi perubahan dari ketersediaan makanan di air limbah menjadi sel-sel bakteri baru menggunakan energi yang diperoleh dari proses transfer. Proses ini dikenal dengan istilah anabolisme.

3. Flokulasi

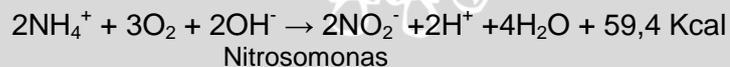
Langkah ini menggambarkan bahwa jika bakteri telah kenyang dan aktivitasnya menurun maka mereka akan tenggelam pada kondisi air yang tenang (stagnan). Berkumpunya flok-flok bakteri pada dasar perairan dapat menjadi penyebab peningkatan bahan organik di perairan.

4.1.2 Proses Nitrifikasi

Menurut Widayat (2010) proses nitrifikasi didefinisikan sebagai konversi nitrogen ammonium (N_2NH_4) menjadi nitrit (N_2NO_2) yang kemudian menjadi nitrat (N_2NO_3) yang dilakukan oleh bakteri autotrofik dan heterotrofik. Proses nitrifikasi ini dibagi dalam dua tahap yaitu:

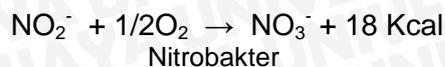
a. Tahap Nitritasi

Tahap ini merupakan tahap oksidasi ion amonium (NH_4^+) menjadi ion nitrit (NO_2^-) yang dilaksanakan oleh bakteri nitrosomonas menurut reaksi berikut:

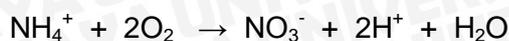


b. Tahap Nittrasi

Tahap nittrasi adalah oksidasi ion nitrit (NO_2^-) menjadi ion nitrat (NO_3^-) yang dilaksanakan oleh bakteri nitrobacter dengan reaksi berikut :



Reaksi tersebut memerlukan 1,14gr O₂ untuk mengoksidasi 1 gr nitrogen menjadi nitrat. Secara keseluruhan proses nitrifikasi dapat dilihat dari persamaan berikut:



4.1.3 Proses Fermentasi

Fermentasi adalah proses yang berlangsung dalam keadaan anaerob, dimana dalam proses ini tidak melibatkan serangkaian transfer elektron yang dikatalisis oleh enzim yang terdapat dalam membran sel. Dalam hal ini elektron dan proton distransfer langsung dari senyawa yang oksidasi menuju senyawa organik intermediet yang lain yang akhirnya membentuk produk fermentasi yang stabil. Oleh karena itu pada proses fermentasi terjadi akumulasi produk yang organisme tidak mampu mengoksidasi lebih lanjut (Priani, 2003).

(EM) mengandung spesies terpilih dari mikroorganisme utamanya yang bersifat fermentasi, yaitu bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*), Jamur fermentasi (*Saccharomyces sp.*), bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas sp.*), dan Actinomycetes (Higa *et al.*, 1995).

4.1.4 Metabolisme Sel

Menurut Restuan (2012), berbagai reaksi kimia yang berlangsung dalam tubuh makhluk hidup untuk mempertahankan hidup disebut metabolisme. Agar dapat tetap hidup, organisme membutuhkan materi dan energi yang tetap dari lingkungannya. Materi dan energi yang dibutuhkan oleh sebagian besar organisme berasal dari molekul organik yang dimakannya. Sebelum dapat dimanfaatkan oleh sel, bahan makanan yang padat terlebih dahulu dirombak menjadi molekul yang relatif kecil dan mudah larut. Molekul-molekul ini mengandung 2-4 atom karbon yang dalam proses selanjutnya menghadapi dua

pilihan. Pilihan pertama adalah berfungsinya molekul ini sebagai bahan baku pembuatan gula, asam lemak, gliserol, dan asam amino.

Senyawa-senyawa yang terbentuk ini selanjutnya menjadi komponen makromolekul dari sel, seperti: polisakarida, lipid, protein, dan asam nukleat. Tahapan metabolisme dimana terbentuknya molekul besar berenergi tinggi berasal dari molekul rendah berenergi rendah disebut Anabolisme. Pilihan kedua adalah molekul yang mengandung 2-4 atom karbon ini dirombak menjadi molekul anorganik yang sederhana seperti CO_2 , H_2O dan NH_3 . Tahapan metabolisme yang merombak molekul kompleks kaya energi menjadi molekul sederhana miskin energi disebut Katabolisme.

4.2 Penurunan *Biological Oxygen Demand (BOD₅)*

Hasil penelitian terhadap pengukuran BOD_5 air limbah untuk masing-masing perlakuan secara lengkap terdapat pada Lampiran 2. Berikut adalah tabel prosentase penurunan BOD_5 selama pengamatan.

Tabel 3. Prosentase Penurunan BOD_5 Selama 6 Hari

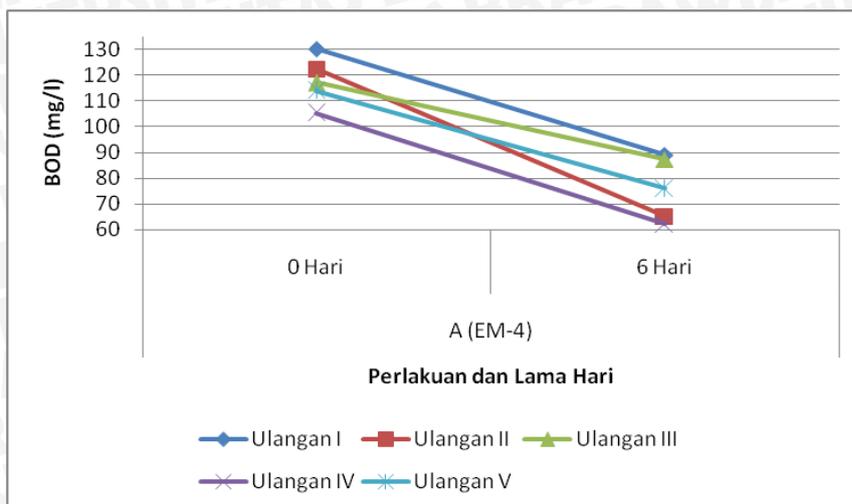
Perlakuan	A (EM-4)		Prosentase Penurunan BOD_5 (%)	B (Probiotik)		Prosentase Penurunan BOD_5 (%)
	0 Hari	6 Hari		0 Hari	6 Hari	
I	130,2	89	31,64	135,1	92,1	31,82
II	122,4	65,22	46,71	101	83,7	17,12
III	117,1	87,3	25,44	110,5	98,5	10,85
IV	105,3	62,1	41,02	107,5	89	17,20
V	114	75,9	33,42	98	87,3	10,91
Rata-rata	117,8	75,904	35,65	110,42	90,12	17,58

Dari hasil analisa statistik menggunakan uji T didapat hasil nilai T hitung (33,853) > T tabel (2,306) sehingga dapat dinyatakan bahwa ada perbedaan penggunaan EM-4 dan Probiotik terhadap laju penurunan BOD_5 selama 6 hari perlakuan. Berdasarkan hasil percobaan didapat rata-rata laju penurunan BOD_5

pada perlakuan EM-4 sebesar 35,65%. Laju penurunan terbesar terdapat pada bak ke-2 yaitu sebesar 46,71%. Pada perlakuan probiotik didapat rata-rata laju penurunan BOD_5 sebesar 17,58%. Laju penurunan terbesar terdapat pada bak ke-1 yaitu sebesar 31,82%. Berikut adalah tabel hasil penurunan BOD_5 selama penelitian.

Dari setiap perlakuan didapat hasil bahwa dengan pemberian EM-4 dan Probiotik menunjukkan penurunan kandungan BOD_5 dari hari pertama sampai hari ke-6. Ini menunjukkan terjadinya dekomposisi bahan organik secara alami oleh bakteri. Pada umumnya air lingkungan mengandung bakteri yang dapat menguraikan bahan organik. Pemberian EM-4 dan Probiotik bertujuan untuk mempercepat proses dekomposisi sehingga diharapkan lebih efisien dalam mengolah limbah cair rumah sakit.

Bahan organik yang terdapat pada limbah akan dimanfaatkan oleh bakteri heterotrof sebagai bahan makanan. Jumlah perubahan bahan organik yang terdekomposisi dapat dilihat dari perubahan nilai BOD_5 dan COD. Hasil yang didapatkan selama enam hari retensi memperlihatkan penurunan kandungan bahan organik limbah cair rumah sakit. Penurunan nilai BOD_5 menunjukkan bahwa bakteri probiotik dan EM-4 bekerja aktif dalam mendegradasi bahan organik dalam limbah. Perubahan nilai BOD_5 pada perlakuan EM-4 selama penelitian disajikan pada Gambar 3.



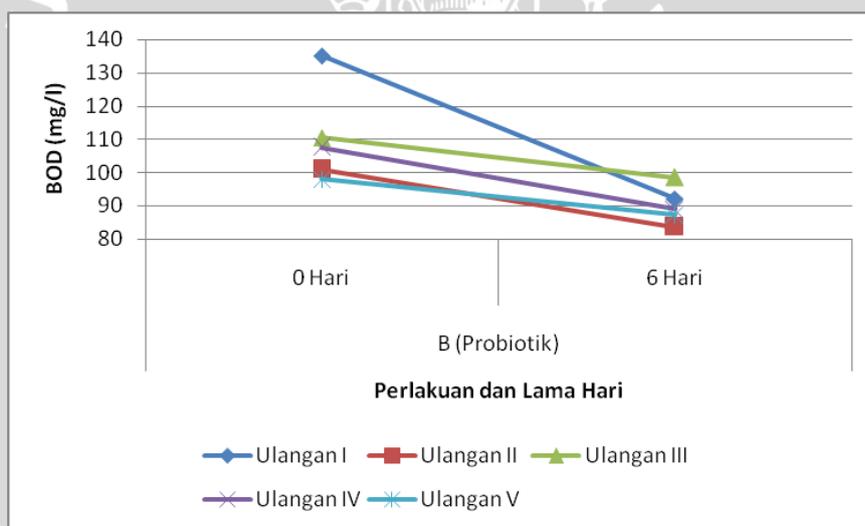
Nilai BOD₅ terendah pada perlakuan EM-4 yaitu pada bak ke-4 di hari ke-6 sebesar 62,1 mg/l. Nilai BOD₅ tertinggi pada perlakuan EM-4 didapat pada bak ke-1 hari ke-6 yaitu sebesar 89 mg/l. Rata-rata nilai BOD₅ pada hari pertama sebesar 117,8 mg/l dan pada hari ke-6 didapat rata-rata 75,9 mg/l.

Laju penurunan BOD₅ pada perlakuan EM-4 berkisar antara 25,44% sampai 46,71% dengan rata-rata sebesar 35,65%. Penurunan BOD₅ yang terjadi mengindikasikan adanya perombakan atau degradasi bahan organik yang dilakukan oleh bakteri EM-4 dalam limbah. Dari hasil penelitian dapat dikatakan bahwa perombakan yang dilakukan bakteri EM-4 belum maksimal yaitu kurang dari 65%. Pada literatur sebelumnya disebutkan bahwa besarnya perombakan bahan organik oleh mikroba pada waktu 5 hari adalah sekitar 65%.

EM-4 merupakan campuran dari beberapa mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis tanah serta dapat digunakan juga dalam pengolahan limbah (Lestari, 2008). Menurut Ginting (2007), penurunan nilai BOD disebabkan oleh dekomposisi bahan organik secara alami dengan bantuan aerasi serta dipercepat dengan penambahan EM-4. Udara berfungsi sebagai konsumsi bakteri agar dengan aktif dapat memakan bahan organik dalam limbah.

Pengurangan BOD tergantung dari waktu aerasi, temperatur, dan keadaan air buangan sendiri (Waluyo, 2009). Menurut Effendi (2003), pada proses dekomposisi bahan organik, mikroba memanfaatkan bahan organik sebagai sumber makanan dari suatu rangkaian reaksi biokimia yang kompleks. Reaksi tersebut berupa katabolisme dan anabolisme. Pada reaksi katabolisme, makanan (bahan organik) dipecah untuk menghasilkan energi. Pada reaksi anabolisme, energi digunakan untuk sintesis sel baru.

Adapun pada perlakuan probiotik kandungan bahan organik bisa dikatakan menurun. Penurunan bahan organik pada limbah dapat dilihat dari hasil pengukuran Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD_5). Berikut grafik nilai BOD_5 pada perlakuan probiotik ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Penurunan BOD_5 Pada Perlakuan Probiotik Selama 6 Hari

Pada perlakuan probiotik nilai BOD_5 terendah yaitu pada bak ke-2 hari ke-6 perlakuan yaitu sebesar 83,7 mg/l. Nilai BOD_5 tertinggi yaitu pada hari pertama pada bak ke-1 yaitu sebesar 135,1 mg/l. Rata-rata nilai BOD_5 pada hari pertama sebesar 110,42 mg/l dan pada hari ke-6 didapat rata-rata 90,12 mg/l. Laju penurunan BOD_5 pada perlakuan Probiotik berkisar antara 10,85% sampai 31,82%.



Menurut Purwanta dan Firdayati (2002) probiotik adalah jenis bakteri yang ditambahkan ke dalam lingkungan untuk perbaikan mutu lingkungan. Ada dua manfaat yang diharapkan dari aplikasi bakteri ini yaitu; (1) meningkatkan populasi bakteri non patogenik, (2) sebagai dekomposer bahan organik menjadi mineral dan mengubah senyawa beracun menjadi tidak beracun, seperti senyawa amonia dan nitrit yang beracun menjadi senyawa nitrogen bebas melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi.

Penurunan BOD₅ selama perlakuan disebabkan oleh terjadinya proses perombakan bahan organik limbah oleh bakteri pengurai yang terkandung dalam EM-4 dan Probiotik. Bakteri tersebut bekerjasama secara simbiotik saling menguntungkan dan membentuk pola suksesi yang berkesinambungan selama proses perombakan bahan organik limbah berlangsung. Berkurangnya bahan organik pada limbah ditunjukkan oleh berkurangnya penggunaan oksigen oleh mikroba. Penggunaan oksigen oleh mikroba dapat dilihat dari hasil BOD₅, jika nilai BOD₅ rendah maka bahan organik dalam limbah juga rendah, begitupun sebaliknya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata BOD₅ pada hasil akhir perlakuan EM-4 sebesar 75,9 mg/l dengan rata-rata penurunan sebesar 35,65%. Pada perlakuan Probiotik didapat rata-rata BOD₅ sebesar 90,12 mg/l dengan rata-rata penurunan sebesar 17,58%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa hasil akhir penelitian masih belum memenuhi syarat baku mutu pembuangan limbah cair rumah sakit menurut MENLH No. 58 Tahun 1995 yaitu sebesar 30 mg/l. Hasil akhir pada perlakuan EM-4 dan Probiotik juga tidak memenuhi syarat baku mutu pengendalian pencemaran air untuk perikanan berdasar pada Peraturan Pemerintah no.82 Tahun 2001 yaitu sebesar 6 mg/l.

Berdasarkan data yang diperoleh baik laju penurunan BOD₅ pada perlakuan EM-4 maupun Probiotik, penggunaan EM-4 dapat membantu menurunkan laju

BOD₅ lebih baik dibanding Probiotik. Dari hasil penelitian bakteri pada EM-4 dan Probiotik membutuhkan waktu lebih dari 6 hari untuk menurunkan BOD₅ secara maksimal.

4.3 Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Nilai COD mengalami penurunan selama penelitian. Penurunan kandungan bahan organik ini mengindikasikan bahwa bakteri pada EM-4 dan Probiotik bekerja dengan baik. Pada akhir pengamatan juga terlihat *film* (lapisan bakteri) di dasar bak percobaan. Dapat dikatakan bakteri tumbuh dengan subur karena adanya kandungan bahan organik pada limbah. Hasil penelitian terhadap pengukuran laju penurunan COD air limbah untuk masing-masing perlakuan secara lengkap terdapat pada Lampiran 3. Berikut adalah tabel prosentase penurunan COD selama pengamatan.

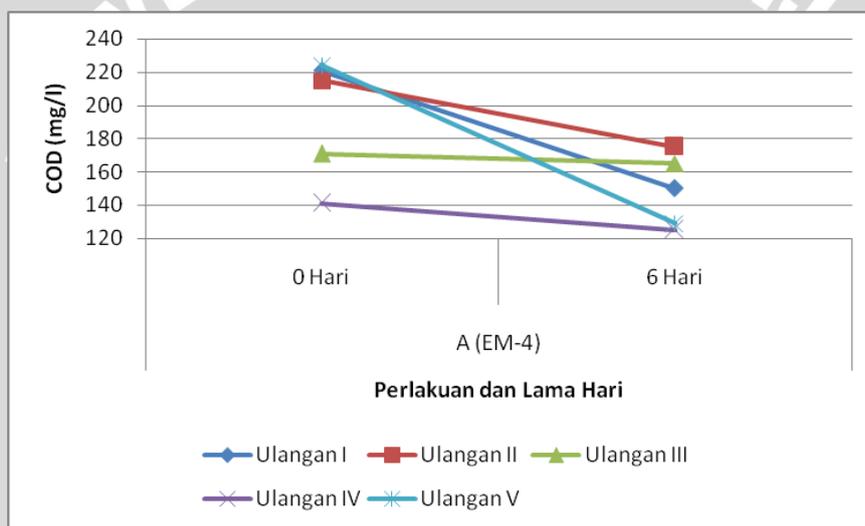
Tabel 4. Prosentase Penurunan COD (mg/l) Selama 6 Hari

Perlakuan Ulangan	A (EM-4)		Prosentase Penurunan COD (%)	B (Probiotik)		Prosentase Penurunan COD (%)
	0 Hari	6 Hari		0 Hari	6 Hari	
I	221	150	32,12	230	154	33,04
II	215	175	18,60	220	135	38,63
III	171	165	3,50	250	172	31,2
IV	141	125	11,34	230	204	11,3
V	224	129	42,41	220	210	4,54
Rata-rata	194,4	148,8	21,59	230	175	23,74

Dari hasil analisa statistik menggunakan uji T didapat hasil bahwa nilai T hitung (-2,218) < T tabel (2,306) sehingga dapat dinyatakan bahwa penggunaan EM-4 dan Probiotik tidak ada perbedaan terhadap laju penurunan COD selama 6 hari perlakuan. Dari hasil analisa statistik bisa dikatakan bahwa kandungan bahan organik dalam limbah jumlahnya melebihi dari kemampuan bakteri dalam mendegradasi bahan organik. Pada hasil laboratorium yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa terjadi penurunan COD pada limbah cair. Rata-rata laju

penurunan COD pada perlakuan EM-4 dan Probiotik selama enam hari sebesar 21,59% dan 23,7%. Dari hasil rata-rata laju penurunan COD ini bakteri yang terkandung dalam EM-4 dan Probiotik tidak dapat mendegradasi bahan organik secara maksimal dalam waktu 6 hari.

Jumlah perubahan bahan organik yang terdekomposisi dapat dilihat dari perubahan nilai COD. Hasil yang didapatkan selama enam hari retensi memperlihatkan penurunan kandungan bahan organik limbah cair rumah sakit. Perubahan nilai COD pada perlakuan EM-4 selama penelitian disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Penurunan COD Pada Perlakuan EM-4 Selama 6 Hari

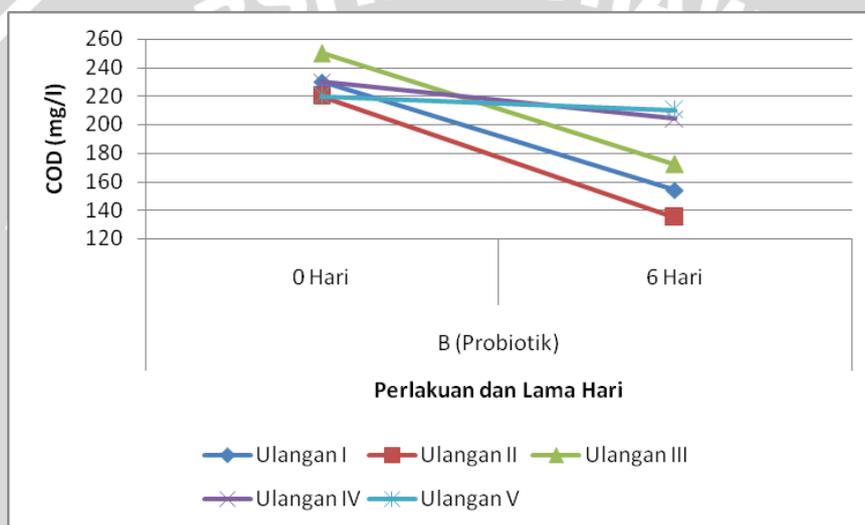
Dari hasil grafik di atas kandungan COD tertinggi pada perlakuan EM-4 terjadi pada hari pertama bak ke-5 yaitu sebesar 224 mg/l dan kandungan COD terendah terdapat pada hari ke-6 bak ke-4 yaitu sebesar 125 mg/l. Rata-rata nilai COD pada hari pertama sebesar 194.4 mg/l dan pada hari ke-6 didapat rata-rata 148.8 mg/l. Laju penurunan COD pada perlakuan EM-4 berkisar antara 3,5% sampai 42,41%.

Menurut Jenie dan Rahayu (1993), meningkatnya biomassa mikroorganisme akan menyebabkan turunnya konsentrasi bahan organik pada limbah. Peningkatan biomassa disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme dalam



limbah tersebut. Pertumbuhan populasi mikroorganisme berpengaruh penting terhadap efisiensi proses penyisihan nilai COD (Sutapa, 1999). Menurut Achmad (2011), makin lama waktu tinggal mikroorganisme akan memberikan waktu kontak antara bahan organik yang terdapat dalam limbah cair dengan mikroorganisme juga semakin lama, sehingga degradasi senyawa organik (penurunan COD) menjadi besar.

Berikut adalah hasil pengukuran COD pada perlakuan probiotik yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penurunan COD Pada Perlakuan Probiotik Selama 6 Hari

Berdasarkan hasil percobaan didapat nilai COD pada perlakuan probiotik berkisar antara 135-210 mg/l. Nilai COD terendah pada perlakuan probiotik yaitu pada bak ke-2 pada hari ke-6 sebesar 135 mg/l. Nilai COD tertinggi pada perlakuan Probiotik didapat pada bak ke-5 pada hari ke-6 percobaan yaitu sebesar 210 mg/l. Laju penurunan COD pada perlakuan Probiotik berkisar antara 4,54% sampai 38,63%.

Air limbah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi umumnya akan memiliki nilai COD yang besar. Hariyadi *et al.* (1992) menyatakan bahwa COD

merupakan banyaknya oksigen (mg/l) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimiawi, menghasilkan CO₂ dan H₂O.

Berdasarkan penelitian Muchtar (2007) tentang pemanfaatan bakteri untuk pengolah limbah organik. Bakteri jenis *Bacillus sp.* dapat menurunkan nilai COD sebesar 66,44% sedangkan *Chromobacterium sp.* sebesar 63,08%. Nilai COD meningkat sejalan dengan meningkatnya kandungan bahan organik di perairan. Uji COD dapat mengoksidasi beberapa komponen yang tidak dapat dioksidasi oleh mikroorganisme secara biologis. Hal inilah yang menyebabkan nilai COD selalu lebih besar dibandingkan nilai BOD (Hindarko, 2003).

Penurunan nilai COD sangat dipengaruhi oleh aktivitas bakteri. Reaksi-reaksi bakteri akan mengubah bahan organik menjadi lebih sederhana membentuk bahan anorganik dan produk akhir lainnya serta menghasilkan energi untuk sintesis sel bakteri itu sendiri.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata COD pada hasil akhir perlakuan EM-4 sebesar 148,8 mg/l dengan rata-rata penurunan sebesar 21,59%. Pada perlakuan Probiotik didapat rata-rata COD sebesar 175 mg/l dengan rata-rata penurunan sebesar 23,74%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa hasil akhir penelitian masih belum memenuhi syarat baku mutu pembuangan limbah cair rumah sakit menurut MENLH No. 58 Tahun 1995 yaitu sebesar 80 mg/l. Hasil akhir pada perlakuan EM-4 dan Probiotik juga belum memenuhi syarat baku mutu pengendalian pencemaran air untuk perikanan berdasar pada Peraturan Pemerintah no.82 Tahun 2001 yaitu sebesar 50 mg/l.

Berdasarkan data yang diperoleh baik laju penurunan COD pada perlakuan EM-4 maupun Probiotik, penggunaan Probiotik dapat membantu menurunkan laju COD lebih baik dibanding EM-4.

4.4 Parameter Kualitas Air

a. Suhu

Hasil penelitian terhadap pengukuran suhu air limbah untuk masing-masing perlakuan secara lengkap terdapat pada Lampiran 4. Pengukuran suhu air limbah dilakukan pada hari pertama, ketiga, dan keenam. Berikut adalah tabel prosentase kenaikan suhu yang dihitung dari hari pertama dan hari ke-6 pengamatan.

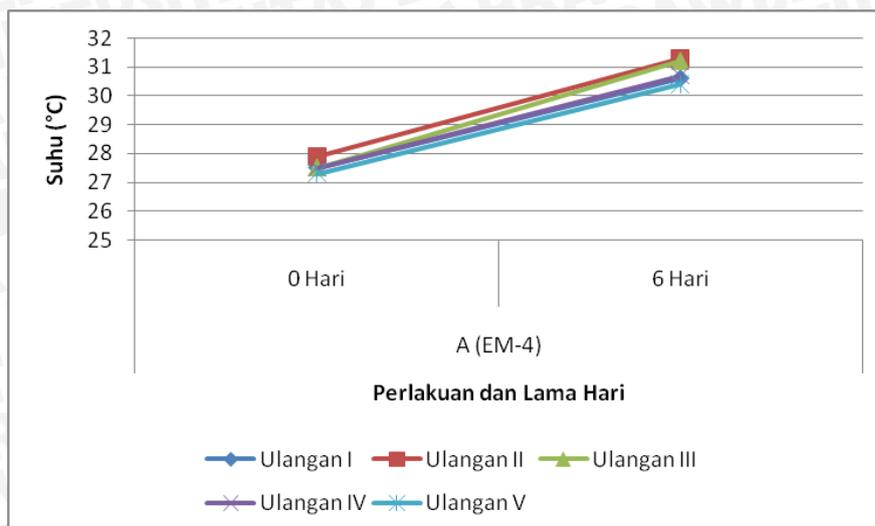
Tabel 5. Prosentase Kenaikan Suhu (°C) Selama 6 Hari

Perlakuan	A (EM-4)		Prosentase Kenaikan Suhu (%)	B (Probiotik)		Prosentase Kenaikan Suhu (%)
	0 Hari	6 Hari		0 Hari	6 Hari	
I	27,5	30,6	10,13	27,5	30,4	9,53
II	27,9	31,3	10,86	28,6	31,1	8,03
III	27,5	31,2	11,85	27,5	30,9	11
IV	27,5	30,7	10,42	27,6	30,3	8,91
V	27,3	30,4	10,19	27,4	30,3	9,57
Rata-rata	27,54	30,84	10,69	27,72	30,6	9,41

Pada hasil analisa statistik didapat hasil $T_{hitung} (25,23) > T_{tabel} (2,306)$ sehingga dapat dinyatakan bahwa penggunaan EM-4 dan Probiotik ada perbedaan terhadap perubahan suhu selama 6 hari. Perubahan suhu yang terjadi selama enam hari pengamatan adalah meningkatnya suhu air limbah pada masing-masing bak perlakuan. Peningkatan suhu lebih tinggi terjadi pada perlakuan EM-4 dengan rata-rata kenaikan suhu sebesar 10,69%.

Pengukuran suhu dilakukan pada hari pertama, ketiga, dan keenam selama enam hari pengamatan. Hasil penelitian pada perlakuan EM-4 menunjukkan adanya perbedaan, meskipun perbedaan yang ada tidak signifikan yang dapat dilihat pada Gambar 7.





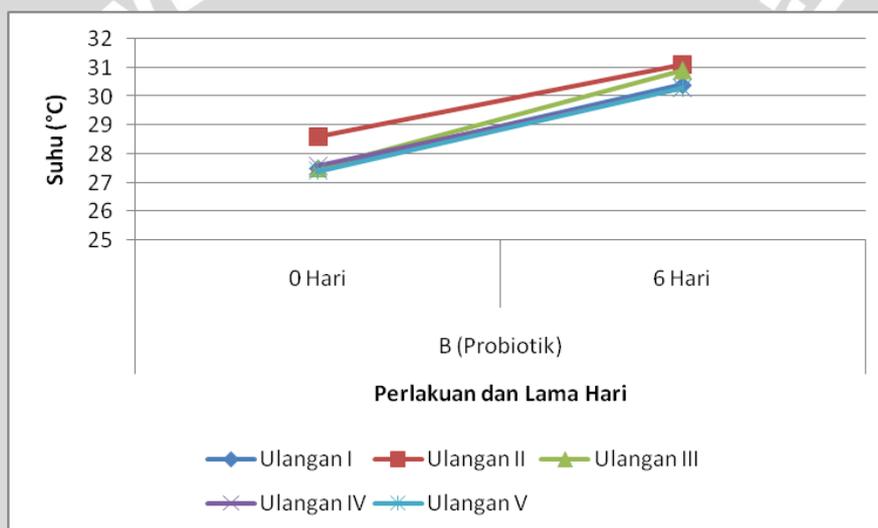
Gambar 7. Grafik Suhu Pada Perlakuan EM-4

Grafik diatas juga menunjukkan bahwa suhu terendah pada perlakuan EM-4 terdapat pada bak ke-5 hari pertama yaitu sebesar 27,3 °C. Suhu tertinggi perlakuan EM-4 yaitu pada hari ke-6 pada bak ke-2 sebesar 31,3 °C. Rata-rata suhu selama penelitian pada perlakuan EM-4 sebesar 29,34 °C. Pada hari pertama didapat rata-rata nilai suhu sebesar 27,54 °C, rata-rata nilai suhu pada hari ketiga sebesar 29,66 °C, dan pada hari keenam didapat rata-rata nilai suhu sebesar 30,84 °C. Kenaikan suhu pada perlakuan EM-4 berkisar 10,13% sampai 11,85%. Peningkatan suhu ini adalah sebagai tanda bahwa proses degradasi berjalan dengan baik. Hasil akhir dari proses degrassi bahan organik biasanya adalah karbon dioksida yang memiliki sifat panas.

Secara umum kisaran suhu pada saat pengamatan merupakan kisaran suhu yang optimal untuk pengolahan limbah secara biologi menggunakan bakteri. Hal ini didukung oleh pernyataan Meutia *et al*, (2002) aktivitas mikroorganisme umumnya berlangsung optimal pada kisaran suhu 15-35 °C. Menurut Effendi (2003) perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Menurut Ginting (2007) pada suhu tinggi pengentalan cairan berkurang dan

mengurangi sedimentasi. Tingkat oksidasi lebih besar pada suhu tinggi dan pembusukan jarang terjadi pada suhu rendah. Menurut hukum Van't Hoff's kenaikan temperatur sebesar 10 °C akan meningkatkan laju metabolisme, menyebabkan konsumsi oksigen meningkat, serta menyebabkan kelarutan oksigen dalam air menjadi berkurang (Barus, 2002).

Hasil pengukuran suhu pada perlakuan probiotik juga cenderung mengalami kenaikan. Adanya faktor alami dan pengaruh suhu ruangan menentukan nilai suhu pada bak-bak percobaan. Adapun nilai suhu selama pengamatan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Suhu Pada Perlakuan Probiotik

Pada perlakuan Probiotik peningkatan suhu juga terjadi dari hari ke hari. Pengamatan suhu terendah terdapat pada bak ke-5 pada hari pertama pengamatan yaitu sebesar 27,4 °C. Suhu tertinggi terdapat pada bak ke-2 hari ke-6 pengamatan yaitu sebesar 31,1 °C. Rata-rata suhu selama pengamatan 6 hari sebesar 29,29 °C. pada hari pertama didapat hasil rata-rata pengukuran suhu sebesar 27,72 °C, pada hari ke-3 rata-rata suhu pada sebesar 29,56 °C, dan pada hari ke-6 rata-rata suhu menjadi 30,6 °C. Perubahan suhu yang terjadi

cenderung meningkat dimana peningkatan suhu yang terjadi berkisar antara 8,03 °C sampai 11 °C.

Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba (Effendi, 2003). Selain faktor lingkungan, peningkatan suhu juga sejalan dengan kegiatan aktivitas dekomposisi bahan organik. Semakin tinggi aktivitas dekomposisi maka suhu akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya (Novizan, 2005). Menurut Indriani (2003), aktivitas bakteri dalam mendekomposisi bahan organik secara aerobik menghasilkan CO₂, air, dan Panas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata Suhu pada hasil akhir perlakuan EM-4 sebesar 30,84 °C dengan rata-rata kenaikan sebesar 10,69%. Pada perlakuan Probiotik didapat rata-rata Suhu sebesar 30,6 °C dengan rata-rata kenaikan sebesar 9,41%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa hasil akhir penelitian masih belum memenuhi syarat baku mutu pembuangan limbah cair rumah sakit menurut MENLH No. 58 Tahun 1995 yaitu sebesar ≤ 30 °C. Hasil akhir pada perlakuan EM-4 dan Probiotik juga belum memenuhi syarat baku mutu pengendalian pencemaran air untuk perikanan berdasar pada Peraturan Pemerintah no.82 Tahun 2001 yaitu sebesar 30 °C.

Berdasarkan data yang diperoleh baik pada perlakuan EM-4 maupun Probiotik sama-sama menaikkan suhu air limbah pada akhir penelitian. Ini menunjukkan bahwa terjadi metabolisme yang dilakukan oleh bakteri, dimana hasil metabolisme tersebut menghasilkan CO₂ dan panas.

b. pH

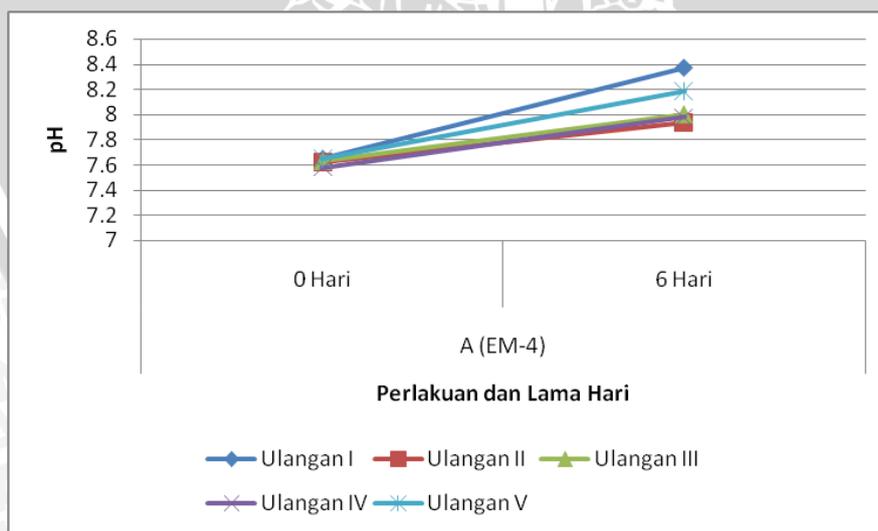
Hasil penelitian terhadap pengukuran *pH* air limbah untuk masing-masing perlakuan secara lengkap terdapat pada Lampiran 5. Berikut adalah tabel prosentase kenaikan *pH* selama pengamatan.

Tabel 6. Prosentase Kenaikan *pH* Selama 6 Hari

Perlakuan	A (EM-4)		Prosentase Kenaikan <i>pH</i> (%)	B (Probiotik)		Prosentase Kenaikan <i>pH</i> (%)
	0 Hari	6 Hari		0 Hari	6 Hari	
I	7,65	8,37	8,6	7,64	8,23	7,16
II	7,62	7,94	4,03	7,52	8,26	8,95
III	7,63	8	4,62	7,65	8,15	6,13
IV	7,58	7,98	5,01	7,6	8,19	7,2
V	7,65	8,19	6,59	7,66	7,68	0,26
Rata-rata	7,626	8,096	5,77	7,614	8,102	5,94

Dari hasil analisa statistik didapat hasil bahwa nilai T hitung(-1,013) < T tabel (2,306) sehingga dapat dinyatakan bahwa penggunaan EM-4 dan Probiotik tidak ada perbedaan terhadap perubahan *pH* selama 6 hari perlakuan. Namun dalam uji laboratorium yang telah dilaksanakan terjadi laju penurunan *pH* pada limbah cair. Perubahan yang terjadi yaitu air limbah cenderung memiliki *pH* yang lebih basa dari pada sebelumnya.

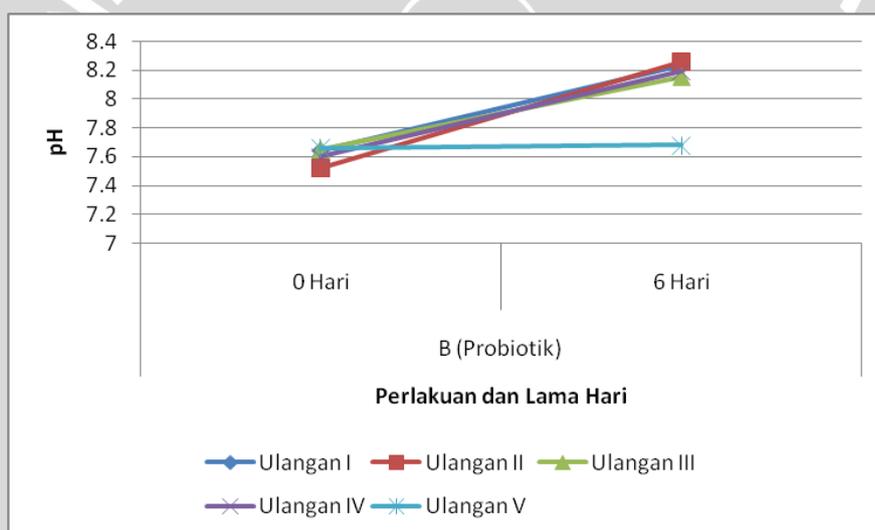
Pengukuran *pH* dilakukan pada hari pertama, ke-3, dan ke-6 selama enam hari pengamatan. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan *pH* yang tidak signifikan pada perlakuan EM-4. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik *pH* Pada Perlakuan EM-4

Nilai *pH* pada perlakuan EM-4 selama penelitian berada pada kisaran *pH* 7-8. Pada perlakuan EM-4 nilai *pH* terendah adalah 7,58 yaitu pada hari pertama pada bak ke-4. Nilai *pH* tertinggi sebesar 8,37 yaitu pada hari ke-6 bak ke-1. Rata-rata nilai *pH* pada hari pertama sebesar 7,62 dan pada hari ke-3 didapat nilai rata-rata sebesar 8,05 sedangkan pada hari ke-6 didapat nilai rata-rata sebesar 8,09. Terjadi laju kenaikan *pH* selama penelitian pada perlakuan EM-4 dimana rata-rata laju kenaikan *pH* sebesar 5,77% dengan besarnya laju *pH* pada perlakuan EM-4 berkisar pada 4,03% sampai 8,6%.

Pada perlakuan probiotik juga terjadi peningkatan *pH* menuju basa. Adapun data hasil ditampilkan dan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik *pH* Pada Perlakuan Probiotik

Untuk perlakuan probiotik didapat nilai *pH* terendah yaitu 7,52 pada hari pertama dan tertinggi pada hari ke-6 yaitu 8,23. Rataan *pH* pada hari pertama sebesar 7,61 dan pada hari ke-3 sebesar 7,74 sedangkan pada hari ke-6 didapat hasil 8,10. Pada perlakuan probiotik didapat rata-rata laju peningkatan *pH* sebesar 5,94%. Besarnya laju peningkatan *pH* selama 6 hari pengamatan berkisar antara 0,26% sampai 8,95%. Peningkatan *pH* menjadi asam dapat dikatakan bahwa kandungan bahan organik dari hari ke hari mengalami penurunan. Dengan menurunnya bahan organik maka kebutuhan oksigen untuk

aktivitas degradasi akan menurun sehingga hasil akhir metabolisme mikroorganisme tidak mempengaruhi kualitas air.

pH adalah cermin dari derajat keasaman yang diukur dari jumlah ion hidrogen menggunakan rumus umum $pH = -\text{Log} (H^+)$ (Andayani, 2005). Nilai pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Pada $pH < 5$, alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah nilai karbondioksida bebas (Effendi, 2003).

Menurut Iswanto *et al.* (2007) peningkatan pH menunjukkan adanya kegiatan mikroorganisme menguraikan bahan organik seperti karbohidrat yang diuraikan menjadi glukosa. Setelah itu terjadi proses asidogenesis dan asetogenesis. Tahap asidogenesis dilakukan oleh berbagai kelompok mikroorganisme, yang mayoritas adalah mikroorganisme obligat anaerob dan anaerob fakultatif (Chotimah, 2010). Pada proses ini terjadi penurunan pH karena adanya asam organik yang dihasilkan seperti asam butirat, propionat, dan asetat (Iswanto *et al.*, 2007). Selanjutnya pH cenderung mengalami peningkatan karena asam organik diuraikan menjadi metana dan karbondioksida (Chotimah, 2010).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata Derajat Keasaman (pH) pada hasil akhir perlakuan EM-4 sebesar 8,096 dengan rata-rata kenaikan sebesar 5,77%. Pada perlakuan Probiotik didapat rata-rata Derajat Keasaman (pH) sebesar 8,102 °C dengan rata-rata kenaikan sebesar 5,94%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa hasil akhir penelitian telah memenuhi syarat baku mutu pembuangan limbah cair rumah sakit menurut MENLH No. 58 Tahun 1995 yaitu dengan Derajat Keasaman (pH) sebesar 6-9. Hasil akhir pada perlakuan EM-4 dan Probiotik juga memenuhi syarat baku mutu pengendalian pencemaran air untuk perikanan berdasar pada Peraturan Pemerintah no.82 Tahun 2001 yaitu dengan Derajat Keasaman (pH) sebesar 6-9.

Berdasarkan data yang diperoleh baik pada perlakuan EM-4 maupun Probiotik sama-sama menaikkan pH air limbah pada akhir penelitian. Ini menunjukkan bahwa dengan turunnya kandungan BOD_5 dan COD pada limbah, membuat penggunaan oksigen semakin sedikit sehingga pH cenderung basa.

c. Amoniak

Hasil penelitian terhadap pengukuran Amoniak air limbah untuk masing-masing perlakuan secara lengkap terdapat pada Lampiran 6. Berikut adalah tabel prosentase penurunan amoniak selama pengamatan.

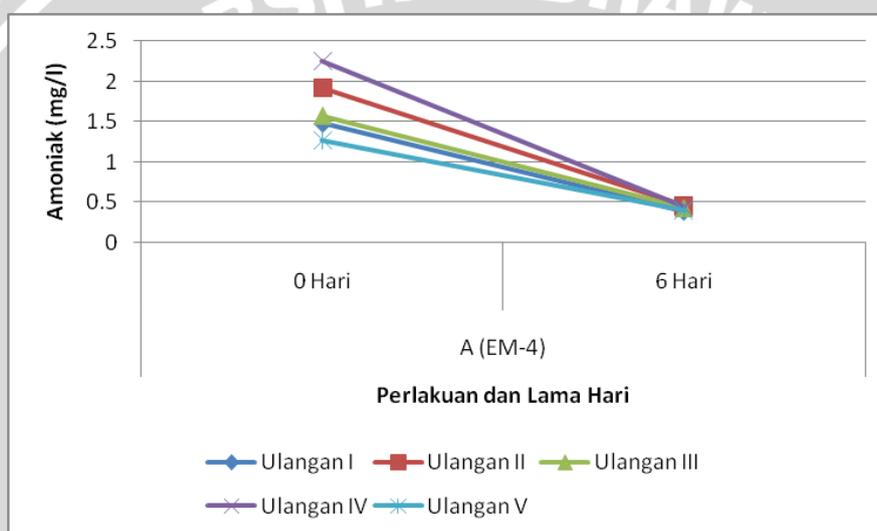
Tabel 7. Prosentase Penurunan Amoniak (mg/l) Selama 6 Hari

Perlakuan	A (EM-4)		Prosentase Penurunan Amoniak (%)	B (Probiotik)		Prosentase Penurunan Amoniak (%)
	0 Hari	6 Hari		0 Hari	6 Hari	
I	1,48	0,39	73,64	1,6	0,42	73,75
II	1,92	0,46	76,04	1,01	0,44	56,43
III	1,57	0,43	72,61	2,34	0,41	82,47
IV	2,25	0,45	80	1,9	0,45	76,31
V	1,27	0,4	68,5	1,13	0,49	56,63
Rata-rata	1,698	0,426	74,16	1,596	0,442	69,12

Dari hasil analisa statistik didapat hasil nilai T hitung (8,9) > T tabel (2,306) sehingga dapat dinyatakan bahwa penggunaan EM-4 dan Probiotik ada perbedaan terhadap laju penurunan amoniak selama 6 hari perlakuan. Kedua perlakuan sama baiknya dalam menurunkan kandungan amoniak dalam limbah cair. Penurunan yang terjadi memiliki kisaran nilai yang cukup besar yaitu melebihi 50%. Rata-rata laju penurunan amoniak tertinggi yaitu pada perlakuan probiotik dengan nilai laju penurunan sebesar 69,12%.

Dari hasil pengamatan nilai amoniak terendah selama penelitian pada perlakuan EM-4 adalah 0,39 mg/l yaitu pada hari ke-6 pada bak ke-1. Nilai

amoniak tertinggi sebesar 2,25 mg/l yaitu pada hari pertama pada bak ke-4. Rata-rata nilai amoniak pada hari pertama sebesar 1,69 mg/l, pada hari ke-3 rata-rata nilai amoniak sebesar 0,5 mg/l, dan pada hari ke-6 rata-rata nilai amoniak sebesar 0,42mg/l. Laju penurunan amoniak pada perlakuan EM-4 berkisar antara 68,5% sampai 80% selama enam hari perlakuan. Rata-rata laju penurunan amoniak selama 6 hari perlakuan yaitu sebesar 74,16%. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan amoniak pada tiap perlakuan, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 11.

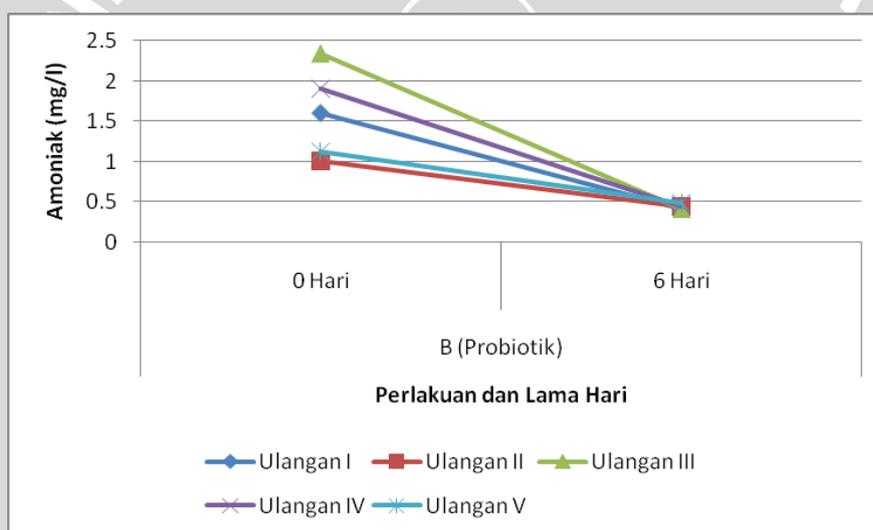


Gambar 11. Grafik Amoniak Pada Perlakuan EM-4

Proses pembentukan amonia lebih dikenal dengan istilah amonifikasi (Ibrahim *et al.*, 2005). Amoniak dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. Sumber amoniak di perairan adalah dari pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik (Effendi, 2003). Toksisitas amoniak terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu. Konsentrasi amoniak akan meningkat seiring dengan meningkatnya *pH* (Barus, 2002). Kadar amoniak yang tinggi merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik (Effendi, 2003).

Pada perlakuan probiotik didapatkan nilai amoniak terendah yaitu 0,41 mg/l pada hari ke-6 bak ke-3 dan tertinggi pada hari pertama bak ke-3 yaitu sebesar 2,25 mg/l. Rata-rata nilai amoniak pada hari pertama sebesar 1,59 mg/l, pada hari ke-3 rata-rata nilai amoniak sebesar 0,79 mg/l, dan pada hari ke-6 rata-rata nilai amoniak sebesar 0,44 mg/l. Laju penurunan amoniak pada perlakuan Probiotik berkisar antara 56,43% sampai 82,47% selama enam hari perlakuan. Rata-rata laju penurunan amoniak selama 6 hari perlakuan yaitu sebesar 69,1%.

Hasil pengukuran amoniak pada perlakuan probiotik juga mengalami penurunan dari hari ke hari. Adapun hasil pengukuran amoniak pada perlakuan probiotik dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Amoniak Pada Perlakuan Probiotik

Menurut pendapat Triyanto (2005) bahwa bakteri *Nitrosomonas eutorpha* dan *Nitrobacter winogradsky* mampu dengan baik mengoksidasi amoniak dalam media pemeliharaan, sedangkan bakteri *Paracoccus pantotrophus* dan *Bacillus megaterium* mampu merombak karbohidrat dan bahan organik. Menurut hasil penelitian Deesentum *et al.* (2007) menunjukkan bahwa probiotik *Bacillus* mampu memproduksi enzim amilase dan protease. Dijelaskan pula bahwa bakteri heterotrofik dalam pertumbuhannya memerlukan senyawa organik. Menurut

Kurniawan (2003) menyatakan bahwa dengan pemberian probiotik maka retensi nitrogen dalam limbah akan meningkat dan menyebabkan kandungan pada amoniak akan menurun.

Menurut Mc Neely *et al.* dalam Gunadi dan Hafsaridewi (2008), kadar amonia pada perairan alami biasanya kurang dari 0,1 mg/liter. Kadar amonia bebas yang tidak terionisasi (NH_3) pada perairan tawar sebaiknya tidak lebih dari 0,2 mg/liter. Jika kadar amonia bebas lebih dari 0,2 mg/liter, perairan bersifat patoksik bagi beberapa jenis ikan, kadar amonia yang tinggi dapat merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata Amoniak pada hasil akhir perlakuan EM-4 sebesar 0,426 mg/l dengan rata-rata penurunan sebesar 74,16%. Pada perlakuan Probiotik didapat rata-rata nilai Amoniak sebesar 0,44 mg/l dengan rata-rata penurunan sebesar 69,12%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa hasil akhir penelitian belum memenuhi syarat baku mutu pembuangan limbah cair rumah sakit menurut MENLH No. 58 Tahun 1995 yaitu sebesar 0,1 mg/l. Hasil akhir pada perlakuan EM-4 dan Probiotik juga belum memenuhi syarat baku mutu pengendalian pencemaran air untuk perikanan berdasar pada Peraturan Pemerintah no.82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,02 mg/l.

Berdasarkan data yang diperoleh baik laju penurunan Amoniak pada perlakuan EM-4 maupun Probiotik, penggunaan EM-4 dapat membantu menurunkan laju Amoniak lebih baik dibanding Probiotik. Penurunan BOD_5 dan COD juga berpengaruh terhadap penurunan Amoniak, dimana dengan berkurangnya bahan organik maka aktivitas bakteri dalam mendekomposisi protein juga berkurang. Dari hasil penelitian bakteri pada EM-4 dan Probiotik membutuhkan waktu lebih dari 6 hari untuk menurunkan Amoniak secara maksimal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa:

- Setelah enam hari pengamatan ada perbedaan laju penurunan BOD_5 dan COD akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.
- Pemberian EM-4 memiliki kemampuan lebih baik dalam menurunkan BOD_5 . Pada laju penurunan COD, perlakuan Probiotik memiliki fungsi lebih baik dibandingkan dengan perlakuan EM-4.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini dapat disarankan pada penelitian selanjutnya untuk menambah dosis EM-4 dan Probiotik sehingga dengan retensi waktu enam hari dapat memaksimalkan laju penurunan BOD_5 dan COD.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A., Syarfi, dan M. Atikalidia. 2011. Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" ISSN 1693 – 4393. Laboratorium Rekayasa Bioproses Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau: 5-6.
- Adisasmito, Wiku. 2007. Sistem Manajemen Lingkungan Rumah Sakit. PT. Radja Grafindo Persada. Jakarta.
- Andayani, Sri. 2005. Manajemen Kualitas Air untuk Budidaya Perairan. Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Apriadi, T. 2008. Kombinasi Bakteri dan Tumbuhan Air Sebagai Bioremediator dalam Mereduksi Kandungan Bahan Organik Limbah Kantin. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Alaerts G., & S.S Santika. 1984. Metode Penelitian Air. Usaha Nasional. Surabaya. Indonesia.
- Anita, A. 2005. Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform Pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan Di Rsud Nganjuk. Jurnal Kesehatan Lingkungan. 2(1): 97-110.
- Badan Pendidikan dan Pelatihan Pertanian, 1996. Pedoman Penggunaan EM4 Bagi Negara-Negara Asia Pasific Nature Agriculture-Network (APNAN). BPLP. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Barus, T. A. 2002. Pengantar limnologi. jurusan biologi FMIPA USU: Medan.
- Brigden, K. and Stringer, R. 2000, *Ammonia and Urea Production : Incidents of Ammonia Release From The Proferti I Urea and Ammonia Facility, Bahia Blanca, Argentina, Greenpeace Research Laboratories, Departemen of Biological Science University of Exeter, UK.*
- Chotimah, S. N. 2010. Pembuatan Biogas dari Limbah Makanan dengan Variasi dan Suhu Substrat dalam Biodigester Anaerob. Universitas Negeri Sebelas Maret. Surakarta.
- Citroreksoko, P. 1996. Pengantar bioremediasi. Prosiding pelatihan dan lokakarya: peranan bioremediasi dalam pengelolaan lingkungan (Cibinong, 24-28 Juni 1996). Puslitbang Bioteknologi LIPI, BBPT, dan Hanns Seidel Foundation: Cibinong, Bogor. Hal. 1-1 1.
- Deeseenthum S, V. Leelavatcharamas, & J.D. Brooks. 2007. *Effect of feeding Bacillus sp as Probiotic Bacteria on Growth of Giant Freshwater Prawn*

(*Macrobrachium rosenbergii* de Man). *Pakistan Journal of Biological Science*: 10: 1481-1485.

Departemen Kesehatan RI. 1993. Petunjuk Pemeriksaan Air Buangan dan Air Kolam Renang. Pusat Laboratorium Kesehatan Departemen Kesehatan RI. Jakarta.

Dewi, A.I.R. 2007. Fiksasi N Biologis pada Ekosistem Tropis. Disertasi. Universitas Padjajaran. Bandung.

Djuarnani N, Kristian, Budi SS. 2005. Cara Cepat Membuat Kompos. Depok: Agro Media Pustaka.

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumberdaya Dan Lingkungan Perairan*. Penerbit : Kanisius. Yogyakarta.

Ghorif, S. 2012. Peranan Probiotik Dalam Budidaya Akuakultur. [http://Peranan Probiotik dalam Budidaya Akuakulturhp.11.0i30I.31655.36409.04004](http://PerananProbiotikdalamBudidayaAkuakulturhp.11.0i30I.31655.36409.04004). Diakses Pada tanggal 1 Februari 2014.

Ginting, Perdana. 2007. Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri. CV. Yrama Widya. Bandung.

Gunadi, Bambang, Hafsaridewi, R. 2008. Pengendalian Limbah Amonia Budidaya Lele dengan sistem Heterotrofik Menuju Sistem Akuakultur_nir Limbah, *J.Ris Akuakultur* Vol 3 Tahun 2008:437-448.

Hariyadi, S. N., Suryadiputra, dan Widigdo, B. 1992. Limnologi metoda kualitas air. Lab. Limnologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor: Bogor.

Hartanti, N. 2008. Pencemaran Organik Limbah Tahu di Sungai Desa Kalisari Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas. *CERMIN* Edisi 042. Hlm 4.

Hastuti, S.D. 2012. Suplementasi β -glucan dari ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dalam pakan terhadap aktivitas fagositosis, aktivitas NBT, total protein plasma dan aktivitas aglutinasi darah ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Depik* 1 (3) : 2-5.

Hidayat, N., Kumalaningsih, S., Noorhamdani, dan Wijana, S. 2010. Pengaruh Laju Aliran Limbah pada Saringan Kerikil dengan Inokulum *Bacillus coagulans* UB-9 terhadap Kualitas Limbah Cair yang Dihasilkan. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.

Higa T, Parr JF. 1995. Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment. Soil Microbiologist Agricultural Research Service, US. Department of Agriculture Beltsville. Maryland.

Hindarko, S 2003. Mengolah air limbah supaya tidak mencemari orang lain. Penerbit ESHA. Jakarta.

- Ibrahim, B., A.C. Erungan, dan Uju. 2005. Kinetika reaksi denitrifikasi pada penyisihan nitrogen dalam limbah cair industri perikanan. Laporan akhir penelitian dasar. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Indriani, Y. H. 2010. Membuat Kompos secara Kilat. Cetakan XIII. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Irianto. 2003. Probiotik Akuakultur. Cetakan 1. Penerbit Gajah Mada University Press. Bulaksumur Yogyakarta.
- Iskandar, M. 2012. Aplikasi Probiotik Pada Media Pendederan Terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Udang Windu (*Penaeus monodon Fab.*). FPIK Universitas Padjajaran. Bandung.
- Isroi, 2008. Pengomposan Limbah Padat Organik. <http://isroi.wordpress.com/2008/02/02/pengomposan-limbah-padat-organik>. Dakses pada tanggal 2 Februari 2014.
- Iswanto, B. Astono, W. Sunaryati. 2007. Pengaruh Penguraian Sampah Terhadap Kualitas Air Ditinjau dari Perubahan Senyawa Organik dan Nitrogen dalam Reaktor Kontinyu Skala Laboratorium. Volume 4 No.1 (2007) 3.
- Jenie, B.S. L dan W.P. Rahayu. 1993. Penanganan Limbah Industri Pangan. Penerbit Kanisius Anggota IKAPI, Yogyakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 1995. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 Tahun 1995 Tentang: Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit. http://hukum.unsrat.ac.id/lh/menlh_58_1995.pdf. Diakses pada 2 Februari 2014.
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Yogyakarta : Ando Offest.
- Kurniawan. 2005. Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Wetland. Karya Anda Edisi 2. Jakarta.
- Lestari, W. P. 2008. Perbedaan EM-4 dan Starbio dalam Menurunkan Kadar TSS dan TDS Limbah Cair Batik Brotojoyo di Desa Karangpilang, Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Meutia, A.A., Zuraida, Y. Mardiaty, dan Sugiarti. 2002. Penyisihan padatan dalam air limbah laboratorium analisis kimia dengan lahan basah buatan. Prosiding seminar limnologi LIPI 2002. Pusat Penelitian Limnologi: Bogor.
- Muchtar, R.Z. 2007. Penggunaan bakteri kultur alami (*Alcagines sp.*, *Bacillus sp.*, dan *Chromobacterium sp.*) dalam pengolahan air limbah rumah

makan (kantin). [Skripsi]. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor: Bogor.

Munawaroh, U., Sutisna, M., dan Pharmawati, K., 2013. Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Efektif Mikroorganisme. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Bandung. Bandung.

Novayanthi, I.D.A. 2006. Studi Pengolahan Air Limbah. Skripsi. Fakultas MIPA Universitas Udayana. Bali.

Novizan. 2005. Petunjuk Pemupukan Efektif. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Priani, N. 2003. Metabolisme Bakteri. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. USU Digital Library.

Panduan Limnologi. 2010. Buku Panduan Limnologi. Universitas Brawijaya Malang. Malang.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2001. PP. 82-01 Tentang: Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Poernomo, A. 2004. Teknologi probiotik untuk mengatasi permasalahan tambak udang dan lingkungan budidaya. *Paper Symposium on Development and Scientific and Technology Innovation in Aquaculture*, 27-29 Januari 2004: Semarang.

Purba, M. 2009. Kemajuan Mutakhir dalam Ilmu Makanan Ternak Unggas. Universitas Indonesia Press. Jakarta.

Purwanta, W., Firdayati, M. 2002. Pengaruh Aplikasi Mikroba Probiotik Pada Kualitas Kimiawi Perairan Tambak Udang. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 3 No. 1, Januari 2002 : 61-65.

Romli. 2009. Beban Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal* Vol1. 10, No.2. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

Rosyadi, I.M. 2011. Uji Penambahan EM-4 Terhadap Tingkat Penurunan BOD dan COD Pada Pengolahan Limbah Cair Tekstil Dengan Metode Anoksik Aerobik. Universitas Brawijaya. Malang.

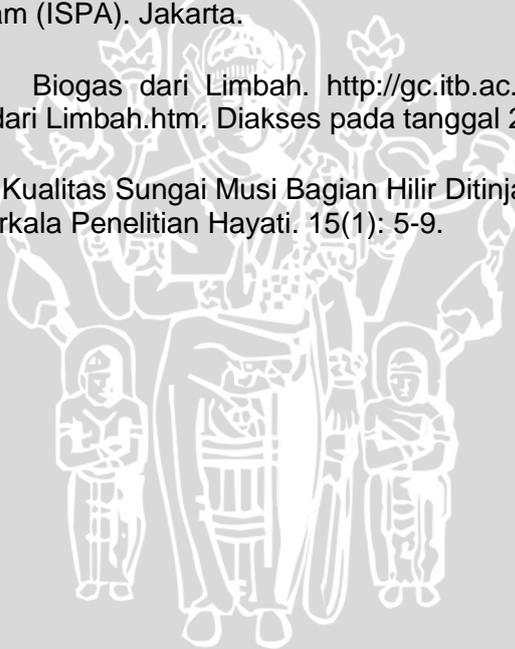
Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, Volume XXX, Nomor 3, 2005 : 21 - 26.

Sasongko dan Setia, B. 1990. Beberapa Parameter Kimia Sebagai Analisa. Edisi keempat. Semarang.

Sastrawijaya, A. Tresna. 2000. Pencemaran Lingkungan. PT Rineka Cipta. Surabaya.

- Sidharta, B.R. 2000. Pengantar mikroba kelautan. Universitas Atmajaya Yogyakarta. Yogyakarta.
- Siregar, Sakti A. 2005. Instalasi Pengolahan Air Limbah. Kanisius. Yogyakarta.
- Sugiharto. 1987. Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah. UI-Press. Jakarta.
- Supradata. 2005. Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius*, L. dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands). Tesis. Magister Ilmu Lingkungan. IPB. Bogor.
- Suryadiputra, A. H. 1995. Pengaruh Probiotik *Bacillus Plus-1* Pada Dosis Berbeda Terhadap Kualitas Air, Bakteri *Vibrio harveyi*, Sintasan dan Total *Haemocyte Post Larva* Udang *Vannamei* (*Litopenaeus vannamei*). Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Torani Vol. 18 (4) Desember 2008: hlm 275 – 285.
- Sutapa I.DA. 1999. Lumpur Aktif: Alternatif Pengolah Limbah Cair. Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan dan Lingkungan Vol I No. 3: 25-38.
- Sutrisnawati, E.A. 2011. Pengaruh Penambahan EM-4 Terhadap Kualitas Air Limbah Di Rumah Sakit Umum Daerah Wangaya Denpasar. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Tanty, H. 2003. Proses Pengolahan Limbah Rumah Sakt . UBINUS. Jakarta. 4 (2): 85-93.
- Triyanto, 2005. Isolation and characterization of proteolytic, nitrifying, and denitrifying bacteria from mangrove sediment. Laporan penelitian. Universitas Gadjah Mada . Yogyakarta.
- Ulum, M., Mamduh, A., Soma, A.R., Lestari, A.G., dan Pratiwi, W. 2008. Efisiensi Penambahan Bakteri *Lactobacillus spp* Pada Pakan Buatan Sebagai Feed Supplement Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila Merah. Usulan Program Kreativitas Mahasiswa. Universitas Airlangga Surabaya. Surabaya.
- Valupadas, P. 1999. *Wastewater Management Review for Fertilizer Manufacturing Sector , Environmental Science Division, Environmental Service.*
- Verschuere. L., Rombaut, G. Sorgeloos, P. and Verstraete, W., 2000. *Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. Microbiology and Molecular Biology* revie 64: 655–671. Watson, A. K., H. Kaspar, M. J. Lategan & L. Gibson. 2008. *Probiotics in aquaculture: The need, principles and mechanisms of action and screening processes. Aquaculture* 274: 1–14.

- Wahyudi, S. 2012. Bahaya Sampah Organik dan Anorganik terhadap Lingkungan. <http://www.buletinbelantara.com/2012/05/sampah-organik-dan-anorganik.html>. Diakses pada 13 Juni 2014 pukul 01.45 WIB.
- Walpole, R.E. 1995. Pengantar Statistik. Edisi ke-3. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta: 382-39.
- Wardhana, Wisnu A. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Waluyo, Lud. 2009. Mikrobiologi Lingkungan. UMM Press Malang.
- Widayat, W., Suprihatin, dan Herlambang, A. 2010. Penyisihan Amoniak dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku PDAM-IPA Bojong Renged dengan Proses Biofiltrasi Menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon. Jurnal Vol 6. No. 1. 2010.
- Wididana, G.N dan Muntoyah. 1999. Teknologi Effective Mikroorganisme-4 Dimensi Baru Dalam Bidang Pertanian Modern. Institut Pengembangan Sumberdaya Alam (ISPA). Jakarta.
- Yoyok. 2012. Menuai Biogas dari Limbah. [http://gc.itb.ac.id/~agung/?cat=3/Menuai Biogas dari Limbah.htm](http://gc.itb.ac.id/~agung/?cat=3/Menuai%20Biogas%20dari%20Limbah.htm). Diakses pada tanggal 28 Januari 2014.
- Zulkifli, H. 2009. Status Kualitas Sungai Musi Bagian Hilir Ditinjau Dari Komunitas Fitoplankton. Berkala Penelitian Hayati. 15(1): 5-9.



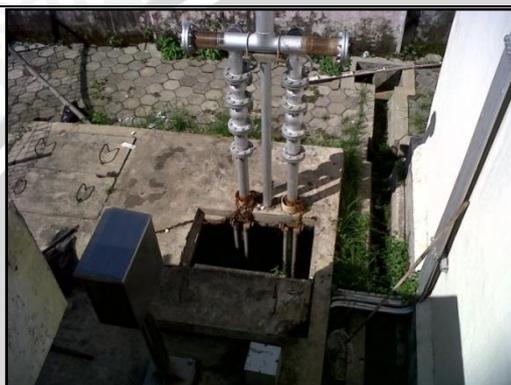
LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Kegiatan Penelitian

Gambar	Keterangan
	<p>Susunan bak percobaan dalam penelitian</p>
	<p>Peletakan sampel BOD pada inkubasi selama 5 hari dengan suhu 20°C</p>
	<p>Pengukuran COD dengan menggunakan COD Reaktor pada suhu 150°C selama 2 jam</p>
	<p>EM-4 dan Probio-7 yang digunakan dalam penelitian</p>
Gambar	Keterangan



Gedung IPAL Rumah Sakit
Dr. Koesnadi Bondowoso



Tempat pengambilan
sampel limbah



Pengambilan sampel
limbah menggunakan botol
sampel

Lampiran 2. Analisa Laju Penurunan BOD₅ (mg/l)

Berikut adalah tabel hasil pengukuran BOD₅ selama penelitian:

Perlakuan	A (EM-4)		B (Probiotik)	
	0 Hari	6 Hari	0 Hari	6 Hari
I	130,2	89	135,1	92,1
II	122,4	65,22	101	83,7
III	117,1	87,3	110,5	98,5
IV	105,3	62,1	107,5	89
V	114	75,9	98	87,3
Rata-rata	117,8	75,9	110,42	90,12

Hipotesa dalam penelitian ini meliputi:

H₀ = Tidak ada perbedaan laju penurunan BOD₅ akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

H₁ = Ada perbedaan laju penurunan BOD₅ akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

Tabel Prosentase Penurunan BOD₅ Selama 6 Hari

Perlakuan EM-4			Perlakuan Probiotik		
X ₁	X ₁ -x̄ ₁	(X ₁ - x̄ ₁) ²	X ₂	X ₂ -x̄ ₂	(X ₂ -x̄ ₂) ²
31,643	-4,007	16,057	31,82	14,239	202,76
46,715	11,064	122,43	17,128	-0,46	0,211
25,448	-10,202	104,091	10,859	-6,729	45,281
41,025	5,374	28,888	17,209	-0,379	0,144
33,421	-2,22	4,972	10,918	-6,67	44,495
Rata-rata	35,65		Rata-rata	17,58	
total	178,25	276,44	total	87,94	292,89

1. Perhitungan Standart Defiasi (SD)

(Pemberian EM-4)

$$\begin{aligned}
 SD_1 &= \frac{\sqrt{\sum(x_1-\bar{x}_1)^2}}{n-1} \\
 &= \frac{\sqrt{276,44}}{5-1} \\
 &= 4,156 \text{ (penyebut)}
 \end{aligned}$$

(Pemberian Probiotik)

$$\begin{aligned}
 SD_2 &= \frac{\sqrt{\sum(x_2-\bar{x}_2)^2}}{n-1} \\
 &= \frac{\sqrt{292,89}}{5-1} \\
 &= 4,278 \text{ (pembilang)}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan F hitung

$$F \text{ hitung} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

$$= \frac{(4,278)^2}{(4,156)^2}$$

$$= 1,5952$$

Dengan $df = n_1 - 1$

$$= 5-1= 4$$

dan $= n_2 - 1$

$$= 5-1= 4$$

F tabel 0,05 (4,4) = 6,39

F hitung (1,59) < F tabel (6,39) maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. H_0 diterima artinya bahwa dengan pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik tidak berpengaruh terhadap laju penurunan BOD₅ pada limbah cair selama 6 hari.

3. Perhitungan T Hitung

$$T_{hitung} = \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}$$

dimana Perhitungan $SP = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}}$ dengan $Df = n_1 + n_2 - 2$

$$Df = n_1 + n_2 - 2$$

$$= 5 + 5 - 2$$

$$= 8$$

$$SP = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}}$$

$$= \sqrt{\frac{(5-1)(4,278)^2 + (5-1)(4,156)^2}{8}}$$

$$= \sqrt{\frac{(69,11) + (73,22)}{8}}$$

$$= \sqrt{\frac{142,33}{8}}$$

$$= \sqrt{17,791}$$

$$= 4,21$$

maka $T_{hitung} = \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}$

$$\begin{aligned} &= \frac{178,25 - 87,94}{4,21 \sqrt{(1/5) + (1/5)}} \\ &= \frac{90,31}{4,21 \sqrt{(0,4)}} \\ &= \frac{90,31}{4,21(0,632)} \\ &= \frac{90,31}{2,66} \\ &= 33,853 \end{aligned}$$

T tabel (n = 8) dengan selang kepercayaan 95% yaitu 2,306

Kesimpulan : T hitung > T tabel, sehingga H_1 diterima dan H_0 ditolak. H_1 diterima artinya bahwa dengan pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik berpengaruh terhadap laju penurunan BOD_5 pada limbah cair selama 6 hari.



Lampiran 3. Analisa Laju Penurunan COD

Berikut adalah tabel hasil pengukuran COD selama penelitian:

Perlakuan	A (EM-4)		B (Probiotik)	
	0 Hari	6 Hari	0 Hari	6 Hari
I	221	150	230	154
II	215	175	220	135
III	171	165	250	172
IV	141	125	230	204
V	224	129	220	210
Rata-rata	194,4	148,8	230	175

Hipotesa dalam penelitian ini meliputi:

H0 = Tidak ada perbedaan laju penurunan COD akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

H1 = Ada perbedaan laju penurunan COD akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

Prosentase Penurunan COD Selama 6 Hari

Perlakuan EM-4			Perlakuan Probiotik		
X_1	$X_1 - \bar{x}_1$	$(X_1 - \bar{x}_1)^2$	X_2	$X_2 - \bar{x}_2$	$(X_2 - \bar{x}_2)^2$
32,126	10,527	110,818	33,043	9,297	86,444
18,604	-2,995	8,97	38,636	14,89	221,775
3,508	-18,09	327,28	31,2	7,454	55,563
11,347	-10,252	105,106	11,304	-12,441	154,792
42,41	20,811	433,099	4,545	-19,2	368,658
Rata-rata	21,59		Rata-rata	23,74	
Total	107,99	985,27	Total	118,72	721,02

4. Perhitungan Standart Defiasi (SD)

(Pemberian EM-4)

(Pemberian Probiotik)

$$SD_1 = \frac{\sqrt{\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2}}{n-1}$$

$$SD_2 = \frac{\sqrt{\sum(x_2 - \bar{x}_2)^2}}{n-1}$$

$$= \frac{\sqrt{985,27}}{5-1}$$

$$= \frac{\sqrt{721,02}}{5-1}$$

$$= 7,847 \text{ (pembilang)}$$

$$= 7,446 \text{ (penyebut)}$$

5. Perhitungan F hitung

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{S_1^2}{S_2^2} \\
 &= \frac{(7,847)^2}{(7,446)^2} \\
 &= 1,11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dengan } df &= n_1 - 1 \\
 &= 5 - 1 = 4 \\
 \text{dan } &= n_2 - 1 \\
 &= 5 - 1 = 4
 \end{aligned}$$

$$F_{\text{tabel } 0,05 (4,4)} = 6,39$$

F hitung (1,11) < F tabel (6,39) maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, H_0 diterima artinya bahwa dengan pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik tidak berpengaruh terhadap laju penurunan COD pada limbah cair selama 6 hari.

6. Perhitungan T Hitung

$$T_{\text{hitung}} = \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}$$

dimana Perhitungan $SP = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}}$ dengan $Df = n_1 + n_2 - 2$

$$\begin{aligned}
 Df &= n_1 + n_2 - 2 \\
 &= 5 + 5 - 2 \\
 &= 8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SP &= \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}} \\
 &= \sqrt{\frac{(5-1)(7,847)^2 + (5-1)(7,446)^2}{8}} \\
 &= \sqrt{\frac{(246,319) + (221,796)}{8}} \\
 &= \sqrt{\frac{468,115}{8}} \\
 &= \sqrt{58,51} \\
 &= 7,649
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{maka } T_{\text{hitung}} &= \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}} \\
 &= \frac{107,99 - 118,72}{7,649 \sqrt{(1/5) + (1/5)}} \\
 &= \frac{-10,731}{7,649 \sqrt{(0,4)}} \\
 &= \frac{-10,731}{7,649(0,632)} \\
 &= \frac{-10,731}{4,837} \\
 &= -2,218
 \end{aligned}$$

T tabel (n = 8) dengan selang kepercayaan 95% yaitu 2,306

Kesimpulan : T hitung (-2,218) < T tabel (2,306) sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak. H_0 diterima artinya bahwa dengan pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik tidak berpengaruh terhadap laju penurunan COD pada limbah cair.



Lampiran 4. Analisa Nilai Pengukuran Suhu (°C)

Berikut adalah tabel hasil pengukuran Suhu ($^{\circ}\text{C}$) selama penelitian:

Perlakuan	A (EM-4)		B (Probiotik)	
	0 Hari	6 Hari	0 Hari	6 Hari
I	27,5	30,6	27,5	30,4
II	27,9	31,3	28,6	31,1
III	27,5	31,2	27,5	30,9
IV	27,5	30,7	27,6	30,3
V	27,3	30,4	27,4	30,3
Rata-rata	27,54	30,84	27,72	30,6

Hipotesa dalam

penelitian ini meliputi:

H_0 = Tidak ada perbedaan laju perubahan nilai Suhu akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

H_1 = Ada perbedaan laju perubahan nilai Suhu akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

Prosentase Kenaikan Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Selama 6 Hari

Perlakuan EM-4			Perlakuan Probiotik		
X_1	$X_1 - \bar{x}_1$	$(X_1 - \bar{x}_1)^2$	X_2	$X_2 - \bar{x}_2$	$(X_2 - \bar{x}_2)^2$
10,862	0,055	0,003	8,038	-1,348	1,818
11,858	1,051	1,105	11,003	1,615	2,611
10,423	-0,383	0,147	8,91	-0,476	0,226
10,197	-0,61	0,372	9,57	0,183	0,033
10,694	-0,112	0,012	9,412	0,025	0,01
Rata-rata	10,81		Rata-rata	9,38	
Total	54,03	1,64	Total	46,93	4,69

7. Perhitungan Standart Defiasi (SD)

(Pemberian EM-4)

(Pemberian Probiotik)

$$SD_1 = \frac{\sqrt{\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2}}{n-1}$$

$$SD_2 = \frac{\sqrt{\sum(x_2 - \bar{x}_2)^2}}{n-1}$$

$$= \frac{\sqrt{1,64}}{5-1}$$

$$= \frac{\sqrt{4,69}}{5-1}$$

$$= \frac{1,28}{4}$$

$$= \frac{2,16}{4}$$

$$= 0,32 \text{ (penyebut)}$$

$$= 0,54 \text{ (pembilang)}$$

8. Perhitungan F hitung

$$\begin{aligned} F_{hitung} &= \frac{S_1^2}{S_2^2} \\ &= \frac{(0,54)^2}{(0,32)^2} \\ &= 2,858 \end{aligned}$$

$$\text{Dengan } df = n_1 - 1$$

$$= 5 - 1 = 4$$

$$\text{dan } = n_2 - 1$$

$$= 5 - 1 = 4$$

$$F_{\text{tabel } 0,05 (4.4)} = 6,39$$

F hitung (2,858) < F tabel (6,39) maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. H_0 diterima artinya bahwa dengan pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik tidak berpengaruh terhadap laju perubahan nilai Suhu pada limbah selama 6 hari.

9. Perhitungan T Hitung

$$T_{hitung} = \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}$$

$$\text{dimana Perhitungan } SP = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}} \text{ dengan } Df = n_1 + n_2 - 2$$

$$Df = n_1 + n_2 - 2$$

$$= 5 + 5 - 2$$

$$= 8$$

$$SP = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}}$$

$$= \sqrt{\frac{(5-1)(0,54)^2 + (5-1)(0,32)^2}{2}}$$

$$= \sqrt{\frac{(18,074) + (142,096)}{8}}$$

$$= \sqrt{\frac{160,17}{8}}$$

$$= \sqrt{20,021}$$

$$= 4,474$$

$$\begin{aligned} \text{maka } T_{\text{hitung}} &= \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}} \\ &= \frac{54,03 - 46,93}{4,474 \sqrt{(1/5) + (1/5)}} \\ &= \frac{25,188}{4,474 \sqrt{(0,4)}} \\ &= \frac{25,188}{4,474(0,632)} \\ &= \frac{25,188}{2,829} \\ &= 8,901 \end{aligned}$$

T tabel (n = 8) dengan selang kepercayaan 95% yaitu 2,306

Kesimpulan : T hitung (8,901) > T tabel (2,306) sehingga H_1 diterima dan H_0 ditolak. H_1 diterima artinya bahwa dengan pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik berpengaruh terhadap laju perubahan nilai Suhu pada limbah cair selama 6 hari.



Lampiran 5. Analisa Nilai Pengukuran pH

Berikut adalah tabel hasil pengukuran pH selama penelitian:

Perlakuan	A (EM-4)		B (Probiotik)	
	0 Hari	6 Hari	0 Hari	6 Hari
I	7,65	8,37	7,64	8,23
II	7,62	7,94	7,52	8,26
III	7,63	8	7,65	8,15
IV	7,58	7,98	7,6	8,19
V	7,65	8,19	7,66	7,68
Rata-rata	7,626	8,096	7,614	8,102

Hipotesa dalam penelitian ini meliputi:

H_0 = Tidak ada perbedaan laju perubahan nilai pH akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

H_1 = Ada perbedaan laju perubahan nilai pH akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

Prosentase Penurunan pH Selama 6 Hari

Perlakuan EM-4			Perlakuan Probiotik		
X_1	$X_1 - \bar{x}_1$	$(X_1 - \bar{x}_1)^2$	X_2	$X_2 - \bar{x}_2$	$(X_2 - \bar{x}_2)^2$
8,602	2,829	8,005	7,168	1,223	1,496
4,03	-1,742	3,036	8,958	3,013	9,08
4,625	-1,147	1,317	6,134	0,189	0,035
5,012	-0,76	0,577	7,203	1,258	1,583
6,593	0,82	0,673	0,26	-5,684	32,319
Rata-rata	5,77		Rata-rata	5,94	
Total	28,86	13,61	Total	29,72	44,51

10. Perhitungan Standart Defiasi (SD)

(Pemberian EM-4)

$$SD_1 = \frac{\sqrt{\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2}}{n-1}$$

$$= \frac{\sqrt{13,61}}{5-1}$$

$$= \frac{3,689}{4}$$

$$= 0,922 \text{ (penyebut)}$$

(Pemberian Probiotik)

$$SD_2 = \frac{\sqrt{\sum(x_2 - \bar{x}_2)^2}}{n-1}$$

$$= \frac{\sqrt{44,51}}{5-1}$$

$$= \frac{6,6729}{4}$$

$$= 1,668 \text{ (pembilang)}$$

11. Perhitungan F hitung

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{S_1^2}{S_2^2} \\
 &= \frac{(1,668)^2}{(0,922)^2} \\
 &= 3,271
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dengan } df &= n_1 - 1 \\
 &= 5 - 1 = 4 \\
 \text{dan } &= n_2 - 1 \\
 &= 5 - 1 = 4
 \end{aligned}$$

$$F_{\text{tabel}} 0,05 (4,4) = 6,39$$

$F_{\text{hitung}} (3,271) < F_{\text{tabel}} (6,39)$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. H_0 diterima artinya bahwa dengan pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik tidak berpengaruh (sama) terhadap laju perubahan nilai pH limbah selama 6 hari.

12. Perhitungan T Hitung

$$T_{\text{hitung}} = \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}$$

dimana Perhitungan $SP = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}}$ dengan $Df = n_1 + n_2 - 2$

$$\begin{aligned}
 Df &= n_1 + n_2 - 2 \\
 &= 5 + 5 - 2 \\
 &= 8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SP &= \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}} \\
 &= \sqrt{\frac{(5-1)(1,668)^2 + (5-1)(0,922)^2}{8}} \\
 &= \sqrt{\frac{(3,402) + (11,129)}{8}} \\
 &= \sqrt{\frac{14,531}{8}} \\
 &= \sqrt{1,816} \\
 &= 1,347
 \end{aligned}$$

$$\text{maka } T_{\text{hitung}} = \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{28,86-29,72}{1,347\sqrt{(1/5)+(1/5)}} \\ &= \frac{-0,863}{1,347\sqrt{(0,4)}} \\ &= \frac{-0,863}{1,347(0,632)} \\ &= \frac{-0,863}{0,852} \\ &= -1,013 \end{aligned}$$

T tabel (n = 8) dengan selang kepercayaan 95% yaitu 2,306

Kesimpulan : T hitung (-1,013) < T tabel (2,306) sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak. H_0 diterima artinya bahwa dengan pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik tidak berpengaruh terhadap laju perubahan nilai pH pada limbah cair selama 6 hari.



Lampiran 6. Analisa Nilai Pengukuran Amoniak (mg/l)

Berikut adalah tabel hasil pengukuran Amoniak (mg/l) selama penelitian:

Perlakuan	A (EM-4)		B (Probiotik)	
	0 Hari	6 Hari	0 Hari	6 Hari
I	1,48	0,39	1,6	0,42
II	1,92	0,46	1,01	0,44
III	1,57	0,43	2,34	0,41
IV	2,25	0,45	1,9	0,45
V	1,27	0,4	1,13	0,49
Rata-rata	1,698	0,426	1,596	0,442

Hipotesa dalam penelitian ini meliputi:

H_0 = Tidak ada perbedaan laju perubahan nilai Amoniak akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

H_1 = Ada perbedaan laju perubahan nilai Amoniak akibat pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik.

Prosentase Penurunan Amoniak Selama 6 Hari

Perlakuan EM-4			Perlakuan Probiotik		
X_1	$X_1 - \bar{x}_1$	$(X_1 - \bar{x}_1)^2$	X_2	$X_2 - \bar{x}_2$	$(X_2 - \bar{x}_2)^2$
73,648	-0,512	0,262	73,75	4,626	21,404
76,041	1,88	3,536	56,435	-12,687	160,98
72,611	-1,549	2,401	82,478	13,355	178,36
80	5,838	34,092	76,315	7,192	51,72
68,503	-5,657	32,003	56,637	-12,486	155,907
Rata-rata	74,16		Rata-rata	69,12	
Total	370,8	72,29	Total	345,61	568,38

13. Perhitungan Standart Defiasi (SD)

(Pemberian EM-4)

$$SD_1 = \frac{\sqrt{\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2}}{n-1}$$

$$= \frac{\sqrt{72,29}}{5-1}$$

$$= \frac{8,502}{4}$$

$$= 2,125 \text{ (penyebut)}$$

(Pemberian Probiotik)

$$SD_2 = \frac{\sqrt{\sum(x_2 - \bar{x}_2)^2}}{n-1}$$

$$= \frac{\sqrt{568,38}}{5-1}$$

$$= \frac{23,84}{4}$$

$$= 5,96 \text{ (pembilang)}$$

14. Perhitungan F hitung

$$\begin{aligned}
 F \text{ hitung} &= \frac{S_1^2}{S_2^2} \\
 &= \frac{(5,96)^2}{(2,125)^2} \\
 &= 7,8611
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dengan } df &= n_1 - 1 \\
 &= 5 - 1 = 4 \\
 \text{dan } &= n_2 - 1 \\
 &= 5 - 1 = 4
 \end{aligned}$$

$$F \text{ tabel } 0,05 (4,4) = 6,39$$

F hitung (7,86) > F tabel (6,39) maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. H_1 diterima artinya bahwa dengan pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik berpengaruh terhadap laju perubahan nilai Amoniak pada limbah cair selama 6 hari.

15. Perhitungan T Hitung

$$T \text{ hitung} = \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}$$

dimana Perhitungan $SP = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}}$ dengan $Df = n_1 + n_2 - 2$

$$\begin{aligned}
 Df &= n_1 + n_2 - 2 \\
 &= 5 + 5 - 2 \\
 &= 8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SP &= \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{Df}} \\
 &= \sqrt{\frac{(5-1)(5,96)^2 + (5-1)(2,125)^2}{8}} \\
 &= \sqrt{\frac{(142,096) + (18,07)}{8}} \\
 &= \sqrt{\frac{160,17}{8}} \\
 &= \sqrt{20,021} \\
 &= 4,474
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } T_{\text{hitung}} &= \frac{x_1 - x_2}{SP \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}} \\ &= \frac{370,8 - 345,61}{4,474 \sqrt{(1/5) + (1/5)}} \\ &= \frac{25,188}{4,474 \sqrt{(0,4)}} \\ &= \frac{25,188}{4,474 (0,632)} \\ &= \frac{25,188}{2,829} \\ &= 8,9 \end{aligned}$$

T tabel (n = 8) dengan selang kepercayaan 95% yaitu 2,306

Kesimpulan : T hitung (8,9) > T tabel (2,306) sehingga H_1 diterima dan H_0 ditolak. H_1 diterima artinya bahwa dengan pemberian perlakuan EM-4 dan Probiotik berpengaruh terhadap laju perubahan nilai Amoniak pada limbah selama 6 hari.

