

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| Abstract | 1 |
| Ringkasan | ii |
| Pernyataan Terimakasih..... | v |
| Daftar Isi | vii |
| Daftar Tabel | xi |
| Daftar Gambar | xii |
| Daftar Lampiran..... | xiv |
| Daftar arti lambang, singkatan dan istilah..... | xv |
| 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 6 |
| 1.3.1 Umum..... | 6 |
| 1.3.2 Khusus | 6 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 7 |
| 1.4.1 Terhadap khasanah keilmuan..... | 7 |
| 1.4.2 Terhadap aplikasi praktis..... | 7 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 8 |
| 2.1 Sifat kimia deterjen dan surfaktannya..... | 8 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.1.1 | Macam-macam deterjen berdasarkan surfaktannya | 10 |
| 2.2 | Pembuatan deterjen | 11 |
| 2.2.1 | Pembuatan deterjen alami secara umum.. | 11 |
| 2.2.2 | Pembuatan deterjen sintetis <i>ABS</i> | 12 |
| 2.3 | Kelainan pada hewan dan manusia | 14 |
| 2.3.1 | Penyakit pada hewan..... | 14 |
| 2.3.2 | Penyakit pada manusia..... | 22 |
| 2.4 | Biodegradasi surfaktan deterjen..... | 25 |
| 2.4.1 | Model pendekatan biodegradasi <i>LAS</i> | 26 |
| 2.5 | Mekanisme keluar masuknya molekul deterjen dalam sel bakteri..... | 29 |
| 2.5.1 | Membran sel bakteri tempat pengaturan masuk keluarnya zat..... | 30 |
| 2.5.2 | Protein pembawa molekul deterjen..... | 32 |
| 2.5.3 | Transport zat | 34 |
| 2.5.4 | Biodegradasi <i>ABS</i> dalam sel bakteri.... | 37 |
| 2.5.4.1 | Faktor-faktor yang berpengaruh selama biodegradasi surfaktan deterjen oleh bakteri..... | 38 |
| 3. | KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN.... | 42 |
| 3.1 | Kerangka Konsep Penelitian | 42 |
| 3.2 | Hipotesis..... | 45 |

| | |
|---|----|
| 4. METODE PENELITIAN..... | 46 |
| 4.1 Rancangan penelitian yang digunakan..... | 46 |
| 4.2 Populasi, sampel dan besarnya sampel..... | 46 |
| 4.2.1 Populasi..... | 46 |
| 4.2.2 Sampel..... | 46 |
| 4.2.3 Penngambilan sampel..... | 47 |
| 4.2.3.1 Besar sampel pada penelitian tahap pertama..... | 47 |
| 4.2.3.2 Besar sampel pada penelitian tahap kedua..... | 48 |
| 4.2.3.3 Besar sampel pada penelitian tahap ketiga | 48 |
| 4.2.3.4 Besar sampel pada penelitian tahap keempat..... | 48 |
| 4.2.3.5 Besar sampel pada penelitian tahap kelima..... | 48 |
| 4.3 Variabel penelitian..... | 49 |
| 4.3.1 Klasifikasi variabel..... | 49 |
| 4.3.2 Definisi operasional variabel bebas... | 52 |
| 4.4 Bahan penelitian..... | 53 |
| 4.4.1 Bahan kimia untuk identifikasi bakteri | 53 |

| | |
|--|----|
| 4.4.2 Bahan kimia untuk penelitian eksperimen - mental..... | 55 |
| 4.4.2.1 ABS dan LAS..... | 55 |
| 4.4.2.2 Larutan methylene blue..... | 55 |
| 4.4.2.3 Indikator phenol phtalein..... | 55 |
| 4.4.2.4 Pembuatan H ₂ SO ₄ 6N..... | 55 |
| 4.4.2.5 Larutan pencuci..... | 56 |
| 4.4.2.6 Larutan standar ABS..... | 56 |
| 4.5 Alat penelitian | 57 |
| 4.5.1 Alat yang digunakan untuk isolasi dan identifikasi mikroorganisme..... | 57 |
| 4.5.2 Alat untuk mengukur kadar ABS..... | 57 |
| 4.6 Lokasi dan waktu penelitian | 58 |
| 4.6.1 Lokasi penelitian | 58 |
| 4.6.2 Waktu penelitian | 59 |
| 4.7 Prosedur pengumpulan data | 59 |
| 4.7.1 Prosedur pengumpulan data penelitian awal isolasi dan identifikasi mikroor- 4.7.1.1 Prosedur pengumpulan data iso- lasi mikroorganisme pengurai ABS..... | 59 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.7.1.2 | Prosedur pengumpulan data identifikasi mikroorganisme pengurai <i>ABS</i> | 60 |
| 4.7.2 | Prosedur pengumpulan data penelitian tahap pertama..... | 61 |
| 4.7.2.1 | Prosedur pengumpulan data persentase degradasi..... | 61 |
| 4.7.2.2 | Prosedur pengumpulan data waktu degradasi..... | 63 |
| 4.7.2.3 | Prosedur pengumpulan data laju pertumbuhan spesifik mikroorganisme..... | 63 |
| 4.7.3 | Prosedur pengumpulan data penelitian tahap kedua..... | 64 |
| 4.7.4 | Prosedur pengumpulan data penelitian tahap ketiga..... | 64 |
| 4.7.5 | Prosedur pengumpulan data penelitian tahap keempat..... | 64 |
| 4.7.6 | Prosedur pengumpulan data penelitian tahap kelima..... | 64 |
| 4.8 | Cara analisis data..... | 64 |

| | |
|---|-----|
| 5. HASIL PENELITIAN | 66 |
| 5.1 Peningkatan kemampuan bakteri dalam mendegrada- sasi ABS dengan perlakuan pengocokan..... | 66 |
| 5.2 Temuan isolat-isolat baru..... | 94 |
| 5.2.1 Mikroorganisme - 1..... | 94 |
| 5.2.2 Mikroorganisme - 2..... | 96 |
| 5.3 Isolat bakteri tertinggi kemampuan biodegrada- sinya..... | 101 |
| 5.4 Peningkatan kemampuan biodegradasi melalui pengaturan suhu dan pH optimal pertumbuhan bakteri <i>Kurthia zopfii</i> | 104 |
| 5.5 Peningkatan kemampuan biodegradasi <i>Kurthia</i> <i>zopfii</i> melalui pengaturan kecepatan aerasi yang optimal..... | 106 |
| 6. PEMBAHASAN..... | 109 |
| 6.1 Peningkatan kemampuan bakteri tunggal, ganda dan campuran tiga isolat dalam mendegradasi ABS dengan perlakuan pengocokan..... | 111 |
| 6.2 Isolat-isolat baru yang diisolasi dari tanah yang tercemar deterjen..... | 131 |

| | |
|--|-----|
| 6.3 Isolat bakteri temuan baru tidak patogen yang berkemampuan mendegradasi ABS tertinggi..... | 136 |
| 6.4 Terjadinya peningkatan kemampuan biodegradasi akibat pemberian suhu dan pH sesuai bagi pertumbuhan bakteri <i>Kurthia zopfii</i> | 139 |
| 7. KESIMPULAN DAN SARAN | 144 |
| 7.1 Kesimpulan..... | 144 |
| 7.2 Saran..... | 145 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 146 |
| LAMPIRAN | 151 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-----|
| Tabel 2.1 Pengaruh linear <i>alkylbenzene sulfonate</i> , hexachlorocyclohexane dan <i>linear alkylbenzene sulfonate</i> dicampur dengan hexachlorocyclohexane terhadap hati marmut setelah 30 hari pelakuan | 16 |
| Tabel 2.2 Pengaruh linear <i>alkylbenzene sulfonate</i> , hexachlorocyclohexane dan <i>linear alkylbenzene sulfonate</i> dicampur dengan hexachlorocyclohexane terhadap ginjal marmut setelah 30 hari perlakuan..... | 17 |
| Tabel 4.1 Bahan kimia yang digunakan untuk identifikasi bakteri..... | 54 |
| Tabel 4.2 Daftar alat yang digunakan untuk isolasi dan identifikasi mikroorganisme..... | 57 |
| Tabel 4.3 Daftar alat yang digunakan untuk untuk mengukur kadar <i>alkylbenzene sulfonate</i> | 57 |
| Tabel 5.1 Rerata persentase degradasi hasil perlakuan tujuh jenis inokulum bakteri (B) dengan sembilan macam kadar <i>alkylbenzene sulfonate</i> | 67 |
| Tabel 5.2 Rerata waktu degradasi hasil perlakuan tujuh jenis inokulum bakteri (B) dengan sembilan macam kadar <i>alkylbenzene sulfonate</i> | 67 |
| Tabel 5.3 Prediksi waktu yang diperlukan untuk mendegradasi habis <i>alkylbenzene sulfonate</i> berkadar 100 ppm | 91 |
| Tabel 5.4 Rerata waktu degradasi hasil perlakuan sembilan jenis inokulum bakteri (B) dengan sembilan macam kadar <i>alkylbenzene sulfonate</i> | |
| Tabel 5.5 Nilai rerata waktu retensi (μ) berbagai kadar <i>alkylbenzene sulfonate</i> yang diperlakukan dengan isolat bakteri <i>Kurthia zopfii</i> | 104 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 5.6 Nilai rerata waktu degradasi (hari) sampai <i>Alkylbenzene sulfonate</i> 20 ppm habis terdegradasi | 105 |
| Tabel 5.7 Rerata waktu degradasi sampai habisnya <i>ABS</i> (hari) dari perlakuan <i>Kurthia zopfii</i> dan kecepatan aerasi pada kondisi kadar <i>alkylbenzene sulfonate</i> 20 ppm, suhu 32°C dan pH 7,2..... | 106 |
| Tabel 5-8 Rerata waktu degradasi <i>alkylbenzene sulfonate</i> kadar 20 ppm, suhu 30°C, pH 7,2, aerasi 1,5 vvm oleh bakteri <i>Kurthia zopfii</i> yang telah diamobilkan pada sistem kultur kontinyu..... | 107 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar 2.1 Model Jacob dan Monod untuk sistem enzim dengan induktor (inducer)..... | 33 |
| Gambar 2.2 Gambaran skematis mekanisme kerja protein pembawa lac menembus membran | 37 |
| Gambar 3.1 Diagram alir kerangka konsep penelitian .. | 44 |
| Gambar 4.1 Spectronik - 501..... | 62 |
| Gambar 4.2 Fermentor..... | 65 |
| Gambar 5.1 Bakteri <i>Kurthia zopfii</i> | 96 |
| Gambar 5.2 Bakteri <i>Pseudomonas facilis</i> | 98 |
| Gambar 5.3 Hasil biakan bakteri menggunakan medium Agar Nutrien diperkaya dengan ABS 100 ppm | 99 |
| Gambar 5.4 Biakan murni bakteri menggunakan medium Agar Nutrien diperkaya dengan ABS 100 ppm... | 99 |
| Gambar 5.5 Karakteristik isolat-isolat menggunakan medium Triple Sugar Iron Agar..... | 100 |
| Gambar 5.6 Karakteristik isolat-isolat menggunakan medium Cimmon Citrate Agar dalam menggunakan berbagai sumber karbohidrat..... | 100 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis ragam persentase degradasi tujuh jenis inokulum terhadap sembilan macam kadar *ABS*..... 151

Lampiran 2. Analisis ragam waktu degradasi tujuh jenis inokulum terhadap sembilan macam kadar *ABS*..... 152

Lampiran 3. Rerata Logarithma jumlah *E.coli* pada pada medium Agar Nutrien dari hasil degra-
dasi *ABS*..... 153

Lampiran 4. Analisis ragam waktu degradasi *ABS* sem-
bilan jenis inokulum terhadap sembilan
macam kadar *ABS*..... 156

Lampiran 5. Analisis ragam waktu degradasi pengaruh
suhu dan pH..... 157

Lampiran 6. Analisis ragam waktu degradasi pengaruh
aerasi yang sesuai untuk pertumbuhan..... 158

Lampiran 7. Analisis ragam waktu degradasi pengaruh
bahan pengamobil yang sesuai untuk per-
tumbuhan..... 159

Lampiran 8. Surat rekomendasi hasil identifikasi bak-
teri dari lembaga penanggung jawab pengi-
dentifikasi bakteri..... 160

DAFTAR ISTILAH

| Istilah | Arti |
|----------------|--|
| absorpsi | perembesan zat ke dalam sel hidup. |
| adsorpsi | penempelan pada suatu permukaan. |
| aerob | ke(hidup)an memerlukan oksigen bebas. |
| amfipatik | melekul yang mengandung bagian polar (hidrofobik) dan bagian polar (hidrofilik). |
| anion | ion bermuatan negatif. |
| anaerob | ke(hidup)an tidak memerlukan oksigen bebas |
| antagonis | suatu mikroorganisme mematikan mikroorganisme lain dengan cara mengeluarkan zat. |
| antibodi | sekelompok protein plasma dasar yang membentuk dasar bagi sistem kekebalan pada vertebrata. |
| antigen | zat, biasanya protein yang injeksinya dalam aliran darah vertebrata merangsang produksi antibodi yang menetralkan antigen. |
| biodegradasi | proses pemotongan rantai atom dalam suatu molekul dengan atom lainnya yang dilakukan oleh aktivitas makhluk hidup. |
| tahap pertama | sebagian atom dalam molekul rantainya putus. |

| | |
|--------------------|--|
| tuntas | seluruh atom dalam molekul rantainya telah putus. |
| digital | angka penunjuk hasil pengukuran dengan nyala lampu yang bergerak secara otomatis. |
| eksergonik | reaksi yang menghasilkan energi : $K_{kes} > 1$ |
| eksositosis | sistem pengeluaran metabolit ke luar sel. |
| emulsi | keadaan setimbang bahan hidrofob dan hidrofil dalam larutan. |
| endergonik | reaksi memerlukan energi : $K_{kes} < 1$. |
| enzim | biokatalisator berupa protein yang mampu mengkatalisis suatu reaksi dalam suatu cara yang sangat spesifik. |
| fakultatif anaerob | sel yang dapat hidup tanpa adanya oksigen bebas. |
| fermentasi | oksidasi biologis yang menggunakan oksigen sebagai akseptor elektron terakhir. |
| gen | bagian untai molekul DNA yang menyandi / mengarahkan sintesis molekul RNA tertentu. |
| identifikasi | pelacakan untuk menentukan nama suatu organisme sampai dengan nama jenisnya. |
| induktor | zat yang menginduksi/membantu mengawali proses reaksi. |

| | |
|------------|--|
| ion | unsur yang muatannya tidak seimbang/kekurangan muatan. |
| isolasi | proses memisahkan mikroorganisme dari kehidupannya di alam ke dalam suatu medium buatan. |
| isolat | mikroorganisme hasil isolasi. |
| inokulasi | proses memasukkan inokulum ke dalam tabung/wadah bersisi medium degradasi. |
| inokulum | populasi mikroorganisme tertentu yang akan digunakan sebagai pemula untuk melakukan proses biodegradasi. |
| kadar | perbandingan antara kandungan suatu zat di dalam zat lain. |
| karsinogen | penyebab kanker |
| kation | ion bermuatan positif. |
| koenzim | melekul organik yang diperlukan sebagai pembantu kerja enzim tertentu dalam melakukan aktivitas katalitiknya. |
| kofaktor | molekul anorganik kecil atau ion yang diperlukan sebagai pembantu kerja enzim tertentu dalam melakukan aktivitasnya. |
| kompetitif | kedaan bersaing antara dua atau lebih subyek pelaku aktivitas kegiatan. |

| | |
|-------------|--|
| kromosom | molekul tunggal yang utuh dari DNA berbentuk heliks rangkap. |
| limbah | buangan bentuk cair yang tercemar deterjen. |
| metabolisme | rangkaian kegiatan pembongkaran molekul makanan yang menghasilkan enersi dan penyusunan bahan sel. |
| metabolit | hasil metabolisme. |
| micelle | agregat koloidal dari molekul atau ion yang menyebabkan konsentrasi llaarutan surfaktan dalam bagian terbesar larutannya menjadi terbatas. |
| operon | sekelompok gen yang secara metabolik ada hubungannya satu dengan lainnya dan transkripsinya diatur sebagai satu satuan. |
| organel | struktur yang dikelilingi oleh membran dan mempunyai fungsi-fungsi khusus di dalam eukariotik. |
| oksidasi | terlepasnya elektron dari suatu reduktan. |
| logarithma | suatu bilangan dari kepangkatan sepuluh. |
| parasit | mengambil bahan makanan (terutama bahan organik) dari organisme yang ditumpanginya (inangnya), ukuran pemangsa lebih kecil daripada yang dimangsa. |

| | |
|-----------|--|
| patogen | penyebab penyakit. |
| polar | bagian yang menghadap ke molekul suka air |
| predator | organisme yang memangsa organisme lain, ukuran pemangsa lebih besar daripada yang dimangsa. |
| prokariot | organisasi uniseluler yang tidak jelas bentuk intinya, tidak ada membran inti, tidak ada organel subseluler, dan hanya mempunyai kromosom tunggal. |
| regulator | pengatur suatu sistem sintesis enzim. |
| replikasi | ssintesis dua anak DNA yang mempunyai urutan nukleotida serupa dengan yang dipunyai induk DNA. |
| ribosom | kompleks protein RNA yang berguna sebagai tapak sintesis protein. |
| sel | satuan terkecil ke(peng)hidupan yang mampu bereprodksi secara bebas. |
| sitokrom | protein yang mengandung heme dan pemindah/pemancar elektron. |
| substrat | senyawa spesifik yang diikat dan mengalami perlakuan oleh tapak aktif suatu enzim. |
| surfaktan | bahan aktif permukaan. |
| toksik | merusak sel/jaringan. |

DAFTAR SINGKATAN

| Singkatan | Kepanjangan, arti selengkapnya |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| <i>ABS</i> | <i>alkylbenzene sulfonate</i> |
| Dati | Daerah tingkat |
| <i>et al.</i> , | dan kawan-kawan |
| Jl. | jalan |
| ppm | part per million, per sejuta |
| O | oksigen |
| OH | hidroksida |
| R | alkil atau metil n kali |
| C | karbon |
| cfu | colony forming unit |
| CO ₂ | karbon dioksida |
| DNA | <i>Deoxyribo nucleic acid</i> |
| H | hidrogen |
| H ₂ SO ₄ | asam sulfat |
| lac | laktosa |
| <i>LAS</i> | <i>linear alkylbenzene sulfonate</i> |
| M | molaritas |
| ml | mili liter |
| N | Normalitas |

| | |
|-------|---------------------------------------|
| nm | nano meter, 10^{-9} meter |
| RNA | ribo nucleic acid (asam ribi nukleat) |
| m-RNA | mesenger RNA |
| p.a. | pro analysis |
| PT | Perseroan Terbatas |
| S | Substrat |
| sp. | spesies |
| V | volume |
| v | volume |
| vvm | volume/volume/menit |

DAFTAR LAMBANG

| Lambang | Nama lengkap | Arti |
|--------------------|--|---|
| α | alfa | letak gugus OH di kanan atau atas dari atom karbon nomer satu |
| β | beta | letak gugus OH di kiri atau bawah dari atom karbon nomer satu |
| μ | myu | waktu retensi |
| ω | omega | proses degradasi dari rantai paling ujung |
| $^{\circ}\text{C}$ | derajat Celcius | satuan suhu menurut Celcius |
| % | persen | per seratus atau angka didapan lambang dibagi seratus |
| K_S | konstanta sebanding konsentrasi substrat | suatu nilai konstan perbandingan kadar enzim dan substrat |