

BIOREMEDIASI LIMBAH DOMESTIK RAMAH LINGKUNGAN DI KOTA MALANG: SUATU UPAYA MENGATASI PENCEMARAN KAWASAN PADAT HUNI

Lud Waluya*

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah 1) mengidentifikasi kelompok mikroba, meliputi bakteri dan jamur dalam 5 sampel zat pengurai limbah, yakni Starbio Plus, EM-4 (Effective Microorganism-4), EMMA (Effective Microorganism Malang, Bio Fund, dan Decomic; 2) mengidentifikasi mikroba indikator pencemar air pada air limbah domestik di daerah padat huni Kota Malang; 3) menghitung jumlah masing-masing mikroba dalam zat pengurai limbah; 4) menghitung jumlah mikroba dalam air limbah domestik di daerah padat huni Kota Malang; 5) mencari komposisi ideal kandungan mikroba yang meliputi bakteri dan jamur dalam zat pengurai limbah dan pada limbah yang aman, akrab, dan ramah bagi lingkungan. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif prospektif eksperimental laboratorik. Populasi penelitian adalah mikroba pada air limbah selokan rumah tangga dan zat pengurai limbah. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini diambil secara purposive sampling adalah volume air limbah selokan sebanyak 3000 ml dan 5 merk zat pengurai limbah. Kemudian dilanjutkan dengan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Muhammadiyah Malang. Hasil penelitian menunjukkan: (1) Kelompok mikroba yang telah berhasil diidentifikasi dari kelima inokulum pengurai limbah, yakni Starbio Plus, EM-4, EMMA, Bio Fund, dan Decomic adalah jamur dan bakteri. Bakteri yang telah diidentifikasi adalah bakteri Koliform total, bakteri Koliform tinja, dan bakteri Salmonella dan Shigella, kecuali pada inokulum pengurai limbah EM-4, 2) Mikroba indikator pencemar air yang telah diidentifikasi pada air limbah domestik di daerah padat huni Kota Malang adalah bakteri Koliform total dan bakteri Koliform tinja, 3) Jumlah masing-masing mikroba dalam zat pengurai limbah berbeda-beda. Jumlah jamur yang paling besar adalah merk Decomic, yakni rata-rata per 100 ml adalah 4.500, sedangkan paling kecil jumlahnya adalah EM-4, yakni jumlah rata-ratanya 170. Jumlah bakteri dari kelima merk juga berbeda-beda, untuk bakteri Koliform total yang memiliki jumlah tertinggi adalah Bio Fund yang mencapai 600.000.000 per 100 ml dan yang jumlah bakteri Koliform totalnya paling sedikit adalah EMMA. Jumlah bakteri Koliform tinja jumlah terbesar adalah pada Bio Fund, sedangkan jumlah terkecilnya EMMA, 4) Jumlah mikroba dalam air limbah domestik meliputi: bakteri koliform total yakni mencapai 13.000.000 per 100 ml air limbah, dan jumlah bakteri Koliform tinja mencapai angka 3.400.000 per 100 ml air limbah. Jumlah fungsi juga cukup banyak yakni mencapai 382, 5) Komposisi ideal kandungan mikroba dari kelima produk inokulum pengurai limbah adalah dari EM-4 belum dapat ditentukan dengan pasti sebelum diujikan pertarungan antara mikroba dalam zat pengurai limbah dengan mikroba yang berada dalam air limbah domestik.

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk akan mendorong bertambahnya kotoran (pencemar) yang dapat menimbulkan terjadinya pencemaran terhadap sumber-sumber air bersih. Padatnya rumah penduduk di daerah padat huni dan mahalnya harga tanah, menyebabkan limbah kakus dan air sumur semakin bercampur. Pencemar pada badan air dapat berupa pencemar domestik dan pencemar non-domestik. Pencemar domestik berasal dari sampah rumah tangga, pasar, perkampungan, jalan, dan lain

sebagainya. Sedangkan pencemar non-domestik berasal dari kegiatan pabrik, industri, dan pertanian. Oleh karena itu, berbagai jenis buangan yang datang dari sumber pencemar tersebut harus dikontrol dan diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan (Suriawiria, 1986).

Semakin meningkatnya pencemaran dapat menurunkan derajat kesehatan masyarakat. Dalam rangka meningkatkan derajat kesehatan masyarakat tersebut salah satunya adalah dengan bagaimana mengolah limbah yang akan dibuang ke lingkungan. Salah satu cara pengolahan limbah adalah dengan

* Lud Waluya, Staff Pengajar Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Malang.

menggunakan produk-produk pengurai limbah. Zat yang terkandung dalam produk ini adalah berbagai macam kultur campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan dan dapat menguraikan limbah. Zat dari produk pengurai limbah tersebut juga dapat membunuh mikroba patogen

Proses dekomposisi atau degradasi substansi berbahaya yang ada di lingkungan, termasuk limbah domestik dengan menggunakan bakteri atau mikroorganisme lainnya dinamakan bioremediasi. Proses ini dapat dimanfaatkan untuk membersihkan limbah minyak, limbah bahan kimia, dan pengolahan air limbah. Pembelajaran tentang kesehatan lingkungan yang berkaitan dengan pencemaran sangat kaitannya dengan peran mikroorganisme yang menguntungkan bagi manusia. Permasalahan ini dapat dijadikan model mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan akibat limbah domestik di daerah padat huni di kota-kota besar. Di dalam zat pengurai limbah mengandung berbagai mikroba pengurai, yakni makhluk bersel satu yang hidup di sekitar kita yang kita kenal sebagai bakteri tanah. Mikroba ini berfungsi untuk menguraikan sisa-sisa bahan organik yang berupa tinja, sampah, bangkai, limbah, dan lain sebagainya menjadi zat atau partikel yang aman bagi lingkungan dan berfungsi dalam penurunan volume atau berat sampah serta pengomposan. Dalam hal penguraian limbah memerlukan waktu berapa lama masih dicari jawabannya, sehingga persistensi (daya tahan) bakteri patogen dalam limbah tersebut dapat diketahui (Anonim, 1998a; Anonim, 1998b; Urson, tanpa tahun).

Tiap spesies mikroba dalam zat pengurai limbah masing-masing mempunyai fungsi yang penting. Namun dalam simbiosis sintropisme zat pengurai limbah, bakteri fotosintetik adalah pelaksana terpenting. Bakteri fotosintetik mendukung kegiatan mikroorganisme lain, dan di lain pihak, bakteri ini memanfaatkan zat-zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang lain. Keadaan seperti ini dinamakan hidup berdampingan secara damai dan saling menguntungkan (Anonim, 1998; Urson, tanpa tahun; Anonim, 2000a; Anonim, 2000b).

Secara teoritis bila jumlah mikroorganisme pengurai dalam limbah meningkat menjadi suatu komunitas, maka populasi mikroorganisme dalam zat pengurai limbah juga akan meningkat. Sehingga menyebabkan mikroflora akan semakin bertambah dan keseimbangan mikroba dalam tanah menjadi semakin baik, sedangkan mikroorganisme tertentu, terutama

yang merugikan dan patogen tidak dapat berkembang. Dengan demikian mikroba-mikroba patogen menjadi tertekan dan mati (Anonim, 1998; Urson, tanpa tahun).

Upaya-upaya penanggulangan terhadap pencemaran kota yang berasal dari selokan dengan zat-zat yang aman terhadap lingkungan (akrab lingkungan). Artinya bahwa setelah zat diberikan untuk penguraian suatu limbah tidak menimbulkan akibat tambahan dengan kehadiran zat-zat sisanya (Anonim, 1995; Anonim, 1998a; Anonim, 2000a). Zat pengurai limbah memanfaatkan sistem polikultur atau simbiosis antarspesies mikroorganisme yang mengaktifkan berbagai mikroorganisme yang menguntungkan sehingga terjadi biodegradabilitas atau penguraian secara biologis (Anonim, 1998). Proses ini merupakan proses alamiah yang terjadi di lingkungan secara enzimatik selama faktor-faktor yang berhubungan dengan kebutuhan mikroorganisme yang bersangkutan terpenuhi (Urson, tanpa tahun; Suriawiria, 1996).

Penggunaan zat pengurai merupakan salah satu cara pengolahan limbah selokan adalah dengan menggunakan produk-produk pengurai limbah. Zat yang terkandung dalam produk ini adalah berbagai macam kultur campuran (polikultur) dari mikroorganisme yang menguntungkan dan dapat menguraikan limbah. Zat dari produk pengurai limbah tersebut juga dapat membunuh mikroba patogen dalam air limbah dan dapat menghilangkan bau yang tak sedap pada limbah tersebut. Produk-produk tersebut antara lain Starbio Plus, Dextrant, Bio Resik, Bio Plas, Effective Microorganism-4, dan lain sebagainya. Salah satu produk baru yang diluncurkan di Malang, yakni EMMA (Effective Microorganism Malang), Decomposer Microorganism) produk dari BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) (Anonim, 1998a; Anonim, 1998b; Anonim, 2000a; Anonim, 2000b; BPPT, tanpa tahun; Urson, tanpa tahun).

EM-4 (Effective Microorganism-4) adalah salah satu teknologi mikroorganisme Efektif, merupakan suatu kultur campuran berbagai organisme yang bermanfaat (terutama bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, Actinomycetes, ragi, dan jamur). Pada awalnya teknologi ini dipakai memperbaiki kesehatan dan kualitas tanah pada pertanian (Urson, tanpa tahun). Teknologi baru dikembangkan oleh Teruo Higa dari Universitas Ryukyu, di Okinawa, Jepang pada awal tahun 80-an (Anonim, 1995; Anonim, 1997a; Anonim, 1997b;

Higa telah banyak penelitian tentang pemisahan dan pemilihan berbagai jenis mikroorganisme yang bermanfaat bagi tanah. Dia telah menemukan mikrobe yang dapat hidup secara bersama dalam kultur campuran yang secara fisiologis dapat hidup bersama satu sama lain, yang kita kenal dengan simbiosis sintropisme (Dwidjoseputro, 1993). Efektif mikroorganisme tidak mengandung mikrobe yang secara genetika telah dimodifikasi, kultur ini hanya terbuat dari kultur campuran berbagai spesies mikrobe yang terdapat secara alami di seluruh dunia (Urson, tanpa tahun).

Mikrobe utama yang terdapat dalam EM (Effective Microorganism) adalah: 1) bakteri fotosintetik; 2) bakteri asam laktat; 3) Actinomycetes; 4) ragi, dan 5) jamur fermentasi. Bakteri fotosintetik merupakan mikrobe yang mandiri. Bakteri ini akan membentuk zat-zat yang bermanfaat, yang meliputi asam amino, asam nukleik, zat-zat bioaktif, dan gula (Urson, tanpa tahun; Anonim, 1998; Anonim, 1998a; Depkes RI, 1992; Entjang, 1997). Limbah yang aman akan berpengaruh terhadap kualitas air bersih, kualitas udara di sekitar daerah pembuangan limbah tersebut ia yang utama dalam limbah adalah bahan organik dan bahan anorganik (Sugiharto, 1987; Soerjani, dkk., 1987; Soemirat, 1994).

Penelitian bertujuan : 1) mengidentifikasi kelompok mikrobe, meliputi bakteri dan jamur dalam 5 sampel zat pengurai limbah, yakni Starbio Plus, EM-4 (Effective Microorganism-4), EMMA (Effective Microorganism Malang, Bio Fund, dan Decomic); 2) mengidentifikasi mikrobe indikator pencemar air pada air limbah domestik di daerah padat huni Kota Malang; 3). menghitung jumlah masing-masing mikrobe dalam zat pengurai limbah; 4) menghitung jumlah mikrobe dalam air limbah domestik di daerah padat huni Kota Malang; 5). mencari komposisi ideal kandungan mikrobe yang meliputi bakteri dan jamur dalam zat pengurai limbah dan pada limbah yang aman, akrab, dan ramah bagi lingkungan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif prospektif eksperimental laboratorik. Pendekatan deskriptif untuk menentukan pengambilan sampel zat pengurai limbah yang telah dipasarkan dan telah digunakan oleh masyarakat. Pendekatan eksperimental

laboratorik dilaksanakan di laboratorium untuk mengidentifikasi dan mencari jumlah mikrobe pada zat pengurai limbah.

2.1. Identifikasi Mikrobe pada Zat Pengurai Limbah

Untuk keperluan identifikasi mikrobe yang terdapat dalam zat pengurai limbah dengan menggunakan beberapa medium, antara lain terdiri medium NA (Nutrient Agar), untuk bakteri dan SDA (Sabouraud Dextose Agar) untuk jamur termasuk Actinomycetes dan ragi; medium laktosa broth, BGLBB untuk bakteri indikator pencemar air, serta medium selektif untuk beberapa jenis bakteri patogen. Sedangkan untuk mikrobe yang belum dikenal diidentifikasi dengan memakai Identifikasi bakteri menurut klasifikasi bakteri yang terakhir, yakni menurut "Bergey's Manual Determinative Bacteriology" Edisi ke-9 tahun 1994. Oleh Holt et al, 1994.

2.1. Identifikasi dan Penghitungan Jumlah Mikrobe pada Limbah Domestik

Bakteri indikator pencemar limbah sampai saat ini masih memakai bakteri Koliform total dan bakteri Koliform tinja. Penentuan jumlah kedua bakteri tersebut dengan Uji Fermentasi Tabung Ganda (Franson, 1992). Bakteri golongan Koliform total mempunyai kemampuan untuk memfermentasikan laktosa pada suhu $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$ selama 48 ± 2 jam. Kemampuan ini merupakan dasar dari pemeriksaan bakteri golongan Koliform total dengan prosedur Tabung Fermentasi Ganda. Adanya pertumbuhan bakteri Koliform total dapat diketahui bila ada perubahan warna media BGLBB dan terjadi pembentukan gas pada tabung Durham. Bakteri Koliform tinja mempunyai kemampuan untuk memfermentasikan laktosa pada suhu $44,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ dan selama 24 ± 2 jam. Adanya perubahan warna media BGLBB dan pembentukan gas pada tabung Durham menandakan adanya bakteri golongan Koliform tinja. Pelaksanaan pengujian JPT Koliform total dan Koliform tinja ada beberapa tahap, yakni Tes Pendugaan, Tes Penegasan, dan Tes Lengkap. Yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah hanya pada tahap Tes Penegasan. Sebelum pelaksanaan pengujian, sampel air selokan diencerkan terlebih dahulu.

2.2. Cara Penafsiran dan Penyimpulan Hasil Penelitian

Pembacaan hasil dan pelaporan jumlah tabung untuk uji penegasan (konfirmatif) atau tabung BGLBB yang menunjukkan positif gas. Angka yang diperoleh dicocokkan dengan tabel JPT (Jumlah Perkiraan Terdekat) yang telah tersedia, maka akan diperoleh indeks JPT Koliform untuk tabung yang diinkubasi pada 37°C dan indeks JPT Koliform tinja untuk tabung yang diinkubasi pada 44°C.

Nilai JPT ditentukan dari 3 angka terakhir. Tergantung dari berapa kali faktor penurunan kelipatan 10 yang digunakan, nilai JPT yang didapatkan dikalikan dengan faktor tersebut.

1. Mengidentifikasi dan Menghitung Kandungan Mikroba pada Zat Pengurai Limbah.
2. Mengidentifikasi dan Menghitung Kandungan Mikroba pada Limbah Domestik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian tentang berbagai macam mikroorganisme, yang terdiri dari bakteri dan jamur yang ditanam pada media NA (Nutrient Agar), SDA (Sabouraud Dextrosa Agar), SS (Salmonella-Shigella), Laktose Broth (LB), dan Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB) baik pada inokulum pengurai limbah dan yang terdapat pada air limbah domestik tersaji pada tabel-tabel berikut ini :

Tabel 1. Kelompok Mikroba yang dapat Diidentifikasi dari 5 Sampel Inokulum Pengurai Limbah

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Kelompok mikroba | |
|----|--------------------------|------------------|-------|
| | | Bakteri | Jamur |
| 1 | Starbio Plus | √ | √ |
| 2 | EM-4 | √ | √ |
| 3 | EMMA | √ | √ |
| 4 | Bio Fund | √ | √ |
| 5 | Decomic | √ | √ |

Keterangan:

EM-4 : Effective Microorganism-4

EMMA : Effective Microorganism-4 Malang

√ : ada

Tabel 2. Kelompok Bakteri yang dapat Diidentifikasi dari 5 Sampel Inokulum Pengurai Limbah

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Kelompok bakteri | |
|----|--------------------------|-----------------------------|-----------------|
| | | Bakteri Salmonella-Shigella | Pencemara tinja |
| 1 | Starbio Plus | √ | √ |
| 2 | EM-4 | - | - |
| 3 | EMMA | √ | √ |
| 4 | Bio Fund | √ | √ |
| 5 | Decomic | √ | √ |

Keterangan:

√ : ada

- : tidak ada

Tabel 3. Kelompok Mikroba Indikator Pencemar pada Air Limbah Domestik pada Daerah Padat Huni di Kota Malang

| No | Ulangan | Kelompok mikroba |
|----|---------|------------------------|
| 1 | 1 | Bakteri Koliform total |
| 2 | 2 | Bakteri Koliform tinja |

Tabel 4. Jumlah Total Bakteri yang terdapat pada Air Limbah Domestik per 100 ml Air Limbah yang ditanam pada Media NA (Nutrien Agar)

| No | Ulangan | Jumlah bakteri |
|----|---------|--------------------------------------|
| 1 | 1 | TBUD (terlalu banyak untuk dihitung) |
| 2 | 2 | 45 |

Tabel 5. Jumlah Total Jamur yang terdapat pada Air Limbah Domestik per 100 ml Air Limbah yang ditanam pada Media SDA (Sabouraud Dextrosa Agar)

| No | Ulangan | Jumlah jamur |
|----|---------|--------------|
| 1 | 1 | 382 |
| 2 | 2 | 300 |

Tabel 6. Jumlah Bakteri pada Inokulum Pengurai limbah yang ditanam pada Media Laktose Broth (LB) ulangan 1

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Pengenceran | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----|
| | | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ | |
| 1 | Starbio Plus | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/4 | 5/3 | 5/0 | 5/0 | 5/0 |
| 2 | EM-4 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 |
| 3 | EMMA | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/3 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 |
| 4 | Bio Fund | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/4 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 |
| 5 | Decomic | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/4 | 5/3 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 |

Tabel 7. Jumlah Bakteri pada Inokulum Pengurai limbah yang ditanam pada Media Laktose Broth (LB) ulangan 2

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Pengenceran | | | | | | | | |
|----|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ |
| 1 | Starbio Plus | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/3 | 5/1 | 5/1 | 5/0 |
| 2 | EM-4 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/1 | 5/1 | 5/0 | 5/0 |
| 3 | EMMA | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/1 | 5/0 | 5/0 | 5/0 |
| 4 | Bio Fund | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/4 | 5/2 | 5/1 | 5/1 |
| 5 | Decomic | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | 5/0 |

Tabel 8. Jumlah Bakteri pada Inokulum Pengurai limbah yang ditanam pada Media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB) dengan Inkubasi Suhu 37 °C ulangan 1

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Pengenceran | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| | | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ | |
| 1 | Starbio Plus | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/2 | 5/1 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 2 | EM-4 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/2 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 3 | EMMA | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/1 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 4 | Bio Fund | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/2 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | |
| 5 | Decomic | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/2 | 5/2 | 5/2 | 5/0 | 5/0 | |

Tabel 9. Jumlah Bakteri pada Inokulum Pengurai limbah yang ditanam pada Media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB) dengan Inkubasi Suhu 37 °C ulangan 2

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Pengenceran | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| | | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ | |
| 1 | Starbio Plus | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 2 | EM-4 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | |
| 3 | EMMA | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 4 | Bio Fund | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | |
| 5 | Decomic | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | |

Tabel 10. Jumlah Bakteri pada Inokulum Pengurai limbah yang ditanam pada Media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB) dengan Inkubasi Suhu 44 °C ulangan 1

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Pengenceran | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| | | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ | |
| 1 | Starbio Plus | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 2 | EM-4 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 3 | EMMA | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 4 | Bio Fund | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 5 | Decomic | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |

Tabel 11. Jumlah Bakteri pada Inokulum Pengurai limbah yang ditanam pada Media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB) dengan Inkubasi Suhu 44 °C ulangan 2

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Pengenceran | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| | | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ | |
| 1 | Starbio Plus | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/3 | 5/2 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 2 | EM-4 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/2 | 5/2 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 3 | EMMA | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/3 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 4 | Bio Fund | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/2 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |
| 5 | Decomic | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/3 | 5/3 | 5/2 | 5/0 | 5/0 | 5/0 | |

Tabel 12..Jumlah Bakteri pada Air Limbah Domestik yang ditanam pada Media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB) dengan Inkubasi Suhu 37 °C per 100 ml Air Limbah

| No | Ulangan | Pengenceran | | | | | | | | | |
|----|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| | | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ | |
| 1 | 1 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/4 | 5/0 | |
| 2 | 2 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/4 | 5/3 | 5/0 | |

Tabel 13. Jumlah Bakteri pada Air Limbah Domestik yang ditanam pada Media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB) dengan Inkubasi Suhu 44 °C per 100 ml Air Limbah

| No | Ulangan | Pengenceran | | | | | | | | | |
|----|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| | | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ | |
| 1 | 1 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/4 | 5/4 | 5/0 | |
| 2 | 2 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/4 | 5/3 | 5/0 | |

Tabel14.Jumlah Jamur pada Inokulum Pengurai Limbah yang ditanam pada Media Sabauraud Dextrosa Agar (SDA) 100 ml Air Limbah

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Ulangan | |
|----|--------------------------|---------|-------|
| | | 1 | 2 |
| 1 | Starbio Plus | 2.300 | 2.600 |
| 2 | EM-4 | 100 | 240 |
| 3 | EMMA | 500 | 800 |
| 4 | Bio Fund | 400 | 400 |
| 5 | Decomic | 5.000 | 4.000 |

Tabel15.Jumlah Bakteri Salmonella-Shigella pada Inokulum Pengurai Limbah yang ditanam pada Media Salmonella-Shigella per 100 ml

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Ulangan | |
|----|--------------------------|---------|-------|
| | | 1 | 2 |
| 1 | Starbio Plus | 620 | 400 |
| 2 | EM-4 | 0 | 0 |
| 3 | EMMA | 160 | 130 |
| 4 | Bio Fund | 100 | 100 |
| 5 | Decomic | 1.080 | 1.000 |

Tabel 16 Jumlah Bakteri pada Inokulum Pengurai limbah yang ditanam pada Media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB) dengan Inkubasi Suhu 37 °C per 100 ml Inokulum Pengurai Limbah

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Ulangan | |
|----|--------------------------|-------------|-----------|
| | | 1 | 2 |
| 1 | Starbio Plus | 7.000.000 | 2.300.000 |
| 2 | EM-4 | 9.000.000 | 2.300.000 |
| 3 | EMMA | 3.000.000 | 2.300.000 |
| 4 | Bio Fund | 600.000.000 | 2.300.000 |
| 5 | Decomic | 90.000.000 | 2.300.000 |

Tabel 17. Jumlah Bakteri pada Inokulum Pengurai limbah yang ditanam pada Media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB) dengan Inkubasi Suhu 44 °C per 100 ml Inokulum Pengurai Limbah

| No | Inokulum Pengurai Limbah | Ulangan | |
|----|--------------------------|-------------|-----------|
| | | 1 | 2 |
| 1 | Starbio Plus | 2.300.000 | 1.400.000 |
| 2 | EM-4 | 9.000.000 | 2.300.000 |
| 3 | EMMA | 800.000 | 800.000 |
| 4 | Bio Fund | 240.000.000 | 900.000 |
| 5 | Decomic | 23.000.000 | 2.300.000 |

3.1. Kelompok Mikroba pada Inokulum Pengurai Limbah

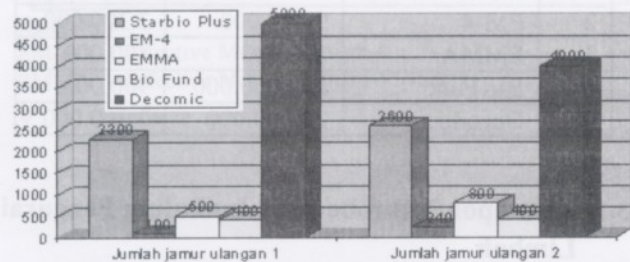
Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroorganisme yang terdapat pada inokulum pengurai

limbah secara garis besar terdiri dari bakteri dan jamur. Kedua kelompok mikroba terdapat pada semua inokulum pengurai limbah yang meliputi, merk Starbio pLus, EM-4, EMMA, Bio Fund, dan Decomic. Kemudian bila ditinjau lebih lanjut kelompok bakteri yang terdapat pada zat pengurai limbah yang telah diidentifikasi adalah bakteri kelompok Salmonella dan Shigella dan bakteri pencemar tinja. Bakteri kelompok Salmonella merupakan bakteri patogen (menyebabkan penyakit pada manusia) dan bakteri pencemar tinja merupakan bakteri yang terdapat dalam flora normal manusia dan hewan berdarah panas yang merupakan bakteri indikator pencemaran oleh tinja manusia dan hewan berdarah panas.

Kedua kelompok bakteri patogen dan bakteri indikator pencemar tinja terdapat pada Starbio Plus, EMMA, Bio Fund, dan Decomic; dan hanya tidak terdapat pada EM-4. Keberadaan bakteri patogen dalam inokulum pengurai limbah akan sangat berbahaya apabila inokulum tersebut diberikan ke lingkungan. Dengan kata lain pemberian inokulum ini tidak membantu menguraikan limbah organik dan mematikan patogen pada limbah akan tetapi justru menambah beban pencemaran terhadap lingkungan. Dengan demikian dari segi kesehatandari kelima produk inokulum pengurai limbah yang diperbolehkan hanya EM-4.

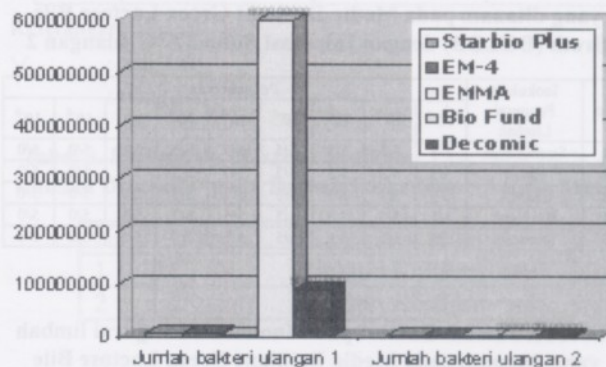
3.2. Kelompok Mikroba Indikator Pencemar yang Terdapat air Limbah Domestik

Mikroorganisme Indikator Pencemar yang telah berhasil diisolasi dari Limbah Domestik ada dua, yakni bakteri koliform total dan bakteri Koliform tinja, dimana dari kedua bakteri tersebut bila ditanam pada media umum, yakni Nutrien Agar jumlah sangat banyak. Sedangkan jamur yang telah dapat dihitung dari air limbah domestik per 100 ml air limbah berjumlah 382 dan 300 koloni.



Gambar 1. Jumlah Jamur pada Inokulum Pengurai Limbah yang Ditanam pada Media Sabauraud Dextrosa Agar per 100 ml Pengurai Limbah

Jumlah bakteri dari kelima merk juga berbeda-beda, untuk bakteri Koliform total yang memiliki jumlah tertinggi adalah Bio Fund yang mencapai 600.000.000 per 100 mlnya., dan jumlah bakteri Koliform totalnya paling sedikit adalah EMMA. Demikian juga dengan jumlah bakteri Koliform tinja jumlah terbesar adalah pada Bio Fund, sedangkan jumlah terkecilnya EMMA. Hal ini dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.

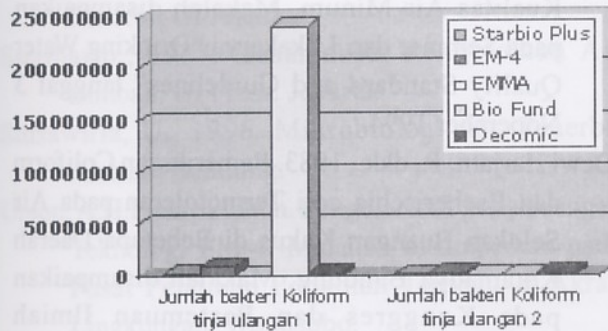


Gambar 2. Jumlah bakteri Koliform total pada Inokulum Pengurai Limbah yang Ditanam pada Media laktose Bile Broth (BGLBB) dengan Inkubasi Suhu 37°

Kandungan bakteri indikator, dalam hal ini adalah bakteri Koliform total dari kelima zat pengurai limbah pada ulangan kedua sama, hal ini karena faktor pengeceran yang kurang tinggi, dan terbukti bahwa kandungan bakteri dari Bio Fund paling tinggi mencolok bila dibandingkan dengan yang lainnya. Bakteri Koliform total merupakan kelompok bakteri yang dapat berasal dari tinja manusia dan hewan berdarah panas lainnya, serta berasal dari tumbuh-tumbuhan yang telah membusuk. Keberadaan bakteri Koliform total dalam suatu zat pengurai limbah dapat dimungkinkan bahwa dalam zat tersebut terdapat kandungan bakteri-bakteri patogen lainnya (Dewi Harjani, 1993; Dewi Harjani, dkk, 1994). Akan tetapi, bakteri yang paling berperan dalam zat pengurai limbah terutama adalah bakteri fotosintetik; dan dalam penelitian ini masih belum diidentifikasi berapa kandungan dari bakteri fotosintetik tersebut. Menurut Higa dalam Anonim, 1995 bakteri fotosintetik memiliki peran yang paling besar dalam proses penguraian suatu zat organik.

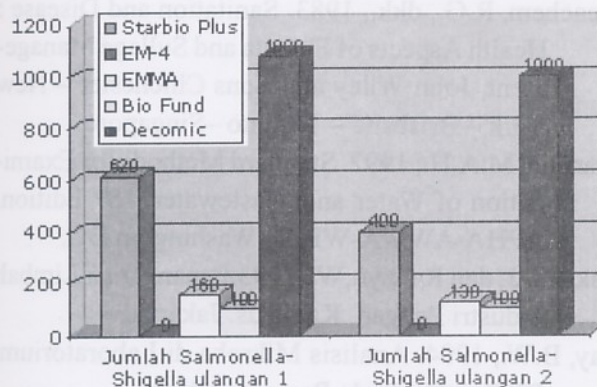
Jumlah bakteri Koliform tinja tertinggi pada inokulum pengurai limbah terbesar pada merk Bio Fund, sedangkan yang terendah pada EMMA. Urutan tertinggi ke yang terendah adalah Bio Fund, Decomic,

EM-4, Starbio Plus, dan terakhir EMMA. Bakteri koliform tinja merupakan kelompok bakteri yang berasal dari tinja hewan berdarah panas dan manusia. Bakteri ini merupakan bakteri indikator bahwa di suatu tempat telah terjadi pencemaran oleh bakteri-bakteri patogen yang terdapat dalam tinja (Dewi Harjani dkk., 1994; Dewi Harjani, 1993). Karena itu dengan adanya bakteri indikator pencemar dalam zat pengurai limbah berkorelasi dengan keberadaan patogen.



Gambar 3. Jumlah Bakteri Koliform tinja dalam Inokulum Pengurai Limbah yang Ditanam pada Media Brilliant Lactose Bile Broth (BGLBB) dengan Inkubasi Suhu 44° C per 100 ml Inokulum

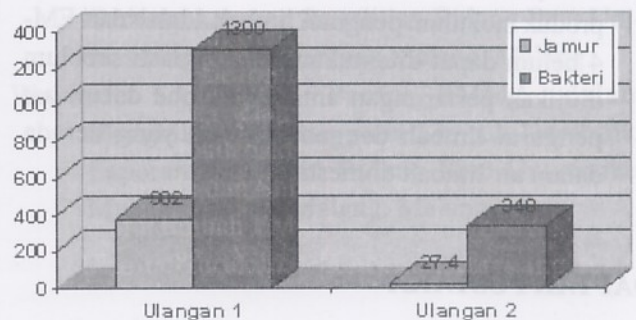
Keberadaan bakteri patogen dalam inokulum pengurai limbah sebenarnya tidak dikehendaki dalam zat pengurai limbah tersebut. karena zat pengurai limbah justru salah satu fungsinya adalah dapat mematikan bakteri-bakteri patogen yang berada dalam suatu limbah. Oleh karena itu, dalam keadaan yang demikian bila zat pengurai limbah tersebut dipakai oleh pengguna (masyarakat), maka zat pengurai limbah tersebut tidak aman terhadap lingkungan yang diakibatkan menambah jumlah mikroorganisme yang berbahaya ke dalam lingkungan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Jumlah Bakteri Salmonella-Shigella pada Inokulum Pengurai Limbah

3.3. Jumlah Mikroba dalam Air Limbah Domestik

Jumlah mikroba dalam air limbah domestik meliputi: bakteri koliform total yakni mencapai 13.000.000 per 100 ml air limbah, dan jumlah bakteri Koliform tinja mencapai angka 3.400.000 per 100 ml air limbah. Jumlah fungi juga cukup banyak yakni mencapai 382. Jumlah kedua bakteri indikator pencemar yang sangat banyak menunjukkan bahwa limbah domestik itu sangat berbahaya apabila memasuki badan air dan sumber-sumber air bersih penduduk. Oleh karena itu, harus ada upaya-upaya untuk mengurangi kandungan mikroba-mikroba berbahaya dalam air limbah domestik tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Komposisi Bakteri dan Jamur pada Air Limbah Domestik per 100 ml Sampel yang Ditanam pada Media Media SDA (Sabauraud Dextrosa Agar) dan Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB).

Keterangan: Jumlah bakteri: x 10.000

KESIMPULAN

1. Kelompok mikroba yang telah berhasil diidentifikasi dari kelima inokulum pengurai limbah, yakni Starbio Plus, EM-4, EMMA, Bio Fund, dan Decomic adalah jamur dan bakteri. Bakteri yang telah diidentifikasi adalah bakteri Koliform total, bakteri Koliform tinja, dan bakteri Salmonella dan Shigella, kecuali pada inokulum pengurai limbah EM-4.
2. Mikroba indikator pencemar air yang telah diidentifikasi pada air limbah domestik di daerah padat huni Kota Malang adalah bakteri Koliform total dan bakteri Koliform tinja.
3. Jumlah masing-masing mikroba dalam zat pengurai limbah berbeda-beda. Jumlah jamur yang paling besar adalah merk Decomic, yakni rata-rata per 100 ml adalah 4.500, sedangkan yang paling kecil jumlahnya adalah EM-4, yakni jumlah rata-

- ratanya 170. Jumlah bakteri dari kelima merk juga berbeda-beda, untuk bakteri Koliform total yang memiliki jumlah tertinggi adalah Bio Fund yang mencapai 600.000.000 per 100 ml dan yang jumlah bakteri Koliform totalnya paling sedikit adalah EMMA. Demikian juga dengan jumlah bakteri Koliform tinja jumlah terbesar adalah pada Bio Fund, sedangkan jumlah terkecilnya EMMA.
4. Jumlah mikroba dalam air limbah domestik meliputi: bakteri koliform total yakni mencapai 13.000.000 per 100 ml air limbah, dan jumlah bakteri Koliform tinja mencapai angka 3.400.000 per 100 ml air limbah. Demikian juga jumlah fungi juga cukup banyak yakni mencapai 382.
 5. Komposisi ideal kandungan mikroba dari kelima produk inokulum pengurai limbah adalah dari EM-4 belum dapat ditentukan dengan pasti sebelum diujikan pertarungan antara mikroba dalam zat pengurai limbah dengan mikroba yang berada dalam air limbah domestik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika, S.S., 1987. Metode Penelitian Air. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Anonim., 1995. Pedoman Penggunaan EM bagi Negara-negara Asia Pasifik. Nature Agriculture Network. Jakarta
- Anonim., 1997a. Penggunaan Bokashi EM dalam Bidang Ternak. Agdex 400/35, LIPTAN IP2TP. Yogyakarta.
- Anonim., 1997b. Dextran. Persada Nusantara, IPB. Bogor.
- Anonim., 1997c. Teknologi EM-4 pada Pertanian Ramah Lingkungan. BPTP. Palangkaraya
- Anonim., 1998. Effective Microorganism-4 (EM-4). PT Songgolangit Persada. Jakarta.
- Anonim., 1998. Starbio Plus Mikroba Penguras WC dan Pemangsa Limbah, Lembah Hijau, Jakarta
- Anonim., 2000. Bio 2000: Serbuk Pengurai Limbah Organik. CV Alam Lestari Indonesia
- Anonim., 2000. EMMA. CV Emindo. Malang.
- BBPT., tanpa tahun. Decomic: Mikroorganisme Aktivator Pengomposan Bahan Organik., Puspitek Serpong. Tangerang.
- Boyd, R.F., 1995. Basic Medical Microbiology, Fifth Edition, Little Brow and Company, Boston. New York-Toronto-London.
- Bridson, E. Y., 1998. The Oxoid Manual. 8 th Edition. Oxoid Limited. Wade Road. Basingstoke Hampshire. England.
- Depkes RI., 1992. Pedoman Kerja Puskesmas. Jilid III. Departemen Kesehatan RI. Jakarta.
- Dewi Harjani, P., 1993. Faecal Indikator Bacteria. Makalah Universitas Padjadjaran Bandung. Bandung.
- Dewi Harjani, P., Freisleben, H.J., dan Supardi, I., 1994. Aspek Mikrobiologik pada Pedoman Kualitas Air Minum. Makalah disampaikan pada Seminar dan Lokakarya "Drinking Water Quality Standard and Guidelines" tanggal 3 Nopember 1994.
- Dewi Harjani, P., dkk., 1983. Pemeriksaan Coliform dan Escherischia coli Termotoleran pada Air Selokan Buangan Kakus di Beberapa Daerah Kotamadya Bandung. Makalah disampaikan pada Kongres dan Pertemuan Ilmiah Mikrobiologi dan Parasitologi Kedokteran II. Surabaya
- Dwidjoseputro., 1993. Dasar-dasar Mikrobiologi. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Entjang, I., 1997. Ilmu Kesehatan Masyarakat. Penerbit PT Citra Aditya Bakti. Bandung.
- Fardiaz, S., 1993. Analisis Mikrobiologi Pangan. PT RajaGrafindo Persada. Jakarta.
- Fardiaz, S., 1992. Polusi Air dan Udara. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Feachem, R., dkk., 1978. Water, Wastes, and Health in Hot Climated, English language Book Society and John Wiley & Sons. Chichester.
- Feachem, R.G., dkk., 1980. Appropriate Tecnologi For Water Supply and Sanitation : Health Aspects of Ekcreta and Sullage Management. The World Bank. Washington.
- Feachem, R.G., dkk., 1983. Sanitation and Disease : Health Aspects of Ekcreta and Sullage Management, John Wiley and Sons Chichester – New York – Brisbane – Toronto –Singapore.
- Franson, M.A.H., 1992. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 18th Edition, APHA-AWWA-WPCF. Washington DC.
- Laksmi, J. dan Rahayu, W., 1993. Penanganan Limbah Industri Pangan. Kanisius. Jakarta.
- Lay, B.W., 1994. Analisis Mikroba di Laboratorium. PT RajaGrafindo Persada. Jakarta.
- Mahtuti, E.Y., 1999. Pengaruh Pemberian Jenis dan konsentrasi Zat Pengurai Limbah terhadap

- Penurunan Jumlah Bakteri Indikator Pencemar Air pada Efluen Tangki Septik. Skripsi Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Pelczar, M.J. and Chan, E.C.S., 1988. Dasar-dasar Mikrobiologi jilid II. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Soemirat, J.S., 1994. Kesehatan Lingkungan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soerjani, N., dkk., 1987. Lingkungan: Sumberdaya Alam dan Kependudukan dalam Pembangunan. Penerbit UI Jakarta.
- Sugiharto., 1987. Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah. UI Press. Jakarta.
- Suriawiria, U., 1996. Mikrobiologi Air. Penerbit Alumni. Bandung.
- Urson, A.H.P, tanpa tahun. Pengolahan Limbah dengan Teknologi EM-4. Makalah disampaikan pada Pusat Pelatihan Pertanian Terpadu & Akrab Lingkungan. Wonosobo.
- Waluyo, L., 2000. Peran Zat Pengurai Limbah "Starbio Plus" dalam Penurunan Bakteri Indikator Pencemar Air pada Air Limbah Domestik. Laporan Penelitian Bidang Ilmu, Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Waluyo, L., 2002. Upaya Mengatasi Pencemaran Air Limbah Domestik oleh Berbagai Jenis dan Konsentrasi Zat Pengurai Limbah: Sebagai Sumber Pembelajaran tentang Bioremediasi dengan Metode Bioteknologi di SMU Laporan Penelitian Bidang Ilmu. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang
- Waluyo, L., 1999. Pengaruh Berbagai Variasi Waktu Kontak EM-4 (Effective Microorganism-4) terhadap Persistensi Bakteri Indikator Pencemar Tinja. Laporan Penelitian Bidang Ilmu Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Waluyo, L., 2000. Pengaruh Konsentrasi Zat Pengurai Limbah Starbio Plus terhadap Penurunan Bakteri Indikator Pencemar Tinja pada Air Limbah RPH (Rumah Pemotongan Hewan) Gadang. Laporan Penelitian Bidang Ilmu Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Waluyo, L., 2001. Peran EMMA dalam Menghilangkan Bau pada Limbah Domestik, Laporan Penelitian Bidang Ilmu Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.

Kata Kunci : Sambilo, *Andrographolid*, SGPT, SGOT

1. PENDAHULUAN

Tanaman Sambilo memiliki khasiat mampu memblokir aneka penyakit dari yang ringan sampai yang berat, karena mengandung bahan aktif *Andrographolid*.

Sambilo mengandung senyawa *andrographolid*, terutama di bagian daun dan batangnya. Di dalam daun kadar senyawa ini sekitar 2,5 -4,8% dari berat keringnya. Diduga senyawa ini merupakan bahan aktif daun sambilo yang mengandung unsur-unsur mineral seperti kalsium, natrium, kalium dan asam kerdik. Selain itu sambilo juga mengandung lakone, minyak atsiri, *flavonoid*. *Andrographolid* adalah merupakan komponen utama sambilo yang mempunyai multi efek farmakologis. Zat aktif ini

mampu menghambat pertumbuhan sel jamur hati, payudara, prostat, bakteri juga dapat mengoksidasi produk limbah sehingga rasanya dapat digunakan sebagai salah satu pengontrol virus HIV. Sambilo juga dapat berfungsi sebagai hepatoprotektor yaitu pelindung sel hati dari zat yang bersifat toksik (Prasetyo, 2003).

Hepar merupakan organ tubuh sekaligus kelenjar yang besar dan merupakan pusat dari metabolisme tubuh. Salah satu indikator kerusakan sel-sel hati adalah meningkatnya kadar enzim-enzim hati dalam serum, termasuk meningkatnya kadar SGPT dan SGOT di PT (Serum Glutamic pyruvic transaminase) dan AST (Serum glutamic oxaloacetic transaminase) merupakan enzim-enzim transaminase yang beraktivitas

¹ Sri Waluyo, Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Malang