



## AKTIVITAS BAKTERI PENDEGRADASI POLIURETAN DARI SERASAH RUMPUT GAJAH

Farah Aldila<sup>1</sup>, Ari Susilowati<sup>2</sup>, Ratna Setyaningsih<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 57126

<sup>2</sup> Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 57126

<sup>3</sup> Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 57126

Email Korespondensi: [aldilafarah@gmail.com](mailto:aldilafarah@gmail.com)

### Abstrak

Poliuretan merupakan kelompok polimer dengan kekuatan tensil yang tinggi serta memiliki ketahanan terhadap degradasi oleh berbagai pelarut. Polimer tersebut telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang. Masalah yang timbul dari meningkatnya penggunaan poliuretan adalah semakin bertumpuknya limbah yang mengandung residu polimer tersebut, sehingga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Metode penanggulangan yang dianggap paling aman adalah dengan proses biodegradasi oleh mikroorganisme. Mikroorganisme yang dapat hidup pada substrat kompleks seperti lignoselulosa yang banyak terkandung dalam rumput gajah, diduga memiliki kemampuan untuk mendegradasi limbah poliuretan yang juga tergolong memiliki struktur yang kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bakteri dari serasah rumput gajah, yang berpotensi dapat melakukan degradasi terhadap limbah poliuretan. Seleksi bakteri potensial dilakukan dengan menginokulasikan sampel ke dalam media *Luria Berthani* dengan penambahan *Impranil*. Pengamatan struktur poliuretan dilakukan menggunakan IR Spektrofotometer. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa RG 5 adalah isolat bakteri yang berpotensi mampu mendegradasi poliuretan. Kemampuan degradasi tersebut ditandai dengan adanya perubahan pada puncak serapan  $1731\text{ cm}^{-1}$  pada uji IR Spektrofotometer. Perubahan pada puncak serapan tersebut diduga disebabkan oleh adanya perubahan pada struktur ikatan ester penyusun poliuretan.

**Kata Kunci:** Pencemaran, biodegradasi, ikatan ester.

### Pendahuluan

Poliuretan merupakan bahan polimer yang mempunyai ciri khas adanya gugus fungsi uretan (-NHCOO-) dalam rantai utama polimernya. Busa poliuretan yang elastis banyak digunakan sebagai isolator, termasuk sebagai laminat tekstil untuk pakaian musim dingin, panel pelindung pada mobil, kain pelapis tempat tidur, dan spon sintesis, sedangkan busa yang keras banyak digunakan dalam panel-panel konstruksi terisolasi, pengemasan barang-barang lunak serta *furniture* (Tano, 1997; Stevens, 2001). Poliuretan digunakan pula sebagai bahan perekat logam, kayu, karet, kertas, kain, keramik, plastik polivinilklorida (PVC), penyambung tangki bahan bakar *cryogenic*, pelindung muka, serta kantong darah. Penggunaan poliuretan diperkirakan akan terus meningkat mengingat keunggulan sifat dan pemakaiannya yang cukup praktis (Rohaeti dkk., 2002).

Masalah yang timbul akibat meningkatnya penggunaan poliuretan adalah semakin bertumpuknya limbah yang mengandung residu poliuretan. Rata-rata produksi poliuretan dunia mencapai 9 juta ton/tahun dimana kurang lebih 1/3 nya digunakan di Eropa, dan sebagian besar diproduksi dalam bentuk busa. Selama pertengahan tahun 1990 saja, Eropa Barat telah menghasilkan limbah poliuretan sebanyak 100.000 ton/tahun. Hingga saat ini material poliuretan yang telah didaur ulang baru mencapai 10% sedangkan sebanyak 90% masih tertumpuk sebagai limbah. Metode penanggulangan yang dianggap paling ramah lingkungan serta tidak menimbulkan masalah baru adalah dengan proses biodegradasi, yakni menggunakan mikroorganisme tertentu sebagai pengurai. Mikroorganisme memiliki karakteristik yang berbeda-beda, oleh karena itu mekanisme degradasi akan sangat bervariasi dari satu mikroorganisme dengan yang lain. Beberapa jenis mikroorganisme diketahui memiliki kemampuan mendegradasi polimer seperti poliuretan dengan cara menggunakannya sebagai substrat untuk pertumbuhan.

Rumput gajah (*Pennisetum purpureum* Schumach.) merupakan tanaman yang termasuk ke dalam kelompok rumput-rumputan. Tanaman tersebut diketahui memiliki kandungan lignoselulosa yang kompleks. Komponen utama dalam bahan lignoselulosa adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ketiganya membentuk suatu ikatan kimia kompleks yang menjadi bahan dasar dinding sel tumbuhan. Carpita dan Mc Cann (2000) menyebutkan bahwa salah satu ikatan yang menyusun lignoselulosa adalah ikatan ester. Mikroorganisme yang dapat hidup pada serasah rumput gajah, diduga dapat mendegradasi ikatan ester dari polimer lignoselulosa yang sangat kompleks pada tempat hidupnya, sehingga diharapkan pula mikroorganisme tersebut memiliki kemampuan untuk mendegradasi polimer poliuretan, yang juga tersusun atas ikatan ester. Berdasarkan dugaan tersebut, maka dirasa perlu dilakukannya penelitian mengenai potensi bakteri yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi poliuretan dari berbagai substrat alami, seperti halnya dari serasah rumput gajah dan kayu jati yang telah lapuk.

## Metode Penelitian

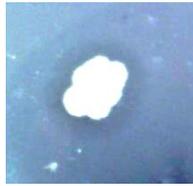
Sampel serasah rumput gajah diambil dari daerah Mojosongo, Boyolali. Pengambilan sampel dilakukan mulai dari permukaan hingga kedalaman  $\pm 15$  cm. Perlakuan pengayaan kultur bakteri dilakukan pada medium cair LB (*Luria Bertani*). Material poliuretan yang digunakan adalah Impranil (Bayer GmbH, Dormagen, Germany) yang ditambahkan ke dalam media. Serasah rumput gajah sebanyak 5 g ditambahkan secara aseptik ke dalam gelas erlenmeyer 500 ml yang berisi 250 ml medium pengayaan (1:50 gr/vol). Kemudian kultur bakteri diinkubasi di atas rotary shaker dengan kecepatan 100 rpm selama 7 hari pada suhu 37°C (Ambriyanto, 2010; Nakkabi *et al.*, 2015).

Bakteri pendegradasi poliuretan diisolasi menggunakan metode *spread plate* pada medium LB (*Luria Bertani*) padat dengan penambahan Impranil. Pengenceran bertingkat dilakukan untuk memudahkan isolasi. Biakan bakteri di inkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 1-7 hari. Koloni yang tumbuh diamati zona beningnya. Setiap koloni terpisah yang memunculkan zona bening dimurnikan dengan metode streak. Zona bening menunjukkan bahwa koloni bakteri tersebut mendegradasi poliuretan yang ada disekitarnya (Ambriyanto, 2010; Nakkabi *et al.*, 2015).

Pengamatan perubahan struktur poliuretan dilakukan menggunakan IR Spektrofotometer. Sampel yang digunakan diambil dari kultur cair yang telah diinkubasi selama 10 hari. Sebanyak 50  $\mu\text{L}$  sampel diambil kemudian disentrifugasi selama 1 menit pada 4.200 g untuk menghilangkan material bakteri, kemudian dianalisis menggunakan IR-Spektrofotometer dengan menggunakan *deionized water* sebagai background spektrum (Rusell *et al.*, 2011). Poliuretan (Impranil) kontrol, seharusnya menunjukkan puncak serapan yang besar pada  $1731\text{ cm}^{-1}$ , oleh karena adanya ikatan ester pada polimer poliuretan. Hilangnya peak pada serapan  $1731\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan degradasi poliuretan oleh karena rusaknya ikatan ester yang menyusunnya. Data yang diperoleh dari IR Spektrofotometer, kemudian dianalisis secara diskriptif kualitatif.

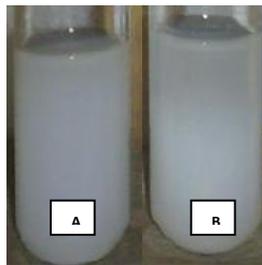
## Hasil Penelitian dan Pembahasan

Isolasi bakteri pendegradasi Poliuretan dari serasah rumput gajah menghasilkan 4 isolat bakteri yang diduga memiliki kemampuan mendegradasi poliuretan pada media agar, hal tersebut ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni. Namun setelah dilakukan uji zona bening lebih lanjut, isolat RG 5 menunjukkan adanya zona bening yang cukup besar. Menurut Nakkabi *et al.* (2015), terbentuknya zona bening menunjukkan bahwa koloni bakteri tersebut mendegradasi poliuretan yang ada disekitarnya. Gambar 1 menunjukkan diameter zona bening yang dibentuk oleh isolat RG5 pada media selektif padat.



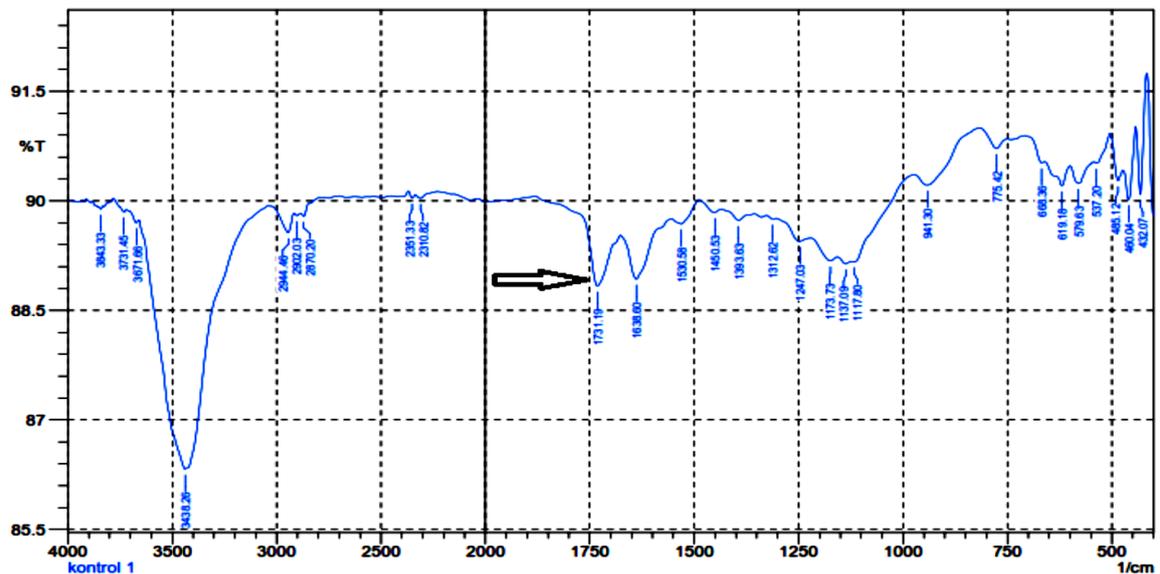
Gambar 1. Isolat RG 5 pada Media Selektif Padat

Inokulasi isolat RG 5 pada media selektif cair, juga menunjukkan perubahan yang ditandai dengan berubahnya warna media menjadi lebih jernih daripada kontrol. Gambar 2 menunjukkan perubahan media selektif cair setelah diinokulasi dengan RG 5 selama 10 hari.

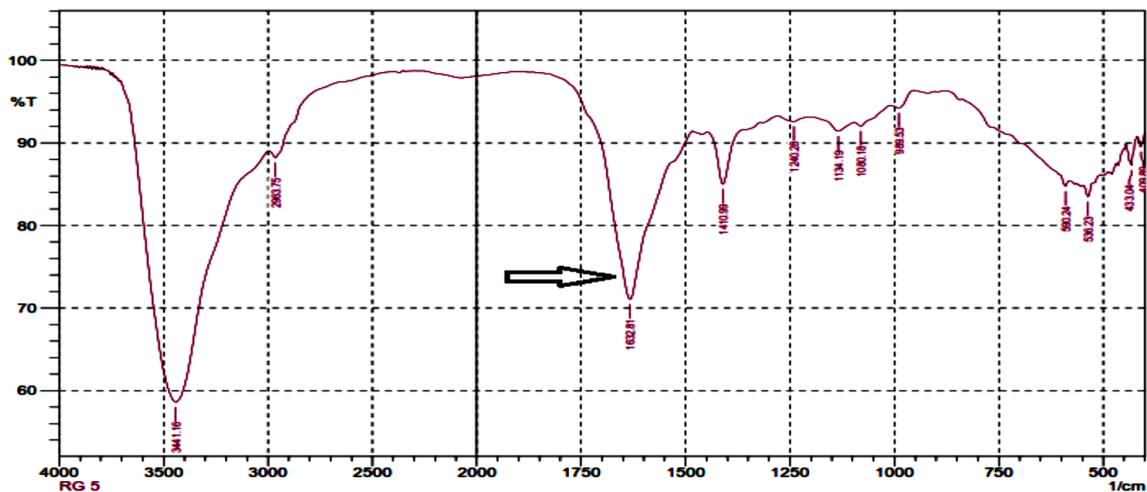


Gambar 2. Media Selektif Cair dengan Inokulasi RG 5  
A. Kontrol; B. Dengan Inokulasi RG 5

Analisis struktur Poliuretan menggunakan IR spektrofotometer menunjukkan bahwa isolat bakteri RG 5, memiliki potensi mendegradasi poliuretan, hal tersebut ditandai dengan perubahan pada puncak serapan  $1731\text{ cm}^{-1}$ .



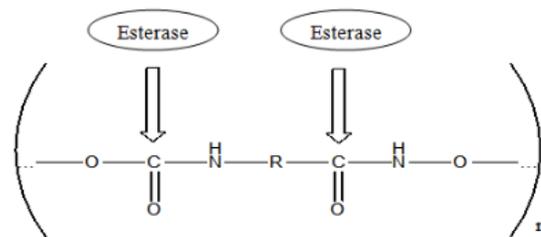
Gambar 3. Grafik Struktur Poliuretan Tanpa Inokulasi RG 5



Gambar 4. Grafik Struktur Poliuretan dengan Inokulasi RG 5

Poliuretan memiliki gugus karbonil yang rentan terhadap hidrolisis, oleh karena itu degradasi poliuretan yang terjadi tersebut diduga disebabkan oleh adanya hidrolisis ikatan karbon yang menyusunnya. Uji IR Spektrofotometer menguatkan dugaan terjadinya hidrolisis tersebut. Analisis terhadap sampel Impranil, menunjukkan adanya puncak serapan pada  $1731\text{ cm}^{-1}$ , yang menunjukkan adanya ikatan ester C (O)-O pada polimer poliuretan (Gambar 3).

Inokulasi RG 5 pada media poliuretan kemudian inkubasi selama 10 hari pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$ , menyebabkan terjadinya perubahan warna pada media yang semula putih keruh menjadi transparan. Uji IR Spektrofotometer menunjukkan hilangnya puncak serapan  $1731\text{ cm}^{-1}$  serta beberapa perubahan kecil pada puncak serapan yang lain (Gambar 4). Hilangnya puncak tersebut sejalan dengan hidrolisis ikatan ester pada ikatan uretan. Nakkabi *et al.* (2015) pernah melaporkan hasil serupa oleh aktivitas *Bacillus subtilis*. Investigasi oleh Griffin (1980) menunjukkan bahwa degradasi poliuretan kemungkinan disebabkan oleh aksi hidrolisis oleh enzim urease, protease dan esterase. Jalur degradasi oleh aktivitas esterase secara teoritis ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Jalur degradasi Poliuretan oleh aktivitas esterase

## Simpulan, Saran, dan Rekomendasi

Isolat bakteri RG 5 yang diisolasi dari serasah rumput gajah dapat mendegradasi poliuretan. Kesimpulan tersebut ditunjang dari beberapa tahapan uji yang telah dilakukan, yakni adanya zona bening pada media selektif padat serta perubahan warna media selektif cair dari putih keruh menjadi transparan. Selain itu analisis menggunakan IR Spektrofotometer juga menunjukkan adanya perubahan pada puncak serapan  $1731\text{ cm}^{-1}$ , yang diduga karena adanya hidrolisis ikatan ester yang menyusun poliuretan. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukannya analisis lebih lanjut terkait dengan identitas bakteri serta aktivitas enzimatis yang terjadi, sehingga kedepannya dapat digunakan sebagai acuan untuk mendesain suatu poses pengolahan sampah yang aman bagi lingkungan.

## Daftar Pustaka

- Ambriyanto, K. S. (2010). *Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Pendegradasi Selulosa dari Serasah Daun Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum schaum*)*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Carpita, N dan McCann, M. (2000). *The cell wall. Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. New Jersey: John Wiley and Sons Publishing.
- Griffin, G.J.L. (1980). Synthetic Polymers and the Living Environment. *Pure and Applied Chemistry*, 52, 389–407.
- Nakkabi, A. *et al.* (2015). Biodegradation of Poly(ester urethane)s by *Bacillus subtilis* *Int. J. Environ. Res.* 9 (1), 157-162.
- Rohaeti, E., Surdia, Radiman, C. L. dan Ratnaningsih, E. (2002). Biodegradasi poliuretan hasil sintesis dari amilosa PEG400 - MDI menggunakan lumpur aktif. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 311-317.
- Russell, J.R. Huang, J., Anand, Kucera, K., Amanda, G., Kathleen W. D., DaShawn, Justin J. , Farrah M. K., David K., Daniel H. M., Paul A. M., Salvador J , Marina S., Maria A., Michael V. Neely E. Williams Lori-Ann B. Carol B. dan Scott A. S. (2011). Biodegradation of Polyester Polyurethane by Endophytic Fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 77 (17), 6076-6084.
- Stevens, M. P. (2001). *Polymer Chemistry*. Jakarta: PT. Pradya Paramita.
- Tano, T. (1997). *Pedoman Membuat Perekat Sintetis*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.