



**Peran *Aspergillus* spp. untuk
Mendukung Kesejahteraan Masyarakat**

Wibowo Mangunwardoyo

**Pidato Pada Upacara Pengukuhan
Sebagai Guru Besar Tetap Dalam Bidang Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia**

Depok, 9 Agustus 2017



**Peran *Aspergillus* spp. untuk
Mendukung Kesejahteraan Masyarakat**

Wibowo Mangunwardoyo

**Pidato Pada Upacara Pengukuhan
Sebagai Guru Besar Tetap Dalam Bidang Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia**

Depok, 9 Agustus 2017

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua

Yang terhormat,

Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia

Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Riset, Teknologi dan

Pendidikan Tinggi Republik Indonesia

Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia

Rektor dan Pimpinan Universitas Indonesia

Ketua dan Anggota Senat Akademik Universitas Indonesia

Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Indonesia

Sekretaris Universitas dan para Direktur Universitas Indonesia

Dekan dan Wakil Dekan di Lingkungan Universitas Indonesia

Dekan dan Wakil Dekan serta Para Manajer di Lingkungan Fakultas

Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Ketua dan Anggota Senat Akademik Fakultas Matematika dan Ilmu

Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar Fakultas, Fakultas Matematika

dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Ketua Departemen, Program Studi Departemen di Fakultas Matematika

dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Staf Pengajar, Karyawan dan Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu

Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Seluruh Sivitas Akademika Universitas Indonesia

Keluarga, kerabat dan para undangan yang saya hormati

Pada hari yang berbahagia ini, pertama-tama saya memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah senantiasa memberikan karunia dan nikmat-Nya kepada kita semua sehingga kita dapat hadir pada acara pengukuhan Guru Besar dalam keadaan sehat walafiat. Sungguh tiada daya dan upaya melainkan dari Allah SWT, Tuhan semesta alam. Shalawat dan salam tercurahkan kepada junjungan, panutan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya yang kita harapkan syafaatnya di kemudian hari.

Hadirin yang saya hormati,

Selanjutnya, izinkanlah pada kesempatan ini, saya menyampaikan terima kasih kepada Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, atas kepercayaannya kepada saya untuk memangku jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Terimakasih juga saya sampaikan kepada Bapak Rektor Universitas Indonesia atas kesempatan yang diberikan untuk menyampaikan pidato pengukuhan di hadapan para hadirin yang terhormat. Terima kasih kepada Bapak, Ibu dan tamu undangan sekalian yang sudah berkenan meluangkan waktu dan meringankan langkah untuk menghadiri pengukuhan ini.

Hadirin yang saya hormati,

Atas izin dan ridha-Nya, perkenankanlah saya menyampaikan pidato pengukuhan sebagai Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Biologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia dengan judul:

“Peran *Aspergillus* spp. untuk Mendukung Kesejahteraan Masyarakat”

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu negara dengan megabiodiversitas, Indonesia menyimpan sumber daya alam hayati yang tak ternilai harganya. Keanekaragaman mikroorganisme merupakan salah satu keanekaragaman hayati yang perlu dikembangkan untuk menyelesaikan masalah di bidang industri, pangan, farmasi, dan rekayasa genetika. Pencarian isolat dan jenis mikroorganisme potensial untuk digunakan dalam bidang industri, pangan, farmasi dan rekayasa genetika merupakan pekerjaan yang harus terus dilakukan dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Mittermeier dkk., 2005).

Kingdom Fungi merupakan salah satu kelompok mikroorganisme yang memiliki tingkat keragaman hayati yang tinggi. Jumlah fungi di seluruh dunia diperkirakan mencapai 1,5 juta, namun hanya 70.000 spesies telah diidentifikasi dan sekitar 1,43 juta spesies ($\pm 95\%$) belum dideskripsikan (Hawksworth dan Rossman, 1997; Hawksworth 2001).

Hawksworth dan Rossman (1997) menjelaskan bahwa kajian untuk mendeskripsikan dan menemukan potensi berbagai jenis fungi masih terus diupayakan.

Sebagian masyarakat menganggap bahwa sebagian besar mikroorganisme bersifat patogen (menyebabkan penyakit). Sesungguhnya hanya sebagian kecil saja yang berpotensi patogen, selebihnya dapat dimanfaatkan untuk tujuan kesejahteraan manusia, salah satunya adalah *Aspergillus* spp. *Aspergillus* spp. bermanfaat bagi manusia, antara lain sebagai penghasil enzim dan obat serta berperan di bidang industri makanan, farmasi, diagnosis penyakit dan rekayasa genetika (Ahmad, 2008).

Hadirin yang saya hormati,

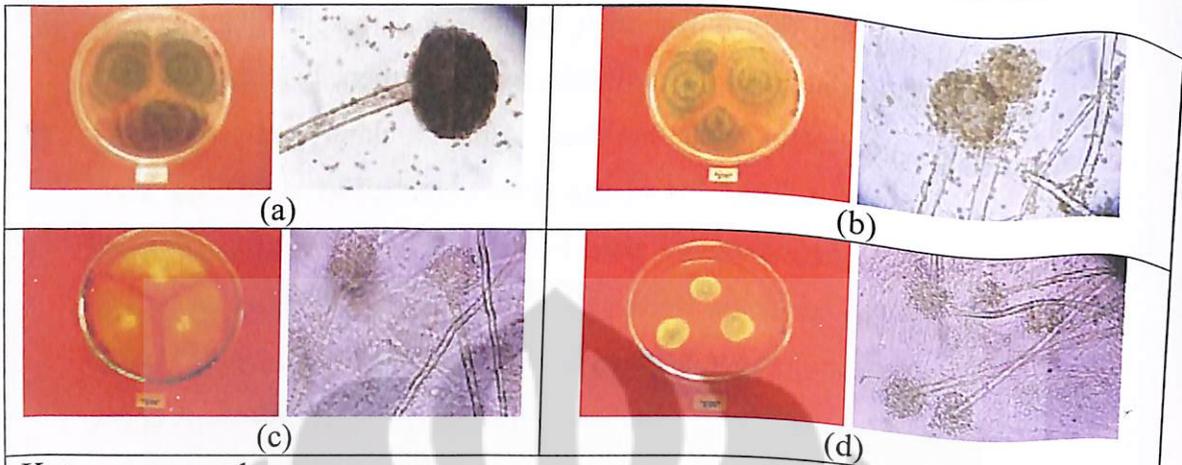
Deskripsi *Aspergillus* spp.

Ahli biodiversitas memprediksi terdapat sekitar 1,5 juta spesies fungi di dunia. Akan tetapi, hanya sekitar 100.000 (7%) spesies yang telah dideskripsikan, termasuk di dalamnya genus *Aspergillus* (Flickinger & Drew 1999). Genus tersebut terdiri atas lebih dari 200 spesies dengan variasi tinggi, termasuk spesies yang penting secara ekonomi dan umum digunakan dalam fermentasi. Beberapa spesies tersebut adalah *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus sojae*, *Aspergillus niger*, dan *Aspergillus awamori* (Machida & Gomi 2010).

Genus *Aspergillus* dipublikasikan pertama kali oleh Pier Antonio Micheli. Micheli menamakan *Aspergillus* pada kapang dengan karakteristik konidia membentuk rantai yang tersusun secara radial, dari

struktur pusat yang diproduksi oleh konidiofor (Bossche dkk., 2013). *Aspergillus* merupakan fungi multiseluler, berfilamen, bersifat saprofit, dan umum ditemukan pada berbagai substrat alami serta memiliki wilayah persebaran luas. Persebaran luas *Aspergillus* didukung oleh kemampuan adaptasi yang baik pada berbagai habitat, memiliki toleransi terhadap kondisi ekstrim kultivasi, serta dapat menghasilkan spora dalam jumlah besar (Raper & Fennell, 1965; Schuster dkk., 2002)

Asosiasi antara manusia dengan *Aspergillus* dapat menguntungkan. Banyak ilmuwan melakukan penelitian terhadap *Aspergillus* karena potensi *Aspergillus* sangat besar dalam bidang bioteknologi. *Aspergillus* dapat menghasilkan asam organik, produk metabolit sekunder, serta enzim ekstraseluler yang berperan dalam industri (Machida & Gomi 2010).



Keterangan gambar:

- a. *Aspergillus niger* UICC 75
- b. *Aspergillus flavus* UICC 359
- c. *Aspergillus terreus* UICC 370
- d. *Aspergillus nidulans* UICC 352

Gambar 1. Beberapa spesies *Aspergillus* spp. koleksi Universitas Indonesia Culture collection (UICC)

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Peran *Aspergillus* spp. sebagai Penghasil Enzim

Enzim merupakan makromolekul yang berperan sebagai katalis bagi seluruh reaksi kimia untuk mendukung kehidupan. Enzim bekerja sangat spesifik dengan cara menurunkan energi aktivasi tanpa ikut bereaksi. Enzim mikroorganisme menjadi perhatian karena kegunaannya yang sangat luas di bidang industri, seperti industri makanan, pertanian, kimia, obat-obatan, maupun energi, karena karakteristiknya yang stabil, memiliki aktivitas katalitik, serta mudah diproduksi dan dioptimasi dibandingkan enzim pada hewan dan tumbuhan. Pasar dunia untuk industri enzim mencapai sekitar 4,2 juta US Dollar pada 2014 dan

diperkirakan akan meningkat 7% pada periode waktu 2015—2020 dan mencapai 6,2 juta US Dollar (Singh dkk., 2016).

Tabel 1. Enzim dari *Aspergillus niger* yang digunakan dalam industri (Bossche dkk., 2013)

α -amilase	β -glukosidase	lipase
Amiloglucosidase	Glukoamilase	naringinase
Katalase	glukose oxidase	pektinase
Selulase	Hemicelulase	tannase
α -galaktosidase	Laktase	xilanase

Beberapa enzim dapat dihasilkan *Aspergillus* spp. di antaranya adalah selulase, amilase, dan protease (Lim dkk., 1988; Widyastuti dkk., 2002, Ismangil, dkk., 2004); β -glukosidase (Mangunwardoyo, 1998; Mangunwardoyo dan Gandjar, 1991), glukose oksidase (Hastuti dkk., 2010), invertase, laktase, pektinase, dan fitase .

Enzim selulase merupakan enzim yang menghidrolisis selulosa menjadi glukosa sebagai produk akhir. Enzim selulase terdiri atas tiga komponen enzim yang bekerja secara sinergistik, yaitu endoglukonase =C1=CMase (1-4- β -glukan-glukanohidrolase), enzim ini menghidrolisis pada ikatan β -1-4 glikosida pada selulosa alami; exoglukonase=Cx=aviselase (1-4- β -glukan-glukan selobiohidrolase) berfungsi memisahkan gugus selobiosa dari ikatan gugus reduksi dan β -glukosidase = selobiase (β -D-glukosidase glikohidrolase) menguraikan selobiosa dan oligosakarida menjadi glukosa (Enari, 1983).

Enzim amilase akan menghidrolisis ikatan glikosidik dari amilum dan glikogen. Enzim tersebut berperan dalam industri yang melakukan hidrolisis amilum menjadi gula sederhana (Varalakshmi dkk., 2008). Invertase merupakan enzim yang berperan sebagai katalis reaksi hidrolisis ikatan β -1-2 molekul sukrosa yang menghasilkan produk berupa D-glukosa dan D-glukosa (*invert sugar*). Secara umum, enzim invertase pada fungi berperan dalam bidang industri karena potensi bioteknologinya. Gula invert misalnya, dapat digunakan dalam industri makanan dan minuman (Alves dkk., 2013).

Enzim protease merupakan kelompok enzim yang berfungsi menghidrolisis ikatan peptida pada protein, protease dari mikroorganisme biasanya bersifat serine alkalis, gugus aktifnya berupa serine, bersifat endopeptidase digunakan dalam industri detergen misalnya subtilisin *Carlsberg* dan subtilisin BPN, protease lain juga berperan dalam industri farmasi, medis, makanan, dan bioteknologi (Suhartono, 1992; Castro & Sato, 2014).

Laktase (enzim β -galaktosidase) merupakan biokatalis penting dalam industri susu dan turunannya. Laktase berperan dalam menghidrolisis laktosa menjadi glukosa dan galaktosa (Althaf dkk., 2012). Enzim pektinase merupakan kelompok enzim yang berperan dalam degradasi pektin. Enzim pektinase secara luas digunakan di dalam sektor industri terutama pada industri makanan (ekstraksi jus buah, fermentasi teh dan kopi, ekstraksi minyak, meningkatkan kromatisitas dan stabilitas *red wine*). Selain di sektor industri, pektinase juga secara luas digunakan dalam industri tekstil, kayu dan kertas, serta industri

pengelolaan limbah (Khatri dkk., 2015). Enzim fitase memiliki peran besar dalam bidang industri karena kegunaan yang luas sebagai suplemen pakan (Shivanna dkk., 2014).

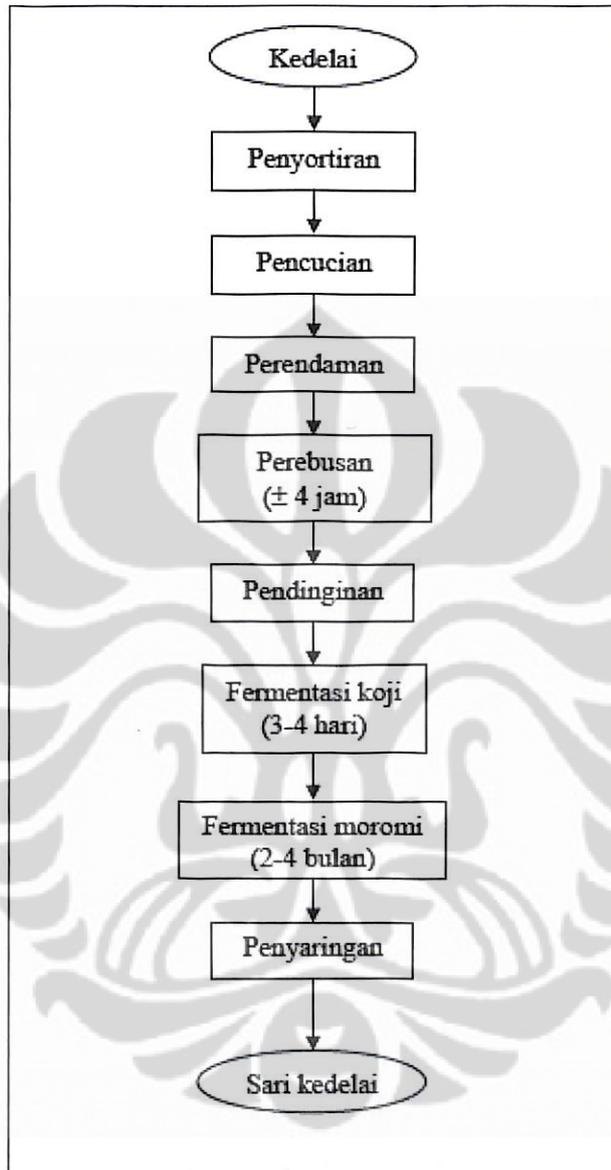
Peran *Aspergillus* spp. dalam Produksi Kecap

Kecap merupakan hasil fermentasi kacang kedelai, terutama varietas kedelai hitam (Sulistyo & Ikkuni, 2005). Judoamidjojo (1986) melaporkan bahwa kapang yang diisolasi dari koji kecap kebanyakan berasal dari genus *Aspergillus*. Penggunaan kecap sebagai bahan makanan telah tersebar meluas hingga ke pedalaman Indonesia. Hal tersebut membuktikan bahwa kecap merupakan salah satu makanan kesukaan penduduk Indonesia (Astawan & Astawan, 1991). Kecap tersebar di Indonesia terdiri atas dua golongan, yaitu kecap manis dan kecap asin. Kecap manis memiliki kandungan gula lebih banyak (26—61%) dibandingkan garam (3—6%). Sebaliknya, kecap asin memiliki kandungan garam lebih banyak (18—21%) dibandingkan kandungan gula (4—9%) (Rahayu dkk., 1993).

Proses produksi kecap berbeda-beda untuk setiap pabrik kecap. Salah satu contoh proses produksi kecap diterapkan oleh PT. SMM Semarang terdiri dari dua tahap, yaitu tahap persiapan dan pembuatan kecap. Tahap persiapan dilakukan terhadap kedelai yang akan diolah menjadi kecap. Tahap tersebut diawali dengan penyortiran kedelai, pencucian, perendaman di dalam air bersih selama semalam, perebusan selama \pm 4 jam, pendinginan, fermentasi koji selama 3—4 hari, fermentasi moromi selama 2—4 bulan, penyaringan, hingga didapatkan sari kedelai.

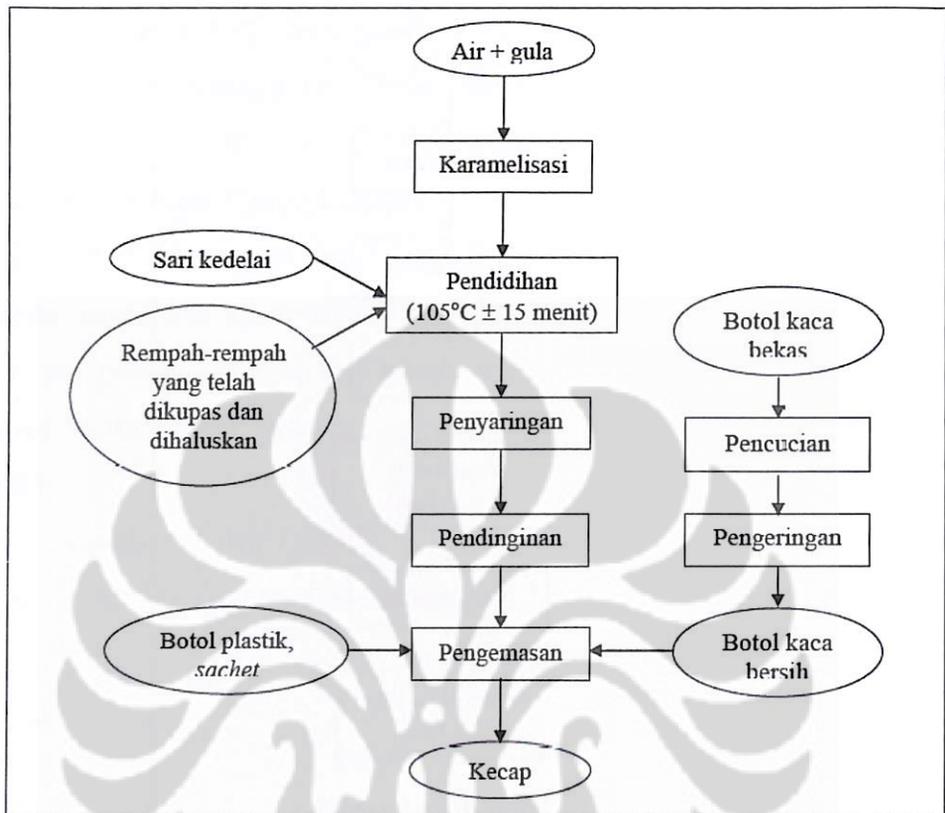
Fermentasi koji dilakukan dengan menambahkan starter kecap, yaitu kapang *Aspergillus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus* untuk menghasilkan enzim protease aktif agar protein kedelai larut dalam kecap. Fermentasi moromi dilakukan dengan penambahan garam pada kedelai dan kapang secara berlapis-lapis dengan konsentrasi 20%. Proses pembuatan kecap terdiri dari beberapa tahap, yaitu pembuatan karamel, pembuatan sari kedelai, pemasakan, penyaringan, pengisian, proses sortasi, pengemasan, penyimpanan dan distribusi (Hartanti, 2011).

Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan proses produksi kecap pada PT. SMM, Semarang, Indonesia.



Gambar 2. Tahap persiapan produksi kecap pada PT. SMM, Indonesia.

[Sumber:Hartanti, 2011.]



Gambar 3. Tahap pembuatan kecap pada PT. SMM, Semarang, Indonesia. [Sumber:Hartanti, 2011.]

Hadirin yang saya hormati,

Peran *Aspergillus* spp.dalam bidang Farmasi

Penggunaan *Aspergillus* spp. dalam bidang farmasi mengalami peningkatan, terutama digunakan untuk penghasil senyawa antibiotik, antihiperkolesterolemia dan antikanker. Sekitar 800 jenis senyawa antibiotik dapat dihasilkan oleh fungi genus *Aspergillus* dan *Penicillin*. Beberapa senyawa antibiotik yang dapat dihasilkan oleh *Aspergillus*

spp., misalnya: flavisin, asam aspergilat, spinulosin, fumigatin dan amodin. Senyawa antibiotik flavisin dan asam aspergilat dihasilkan oleh *A. flavus*, senyawa spinulosin dan fumigatin dihasilkan oleh *Aspergillus fumigatus*, sedangkan amodin dihasilkan oleh *Aspergillus amstelodami* (Kanna dkk., 2011).

Antibiotik merupakan substansi kimia hasil metabolisme sekunder yang dapat menghambat pertumbuhan maupun membunuh mikroorganisme lain (Lay, 2004). Senyawa antibiotik dihasilkan secara alami oleh mikroorganisme dan bersifat toksik bagi bakteri, fungi, virus atau protozoa. Antibiotik dapat disebut juga sebagai antibakteri atau antifungi tergantung kelompok mikroorganisme khusus yang dihambat (Setyaningsih, 2004). Berdasarkan sifatnya, senyawa antibiotik dibagi menjadi dua:

1. Antibiotik yang bersifat bakterisidal, yaitu antibiotik yang bersifat destruktif terhadap bakteri.
2. Antibiotik yang bersifat bakteriostatik, yaitu antibiotik yang bekerja menghambat pertumbuhan atau multiplikasi bakteri dan dapat memanfaatkan sistem imun.

Antibiotik sebagai substansi yang dalam konsentrasi rendah dapat menghambat pertumbuhan maupun membunuh bakteri atau fungi. Senyawa antibiotik memiliki mekanisme kerja untuk menekan atau menghentikan suatu proses biokimia di dalam mikroorganisme, khususnya dalam proses infeksi oleh bakteri. Beberapa mekanisme kerja senyawa antibiotik, diantaranya adalah menghambat sintesis dinding

bakteri, protein pada ribosom, asam nukleat dan penghambatan jalur metabolik pada mikroorganismenya (Rissing, 2000).

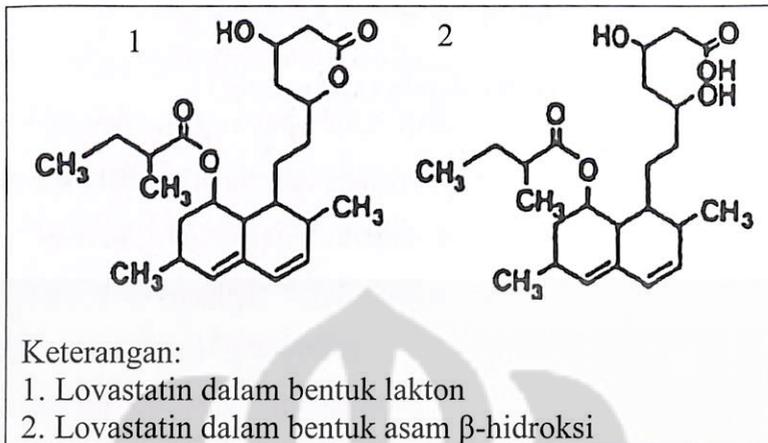
Aspergillus spp. juga menghasilkan antioksidan yang berfungsi untuk menghambat penyakit degeneratif yaitu penyakit yang timbul karena terjadinya kerusakan sel atau jaringan akibat ketidakseimbangan antara senyawa radikal bebas dengan senyawa antioksidan endogen yang dihasilkan tubuh (Nainggolan, 2005). Antioksidan berfungsi menghambat auto-oksidasi oleh radikal bebas yang dapat menyebabkan penyakit degeneratif (Boer, 2000). Saat ini pencarian antioksidan alami menjadi pusat perhatian para peneliti. Antioksidan diketahui dihasilkan oleh beberapa mikroorganismenya sebagai hasil metabolit sekunder. Ge dkk. (2009) melaporkan *A. fumigatus* menghasilkan senyawa bioaktif alkaloid 9-deacetoxyfumigaclavine C (1) dan alkaloid 9-deacetoxyfumigaclavine C (2). Hopan merupakan jenis pentasiklik triterpenoid sebagai senyawa metabolit sekunder juga diisolasi dari kapang *Aspergillus varicolor* B-17 (Wang dkk., 2009). Penelitian *Aspergillus* spp. dalam memproduksi antioksidan telah dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA-UI, sebanyak 12 biakan *Aspergillus* spp. telah dilakukan pengujian mampu menghasilkan antioksidan berupa senyawa flavonoid, terpenoid, alkaloid dan glikosida, dan *Aspergillus awamori* UICC 9 menghasilkan antioksidan yang paling tinggi (Mangunwardoyo dkk., 2011; Lasmarina, 2011; Kusmana dkk., 2012).

Hadirin yang saya hormati,

Penghasil Antihiperkolesterolemia (Lovastatin)

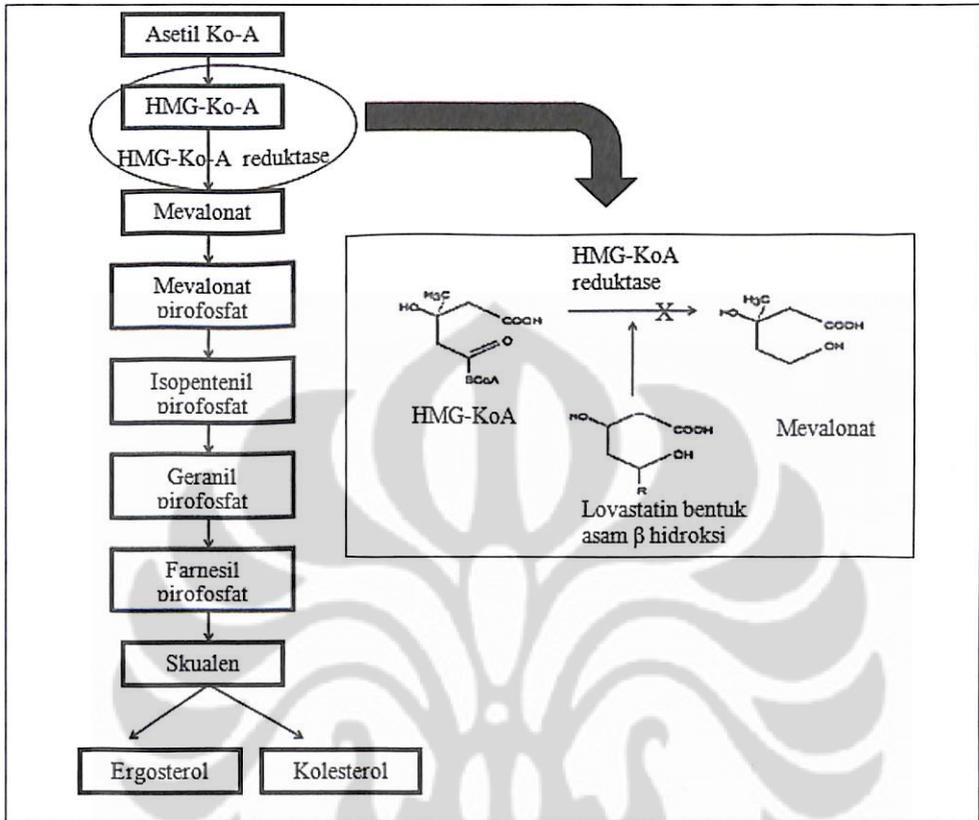
Lovastatin merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder dihasilkan oleh *Aspergillus* spp. (Praveen dan Savitha, 2012). Lovastatin dikenal sebagai senyawa antihiperkolesterolemia karena mampu menurunkan kadar kolesterol dalam darah dengan cara menghambat enzim 3-hidroksi-3-metil-glutaril-koenzim A (HMG-KoA) reduktase yang berperan dalam biosintesis kolesterol. Senyawa lovastatin juga potensial digunakan untuk pengobatan penyakit Alzheimer, kanker, osteoporosis, Parkinson, *multiple sclerosis* dan *rheumatoid arthritis* (Hardianto, 2014).

Senyawa lovastatin terdapat dalam dua bentuk, yaitu lakton dan asam β -hidroksi. Lakton merupakan bentuk lovastatin pasif, umumnya ditemukan sebagai obat. Asam β -hidroksi merupakan bentuk lovastatin aktif mampu menunjukkan aktivitas antifungi (Nigam dkk., 2014). Struktur kimia lovastatin dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur kimia lovastatin
[Sumber: Nigam dkk., 2014]

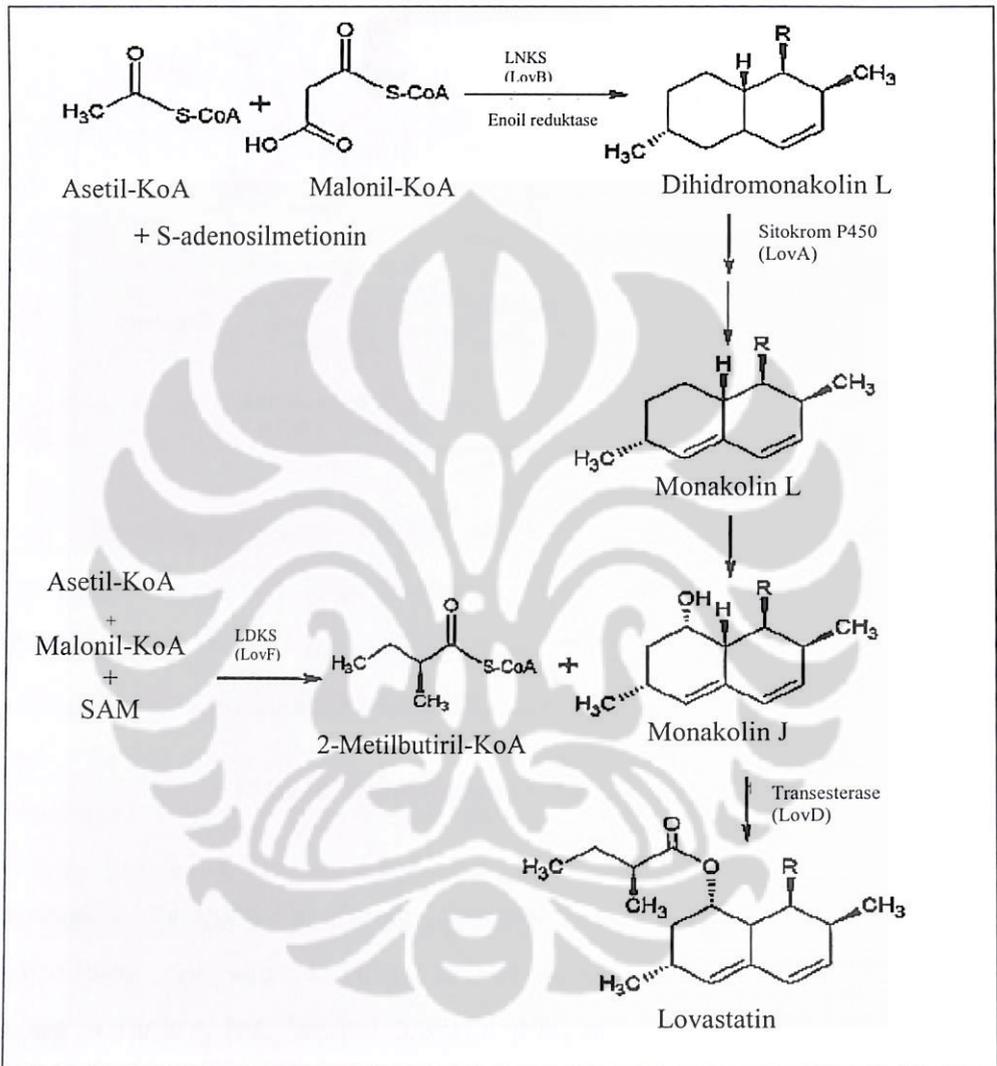
Lovastatin dalam bentuk asam β -hidroksi berperan sebagai antifungi dan senyawa antihiperkolesterolemia karena memiliki kemiripan struktur dengan HMG-KoA sehingga mampu berkompetisi untuk menempati situs aktif enzim HMG-KoA reduktase. Berdasarkan hal tersebut maka lovastatin bentuk asam β -hidroksi berperan sebagai inhibitor kompetitif yang mampu menghambat pembentukan mevalonat dalam biosintesis kolesterol dan ergosterol (Song dkk., 2003). Jalur pembentukan dan penghambatan kolesterol dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Jalur pembentukan dan penghambatan sterol
[Sumber : Song dkk., 2003.]

Lovastatin merupakan senyawa metabolit sekunder dibentuk melalui jalur poliketida. Jalur poliketida terdiri atas dua jalur, yaitu non-aketida dan diketida. Kedua jalur tersebut berasal dari prekursor sama yaitu asetil-KoA, malonil-KoA dan S-adenosil metionin. Ketiga prekursor tersebut akan disintesis menjadi monakolin J pada jalur non-aketida dan 2 metil butiril-KoA pada jalur diketida. Kedua senyawa dari hasil jalur non-aketida dan diketida tersebut akan dihubungkan oleh

ikatan ester untuk membentuk lovastatin (Xie dkk., 2006). Jalur biosintesis lovastatin dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Jalur biosintesis lovastatin
[Sumber : Nigam dkk., 2014.]

Penelitian untuk menghasilkan statin dari *Aspergillus* spp. telah dilakukan di Laboratorium Mikologi KPP Ilmu Hayati ITB mengeksplorasi fungi Deuteromycetes penghasil senyawa lovastatin, 8 (delapan) isolat genus *Aspergillus* mampu menghasilkan lovastatin dan *Aspergillus terreus* menghasilkan statin tertinggi (Aryantha, 2004). Laboratorium Mikrobiologi, FMIPA-UI, melakukan seleksi *Aspergillus* spp. koleksi Universitas Indonesia *Culture Collection* (UICC). Koleksi biakan didirikan oleh *Founding Mother* kami Prof. (emeritus). Dr. Indrawati Gandjar. Universitas Indonesia *Culture Collection* (UICC) juga sudah tergabung dalam *World Federation Culture Collection* (WFCC), kultur koleksi ini merupakan swadana dari Laboratorium, belum ada sentuhan dana dari Universitas Indonesia. Sebanyak 40 strain *Aspergillus* spp. dilakukan seleksi dalam memproduksi produksi statin, terseleksi sebanyak 18 strain berpotensi menghasilkan statin, dan *A. flavus* UICC 360 mampu menghasilkan produksi paling tinggi sebanyak 85,8 mg/L, diantara strain yang diuji, di analisis dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dan *Thin Layer Chromatography* (TLC) mengkonfirmasi bahwa produk berupa statin dengan waktu retensi sama 13,2 menit dan nilai *retention factor* (*Rf*) sama dengan standar (Mangunwardoyo dkk., 2011). Penelitian optimasi fermentasi *A. flavus* UICC 360 dalam memproduksi statin dilakukan terhadap sumber N berupa variasi Amonium Sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Amonium nitrat $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$, Natrium nitrat (NaNO_3) dan Urea (Lestari, 2012; Anggraini, 2015; Pratiwi, 2015; Pradafitri, 2015) dan variasi sumber C berupa sukrosa, glukosa teknis dan molase (Paramita, 2012;

Astuti, 2016; Riani, 2016), penelitian lanjutan optimasi, karakterisasi, purifikasi, uji klinik masih berlangsung sampai saat ini.

Hadirin yang saya hormati,

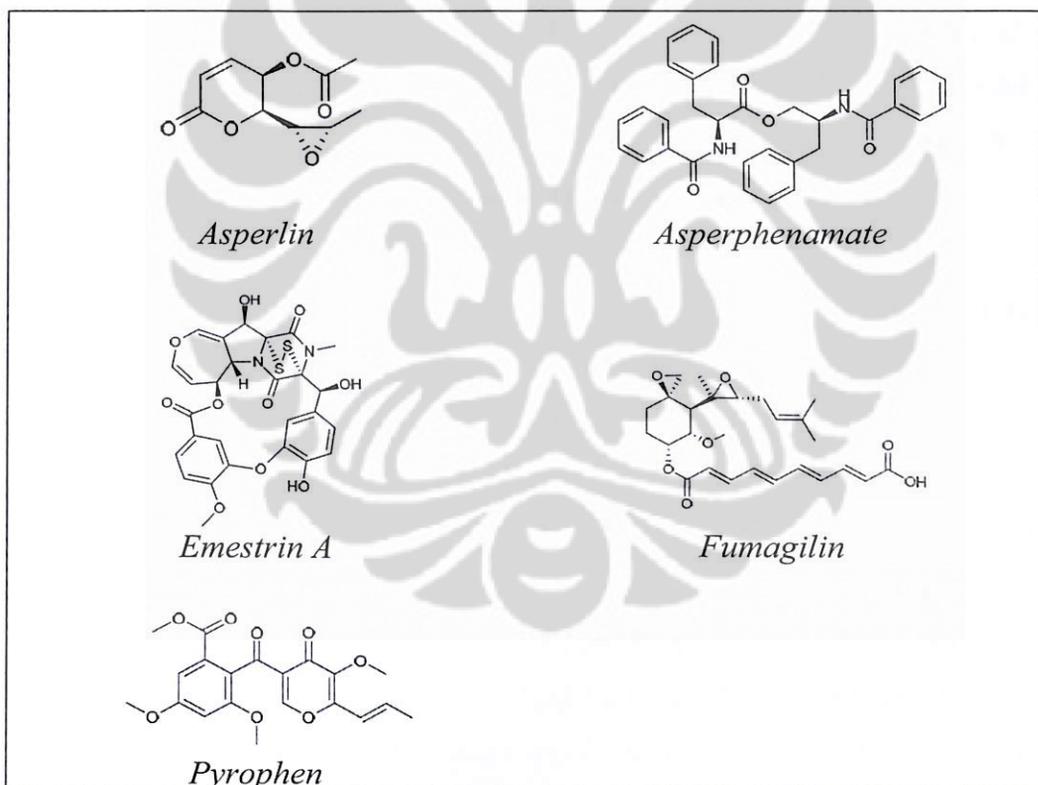
Penghasil Antikanker

Aspergillus spp. menghasilkan senyawa metabolit sekunder dengan berbagai aktivitas biologis mampu mengobati berbagai penyakit, salah satunya kanker. Peranan mikroorganisme endofit turut berperan dalam menghasilkan senyawa metabolit sekunder bersifat sebagai antikanker. Beberapa komponen dan struktur kimia senyawa antikanker dihasilkan oleh *Aspergillus* spp. beserta sel targetnya dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 7 (Bladt dkk., 2013).

Tabel 2. Beberapa komponen kimia senyawa antikanker yang dihasilkan oleh *Aspergillus* spp. beserta sel targetnya (Bladt dkk., 2013)

Spesies	Senyawa yang dihasilkan	Sel target
<i>Aspergillus nidulans</i>	<i>Asperlin</i>	HeLa
<i>A. flavus</i>	<i>Asperphenamate</i>	MCF-7
<i>Aspergillus puniceus</i>	<i>Austocystin D</i>	SR
<i>Aspergillus striatus</i>	<i>Emestrin A</i>	HL-60
<i>A. fumigatus</i>	<i>Fumagilin</i>	Angiogenesis inhibitor
<i>Aspergillus fischeri</i>	<i>Dehydroxyfumitremorgin C</i>	PC-3
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Pyrophen</i>	T47D

Antikanker merupakan senyawa kemoterapeutik digunakan untuk pengobatan tumor/kanker. Kanker adalah suatu penyakit yang ditandai dengan pembelahan sel tidak terkendali sehingga berakibat merusak sel dan jaringan tubuh lain. Pertumbuhan sel tidak terkendali tersebut disebabkan karena adanya kerusakan DNA menyebabkan mutasi pada gen pengatur pembelahan sel. Beberapa mutasi tersebut akan menyebabkan sel normal menjadi sel kanker. Mutasi tersebut sering diakibatkan oleh agen kimia atau fisik yang disebut karsinogen (Heti, 2008).



Gambar 7. Struktur kimia senyawa antikanker yang dihasilkan oleh *Aspergillus* spp.

[Sumber : Bladt dkk., 2013.]

Aktivitas antikanker dapat diketahui dengan uji sitotoksik. Uji tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat toksisitas suatu senyawa. Penelitian tentang uji sitotoksik telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh senyawa *pyrophen* dari ekstrak etil asetat kultur media fungi endofit *Aspergillus* sp. terbukti mempunyai aktivitas sitotoksik. Uji sitotoksik tersebut dilakukan terhadap sel kanker payudara T47D dengan metode MTT (*3-[4,5-dimetilthiazol-2yl]-2,5-difeniltetrazolium bromide*) menghasilkan nilai IC_{50} untuk ekstrak *broth* dan miselium sebesar 153,266 ppm dan 208,305 ppm. Batas IC_{50} suatu ekstrak untuk dapat dinyatakan berpotensi sebagai suatu antikanker adalah 10.000 ppm. Oleh karena itu, ekstrak *broth* dan miselium kapang endofit *Aspergillus* sp. tersebut berpotensi sebagai senyawa antikanker (Winarno, 2011).

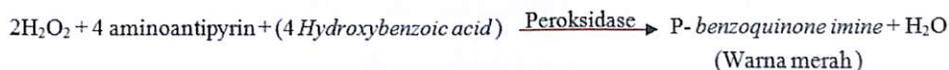
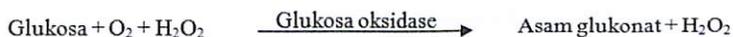
Senyawa *pyrophen* merupakan senyawa piron turunan dari asam amino L-fenilalanin. Senyawa tersebut banyak terdapat dalam fungi endofit *Aspergillus* spp. baik pada habitat tanah maupun laut. Senyawa *pyrophen* terbukti sebagai agen antikanker karena memiliki aktivitas sitotoksik dan memengaruhi siklus pembelahan sel pada fase S (Varoglu dan Crews, 2000). Prastitis dkk. (2010) melaporkan senyawa bioaktif dari *Aspergillus ustus* MFW 26-08 yang berasosiasi dengan spons laut dari perairan Wakatobi, Sulawesi Tenggara, ditumbuhkan pada tiga jenis media: *Malt Extract Broth* (MEB), *Glucose Peptone Yeast* (GPY) dan *Minimal Fungal Media* (MFM), dengan variasi waktu inkubasi 2, 4, 6, 8 dan 10 minggu, menunjukkan ekstrak kasar pada medium MFM inkubasi selama 2 minggu pada konsentrasi 30 μ g/mL mampu menghambat 89% pertumbuhan sel kanker payudara T47D.

Hadirin yang saya hormati,

Peran *Aspergillus* spp. dalam diagnosis penyakit diabetes melitus (DM)

Diabetes melitus (DM) merupakan penyakit yang disebabkan oleh terganggunya proses metabolisme gula dalam darah. Hal tersebut terjadi karena kelainan sekresi insulin atau kerja dari insulin. Gula darah setelah diserap oleh dinding usus akan masuk ke dalam hati untuk disintesis menjadi glikogen oleh hormon insulin. Apabila kadar hormon insulin yang tersedia kurang dari kebutuhan, maka gula darah akan menumpuk dalam sirkulasi darah sehingga kadar gula darah meningkat. Apabila tidak terkendali, penyakit ini akan menimbulkan kerusakan dan penurunan fungsi berbagai organ tubuh seperti jantung, ginjal, mata, sistem saraf dan pembuluh darah (LeeFever, 2007).

Penyakit diabetes melitus dapat didiagnosis berdasarkan pemeriksaan kadar gula dalam darah. Salah satu pemeriksaan kadar gula dalam darah dapat dilakukan berdasarkan metode enzimatik glukosa oksidase (GOD-POD). Prinsip metode tersebut yaitu katalisis reaksi oksidasi glukosa menjadi glukonolakton dan hidrogen peroksida oleh enzim glukosa oksidase. *Aspergillus* spp. berperan dalam diagnosis penyakit diabetes melitus karena mampu menghasilkan enzim glukosa oksidase, terutama *Aspergillus niger* (Firman dan Aryantha, 2003).



[Sumber: Chan, 2005.]

Glukosa oksidase (GOX) adalah suatu enzim yang merangsang oksidasi dengan menghasilkan H_2O_2 . Penambahan enzim peroksidase menyebabkan oksigen dari senyawa peroksida dialihkan ke *acceptor* tertentu untuk menghasilkan suatu ikatan berwarna. Tingkatan zat warna yang terbentuk sebanding dengan konsentrasi gula dalam darah (Chan, 2005). Hastuti dkk. (2011) melaporkan *gen GOX Aspergillus niger* dari Indonesia telah diisolasi dan di ekspresikan pada *Saccharomyces cerevisiae* INVSc1 menghasilkan protein yang digunakan sebagai material biosensor bagi glukosa, dan biosensor diuji potensial elektrokimianya. Protein rekombinan GOX diinduksi paling baik pada 8% galaktosa selama 8 jam inkubasi dan menunjukkan aktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan GOX komersial. Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) memperlihatkan protein rekombinan terdistribusi lebih homogen pada permukaan biosensor.

Hadirin yang saya hormati,

Peran *Aspergillus* spp. dalam bidang rekayasa genetika

Peranan *Aspergillus* spp. dapat diterapkan dalam bidang bioteknologi khususnya teknik rekayasa genetika. Teknik rekayasa genetika juga dikenal sebagai DNA rekombinan teknik tersebut mulai berkembang ketika para ilmuwan berhasil melakukan manipulasi bahan genetik (DNA) secara *in vitro* (Margo dkk., 2004).

Salah satu peranan *Aspergillus* spp. dalam teknik rekayasa genetika yaitu sebagai organisme *host* menjanjikan untuk produksi

senyawa kimia. *Aspergillus* spp. merupakan salah satu *filamentous fungi* mampu menghasilkan senyawa asam organik secara efisien.

Selain itu, *Aspergillus* spp. juga dapat menggunakan berbagai biopolimer seperti amilum, hemi-selulosa, pektin, xilan, dan berbagai protein (Jin dkk., 2004). Beberapa keunggulan *Aspergillus* dalam bidang rekayasa genetika diantaranya adalah:

1. *Aspergillus* memiliki promotor yang baik (*strong promotor*).
2. *Aspergillus* memiliki sistem penanda seleksi transfer yang baik, diantaranya *marker* resisten antibiotik (*hph*, *ble*, *oliC3*), *marker auxotrophic* (*pyrG*, *pyrE*, *argB*, *adeA*, *adeB*, *niaD*, *trpC*, *sC*) dan *marker* nutrisi (*amdS*, *ptrA*).
3. *Aspergillus* memiliki vektor yang dapat *autonomously replicating*.

Transformasi untuk memindahkan gen yang dilakukan dengan plasmid atau cosmid, juga dapat dilakukan dengan *Agrobacterium tumefaciens* biasanya digunakan untuk transformasi pada tumbuhan, ternyata T-DNA juga efisien untuk transformasi pada fungi berfilamen dengan efisiensi transformasi sebanyak 600 kali dibandingkan dengan *protoplast fusion*, mekanisme perpindahan gen pada *Aspergillus awamori* seperti pada tumbuhan. Transformasi menggunakan T-DNA telah diujikan pada *Aspergillus niger*, *Fusarium venenatum*, *Trichoderma reesei*, *Collectotrichum gleosporoides*, *Neurospora crassa* dan jamur *Agaricus bisporus* (De Grood dkk., 1998).

Kloning dan Ekspresi gen lipase (*atl*) dari *Aspergillus tamarii* FS 321 pada vektor *Pichia pastoris* telah dilakukan, gen lipase mempunyai *operon reading frame* sebesar 1024 bp, dengan 2 intron

berukuran 51 dan 50 bp. Analisis *multi alignment* deduksi sekuense asam amino mempunyai homologi dengan enzim mono dan diacyl-glycerol lipase dari genus *Aspergillus*. Rekombinan di ekspresikan dalam *Pichia pastoris* 8-5115, enzim lipase rekombinan mempunyai berat molekul 367 KDa dengan aktivitas lipase sebesar 20 Unit/mL menggunakan tributirin sebagai substrat (Shi dkk., 2010).

PENUTUP

Hadirin yang saya muliakan, setelah mendengar paparan **Peran *Aspergillus* spp. untuk Mendukung Kesejahteraan Masyarakat** masih banyak hal yang harus dikerjakan sebagai pekerjaan rumah terkait dengan pengembangan genus *Aspergillus* spp. terutama yang diisolasi dari bumi pertiwi Indonesia, merupakan bioprospek yang belum banyak dilakukan eksplorasi. Pengembangan Ilmu dasar di negeri tercinta ini sangat tidak mudah, walaupun demikian masih ada harapan dan perjuangan tetap harus dilakukan dan Universitas Indonesia memberikan sarana dan prasarana, kesediaan mahasiswa dengan kualitas tinggi untuk mengembangkan penelitian dasar. Langkah kedepannya kami akan membuat kerjasama dengan instansi lain, perbaikan organisasi, manajemen sumber daya manusia, efisiensi kerja, sumber dana lebih teratur sesuai dengan *road map* Kelompok Bidang Ilmu (KBI) Mikrobiologi di Departemen Biologi FMIPA-UI sehingga pemanfaatan *Aspergillus* spp. lebih luas dan berguna bagi masyarakat pada umumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini perkenallah saya mengucapkan syukur yang tak terhingga kepada Allah SWT atas rahmat, hidayah yang diberikan-Nya. Hanya kuasa-Mu lah yang menuntun hambamu mencapai tahap ini.

Di hari yang berbahagia ini saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, Prof. Dr. Mohamad Nasir yang telah mengangkat saya sebagai Guru Besar Ilmu Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Indonesia.

Selanjutnya, ucapan terima kasih saya haturkan kepada Rektor Universitas Indonesia, Prof. Dr. Ir. Muhamad Anis M.Met, Ketua Senat Akademik Universitas Indonesia Prof. Dr. dr. Sudarto Ronoatmodjo SKM. MSc. dan Ketua Dewan Guru Besar Universitas Indonesia Prof. Dr. Harkristuti Harkrisnowo yang telah mengukuhkan saya untuk mengabdikan diri pada Universitas Indonesia.

Terima kasih kepada Ketua Dewan Guru Besar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Prof. Dr. Terry Mart, Sekretaris DGBF Prof. Dr. Sumi Hudyono PWS dan anggota DGBF: Prof. Dr. (emeritus) S. Somadikarta, Prof. Dr. Usman Sumo Friend Tambunan, Prof. Dr. A. Harsono Soepardjo, Prof. Dr. Wahyudi Priyono, Prof. Dr. Djati Kerami, Prof. Dr. Rosari Saleh, Prof. Dr. Anto Sulaksono, Prof. Dr. Ridla Bakri MPhil, dan Prof. Dr. Jatna Supriatna berkat perjuangan Bapak-Bapak saya bisa berdiri menyampaikan pidato pengukuhan. Khusus untuk yang saya hormati, saya cintai, saya kagumi,

guru ilmu dan guru kehidupan Prof. Dr. (emeritus) Indrawati Gandjar, karena tanpa jasa, perhatian dan bantuan Ibu saya tidak akan bisa sampai berdiri di sini.

Terima kasih juga kami sampikan kepada guru-guru saya sejak Sekolah Dasar, Sekolah Menengah Pertama, dan Sekolah Menengah Atas, yang memberikan dasar bagi saya sehingga mampu membaca, menulis, dasar-dasar ilmu pengetahuan. Pembimbing Sarjana saya: Prof. Ir. Gembong Tjitrosoepomo, Pembimbing Magister: Prof. Dr. Gloria Lim dan pendidikan Doktor Prof. Dr. Maggy Thenawijaya, yang memberikan fondasi cara berfikir sistematis, analitis dan kritis. Mahasiswa-mahasiswi saya S1, S2 dan S3 yang telah membantu banyak dalam melakukan penelitian dan publikasi.

Kepada Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Dr. rer.nat. Abdul Haris dan Para Wakil Dekan, Manager, Ketua Departemen, Ketua Prodi. Senat dan anggotanya di lingkungan FMIPA-UI atas kerjasamanya selama saya menjadi bagian pengabdian diri sebagai Dosen di FMIPA-UI.

Terima kasih sebesar-besarnya kepada Bapak-Ibu saya Haji Abduldjalil Mangunwardoyo dan Ibu Hj. Suparti yang telah membesarkan dan mengantar anak-anaknya sebanyak dua belas (12) untuk menjadi orang, pengorbanan, semangat dan teladan Bapak/Ibu dalam membesarkan kami tidak akan kami lupakan dan saya salah satunya yang mengikuti jejak Bapak sebagai Guru. Bapak-ibu H. Sudarso SH yang telah mengantar kami semua keponakan-keponakan untuk mengenyam pendidikan di perguruan tinggi. Mertua saya Bapak-

Ibu Santoso Sutawidjaja, harapan Bapak/Ibu untuk kami menjadi Guru Besar Syukur Alhamdulillah terlaksana, setelah bapak katanya hanya menjadi guru kecil tapi dengan jasa dan perjuangan sangat besar. Kepada keluarga besar Mangunwardoyo pencapaian jabatan Guru besar ini merupakan salah satu karya nyata kita bersama-sama, dengan takdir-Nya masing-masing yang kita jalani dan alami. Kepada kakak dan adikku tercinta Almarhum-Almarhumah: Drs. H. Sri Wahyanto, Hj. Siti Hastuti SH, Prof. Dr. Ir. H. Morisco dan Ir. H. Darmodjo saudara-saudara semua telah mendahului kami semua menghadap Sang Pencipta, saudara-saudara semua telah menyemangati saya dalam mencapai cita-cita untuk menjabat Guru Besar.

Terima kasih tak terhingga kepada isteri saya: Dr. Tatiek Kartika Suharsi MS, (Dosen Fakultas Pertanian IPB, Departemen Agronomi dan Hortikultura), anakku semata wayang: Akbar Pratomo S.Sos (Alumni FSIP-UI) yang selalu tertawa, bernyanyi riang, berdiskusi, siap berkorban, memberikan dukungan moril, memberi semangat pada saat saya sedang kehilangan semangat, pengertian, cinta kasih, merekalah yang memberi kekuatan, keteguhan, kenyamanan, dan ketenangan buat saya.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih kepada Panitia penyelenggara tingkat Fakultas dan Universitas atas bantuannya, dengan segala kerendahan hati saya mohon maaf sebesar-besarnya sekiranya ada kekurangan dan ketidaknyaman Bapak Ibu hadirin semua dalam penyelenggaraan acara ini. Wabillahitaufiq wal hidayah. Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

DAFTAR ACUAN

- Anggraini, Y. W. (2015). Pengaruh variasi konsentrasi amonium sulfat terhadap kemampuan *Aspergillus flavus* UICC 360 dalam menghasilkan lovastatin. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.
- Aryantha, I. N. P., S. Widayanti & Yuanita. (2004). *Eksplorasi fungi deuteromycetes (Aspergillus spp. dan Penicillium spp.) penghasil senyawa anti kolesterol lovastatin*. Laporan Akhir Penelitian Dasar. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung, Bandung: 32 hlm.
- Astuti, R. (2016). Pengaruh variasi konsentrasi glukosa teknis terhadap kemampuan *Aspergillus flavus* UICC 360 dalam menghasilkan lovastatin. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok: xiii + 83 hlm.
- Ahmad, A., R. Khan, S. Shanzad, & M. I. Choudhary. (2010). Communities of endophytic fungi In medicinal. *Pakistan Journal Botani* **42**(2): 974--985
- Bladt, T. T, J. C. Frisvad, P. B. Knudsen, & T. O. Larsen. (2013). Anticancer and antifungal compounds from *Aspergillus*, *Penicillium* and other filamentous fungi. *Molecules* **2013** (18): 11338--11376.
- Boer, Y. (2000). Uji aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah Kandis (*Garcinia parvifolia* Miq). *Jurnal Matematika dan IPA*, **1**(1): 26 --33.
- Chan, M. (2005). Association of family history of type 2 diabetes mellitus with insulin resistance. *International Journal of Basic Medical Science* (3)5: 155-159.
- De Groot. M.J.A., P. Bundock., P.J.J. Hooykass & A.G.M. Beijerbengen (1998). *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of filamentous fungi. *Nature Biotechnology*. 16: 839-842.
- Enari, T.M. (1983). Microbial Cellulase. In. Microbial enzymes and biotechnology (Forgaty. W.M. Ed) Applied Science Publ. London . 183-223.
- Firman, A. P. & I. P. Aryantha. (2003). Eksplorasi dan isolasi enzim glukosa oksidase dari fungi imperfekti (Genus *Penicillium* dan *Aspergillus*). KPP Ilmu Hayati LPPM ITB, Bandung: 97 hlm.
- Ge, H. M., Z.G. Yu, J. Zhang, J.H. Wu & R.X. Tan. (2009). Bioactive Alkaloids from endophytic *Aspergillus fumigatus*. *Journal of Natural Product* **72**(4): 753--755.

- Grood, H. L., Y. F. Griesbach & D.A. Jhizy.1998. Genetic Engineering of *Aspergillus*, *Daylily Journal* **45**(3): 278-281
- Hardianto, D., 2014. Tinjauan lovastatin dan aplikasinya. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*. **1**(1):16-22.
- Hastuti, N., V. Narita, Subintoro & **W. Mangunwardoyo**. (2010). Expression of glucose oxidase gene from *Aspergillus niger* within pYES2/CT vector in *Saccharomyces cerevisiae* INVSc1 for glucose biosensor application. *Jurnal of Material Science Indonesia* . Special Edition on Material Sensor 2011. 44-48.
- Heti, D. (2008). Uji sitotoksik ekstrak etanol 70% herba sisik naga (*Drymoglossum piloselloides Presl*) terhadap sel T47D. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta: 1 + 18 hlm.
- Hawksworth D. L. & A. Y. Rossman. (1997). Where are all the undescribed fungi. *American Phytopathological society* **87**(9): 642--659.
- Ismangil, S. **Mangunwardoyo**, W. & I. Gandjar (2004). Xerophillic *Aspergillus* mould isolated from the Indonesian enviroment and screening for amyolytic, cellulolytic and proteolytic activity.. The 10th International Congress for Culture Collection Tsukuba, Japan. 10--15 October.
- Jin, K., H. Timberlake & W. E. Royi. (2004). Molecular Genetics of *Aspergillus* Development. *Annual Review of Genetics* **24**: 5-36.
- Khanna, M., R. Solanki, & R. Lal. (2011). Selective isolation of rare actinomycetes producing novel antimicrobial compounds. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research* **2**(3): 871--881.
- Kusmana, D.,Y. Raflianti & **W. Mangunwardoyo**. (2012). The Effect of lovastatin produced from *Aspergillus flavus* UICC 360 on decreasing cholesterol level blood (*Rattus norvegicus* L.) *Sprague Dawley* strain. *International Journal of Sciences and Research Publication*. **2**(2) 283-285.
- Lasmarina, C. (2011) Antioksidan yang dihasilkan kapang *Aspergillus* spp. dan pengaruhnya terhadap perbaikan jaringan hati tikus putih (*Rattus norvegicus* L) galur Sprague Dawley. Thesis. Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Depok.

- Lay, B.W. (2004). *Analisis Mikroba di Laboratorium*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- LeeFever, (2007). Physical activity and type 2 diabetes. ADA Statements. *Diabetes Care* . **27** (10): 2518--2539.
- Lestari, E. D. 2012. Pengaruh konsentrasi natrium nitrat terhadap kemampuan anti-*Candida albicans* dari *Aspergillus flavus* UICC 360. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.
- Lim, G., Mangunwardoyo, W., & H.H. Yeoh (1988). Cellulase and β -glucosikase activities from *Aspergillus niger*. *Recent Advances in Biotechnology and Applied Biology*. The Chinese University of Hongkong. 485-496.
- Mangunwardoyo, W. (1988). Studies on fungal cellulase and β -glucosidase with special reference to β -glucosidase of *Aspergillus niger* Group. Thesis. Department of Botany, National University of Singapore. Singapore.
- Mangunwardoyo, W. & I. Gandjar (1991). Factor influencing the β -glucosidase activity of *Aspergillus ficuum* UICC 315. Research Report Submitted to Bangkok MIRCEN Thailand Institute for Science and Technology Research. June.
- Mangunwardoyo, W, Lasmaria, C. & D. Kusmana (2011). Production of antioxidant from *Aspergillus* spp. Universitas of Indonesia Culture Collection (UICC). Internasional Seminar on Current Research Progress in Sciences and Technology. 2011. Colaboration between University of Indonesia and University of Kebangsaan Malaysia. Novotel. Bandung. Indonesia. 24-24 October.
- Mangunwardoyo, W., Rafliyanti, Y & D. Kusmana (2012). Bioprospect of lovastatin in *Aspergillus* spp. from Universitas of Indonesia Culture Collection (UICC). *World Applied Sciences Journal* 16(2): 183-188.
- Mangunwardoyo, W, Rafliyanti, Y. & A. Supriyadi. (2011). Bioprospect lovastatin of *Aspergillus* spp. from Universitas of Indonesia Culture Collection (UICC). The 4th International Seminar of Indonesian Society for Microbiology and IUMS-ISM Outreach Program in Food Safety, Denpasar, Bali, June 22-23, 2011.

- Margo, R., L. A. Rye, & A. Harry. (2004). *Genetic Resources and Chromosome Engineering*. CRC Press, New York.
- Mittermeier, R. A., P. R. Gil, M. Hoffman, J. Pilgrim, T Brooks, C. G. Mittermeier, J. Lamoreux, G. A. B. Fonseca, P. A. Seligmann, & H. Ford. (2005). *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. Conservation International, New York.
- Nainggolan, D. 2005. Aktivitas antioksidan residu ekstrak *Aspergillus terreus* pada kerusakan hati tikus putih yang diinduksi dengan CCl₄. Tesis Pasca Sarjana. Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Nigam, V. K., R. Dhar, A. Agarwal, A. K. Mohan, A. S. Vidyarthi & P. Ghosh. (2014). Studies on production of fungal secondary metabolite lovastatin. *International Journal of Advanced Research* 2(1): 978--986.
- Paramitha, A. (2012). Pengaruh konsentrasi sukrosa terhadap kemampuan anti-*Candida albicans* dari *Aspergillus flavus* UICC 360. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.
- Pradafitri, W. S. (2015). Pengaruh variasi konsentrasi urea terhadap kemampuan *Aspergillus flavus* UICC 360 dalam menghasilkan lovastatin. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.
- Pratitis, A., **Mangunwardoyo, W.** & E. Chasanah. (2010). Production of bioactive substances from *Aspergillus ustus* Mfw 26-08 associated with marine sponges from Wakatobi. International Biotechnology Seminar and 5th KBI Congress . Malang 27-30 July.
- Pratiwi, S. D. (2015). Pengaruh variasi konsentrasi amonium nitrat terhadap kemampuan *Aspergillus flavus* UICC 360 dalam menghasilkan lovastatin. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.
- Praveen, V. K. & J. Savitha. (2012). Solid state fermentation: an effective method for lovastatin productin by fungi over submerged fermentation. *Journal of Biotechnology and Pharmaceutical Research* 3(2): 15--21.
- Riani, E. (2016). Pengaruh variasi konsentrasi molase terhadap kemampuan *Aspergillus flavus* UICC 360 dalam menghasilkan lovastatin. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.

- Rissing, M. (2000). *The development of antibiotic resistance*. Archive. USA.
- Setyaningsih, I. (2004). Resistensi bakteri dan antibiotik alami dari laut. *Makalah Falsafah Sains*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Shi, T. C., L. Bolognesi, J. P. Castle, & P. Cravedi. (2010). Scientific opinion on lipase from a genetically modified of *Aspergillus* sp. *EFSA Journal* **12**(7): 3778--3785.
- Song, J. L., C. N. Lyons, S. Holleman, B. G. Oliver & T. C. White. (2003). Antifungal activity of flucanazole in combination with lovastatin and their effects on gene expression in the ergosterol and prenylation pathways in *Candida albicans*. *Medical Mycology* **41**: 417--425.
- Suhartono, M (1992). Protease. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Insitut Pertanian Bogor.
- Varoglu, M. & P. Crews, (2000). Biosynthetically diverse compounds from a saltwater Culture of Sponge-Derived *Aspergillus niger*. *Journal National Production* **63**: 41--43.
- Wang, L.W., P. P. Liu, Y. P. Zhang, J. Li, H.W. Tao, Q.Q. Gu & W.M. Zhu. (2009). 2-Hydroxydiplopterol, A new cytotoxic Pentacyclic Triterpenoid from the Halotolerant fungus *Aspergillus vaeriicolor* B -17. *Archives of Pharmacal Research* **32**(9) : 1211-1214.
- Winarno, E. 2011. Uji sitotoksik ekstrak kapang *Aspergillus* sp. terhadap sel kanker payudara T47D. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok: xii + 54 hlm.
- Widyastuti, Y., Rachmawati, A., **Mangunwardoyo, W** & S. Ratnakomala (2002). Fermentation of Palm Oil waste by *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae*. Proceeding for JSPS-NRCT/DOST/LIPI/VCC. *Multilateral Research Program in Field of Biotechnology*. Japan. 261-286.
- Xie, X., K. Watanabe, W. A. Wojcicki, C. C. C. Wang & Y. Tang. 2006. Biosynthesis of lovastatin analogs with a broadly specific acyltransferase. *Journal Chemistry and Biology* **13**: 1161--116.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

KETERANGAN PERORANGAN

Data Pribadi

Nama : Prof. Dr. Wibowo Mangunwardoyo MSc.
Tempat/Tgl lahir : Klaten, 01 Januari 1954
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Laki-laki
Orang Tua : Bapak. H. Abduldjalil Mangunwardoyo
Ibu. Hj. Suparti Mangunwardoyo
Pangkat/Golongan : Pembina Utama/ IVd
Jabatan : Guru Besar
NIP/Karpeg : 19540101 198011 1001/C.0427997
Status : Menikah
Isteri : Dr. Tatiek Kartika Suharsi MS.
Anak : Akbar Pratomo S.Sos.
Alamat Kantor : Departemen Biologi FMIPA_UI
Depok 16424
Telp : 021-7270163
Fax : 021-78884764
Alamat Rumah : Komplek Budi Agung Blok Q-12, Jl. Ulin.
Sukadamai, Semplak. Bogor 16310.
Telp : 0251-8315918
Hp. : 0818 0885 7150
Email : wibowo.mangun@ui.ac.id ;
wibowo.mangun@sci.ui.ac.id
wibowo.mangun@yahoo.co.id