

**PERANAN BAKTERI *Pseudomonas putida* SEBAGAI MEDIATOR DALAM
PROSES AMONIFIKASI LIMBAH CAIR PABRIK TAHU**

**LAPORAN SKRIPSI
MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

Oleh :

LINDA SWARI SANDRI

NIM. 0610810035



**MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2011

**PERANAN BAKTERI *Pseudomonas putida* SEBAGAI MEDIATOR DALAM
PROSES AMONIFIKASI LIMBAH CAIR PABRIK TAHU**

**LAPORAN SKRIPSI
MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

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

Oleh :

LINDA SWARI SANDRI

NIM. 0610810035



**MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2011

SKRIPSI

PERANAN BAKTERI *Pseudomonas putida* SEBAGAI MEDIATOR DALAM
PROSES AMONIFIKASI LIMBAH CAIR PABRIK TAHU

Oleh :
LINDA SWARI SANDRI
NIM. 0610810035

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 7 Februari 2011
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Penguji I

(Ir. Sri Sudaryanti, MS)
NIP. 19601009 198602 2 001
Tanggal : _____

Dosen Penguji II

(Ir. Mohammad Mahmudi, MS)
NIP. 19600505 198601 1 004
Tanggal : _____

Dosen Pembimbing I

(Ir. Putut Widjanarko, MS)
NIP. 19540101 198303 1 006
Tanggal: _____

Dosen Pembimbing II

(Asus Maizar S.H., S.Pi, MP)
NIP. 19720529 200312 1 001
Tanggal: _____

Mengetahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Happy Nursyam, MS
NIP. 19600322 198601 1 001
Tanggal: _____

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

RINGKASAN

LINDA SWARI SANDRI. Skripsi tentang Peranan Bakteri *Pseudomonas putida* sebagai Mediator dalam Proses Amonifikasi Limbah Cair Pabrik Tahu (di bawah bimbingan **Ir. Putut Widjanarko, MS** dan **Asus Maizar S. H., S.Pi., MP**)

Pseudomonas putida sangat penting bagi lingkungan terkait dengan metabolisme kompleksnya dan kemampuannya untuk mendegradasi hidrokarbon pada larutan organik. *P. putida* merupakan salah satu bakteri proteolitik yang mampu memproduksi enzim proteinase ekstraseluler, yaitu enzim pemecah protein yang diproduksi di dalam sel kemudian dilepaskan keluar dari sel. Jenis bakteri ini dapat memecah protein menjadi amonia.

Industri tahu mengandung banyak bahan organik (BO) dan padatan terlarut. Sumber limbah cair pabrik tahu berasal dari proses merendam kedelai serta proses akhir pemisahan jonjot-jonjot tahu. Limbah cair pabrik tahu mengandung bahan organik yang tinggi terutama protein. BO ini merupakan nutrisi utama bagi bakteri amonifikasi sebagai penyedia amonia di lingkungan perairan. Amonia tersebut akan diubah oleh bakteri nitrifikasi menjadi nitrat yang berguna bagi tumbuhan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi, mengetahui proses, dan menganalisis peranan bakteri *P. putida* sebagai mediator dalam proses amonifikasi limbah cair pabrik tahu.

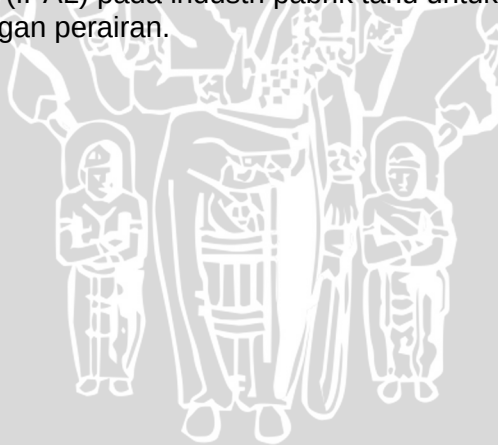
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Dalam penelitian ini dilakukan pemberian suatu biakan bakteri *P. putida* pada air limbah tahu. Untuk mengetahui pengaruh bakteri itu terhadap ketersediaan amonia dalam perairan maka dilakukan pengukuran kandungan amonia sebelum dan sesudah diberi biakan bakteri. Perlakuan yang diberikan pada penelitian ini ada dua, yaitu dengan pemberian bakteri *P. putida* dan tanpa pemberian bakteri *P. putida*. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Adapun analisis data penelitian ini menggunakan uji t berpasangan.

Rata-rata konsentrasi amonia pada perlakuan A (ditambah bakteri *P. putida*) terus meningkat mulai hari pertama sampai hari keenam yaitu dari 3,117 mg/l menjadi 8,191 mg/l kemudian mulai turun lagi hingga hari kesepuluh mencapai 6,026 mg/l. Pada perlakuan B (tanpa ditambah bakteri *P. putida*) juga mengalami peningkatan mulai hari pertama sampai hari keenam yaitu dari 3,173 mg/l menjadi 5,517 mg/l dan turun lagi hingga hari kesepuluh mencapai 2,836 mg/l. Dari nilai di atas dilakukan perhitungan dengan menggunakan uji "t-dependent" diperoleh nilai t hitung = -4,776. Nilai t hitung tersebut lebih kecil dari t tabel 1% = -3,25 sehingga dapat dikatakan bahwa nilai amonia pada perlakuan A berbeda sangat nyata dengan nilai amonia pada perlakuan B. Jadi perlakuan A lebih berpengaruh dalam proses amonifikasi daripada perlakuan B atau dengan kata lain penambahan bakteri *P. putida* dapat menyebabkan peningkatan kandungan amonia. Jadi bakteri *P. putida* berpengaruh dalam proses amonifikasi.

Hasil dari pengukuran parameter kualitas air lainnya antara lain sebagai berikut: suhu berkisar antara 24-28,17°C, CO₂ berkisar antara 13,32-27,97 mg/l pada perlakuan A dan 10,25-17,05 mg/l pada perlakuan B, DO berkisar antara 3,12-6,01 mg/l pada perlakuan A dan 3,72-5,99 mg/l pada perlakuan B, pH berkisar antara 4,25-5,69 pada perlakuan A dan 4,43-5,92 pada perlakuan B, nitrat-nitrogen berkisar antara 0,471-0,955 mg/l pada perlakuan A dan 0,321-

0,815 mg/l pada perlakuan B, serta BOD berkisar antara 1,55-21,37 mg/l pada perlakuan A dan 2,25-18,98 mg/l pada perlakuan B.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat ditarik kesimpulan antara lain bakteri *P. putida* merupakan mikroorganisme yang penting dalam proses amonifikasi, yaitu perombakan BO menjadi amonia, jadi keberadaan bakteri *P. putida* dapat meningkatkan kandungan amonia dalam perairan, hasil uji t berpasangan untuk uji amonia menunjukkan bahwa perlakuan A (dengan penambahan bakteri) berbeda sangat nyata dengan perlakuan B (tanpa penambahan bakteri), jadi bakteri *P. putida* memang berpengaruh terhadap proses pembentukan amonia, serta terdapat peranan bakteri lain yaitu bakteri nitrifikasi untuk mengubah amonia menjadi nitrat yang dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi oleh organisme primer. Saran yang dapat diberikan berkenaan dengan penelitian ini antara lain perlu dilakukan penelitian tentang fungsi bakteri dalam proses amonifikasi dengan menggunakan bakteri lain untuk membandingkan bakteri mana yang lebih berperan dalam penguraian BO menjadi amonia, perlu dilakukan penambahan bakteri amonifikasi dalam proses pengolahan limbah sebagai proses aerob untuk menguraikan BO dalam air limbah atau dengan cara peningkatan aerasi untuk menunjang kehidupan bakteri aerob yang sebelumnya sudah ada pada air limbah, untuk proses pengolahan limbah lebih lanjut, perlu adanya penelitian lanjutan tentang peran mineralisasi pembentukan NO_3 dengan cara penambahan bakteri nitrifikasi, perlu dilakukan penelitian lanjutan apakah terdapat perbedaan hasil antara perlakuan di laboratorium dengan perlakuan langsung di alam karena untuk praktek secara langsung di alam yang mendapatkan pengaruh dari luar, hasil laboratorium yang serba steril akan sulit digunakan untuk pedoman, serta perlu adanya Instalansi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada industri pabrik tahu untuk mengurangi beban pencemar pada lingkungan perairan.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis persembahkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya skripsi dengan judul “Peranan Bakteri *Pseudomonas putida* sebagai Mediator dalam Proses Amonifikasi Limbah Cair Pabrik Tahu” ini dapat diselesaikan.

Laporan ini dibuat dan dengan tujuan sebagai pertanggungjawaban kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan serta Universitas Brawijaya dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana. Selain itu, dengan dirampungkannya laporan ini juga diharapkan bisa membantu masyarakat dalam memperbaiki kualitas perairan dan lingkungan.

Akhirnya penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca. Selain itu penulis sadar bahwa dalam laporan ini terdapat kekurangan dan belum sempurna. Oleh sebab itu, penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini.

Malang, Januari 2011

Penulis

DAFTAR ISI

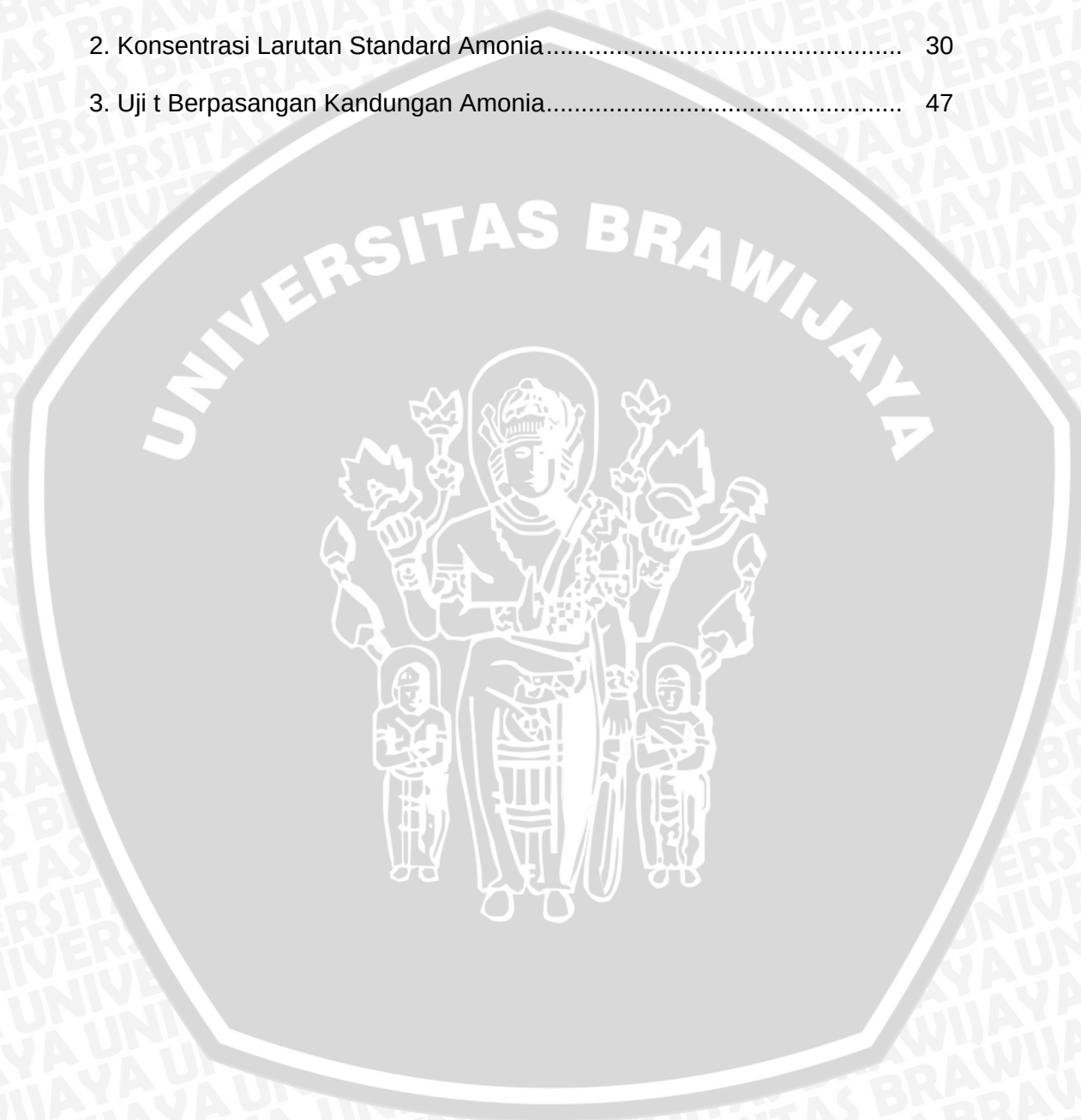
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Hipotesa.....	5
1.5 Kegunaan	5
1.6 Tempat dan Waktu	6
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Bakteri Proteolitik.....	7
2.1.1 <i>Pseudomonas</i> sp.....	9
2.1.2 <i>Pseudomonas putida</i>	10
2.1.3 Ciri-Ciri <i>P. putida</i>	11
2.1.4 Peranan <i>P. putida</i> bagi Lingkungan dan Perairan.....	12
2.2 Kultur Bakteri	16
2.3 Amonia Nitrogen	17
2.3.1 Peranan Amonia Nitrogen dalam Perairan.....	17
2.3.2 Siklus Nitrogen	18
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	22
3.1 Materi Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Metode Penelitian.....	22
3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	23
3.5 Definisi Operasional Parameter-Parameter yang Diamati	24
3.6 Analisis Data.....	31
3.7 Kendala saat Penelitian	32
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Keadaan Umum Tempat Pengambilan Sampel Limbah.....	33
4.2 Kultur Bakteri <i>P. putida</i>	34
4.3 Hasil Pengamatan Parameter.....	37
4.3.1 Suhu	37
4.3.2 CO ₂	39
4.3.3 DO	40
4.3.4 pH.....	42
4.3.5 BOD ₅	43
4.3.6 Amonia Nitrogen.....	45
4.3.7 Nitrat Nitrogen	47

5. KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	57



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Konsentrasi Larutan Standard Nitrat	28
2. Konsentrasi Larutan Standard Amonia.....	30
3. Uji t Berpasangan Kandungan Amonia.....	47

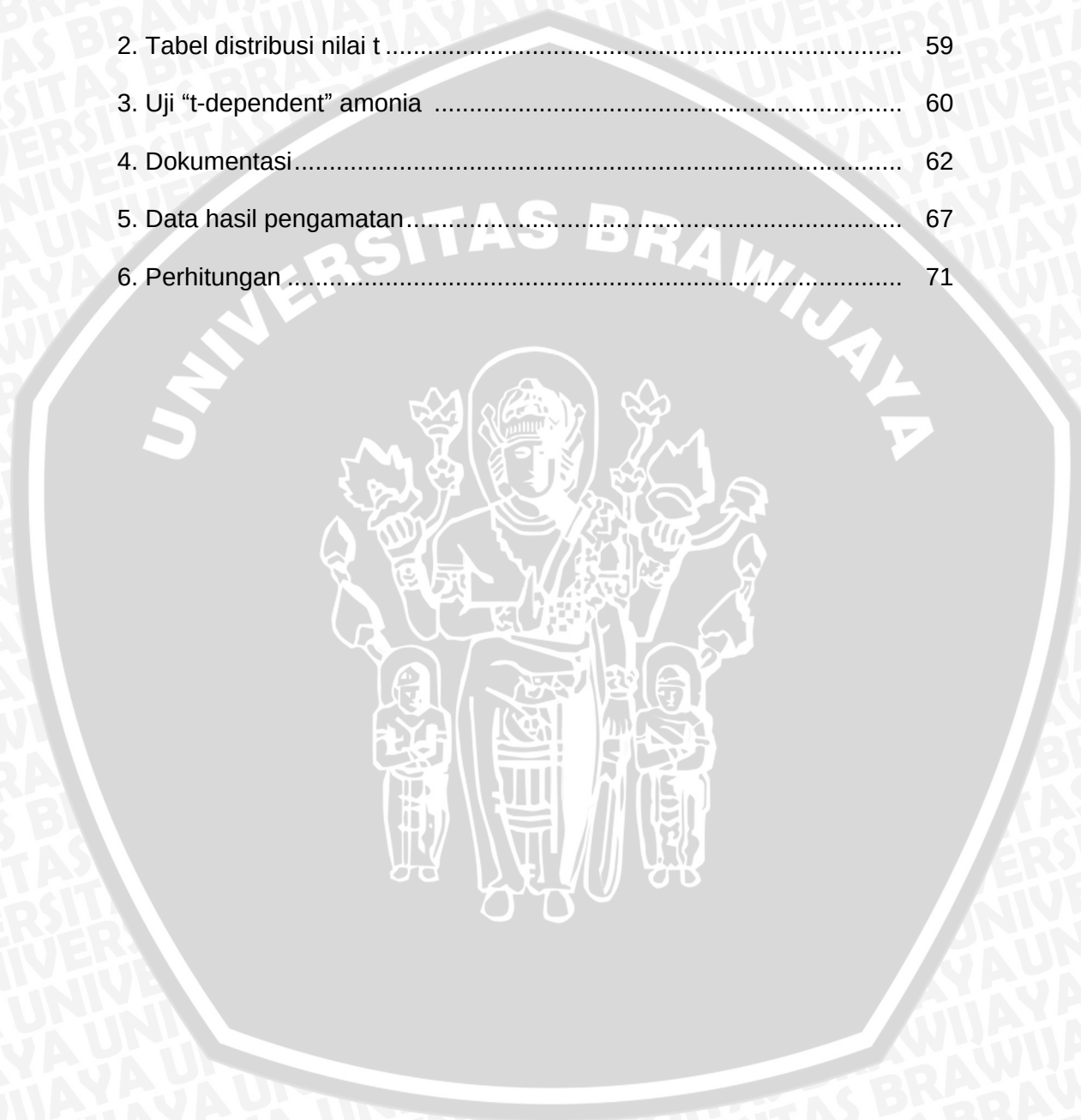


DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>P. putida</i> Bar = 1 μ m	10
2. Grafik Kalibrasi Larutan Standard Nitrat	29
3. Grafik Kalibrasi Larutan Standard Amonia	31
4. Proses Pembuatan Tahu di Pabrik Tahu Njanti.....	33
5. Isolat bakteri <i>P. putida</i>	35
6. Hasil Pewarnaan Gram Bakteri <i>P. putida</i>	35
7. Grafik Fluktuasi Suhu	38
8. Grafik Fluktuasi CO ₂	39
9. Grafik Fluktuasi DO	40
10. Grafik Fluktuasi pH	42
11. Grafik Fluktuasi BOD ₅	44
12. Grafik Fluktuasi Amonia.....	45
13. Grafik Fluktuasi Nitrat	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan bahan.....	57
2. Tabel distribusi nilai t	59
3. Uji “t-dependent” amonia	60
4. Dokumentasi.....	62
5. Data hasil pengamatan.....	67
6. Perhitungan	71



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Enger dan Smith (2000) dalam Kodoatie dan Sjarief (2005), manusia dan semua makhluk hidup butuh air. Air merupakan salah satu sumber kehidupan. Semua organisme yang hidup tersusun dari sel-sel yang berisi air sedikitnya 60% dan aktivitas metabolisme mengambil tempat di larutan air. Jadi untuk kepentingan manusia dan kepentingan komersial lainnya, ketersediaan air dari segi kualitas maupun kuantitas mutlak diperlukan.

Bahan organik (BO), dalam bentuk terlarut atau partikulat, ditemukan di setiap tubuh air. Bukti nyata dari kehadirannya adalah karakteristik warna kuning-cokelat rawa-rawa dan pada beberapa danau dan sungai juga memiliki warna yang sama namun dalam konsentrasi yang lebih rendah (Loon, 2010).

Menurut Elisa (2010), BO mencakup semua bahan yang berasal dari jaringan tanaman dan hewan, baik yang hidup maupun yang telah mati pada berbagai tahapan ("stage") dekomposisi. Lewat proses mineralisasi, BO mampu menyediakan unsur-unsur hara bagi tanaman, terutama N, P, S, dan unsur-unsur hara mikro. Kecepatan perombakan dan hasil-hasil akhir terbentuk bergantung kepada suhu, lengas, udara, bahan kimia, dan mikrobia. Semakin tinggi suhu (hingga 40°C), akan semakin mempercepat perombakan. Lengas diperlukan untuk perombakan secara biologis, namun air yang berlebihan dapat menyebabkan kurang udara dan akibatnya akan memperlambat perombakan. Ketersediaan bahan-bahan kimia yang diperlukan sebagai zat hara (terutama N) bagi mikrobia menentukan kecepatan perombakan dan berpengaruh terhadap jenis humus yang dibentuk. Kecepatan perombakan BO menurun sesuai dengan waktu dan tercapainya suatu komposisi kimia yang mirip humus yang dianggap sebagai salah satu hasil perombakan yang belum sempurna.

Nitrogen yang diikat biasanya dalam bentuk amonia. Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati oleh bakteri. Amonia ini akan dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu Nitrosomonas dan Nitrosococcus sehingga menghasilkan nitrat (NO_3) yang akan diserap oleh akar tumbuhan. Selanjutnya oleh bakteri denitrifikan, NO_3 diubah menjadi amonia kembali, dan amonia diubah menjadi nitrogen (N_2) yang dilepaskan ke udara. Dengan cara ini siklus N_2 akan berulang dalam ekosistem (Jati, 2007).

Dalam penelitian ini, akan digunakan bakteri proteolitik untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kandungan N_2 dalam bentuk amonia dalam lingkungan perairan. Menurut Wikipedia (2010a), bakteri proteolitik adalah bakteri yang memproduksi enzim protease ekstraseluler, yaitu enzim pemecah protein yang diproduksi di dalam sel kemudian dilepaskan keluar dari sel. Semua bakteri mempunyai enzim protease di dalam sel, tetapi tidak semua mempunyai enzim protease ekstraseluler. Bakteri proteolitik dapat digolongkan menjadi beberapa kelompok:

1. Bakteri aerobik atau anaerobik fakultatif tidak membentuk spora, misalnya *Pseudomonas* dan *Proteus*
2. Bakteri aerobik atau anaerobik fakultatif membentuk spora, misalnya *Bacillus*
3. Bakteri anaerobik pembentuk spora, misalnya sebagian spesies *Clostridium*.

Jenis bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah bakteri *Pseudomonas putida* yang akan disebarkan pada limbah cair pabrik tahu. Menurut Citizendium (2010), *P. putida* merupakan bakteri berbentuk batang dan gram negatif. Mereka diklasifikasikan sebagai grup pertama dalam *Pseudomona*. *P. putida* bersifat aerobik, tidak berspora, bakteri oksidasi positif. Dengan memiliki satu atau lebih flagella polar, mereka merupakan organisme motil. Mereka dapat ditemukan dalam tanah dan air, mereka juga tumbuh optimal pada suhu ruang. Beberapa strain memiliki kemampuan untuk tumbuh dan merusak

beberapa jenis polutan dan hidrokarbon aromatik seperti toluen, benzena, dan etilbenzena.

Menurut Nurman (2007), limbah cair industri pangan merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Jumlah dan karakteristik air limbah industri bervariasi menurut jenis industrinya. Contohnya adalah industri tahu dan tempe. Industri tahu dan tempe mengandung banyak BO dan padatan terlarut. Untuk memproduksi 1 ton tahu atau tempe dihasilkan limbah sebanyak 3.000-5.000 liter. Sumber limbah cair pabrik tahu berasal dari proses merendam kedelai serta proses akhir pemisahan jonjot-jonjot tahu. Pada umumnya penanganan limbah cair dari industri ini cukup ditangani dengan sistem biologis. Hal ini karena polutannya merupakan BO seperti karbohidrat, vitamin, protein sehingga akan dapat didegradasi oleh pengolahan secara biologis. Tujuan dasar pengolahan limbah cair adalah untuk menghilangkan sebagian besar padatan tersuspensi dan bahan terlarut, kadang-kadang juga untuk penyisihan unsur hara (nutrien) berupa nitrogen dan fosfor. Limbah cair tahu merupakan masalah serius yang perlu mendapatkan perhatian yang seksama antara pengusaha tahu, masyarakat, dan pemerintah daerah. Limbah tahu dapat mencemari lingkungan perairan kita. Limbah ini bisa menjadi penyebab menurunnya kandungan oksigen (O_2) perairan sehingga menyebabkan menurunnya komoditas ikan di pasaran.

Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan BO pada air buangannya biasanya rendah. Pada umumnya konsentrasi ion hidrogen buangan industri tahu ini cenderung bersifat asam. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N-total) sebesar 226,06 sampai 434,78 mg/l sehingga masuknya limbah cair ke lingkungan perairan akan meningkatkan total N_2 di perairan tersebut. Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah adalah gas N_2 , O_2 , hidrogen sulfida (H_2S), amonia, karbondioksida (CO_2) dan metana (CH_4).

Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan (Said *et al.*, 2010).

Pengolahan limbah yang berwujud zat cair biasanya melalui berbagai proses di antaranya, limbah cair yang dihasilkan akan ditampung di dalam dua “septic tank”. “Septic tank” yang satu berukuran lebih besar daripada “septic tank” yang satunya. Kemudian limbah disalurkan ke sebuah drum besar yang ditanam di dalam tanah, setelah air terkumpul, air tersebut akan keluar dengan sendirinya dan limbah yang lain akan mengendap yang kemudian akan dibuang langsung ke lingkungan dengan meninggalkan bau busuk. Sedangkan air yang keluar dari drum akan ditampung lagi di penampungan seperti kolam kecil yang nantinya akan menghasilkan endapan yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dan berupa air yang dibuang langsung ke sungai tanpa dengan bahaya yang cukup besar (Macklin, 2009).

Limbah cair pabrik tahu mengandung BO yang tinggi terutama protein. BO ini merupakan nutrisi utama bagi bakteri amonifikasi sebagai penyedia amonia di lingkungan perairan. Amonia tersebut akan diubah oleh bakteri nitrifikasi menjadi nitrat yang berguna bagi tumbuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Limbah cair pabrik tahu mengandung BO yang cukup tinggi terutama protein. Apabila limbah ini tidak diolah terlebih dahulu dan langsung dibuang ke lingkungan, maka akan dapat membuat lingkungan itu tercemar. Sehingga perlu suatu proses pengolahan baik fisika, kimia, maupun biologi. Pengolahan secara biologi salah satunya adalah dengan memanfaatkan bakteri pengurai BO, yaitu bakteri amonifikasi. Salah satu jenis bakteri amonifikasi adalah bakteri *P. putida*. Maka perlu dilakukan penelitian tentang bagaimana serta seberapa jauh

pengaruh bakteri *P. putida* terhadap ketersediaan amonia dalam proses pengolahan limbah cair pabrik tahu.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi, mengetahui proses, dan menganalisis peranan bakteri *P. putida* sebagai mediator dalam proses amonifikasi limbah cair pabrik tahu.

1.4 Hipotesa

H_0 = Diduga kandungan amonia pada limbah cair pabrik tahu sebelum dan sesudah diberi bakteri *P. putida* tidak berbeda nyata.

H_1 = Diduga kandungan amonia pada limbah cair pabrik tahu sebelum dan sesudah diberi bakteri *P. putida* berbeda nyata.

1.5 Kegunaan

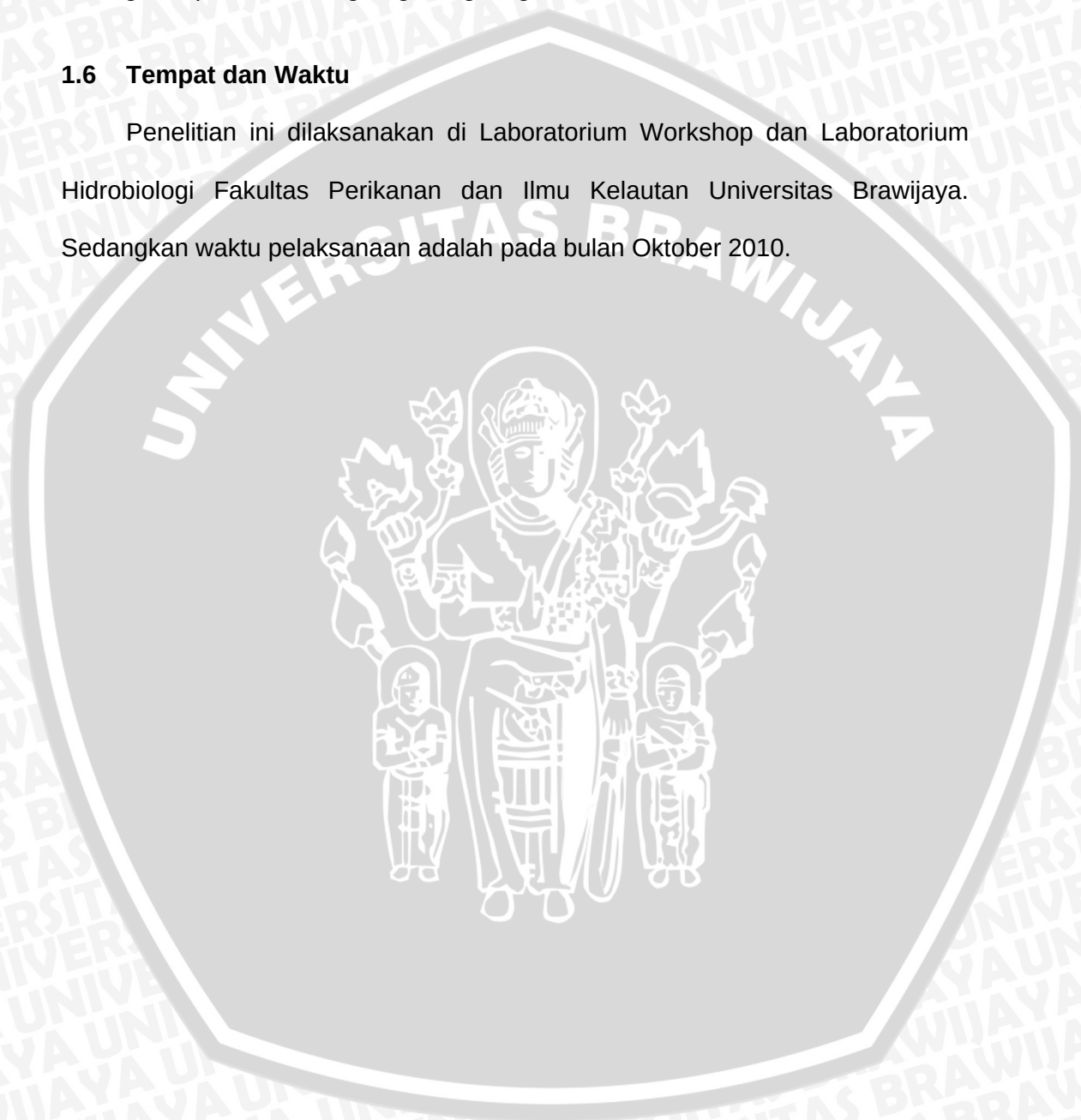
Kegunaan dilakukannya penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa adalah menambah pengetahuan tentang metode tahapan dan proses amonifikasi dalam rangka untuk mengolah limbah agar dapat mengurangi pencemaran lingkungan oleh limbah, menambah wawasan tentang siklus nitrogen di alam dan hubungannya dengan mikroorganisme, serta dapat menjadi makhluk yang lebih berguna dan bermanfaat bagi lingkungan
2. Bagi program studi Manajemen Sumberdaya Perairan adalah sebagai pengembangan ilmu pengetahuan supaya dapat turut serta dalam upaya mengurangi pencemaran lingkungan perairan oleh limbah, dapat menjaga keseimbangan kondisi kualitas air, serta dapat membantu penanganan limbah sesuai dengan bidangnya

3. Bagi pihak pabrik adalah sebagai informasi dalam pelaksanaan pengolahan limbah cair pabrik tahu agar tidak mencemari lingkungan, dapat menjalankan metode penanganan limbah dengan tepat, terarah, dan berkelanjutan, serta agar dapat lebih menghargai lingkungan.

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Workshop dan Laboratorium Hidrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Sedangkan waktu pelaksanaan adalah pada bulan Oktober 2010.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri Proteolitik

Secara umum mikroorganisme memainkan peranan penting dalam pertukaran energi pada suatu ekosistem. Mikroorganisme berperan sebagai dekomposer senyawa makromolekul menjadi mikromolekul yang kemudian dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme atau organisme yang lain (Nybakken, 1988).

Bakteri adalah organisme yang kelimpahannya paling tinggi dari semua organisme. Mereka tersebar (berada di mana-mana) di tanah, air, dan sebagai simbiosis dari organisme lain. Banyak patogen merupakan bakteri. Kebanyakan dari mereka kecil, biasanya hanya berukuran 0,5-5 μm , meski ada jenis dapat menjangkau 0,3 mm dalam diameter (Thiomargarita). Mereka umumnya memiliki dinding sel seperti sel hewan dan jamur, tetapi dengan komposisi sangat berbeda (peptidoglikan). Banyak yang bergerak menggunakan flagella yang berbeda strukturnya dari flagella kelompok lain (Wikipedia, 2009).

Menurut Gurungeblog (2008), bakteri memiliki ciri-ciri yang membedakannya dengan makhluk hidup lain yaitu:

1. merupakan organisme multiseluler
2. prokariot (tidak memiliki membran inti sel)
3. umumnya tidak memiliki klorofil
4. memiliki ukuran tubuh yang bervariasi antara 0,12 sampai dengan ratusan mikron, umumnya memiliki ukuran rata-rata 1 sampai dengan 5 mikron
5. memiliki bentuk tubuh yang beraneka ragam
6. hidup bebas, namun ada juga yang parasit
7. bakteri yang hidup di lingkungan ekstrim seperti pada mata air panas, kawah atau gambut dinding selnya tidak mengandung peptidoglikan

8. bakteri yang hidupnya kosmopolit di berbagai lingkungan dinding selnya mengandung peptidoglikan.

Bakteri dapat dibedakan menjadi bakteri proteolitik, amilolitik serta selulolitik. Bakteri akan menunjukkan aktivitas yang berbeda pada substrat yang berbeda. Bakteri proteolitik akan mudah tumbuh dan berkembang biak pada bahan yang banyak mengandung protein (Anindyka, 2009).

Menurut Dwijoseputro (1993) dalam Analisa-perikanan (2009), bakteri yang tergolong proteolitik adalah bakteri yang memproduksi enzim proteinase ekstraseluler, yaitu enzim pemecah protein yang diproduksi di dalam sel kemudian dilepaskan keluar dari sel. Bakteri proteolitik dapat dibedakan atas beberapa kelompok yaitu bakteri aerobik/anaerobik fakultatif, tidak membentuk spora, misalnya *Pseudomonas* dan *Proteus*, bakteri aerobik/anaerobik fakultatif, membentuk spora, misalnya *Bacillus*, dan bakteri anaerobik pembentuk spora, misalnya sebagian spesies *Clostridium*.

Bakteri proteolitik adalah bakteri yang dapat menghidrolisis ikatan peptida pada protein menjadi asam amino penyusunnya (Siswanto dan Suharyanto, 2003). Bakteri proteolitik mempunyai karakteristik mesofilik dan termofilik, perannya adalah sebagai bakteri yang mampu memproduksi enzim protease ekstraseluler yang berfungsi sebagai enzim pemecah protein yang membantu dalam proses pengomposan (Setyowati, 2006).

Menurut Free (2000), pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. temperatur; umumnya bakteri tumbuh baik pada suhu antara 25 - 35°C
2. kelembaban lingkungan; lembab dan tingginya kadar air sangat menguntungkan untuk pertumbuhan bakteri
3. sinar matahari; sinar ultraviolet yang terkandung dalam sinar matahari dapat mematikan bakteri

4. zat kimia, antibiotik, logam berat dan senyawa-senyawa kimia tertentu dapat menghambat bahkan mematikan bakteri.

2.1.1 *Pseudomonas* sp.

Menurut Lay (1994), mikroorganisme seringkali dipilah menjadi lima kelompok berdasarkan kebutuhannya akan O_2 yaitu aerob obligat, anaerob obligat, anaerob fakultatif, anaerob aerotoleran, dan mikroaerofil. Mikroorganisme yang memerlukan O_2 untuk hidupnya disebut aerob obligat atau aerob. Contoh mikroorganisme aerob obligat adalah *Pseudomonas*.

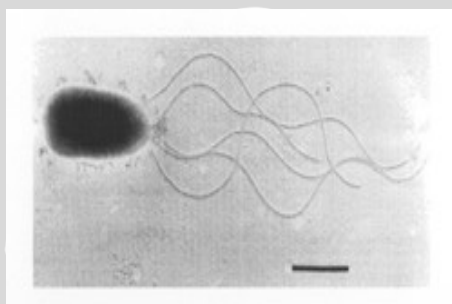
Menurut Wikipedia (2010b), secara harfiah *Pseudomonas* berarti “unit palsu” yang berasal dari bahasa Yunani, yaitu “pseudo” (palsu) dan “monas” (satu unit tunggal). Istilah “monad” digunakan dalam sejarah awal mikrobiologi untuk menunjukkan organisme bersel tunggal.

Pseudomonas sp. merupakan bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu mendegradasi berbagai jenis hidrokarbon. Keberhasilan penggunaan bakteri *Pseudomonas* dalam upaya bioremediasi lingkungan akibat pencemaran hidrokarbon membutuhkan pemahaman tentang mekanisme interaksi antara bakteri *Pseudomonas* sp. dengan senyawa hidrokarbon (Wikipedia, 2010c).

Dalam bioremediasi polutan senyawa aromatik, kelompok *Pseudomonas* memang menduduki rangking yang teratas terutama dari lingkungan daratan. Kita ambil contoh dari jenis-jenis bakteri pendegradasi aromatik hidrokarbon yang sudah ditemukan dan diteliti didominasi oleh kelompok ini, bahkan lebih dari 40% adalah jenis ini. Jenis bakteri ini memang termasuk salah satu jenis bakteri yang mudah dikulturkan, cepat tumbuh dan termasuk bakteri gram negatif sehingga untuk mempelajari dari segi biologi molekulernya lebih mudah dibanding yang gram positif, sehingga tidaklah mengherankan kalau jenis ini mendominasi dalam publikasi (Widada, 2010).

2.1.2 *Pseudomonas putida*

Menurut Genome (2010), anggota genus *Pseudomonas* memiliki karakteristik yaitu memiliki kemampuan untuk tumbuh dalam media yang sederhana pada komponen organik yang sangat bervariasi. Mereka memiliki metabolisme respirasi yang tepat (teliti) dan bergerak dengan satu atau beberapa flagella polar. Strain *P. putida* menunjukkan pertumbuhan yang optimal pada suhu antara 25-30°C dan mudah diisolasi dari tanah dan air dengan menggunakan kultur perkembangbiakan dalam media dengan beberapa sumber karbon. Bentuk dari bakteri *P. putida* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. *P. putida* Bar = 1µm (Harwood et al., 1989 dalam Genome, 2010)

Menurut Citizendium (2010), *P. putida* merupakan bakteri berbentuk batang dan gram negatif. Mereka diklasifikasikan sebagai grup pertama dalam Pseudomona. *P. putida* bersifat aerobik, tidak berspora, bakteri oksidasi positif. Dengan memiliki satu atau lebih flagella polar, mereka merupakan organisme motil. Mereka dapat ditemukan dalam tanah dan air, mereka juga tumbuh optimal pada suhu ruang. Beberapa strain memiliki kemampuan untuk tumbuh dan merusak beberapa jenis polutan dan hidrokarbon aromatik seperti toluen, benzena, dan etilbenzena.

P. putida berarti bagi lingkungan karena metabolisme kompleksnya dan kemampuannya dalam mengontrol lingkungan. Plasmid penting dalam merasakan tekanan lingkungan. Beberapa tekanan lingkungan disebabkan oleh

benzena, xylene, dan toluen, komponen utama dari gasolin dan merupakan sumber terbesar dari pencemaran perairan (Microbewiki, 2010).

Berikut ini klasifikasi *P. putida* (Uniprot, 2010)

Kingdom : Bacteria
Phylum : Proteobacteria
Class : Gamma Proteobacteria
Order : Pseudomonadales
Family : Pseudomonadaceae
Genus : Pseudomonas
Spesies : *Pseudomonas putida*

2.1.3 Ciri-Ciri *P. putida*

P. putida merupakan bakteri berbentuk batang, berflagel, dan gram negatif yang ditemukan dalam sebagian besar tanah dan air yang terdapat O₂. Dia tumbuh optimal pada suhu 25-30°C dan dapat diisolasi dengan mudah. *P. putida* memiliki beberapa strain umum termasuk KT2440, strain yang mengkolonisasi akar-akar tumbuhan yang memiliki hubungan saling menguntungkan antara tumbuhan tersebut dengan bakteri. Permukaan akar membuat bakteri tumbuh subur dari nutrisi pada akar. Sebaliknya, *P. putida* tumbuh bersama dengan tumbuhan dan melindungi tumbuhan tersebut dari patogen (Microbewiki, 2010).

Menurut Citizendium (2010), *P. putida* merupakan bakteri aerobik oksidasi positif dengan satu atau lebih flagella. Mereka dapat ditemukan di lingkungan basah seperti tanah dan air dan tumbuh pada temperatur 25-30°C. Meskipun *P. putida* tidak membentuk spora, mereka masih dapat melawan kondisi lingkungan yang keras. Dia dapat melawan efek umum dari penghancuran organik yang menyebabkan polusi pada tanah sekitar. *P. putida* merupakan saproba unik yang

menggunakan varietas luas dari material tidak hidup sebagai sumber nutrisinya, termasuk beberapa tipe hidrokarbon aromatik.

P. putida merupakan bakteri saprotrofik tanah berbentuk batang dan merupakan bakteri gram negatif. *P. putida* merupakan anggota dari kelompok *P. putida* yang menjadi nama dari bakteri jenis ini. *P. putida* memiliki kemampuan untuk mendegradasi larutan organik seperti toluen (Iklanprima, 2010).

2.1.4 Peranan *P. putida* bagi Lingkungan dan Perairan

Menurut Lay (1994), kemampuan mereduksi nitrat juga dapat digunakan sebagai ciri dalam identifikasi bakteri. *Pseudomonas* mampu menggunakan N_2 sebagai akseptor elektron terakhir. *Pseudomonas* mampu mereduksi NO_2 menjadi N_2 . Pada saat identifikasi menggunakan "brilliant green agar", *Pseudomonas* akan menunjukkan ciri khusus. Pertumbuhan *Pseudomonas* yang terhambat akan memperlihatkan koloni kecil berwarna merah dengan permukaan yang menjorok ke dalam saat diberi indikator berupa merah-fenol.

Menurut Wikipedia (2010b), beberapa anggota dari genus *Pseudomonas* mampu memetabolisme polutan kimia dalam lingkungan dan sebagai hasilnya dapat digunakan untuk bioremediasi. Spesies-spesies yang cocok untuk digunakan sebagai agen bioremediasi meliputi:

- *P. alcaligenes*: dapat mendegradasi hidrokarbon polisiklik aromatik
- *P. mendocina*: dapat mendegradasi toluene
- *P. pseudoalcaligenes*: dapat menggunakan sianida sebagai sumber nitrogen
- *P. resinovorans*: dapat menurunkan karbazol
- *P. veronii*: menurunkan berbagai senyawa organik aromatik sederhana
- *P. putida*: mempunyai kemampuan untuk mendegradasi pelarut organik seperti toluene. Setidaknya satu strain dari bakteri ini dapat mengkonversi morfin dalam larutan

- Strain KC dari *P. Stutzeri* mampu mendegradasi karbon tetraklorida.

Menurut Wikipedia (2010d), *P. putida* dapat digunakan untuk bioremediasi, biokontrol, dan sintesis organik. Metabolisme *P. putida* dapat digunakan untuk bioremediasi, contohnya, dia digunakan sebagai inokulan minyak untuk mengurangi “naphthalene”. Beberapa jenis khusus dari bakteri ini telah digunakan untuk sintesis organik, contohnya adalah dalam oksidasi benzena.

Menurut Aboaba *et al.*, (2007), perlakuan pada tanah agrikultural tercemar minyak yang diberi kultur *P. putida* dapat memproduksi tanah yang dapat menumbuhkan tanaman yang lebih sehat. Lebih jauh lagi dari hasil studi ini, penanaman bibit *Phaseolus vulgaris* pada tanah tersebut terlihat memiliki indeks biologi yang baik yang dapat digunakan dalam mengevaluasi tingkat pemulihan tanah agrikultural yang terpolusi oleh minyak mentah. Hal ini berarti bahwa kultur *P. putida* yang diisolasi dari ekosistem tropis cocok sebagai agen bioremediasi bagi tanah agrikultur saat bibit *P. vulgaris* memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap toksisitas minyak; karena itu efisiensi penyerbukannya merupakan indeks biologi yang baik untuk evaluasi rehabilitasi tanah yang terpolusi petroleum mentah maupun produk-produk petroleum yang lain.

Komponen aromatik seperti toluen atau xylene ditemukan dalam tanah terpolusi. Beberapa spesies *Pseudomonas* diketahui dapat tumbuh pada komponen ini sebagai satu-satunya sumber karbon, membuatnya merupakan kandidat yang menarik untuk proses bioremediasi pada area terkontaminasi. *P. putida* KT2440 dapat merombak bermacam-macam asam aromatik, asam amino, gula, asam organik, asam lemak, dan komponen organosulfur. Lebih spesifik lagi, *P. putida* KT2440 mendegradasi banyak komponen aromatik menjadi sejumlah kecil senyawa yang sederhana. Cara biodegradasi toluen telah dipelajari secara luas pada *P. putida* dan aturan genetiknya telah diketahui. Sebuah persamaan

menunjukkan angka pertumbuhan “in silico” lebih rendah ketika dibandingkan dengan data “in vivo”, 0,421 banding 0,72 (60%) (Nogales *et al.*, 2008).

Menurut El-Naas *et al.*, (2009), penurunan konsentrasi fenol sebanding dengan waktu, mengindikasikan bahwa angka biodegradasi yang tetap sangat tergantung oleh suhu. Aktivitas *P. putida* dan kemampuannya dalam mendegradasi fenol optimal pada suhu 30°C. Suhu yang lebih tinggi memiliki efek negatif terhadap aktivitas bakteri sehingga dapat menghambat kemampuan biodegradasi. Dipercaya bahwa tempat terbuka dengan suhu yang lebih tinggi daripada 35°C dapat menyebabkan timbulnya efek negatif pada enzim bakteri yang biasanya responsif terhadap pemecahan cincin benzena yang merupakan langkah utama dalam proses degradasi biologi. Sebaliknya, tempat terbuka dengan suhu yang lebih rendah diharapkan dapat menekan aktivitas bakteri. Sebagai tambahan, efek buruk fenol pada bakteri diketahui bertambah pada suhu rendah. Hal ini terjadi pada konsentrasi fenol yang tinggi.

P. putida sangat penting bagi lingkungan terkait dengan metabolisme kompleksnya dan kemampuannya untuk mengontrol polusi. Terdapat perubahan komunitas bakteri terhadap kontaminasi yang dikembangkan dengan deret katabolisme utama pada plasmid TOL dalam sel. Setiap plasmid penting dalam merasakan tekanan lingkungan. Beberapa tekanan lingkungan disebabkan oleh benzena, xylene, dan toluen, komponen utama dari gasolin dan merupakan sumber utama dari kontaminasi air. *P. putida* dapat mendegradasi hidrokarbon pada larutan organik ini melalui reaksi oksidatif sehingga *P. putida* ditempatkan sebagai salah satu mikroba yang paling penting dalam bioremediasi (Microbewiki, 2010).

Menurut Ferhan (2003), untuk mempelajari biodegradasi trichloroethylene (TCE) dan fenol oleh strain bakteri setempat atau mikroba yang ada secara alami (NOM). TCE merupakan larutan klorin yang digunakan secara luas pada banyak

industri termasuk tekstil, proses logam, elektronik, percetakan, daging dan kertas. *P. putida* dapat memanfaatkan bermacam-macam komponen organik sebagai substrat pertumbuhan secara aerobik. Beberapa strain *Pseudomonas* dicobakan pada fenol dengan konsentrasi berbeda, hasilnya menunjukkan bahwa hanya *P. putida* CEMB 10124 yang merupakan pendegradasi terbaik untuk komponen fenolik. Fenol 80 mM dikonsumsi dalam 40 jam, kemudian terdapat kecenderungan penolakan dalam pertumbuhan bakteri terhadap kekurangan beberapa mineral seiring dengan metabolisme toksik yang terbentuk selama pertumbuhan bakteri. Degradasi aerobik TCE dapat dicapai oleh *Methanotrophes*, *Mycobacterium vaccae*, *Nitrosomonas europaea*, *P. putida*, *Propane oxidizing bacteria, type IV Actinomycetes*, *Xanthobacter* sp., *Rhodococcus* sp., dan masih banyak lagi. Catechol (salah satu komponen perantara pada degradasi fenol) merupakan substansi toksik seperti polutan lain yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri seperti halnya binatang dan tumbuhan tingkat tinggi lain. Plasmid degradatif dalam *P. putida* F1 berisi kelompok plasmid yang agak unik. Sebuah eksperimen mendemonstrasikan bahwa bioreaktor yang berisi kultur bakteri aerobik dapat mendegradasi TCE, dan fenol merupakan sumber energi. Anak sungai pada industri tekstil dan endapannya setelah diberi perlakuan menggunakan *P. putida* CEMB 10124 dianalisa menggunakan metode analitik seperti kromatografi gas, analisa sampel dan bentuk perombakan yang diberi perlakuan dengan menggunakan pasangan bakteri yang ditentukan menurut resensi waktu. Dalam studi ini ditemukan bahwa fenol mula-mula dioksidasi menjadi catechol selanjutnya disimulasi menjadi asam muconic. Perombakan ini tidak bersifat toksik, karena itu periode pertumbuhan bakteri dapat lebih lama sehingga dapat mendegradasi fenol dengan lebih efisien.

2.2 Kultur Bakteri

Mikroorganisme dapat ditemukan di tanah, air, udara, makanan, tubuh manusia, dan lain sebagainya. Bakteri dapat dikultur dan ditumbuhkan di laboratorium untuk keperluan diagnostik maupun penelitian. Secara artifisial, di laboratorium, untuk dapat hidup dan tumbuh, mikroorganisme bergantung pada suplai nutrisi yang kuat dan lingkungan pertumbuhan yang optimal. Kebutuhan nutrisi ini dikandung oleh suatu larutan yang disebut dengan media kultur. Karena berbagai bakteri patogen membutuhkan nutrisi yang berbeda, maka dikembangkan berbagai jenis media kultur untuk keperluan mikrobiologi diagnostik. Untuk beberapa bakteri tertentu, kebutuhannya relatif kompleks dan membutuhkan komponen media tertentu. Bakteri ini dikatakan sebagai bakteri fastidious (Adel, 2010).

Kulturasasi bakteri untuk keperluan yang bermanfaat, pada umumnya dilakukan dengan biakan murni. Biakan murni hanya mengandung satu jenis. Untuk mengisolasi bakteri dalam biakan murni, umumnya digunakan dua prosedur yaitu: metode agar cawan dengan goresan dan metode agar tuang (Pustaka, 2010b).

Kalau kita pertama kali mengadakan piaraan, biasanya yang kita peroleh itu suatu piaraan campuran. Misal, kita ambil bahan (sampel) dari udara, dari tanah, dari kotoran. Kalau bahan itu kita sebarkan pada medium steril, akan tumbuhlah beraneka koloni yang masing-masing mempunyai sifat-sifat khas. Jika kita mengambil bahan dari salah satu koloni tersebut, kemudian bahan itu kita tanam pada medium baru yang steril, maka bahan itu akan tumbuh menjadi koloni yang murni, asalkan pekerjaan pemindahan itu dilakukan dengan cermat menurut teknik aseptik, yaitu menggunakan alat-alat yang steril dan aturan-aturan laboratorium tertentu. Piaraan yang kita peroleh dengan jalan demikian kita sebut dengan piaraan pertama ("primary culture"), dan sifatnya murni.

Piaraan semacam ini dapat disimpan, tetapi tiap-tiap waktu tertentu harus diadakan peremajaan dengan memindahkannya ke medium baru. Piaraan-piaraan yang diperoleh dari piaraan pertama disebut piaraan turunan ("subculture") (Fardiaz, 1992).

2.3 Amonia Nitrogen

2.3.1 Peranan Amonia Nitrogen dalam Perairan

Menurut Sutrisno dan Suciati (2004), terdapatnya amonia dalam air erat hubungannya dengan siklus pada N di alam ini. Dengan melihat siklus tersebut dapat diketahui bahwa amonia dapat terbentuk dari:

- a. dekomposisi bahan-bahan organik yang mengandung nitrogen baik yang berasal dari hewan (misalnya feses) oleh bakteri
- b. hidrolisa urea yang terdapat pada urin hewan
- c. dekomposisi bahan-bahan organik dari tumbuh-tumbuhan yang mati oleh bakteri
- d. dari N_2 atmosfer, melalui pengubahan menjadi N_2O_5 oleh loncatan listrik di udara, menjadi HNO_3 karena persatuannya dengan air, dan selanjutnya jatuh di tanah oleh hujan. Dengan melalui pembentukannya menjadi protein organik yang terjadi selanjutnya, dan oleh dekomposisi bakteri akhirnya akan terbentuk amonia
- e. dari reduksi NO_2^- oleh bakteri.

N_2 merupakan salah satu unsur utama pembentuk protein. Nitrogen dapat berada dalam bentuk gas N_2 yang segera berubah menjadi senyawa NO_2 , NO_3 , dan amonia. Nitrogen diserap oleh organisme nabati dalam bentuk NO_3 yang kemudian diolah menjadi protein. Amonia toksik bagi ikan (Pustaka, 2010a).

Amonia merupakan senyawa komersil nitrogen yang paling penting. Ia diproduksi menggunakan proses Haber. Gas natural (CH_4) bereaksi dengan uap

panas untuk memproduksi CO_2 dan gas hidrogen (H_2) dalam proses dua langkah. Gas H_2 dan gas N_2 lantas direaksikan dalam proses Haber untuk memproduksi amonia. Gas yang tidak bewarna ini memiliki bau yang menyengat dan dapat dengan mudah dicairkan. Bahkan bentuk cair senyawa ini digunakan sebagai pupuk nitrogen. Amonia juga digunakan untuk memproduksi urea (NH_2CONH_2), yang juga digunakan sebagai pupuk dalam industri plastik, dan dalam industri peternakan sebagai suplemen makanan ternak. Amonia sering merupakan senyawa pertama untuk banyak senyawa nitrogen (Mohsin, 2006).

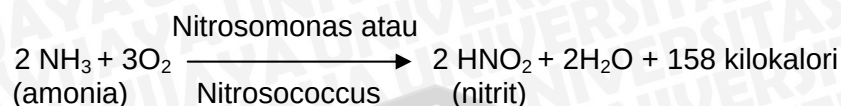
2.3.2 Siklus Nitrogen

Menurut O-fish (2010), siklus nitrogen adalah sebagai berikut. Setelah mengkonsumsi pakan, ikan akan mengeluarkan kotoran. Kotoran tersebut didekomposisi atau dimineralisasi oleh bakteri heterotropik menjadi amonia. Selain kotoran ikan, bakteri juga akan mendekomposisi sisa pakan ikan dan juga bagian tanaman. Amonia diubah menjadi NO_2 oleh bakteri nitrit yang kemudian diubah menjadi NO_3 oleh bakteri nitrat. NO_3 inilah yang nantinya akan dimanfaatkan oleh tanaman.

Nitrogen yang diikat biasanya dalam bentuk amonia. Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati oleh bakteri. Amonia ini akan dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* sehingga menghasilkan NO_3 yang akan diserap oleh akar tumbuhan. Selanjutnya oleh bakteri denitrifikan, NO_3 diubah menjadi amonia kembali, dan amonia diubah menjadi N_2 yang dilepaskan ke udara. Dengan cara ini siklus nitrogen akan berulang dalam ekosistem (Jati, 2007).

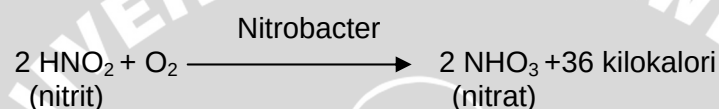
Bakteri nitrifikasi adalah bakteri-bakteri tertentu yang mampu menyusun senyawa NO_3 dari amonia yang berlangsung secara aerob di dalam tanah. Nitrifikasi terdiri atas dua tahap yaitu:

- oksidasi amonia menjadi NO_2 oleh bakteri nitrit. Proses ini dinamakan nitritasi.



Reaksi nitritasi

- oksidasi senyawa NO_2 menjadi NO_3 oleh bakteri nitrat. Prosesnya dinamakan nitratasi.



Reaksi nitratasi

Dalam bidang pertanian, nitrifikasi sangat menguntungkan karena menghasilkan senyawa yang diperlukan oleh tanaman yaitu NO_3 . Tetapi sebaliknya di dalam air yang disediakan untuk sumber air minum, NO_3 yang berlebihan tidak baik karena akan menyebabkan pertumbuhan ganggang di permukaan air menjadi berlimpah (Wikipedia, 2009).

Dwidjoseputro (2005) dalam Ali (2008) menjelaskan bahwa ada beberapa genera bakteri yang hidup dalam tanah mampu untuk mengikat molekul-molekul N_2 guna dijadikan senyawa-senyawa pembentuk tubuh mereka, misalnya protein. Jika sel-sel itu mati, maka timbullah zat-zat hasil urai seperti CO_2 dan gas amonia. Sebagian dari amonia terlepas ke udara dan sebagian lain dapat dipergunakan oleh beberapa genus bakteri (misalnya *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus*) untuk membentuk NO_2 . NO_2 dapat dipergunakan oleh genus bakteri yang lain untuk memperoleh energi. Oksidasi amonia menjadi NO_2 dan oksidasi NO_2 menjadi NO_3 berlangsung di dalam lingkungan yang aerob.

Peristiwa seluruhnya disebut nitrifikasi. Pengoksidasian NO_2 menjadi NO_3 dilakukan oleh Nitrobacter. Proses nitrifikasi ini dapat ditulis sebagai berikut:



Menurut Eddyana (2010), cara pengubahan N_2 menjadi N yaitu:

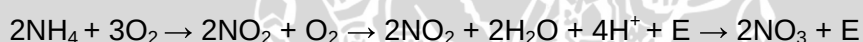
- Aminifikasi yaitu pembentukan senyawa amino dari BO dengan bantuan mikroorganisme heterogenous.



- Amonifikasi merupakan pembentukan amonia dari senyawa amino

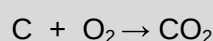


- Nitrifikasi adalah perubahan dari amonia menjadi NO_2 (oleh bakteri Nitrosomonas), kemudian menjadi NO_3 (oleh bakteri Nitrobacter)



Menurut Widodo (2010), efek rumah kaca ("Green House Effect"), diartikan sebagai naiknya suhu bumi. Naiknya suhu bumi disebabkan oleh terperangkapnya sinar matahari gelombang panjang (infra merah) oleh gas-gas rumah kaca (GRK) yang berada di lapisan troposfer, yang merupakan lapisan atmosfer yang berada di permukaan bumi sampai radius 10 km ke angkasa. Naiknya suhu ini dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global. Secara total, 29% energi matahari akan dipantulkan oleh atmosfer, 20% diserap oleh gas-gas atmosfer, dan hanya 51% yang sampai di permukaan bumi. GRK yang dapat menyebabkan efek rumah kaca adalah CO_2 , CH_4 , CFC, O_3 dan N_2O . Seberapa besar kontribusi dari masing-masing GRK tergantung kepada lama waktu tinggal GRK di atmosfer. CO_2 menjadi fenomena belakangan ini karena kontribusinya yang sangat besar terhadap efek rumah kaca yaitu 50% di antara GRK yang lain. Efek rumah kaca dapat berdampak kepada rusaknya ekosistem yang akhirnya

akan memutus rantai makanan dan berpengaruh kepada seluruh kehidupan di muka bumi. Semua kehidupan di bumi dibangun dari unsur karbon. Karbon ada dalam semua tubuh makhluk hidup, dalam laut, dalam air dan dalam bumi itu sendiri. Karbon yang ada di atmosfer jika bersenyawa dengan O_2 akan membentuk CO_2 . Pada proses pembakaran O_2 akan mengoksidasi karbon sehingga akan terbentuk CO_2 .



N_2O adalah salah satu GRK yang terdapat secara alami. Sumber utama gas ini adalah kegiatan mikroorganisme anaerob dalam tanah yaitu bakteri *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Chromabakteria* dan *Thiobacillus*. Bakteri ini akan mengambil O_2 dari NO_3 dan NO_2 . Pemakaian pupuk nitrogen yang tidak bijak akan meningkatkan jumlah gas N_2O di atmosfer.

Menurut Yulia (2011), N_2O (gas gelak, "laughing gas", nitrous oxide, dinitrogen monoksida) diperoleh dengan memanaskan amonium nitrat sampai $240^\circ C$.



N_2O dalam ruangan berbentuk gas tak berwarna, bau manis, tak iritasi, tak terbakar, dan beratnya 1,5 kali berat udara. Pemberian anestesi dengan N_2O harus disertai O_2 minimal 25 %. Gas ini bersifat anestesik lemah, tetapi analgesinya kuat. Pada anestesi inhalasi jarang digunakan sendirian, tetapi dikombinasi dengan salah satu anestesi lain seperti halotan dan sebagainya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi pada penelitian ini adalah bakteri *P. putida* dan kandungan amonia pada limbah cair pabrik tahu serta parameter kualitas perairan meliputi suhu, pH, CO₂, "Disolved Oxygent" (DO), "Biochemical Oxygent Demand" (BOD₅), dan NO₃.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat dan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Lampiran 1.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Menurut Arikunto (2002) dalam Prananto (2007), eksperimen adalah suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kausal antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi atau mengurangi faktor-faktor lain yang mengganggu). Eksperimen selalu dilakukan dengan maksud untuk melihat akibat dari suatu perlakuan.

Dalam penelitian ini dilakukan pemberian suatu biakan bakteri *P. putida* pada air limbah tahu. Untuk mengetahui pengaruh bakteri itu terhadap ketersediaan amonia dalam perairan maka dilakukan pengukuran kandungan amonia sebelum dan sesudah diberi biakan bakteri. Perlakuan yang diberikan pada penelitian ini ada dua, yaitu dengan pemberian bakteri *P. putida* dan tanpa pemberian bakteri *P. putida*. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali.

Penelitian ini menggunakan metode uji "t-dependent", yaitu metode yang digunakan untuk menguji signifikansi dengan cara membandingkan t_o (t hasil

observasi atau t hasil penghitungan) dengan t tabel (harga titik tabel yang tercantum dalam tabel nilai t).

3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Supaya kita mendapatkan satu spesies saja dalam satu tabung pemeliharaan kultur, maka perlulah diadakan suatu langkah pemurnian kultur ("pure culture"). Biakan murni bakteri adalah biakan yang terdiri dari atas satu spesies bakteri yang ditumbuhkan dalam medium buatan. Medium buatan tersebut berfungsi sebagai medium pertumbuhan. Pada medium ini bakteri dapat tumbuh dan berkembang biak (Tim Pengajar Mikrobiologi Umum, 2007).

Menurut Cappuccino dan Sherman (1999), berikut ini prosedur yang dilakukan dalam kultur bakteri *P. putida*:

- Mengambil koloni murni *P. putida* dari medium MCA dengan ose steril sebanyak 1-2 koloni
- Secara aseptis memasukkan ke dalam medium cair "Tryptone Soya Broth" (TSB)
- Menginkubasi ke dalam "shaking waterbath" suhu 30°C selama 2 X 24 jam
- Mengukur kepadatan bakteri dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 625
- Mengencerkan sesuai dengan kepadatan bakteri yang dikehendaki.

Setelah mempersiapkan kultur bakteri, dilakukan persiapan untuk pengamatan selama sepuluh hari. Pertama-tama adalah pengambilan sampel air limbah tahu. Dilakukan pengenceran limbah sebesar lima kali karena berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan sebelumnya, air limbah memiliki kepekatan yang terlalu tinggi sehingga sulit untuk mengukur parameter-parameter kimia apabila tidak diencerkan.

Setiap akuarium diisi enam liter sampel air dengan air limbah tahu sebanyak satu liter dan akuades sebagai pengencer sebanyak lima liter. Kemudian hasil kultur bakteri yang telah siap ditebarkan ke dalam tiga akuarium yang merupakan perlakuan pertama yaitu dengan pemberian bakteri *P. putida*. Dilakukan pengamatan beberapa parameter. Pengukuran suhu, pH, CO₂, NO₃, DO, BOD₅ dan amonia dilakukan setiap hari selama sepuluh hari berturut-turut.

3.5 Definisi Operasional Parameter-Parameter yang Diamati

a. Suhu

Temperatur merupakan salah satu parameter yang berpengaruh terhadap kualitas air. Temperatur dari air akan mempengaruhi penerimaan ("acceptance") masyarakat akan air tersebut dan dapat mempengaruhi pula proses kimia dalam pengolahan, terutama apabila temperatur tersebut sangat tinggi (Sutrisno dan Suciati, 1991).

Berikut ini prosedur pengukuran suhu (Subarijanti, 2000):

- Mencelupkan termometer Hg langsung ke dalam perairan, biarkan beberapa saat sampai skala thermometer berhenti dan menunjukkan angka tertentu
- Melakukan pembacaan dengan mengangkat termometer dari badan air tanpa bersentuhan dengan kulit dan dicatat pada skala berapa air raksa tersebut berhenti.

b. pH

Menurut Effendi (2007), pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Senyawa amonia yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah.

Berikut ini prosedur pengukuran pH (Blom, 1988):

- Menyiapkan pH meter
- Menyalakan pH meter
- Melihat angka di layar, menunggu sampai menunjukkan angka tujuh
- Mencelupkan ujung pH meter ke dalam air sampel
- Menunggu sampai angka di layar berhenti berubah
- Membaca angka yang tertera di layar sebagai pH sampel.

c. Karbon Dioksida (CO₂)

Secara teoritis kadar CO₂ lebih tinggi dari 10 ppm diketahui menunjukkan bersifat racun. CO₂ dalam air pada umumnya merupakan hasil respirasi dari ikan dan fitoplankton (Safrudin, 2010).

Berikut ini prosedur pengukuran kandungan CO₂ (Hariyadi *et al.*, 1992):

- Memasukkan 25 ml air sampel ke dalam erlenmeyer, kemudian menambahkan 1-2 tetes indikator PP
- Bila air berwarna merah berarti air tersebut tidak mengandung CO₂ bebas
- Mentitrasi dengan Na₂CO₃ 0,0454 N sampai warna menjadi merah muda pertama kali bila air tetap tidak berwarna

Perhitungan:

$$CO_2 \text{ bebas (mg/l)} = \frac{ml \text{ (titran)} \times N \text{ (titran)} \times 22 \times 1000}{ml \text{ air sampel}}$$

d. “Disolved Oxygen” (DO)

Oksigen terlarut adalah merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam budidaya ikan secara intensif, dan keberhasilan atau kegagalan dalam budidaya ikan sangat bergantung pada kemampuan petani ikan dalam menanggulangi permasalahan rendahnya kandungan oksigen terlarut (Widjanarko, 2005).

Berikut ini prosedur pengukuran kandungan oksigen terlarut (Hariyadi *et al.*, 1992):

- Mengukur dan mencatat volume botol DO yang akan digunakan
- Memasukkan botol DO ke dalam air yang akan diukur O₂-nya secara perlahan-lahan dengan posisi miring dan mengusahkan agar jangan sampai terjadi gelembung udara
- Membuka botol yang berisi sampel, menambahkan 2 ml MnSO₄ dan 2 ml NaOH+KI lalu membolak-balik sampai terjadi endapan coklat. Kemudian mengendapkan dan membiarkannya selama 30 menit
- Membuang air yang bening di atas endapan, kemudian memberi endapan yang tersisa dengan 1-2 ml H₂SO₄ pekat dan mengocok sampai endapan larut
- Memberi 3-4 tetes amilum, mentitrasi dengan Na-thiosulfat 0,025 N sampai jernih atau tidak berwarna untuk pertama kali
- Mencatat ml Na-thiosulfat yang terpakai (titran)
- Perhitungan:

$$DO(mg/l) = \frac{V \text{ titran} \times N \text{ titran} \times 8 \times 1000}{V \text{ botol DO} - 4}$$

e. BOD₅

Menurut Erikarianto (2008), BOD₅ ("Biochemical Oxygen Demand") merupakan parameter kimia yang menunjukkan banyaknya O₂ yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses dekomposisi BO. Prinsip pengukuran BOD₅ adalah perbedaan antara DO awal dan DO lima hari atau DO₀ – DO₅.

Berikut ini prosedur pengukuran BOD (Hariyadi *et al.*, 1992):

- Mengencerkan air sampel 5-10 kali, tergantung pada tingkat kepekatan sampel, dengan menggunakan aquadest

- Meningkatkan kadar O_2 air sampel dengan aerasi menggunakan aerator selama lima menit. Peningkatan kadar O_2 juga dapat dilakukan dengan cara menuangkan air sampel dari botol satu ke botol lain sebanyak lima belas kali atau lebih
- Memindahkan air sampel tersebut ke dalam botol BOD gelap terang sampai penuh. Menganalisa kadar oksigen terlarut (DO_0) dalam botol terang dengan segera
- Mengukur dan mencatat volume botol DO yang digunakan
- Membuka botol yang berisi sampel, menambahkan 2 ml $MnSO_4$ dan 2 ml $NaOH+KI$ lalu membolak-baliknya sampai terjadi endapan coklat. Kemudian mengendapkan dan membiarkannya selama 30 menit
- Membuang air yang bening di atas endapan, kemudian memberi endapan yang tersisa dengan 1-2 ml H_2SO_4 pekat dan mengocoknya sampai endapan larut
- Memberi 3-4 tetes amilum, mentitrasi dengan Na-thiosulfat 0,025 N sampai jernih atau tidak berwarna untuk pertama kali
- Mencatat ml Na-thiosulfat yang terpakai (titran)
- Menginkubasi botol gelap beserta air sampel dalam BOD inkubator pada suhu $20^\circ C$ selama lima hari. Menentukan kadar oksigen terlarut dalam botol gelap ini (DO_5) setelah lima hari
- Perhitungan DO:

$$DO(mg/l) = \frac{V \text{ titran} \times N \text{ titran} \times 8 \times 1000}{V \text{ botol DO} - 4}$$

$$\text{Perhitungan } BOD_5 (mg/l) = (DO_0 - DO_5) \times \text{faktor pengenceran}$$

f. Nitrat

Menurut O-fish (2010), siklus nitrogen adalah sebagai berikut. Setelah mengkonsumsi pakan, ikan akan mengeluarkan kotoran. Kotoran tersebut didekomposisi atau dimineralisasi oleh bakteri heterotropik menjadi amonia. Selain kotoran ikan, bakteri juga akan mendekomposisi sisa pakan ikan dan juga bagian tanaman. Amonia diubah menjadi NO_2 oleh bakteri nitrit yang kemudian diubah menjadi NO_3 oleh bakteri nitrat. Nitrat inilah yang nantinya akan dimanfaatkan oleh tanaman.

Berikut ini prosedur pengukuran NO_3 (Boyd,1981) :

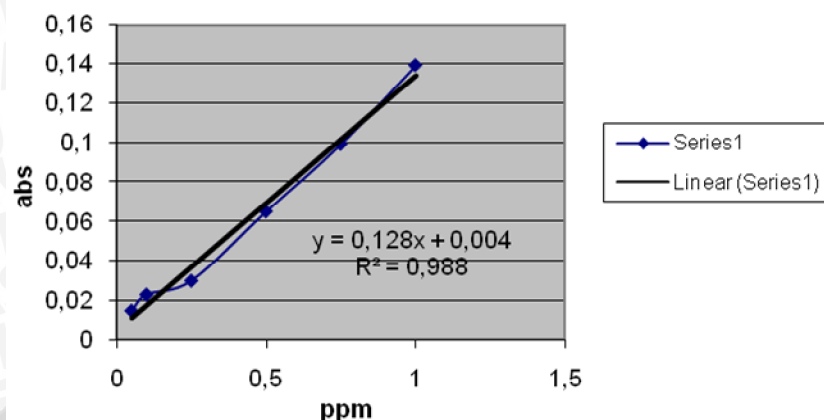
1. Pembuatan larutan standard nitrat

- Melarutkan 0,607 gram NaNO_3 menjadi 1000 ml larutan dengan air suling
- Memindahkan 25 ml larutan tersebut pada “beaker glass” dan memanaskan sampai terbentuk kerak nitrat kemudian mendinginkan
- Menambahkan 2 ml asam fenol disulfonik dan mengaduk dengan spatula
- Mengencerkan dengan aquadest hingga 500 ml, larutan ini mengandung 5 mg/l nitrat nitrogen
- Menggunakan larutan standard nitrat untuk mempersiapkan seri konsentrasi nitrat. Konsentrasi larutan standard nitrat yang digunakan dalam spektrofotometer disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Larutan Standard Nitrat

Nitrat (ppm)	Abs
0,05	0,015
0,1	0,023
0,25	0,03
0,5	0,065
0,75	0,099
1	0,139

- Membuat grafik kalibrasi untuk larutan standard nitrat (Gambar 2)



Gambar 2. Grafik Kalibrasi Larutan Standard Nitrat

2. Pengukuran NO_3

- Menyaring air sampel sebanyak 25 ml ke dalam beaker glass dengan menggunakan kertas saring
- Memanaskan sampai membentuk kerak nitrat kemudian mendinginkan
- Menambahkan 2 ml asam fenol disulfonik dan mengaduk dengan spatula
- Menambahkan 2,5 ml aquadest
- Menetesi dengan NH_4OH sampai berwarna kekuningan
- Mengencerkan dengan aquadest sampai 25 ml
- Memasukkan dalam cuvet
- Mengukur kandungan nilai abs menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm
- Memperoleh konsentrasi nitrat-nitrogen dengan rumus $y=0,128x+0,004$ dengan y merupakan absorban dan x merupakan konsentrasi NO_3 .

g. Amonia-N

Fiksasi molekul N_2 dari udara oleh proses biologi atau yang berasal dari proses industri merupakan sumber utama nitrogen anorganik untuk sistem

ekologi, di samping nitrogen organik. Sebagian besar nitrogen organik terdapat sebagai gugus asam amino dalam protein. Melalui aktivitas mikrobiologi, protein mengalami deaminasi dan dihasilkan amonia nitrogen. Proses ini disebut amonifikasi (Widjanarko, 2005).

Berikut ini prosedur pengukuran amonia nitrogen (Alaerts dan Santika, 1987):

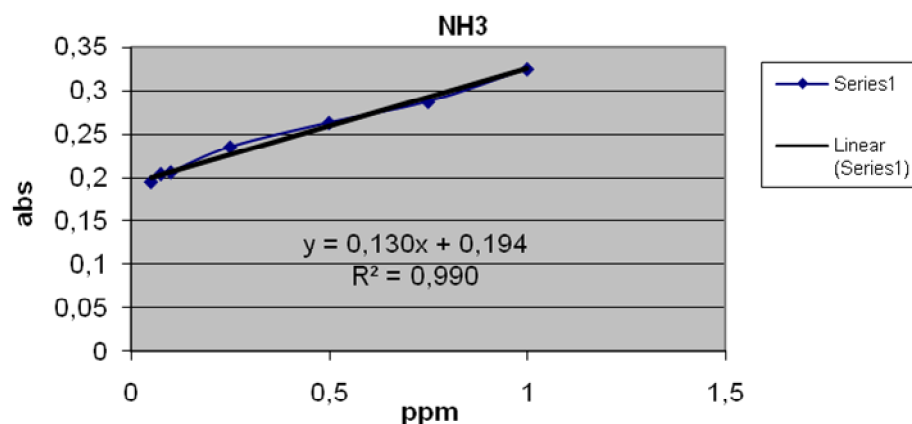
1. Larutan standard amonia

- Melarutkan 3,819 g NH_4Cl dengan air suling dan mengencerkan menjadi 1 liter; 1 ml larutan = 1 mg N = 1,22 mg NH_3
- Memindahkan 10 ml larutan ke dalam labu takar 1 liter
- Mengencerkan dengan air suling menjadi 1 liter
- Menggunakan larutan untuk mempersiapkan seri konsentrasi amonia. Konsentrasi larutan standard amonia yang digunakan dalam spektrofotometer disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Larutan Standard Amonia

Amonia (ppm)	Abs
0,05	0,195
0,075	0,204
0,1	0,206
0,25	0,235
0,5	0,263
0,75	0,287

- Membuat grafik kalibrasi untuk larutan standard amonia (Gambar 3)



Gambar 3. Grafik Kalibrasi Larutan Standard Amonia

2. Pengukuran amonia

- Mengukur 25 ml benda uji dan memasukkannya ke dalam labu erlenmeyer 100 ml
- Menambahkan 0,5 ml larutan nessler, mengocok dan membiarkan proses reaksi berlangsung paling sedikit selama 10 menit
- Memasukkan ke dalam cuvet pada alat spektrofotometer, membaca dan mencatat serapan masuknya
- Memperoleh konsentrasi nitrat-nitrogen dengan rumus $y=0,130x+0,194$ dengan y merupakan absorban dan x merupakan konsentrasi amonia.

3.6 Analisis Data

Dalam penelitian ini digunakan metode uji "t-dependent". Uji "t-dependent" merupakan teknik statistik yang digunakan untuk menguji signifikansi dengan cara membandingkan t_0 (t hasil observasi atau t hasil penghitungan) dengan t tabel (harga titik tabel yang tercantum dalam tabel nilai t). t tabel dapat dilihat pada Lampiran 2.

Nilai kritis : $t_{\alpha/2; n-1}$ (untuk uji 2 arah)

$t_{\alpha; n-1}$ (untuk uji 1 arah)

Penelitian ini menggunakan uji dua arah karena hasil uji menentukan apakah bakteri berpengaruh terhadap ketersediaan amonium di perairan atau tidak.

Harga uji statistik :

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

di mana:

d = selisih kandungan amonia sebelum dan sesudah diberi bakteri

S_d = standard deviasi dari d

n = jumlah pengulangan

Harga uji statistik t dibandingkan dengan dengan nilai kritis.

3.7 Kendala saat Penelitian

Seperti layaknya sebuah penelitian, penelitian tentang “Peranan Bakteri *Pseudomonas putida* sebagai Mediator dalam Proses Amonifikasi Limbah Cair Pabrik Tahu” ini menemui beberapa kendala. Adapun kendala-kendala saat penelitian berlangsung antara lain adalah minimnya alat transportasi untuk mengambil sampel air limbah, sulitnya menjaga kondisi akuarium perlakuan agar tetap dalam kondisi steril dan aseptis, sulitnya menjaga agar keadaan kualitas air pada akuarium tetap konstan misalnya besarnya energi aerator yang seringkali berubah-ubah, serta sulitnya mencari literatur penunjang.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Tempat Pengambilan Sampel Limbah

Sampel limbah diambil dari “home industry” tahu yang terletak di daerah Njanti, Malang. Pabrik ini bernama Pabrik Tahu Njanti, yang baru berdiri sekitar satu tahun. Lokasi Pabrik adalah di sekitar pemukiman penduduk, yaitu di sekitar perumahan. Industri ini merupakan industri kecil dengan karyawan berjumlah empat orang. Dua orang, yaitu Suharno dan Poniman, bertugas dalam proses pembuatan tahu. Satu orang, yaitu Lili, bertugas memotong kayu untuk proses perebusan kedelai. Satu orang karyawan lainnya adalah satu-satunya karyawan wanita bernama Suharti yang bertugas menggoreng tahu.

Proses pembuatan tahu di Pabrik Tahu Njanti dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Pembuatan Tahu di Pabrik Tahu Njanti

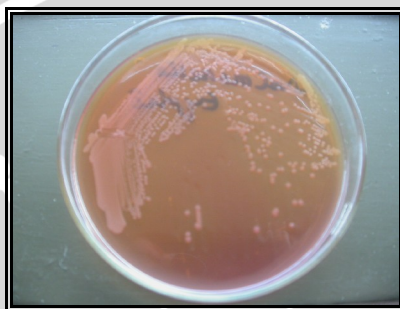
Hasil dari produksi tahu dijual ke pedagang tahu dalam bentuk tahu mentah dan sebagian kecil digoreng untuk dijual pada karyawan-karyawan pabrik sekitar sebagai makanan kecil. Dalam satu hari, pabrik tahu Njanti menghasilkan tahu 16-18 kali rebusan yang berarti menghasilkan ribuan cetak tahu.

Air limbah di pabrik tahu Njanti tidak melalui proses pengolahan limbah yang semestinya. Limbahnya langsung dibuang ke sungai kecil yang mengalir di dekat pabrik. Menurut Macklin (2009), pengolahan limbah yang berwujud zat cair biasanya melalui berbagai proses di antaranya, limbah cair yang dihasilkan akan ditampung di dalam dua "septic tank", "septic tank" yang satu berukuran lebih besar daripada "septic tank" yang satunya. Kemudian limbah disalurkan ke sebuah drum besar yang ditanam di dalam tanah, setelah air terkumpul, air tersebut akan keluar dengan sendirinya dan limbah yang lain akan mengendap yang kemudian akan dibuang langsung ke lingkungan dengan meninggalkan bau busuk. Sedangkan air yang keluar dari drum akan ditampung lagi di penampungan seperti kolam kecil yang nantinya akan menghasilkan endapan yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dan berupa air yang dibuang langsung ke sungai tanpa dengan bahaya yang cukup besar. Menurut Jukungkami (2008), pengolahan air limbah pabrik tahu meliputi penyaringan air limbah dengan saringan kasar, kemudian dilakukan pengendapan pada bak kontrol, penampungan pada bak ekualisasi, terjadi proses anaerob dan aerob, dikembalikan lagi pada bak pengendap atau bak kontrol dan akhirnya dibuang ke lingkungan sebagai air limbah yang terolah.

4.2 Kultur Bakteri *P. putida*

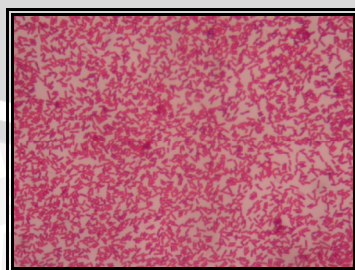
Proses isolasi dan kultur bakteri *P. putida* dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Bakteri diambil dari sampel sedimen lumpur di dasar perairan Sungai Bulu Kraton Pasuruan yang

diencerkan dan dihomogenkan. Sampel ini telah tersedia di laboratorium sebelumnya. Dilakukan pengamatan secara makroskopis untuk mengidentifikasi jenis-jenis bakteri yang didapat dan dilihat ciri-ciri yang paling mendekati *P. putida* meliputi bentuk, ukuran, koloni dan lain sebagainya. Koloni bakteri *P. putida* yang didapat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Isolat Bakteri *P. putida*

Setelah melakukan pengamatan secara makroskopis, dilakukan prosedur mikroskopis. Sebelum pengamatan mikroskopis, dilakukan pewarnaan gram dan dilakukan pengamatan di bawah mikroskop dengan perbesaran 100 kali. Dari hasil pewarnaan gram ditemukan bakteri khas *Pseudomonas* yaitu berbentuk batang langsing pendek dan gram negatif (ditunjukkan dengan warna merah). Kemudian dilakukan uji oksidasi yang menunjukkan salah satu ciri lain bakteri *P. putida*, yaitu bersifat oksidasi positif. Hasil pewarnaan gram dapat dilihat dari Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pewarnaan Gram Bakteri *P. putida*

Dilakukan uji “microbact system 24E” untuk mengetahui sifat bakteri mengenai fermentasi gula. Koloni diambil dan dimasukkan dalam larutan Na-fisiologis dan dihomogenkan kemudian suspensi bakteri tersebut ditransfer ke dalam sumuran-sumuran “microbact 24E” yang sudah mengandung jenis gula-gula yang diujikan lalu diinkubasikan 30°C selama 12-18 jam. Dilakukan pengamatan terhadap masing-masing sumuran. Hasil fermentasi gula dikatakan positif jika terbentuk warna kuning pada masing-masing sumuran dan negatif jika warna tetap biru. Bakteri *P. putida* menunjukkan hasil positif uji biokimia, yaitu pada sifat oksidase, motilitas, nitrat, glukosa, xylosa, sitrat, malonat, dan arginin.

Dari hasil pengamatan morfologi didapatkan koloni bakteri *P. putida*, dengan ciri-ciri warna koloni pucat, diameter 1,0 µm, sel berbentuk batang dengan reaksi gram negatif, oksidasi positif, dan katalase negatif. Menurut Holt *et al.*, (1994), *P. putida* memiliki ciri-ciri sebagai berikut: mempunyai nama lain *Bacillus fluorescens putida*, atau *Bacillus putida*, *Bacillus eisen bergeii*, *Bacillus incognita*, *Bacillus ovalis*, *Bacillus rugosa*, *Bacillus sriata*. Bentuk batang $0,7 \pm 1$ sampai $2,0 \pm 4,0$ µm. Beberapa strain mempunyai bentuk oval, bersifat motil, karena mempunyai “multitrichous” flagella, menghasilkan “fluorescent” pigmen, aerob obligat, optimal tumbuh pada kisaran suhu 25-30°C, tidak tumbuh pada suhu 42°C, beberapa strain mampu tumbuh pada suhu 4°C bahkan lebih rendah. Diisolasi dari tanah atau air setelah diperkaya dengan medium bermineral sebagai sumber karbon.

Setelah didapatkan isolat murni bakteri *P. putida*, isolat ini kemudian dikultur yang kemudian akan ditekankan pada akuarium-akuarium pengamatan yang telah berisi air limbah pabrik tahu. Adapun kepadatan bakteri yang akan ditekankan pada salah satu perlakuan adalah sebesar 10^6 cfu/ml yang berdasarkan penelitian Ronchel *et al.*, (1995), kepadatan bakteri *P. putida* yang

dapat digunakan untuk bioremediasi adalah sebesar 10^6 cfu/ml. Satu perlakuan lainnya merupakan kontrol.

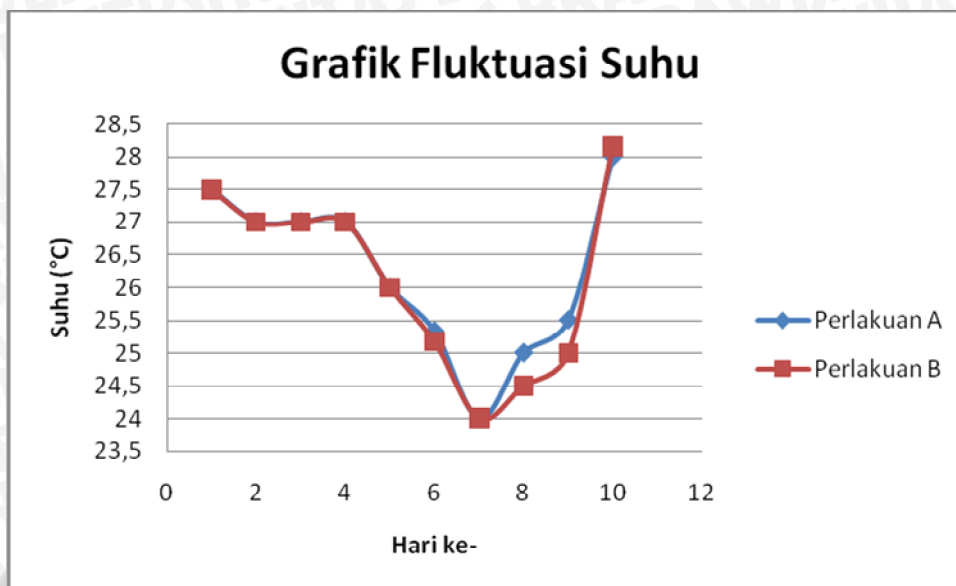
4.3 Hasil Pengamatan Parameter

Dalam proses untuk mengetahui peranan bakteri *P. putida* sebagai mediator dalam penguraian BO pada air limbah tahu menjadi amonia, dilakukan pengukuran-pengukuran parameter kualitas air yang hasilnya dapat dijelaskan sebagai berikut:

4.3.1 Suhu

Suhu merupakan faktor intensitas dari energi panas (Pustaka, 2010a). Sebelum penelitian dilakukan, suhu air limbah yang diambil dapat mencapai 39°C karena limbah tersebut langsung diambil setelah digunakan untuk proses industri. Sebelum diujikan, air limbah terlebih dahulu didiamkan untuk menormalkan suhu supaya bakteri yang akan ditebarkan tidak mati terkena suhu yang terlampau tinggi. Karena bakteri *P. putida* termasuk jenis bakteri mesofil yang tumbuh pada 25 sampai 30°C (Pelczar dan Chan, 2005). Setelah didiamkan, suhu limbah mulai menyamai suhu udara saat itu, sehingga didapatkan hasil pengukuran suhu pada hari pertama sebesar $27,5^{\circ}\text{C}$.

Grafik fluktuasi suhu selama sepuluh hari pengamatan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Fluktuasi Suhu

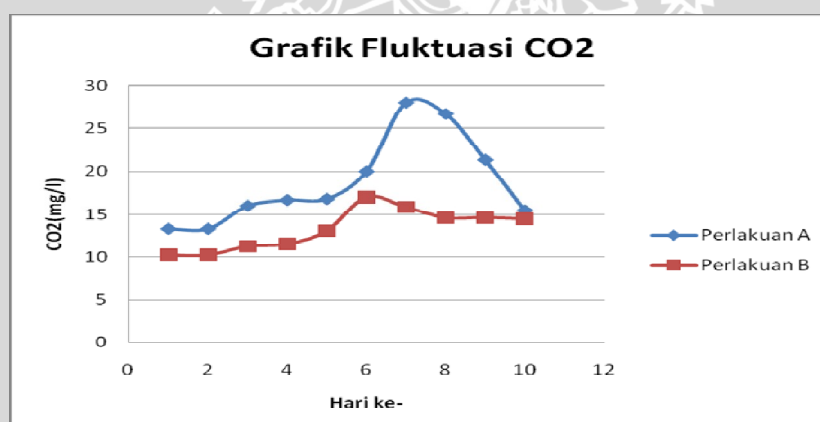
Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa suhu cenderung turun mulai hari pertama hingga hari ketujuh mencapai 24°C lalu kemudian naik lagi hingga hari terakhir pengamatan. Suhu pada akuarium pengamatan mengikuti suhu udara pada saat itu. Hal ini disebabkan karena adanya pemberian aerasi selama perlakuan sehingga pengaruh suhu udara dari luar dapat masuk ke dalam akuarium perlakuan dan proses fermentasi oleh bakteri anaerobik yang dapat meningkatkan suhu juga terhambat. Apabila cuaca sedang panas, maka suhunya akan meningkat. Sebaliknya apabila cuaca dingin, maka suhunya akan ikut menurun.

Bakteri *P. putida* optimal tumbuh pada kisaran suhu 25-30°C, tidak tumbuh pada suhu 42°C (Holt *et al.*, 1994). Suhu selama pengamatan adalah berkisar antara 24-28,17°C. Jadi bakteri *P. putida* yang ditebar pada akuarium pengamatan dapat tumbuh berkembang secara optimal.

4.3.2 CO₂

Dekomposisi BO pada kondisi aerob menghasilkan CO₂ sebagai salah satu produk akhir (Effendi, 2007). Sehingga dapat diketahui bahwa CO₂ semakin meningkat dan mencapai puncaknya pada hari keenam hingga hari ketujuh mencapai angka 17,05-27,97 mg/l dan kemudian turun lagi (Gambar 8). Hal ini menandakan bahwa bakteri sedang aktif dalam melakukan perombakan hingga pada hari keenam atau ketujuh dengan salah satu hasil akhirnya berupa CO₂ dan kecepatan perombakan yang dilakukan pada hari-hari berikutnyaapun mulai turun disebabkan karena ketersediaan BO pada hari kedelapan juga telah menurun dan bakteri mulai menuju fase kematian.

Grafik fluktuasi CO₂ selama sepuluh hari pengamatan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Fluktuasi CO₂

Dari Gambar 8 dapat diketahui bahwa kandungan CO₂ pada perlakuan A lebih tinggi apabila dibandingkan dengan pada perlakuan B. Hal ini disebabkan karena pada akuarium perlakuan A dilakukan penambahan bakteri *P. putida* sedangkan pada akuarium perlakuan B tidak. Dengan adanya penambahan bakteri, maka kepadatan bakteri pada akuarium perlakuan A lebih tinggi dibandingkan dengan kepadatan bakteri pada akuarium perlakuan B sehingga

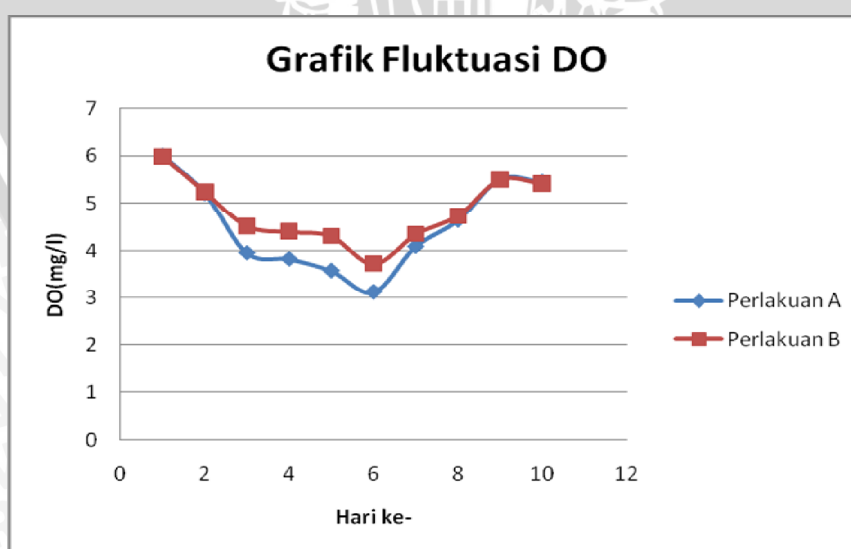
peningkatan kandungan CO_2 yang merupakan salah satu hasil akhir proses dekomposisi oleh bakteri pada akuarium perlakuan A juga lebih tinggi apabila dibandingkan pada akuarium perlakuan B.

Penguraian BO secara biologis di alam, melibatkan bermacam-macam organisme dan menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil akhir CO_2 dan air. Prosedur oksidasi yaitu organisme hidup bertindak sebagai medium untuk menguraikan BO menjadi CO_2 dan H_2O (Siregar, 2009). Dari pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa saat kandungan BO masih tinggi, maka CO_2 pun meningkat. Sebaliknya saat persediaan BO sudah mulai sedikit, CO_2 mulai mengalami penurunan kembali.

4.3.3 DO

Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem air, terutama sekali dibutuhkan untuk proses respirasi bagi sebagian besar organisme air (Barus, 2002).

Grafik fluktuasi DO selama sepuluh hari pengamatan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Fluktuasi DO

Dari Gambar 9 dapat diketahui bahwa kandungan oksigen terlarut terus menurun hingga hari keenam mencapai angka 3,12-3,72 mg/l. Hal tersebut disebabkan karena bakteri sedang aktif dalam melakukan perombakan BO dengan mengonsumsi O_2 . Hari berikutnya, kandungan O_2 mulai meningkat kembali karena ketersediaan BO juga mulai menurun sehingga pemanfaatan oksigen terlarut untuk proses dekomposisi BO menurun. O_2 yang tersedia di dalam air dikonsumsi oleh bakteri yang aktif memecah bahan-bahan organik (Fardiaz, 1992). Dalam proses pemecahan BO ini, saat CO_2 diproduksi, selain dapat menurunkan pH, juga dapat menurunkan oksigen terlarut (Emoon, 2010). Moriber (1974) juga menyatakan bahwa bakteri aerobik tumbuh pada kondisi tersedia O_2 bebas (molekul-molekul O_2). Bakteri ini memainkan peranan penting dalam pengolahan air yang mengandung limbah organik, karena mereka mampu mengoksidasi limbah organik ini melalui proses yang disebut oksidasi aerobik. Karena sediaan oksigen terlarut dimanfaatkan oleh bakteri dalam proses perombakan BO, maka kandungan oksigen terlarut terus menurun hingga hari keenam. Kemudian saat kecepatan perombakan oleh bakteri mulai menurun, kandungan oksigen terlarut akan meningkat karena konsumsi O_2 oleh bakteri juga menurun.

Dari grafik dapat diketahui bahwa kandungan oksigen terlarut pada akuarium perlakuan A cenderung lebih rendah apabila dibandingkan dengan kandungan oksigen terlarut pada akuarium perlakuan B. Hal ini disebabkan karena pada akuarium perlakuan A dilakukan penambahan bakteri *P. putida* sedangkan pada akuarium perlakuan B tidak. Dengan adanya penambahan bakteri ini maka kepadatan bakteri pada akuarium perlakuan A lebih tinggi dibandingkan dengan kepadatan bakteri pada perlakuan B sehingga konsumsi O_2 untuk proses perombakan BO pada akuarium perlakuan A juga lebih tinggi daripada perlakuan B dan sediaan oksigen terlarutnya akan lebih rendah.

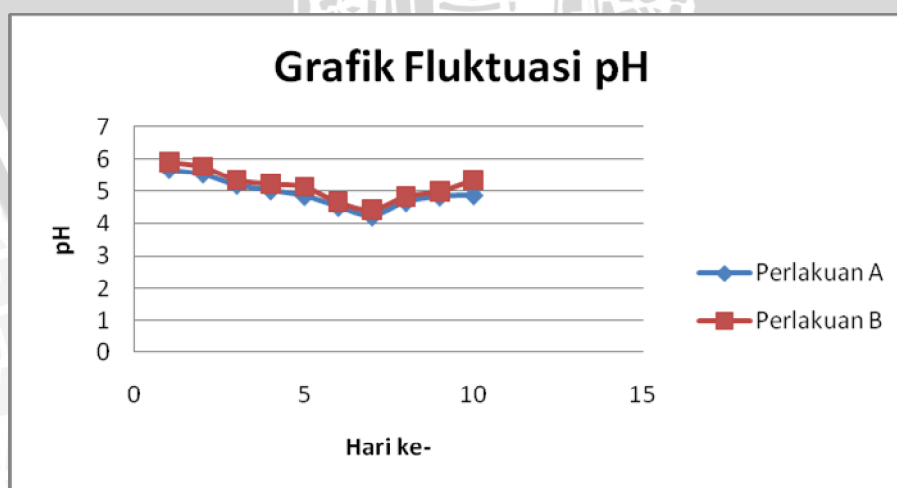
4.3.4 pH

pH (singkatan dari “puissance negative de H”) yaitu negatif logaritma dari kepekatan ion-ion H (hidrogen) yang terlepas dalam suatu cairan (Kordi dan Tancung, 2007).

Pada hari-hari awal pengamatan, pH-nya rendah, yaitu antara 5,92-6,23. Kisaran pH tersebut termasuk asam. Kemudian setelah setiap harinya pH terus mengalami penurunan hingga hari ketujuh mencapai 4,25-4,43. Pada hari ke-8 pH menunjukkan peningkatan lagi hingga hari kesepuluh pengamatan.

pH rendah dan bersifat asam pada air sampel yang diambil dari air buangan industri rumah tangga yaitu industri tahu yang biasanya bersifat senyawa organik. Semua industri makanan limbahnya bersifat senyawa organik. Tingginya tingkat keasaman dari air limbah disebabkan senyawa organik merupakan senyawa yang potensial menghasilkan ion H^+ . Tingginya ion H^+ akan menyebabkan penurunan nilai pH (Fardiaz, 1992).

Grafik fluktuasi pH selama sepuluh hari pengamatan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Fluktuasi pH

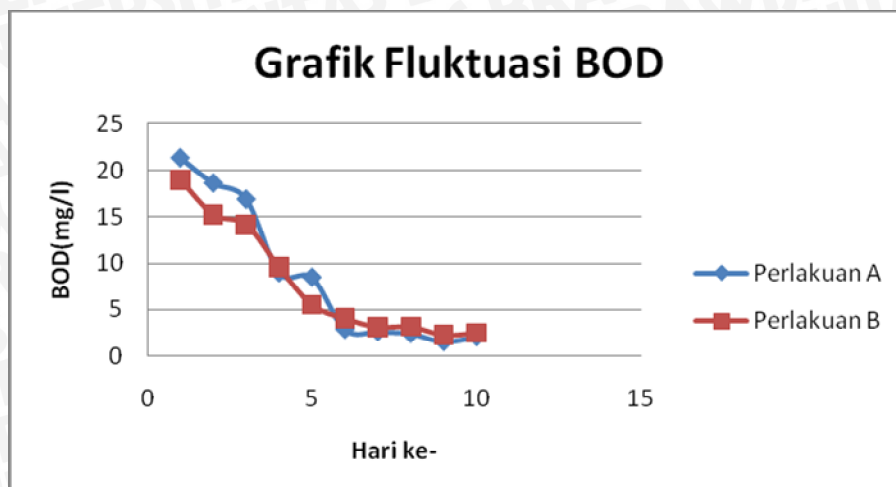
Pada awal penelitian hingga hari ketujuh ada kecenderungan pH mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena proses dekomposisi oleh mikroorganisme berjalan dengan sempurna hingga hari ke-7. Dengan meningkatnya proses dekomposisi, maka ion H^+ yang dilepaskan juga tinggi sehingga pH-nya akan turun. Penurunan pH disebabkan oleh penambahan CO_2 sebagai salah satu hasil akhir dari proses dekomposisi oleh mikroorganisme. CO_2 dalam perairan merupakan sumber ion H^+ yang selanjutnya bereaksi dengan CO_3^{2-} atau HCO_3^- . Ion H^+ dapat menurunkan alkali dalam perairan. Semakin tinggi kandungan ion H^+ , maka semakin rendah alkalinitas, dan pH perairan tersebut juga akan semakin bersifat asam (Widjanarko, 2005). Selanjutnya pada hari kedelapan pH menunjukkan adanya peningkatan kembali. Hal ini dapat disebabkan karena kandungan BO yang tersedia dalam air sampel sudah mulai menurun sehingga CO_2 yang dihasilkan juga berkurang begitu pula dengan ion H^+ juga akan berkurang yang selanjutnya akan menyebabkan peningkatan alkali serta peningkatan pH.

Menurut Online Nature Aquarium Magazine (2010), pH dalam akuarium tergantung volum penambahan CO_2 . Jika penambahan CO_2 tinggi, yaitu saat CO_2 terlarut dalam air, pH akan menjadi lebih asam. Jika CO_2 rendah, atau keluar dari air, pH akan menjadi lebih alkalin.

4.3.5 BOD₅

Menurut Davis dan Cornwell (1991) dalam Effendi (2007), secara tidak langsung BOD₅ merupakan gambaran kadar BO, yaitu jumlah O_2 yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi BO menjadi CO_2 dan air.

Grafik fluktuasi BOD₅ selama sepuluh hari pengamatan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Fluktuasi BOD₅

Dari Gambar 11 dapat diketahui bahwa kandungan BOD₅ semakin turun mulai dari hari pertama hingga hari kesepuluh pengamatan mencapai angka sekitar 2,07-2,47 mg/l. Hal ini diduga disebabkan karena persediaan BO semakin berkurang karena merupakan bahan makanan atau nutrisi bagi bakteri untuk kehidupannya.

Nilai BOD₅ mengukur secara relatif jumlah O₂ yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan-bahan organik dalam air (Planet, 2010). Apabila BO tinggi, maka O₂ yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikannya juga tinggi.

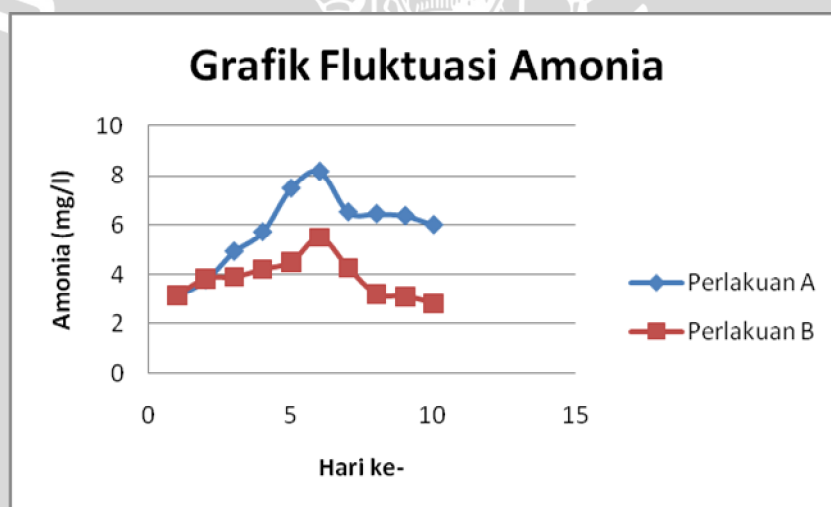
Pada hari-hari awal pengamatan kandungan BOD pada perlakuan A yang di dalamnya ditebarkan bakteri *P. putida* cenderung lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan B yang merupakan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme aerobik pengurai BO pada perlakuan A lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan B yang dalam hal ini adalah adanya penambahan mikroorganisme berupa bakteri *P. putida* pada akuarium perlakuan A, sehingga O₂ yang dibutuhkan juga terhitung lebih tinggi. Pada hari keenam sampai hari kesepuluh kandungan BOD pada perlakuan A menunjukkan angka yang lebih

rendah dari perlakuan B. Hal ini diduga disebabkan karena BO yang tersedia pada akuarium perlakuan A lebih cepat habis dan persediaannya juga lebih rendah karena adanya penambahan bakteri sehingga O_2 yang dibutuhkan untuk merombak juga sedikit.

4.3.6 Amonia Nitrogen

Amonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi BO oleh mikroba dan jamur (amonifikasi) (Cahyadi *et al.*, 2008).

Grafik fluktuasi amonia selama sepuluh hari pengamatan dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Fluktuasi Amonia

Berdasarkan tujuan awal penelitian, yaitu untuk mengetahui pengaruh bakteri *P. putida* terhadap ketersediaan amonia dalam perairan, maka dari Gambar 12 dapat diketahui bahwa amonia pada akuarium perlakuan A yang ditambahkan bakteri *P. putida* lebih tinggi dibandingkan dengan akuarium perlakuan yang tidak ditambahkan bakteri. Hasil tersebut menunjukkan bahwa

bakteri *P. putida* memang berpengaruh terhadap ketersediaan amonia di perairan.

Pada hari-hari awal pengamatan, kandungan amonia pada akuarium yang di dalamnya ditebar bakteri *P. putida* langsung meningkat pesat hingga hari keenam mencapai angka 5,517-8,191 mg/l dan turun lagi pada hari ketujuh hingga hari kesepuluh pengamatan. Dari hasil penelitian Ronchel *et al.*, (1995), bakteri *P. putida* yang diisolasi kemudian dikultur dan ditebar dalam perairan yang mengandung toluen kepadatannya mulai meningkat pesat hingga dalam jumlah yang maksimal pada hari ke-5 dan turun kembali perlahan-lahan beberapa hari kemudian hingga akhirnya benar-benar mati setelah satu bulan pengamatan. Hasil penelitian Ronchel *et. al.*, (1995) dan hasil pengamatan amonia kali ini menunjukkan bahwa bakteri *P. putida* memiliki pengaruh pada proses pembentukan amonia karena hasil pengukuran amonia yang mencapai puncaknya pada hari keenam hampir menyamai hasil penelitian Ronchel *et. al.*, (1995) tentang kepadatan bakteri *P. putida* yang mencapai jumlah maksimal pada hari kelima kemudian turun kembali secara perlahan-lahan pada hari berikutnya. Dapat pula diketahui bahwa keberadaan bakteri *P. putida* berpengaruh terhadap kandungan amonia. Seiring dengan meningkatnya kepadatan bakteri ini, maka kandungan amonia pun semakin meningkat. Sebaliknya saat bakteri ini mulai menurun kepadatannya, maka kandungan amonia pun ikut turun. Hasil penelitian juga dapat memperkuat pernyataan Bogi (2010) bahwa *P. putida* merupakan bakteri proteolitik yang dapat memecah protein menjadi amonia.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap kandungan amonia dalam perairan dilakukan uji statistik t berpasangan (uji "t-dependent") seperti yang disajikan pada Lampiran 3. Adapun uji t berpasangan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji t Berpasangan Kandungan Amonia

Sumber keragaman	Db	t hitung	t 5%	t 1%
Perlakuan	2	-4,776**	2,262	3,25
Acak	7			
Total	9			

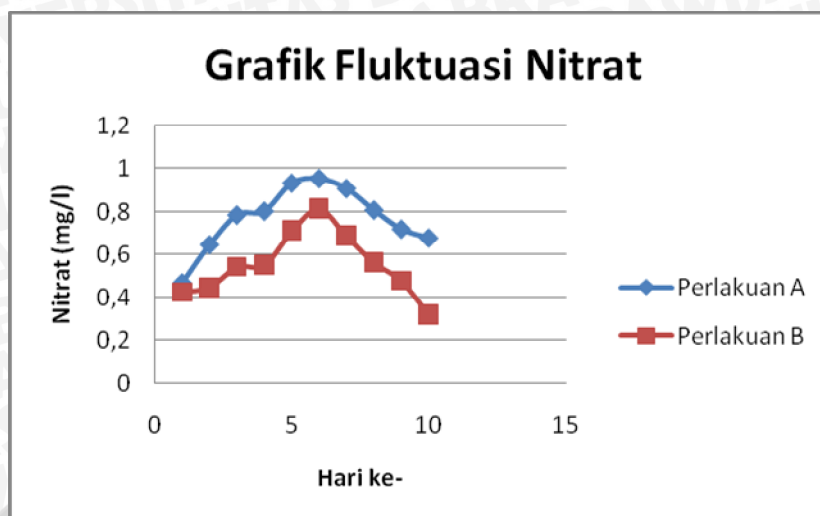
Keterangan : Berbeda sangat nyata (**)

Hasil analisa menunjukkan bahwa t hitung lebih kecil daripada t tabel 1% atau -4,776 lebih kecil daripada -3,25 yang berarti berbeda sangat nyata (“highly significant”). Ini berarti perlakuan A memberikan hasil yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan B. Karena rata-rata perlakuan A lebih besar daripada perlakuan B (Lampiran 3), maka dikatakan perlakuan A lebih memberikan pengaruh terhadap ketersediaan amonia daripada perlakuan B atau dengan kata lain, penambahan bakteri *P. putida* lebih memberikan pengaruh terhadap keberadaan amonia di perairan dibandingkan dengan apabila tanpa penambahan bakteri.

4.3.7 Nitrat-nitrogen

NO_3 adalah bentuk nitrogen sebagai nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna di perairan (Cahyadi *et al.*, 2008).

Grafik fluktuasi NO_3 selama sepuluh hari pengamatan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Fluktuasi Nitrat

Dari Gambar 13 dapat diketahui bahwa pada awal penelitian kandungan NO_3 pada akuarium pengamatan cenderung meningkat hingga mencapai puncaknya pada hari keenam mencapai angka 0,815-0,955 mg/l, selanjutnya pada hari ketujuh kandungan NO_3 menunjukkan adanya penurunan kembali. Hal ini disebabkan karena kandungan NO_3 sebanding dengan kandungan amonia. Semakin tinggi nilai amonia, maka semakin tinggi pula nilai NO_3 karena amonia merupakan salah satu bahan dasar pembentuk NO_3 . Sebagian dari amonia dapat dipergunakan oleh beberapa genus bakteri untuk membentuk NO_2 . NO_2 dapat dipergunakan oleh genus bakteri yang lain untuk memperoleh energi dan oksidasi NO_3 (Simtan, 2010). Hasil pada penelitian ini dapat pula diperkuat oleh hasil penelitian Macfarlane dan Herbert (1982) yang menunjukkan bahwa nilai NO_3 pada beberapa sedimen daerah estuari yang diteliti sebanding dengan nilai amonia. Saat amonia mengalami peningkatan, NO_3 juga cenderung meningkat.

Terdapat perbedaan hasil NO_3 antara akuarium perlakuan A dengan akuarium perlakuan B. Pada akuarium perlakuan A, kandungan NO_3 lebih tinggi apabila dibandingkan dengan akuarium perlakuan B. Hal tersebut disebabkan karena pada akuarium perlakuan A dilakukan penambahan bakteri *P. putida*

sehingga kandungan amonia pada akuarium perlakuan A lebih tinggi (Gambar 12) yang menyebabkan kandungan NO_3 juga lebih tinggi yaitu antara 0,321-0,815 mg/l.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melaksanakan penelitian ini antara lain adalah:

- Hasil pengukuran suhu menurun hingga mencapai 24°C pada hari ke-7 kemudian naik lagi; CO_2 meningkat dan mencapai puncaknya pada hari ke-7 dengan nilai sekitar 17,05-27,97 mg/l kemudian turun lagi; DO menurun hingga mencapai 3,12-3,75 mg/l pada hari ke-6 kemudian naik lagi; pH menurun hingga mencapai sekitar 4,25-4,43 pada hari ke-7 kemudian meningkat lagi; amonia meningkat hingga mencapai angka sekitar 5,517-8,191 mg/l pada hari ke-6 kemudian turun lagi; nitrat meningkat hingga hari ke-6 dengan nilai berkisar antara 0,815-0,955 mg/l kemudian turun lagi; serta BOD_5 terus turun hingga hari kesepuluh pengamatan mencapai angka 2,07-2,47 mg/l
- Bakteri *P. putida* merupakan mikroorganisme yang penting dalam proses amonifikasi, yaitu perombakan BO menjadi amonia, jadi keberadaan bakteri *P. putida* dapat meningkatkan kandungan amonia dalam perairan
- Hasil uji t berpasangan untuk uji amonia menunjukkan bahwa perlakuan A (dengan penambahan bakteri) berbeda sangat nyata dengan perlakuan B (tanpa penambahan bakteri), jadi bakteri *P. putida* memang berpengaruh terhadap proses pembentukan amonia.
- Terdapat peranan bakteri lain yaitu bakteri nitrifikasi untuk mengubah amonia menjadi nitrat yang dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi oleh organisme primer

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berkenaan dengan penelitian ini antara lain adalah:

- perlu dilakukan penelitian tentang fungsi bakteri dalam proses amonifikasi dengan menggunakan bakteri lain untuk membandingkan bakteri mana yang lebih berperan dalam penguraian BO menjadi amonia
- perlu dilakukan penambahan bakteri amonifikasi dalam proses pengolahan limbah sebagai proses aerob untuk menguraikan BO dalam air limbah atau dengan cara peningkatan aerasi untuk menunjang kehidupan bakteri aerob yang sebelumnya sudah ada pada air limbah
- untuk proses pengolahan limbah lebih lanjut, perlu adanya penelitian lanjutan tentang peran mineralisasi pembentukan NO_3 dengan cara penambahan bakteri nitrifikasi
- perlu dilakukan penelitian lanjutan apakah terdapat perbedaan hasil antara perlakuan di laboratorium dengan perlakuan langsung di alam karena untuk praktek secara langsung di alam yang mendapatkan pengaruh dari luar, hasil laboratorium yang serba steril akan sulit digunakan untuk pedoman
- perlu adanya Instalansi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada industri pabrik tahu untuk mengurangi beban pencemar pada lingkungan perairan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboaba, O. A., O. O. Aboaba, N. C. Nwachukwu, E. E. Chukwu, and S. C. U. Nwachukwu. 2007. Evaluation of Bioremediation of Agricultural Soils Polluted with Crude Oil by Planting Beans Seeds, *Pasheolus vulgaris*. *Department of Microbiology University of Lagos*. Nigeria
- Adel. 2010. Praktikum Penanaman Kultur Bakteri. <http://www.scribd.com/doc/22654825/Penanaman-Kultur-Bakteri-Adel>. Diakses tanggal 19 Maret 2010
- Alaerts, G. dan S. S. Santika. 1987. Metoda Penelitian Air. Usaha Nasional. Surabaya
- Ali, I. 2008. Peran Mikroorganisme dalam Kehidupan. <http://iqbalali.com/2008/>. Diakses tanggal 30 April 2010
- Analisa-perikanan. 2009. Bakteri Proteolitik pada Ikan. <http://analisa-perikanan.blogspot.com/2009/08/bakteri-proteolitik-pada-ikan.html>. Diakses tanggal 25 Mei 2010
- Anindyka, K. 2009. Perhitungan Koloni Kapang Tanah dan Identifikasi Enzim Selulase, Amilase, Protease pada Kapang *Trichoderma viridae*. <http://www.scribd.com/doc/20207073/PERHITUNGAN-KOLONI-KAPANG-TANAH-DAN-IDENTIFIKASI-ENZIM-SELULASE-AMILASE-PROTEASE-PADA-KAPANG-Trichoderma-viridae>. Diakses tanggal 25 Mei 2010
- Barus, T. A. 2002. Pengantar Limnologi. FMIPA-USU. Medan
- Blom, J. H. 1988. Chemical and Physical Water Quality Analysis. *Brawijaya University*. Malang
- Bogi, I. 2010. Probiotic vs Prebiotic. <http://www.miisonline.org/2007/11/29/probiotic-vs-prebiotic/>. Diakses tanggal 25 Mei 2010
- Boyd, C. E. 1981. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. *Auburn University*. Alabama
- Cahyadi, I., I. Syafitrianto, S. Farida, dan Fattima. 2008. Siklus Materi dan Aliran Nutrien pada Ekosistem Estuaria. <http://www.scribd.com/doc/8345302/MAKALAH-Klp-4-Ekologi-Irmawan>. Diakses tanggal 25 Mei 2010
- Cappuccino, J. G. dan N. Sherman. 1999. Microbiology. *Rockland Community Colledge Suffern*. New York
- Citizendium. 2010. *Pseudomonas putida*. http://en.citizendium.org/wiki/Pseudomonas_putida. Diakses tanggal 17 Mei 2010
- Eddyana, R. B. 2010. Tugas Individu 27 Soal KTNT 3. <http://www.scribd.com/doc/33211763/Tugas-Individu-27-Soal-KTNT-3>. Diakses tanggal 4 Februari 2011
- Effendi, H. 2007. Telaah Kualitas Air. Penerbit Kanisius. Yogyakarta

- El-Naas, M. H., S. A. Al-Muhtaseb, dan S. Makhlof. 2009. *Biodegradation of Phenol by Pseudomonas putida Immobilized in Polyvinyl Alcohol (PVA) Gel*. Chemical & Petroleum Engineering Department, U. A. E. University. United Arab Emirates
- Elisa. 2010. Bahan Organik Tanah. <http://elisa.ugm.ac.id/files/cahyonoagus/2jXCfyXq/BAHAN%20ORGANIK%20TANAH.doc>. Diakses tanggal 19 Maret 2010
- Emoon. 2010. Moonscape-Gulf Ecology and the Oil Spill: Ramifications. Diakses tanggal 15 Januari 2011
- Erikariantio. 2008. Parameter Kimia dan Fisika Perairan. <http://erikariantio.wordpress.com/>. Diakses tanggal 23 November 2009
- Fardiaz, S. 1992. Analisis Mikrobiologi Pangan. PT RajaGrafindo Pustaka. Jakarta
- Ferhan, M. 2003. Biodegradation of Trichloroethylen (TCE) in the Presence of Phenolic Compound. *National Centre of Excellence in Molecular Biology*. Pakistan
- Free. 2000. Bakteri. <http://free.vlsm.org/>. Diakses tanggal 19 Maret 2010
- Genome. 2010. *Pseudomonas putida* F1. <http://genome.igi-psf.org/psepu/psepu.home.html>. Diakses tanggal 17 Mei 2010
- Gurungeblog. 2008. Bakteri-Ciri-Ciri, Struktur, Perkembangbiakan, Bentuk, dan Manfaatnya. <http://gurungeblog.wordpress.com/>. Diakses tanggal 31 Maret 2009
- Hariyadi, S., I. Suryadiputra, dan B. Widigdo. 1992. Limnologi Metoda Kualitas Air. Faperik IPB. Bogor
- Holt, J. G., N. R., Kreig., P. H. A. Sneath., J. T. Staley., S. T. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Ninth Edition*
- Iklanprima. 2010. Search Results for putida. <http://iklanprima.info/-search/putida>. Diakses tanggal 28 Juni 2010
- Jati, W. 2007. Aktif Biologi. Ganeca Exact. Jakarta
- Jukungkami. 2008. Pabrik Tahu. <http://jukungkami.files.wordpress.com/2008/06/pabrik-tahu-1.ppt>. Diakses tanggal 22 Juni 2010
- Kodoatie, R. J. dan R. Sjarief. 2005. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Penerbit ANDI Yogyakarta. Yogyakarta
- Kordi, G. H. dan A. Tancung. 2007. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. Rineka Cipta. Jakarta
- Lay, B. W. 1994. Analisis Mikroba di Laboratorium. PT RajaGrafindo Persada. Jakarta

- Loon. 2010. Organik dalam Air. http://www.oup.com/uk/orc/bin/9780199274994/vanloon_ch12.pdf. Diakses tanggal 13 April 2010
- Macfarlane, G. T., and R. A. Herbert. 1982. Nitrate Dissimilation by *Vibrio* spp. Isolated from Estuarine Sediments. *Department of Biological Sciences, University of Dundee*. U. K.
- Macklin, B. 2009. Penerapan Prinsip Waste to Product dalam Pengelolaan Limbah Pabrik Tahu. <http://onlinebuku.com/2009/01/03/waste-to-product-dalam-pengelolaan-limbah-pabrik-tahu/>. Diakses tanggal 22 Juni 2010
- Microbewiki. 2010. *Pseudomonas putida*. http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Pseudomonas_putida. Diakses tanggal 17 Mei 2010
- Mohsin, Y. 2006. Nitrogen. http://www.chem-is-try.org/tabel_periodik/nitrogen/. Diakses tanggal 17 Mei 2010
- Moriber, G. 1974. Environmental Science. *Allyn and Bacon*. Inc. Boston
- Nogales, J., B. Palsson, and I. Thiele. 2008. A Genome-scale Metabolic Reconstruction of *Pseudomonas putida* KT2440: iJN746 as a Cell Factory. *Departamento de Microbiologia Molecular, Centro de Investigaciones Biologicas-CSIC, Department of Bioengineering, University of California, and PhD Program in Bioinformatics, University of California*. USA
- Nurman. 2007. Karakteristik Limbah Tahu. <http://nurman20.wordpress.com/2007/07/26/karakteristik-limbah-tahu/>. Diakses tanggal 22 Juni 2010
- Nybakken, J. W. 1993. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia. Jakarta
- O-fish. 2010. Sindrom Akuarium Baru (*New Tank Syndrome*). <http://www.o-fish.com/KualitasAir/NewTankSyndrome.htm>. Diakses tanggal 17 Mei 2010
- Online Nature Aquarium Magazine. 2010. Injecting CO₂. Online Aquajournal. Diakses tanggal 15 Januari 2011
- Pelczar, M. J., and E. C. S. Chan. 2005. Dasar-Dasar Mikrobiologi. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta
- Planet. 2010. Archive for the 'Waste Treatment' Category. <http://planet.qwords.com/>. Diakses tanggal 17 Mei 2010
- Prananto, W. 2007. Pengaruh Perlakuan Pra-penggorengan Vakum dan Lama Penirisan yang Berbeda terhadap Sifat Fisiko-Kimia Keripik Otak Hiu (*Charcarias* sp.). Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Tidak diterbitkan
- Pustaka. 2010a. Hidrobiologi. http://pustaka.ut.ac.id/puslata/online.php?menu=bmpshort_detail2&ID=493. Diakses tanggal 30 April 2010
- _____. 2010b. Mikrobiologi. http://pustaka.ut.ac.id/puslata/online.php?menu=bmpshort_detail2&ID=56. Diakses tanggal 30 April 2010

- Ronchel, M. C., C. Ramos, L. B. Jensen, S. Molin, and J. L. Ramos. 1995. Construction and Behavior of Biologically Contained Bacteria for Environmental Applications in Bioremediation. *Department of Biochemistry and Molecular and Cellular Biology of Plants, Consejo Superior de Investigaciones Cientificas and Department of Microbiology, The Technical University of Denmark. Denmark*
- Safrudinth. 2010. Uji Kualitas Air Parit Pertigaan Lampu Merah Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga sub Inlet Sungai Gajah Wong Yogyakarta. <http://safcliton.blogspot.com/2010/08/uji-kualitas-air-parit-pertigaan-lampu.html>. Diakses tanggal 11 Februari 2011
- Said, N. I., H. Indriatmoko., N. Raharjo, dan A. Herlambang. 2010. Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob. <http://www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Limbahtt/limbahtt.html>. Diakses tanggal 28 Juni 2010 pukul 09.00 WIB
- Setyowati, E. 2006. Uji Mikrobiologis Kompos Organik dari Sampah Organik dengan Penambahan Limbah Tomat dan Em-4. <http://garuda.dikti.go.id/jurnal/detil/id/20:2006/q/pengarang::Setyowati%20/>. Diakses tanggal 25 Mei 2010
- Simtan, A. 2010. Peranan Mkroorgansme yang Menguntungkan. kompas.com. Diakses tanggal 17 Desember 2010 pukul 19.26 WIB
- Siregar, J. 2009. BOD (Biochemical Oxygen Demand). <http://bacaan.blog.com/2009/04/19/bod-biochemical-oxygen-demand/>. Diakses tanggal 11 Februari 2011
- Siswanto dan Suharyanto. 2003. Teknologi Terobosan Pemecahan Masalah Protein Alergen pada Lateks Alam. <http://www.ipard.com/penelitian/proteinAlergen.asp>. Diakses tanggal 25 Mei 2010
- Subarijanti, H. U. 2000. Ekologi Perairan. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.
- Sutrisno, C.T dan E. Suciati. 1991. Teknologi Penyediaan Air Bersih. Rineka Cipta. Jakarta
- Tim Pengajar Mikrobiologi Umum. 2007. Mikrobiologi Umum. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Malang
- Uniprot. 2010. *Species Pseudomonas putida*. <http://www.uniprot.org/>. Diakses tanggal 17 Mei 2010
- Widada, J. 2010. Pemanfaatan Pseudomonas untuk Bioremediasi. <http://groups.yahoo.com/group/lingkungan/message/574>. Diakses tanggal 30 April 2010
- Widjanarko, P. 2005. Manajemen Kualitas Air. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang

Widodo. 2010. Pengelolaan Sumber Daya Hutan untuk Mengurangi Emisi Gas CO₂ Penyebab Efek Rumah Kaca (Green House Effect). AcehPedia. Diakses tanggal 11 Februari 2011

Wikipedia. 2009. Bakteri. <http://id.wikipedia.org/wiki/Bakteri>. Diakses tanggal 31 Maret 2009

_____. 2010a. Bakteri Proteolitik. http://id.wikipedia.org/wiki/Bakteri_proteolitik. Diakses tanggal 19 Maret 2010

_____. 2010b. Pseudomonas. <http://en.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas>. Diakses tanggal 13 April 2010

_____. 2010c. Pseudomonas. <http://id.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas>. Diakses tanggal 13 April 2010

_____. 2010d. *Pseudomonas putida*. http://en.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_putida. Diakses tanggal 17 Mei 2010

Yulia, E. 2011. Laparoscopy Apendectomy dengan General Anestesi. <http://www.fkumyecase.net/wiki/index.php?page=LAPAROSCOPY+APENDICTOMY+DENGAN+GENERAL+ANASTESI+>. Diakses tanggal 19 Februari 2011



Lampiran 1. Alat dan bahan

❖ Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- o termometer Hg
- o pH meter
- o akuarium
- o pH paper
- o kotak standard
- o botol DO
- o buret
- o statif
- o selang kecil
- o “beaker glass”
- o hot plate
- o spektrofotometer
- o labu erlenmeyer
- o cuvet
- o pipet tetes
- o pipet volume
- o bola hisap
- o gelas ukur
- o aerator
- o “cool box”
- o jarum ose
- o rak tabung reaksi
- o “shaking waterbath”

Lampiran 1. Lanjutan

- o tabung reaksi
- o bunsen

❖ Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah:

- o "tissue"
- o contoh air ("sample")
- o MnSO_4
- o $\text{NaOH}+\text{KI}$
- o amilum
- o $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- o pelarut nessler
- o kertas saring
- o koloni murni bakteri *P. putida*
- o indikator PP
- o Na_2CO_3 0,0454 N
- o asam fenol disulfonik
- o aquadest
- o NH_4OH
- o medium cair TSB

Lampiran 2. Tabel distribusi nilai t

Tabel B: Tabel Distribusi Nilai t

d.f.	α				
	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	4.303	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
inf.	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Lampiran 3. Uji “t-dependent” amonia

Data Amonia (mg/l)

N	Perlakuan		(B-A)
	B (tanpa bakteri)	A (dengan bakteri)	
1	3,173	3,117	0,056
2	3,843	3,769	0,074
3	3,912	4,934	-1,022
4	4,226	5,73	-1,504
5	4,516	7,514	-2,998
6	5,517	8,191	-2,674
7	4,288	6,548	-2,26
8	3,204	6,473	-3,269
9	3,117	6,394	-3,277
10	2,836	6,026	-3,19
Total	$\sum B = 38,632$	$\sum A = 58,809$	$\sum (A-B) = -20,064$
Rerata	$\bar{B} = 3,863$	$\bar{A} = 5,881$	-2,006

$$t \text{ hitung} = \frac{\bar{d}}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$

Dari data di atas dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$s_d = \sqrt{\frac{4,252 + 4,326 + 0,968 + 0,252 + 0,984 + 0,446 + 0,065 + 1,595 + 1,615 + 1,402}{9}}$$

$$= 1,329$$

$$t \text{ hitung} = \frac{-2,006}{\frac{1,329}{\sqrt{10}}}$$

$$= -4,776$$

Lampiran 3. Lanjutan

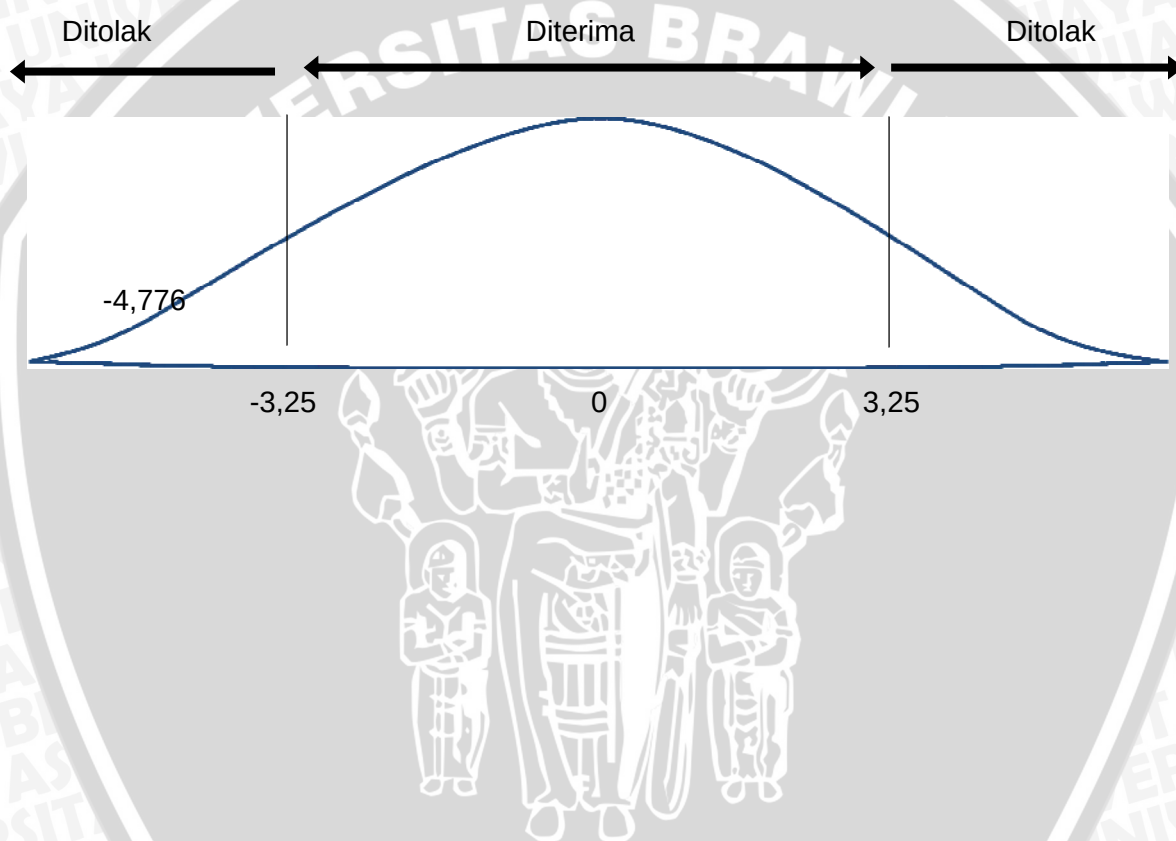
Hasil dibandingkan dengan t tabel 5% dan t tabel 1% (db = n-1)

yaitu:

- t tabel 5% (db 9) = 2,262

- t tabel 1% (db 9) = 3,25

(t tabel dapat dilihat pada lampiran 2)



Lampiran 4. Dokumentasi



Proses Perebusan Kedelai



Proses Penggilingan Kedelai



Proses Perendaman Kedelai



Proses Penggumpalan



Proses Penyaringan



Pembuangan Limbah

Lampiran 4. Lanjutan



Limbah Cair Pabrik Tahu di Sungai



Perendaman Hasil Cetakan Tahu



Proses Perendaman dengan Cuka



Proses Pencetakan Tahu



Limbah Padat Pabrik Tahu



Kendaraan Transportasi Pabrik

Lampiran 4. Lanjutan



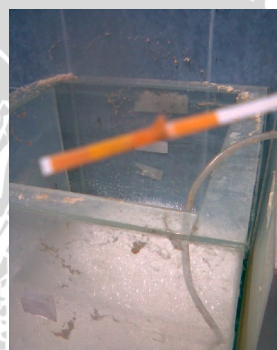
Hasil Cetakan Tahu



Akuarium Perlakuan



Penyaringan Sampel Nitrat



Pengukuran pH dengan pH paper



Pengukuran dengan Spektrofotometer



Pengendapan Sampel Amonia

Lampiran 4. Lanjutan



Penakaran Sampel



Pengerakan Sampel Nitrat



Kerak Nitrat



Analisa di Laboratorium



Limbah dari Hasil Analisa

Lampiran 4. Lanjutan



Sampel Nitrat dalam Beaker Glass



Sampel Nitrat dalam Cuvet



Spektrofotometer

Lampiran 5. Data hasil pengamatan

a. Suhu

Hari ke-	Perlakuan							
	A				B			
	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
1	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5
2	27	27	27	27	27	27	27	27
3	27	27	27	27	27	27	27	27
4	27	27	27	27	27	27	27	27
5	26	26	26	26	26	26	26	26
6	25,5	25,5	25	25,33	25	25,5	25	25,17
7	24	24	24	24	24	24	24	24
8	25	25	25	25	24,5	24,5	24,5	24,5
9	25,5	25,5	25,5	25,5	25	25	25	25
10	28,5	28	27,5	28	28	28	28,5	28,17

b. CO₂

Hari ke-	Perlakuan							
	A				B			
	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
1	7,99	15,98	15,98	13,32	15,98	5,59	9,19	10,25
2	7,99	15,98	15,98	13,32	15,98	4	10,79	10,26
3	11,99	19,98	15,98	15,98	15,98	5,99	11,99	11,32
4	2	23,97	23,97	16,65	19,98	5,59	9,19	11,59
5	6,39	27,97	15,98	16,78	15,98	7,48	15,98	13,15
6	15,98	23,97	19,98	19,98	27,97	9,19	13,98	17,05
7	15,98	35,96	31,96	27,97	23,97	3,6	19,98	15,85
8	15,98	35,96	27,97	26,64	19,98	11,99	11,99	14,65
9	11,99	35,96	15,98	21,31	23,97	4	15,98	14,65
10	10,39	19,98	15,98	15,45	35,96	3,6	4	14,52

Lampiran 5. Lanjutan

c. DO

Hari ke-	Perlakuan							
	A				B			
	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
1	5,3	6,15	6,57	6,01	6,36	4,81	5,3	5,99
2	4,7	5,48	5,46	5,21	6,14	4,57	5,02	5,24
3	3,81	4,36	3,68	3,95	5,25	3,82	4,48	4,52
4	3,35	3,79	4,31	3,82	3,51	4,79	4,91	4,4
5	3,53	3,99	3,19	3,57	4,17	4,02	4,75	4,31
6	3,26	2,85	3,26	3,12	3,95	3,31	3,89	3,72
7	5,58	2,76	3,93	4,09	5,47	2,84	4,71	4,35
8	5,89	3,81	4,22	4,64	6,09	3,81	4,31	4,74
9	5,18	5,51	5,83	5,51	5,37	6,01	5,12	5,5
10	4,79	5,99	5,58	5,45	5,61	5,94	4,71	5,42

d. pH

Hari ke-	Perlakuan							
	A				B			
	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
1	6,18	5,8	6,1	5,69	5,98	5,89	5,89	5,92
2	5,13	5,7	5,83	5,55	5,9	5,68	5,73	5,77
3	4,81	5,24	5,59	5,21	5,58	5,19	5,32	5,36
4	4,46	5,19	5,48	5,04	5,41	5,01	5,27	5,23
5	4,13	5,06	5,43	4,87	5,38	5,96	5,07	5,14
6	4,08	4,55	4,99	4,54	4,82	4,43	4,76	4,67
7	4,17	4,24	4,35	4,25	4,74	4,28	4,28	4,43
8	4,6	4,63	4,8	4,68	4,78	5,03	4,72	4,84
9	4,74	4,85	4,95	4,85	4,9	5,25	4,85	5
10	4,78	4,89	4,99	4,89	6,15	4,9	5,01	5,35

Lampiran 5. Lanjutan

e. Amonia-nitrogen

Hari ke-	Perlakuan							
	A				B			
	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
I	3,02	1,962	4,37	3,117	4,584	1,916	3,02	3,173
II	3,595	2,36	5,351	3,769	5,305	2,115	4,109	3,843
III	4,63	3,871	6,302	4,934	5,044	2,613	4,078	3,912
IV	6,686	4,692	5,811	5,73	4,661	3,955	4,063	4,226
V	7,544	7,422	7,575	7,514	4,807	4,048	4,692	4,516
VI	7,767	7,652	9,155	8,191	6,095	3,342	7,115	5,517
VII	6,502	6,195	6,946	6,548	5,321	1,517	6,026	4,288
VIII	6,21	6,095	7,115	6,473	3,388	0,888	5,336	3,204
IX	6,302	5,873	7,008	6,394	3,173	3,035	3,143	3,117
X	6,502	4,431	7,146	6,026	5,244	1,517	1,747	2,836

f. Nitrat-nitrogen

Hari ke-	Perlakuan							
	A				B			
	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
1	0,451	0,497	0,466	0,471	0,505	0,389	0,381	0,425
2	0,42	0,916	0,614	0,65	0,528	0,42	0,396	0,448
3	0,691	0,947	0,722	0,787	0,598	0,544	0,49	0,544
4	0,606	0,924	0,885	0,805	0,645	0,505	0,505	0,552
5	0,924	0,947	0,932	0,934	0,893	0,893	0,35	0,712
6	0,947	0,963	0,955	0,955	0,846	0,823	0,777	0,815
7	0,87	0,932	0,924	0,909	0,715	0,691	0,668	0,691
8	0,777	0,831	0,823	0,81	0,614	0,567	0,513	0,565
9	0,544	0,978	0,645	0,722	0,505	0,482	0,451	0,479
10	0,575	0,823	0,645	0,681	0,334	0,327	0,303	0,321

Lampiran 5. Lanjutan

g. BOD₅

Hari ke-	Perlakuan							
	A				B			
	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
1	19,25	21	23,85	21,37	23,25	16,6	17,1	18,98
2	14,8	19,8	21,45	18,68	10,65	15,25	19,9	15,27
3	18,2	16,3	16,3	16,93	11	14,25	17,25	14,17
4	9	10,6	7,4	9	9,1	10,15	9,4	9,55
5	8,5	12,7	4,3	8,5	4	5,95	6,55	5,5
6	2,8	4,9	0,95	2,88	4,5	2,8	4,8	4,03
7	2,45	3,4	2	2,62	1,75	4,1	3,5	3,12
8	4,2	0,35	2,75	2,43	4,45	1	4	3,15
9	0,65	1,8	2,2	1,55	1,15	2,8	2,8	2,25
10	2	1,9	2,3	2,07	1,55	4,25	1,6	2,47



Lampiran 6. Perhitungan

a. CO₂

Hari ke-1

$$CO_2 A.1 = \frac{0,2 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 7,99 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.2 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.3 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.1 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.2 = \frac{0,14 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 5,59 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.3 = \frac{0,23 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 9,19 \text{ mg / L}$$

Hari ke-2

$$CO_2 A.1 = \frac{0,2 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 7,99 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.2 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.3 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.1 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.2 = \frac{0,1 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 4 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.3 = \frac{0,27 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 10,79 \text{ mg / L}$$

Lampiran 6. Lanjutan

Hari ke-3

$$CO_2 A.1 = \frac{0,3 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 19,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.2 = \frac{0,5 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 19,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.3 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.1 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.2 = \frac{0,15 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 5,99 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.3 = \frac{0,3 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 11,99 \text{ mg / L}$$

Hari ke-4:

$$CO_2 A.1 = \frac{0,05 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 2 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.2 = \frac{0,6 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 23,97 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.3 = \frac{0,6 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 23,97 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.1 = \frac{0,5 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 19,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.2 = \frac{0,14 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 5,59 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.3 = \frac{0,23 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 9,19 \text{ mg / L}$$

Lampiran 6. Lanjutan

Hari ke-5:

$$CO_2 A.1 = \frac{0,16 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 6,39 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.2 = \frac{0,7 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 27,97 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.3 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.1 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.2 = \frac{0,19 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 7,48 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.3 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

Hari ke-6:

$$CO_2 A.1 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.2 = \frac{0,6 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 23,97 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.3 = \frac{0,5 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 19,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.1 = \frac{0,7 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 27,97 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.2 = \frac{0,23 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 9,19 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.3 = \frac{0,35 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 13,98 \text{ mg / L}$$

Lampiran 6. Lanjutan

Hari ke-7:

$$CO_2 A.1 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.2 = \frac{0,9 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 35,96 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.3 = \frac{0,8 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 31,96 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.1 = \frac{0,6 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 23,97 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.2 = \frac{0,09 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 3,6 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.3 = \frac{0,5 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 19,98 \text{ mg / L}$$

Hari ke-8:

$$CO_2 A.1 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.2 = \frac{0,9 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 35,96 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.3 = \frac{0,7 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 27,97 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.1 = \frac{0,5 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 19,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.2 = \frac{0,3 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 11,99 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.3 = \frac{0,3 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 11,99 \text{ mg / L}$$

Lanjutan 6. Lanjutan**Hari ke-9:**

$$CO_2 A.1 = \frac{0,3 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 11,99 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.2 = \frac{0,8 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 35,96 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.3 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.1 = \frac{0,6 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 23,97 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.2 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.3 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

Hari ke-10:

$$CO_2 A.1 = \frac{0,26 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 10,39 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.2 = \frac{0,5 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 19,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 A.3 = \frac{0,4 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 15,98 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.1 = \frac{0,8 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 31,96 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.2 = \frac{0,09 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 3,6 \text{ mg / L}$$

$$CO_2 B.3 = \frac{0,1 \times 0,0454 \times 22 \times 1000}{25} = 4 \text{ mg / L}$$

Lampiran 6. Lanjutan

b. DO

Hari ke-1:

$$DO\ A.1 = \frac{7,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 5,3\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{8,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 6,15\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{9,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 6,57\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 6,36\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{6,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 4,81\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{7,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 5,3\ mg / L$$

Hari ke-2:

$$DO\ A.1 = \frac{6,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 4,7\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{7,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 5,48\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{8,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,46\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{8,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 6,14\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{6,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 4,57\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{7,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 5,02\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

Hari ke-3:

$$DO\ A.1 = \frac{5,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,81\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{7,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 4,36\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{5,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 3,68\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{7,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 5,25\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{5,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 3,82\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,41 - 4} = 4,48\ mg / L$$

Hari ke-4:

$$DO\ A.1 = \frac{4,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 3,35\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{5,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,41 - 4} = 3,79\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{6,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 4,31\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{5,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 3,51\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{7,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 4,79\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{7,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 4,91\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

Hari ke-5:

$$DO\ A.1 = \frac{5,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,53\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{5,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,41 - 4} = 3,99\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{5,2 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 3,19\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{5,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 4,17\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{5,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 4,02\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 4,75\ mg / L$$

Hari ke-6:

$$DO\ A.1 = \frac{4,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 3,26\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{4,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 2,85\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{4,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 3,26\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{5,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,95\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{5,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 3,31\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{5,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 3,89\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

Hari ke-7:

$$DO\ A.1 = \frac{9,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,58\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{4,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 2,76\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{6,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 3,93\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{7,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 5,47\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{4,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 2,84\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 4,71\ mg / L$$

Hari ke-8:

$$DO\ A.1 = \frac{9,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,89\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{5,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 3,81\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{6,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 4,22\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{8,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 6,09\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{5,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,81\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 4,31\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

Hari ke-9:

$$DO\ A.1 = \frac{7,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 5,18\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{7,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 5,51\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{9,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,83\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{7,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 5,37\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{8,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 6,01\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{7,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 5,12\ mg / L$$

Hari ke-10

$$DO\ A.1 = \frac{7,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 4,79\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{8,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 5,99\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 5,58\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{8,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 5,61\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{8,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 5,94\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 4,71\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

c. BOD

Hari ke-1:

1. Botol Terang

$$DO A.1 = \frac{7,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 5,3 \text{ mg / L}$$

$$DO A.2 = \frac{8,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 6,15 \text{ mg / L}$$

$$DO A.3 = \frac{9,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 6,57 \text{ mg / L}$$

$$DO B.1 = \frac{9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 6,36 \text{ mg / L}$$

$$DO B.2 = \frac{6,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 4,81 \text{ mg / L}$$

$$DO B.3 = \frac{7,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 5,3 \text{ mg / L}$$

2. Botol Gelap

$$DO A.1 = \frac{2,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 1,45 \text{ mg / L}$$

$$DO A.2 = \frac{2,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,57 - 4} = 1,95 \text{ mg / L}$$

$$DO A.3 = \frac{2,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,42 - 4} = 1,8 \text{ mg / L}$$

$$DO B.1 = \frac{2,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{295,63 - 4} = 1,71 \text{ mg / L}$$

$$DO B.2 = \frac{2,15 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 1,49 \text{ mg / L}$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$DO\ B.3 = \frac{2,68 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 1,88\ mg / L$$

$$BOD\ A.1 = (5,3 - 1,45) \times 5 = 19,25\ mg/l$$

$$BOD\ A.2 = (6,15 - 1,95) \times 5 = 21\ mg/l$$

$$BOD\ A.3 = (6,57 - 1,8) \times 5 = 23,85\ mg/l$$

$$BOD\ B.1 = (6,36 - 1,71) \times 5 = 23,25\ mg/l$$

$$BOD\ B.2 = (4,81 - 1,49) \times 5 = 16,6\ mg/l$$

$$BOD\ B.3 = (5,3 - 1,88) \times 5 = 17,1\ mg/l$$

Hari ke-2:

1. Botol Terang

$$DO\ A.1 = \frac{6,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 4,7\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{7,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 5,48\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{8,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,46\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{8,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 6,14\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{6,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 4,57\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{7,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 5,02\ mg / L$$

2. Botol Gelap

$$DO\ A.1 = \frac{2,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 1,74\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$DO\ A.2 = \frac{2,2 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 1,52\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{1,65 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 1,17\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{5,75 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 4,01\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{2,2 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 1,52\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{1,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 1,04\ mg / L$$

$$BOD\ A.1 = (4,7 - 1,74) \times 5 = 14,8\ mg/l$$

$$BOD\ A.2 = (5,48 - 1,52) \times 5 = 19,8\ mg/l$$

$$BOD\ A.3 = (5,46 - 1,17) \times 5 = 21,45\ mg/l$$

$$BOD\ B.1 = (6,14 - 4,01) \times 5 = 10,65\ mg/l$$

$$BOD\ B.2 = (4,57 - 1,52) \times 5 = 15,25\ mg/l$$

$$BOD\ B.3 = (5,02 - 1,04) \times 5 = 19,9\ mg/l$$

Hari ke-3:**1. Botol Terang**

$$DO\ A.1 = \frac{5,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,81\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{7,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 4,36\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{5,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 3,68\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{7,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 5,25\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$DO\ B.2 = \frac{5,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 3,82\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,41 - 4} = 4,48\ mg / L$$

2. Botol Gelap

$$DO\ A.1 = \frac{0,25 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 0,17\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{1,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,41 - 4} = 1,1\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{0,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 0,42\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{4,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{295,63 - 4} = 3,05\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{1,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,42 - 4} = 0,97\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{1,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,57 - 4} = 1,03\ mg / L$$

$$BOD\ A.1 = (3,81 - 0,17) \times 5 = 18,2\ mg/l$$

$$BOD\ A.2 = (4,36 - 1,1) \times 5 = 16,3\ mg/l$$

$$BOD\ A.3 = (3,68 - 0,42) \times 5 = 16,3\ mg/l$$

$$BOD\ B.1 = (5,25 - 3,05) \times 5 = 11\ mg/l$$

$$BOD\ B.2 = (3,82 - 0,97) \times 5 = 14,25\ mg/l$$

$$BOD\ B.3 = (4,48 - 1,03) \times 5 = 17,25\ mg/l$$

Lampiran 6. Lanjutan

Hari ke-4:

1. Botol Terang

$$DO\ A.1 = \frac{4,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 3,35\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{5,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,41 - 4} = 3,79\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{6,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 4,31\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{5,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 3,51\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{7,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 4,79\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{7,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 4,91\ mg / L$$

2. Botol Gelap

$$DO\ A.1 = \frac{2,2 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 1,55\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{2,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 1,67\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{4,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 2,83\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{2,45 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,41 - 4} = 1,69\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{4,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 2,76\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{4,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 3,03\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$\text{BOD A.1} = (3,35 - 1,55) \times 5 = 9 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD A.2} = (3,79 - 1,67) \times 5 = 10,6 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD A.3} = (4,31 - 2,83) \times 5 = 7,4 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD B.1} = (3,51 - 1,69) \times 5 = 9,1 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD B.2} = (4,79 - 2,76) \times 5 = 10,15 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD B.3} = (4,91 - 3,03) \times 5 = 9,4 \text{ mg/l}$$

Hari ke-5:

1. Botol Terang

$$\text{DO A.1} = \frac{5,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,53 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO A.2} = \frac{5,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,41 - 4} = 3,99 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO A.3} = \frac{5,2 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 3,19 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO B.1} = \frac{5,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 4,17 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO B.2} = \frac{5,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 4,02 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO B.3} = \frac{6,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 4,75 \text{ mg / L}$$

2. Botol Gelap

$$\text{DO A.1} = \frac{2,65 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 1,83 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO A.2} = \frac{2,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 1,45 \text{ mg / L}$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$DO\ A.3 = \frac{3,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 2,33\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{4,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,41 - 4} = 3,37\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 2,93\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{5,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 3,44\ mg / L$$

$$BOD\ A.1 = (3,53 - 1,83) \times 5 = 8,5\ mg/l$$

$$BOD\ A.2 = (3,99 - 1,45) \times 5 = 12,7\ mg/l$$

$$BOD\ A.3 = (3,19 - 2,33) \times 5 = 4,3\ mg/l$$

$$BOD\ B.1 = (4,17 - 3,37) \times 5 = 4\ mg/l$$

$$BOD\ B.2 = (4,02 - 2,83) \times 5 = 5,95\ mg/l$$

$$BOD\ B.3 = (4,75 - 3,44) \times 5 = 6,55\ mg/l$$

Hari ke-6:

1. Botol Terang

$$DO\ A.1 = \frac{4,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 3,26\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{4,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 2,85\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{4,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 3,26\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{5,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,95\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{5,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 3,31\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$DO\ B.3 = \frac{5,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 3,89\ mg / L$$

2. Botol Gelap

$$DO\ A.1 = \frac{4,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 2,7\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{2,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,17 - 4} = 1,87\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{4,35 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 3,07\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{4,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,05\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,41 - 4} = 2,75\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{4,2 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 2,93\ mg / L$$

$$BOD\ A.1 = (3,26 - 2,7) \times 5 = 2,8\ mg/l$$

$$BOD\ A.2 = (2,85 - 1,87) \times 5 = 4,9\ mg/l$$

$$BOD\ A.3 = (3,26 - 3,07) \times 5 = 0,95\ mg/l$$

$$BOD\ B.1 = (3,95 - 3,05) \times 5 = 4,5\ mg/l$$

$$BOD\ B.2 = (3,31 - 2,75) \times 5 = 2,8\ mg/l$$

$$BOD\ B.3 = (3,89 - 2,93) \times 5 = 4,8\ mg/l$$

Hari ke-7:

1. Botol Terang

$$DO\ A.1 = \frac{9,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,58\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$DO\ A.2 = \frac{4,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 2,76\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{6,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 3,93\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{7,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 5,47\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{4,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 2,84\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 4,71\ mg / L$$

2. Botol Gelap

$$DO\ A.1 = \frac{8,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,09\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 2,08\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 3,53\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{7,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 5,12\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{2,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 2,02\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{5,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 4,01\ mg / L$$

$$BOD\ A.1 = (5,58 - 5,09) \times 5 = 2,45\ mg/l$$

$$BOD\ A.2 = (2,76 - 2,08) \times 5 = 3,4\ mg/l$$

$$BOD\ A.3 = (3,93 - 3,53) \times 5 = 2\ mg/l$$

$$BOD\ B.1 = (5,47 - 5,12) \times 5 = 1,75\ mg/l$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$\text{BOD B.2} = (2,84 - 2,02) \times 5 = 4,1 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD B.3} = (4,71 - 4,01) \times 5 = 3,5 \text{ mg/l}$$

Hari ke-8:**1. Botol Terang**

$$\text{DO A.1} = \frac{9,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,89 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO A.2} = \frac{5,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 3,81 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO A.3} = \frac{6,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 4,22 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO B.1} = \frac{7,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 5,37 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO B.2} = \frac{8,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 6,01 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO B.3} = \frac{7,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 5,12 \text{ mg / L}$$

2. Botol Gelap

$$\text{DO A.1} = \frac{7,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 5,05 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO A.2} = \frac{5,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,74 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO A.3} = \frac{5,2 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 3,67 \text{ mg / L}$$

$$\text{DO B.1} = \frac{7,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 4,48 \text{ mg / L}$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$DO\ B.2 = \frac{8,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 5,81\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 4,32\ mg / L$$

$$BOD\ A.1 = (5,89 - 5,05) \times 5 = 4,2\ mg/l$$

$$BOD\ A.2 = (3,81 - 3,74) \times 5 = 0,35\ mg/l$$

$$BOD\ A.3 = (4,22 - 3,67) \times 5 = 2,75\ mg/l$$

$$BOD\ B.1 = (5,37 - 4,48) \times 5 = 4,45\ mg/l$$

$$BOD\ B.2 = (6,01 - 5,81) \times 5 = 1\ mg/l$$

$$BOD\ B.3 = (5,12 - 4,32) \times 5 = 4\ mg/l$$

Hari ke-9:

1. Botol Terang

$$DO\ A.1 = \frac{7,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 5,18\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{7,9 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 5,51\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{9,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,83\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{8,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 6,09\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{5,5 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,81\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 4,31\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

2. Botol Gelap

$$DO\ A.1 = \frac{7,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 5,05\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{8,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,15\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{7,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 5,39\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{8,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 5,86\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{4,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 3,25\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{5,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{287 - 4} = 3,75\ mg / L$$

$$BOD\ A.1 = (5,18 - 5,05) \times 5 = 0,65\ mg/l$$

$$BOD\ A.2 = (5,51 - 5,15) \times 5 = 1,8\ mg/l$$

$$BOD\ A.3 = (5,83 - 5,39) \times 5 = 2,2\ mg/l$$

$$BOD\ B.1 = (6,09 - 5,86) \times 5 = 1,15\ mg/l$$

$$BOD\ B.2 = (3,81 - 3,25) \times 5 = 2,8\ mg/l$$

$$BOD\ B.3 = (4,31 - 3,75) \times 5 = 2,8\ mg/l$$

Hari ke-10

1. Botol Terang

$$DO\ A.1 = \frac{7,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 4,79\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{8,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 5,99\ mg / L$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$DO\ A.3 = \frac{8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 5,58\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{8,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 5,61\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{8,6 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 5,94\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,8 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 4,71\ mg / L$$

2. Botol Gelap

$$DO\ A.1 = \frac{6,35 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{293,37 - 4} = 4,39\ mg / L$$

$$DO\ A.2 = \frac{8,1 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,84 - 4} = 5,61\ mg / L$$

$$DO\ A.3 = \frac{7,4 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{292,89 - 4} = 5,12\ mg / L$$

$$DO\ B.1 = \frac{7,7 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{294,52 - 4} = 5,3\ mg / L$$

$$DO\ B.2 = \frac{8,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{330 - 4} = 5,09\ mg / L$$

$$DO\ B.3 = \frac{6,3 \times 0,025 \times 8 \times 1000}{290,7 - 4} = 4,39\ mg / L$$

$$BOD\ A.1 = (4,79 - 4,39) \times 5 = 2\ mg/l$$

$$BOD\ A.2 = (5,99 - 5,61) \times 5 = 1,9\ mg/l$$

$$BOD\ A.3 = (5,58 - 5,12) \times 5 = 2,3\ mg/l$$

$$BOD\ B.1 = (5,61 - 5,3) \times 5 = 1,55\ mg/l$$

$$BOD\ B.2 = (5,94 - 5,09) \times 5 = 4,25\ mg/l$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$\text{BOD B.3} = (4,71 - 4,39) \times 5 = 1,6 \text{ mg/l}$$

d. Nitrat**Hari ke-1:**

$$\text{A.1} : x = 0,063 - 0,0049 / 0,1289 = 0,451$$

$$\text{A.2} : x = 0,069 - 0,0049 / 0,1289 = 0,497$$

$$\text{A.3} : x = 0,065 - 0,0049 / 0,1289 = 0,466$$

$$\text{B.1} : x = 0,07 - 0,0049 / 0,1289 = 0,505$$

$$\text{B.2} : x = 0,055 - 0,0049 / 0,1289 = 0,389$$

$$\text{B.3} : x = 0,054 - 0,0049 / 0,1289 = 0,381$$

Hari ke-2:

$$\text{A.1} : x = 0,059 - 0,0049 / 0,1289 = 0,42$$

$$\text{A.2} : x = 0,123 - 0,0049 / 0,1289 = 0,916$$

$$\text{A.3} : x = 0,084 - 0,0049 / 0,1289 = 0,614$$

$$\text{B.1} : x = 0,073 - 0,0049 / 0,1289 = 0,528$$

$$\text{B.2} : x = 0,059 - 0,0049 / 0,1289 = 0,42$$

$$\text{B.3} : x = 0,056 - 0,0049 / 0,1289 = 0,396$$

Hari ke-3:

$$\text{A.1} : x = 0,094 - 0,0049 / 0,1289 = 0,691$$

$$\text{A.2} : x = 0,127 - 0,0049 / 0,1289 = 0,947$$

$$\text{A.3} : x = 0,098 - 0,0049 / 0,1289 = 0,722$$

$$\text{B.1} : x = 0,082 - 0,0049 / 0,1289 = 0,598$$

$$\text{B.2} : x = 0,075 - 0,0049 / 0,1289 = 0,544$$

$$\text{B.3} : x = 0,068 - 0,0049 / 0,1289 = 0,49$$

Lampiran 6. Lanjutan**Hari ke-4:**

$$A.1 : x = 0,083 - 0.0049 / 0.1289 = 0,606$$

$$A.2 : x = 0,124 - 0.0049 / 0.1289 = 0,924$$

$$A.3 : x = 0,119 - 0.0049 / 0.1289 = 0,885$$

$$B.1 : x = 0,088 - 0.0049 / 0.1289 = 0,645$$

$$B.2 : x = 0,07 - 0.0049 / 0.1289 = 0,505$$

$$B.3 : x = 0,07 - 0.0049 / 0.1289 = 0,505$$

Hari ke-5:

$$A.1 : x = 0,124 - 0.0049 / 0.1289 = 0,924$$

$$A.2 : x = 0,127 - 0.0049 / 0.1289 = 0,947$$

$$A.3 : x = 0,125 - 0.0049 / 0.1289 = 0,932$$

$$B.1 : x = 0,12 - 0.0049 / 0.1289 = 0,893$$

$$B.2 : x = 0,12 - 0.0049 / 0.1289 = 0,893$$

$$B.3 : x = 0,05 - 0.0049 / 0.1289 = 0,35$$

Hari ke-6:

$$A.1 : x = 0,127 - 0.0049 / 0.1289 = 0,947$$

$$A.2 : x = 0,129 - 0.0049 / 0.1289 = 0,963$$

$$A.3 : x = 1,128 - 0.0049 / 0.1289 = 0,955$$

$$B.1 : x = 0,114 - 0.0049 / 0.1289 = 0,846$$

$$B.2 : x = 0,111 - 0.0049 / 0.1289 = 0,823$$

$$B.3 : x = 0,105 - 0.0049 / 0.1289 = 0,777$$

Hari ke-7:

$$A.1 : x = 0,117 - 0.0049 / 0.1289 = 0,87$$

$$A.2 : x = 0,125 - 0.0049 / 0.1289 = 0,932$$

$$A.3 : x = 0,124 - 0.0049 / 0.1289 = 0,924$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$B.1 : x = 0,097 - 0.0049 / 0.1289 = 0,715$$

$$B.2 : x = 0,094 - 0.0049 / 0.1289 = 0,691$$

$$B.3 : x = 0,091 - 0.0049 / 0.1289 = 0,668$$

Hari ke-8:

$$A.1 : x = 0,105 - 0.0049 / 0.1289 = 0,777$$

$$A.2 : x = 0,112 - 0.0049 / 0.1289 = 0,831$$

$$A.3 : x = 0,111 - 0.0049 / 0.1289 = 0,823$$

$$B.1 : x = 0,084 - 0.0049 / 0.1289 = 0,614$$

$$B.2 : x = 0,078 - 0.0049 / 0.1289 = 0,567$$

$$B.3 : x = 0,071 - 0.0049 / 0.1289 = 0,513$$

Hari ke-9:

$$A.1 : x = 0,075 - 0.0049 / 0.1289 = 0,544$$

$$A.2 : x = 0,131 - 0.0049 / 0.1289 = 0,978$$

$$A.3 : x = 0,088 - 0.0049 / 0.1289 = 0,645$$

$$B.1 : x = 0,07 - 0.0049 / 0.1289 = 0,505$$

$$B.2 : x = 0,067 - 0.0049 / 0.1289 = 0,482$$

$$B.3 : x = 0,063 - 0.0049 / 0.1289 = 0,451$$

Hari ke-10:

$$A.1 : x = 0,079 - 0.0049 / 0.1289 = 0,575$$

$$A.2 : x = 0,111 - 0.0049 / 0.1289 = 0,823$$

$$A.3 : x = 0,088 - 0.0049 / 0.1289 = 0,645$$

$$B.1 : x = 0,048 - 0.0049 / 0.1289 = 0,334$$

$$B.2 : x = 0,047 - 0.0049 / 0.1289 = 0,327$$

$$B.3 : x = 0,044 - 0.0049 / 0.1289 = 0,303$$

Lampiran 6. Lanjutan

e. Amonia

Hari ke-1:

$$A.1 : x = 0,588 - 0.1942 / 0.1304 = 3,02$$

$$A.2 : x = 0,45 - 0.1942 / 0.1304 = 1,962$$

$$A.3 : x = 0,764 - 0.1942 / 0.1304 = 4,37$$

$$B.1 : x = 0,792 - 0.1942 / 0.1304 = 4,584$$

$$B.2 : x = 0,444 - 0.1942 / 0.1304 = 1,916$$

$$B.3 : x = 0,588 - 0.1942 / 0.1304 = 3,02$$

Hari ke-2:

$$A.1 : x = 0,663 - 0.1942 / 0.1304 = 3,595$$

$$A.2 : x = 0,502 - 0.1942 / 0.1304 = 2,36$$

$$A.3 : x = 0,892 - 0.1942 / 0.1304 = 5,351$$

$$B.1 : x = 0,886 - 0.1942 / 0.1304 = 5,305$$

$$B.2 : x = 0,47 - 0.1942 / 0.1304 = 2,115$$

$$B.3 : x = 0,73 - 0.1942 / 0.1304 = 4,109$$

Hari ke-3:

$$A.1 : x = 0,798 - 0.1942 / 0.1304 = 4,63$$

$$A.2 : x = 0,699 - 0.1942 / 0.1304 = 3,871$$

$$A.3 : x = 1,016 - 0.1942 / 0.1304 = 6,302$$

$$B.1 : x = 0,852 - 0.1942 / 0.1304 = 5,044$$

$$B.2 : x = 0,535 - 0.1942 / 0.1304 = 2,613$$

$$B.3 : x = 0,726 - 0.1942 / 0.1304 = 4,078$$

Hari ke-4:

$$A.1 : x = 1,066 - 0.1942 / 0.1304 = 6,686$$

$$A.2 : x = 0,806 - 0.1942 / 0.1304 = 4,692$$

Lampiran 6. Lanjutan

A.3 : $x = 0,952 - 0.1942 / 0.1304 = 5,811$

B.1 : $x = 0,802 - 0.1942 / 0.1304 = 4,661$

B.2 : $x = 0,71 - 0.1942 / 0.1304 = 3,955$

B.3 : $x = 0,724 - 0.1942 / 0.1304 = 4,063$

Hari ke-5:

A.1 : $x = 1,178 - 0.1942 / 0.1304 = 7,544$

A.2 : $x = 1,162 - 0.1942 / 0.1304 = 7,422$

A.3 : $x = 1,182 - 0.1942 / 0.1304 = 7,575$

B.1 : $x = 0,821 - 0.1942 / 0.1304 = 4,807$

B.2 : $x = 0,722 - 0.1942 / 0.1304 = 4,048$

B.3 : $x = 0,806 - 0.1942 / 0.1304 = 4,692$

Hari ke-6:

A.1 : $x = 1,207 - 0.1942 / 0.1304 = 7,767$

A.2 : $x = 1,192 - 0.1942 / 0.1304 = 7,652$

A.3 : $x = 1,388 - 0.1942 / 0.1304 = 9,155$

B.1 : $x = 0,989 - 0.1942 / 0.1304 = 6,095$

B.2 : $x = 0,63 - 0.1942 / 0.1304 = 3,342$

B.3 : $x = 1,122 - 0.1942 / 0.1304 = 7,115$

Hari ke-7:

A.1 : $x = 1,042 - 0.1942 / 0.1304 = 6,502$

A.2 : $x = 1,002 - 0.1942 / 0.1304 = 6,195$

A.3 : $x = 1,1 - 0.1942 / 0.1304 = 6,946$

B.1 : $x = 0,888 - 0.1942 / 0.1304 = 5,321$

B.2 : $x = 0,392 - 0.1942 / 0.1304 = 1,517$

B.3 : $x = 0,98 - 0.1942 / 0.1304 = 6,026$

Lampiran 6. Lanjutan**Hari ke-8:**

- A.1 : $x = 1,004 - 0.1942 / 0.1304 = 6,21$
A.2 : $x = 0,989 - 0.1942 / 0.1304 = 6,095$
A.3 : $x = 1,122 - 0.1942 / 0.1304 = 7,115$
B.1 : $x = 0,636 - 0.1942 / 0.1304 = 3,388$
B.2 : $x = 0,31 - 0.1942 / 0.1304 = 0,888$
B.3 : $x = 0,89 - 0.1942 / 0.1304 = 5,336$

Hari ke-9:

- A.1 : $x = 1,016 - 0.1942 / 0.1304 = 6,302$
A.2 : $x = 0,96 - 0.1942 / 0.1304 = 5,873$
A.3 : $x = 1,108 - 0.1942 / 0.1304 = 7,008$
B.1 : $x = 0,608 - 0.1942 / 0.1304 = 3,173$
B.2 : $x = 0,59 - 0.1942 / 0.1304 = 3,035$
B.3 : $x = 0,604 - 0.1942 / 0.1304 = 3,143$

Hari ke-10:

- A.1 : $x = 1,042 - 0.1942 / 0.1304 = 6,502$
A.2 : $x = 0,772 - 0.1942 / 0.1304 = 4,431$
A.3 : $x = 1,126 - 0.1942 / 0.1304 = 7,146$
B.1 : $x = 0,878 - 0.1942 / 0.1304 = 5,244$
B.2 : $x = 0,392 - 0.1942 / 0.1304 = 1,517$
B.3 : $x = 0,422 - 0.1942 / 0.1304 = 1,747$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.