



Program Kreativitas Mahasiswa

**Potensi Bakteri *Ralstonia eutropha* sebagai Penghasil
Bioplastik dari Substrat Limbah Organik**

Bidang Kegiatan

PKM GT

Diusulkan oleh:

Debie Rizqoh (G34070028/2007)

Seztifa Miyasyiwi (G34070061/2007)

Bramantyo Jati (G34051377/2005)

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2009

LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan : Degradasi Limbah Organik Menggunakan Bakteri
Ralstonia eutropha Untuk Pembuatan Kantung Bioplastik
2. Bidang Kegiatan : () PKM-AI () PKM-GT
3. Ketua Pelaksana Kegiatan:
 - a. Nama Lengkap : Debie Rizqoh
 - b. NIM : G34070028
 - c. Jurusan : Biologi
 - d. Institut : Institut Pertanian Bogor

Bogor, 1 April 2009

Menyetujui,
Ketua Jurusan

Ketua Pelaksana Kegiatan

Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, MS
NIP.131851278

Debie Rizqoh
NIM. G34070028

Wakil Rektor Bidang Akademik dan
Kemahasiswaan

Dosen Pendamping

Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS
NIP. 130 473 999

Dr. Nisa Rachmania Mubarik, MSi
NIP. 132045531

PRAKATA

Syukur alhamdulillah ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan kekuatan dan hidayah-Nya sehingga karya tulis mahasiswa yang berjudul “Potensi Bakteri *Ralstonia eutropha* sebagai Penghasil Bioplastik dari Substrat Limbah Organik” dapat diselesaikan. Karya tulis ini diikutsertakan pada seleksi Program Kreatifitas Mahasiswa Gagasan Tertulis (PKM GT) 2009. Shalawat dan salam semoga tercurah pula kepada Rasulullah Muhammad SAW dan para sahabat. Teriring doa dan harap semoga Allah meridhoi upaya yang kami lakukan.

Karya tulis ini berisi tentang pemanfaatan limbah organik untuk membuat kantung bioplastik dengan menggunakan bakteri *Ralstonia eutropha* sebagai penghasil polimer bioplastik. Jumlah penggunaan kantung plastik yang begitu besar menyebabkan banyaknya limbah plastik yang menumpuk dan tidak dapat didegradasi. Hal ini menjadi perhatian menarik bagi penulis untuk membuat karya ilmiah tentang pemanfaatan limbah organik untuk membuat kantung bioplastik dengan menggunakan bakteri *Ralstonia eutropha* yang dapat didegradasi sehingga mengurangi limbah plastik tersebut.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Biologi yang banyak memberi bimbingan dan arahan kepada penulis dalam melakukan penulisan. Penulis berharap karya tulis ini bermanfaat bagi penulis, mahasiswa, dan pemerhati lingkungan pada umumnya.

RINGKASAN

*Debie Rizqoh, Seztifa Miyasyiwi, dan Bramantyo Jati, dibimbing oleh Nisa Rachmania Mubarik mempersembahkan sebuah karya tulis dengan judul “Potensi Bakteri *Ralstonia eutropha* sebagai Penghasil Bioplastik dari Substrat Limbah Organik” Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680*

Plastik merupakan salah satu bahan yang telah memberikan banyak kemudahan bagi kehidupan manusia sehari-hari. Penggunaan kantong plastik setiap harinya mencapai jutaan tiap harinya. Namun plastik sintetis yang berasal dari minyak bumi tidak dapat didgradasi sehingga dapat menimbulkan pencemaran. Bioplastik merupakan suatu teknologi yang bisa menjadi solusi untuk mengatasi masalah ini karena bioplastik berbahan organik sehingga dapat didegradasi. Pembuatan bioplastik umumnya dilakukan dengan memanfaatkan bakteri *Ralstonia eutropha* dengan menghidrolisis pati kemudian menghasilkan polimer plastik organik. Pati didapatkan dari berbagai macam tumbuhan. Selain itu, limbah plastik organik hasil pertanian dan industri juga berpotensi untuk diekstrak kandungan patinya.

Bioplastik dapat dihasilkan dari metabolisme beberapa bakteri dan arkea di saat terjadi cekaman nutrisi di lingkungan dengan jumlah sumber karbon berlimpah dengan hasil samping berupa senyawaan poliester dari ragam hidroksialkanoat. *Ralstonia eutropha* merupakan bakteri kemoautotrof fakultatif yang dapat mengakumulasi *poli-β-hydroxyalkanoate* (PHA) sebagai cadangan energi dalam kondisi kultur yang mengandung sedikit mineral atau oksigen. *Poly-β-hydroxyalkanoates* (PHA) adalah suatu famili poliester thermoplastic bermolekul tinggi yang terbentuk secara alami atau melalui cara teknik bioteknologi (Uchino *et al.* 2007).

Permasalahan yang berkembang akibat pencemaran plastik ini sangat beragam. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi alat yang solutif sehingga dapat diterapkan oleh masyarakat dalam mengurangi masalah pencemaran plastik akibat

penggunaan plastik sintetis yang tidak dapat didegradasi. Ada beberapa cara yang digunakan untuk menghilangkan limbah plastik baik secara fisik, biologis, dan kimia, atau kombinasi dari ketiganya serta juga dengan daur ulang. Cara-cara itu cenderung kurang efektif karena jumlah limbah plastik yang sangat banyak dan tidak semua limbah plastik ditangani seperti itu. Sebagian besar orang akan membuang kantong plastik begitu sudah sekali pakai. Sehingga akan lama-kelamaan akan menimbulkan tumpukan limbah plastik tanpa dapat didegradasi.

Bakteri *Ralstonia eutropha* merupakan bakteri kemoautotrof fakultatif yang dapat mengakumulasi poli- β -hydroxyalkanoate (PHA) sebagai cadangan energi dalam kondisi kultur yang mengandung sedikit mineral atau oksigen. PHA dibentuk di dalam sitoplasma sel, bentuknya dapat berupa granula dan kristal (Anatia 2007). Granula tersebut mengandung PHA dipolimerase yang terdapat dalam membran protein atau pada sitoplasma yang menyebabkan terjadinya degradasi polimer. PHA mempunyai karakteristik kimia dan fisik yang dibutuhkan bagi penggunaannya sebagai termoplastik komersial. Polimer ini dapat digunakan lebih lanjut melalui pencetakan larutan maupun pelelehan untuk membentuk serat, film, plastik fleksibel, dan plastik rigid (Matthysse *et al.* 2008).

Penanganan limbah plastik ini memerlukan suatu terobosan baru sebagai bioplastik dengan memanfaatkan bakteri *Ralstonia eutropha*. Alat yang direkomendasikan berupa kantong plastik organik untuk menggantikan posisi kantong plastik sintetis. Kantong bioplastik ini akan digunakan untuk wadah barang-barang belanjaan khususnya dari pasar swalayan maupun pasar-pasar lainnya. Dalam proses pembuatannya, ekstrak pati didapat dari limbah organik sehingga memberi nilai tambah bioplastik dalam kepedulian terhadap lingkungan. Apabila semua kantong plastik sintetis diganti dengan kantong bioplastik, maka pembuangan kantong plastik tidak menjadi masalah lagi karena kantong bioplastik mudah terurai oleh organisme pengurai. Dengan demikian, kantong bioplastik adalah alat yang praktis, efektif dan ramah lingkungan.

Aplikasi yang diharapkan adalah kantong bioplastik ini akan digunakan untuk mengganti kantong plastik sintetis. Kemudian masih diperlukan penelitian lebih lanjut

terutama mengenai pemanfaatan limbah organik dalam pembuatan bioplastik. Untuk mengembangkan teknologi ini perlu dibangun dalam industri berskala besar karena kebutuhan bioplastik akan semakin banyak.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
RINGKASAN	iv
DAFTAR ISI	vi
I. PENDAHULUAN	1
II. TELAAH PUSTAKA	4
2.1 Plastik	4
2.2 Bioplastik	5
2.3 <i>Ralstonia eutropha</i>	6
2.4 PHA dan PHB	7
III. METODE PENULISAN	8
3.1 Penentuan Gagasan	9
3.2 Pengumpulan Data	9
3.3 Pengolahan dan Analisis Data	10
3.4 Perumusan Solusi	10
3.5 Penarikan Kesimpulan dan Saran	10
IV. PEMBAHASAN	11
4.1 Sintesis Inovasi yang dibuat	11
4.2 Pembuatan Bioplastik	13
4.3 Deskripsi Karya	13
4.8 Analisis Aspek Daya Saing Bangsa	14
V. PENUTUP	15
5.1 Simpulan dan Saran	15
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT PENULIS	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan salah satu bahan yang telah memberikan banyak kemudahan bagi kehidupan manusia sehari-hari. Plastik sudah digunakan sejak 50 tahun lalu, namun penggunaannya meningkat tajam sejak 25 tahun terakhir seiring dengan perubahan gaya hidup masyarakat menjadi semakin konsumtif. Sifatnya yang ringan, transparan, murah, isolator yang baik, mudah dibentuk, dan dapat dimodifikasi sesuai dengan keperluan telah menjadikan plastik sebagai bahan yang paling banyak digunakan oleh manusia (Khoiri 2007). Plastik berasal dari minyak bumi. Untuk membuat satu ton plastik diperlukan 12 juta barel minyak per tahun dan 14 juta pohon yang ditebang (Lu *et al.* 2008). Hal ini dapat memperburuk *global warming* karena berkurangnya pohon sebagai paru-paru bumi yang dapat menyerap emisi gas rumah kaca. Selain bahan dasarnya yang tidak terbarukan, plastik juga tidak hemat energi dalam proses pembuatannya.

Permasalahan lain yang ditimbulkan dari penggunaan plastik ialah pada saat produk-produk plastik tersebut sudah tidak dapat dipergunakan lagi dan dibuang ke lingkungan, akan sulit terurai secara alami oleh mikroorganisme dan dapat mencemari tanah dan air tanah (Rais 2007). Pada kasus lain, pembakaran plastik dapat melepaskan asap beracun seperti adipat dan ftalat yang bersifat karsinogen, dan proses produksinya juga menghasilkan polusi dalam jumlah yang besar seperti vinil klorida. Kasus lainnya adalah proses pembuangan sampah plastik sembarangan dapat mempengaruhi ekosistem laut, karena terdapat puluhan penyu, paus, dan mamalia laut mati karena memakan sampah plastik. Sampah plastik terutama kantong-kantong plastik dari pasar swalayan yang dibuang sembarangan juga dapat menyumbat saluran drainase dan sungai (Raberg *et al.* 2008).

Salah satu cara yang telah dilakukan dalam mengurangi limbah plastik ialah dengan proses daur ulang plastik. Namun, cara ini belum mampu mengatasi permasalahan yang ada sebab proses daur ulang sendiri belum mampu mengurangi

jumlah plastik karena tidak dapat didegradasi. Selain itu, hanya jenis-jenis plastik tertentu saja yang dapat didaur ulang sedangkan sebagian besar plastik langsung dibuang setelah digunakan. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi yang dapat menggantikan plastik yang tidak terbarukan dengan plastik yang terurai (*degradable*). Salah satu inovasi plastik yang teruraikan ialah bioplastik. Bioplastik ternyata banyak dihasilkan oleh mikroorganisme, contohnya *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, *Ralstonia* dan *Rhizobium* (Matthysse *et al.* 2008).

Sebenarnya pembuatan bioplastik telah lama dilakukan terutama oleh negara-negara maju. Bioplastik juga terbukti memiliki tingkat kekuatan yang sebanding dengan plastik sintetik. Bahan metabolit sekunder dari bakteri yang dapat dijadikan sebagai bioplastik adalah Poli- β -hidroksialkanoat (PHA). PHA dibentuk di dalam sitoplasma sel, dan merupakan hasil akumulasi metabolisme sel bakteri saat terjadi kelebihan karbon di lingkungan tempat hidupnya. PHA mempunyai karakteristik kimia dan fisik yang dibutuhkan bagi penggunaannya sebagai termoplastik komersial. Polimer ini dapat digunakan lebih lanjut melalui pencetakan larutan maupun pelelehan untuk membentuk serat, film, plastik fleksibel, dan plastik rigid (Matthysse *et al.* 2008).

1.2 Uraian Singkat

Karya tulis ini mengangkat bioplastik sebagai inovasi baru untuk menggantikan plastik sintetik. Hal ini didasarkan pada informasi bahwa limbah plastik sintetik dapat mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan. Selain itu plastik sintetik tidak dapat didegradasi sehingga limbahnya yang menumpuk tanpa ada yang dapat menguraikannya. Di negara-negara maju memang sudah banyak aplikasi bioplastik. Namun, di Indonesia masih jarang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Padahal mikroorganisme penghasilnya memiliki keragaman dan jumlah yang berlimpah di Indonesia. Penggunaan bioplastik memiliki banyak keuntungan dan yang sudah pasti lebih ramah lingkungan. Namun, kendala saat ini ialah biaya produksi yang masih mahal. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah organik dapat

dijadikan salah satu solusi untuk mengurangi biaya produksi sehingga teknologi ini dapat berkembang di Indonesia.

1.3 Perumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi bahan diskusi dalam karya tulis ini adalah:

1. Fenomena penggunaan kantong plastik berbahan plastik sintetik
2. Tidak adanya penanganan yang baik dalam menangani limbah kantong plastik
3. Tidak ada kemampuan untuk mendegradasi limbah plastik sehingga dapat menimbulkan pencemaran
4. Memanfaatkan inovasi bioplastik untuk mengganti polimer sintetik dalam pembuatan kantong plastik di pasar-pasar swalayan

1.4 Tujuan Penulisan

Penulisan karya tulis ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai manfaat bioplastik
2. Mengaitkan antara masalah banyaknya penggunaan kantong plastik dengan pembuatannya yang menggunakan plastik sintetik yang tidak teruraikan.
3. Memberikan solusi terhadap masalah penanganan limbah plastik sintetik yang tidak dapat didegradasi
4. Mengembangkan teknologi bioplastik di Indonesia.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan karya tulis ini adalah :

- A. Bagi Pemerintah
 1. Mendorong pengembangan industri bioplastik sehingga dapat menciptakan lapangan kerja yang baru
 2. Meningkatkan kontribusi Indonesia dalam menjaga lingkungan hidup dan mengurangi dampak plastik sintetik terhadap pemanasan global

BAB II

TELAAH PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik merupakan salah satu bahan yang telah memberikan banyak kemudahan bagi kehidupan manusia sehari-hari. Sifatnya yang ringan, transparan, murah, mudah dibentuk, dan dapat dimodifikasi sesuai dengan keperluan telah menjadikan plastik sebagai bahan yang paling banyak digunakan oleh manusia (Rais 2007). Kantong plastik terbuat dari polietan (PE), suatu bahan termoplastik yang lebih dari 60 juta ton bahan ini diproduksi setiap tahun di seluruh dunia terutama menjadi kantong plastik. Untuk memproduksi 1 ton plastik diperlukan 11 barel minyak mentah (BBM).

Saat ini, produksi berbagai jenis polimer sintetik berbahan dasar minyak bumi di seluruh dunia telah mencapai 140 juta ton/tahun. Jumlah tersebut meningkat hingga dua kali lipat jika dibandingkan dengan produksi polimer sintetik berbahan dasar minyak bumi pada dekade 1950. Selain itu pada tahun 2008 diperkirakan ada 500 juta sampai 1 milyar kantong plastik digunakan penduduk dunia dalam satu tahun. Ini berarti ada sekitar 1 juta kantong plastik per menit. Untuk membuat satu ton plastik, diperlukan 12 juta barel minyak per tahun, dan 14 juta pohon ditebang (Lu *et al.* 2008).

Peningkatan penggunaan plastik yang signifikan ini karena oleh sifat plastik yang memiliki banyak keunggulan, seperti : (1) mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan, (2) bobot yang lebih ringan jika dibandingkan dengan bahan-bahan lain, (3) daya tahan yang sangat baik, (4) ketahanan terhadap bahan kimia, air, dan benturan, serta (5) biaya produksi yang tidak besar. Akan tetapi, sebagian besar polimer yang diproduksi dan dikonsumsi pada akhirnya akan menjadi limbah industri di lingkungan. Hal tersebut karena mayoritas polimer sintetik yang diproduksi merupakan polimer dengan ketahanan yang baik terhadap penguraian secara biologi (Khoiri 2007).

Rahayu (2007) mengemukakan bahwa penanganan sampah plastik antara lain dilakukan dengan cara daur ulang, pembakaran, dan penguburan. Pembakaran sampah plastik menghasilkan zat-zat beracun yang berbahaya bagi makhluk hidup, sementara cara penguburan tidak efektif karena plastik sangat sulit terdegradasi. Cara daur ulang merupakan alternatif terbaik untuk menangani sampah plastik, tetapi cara ini memerlukan biaya yang tinggi dan hanya dapat mengatasi sebagian kecil sampah plastik sehingga masih menimbulkan pencemaran. Kebutuhan plastik di Indonesia mencapai 1,35 juta ton per tahun. Setelah menjadi sampah, pemerintah hanya mampu mengelola 20-30 persennya. Selebihnya ditimbun ke area pembuangan sampah. Plastik dari BBM, banyak mengandung bahan-bahan karsinogen, sehingga mampu meracuni tubuh. Sementara itu, BBM juga terbatas dan lebih diprioritaskan untuk bidang energi karena sumbernya semakin turun.

2.2 Bioplastik

Bioplastik dapat dihasilkan dari hasil metabolisme bakteri dan arkea tertentu terjadi cekaman nutrisi di lingkungan dengan jumlah sumber karbon berlimpah. Akibatnya dihasilkan hasil samping berupa senyawaan poliester dari ragam hidroksialkanoat. Beberapa macam mikroorganisme yang dapat memproduksi senyawaan poliester terbaru ini antara lain *Ralstonia eutropha* dan *Haloferax mediterranei* (Lu *et al.* 2008). Bioplastik dapat pula dihasilkan oleh bakteri penghasil asam polilaktat, namun produksi bioplastik ini berbahaya saat konsentrasi tinggi atau pH rendah sehingga mengganggu proses metabolisme selanjutnya (Abbott *et al.* 2008).

Bioplastik memiliki kemampuan terdegradasi di alam dengan baik sehingga dapat dijadikan sebagai substitusi penggunaan polimer plastik konvensional yang berbahan dasar minyak bumi (Abbott *et al.* 2008). Bioplastik ini dapat diteruskan manfaatnya untuk memproduksi biofilm, PVC (Polyvinylchloride), dan membrane mikro (Matthysse *et al.* 2008).

2.3 *Ralstonia eutropha*

Menurut Ishizaki dan Tanaka dalam Anatia (2007), *Ralstonia eutropha* merupakan bakteri kemoautotrof fakultatif yang dapat mengakumulasi *poli- β -hydroxyalkanoate* (PHA) sebagai cadangan energi dalam kondisi kultur yang mengandung sedikit mineral atau oksigen. Genus *Ralstonia* berbentuk batang, batang bulat, atau bulat dengan diameter 0,5-1,0 mikrometer dan panjang 0,5-2,6 mikrometer. *Ralstonia eutropha* memiliki flagel berbentuk *peritrichous* dan bersifat aerob obligat.

Ralstonia eutropha termasuk dalam bakteri gram negatif yang mampu mengakumulasi PHA sebagai cadangan energi di bawah kondisi kultur yang mengandung sedikit mineral atau oksigen (Raberg *et al.* 2008). Akumulasi PHA terjadi setelah kondisi keterbatasan oksigen terjadi. Bobot kering sel dan perolehan PHA lebih tinggi pada kondisi keterbatasan oksigen dibandingkan kondisi keterbatasan amonium. Anatia (2007) mengatakan bahwa *Ralstonia eutropha* mampu mengakumulasi hingga 80% polimer dalam berat kering sel.

Klem di dalam Anatia (2007) menyatakan berdasarkan kajian sekuens dan hibridisasi 16S RNA, *Alcanigenes eutrophus* sekarang dikelompokkan ke dalam genus *Ralstonia* dengan nama baru *Ralstonia eutropha*. Pada *Ralstonia eutropha* terdapat operon tunggal yang mengandung tiga jenis gen yang diperlukan untuk sintesa PHB, yaitu *phbA*, *phbB*, dan *phbC*. *PhbA* (yaitu ketothiolase) bergabung dengan dua molekul asetil-KoA untuk menghasilkan asetoasetil-KoA yang kemudian direduksi menjadi D- β -hidroksibutiril-KoA oleh *phbB* (yaitu suatu reduktase asetoasetil-KoA yang membutuhkan NADPH). Molekul D- β -hidroksibutiril-KoA membentuk unit monomer PHB, kemudian dipolimerisasi melalui ikatan ester oleh *phbC* (yaitu suatu PHB sintetase). Pada lingkungan yang kaya, PHB secara enzimatik didegradasi menjadi asetil-KoA yang masuk ke jalur primer metabolisme dan dimineralisasi menjadi karbondioksida. Degradasi dimulai oleh dipolimerase yang dikode sebagai gen *phbZ*.

2.5 PHA dan PHB

Poly- β -hydroxyalkanoates (PHA) adalah suatu famili poliester termoplastik bermolekul tinggi yang terbentuk secara alami atau melalui cara bioteknologi khusus (Lu *et al.* 2008). PHB (*Poly- β -hydroxybutyrate*) dan kopolimer *Poly- β -hydroxybutyrate* dengan *Poly- β -hydroxyvalerate* (PHB-co-PHV) merupakan dua tipe famili PHA yang paling banyak diteliti secara intensif dan telah banyak dijumpai di pasaran. PHA alami mengandung sekelompok *n*-alkil.

Berbeda dengan plastik konvensional yang dibuat dari bahan berbasis petrokimia, PHA dibuat dari bahan baku tumbuhan yang dapat diperbarui yang digunakan sebagai substrat fermentasi (Abbott *et al.* 2008). PHA terakumulasi di dalam bakteri sebagai hasil ketidakseimbangan nutrisi yang terjadi saat kelebihan karbon dan energi. PHA bersifat termoplastik dan elastomer tergantung dari komposisi monomernya dan dapat terdegradasi secara sempurna.

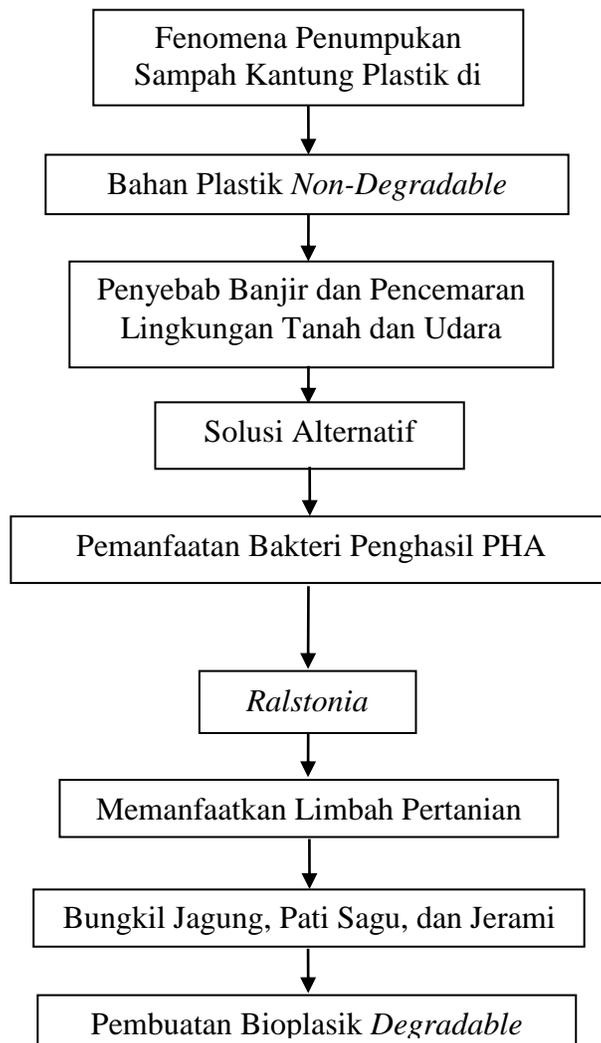
Berbagai organisme seperti *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, dan *Rhizobium* mengakumulasi polihidroksialkanoat sebagai material cadangan energi (Matthysse *et al.* 2008). Masing-masing mikroorganisme menghasilkan komposisi polimer PHA yang berbeda. Jenis sumber karbon yang dikonsumsi oleh mikroorganisme juga menentukan jenis PHA yang dihasilkan.

Poly- β -hydroxybutyrate (PHB) sebagai salah satu jenis PHA adalah suatu polimer linier dan di bawah kondisi normal merupakan komponen yang relatif tidak reaktif. PHB dengan kopolimer *Poly- β -hydroxybutyrate* dengan *Poly- β -hydroxyvalerate* (PHB-co-PHV) memiliki sifat-sifat termoplastik yang baik. PHB sering dibandingkan dengan polipropilen karena sifat fisiknya yang serupa. Perbedaannya ialah bahwa PHB sangat rapuh untuk beberapa penggunaan, dengan rasio elastisitas hampir dua kelas lebih rendah dibandingkan dengan polipropilen.

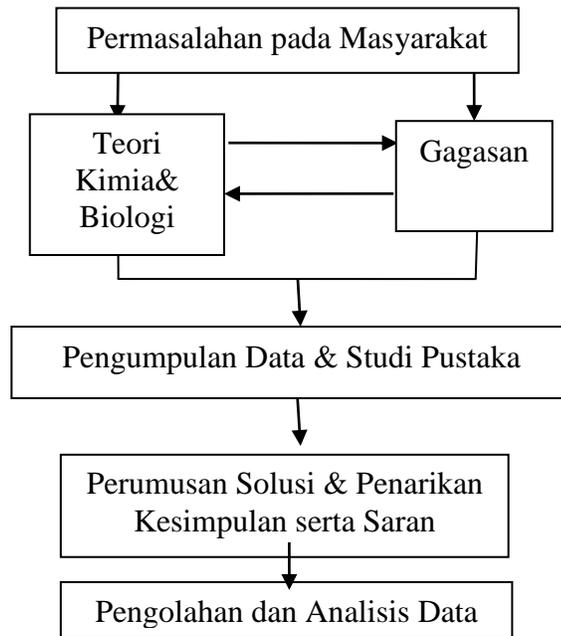
BAB III

METODE PENULISAN

Metode penulisan dalam penulisan karya ilmiah ini adalah kajian pustaka dan diskusi dengan dosen. Metode penulisan yang digunakan dalam menyusun karya tulis ini terdiri dari penentuan kerangka pemikiran, gagasan, pengumpulan data, pengolahan dan analisis data, pengambilan kesimpulan dan saran, dan rumusan solusi.



Bagan 1. Ilustrasi kerangka pemikiran



Bagan 2. Tahapan metode penulisan

3.1. Penentuan Gagasan

Karya tulis ini mengangkat gagasan berupa masalah kurangnya informasi yang masyarakat ketahui mengenai penumpukan sampah kantong plastik di lingkungan, karena sulitnya terurai dapat mencemari kondisi tanah dan udara serta menghambat saluran drainase. Kondisi tanah tercemari karena sampah plastik sulit terurai oleh alam, kondisi udara tercemari karena proses pembakaran dapat melepaskan zat-zat racun yang bersifat karsinogen, dan saluran drainase yang terhambat dapat menyebabkan banjir.

3.2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data sekunder yang diperoleh dari penelusuran pustaka berupa buku, artikel, internet, jurnal, dan diskusi dengan para ahli yang berada di bidangnya.

3.3. Pengolahan dan Analisis dan Sintesis

Pengolahan dan analisis data dilakukan secara kualitatif dengan penjabaran hasil secara kualitatif dengan penjabaran analisis secara deskriptif.

3.4. Perumusan Solusi

Rumusan solusi diperoleh berdasarkan hasil analisis data sehingga dapat mengatasi permasalahan yang ada secara efektif.

3.5. Penarikan Simpulan dan Saran

Tahap terakhir penulisan karya tulis ialah berupa penarikan simpulan dari pembahasan sehingga dapat dihasilkan saran-saran yang diperlukan terkait dengan permasalahan yang ada.

BAB IV

ANALISIS DAN SINTESIS

Plastik adalah suatu produk kimia yang telah dikenal dan digunakan secara luas oleh seluruh lapisan masyarakat, baik yang bermukim di pedesaan apalagi yang tinggal di kota-kota besar. Akhir-akhir ini muncul suatu kekhawatiran karena ditakutkan bahwa kehadiran plastik akan dapat mengancam kelestarian dan keasrian planet bumi kita. Hal ini karena selain tumpukan-tumpukan tersebut mengganggu pemandangan yang merusak keindahan lingkungan, terlebih lagi karena plastik dapat dihancurkan dengan cara dibakar, namun selain abunya tidak dapat dicerna oleh tanah, asapnya ternyata dapat membangkitkan gas beracun yang berbahaya bagi makhluk hidup (Rais 2007).

Sebagaimana kita ketahui sampah terbesar di Indonesia bahkan di dunia mengandung bahan plastik. Dalam satu tahun, 1 triliun kantong plastik digunakan oleh dunia. Setiap orang menggunakan sekitar 170 kantong plastik tiap tahun. Ini berarti setiap satu menit-nya ada 2 juta kantong plastik yang dibuang. Kantong plastik tergolong “barang sekali pakai” sehingga memperbanyak sampah. Kantong plastik baru dapat terurai di alam dalam waktu 500 - 1.000 tahun, sehingga jika tercecer di tanah akan merusak lingkungan, menghambat peresapan air, menyebabkan banjir, dan merusak kesuburan tanah. Sekitar 3% plastik di dunia berakhir sebagai sampah yang terapung-apung di permukaan air, termasuk di laut yang menyebabkan kematian banyak ikan paus dan penyu karena sampah plastik tersangkut di pencernaan mereka (Lu *et al.* 2008).

4.1 Sintesis Inovasi yang Dibuat

Inovasi yang dibuat ialah dengan memanfaatkan bakteri yang dapat menghasilkan suatu bahan seperti plastik sintetik. Inovasi ini dikenal dengan nama bioplastik. Bioplastik merupakan jenis plastik atau polimer yang dibuat dari bahan-bahan biotik seperti jagung, singkong ataupun mikrobiota. Hal ini berbeda dengan plastik konvensional yang sering kita gunakan, yang umumnya dibuat dari minyak

bumi dan gas alam (Lumbanraja 2007). Bioplastik lebih ramah lingkungan karena dibuat dari bahan-bahan organik dan dapat didegradasi oleh organisme pengurai. Salah satu bagian proses pembuatan bioplastik adalah modifikasi genetik yang melibatkan mikroorganisme. Proses modifikasi genetik ini dianggap merupakan kunci masa depan agar proses pembuatan Bioplastik lebih murah dan lebih sedikit mengkonsumsi bahan bakar minyak (Abbott *et al.* 2008).

Bioplastik umumnya berbahan dasar pati dan asam polilaktat (PLA) (Abbott *et al.* 2008). Bahan mentah untuk bioplastik ialah tepung dan minyak yang bersumber dari tanaman seperti jagung dan gula bit (Lumbanraja 2007). Beberapa peneliti menemukan teknologi pembuatan bioplastik dari bahan sagu dan sawit. Kemudian ada pula yang menggunakan limbah pati yang berasal dari ketela (Rais 2007), dan memanfaatkan limbah tepung tapioka (Rahayu 2007). Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, maka berbagai limbah organik berpotensi untuk dijadikan bahan dasar pembuatan bioplastik.

4.2 Pembuatan Bioplastik

Bahan baku plastik kini dapat diproduksi dengan bantuan mikroorganisme yaitu bakteri *Alcaligenes eutrophus* yang sekarang dikenal dengan *Ralstonia eutropha*. Metode tersebut ditemukan oleh lembaga penelitian Pasteur di Prancis pada tahun 1927. Berdasarkan proses pembuatannya, plastik yang mudah terurai dibedakan atas tiga tipe yaitu: (1) plastik yang dihasilkan dari suatu bahan akibat kerja dari suatu jenis mikroorganisme (prekursor), (2) plastik yang dibuat berdasarkan hasil rekayasa kimia dari bahan polimer alami seperti serat selulosa dan bahan berpati (amylase) dan (3) plastik dengan bahan baku polimer sintetik sebagai hasil dan sintesa minyak bumi seperti poliester kopolimer (Lu *et al.* 2008).

Ralstonia eutropha merupakan bakteri kemoautotrof fakultatif yang dapat mengakumulasi *poli-β-hydroxyalkanoate* (PHA) sebagai cadangan energi dalam kondisi kultur yang mengandung sedikit mineral atau oksigen. PHA dibentuk di dalam sitoplasma sel, bentuknya dapat berupa granula dan kristal (Anatia 2007). Granula tersebut mengandung PHA dipolimerase yang terdapat dalam membran

protein atau pada sitoplasma yang menyebabkan terjadinya degradasi polimer. PHA mempunyai karakteristik kimia dan fisik yang dibutuhkan bagi penggunaannya sebagai termoplastik komersial. Polimer ini dapat digunakan lebih lanjut melalui pencetakan larutan maupun pelelehan untuk membentuk serat, film, plastik fleksibel, dan plastik rigid (Matthysse *et al.* 2008).

Proses produksi PHA secara umum terdiri atas dua tahap utama, yaitu kultivasi dan isolasi PHA. Tahap kultivasi merupakan tahap pertumbuhan biomasa sel dan akumulasi biopolimer PHA. Akumulasi PHA terjadi setelah kondisi keterbatasan oksigen terjadi. Bobot kering sel dan perolehan PHA lebih tinggi pada kondisi keterbatasan oksigen dibandingkan keterbatasan amonium. Bakteri *Ralstonia eutropha* mampu mengakumulasi hingga 80% polimer dalam berat kering sel (Uchino *et al.* 2007).

Secara teknis PHA diproduksi dengan sistem *fed-batch*. Sistem *fed-batch* banyak diterapkan terutama untuk memacu peningkatan akumulasi PHA di dalam sel. Penggunaan limbah organik yang didegradasi menjadi gula-gula sederhana sebagai sumber karbon dalam proses kultivasi PHA dapat meningkatkan konsentrasi dan rendemen PHA di dalam sel meskipun tidak efektif untuk meningkatkan konsentrasi sel (Uchino *et al.* 2007). Bakteri *Ralstonia eutropha* tumbuh paling baik pada konsentrasi gula awal 30 g/L dengan laju pertumbuhan spesifik maksimal 0.108/jam dan rendemen molekuler sebesar 0.227 g sel/g gula (Anatia 2007).

Setelah kultivasi berakhir, dilakukan isolasi biopolimer PHA. Pemisahan biopolimer yang paling efektif adalah dengan menggunakan pelarut non-polar. PHA diketahui dapat larut dalam kloroform. Larutan PHA-Kloroform selanjutnya disaring dengan kertas *whatman* 40 untuk memisahkan ampas dan larutan PHA-Kloroform. Kloroform diuapkan pada ruangan asam sehingga PHA yang tersisa membentuk suatu lapisan PHA (Anatia 2007).

4.3 Deskripsi Karya

Kantong bioplastik merupakan salah satu inovasi dalam mengaplikasikan teknologi bioplastik. Kantong plastik ini terutama digunakan untuk membawa barang-barang belanjaan di pasar-pasar swalayan ataupun toko-toko. Kantong bioplastik ini bentuknya sama seperti kantong plastik biasa dan dengan kekuatan yang sama. Kantong plastik dibuat dengan berbagai macam ukuran dari kantong plastik kecil sampai kantong plastik besar bahkan *trash bag*. Pertimbangan dalam memilih kantong bioplastik sebagai produk utama karena produk plastik yang paling banyak diperlukan sehari-hari. Selain itu kantong plastik juga akan langsung dibuang begitu satu kali dipakai. Apabila semua kantong plastik menggunakan bioplastik, maka masalah limbah plastik yang tidak dapat diuraikan dapat diatasi.

4.4 Analisis Aspek Peningkatan Daya Saing Bangsa

Indonesia kaya pertanian terutama tanama-tanaman penghasil pati. Tentunya tidak semua hasil pertanian digunakan secara keseluruhan. Seringkali ada bagian yang dibuang dari hasil panen petani. Contohnya seperti bungkil jagung, bungkil kelapa sawit, kulit ketela, dan bahan buangan organik lain yang sebenarnya berpotensi untuk menjadi substrat pertumbuhan *Ralstonia*. Bahkan limbah industri organik seperti limbah tepung tapioka dapat juga digunakan. Jika semua sumberdaya ini dapat dimanfaatkan sebagai bioplastik, maka akan mengurangi limbah dan memberi nilai tambah pada limbah organik.

Indonesia perlu mengembangkan teknologi ini agar tidak tertinggal dengan negara lain. Di negara-negara maju, kebutuhan akan bioplastik sudah tinggi. Tidak hanya untuk kantong plastik saja, tetapi juga digunakan untuk berbagai kemasan-kemasan produk makanan dan industri. Di Indonesia belum banyak digunakan karena biaya produksi bioplastik yang mahal. Penggunaan limbah organik diharapkan dapat mengurangi biaya produksi pembuatan kantong bioplastik sehingga industri di Indonesia semakin maju dan semakin ramah lingkungan.

4.5 Analisis Dampak Lingkungan

Ralstonia eutropha merupakan bakteri kemoautotrof fakultatif yang dapat mengakumulasi *poli- β -hydroxyalkanoate* (PHA) sebagai cadangan energi dalam kondisi kultur yang mengandung sedikit mineral atau oksigen. *Poly- β -hydroxyalkanoates* (PHA) adalah suatu famili poliester thermoplastic bermolekul tinggi yang terbentuk secara alami atau melalui cara bioteknologi khusus (Lu *et al.* 2008). PHB (*Poly- β -hydroxybutyrate*) dan kopolimer *Poly- β -hydroxybutyrate* dengan *Poly- β -hydroxyvalerate* (PHB-co-PHV) merupakan dua tipe famili PHA yang paling banyak diteliti secara intensif dan telah banyak dijumpai di pasaran. PHA alami mengandung sekelompok *n*-alkil yang dapat digunakan sebagai pembuat plastik. Berbeda dengan plastik konvensional yang dibuat dari bahan berbasis petrokimia, PHA dibuat dari bahan baku tumbuhan yang dapat diperbarui yang digunakan sebagai substrat fermentasi (Abbott *et al.* 2008). PHA terakumulasi di dalam bakteri sebagai hasil ketidakseimbangan nutrisi yang terjadi saat kelebihan karbon dan energi. PHA bersifat termoplastik dan elastomer tergantung dari komposisi monomernya dan dapat terdegradasi secara sempurna.

Dengan inovasi yang diajukan, pengguna plastik non degradable minimal dapat dikurangi dan mampu dikendalikan semakin banyak masyarakat yang menggunakan kantung bioplastik maka semakin mudah bagi alam untuk mendegradasi dan keseimbangan ekosistem tanah terjaga.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Bioplastik adalah jenis plastik atau polimer yang dibuat dari bahan-bahan biotik atau organik. Bioplastik memanfaatkan mikroorganisme yang menghidrolisis pati menjadi senyawa termoplastis. *Ralstonia eutropha* merupakan bakteri kemoautotrof fakultatif yang dapat mengakumulasi *poli- β -hydroxyalkanoate* (PHA). Bahan dasar bioplastik dapat berasal dari limbah organik. Dengan adanya bioplastik akan mengurangi limbah plastik karena bioplastik dapat didegradasi.

5.2 Saran

Karya tulis ini ditulis berdasarkan data-data dan informasi yang bersifat sekunder, sehingga diperlukan adanya penelitian lebih lanjut dan kerja sama semua pihak agar berbagai limbah organik dapat dimanfaatkan menjadi bioplastik. Sehingga penggunaannya dapat lebih luas dan tujuan yang diinginkan tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott DA, Suir E, Maris van AJA, & Pronk JT. 2008. Physiological and Transcriptional Responses to High Concentrations of Lactic Acid in Anaerobic Chemostat Cultures of *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Environ. Microbiol.* 74 (18): 5759-5768.
- Anatia DS. 2007. *Pengaruh Suhu, Jenis, dan Perbandingan Pelarut Terhadap Kelarutan Bioplastik Dari PHA (Poli- β -Hidroxyalkanoates) yang Dihasilkan Ralstonia eutropha pada Substrat Hidrolisat Pati Sagu*. [Skripsi]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Khoiri A.A. 2007. *Pengaruh Penambahan Pemplastis Polietilen Glikol 400, Dietilen Glikol, dan Dimetil Ftalat Terhadap Proses Biodegradasi Bioplastik Poli- β -Hidroksialkanoat pada Media Cair dengan Udara Terlimitasi*. [Skripsi]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Lu Q, Han J, Zhou L, Zhou J, & Xiang H. 2008. Genetic and Biochemical Characterization of the Poly(3-Hydroxybutyrate-co-3-Hydroxyvalerate) Synthase in *Haloferax mediterranei*. *Appl. Environ. Microbiol.* 190 (12): 4173-4180.
- Lumbanraja ER. 2007. *Karakterisasi Bioplastik Poli-Hidroksialkanoat (PHA) dengan Penambahan Polioksietilen-(20)-Sorbitan Monolaurat sebagai Pemplastis*. [Skripsi]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Matthysse AG, Deora R, Mishra M, & Torres AG. Polysaccharides Cellulose, Poly- β -1,6-N-Acetyl-D-Glucosamine, and Colanic Acid Are Required for Optimal Binding of *Escherichia coli* O157:H7 Strains to Alfalfa Sprouts and K-12 Strains to Plastic but Not for Binding to Epithelial Cells. *Appl. Environ. Microbiol.* 74 (8): 2384-2390.
- Raberg *et al.* 2008. *Ralstonia eutropha* H16 Flagellation Changes According to Nutrient Supply and State of Poly(3-Hydroxybutyrate) Accumulation. *Appl. Environ. Microbiol.* 74 (14): 4477-4490.
- Rahayu D. 2007. *Produksi Polihidroksialkanoat dari Air Limbah Industri Tapioka dengan Sequencing Batch Reactor*. [Disertasi]. Bandung : Universitas Padjadjaran.

- Rais D. 2007. *Pengaruh Konsetrasi PEG 400 terhadap Karakteristik Bioplastik Polihidroksialkanoat (PHA) yang Dihasilkan oleh Ralstonia eutropha Menggunakan Substrat Hidrolisat Pati Sagu*. [Skripsi]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Uchino K, Saito T, & Jendrossek D. 2007. Poly(3-Hydroxybutyrate) (PHB) Depolymerase PhaZa1 Is Involved in Mobilization of Accumulated PHB in Ralstonia eutropha H16. *Appl. Environ. Microbiol.* 74 (4): 1058-1063.

BIODATA

A. Ketua Pelaksana Kegiatan

Nama Lengkap : Debie Rizqoh

Jenis Kelamin : Perempuan

Tempat, Tanggal lahir : Tegal, 19 Mei 1989

Agama : Islam

Hobi : Membaca

Cita-cita : Dokter atau dosen

No. HP : 085711313673

Alamat : Jl. H. Sidiq Rt 06 Rw 02 Desa Kademangaran,
Kecamatan Dukuhturi, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah

Riwayat Pendidikan : SDN Kademangaran 02
SMPN 2 Tegal
SMAN 1 Tegal
Institut Pertanian Bogor (IPB)

Prestasi : Juara 1 Lomba Matematika dan Fisika SMP se-kota
Tegal
Juara Harapan 3 Lomba Cepat Tepat Matematika SMP
se-karesidenan Pekalongan UPS Tegal
Peringkat 1 Paralel Kelas X SMAN 1 Tegal

Pengalaman Organisasi : Bendahara KIR (Kelompok Ilmiah Remaja) SMAN 1
Tegal
Staf Div Ketuhanan Yang Maha Esa OSIS SMAN 1
Tegal
Staf Div Dakwah ROHIS SMAN 1 Tegal
Bendahara Ikatan Mahasiswa Tegal (IMT) IPB
Staf Div Polkastrat BEM FMIPA IPB

BIODATA

B. Anggota Pelaksana Kegiatan

Nama Lengkap : Seztifa Miyasyiwi
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat, Tanggal lahir : Bogor, 11 Mei 1989
Agama : Islam
Hobi : Membaca
Cita-cita : Peneliti dan dosen
No. HP : 08568866557
Alamat : Perum Taman Wisma Asri Blok cc 13 No. 22 Bekasi
Utara Jawa Barat 17121
Riwayat Pendidikan : SDN Teluk Pucung Asri
SMPN 2 Bekasi
MAN 1 Bekasi
Institut Pertanian Bogor (IPB)
Prestasi : Finalis debating contest se-SMA Bekasi
Juara 1 olimpiade matematika se-kota Bekasi
Juara II olimpiade matematika se-JABODETABEK
Finalis II kompetisi catur se-perguruan tinggi Indonesia
Finalis LKTI Nasional
Juara I putri kompetisi catur MAN 1 Bekasi
Pengalaman Organisasi : KSR PMI Unit 1 IPB
Bendahara Chess United of Agricultural
Staf Div.DPM LDK DKM Al-Hurriyah
Staf Maestro Muda Indonesia
Sekretaris komisi eksternal DPM FMIPA IPB

BIODATA

C. Anggota Pelaksana Kegiatan

Nama Lengkap : Bramantyo Jati Prasojo
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal lahir : Surabaya, 22 Desember 1987
Agama : Islam
Hobi : Berenang
Cita-cita : Pengusaha
No. HP : 08175265368
Alamat : Rumdisjab TNI-AL Blok B 2 Ciangsana Gn. Putri
Bogor 16968
Riwayat Pendidikan : SDN Sugih Waras Sidoarjo
SMPN 196 Jakarta Timur
SMAN 99 Jakarta Timur
Institut Pertanian Bogor (IPB)
Pengalaman Organisasi : Staf Divisi Biosains Himabio
Ketua Panitia LCTB 2007
Ketua Panitia Pesta Sains 2008

BIODATA

D. Ketua Peneliti

- 1.1. Nama : Dr. Nisa Rachmania Mubarik, MSi
1.2. NIP : 132045531
1.3. Pangkat/ Gol/Jabatan : Pembina/ IV a/Lektor Kepala
1.4. Alamat : Departemen Biologi, FMIPA
Jl. Agatis, Kampus IPB Darmaga,
Bogor 16680
Telp/Fax:0251-8622833
E- mail: nrachmania@ipb.ac.id,
riknisa@telkom.net

- 1.4. Pendidikan :

UNIVERSITAS/ INSTITUT DAN LOKASI	GELAR	LULUS	BIDANG STUDI
Universitas Indonesia, Jakarta	Dra	1991	Biologi
Institut Teknologi Bandung	MSi	1994	Biokimia
Institut Pertanian Bogor	Dr	2001	Mikrobiologi

- 1.5. Pengalaman Kerja:

INSTITUSI	POSISI	PERIODE
Institut Pertanian Bogor (IPB)	Dosen Biologi FMIPA	1994-sekarang
Institut Pertanian Bogor (IPB)	Kepala Bagian Mikrobiologi, Dep Biologi	2006-sekarang
Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI) Bogor	Sekretaris II	2004-sekarang

- 1.6. Keanggotaan Profesi:

Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI) (1994-sekarang).

- 1.7. Publikasi Ilmiah:

1. Mubarik NR, Wirahadikusumah M. 1996. Pemurnian dan karakterisasi Protease ekstraseluler *Bacillus subtilis* ATCC 6633. *Hayati* 3: 50-54.
2. Tedja-Imas, Mubarik NR, Tjahjoleksono, Meryandini. 1997. Kloning gen *CryIII* pada *Bradyrhizobium japonicum*. Laporan Penelitian Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar. Bogor: Dep. P&K, Dikti, IPB.

3. Tedja-Imas, Mubarik NR, Irawadi TT, Erfiani. 1999. Seleksi galur *Bradyrhizobium japonicum* resisten logam berat. Laporan Penelitian Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar. Bogor: Dep. P&K, Dikti, IPB.
4. Mubarik NR, Suwanto A, Suhartono MT. 2000. Isolasi dan karakterisasi protease ekstraseluler dari isolat bakteri termofilik ekstrem. Di dalam Suwahyono et al. editor. Mikrobiologi, enzim, dan bioteknologi. Dalam perspektif ekonomi dan industri. Prosiding seminar nasional industri enzim dan bioteknologi II, Jakarta, Februari 2000.
5. Mubarik NR. 2001. Imobilisasi protease *Bacillus subtilis* ATCC 6633 menggunakan matriks gel poliakrilamida. *Hayati* 8: 11-14.
6. Mubarik NR, Listiyowati S, Tedja-Imas, Purnama RD, Iswati R, Damayanti E, Handayani D. 2001. Isolasi dan karakterisasi enzim amilolitik dari mikrob asal limbah cair tapioka. Laporan akhir penelitian proyek QUE Tahun ke-2, Departemen Biologi FMIPA-IPB, Bogor.
7. Mubarik NR, Suhartono MT, Suwanto A. 2001. Pemurnian dan karakterisasi protease ekstraseluler dari isolat bakteri termofilik GP04 [abstrak]. I dalam: Seminar nasional XV dan kongres IX Perhimpunan Biokimia dan Biologi Molekuler Indonesia. Bogor, 4-5 Juli. P. 81-82.
8. Purnama RD, Mubarik NR. 2002. Isolasi dan karakterisasi enzim α -amilase dari bakteri asidofil asal limbah cair tapioka. *J Mikrobiol Indon* 7:11-14.
9. Liawati L, Listiyowati S, Mubarik NR. 2002. Seleksi bakteri resisten herbisidaglifosat. *J Mikrobiol Indon* 7:19-23.
10. Handayani D, Mubarik NR, Listiyowati S. 2002. Isolasi dan karakterisasi α -amilase ekstraseluler dari *Aspergillus vesicolor* 3a1 dan *Penicillium herquei* K12 asal limbah cair tapioka. *J Mikrobiol Indon* 7:51-54.
11. Mubarik NR, Damayanti E, Listiyowati S. 2003. Isolasi dan karakterisasi amilase dari kapang alkalotoleran asal limbah cair tapioka. *Biota* 8: 1-8.
12. Fuad AM, Rahmawati R, Mubarik NR. 2003. Produksi dan karakterisasi parsial protease alkali termostabil *Bacillus* sp. AF-01. Di dalam: Seminar pertemuan ilmiah tahunan 2003, Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia. Bandung 29-30 Agustus.
13. Mubarik NR, Listiyowati S. 2003. Telaah karakter biokimia enzim amilolitik dari mikrob limbah cair tapioka. Laporan kegiatan proyek penelitian ilmu pengetahuan dasar, Dikti Depdiknas. FMIPA, IPB.
14. Ariana, Mubarik NR, Prawasti TS. 2003. Produksi dan karakterisasi protease *Citrobacter* sp. BKL-1 dari saluran pencernaan ikan kerapu lumpur *Epinephelus tauvina*. *Biosfera* 20: 75-84.
15. Wahyuntari B, Mubarik NR, Anggarani M. 2004. Isolation, selection of alkaline protease producing bacteria from leather processing waste and characterization of the enzyme. *Biotropia* 22: 29-39.
16. Fuad AM, Rahmawati R, Mubarik NR. 2004. Produksi dan pemurnian parsial protease alkalin termostabil dari *Bacillus* sp. AF-01. *J Mikrobiol*

Indones 9: 29-35.

17. Mubarik NR, Iswati R, Tedja-Imas. 2004. Karakterisasi α -amilase ekstraselular dari *Bacillus firmus* KH.9.4 alkalotoleran. *Biota* 9:129-135.
18. Sukma P, Mubarik NR, Prawasti TS, 2004. Produksi dan karakterisasi protease *Bacillus* sp. galur BBU-32 asal saluran pencernaan ikan bawal hitam (*Parastromateus niger*) (catatan penelitian). *Hayati* 11:159-163.
19. Mubarik NR. 2004. Analisis zimogram α -amilase dari isolat toleran basa (komunikasi singkat). *J Mikrobiol Indones* 10: 48-50.
20. Damayanti TA, Mubarik NR. 2005. Exploration of rhizobacteria-mediated growth promotion to protect pepper against Tobacco Mosaic Tobamovirus Research Project SEAMEO BIOTROP. Bogor: Depdiknas, Dikti, Biotrop.
21. Mubarik NR, Fatimah I, Wahjuningrum D. 2006. Isolation of proteolytic bacteria from digestive tract of tilapias strain GIFT (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus) Trewavas) and characterization of its extracellular protease. Di dalam *Enzymes: Industrial and Medical Prospects. Proceeding of the ASEAN Biochemistry Seminar*; Surabaya, 6-7 Februari 2006. Surabaya: Airlangga University. hlm 1-6.
22. Astuti RI, Wahyudi AT, Mubarik NR. 2006. Cloning of genomic DNA fragment involved in acid-aluminium tolerance in *Bradyrhizobium japonicum* 38 through transposon mutagenesis. *J Mikrobiol Indones* 11: 35-39.
23. Novriani L, Mubarik NR, Listiyowati S. 2006. Produksi dan pengendapan α -amilase *Aspergillus* sp. dengan menggunakan amonium sulfat. Proseding PIT Permi; Surakarta, 26-27 Agustus 2006. Surakarta: Permi Cabang Surakarta, hlm 575-585.
24. Mubarik NR, Listiyowati S. 2006. Selection of resistance bacteria on herbicide glyphosate. Proceeding of International Conference on Mathematics and Natural Sciences; Bandung: 29-30 November 2006, 412-415 pp.
25. Tim Peneliti. 2006. Perbaikan Pemanfaatan Bahan Organik dan Mikroba Potensial Tanah untuk Meningkatkan Produksi Tanaman di Propinsi Jawa Tengah dan Jawa Barat. (Laporan Akhir). Kerjasama Antara Direktorat Jenderal Pengelolaan Lahan dan air Deptan dengan LPPM, IPB, Bogor. (Mubarik NR, anggota tim).
26. Budiarti S, Mubarik NR. 2007. Extracellular protease activity of enteropathogenic *Escherichia coli* on mucins substrate (Research Note). *Hayati J Biosci* 14: 36-38.
27. Yuratmoko D, Mubarik NR, Meryandini A. 2007. Screening of proteolytic enzymes of *Streptomyces* sp. Local strain and their characterization. *Mikrobiol Indones* 1: 69-73.
28. Damayanti TA, Pardede H, Mubarik NR. 2007. Utilization of root-colonizing bacteria to protect hot-pepper against *Tobacco Mosaic Tobamovirus*. *Hayati J Biosci* 14: 105-109.

29. Meryandini A, Anggreandari R, Mubarik-Rachmania N. 2008. Isolasi bakteri mananolitik dan karakterisasi mananasenya. *Biota* 13: 82-88.
30. Saputro MNB, Mubarik NR, Meryandini A. 2008. Optimalisasi produksi α -amilase dan glukamilase dari bakteri proteolitik asal pencernaan ikan nila GIFT. *Biosainstifika* 1: 21-34.

1.8. Pengalaman membimbing kegiatan mahasiswa:

1. Program Kreativitas Mahasiswa Karya ilmiah Tim Tika Tresnawati dkk dari Dep. Biologi, FMIPA, IPB di Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (Pimnas) di Univ. Muhammadiyah Malang tahun 2006 meraih penghargaan setara Emas.
2. Program Kreativitas Mahasiswa Karya ilmiah Tim Irni Mahagiani dkk dari Dep. Biologi, FMIPA, IPB di Pimnas Univ. Lampung tahun 2007 meraih penghargaan setara Perak untuk penyajian dan perunggu untuk poster.
3. Program Kreativitas Mahasiswa Karya ilmiah Tim Nicho Nurdebyandaru dkk dari Dep. Biologi, FMIPA, IPB di Pimnas Univ. Islam Sultan Agung Semarang tahun 2008 meraih penghargaan setara Perunggu.