



PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

***CELLULOSE ACETAT* MEMBRAN FILTRASI
BERBAHAN DASAR LAMUN LAUT (*SEAGRASS*) TROPIS**

**BIDANG KEGIATAN :
PKM GAGASAN TERTULIS (PKM-GT)**

Diusulkan oleh :

Ketua	: Fathu Rahman Hadi	C34051668	2005
Anggota	: Fitriani Idham	C34053096	2005
	Yogi Waldingga	C34104007	2004

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2009**

**HALAMAN PENGESAHAN
USULAN PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

- 1. Judul Kegiatan** : *Cellulose Acetate* Membran Filtrasi Berbahan Dasar Lamun Laut (*Seagrass*) Tropis
- 2. Bidang Kegiatan** : PKM Gagasan Tertulis (PKM-GT)
- 3. Ketua Pelaksana Kegiatan**
- a. Nama Lengkap : Fathu Rahman Hadi
 - b. NIM : C34051668
 - c. Jurusan : Teknologi Hasil Perairan
 - d. Universitas/Institut/Politeknik : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat Rumah/No. HP : Pondok As-Salam, Cangkurawok, Bogor, Jawa Barat 16680
085 693 469 187
 - f. Alamat Email : hadi_iqjr@yahoo.com
- 4. Anggota Pelaksana Kegiatan** : 2 orang
- 5. Dosen Pendamping**
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si
 - b. NIP : 132 206 247
 - c. Alamat : Jl. Katelia III/23 Taman Yasmin, Bogor
 - d. No. HP/Telpon : 0812 802 2114

Bogor, 1 April 2009

Menyetujui,
Pembina Kemahasiswaan
Departemen Teknologi Hasil Perairan
a.n. Ketua

Ketua Pelaksana Kegiatan

Uju, S.Pi., M.Si
NIP. 132 282 668

Fathu Rahman Hadi
NIM. C34051668

Wakil Rektor
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

Dosen Pendamping

Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS
NIP. 131 473 999

Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si
NIP. 132 206 247

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan karya tulis dengan judul ***Cellulose Acetate Membran Filtrasi Berbahan Dasar Lamun Laut (Seagrass) Tropis***. Tulisan ini merupakan sebuah pemikiran baru dalam pemanfaatan salah satu sumber daya alam bahari Indonesia dengan potensi yang sangat besar, yaitu lamun laut tropis.

Terima kasih penulis sampaikan kepada orang tua kami atas dukungan dan doanya. Terima kasih yang tidak terhingga kepada Bapak Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan semangat selama penulisan karya tulis ini.

Karya tulis ini kami curahkan sebagai kontribusi kami dalam rangka meningkatkan nilai tambah dari lamun laut tropis dan membantu perekonomian masyarakat. Semoga karya tulis ini menjadi sebuah bentuk nyata kami sebagai generasi penerus bangsa dalam menciptakan kelestarian lingkungan menuju kehidupan yang lebih baik. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bogor, 1 April 2009

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
PENDAHULUAN	
Latar Belakang Masalah	1
Tujuan Penulisan	3
Manfaat Penulisan	3
TELAAH PUSTAKA	
Lamun Laut	4
Membran Filtrasi	5
<i>Cellulose Acetate</i>	6
METODE PENULISAN	
Penentuan Gagasan	7
Jenis dan Sumber Tulisan	7
Metode Penulisan	7
ANALISIS DAN SINTESIS	
Potensi Pemanfaatan Lamun Laut (<i>Seagrass</i>)	8
<i>Cellulose Acetate</i> Membran Filtrasi	10
Sintesis <i>Cellulose Acetate</i>	13
Prospek Pengembangan Membran di Masa Depan	14
SIMPULAN DAN SARAN	
Simpulan	15
Saran	15
DAFTAR PUSTAKA	16
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	19
LAMPIRAN	21

DAFTAR GAMBAR

Nomor	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Lamun laut (seagrass).	9
2.	Ukuran pori-pori dari berbagai macam membran.....	11

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Peta Sebaran dan Diversitas Lamun Laut (seagrass)	19
2. Klasifikasi membran berdasarkan tekanan, ukuran partikel dan molekul yang dipisahkan.	21

RINGKASAN

FATHU RAHMAN HADI, FITRIANI IDHAM, YOGI WALDINGGA.
Cellulose Acetate Membran Filtrasi Berbahan Dasar Lamun Laut (Seagrass)
Tropis. Dibimbing oleh BAMBANG RIYANTO.

Lamun laut atau dalam bahasa Inggris dikenal dengan nama *seagrasses*, merupakan tumbuhan berbunga (*flowering plants*) satu dari empat famili Posidoniaceae, Zosteraceae, Hydrocharitaceae, atau Cymodoceaceae yang tumbuh di laut pada lingkungan dengan salinitas tinggi. Lamun laut memiliki daun, rimpang dan akar sejati, serta dapat berbunga sedangkan rumput laut tidak. Tumbuhan ini memiliki nilai manfaat yang sangat besar karena memiliki fungsi ekologis yang besar dan berpengaruh terhadap pendapatan suatu daerah (Hemminga dan Duarte 2000). McArthur dan Boland (2006) menyatakan bahwa kontribusi habitat lamun laut terhadap produksi sekunder di perairan Teluk Australia Selatan mencapai 114 juta dolar Australia per tahun. Daerah yang mengalami penyusutan zona lamunnya sebesar 16% dan diperkirakan terjadi penyusutan produksi sebesar 235 ribu dolar per tahun. Jika hal ini terjadi secara permanen, maka dampaknya terhadap perekonomian akan dirasakan selama bertahun-tahun.

Lamun laut tumbuh seperti padang rumput (*meadows*) yang besar (Schwartz *et al.* 2006) dan ekosistemnya memiliki diversitas dan produktifitas yang tinggi, serta menjadi rumah bagi ratusan spesies yang berasosiasi, mulai dari ikan, makroalga dan mikroalga, moluska, nematoda dan cacing (Hemminga dan Duarte 2000). Produktivitas lamun laut berkisar antara 5 sampai 15 g Carbon m⁻² per hari dan hanya 5% dari produksi tahunan lamun laut yang dikonsumsi langsung oleh konsumen lamun laut pada sistem rantai makanan (*food chain*) seperti bakteri, protozoa, invertebrata, penyu dan dugong (Webster 1994).

World Seagrass Atlas yang dikeluarkan oleh UNEP (2008) menunjukkan lamun laut tersebar hampir di seluruh perairan dangkal dunia dan Indonesia memiliki kekayaan dan keanekaragaman lamun laut paling besar antara lain dari spesies *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata* dan *Thalassodendron ciliatum* dengan sebaran di perairan selat Sunda, selat Bali, perairan Nusa Tenggara dan perairan Maluku. Dawes *et al.* (1987) mengungkapkan bahwa kandungan lamun laut jenis *Halophila engelmannii* Ascherson memiliki kadar protein sebesar 10.4-11.5% bobot kering, lipid 0.1-1.5% bobot kering, abu 23-64% bobot kering (tergantung tempat hidupnya) dan selulosa 11.6-25.0% bobot kering (tergantung pada bagian tumbuhan). Peningkatan karbohidrat terlarut terjadi pada seluruh struktur dari lamun laut pada bulan Desember.

Kadungan selulosa yang tinggi dalam lamun laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber selulosa dalam pembuatan *cellulose acetate* (CA) dengan sedikit modifikasi. CA merupakan ester selulosa yang biasa digunakan sebagai bahan pembuat membran. Saat ini penggunaan selulosa asetat sebagai bahan baku pembuatan membran semakin meningkat, terutama dalam pembuatan membran *reverse osmosis* (RO). Selain sebagai bahan baku membran, CA juga dimanfaatkan dalam negatif film, mikrofilm dan pita magnetik (National Library of Australia 200).

Tujuan penulisan karya tulis ini adalah untuk mempelajari potensi lamun laut tropis sebagai bahan baku pembuatan *cellulose acetate* membran filtrasi.

Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penulisan ini sebagian besar berasal dari jurnal ilmiah, artikel dan buku. Adapun metode penulisan meliputi perumusan masalah, analisis dan sintesis masalah, simpulan dan saran. Tahapan analisis dan sintesis meliputi potensi lamun laut tropis, teknologi membran, sintesis CA dari bahan baku selulosa serta mempelajari potensi pemanfaatan dan keuntungan ekonomi membran di masa depan.

Hasil analisis menyatakan bahwa lamun laut memiliki pertumbuhan yang cepat. Buesa (1977) dalam penelitiannya mengungkapkan rasio fotosintesis bersih (Pn) dan respirasi gelap (R) lamun laut (Pn/R) berkisar antara 3,5 sampai 8,7 dengan nilai rata-rata 6. Selain itu kandungan serat yang tinggi pada lamun laut membuatnya sulit untuk dicerna sehingga hanya beberapa spesies herbivora yang mengkonsumsinya (Cebrian dan Duarte 1998).

Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) terhadap kumpulan serat lamun laut memperlihatkan kandungan selulosanya yang tinggi, dimana komposisi dinding sel tidak terlihat seperti *graminaceous* pada tanaman monokotil dan lebih *akin* daripada dinding tanaman dikotil (Gozwami *et al.* 1996). Waldron *et al.* (1989) mengatakan bahwa komposisi dinding sel pada jaringan lamun laut menyatakan kandungan selulosa pada dinding sel berkisar antara 30-50% dalam semua jaringan dan semakin tua umur lamun laut maka semakin besar kandungan selulosanya. Kandungan selulosa pada lamun laut paling banyak terdapat pada rhizoma (Dawes *et al.* 1987).

Membran adalah suatu lapisan yang berfungsi sebagai penghalang selektif antara dua fase dan remains impermeable menjadi partikel atau grup partikel atau substansi yang spesifik ketika diberikan aliran tekanan. Hasil pemisahan berupa *retentate* (bagian dari campuran yang tidak melewati membran) dan *permeate* (bagian dari campuran yang melewati membran) (Anonim 2009). Penggolongan jenis membran dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah penggolongan membran berdasarkan struktur dan berdasarkan bahan pembuatnya. Berdasarkan strukturnya, membran dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu struktur simetris dan asimetris atau anisotropik (Khulbe 2008).

Cellulose acetate (CA) termasuk dalam golongan polimer organik. Keuntungan menggunakan polimer organik sebagai bahan baku membran adalah tidak mahal, ringan, fleksibel dan mudah dibentuk atau dicetak menjadi bentuk dan ukuran yang bervariasi, telah dikembangkan sebelum membran inorganik, tipe membran tertentu (misalnya serat kosong) hanya dapat dibuat dengan polimer organik dan kimia membran telah tersedia secara luas. (Ghosh 2003).

Selulosa asetat (CA) merupakan ester organik selulosa yang berupa padatan putih, tidak berbau dan tidak berasa, dihasilkan melalui esterifikasi molekul selulosa dengan anhidrida asetat dan sejumlah katalis.

Salah satu pemanfaatan utama CA adalah sebagai bahan utama dalam pembuatan membran RO yang biasa digunakan untuk pemurnian air. Hal ini dikarenakan CA dapat membentuk struktur asimetrik dengan lapisan aktif yang sangat tipis dan dapat menahan bahan terlarut pada lapisan pendukung yang kasar, serta toleran terhadap klorin dan tahan terhadap terjadinya pengendapan (Uemura dan Henmi 2008; Kumano dan Fujiwara 2008).

Proses sintesis CA dari lamun laut tropis dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu penghilangan lignin (delignifikasi) dan pembentukan larutan CA. Bahan baku utama dalam pembuatan CA adalah selulosa. Selulosa yang terdapat di dalam lamun laut tropis masih berikatan dengan komponen lain, seperti hemiselulosa, lignin, protein dan komponen lainnya. Kandungan lignin pada lamun laut tropis yang digunakan harus dihilangkan terlebih dahulu untuk memurnikan selulosanya dan agar tidak mengganggu proses pembentukan CA (Dawes *et al.* 1987). Sedangkan proses pembentukan larutan CA dilakukan menggunakan metode yang terdapat pada Patenstorm (1984). Proses pembentukan larutan CA dilakukan melalui tahapan perlakuan awal dan aktivasi, serta netralisasi katalis asam.

Pemanfaatan membran RO semakin meningkat, terutama untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Hal ini disebabkan desalinasi air laut dengan *reverse osmosis* (RO) memiliki banyak keuntungan, seperti hemat energi, biaya produksi yang rendah, waktu mulai dan selesai yang singkat, periode konstruksi yang singkat, ruang instalasi yang lebih kecil dan biaya total air yang lebih rendah (Kumano dan Fujiwara 2008). Peningkatan penggunaan membran RO selanjutnya akan mengakibatkan peningkatan kebutuhan CA sebagai bahan baku membran. Kebutuhan CA yang semakin besar akan mendorong produksi dan pengembangan CA dari berbagai macam teknologi dan bahan baku. Lamun laut tropis Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan menjadi bahan CA karena memiliki jumlah yang sangat banyak dengan kandungan selulosa yang tinggi, namun pemanfaatannya masih sedikit.

Penggunaan lamun laut tropis sebagai bahan baku *cellulose acetate* membran filtrasi akan meningkatkan nilai tambah dari lamun laut tropis Indonesia dan membantu perekonomian Indonesia. Hal ini dikarenakan pasar membran di dunia diperkirakan akan terus meningkat hingga beberapa tahun kedepan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Lamun laut atau dalam bahasa Inggris dikenal dengan nama *seagrasses*, merupakan tumbuhan berbunga (*flowering plants*) satu dari empat famili Posidoniaceae, Zosteraceae, Hydrocharitaceae, atau Cymodoceaceae yang tumbuh di laut pada lingkungan dengan salinitas tinggi. Lamun laut memiliki daun yang panjang dan sempit serta berwarna hijau. Tumbuhan ini tumbuh seperti padang rumput (*meadows*) yang besar (Schwartz *et al.* 2006).

Habitat lamun laut berada di perairan zona fotik yang berombak tenang dengan pantai yang terlindung dan dasar tanah berpasir. Ekosistem padang lamun memiliki diversitas dan produktifitas yang tinggi, serta menjadi rumah bagi ratusan spesies yang berasosiasi, mulai dari ikan, makroalga dan mikroalga, moluska, nematoda dan cacing (Hemminga dan Duarte 2000). Menurut McRoy dan McMiUan (1977) *diacu dalam* Webster (1994), produktivitas lamun laut berkisar antara 5 sampai 15 g Carbon m⁻² per hari dan hanya 5% dari produksi tahunan lamun laut yang dikonsumsi langsung oleh konsumen lamun laut pada sistem rantai makanan (*food chain*) seperti bakteri, protozoa, invertebrata, penyu dan dugong.

World Seagrass Atlas yang dikeluarkan oleh UNEP (2008) menunjukkan lamun laut tersebar hampir di seluruh perairan dangkal dunia dan Indonesia memiliki kekayaan dan keanekaragaman lamun laut paling besar antara lain dari spesies *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata* dan *Thalassodendron ciliatum* dengan sebaran di perairan selat Sunda, selat Bali, perairan Nusa Tenggara dan perairan Maluku. Persebaran lamun laut di dunia dan besarnya keanekaragaman lamun laut di Indonesia dapat dilihat pada Lampiran 1.

Lamun laut (*seagrass*) berbeda dengan rumput laut (*seaweed*), lamun laut memiliki daun, rimpang dan akar sejati, serta dapat berbunga sedangkan rumput laut tidak. Tumbuhan ini memiliki nilai manfaat yang sangat besar karena memiliki fungsi ekologis yang besar dan berpengaruh terhadap pendapatan suatu

daerah (Hemminga dan Duarte 2000). McArthur dan Boland (2006) menyatakan bahwa kontribusi habitat lamun laut terhadap produksi sekunder di perairan Teluk Australia Selatan mencapai 114 juta dolar Australia per tahun. Daerah yang mengalami penyusutan zona lamunnya sebesar 16% dan diperkirakan terjadi penyusutan produksi sebesar 235 ribu dolar per tahun. Jika hal ini terjadi secara permanen, maka dampaknya terhadap perekonomian akan dirasakan selama bertahun-tahun.

Dawes *et al.* (1987) dalam penelitiannya selama bulan September hingga Desember terhadap lamun laut jenis *Halophila engelmannii* Ascherson mengatakan bahwa kadar protein lamun laut tersebut tetap (10.4-11.5% bobot kering) yang menunjukkan pertumbuhannya tetap berlangsung pada bulan Desember dengan kadar lipid rendah (0.1-1.5% bobot kering). Kadar abu lebih rendah pada populasi di daerah estuaria (23-44% bobot kering) dibandingkan populasi dengan salinitas yang lebih tinggi (35-64%). Kadar selulosa lebih tinggi pada bagian rhizome (20.5-25.0% bobot kering) dibandingkan daun (11.6-14.3% bobot kering). Peningkatan karbohidrat terlarut terjadi pada bulan Desember dibandingkan bulan September pada seluruh struktur dari lamun laut.

Webster dan Stone (1994) melakukan analisis kandungan lamun laut jenis *Heterozostera tasmanica* (Martens ex Aschers.) den Hartog dari bagian akar, rhizoma, batang dan daun. Hasil analisis tersebut menunjukkan kandungan lignin sebesar 2.1-6.5% dari dinding sel dan gula netral sebesar 39.3-54.8%. Glukosa sebagai komponen gula netral yang paling besar, yaitu 17.1-28.3% w/w dari dinding sel, tetapi kandungan apiose juga tinggi, 10.1-17.4% bersama sejumlah kecil xylose, galactose, rhamnose, arabinose and mannose.

Kadungan selulosa yang tinggi dalam lamun laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber selulosa pengganti kayu yang saat ini semakin langka. Saat ini masih sedikit pemanfaatan selulosa lamun laut. Padahal selulosa tersebut dapat dimanfaatkan dalam pembuatan *cellulose acetate* (CA) dengan sedikit modifikasi.

CA merupakan ester selulosa yang biasa digunakan sebagai bahan pembuat membran. Saat ini penggunaan selulosa asetat sebagai bahan baku

pembuatan membran semakin meningkat, terutama dalam pembuatan membran *reverse osmosis* (RO). Selain sebagai bahan baku membran, CA juga dimanfaatkan dalam negatif film, mikrofilm dan pita magnetik (National Library of Australia 200).

Lamun laut tropis Indonesia merupakan suatu kekayaan alam yang sangat besar. Berlimpahnya lamun laut tropis di Indonesia dan pertumbuhannya yang cepat memiliki suatu potensi yang dalam pemanfaatannya sebagai bahan baku CA dalam pembuatan membran. Modifikasi dan pemanfaatan lamun laut tropis sebagai bahan baku *cellulose acetate* membran filtrasi diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah dari lamun laut dan perekonomian.

Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan karya tulis ini adalah untuk mempelajari potensi lamun laut tropis sebagai bahan baku pembuatan *cellulose acetate* membran filtrasi.

Manfaat Penulisan

Manfaat dari penulisan karya tulis ini adalah memberikan pengetahuan dan informasi mengenai potensi lamun laut tropis dan pemanfaatannya menjadi *cellulose acetate* membran filtrasi sehingga dapat bermanfaat dalam pengembangan lamun laut tropis.

TELAAH PUSTAKA

Lamun Laut (*seagrass*)

Lamun laut (*Seagrass*) biasa tumbuh di daerah Intertidal dan memiliki berbagai manfaat, seperti sebagai tempat pemijahan ikan dan mengurangi terjadinya abrasi pantai. Studi yang pernah dilakukan di Kepulauan Riau, nilai ekonomi perikanan yang terkait ekosistem lamun tahun 1997 sebesar 3.858,91 dollar AS per hektar per tahun (Anonim^a 2003).

Indonesia sangat kaya dengan ekosistem padang lamun di perairannya, hal ini telah dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti Indonesia. Pada penelitian yang dilakukan di Papa Boa Point di Pulau Bunaken diperoleh 6 spesies lamun, yaitu *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Syringodium isoetifolium* dan *Thalassodendron ciliatum*, sedangkan pada rata-rata Pantai Bama, Taman Nasional Baluran, didapat tujuh jenis lamun dan 43 jenis invertebrata makrobentik yang berkoeksistensi (Ampou *et al.* 2007; Wimbaningrum 2002).

Lamun merupakan tumbuhan yang memiliki pertumbuhan yang cepat. Buesa (1977) dalam penelitiannya mengungkapkan rasio fotosintesis bersih (Pn) dan respirasi gelap (R) lamun laut (Pn/R) berkisar antara 3,5 sampai 8,7 dengan nilai rata-rata 6. Nilai rasio Pn/R ini menunjukkan tingkat produktifitas lamun laut. Cepatnya pertumbuhan lamun laut tersebut menjadi suatu potensi yang besar untuk pemanfaatan lamun laut sebagai sumber serat. Kandungan serat yang tinggi pada lamun laut membuatnya sulit untuk dicerna sehingga hanya beberapa spesies herbivora yang mengkonsumsinya (Cebrian dan Duarte 1998).

Serat lamun laut sebagian besar terdiri dari selulosa, namun selulosa tersebut masih bercampur dengan komponen lain seperti hemiselulosa dan lipid. Selulosa adalah bahan kimia organik yang paling melimpah di permukaan bumi. Selulosa merupakan polimer yang tersusun oleh unit D-Glucopyranose dengan ikatan glikosidik β -(1-4). Jumlah unit glukosa dalam molekul selulosa berhubungan dengan derajat polimerisasinya (DP) dan rata-rata DP pada tanaman

berkisar antara 50 hingga 600 (Stamm dalam Rowell 1997). Pada basis bobot basah sebagian besar tanaman mengandung 45-50% selulosa. Kandungan selulosa pada setiap tipe tanaman berbeda-beda mulai dari 30% hingga 90% (Rowell 1997). Selulosa murni tersedia secara komersial dalam beberapa bentuk seperti kapas, kertas saring, Avicel (Beguin dan Aubert 1994).

Hemiselulosa adalah suatu bentuk dari kompleks polimer karbohidrat dengan xylan dan glucomannans sebagai komponen utama. Sebagian besar xylan mengikat gugus acetyl, methyl-glucuronyl dan arabinofuranosyl pada rantai punggungnya dengan proporsi yang bervariasi (Beguin dan Aubert 1994). Berbeda dengan polimer selulosa yang berantai lurus, hemiselulosa berantai cabang dan umumnya tersusun atas 150 atau kurang anhidrid gula sederhana (Haygreen dan Bowyer 1989).

Lignin adalah suatu polimer kompleks dengan berat molekul tinggi tersusun atas unit-unit fenilpropin (Haygreen dan Bowyer 1989). Lignin sangat resisten terhadap biodegradasi dan melindungi selulosa dan hemiselulosa terhadap serangan enzim hidrolisis (Beguin dan Aubert 1994).

Membran Filtrasi

Membran adalah suatu lapisan yang berfungsi sebagai penghalang selektif antara dua fase dan remains impermeable menjadi partikel atau grup partikel atau substansi yang spesifik ketika diberikan aliran tekanan. Hasil pemisahan berupa *retentate* (bagian dari campuran yang tidak melewati membran) dan *permeate* (bagian dari campuran yang melewati membran) (Anonim^b 2009).

Penggolongan jenis membran dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah penggolongan membran berdasarkan struktur dan berdasarkan bahan pembuatnya. Berdasarkan strukturnya, membran dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu struktur simetris dan asimetris atau anisotropik (Khulbe 2008).

Berdasarkan bahan pembuatnya, membran dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu polimer organik dan materi inorganik. Polimer organik adalah bahan yang diperoleh dari bahan organik, seperti *polysulfone* (PS), *polyethersulfone* (PES), *cellulose acetate* (CA), *regenerated cellulose*, *polyamide*

(PA), *polyvinylidene fluoride* (PVDF) dan *polyacrylonitrile* (PAN), sedangkan materi inorganik seperti gelas, logam dan keramik. Polimer organik seperti PS, PES dan CA merupakan polimer yang paling banyak digunakan saat ini (Ghosh 2003).

Keuntungan menggunakan polimer organik sebagai bahan baku membran adalah tidak mahal, ringan, fleksibel dan mudah dibentuk atau dicetak menjadi bentuk dan ukuran yang bervariasi, telah dikembangkan sebelum membran inorganik, tipe membran tertentu (misalnya serat kosong) hanya dapat dibuat dengan polimer organik dan kimia membran telah tersedia secara luas. (Ghosh 2003).

Cellulose Acetate (CA)

Cellulose acetate (CA) merupakan golongan ester selulosa yang dimodifikasi untuk memperbaiki sifat fisik maupun kimiawi untuk keperluan tertentu. CA umumnya digunakan untuk beberapa jenis film dan bahan pelapis (Edgar *et al.* 2001). CA dapat dihasilkan dari selulosa melalui tahapan aktivasi dengan asam asetat glacial dan tahap asetilasi dengan anhidrida asetat (Filho *et al.* 2005).

Kadar asetil untuk selulosa yang saat ini dijual umumnya memiliki derajat asetilasi antara 1.7 hingga 3.0 umumnya digunakan sebagai bahan baku polimer termoplastik (Keenan *et al.* 2005). Keberhasilan proses modifikasi selulosa menjadi selulosa asetat dapat dicirikan dengan menggunakan spektrofotometer *fourier transform infrared* (FTIR).

Melalui pencirian dengan FTIR dapat diketahui serapan-serapan gugus penciri. Pencirian juga dapat dilakukan dengan mengamati perubahan tingkat kekristalan dari selulosa asetat. Tingkat kekristalan suatu membran dapat diukur dengan menggunakan alat kalorimetri pemayaran diferensial (DSC) (Filho *et al.* 2000).

METODE PENULISAN

Penentuan Gagasan

Karya tulis ini mengangkat gagasan tentang alternatif baru sumber *cellulose acetate* membran filter dengan menggunakan lamun laut (*seagrass*) tropis. Gagasan ini didasarkan pada potensi lamun laut tropis Indonesia yang besar dan belum banyak dimanfaatkan serta dapat menjadi sumber bahan baku selulosa dalam pembuatan CA sebagai bahan baku membran.

Jenis dan Sumber Tulisan

Jenis dan sumber data yang digunakan adalah data sekunder, yang sebagian besar berasal dari jurnal ilmiah, buku dan artikel.

Metode Penulisan

Metode penulisan meliputi perumusan masalah, analisis dan sintesis masalah, simpulan dan saran. Tahapan analisis dan sintesis meliputi potensi lamun laut tropis, teknologi membran, sintesis CA dari bahan baku selulosa serta mempelajari potensi pemanfaatan dan keuntungan ekonomi membran di masa depan.

ANALISIS DAN SINTESIS

Potensi Pemanfaatan Lamun Laut (*Seagrass*)

Lamun (*seagrass*) adalah tumbuhan air yang berbunga (*spermatophyta*) yang hidup dan tumbuh terbenam di lingkungan laut, berpembuluh, berdaun, berimpang, dan berakar. Lamun terbentang pada kedalaman 0.5-20 meter setelah bakau, baru kemudian terumbu karang. Bentangan lamun yang luas biasa disebut padang lamun (Wimbaningrum 2002) dan merupakan produsen primer organik tertinggi dibanding ekosistem laut dangkal (Zulkifli 2003).

Lamun laut hidup di perairan dangkal pada zona intertidal dengan dasar tanah berpasir. Indonesia merupakan negara dengan diversitas lamun laut tertinggi di dunia (Lampiran 1). Pemanfaatan lamun laut masih sangat kecil bila dibandingkan kecepatan pertumbuhannya, karena sampai saat ini dari data yang ada pemanfaatan lamun laut masih terbatas sebagai tempat rekreasi dan daerah konservasi lingkungan (Schwartz 2006).

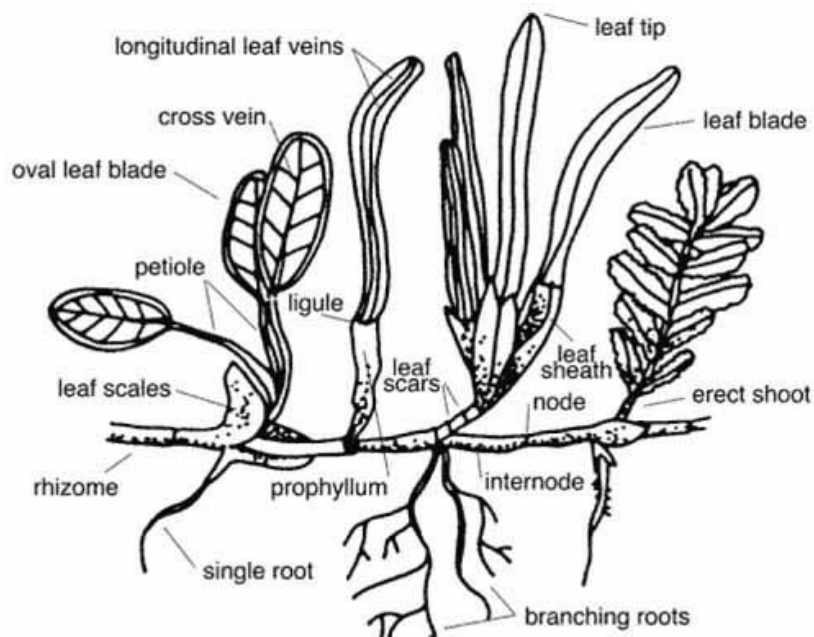
Cebrian dan Duarte (1998) mengatakan bahwa tingkat konsumsi lamun laut oleh herbivora dipengaruhi oleh perbedaan laju spesifik pertumbuhan daun (*Specific Growth Rate*) sebagai penggambaran dari kualitas nutrisi daun untuk herbivora. Tingginya kandungan serat dan selulosa dalam lamun laut membuatnya sulit untuk dicerna sehingga mengurangi kualitas nutrisinya. Hal tersebut membuat herbivora yang ada di ekosistem padang lamun cenderung memilih lamun laut yang dikonsumsinya. Kelimpahan yang tinggi dan pertumbuhan yang cepat lamun laut merupakan suatu potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber selulosa baru.

Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) terhadap kumpulan serat lamun laut memperlihatkan kandungan selulosanya yang tinggi, dimana komposisi dinding sel tidak terlihat seperti *graminaceous* pada tanaman monokotil dan lebih *akin* daripada dinding tanaman dikotil (Gozwami *et al.* 1996). Waldron *et al.* (1989) mengatakan bahwa komposisi dinding sel pada jaringan lamun laut menyatakan kandungan selulosa pada dinding sel berkisar antara 30-50% dalam semua jaringan dan semakin tua umur lamun laut maka

semakin besar kandungan selulosanya. Kandungan selulosa pada lamun laut paling banyak terdapat pada rhizoma (Dawes *et al.* 1987).

Kandungan selulosa yang tinggi di dalam lamun laut telah dibuktikan oleh Webster dan Stone (1994) dalam penelitiannya yang mengungkapkan bahwa dinding lamun laut spesies *Heterozostera tasmanica* mengandung gula netral sebesar 39.3-54.8%, lignin 2.1-6.5%, kadar abu 9.3-16.9%, nitrogen 0.5-2.9%, dan asam uronat 7.9-17.1%. Dawes *et al.* (1987) mengungkapkan bahwa kandungan selulosa pada lamun laut di daerah Florida, USA paling banyak terdapat pada rhizoma yaitu berkisar antara 20.5-25.0% dari berat kering dan yang paling sedikit adalah bagian daun yaitu berkisar antara 11.6-14.3% dari berat kering, sedangkan lignin pada lamun laut tidak lebih dari 3.8% berat keringnya.

Cooper dan McRoy (1988) mengatakan bahwa adaptasi anatomi lamun laut genus *Phyllospadix* yang hidup pada substrat berbatu dengan habitat yang berombak besar memiliki serat hipodermal dan pertumbuhan rambut akar yang lebih besar, rhizoma yang lengket dan *lacunae* yang lebih kecil. Besarnya ukuran rambut akar mengindikasikan semakin tinggi kandungan selulosa pada lamun laut tersebut. Bagian-bagian lamun laut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lamun laut (seagrass) (Cooper dan McRoy 1988)

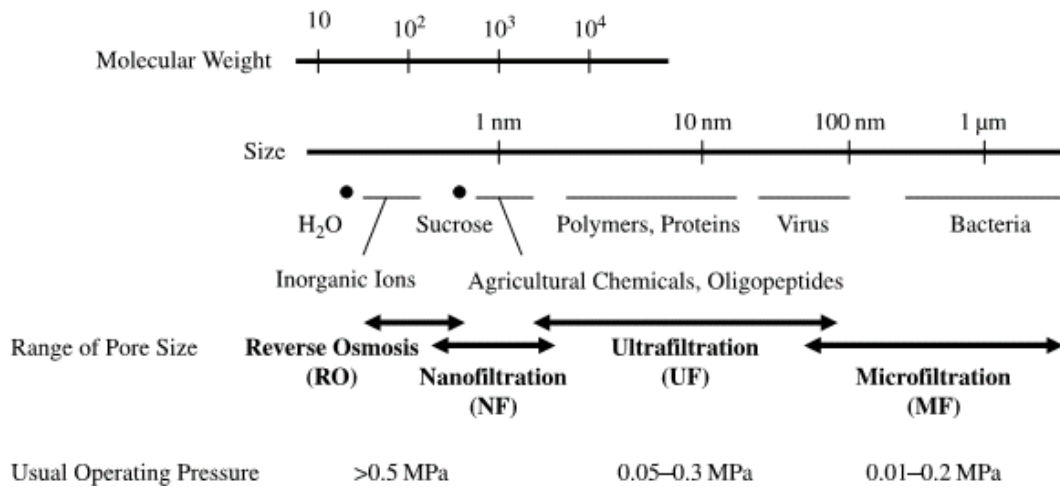
Kandungan selulosa yang besar pada lamun laut merupakan suatu potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku selulosa asetat untuk membran filtrasi. Pemanfaatan selulosa lamun laut tropis Indonesia sebagai bahan baku pembuatan selulosa asetat diharapkan dapat mengoptimalkan potensi selulosa yang banyak terkandung pada lamun laut sekaligus meningkatkan nilai tambah lamun laut tropis tersebut.

Cellulose Acetate Membran Filtrasi

Membran merupakan lapisan penghalang tipis yang menahan pelarut dan zat terlarut, lalu ditransportasikan secara selektif. Kemampuan proses membran bergantung pada sifat dari membran itu sendiri. Oleh karena itu, karakterisasi membran menjadi tugas penting untuk perkembangan dan penggunaannya. Beberapa parameter yang digunakan untuk menentukan kemampuan suatu membran adalah (Ghosh 2003) :

- a) kekuatan mekanik, seperti kekuatan tarik dan kekuatan tekan.
- b) ketahanan bahan kimia, seperti rentang pH, kecocokan dengan pelarut
- c) permeabilitas hidrolis
- d) porositas rata-rata dan distribusi ukuran pori-pori
- e) karakteristik penyaringan, seperti pemotongan bobot molekul
- f) karakteristik elektrik, seperti potensial zeta membran

Proses pemisahan membran telah menjadi syarat penting dalam industri pemisahan. Proses membrane telah digunakan secara luas, termasuk mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, *reverse osmosis*, elektrolisis, dialisis, elektrodialisis, pemisahan gas, permeasi uap, pervaporasi dan distilasi membran (Anonim^c 2009). Proses-proses filtrasi berdasarkan ukuran pori-pori dari berbagai macam membran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ukuran pori-pori dari berbagai macam membran (Kubota *et al.* 2008)

Tahapan pembuatan membran melalui inversi fase dengan cara pencelupan adalah sebagai berikut: (1) pembuatan larutan homogen dengan kekentalan yang diinginkan, (2) pencetakan larutan polimer sebagai lapisan tipis, (3) penguapan sebagian pelarut dari polimer, (4) pengendapan polimer dengan cara pencelupan, dan (5) perlakuan suhu (*annealing*) untuk menyusutkan ukuran pori. Tahapan diatas berpengaruh terhadap karakteristik akhir membran yang terlihat (Mudler 1996).

Selulosa asetat (CA) merupakan ester organik selulosa yang berupa padatan putih, tidak berbau dan tidak berasa, dihasilkan melalui esterifikasi molekul selulosa dengan anhidrida asetat dan sejumlah katalis. Selain asam sulfat, dalam pembentukan CA dapat digunakan katalis asam perklorat dan zink/seng klorida. Selulosa memiliki tiga gugus hidroksil tiap residu anhidroglukosa sehingga dapat dibentuk menjadi selulosa mono-, di- atau triasetat. CA yang homogen hanya diperoleh dari substitusi sempurna gugus-gugus hidroksil anhidroglukosa menjadi selulosa triasetat. Hal ini dapat terjadi karena sifat alami yang acak dari suatu reaksi (Sjostrom 1995).

Jumlah gugus hidroksil yang tergantikan oleh gugus asetil berpengaruh terhadap aplikasi CA. CA tidak mudah terbakar jika dibandingkan dengan selulosa nitrat. Hal ini turut berpengaruh dalam penggunaan CA dalam bidang

industri. Sifat-sifat teknis CA ditentukan oleh derajat substitusinya yang berperan terhadap kelarutannya dalam suatu pelarut dan aplikasinya (Fengel dan Wegener 1984).

CA secara umum dapat dibedakan menjadi selulosa triasetat dan selulosa diasetat. Secara komersial CA dibuat dengan menggunakan bahan baku kapas dan pulp kayu bermutu tinggi, karena selulosa yang digunakan dalam produksi CA harus memiliki kemurnian yang tinggi. Pembuatan CA biasanya dilakukan dengan cara inversi fase melalui proses pencelupan (Mulder 1996). Pembuatan CA terdiri dari empat tahap, yaitu praperlakuan (aktivasi), asetilasi, hidrolisis dan purifikasi. Tahap aktivasi menggunakan asam asetat glasial sebagai aktivator. Asetilasi bertujuan mensubstitusi gugus hidroksil dari selulosa dengan gugus asetil. Hidrolisis dilakukan dengan asam asetat encer untuk mengurangi kadar asetil sehingga diperoleh derajat substitusi yang diinginkan (Fengel dan Wegener 1985).

Salah satu pemanfaatan utama CA adalah sebagai bahan utama dalam pembuatan membran RO yang biasa digunakan untuk pemurnian air. Hal ini dikarenakan CA dapat membentuk struktur asimetrik dengan lapisan aktif yang sangat tipis dan dapat menahan bahan terlarut pada lapisan pendukung yang kasar, serta toleran terhadap klorin dan tahan terhadap terjadinya pengendapan (Uemura dan Henmi 2008; Kumano dan Fujiwara 2008). Selain itu, koeksistensi permeabilitas yang tinggi dan selektifitas yang tinggi dari CA memungkinkan untuk menghasilkan keseimbangan sifat hidrofilik dan hidrofobik (Kumano dan Fujiwara 2008).

Pemanfaatan membran RO semakin meningkat, terutama untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Hal ini disebabkan desalinasi air laut dengan *reverse osmosis* (RO) memiliki banyak keuntungan, seperti hemat energi, biaya produksi yang rendah, waktu mulai dan selesai yang singkat, periode konstruksi yang singkat, ruang instalasi yang lebih kecil dan biaya total air yang lebih rendah (Kumano dan Fujiwara 2008). Peningkatan penggunaan membran RO selanjutnya akan mengakibatkan peningkatan kebutuhan CA sebagai bahan baku membran. Kebutuhan CA yang semakin besar akan mendorong produksi dan pengembangan CA dari berbagai macam teknologi dan bahan baku. Lamun laut

tropis Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan menjadi bahan CA karena memiliki jumlah yang sangat banyak dengan kandungan selulosa yang tinggi, namun pemanfaatannya masih sedikit.

Sintesis Cellulose Acetate

Proses sintesis CA dari lamun laut tropis dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu penghilangan lignin (delignifikasi) dan pembentukan larutan CA. Bahan baku utama dalam pembuatan CA adalah selulosa. Selulosa yang terdapat di dalam lamun laut tropis masih berikatan dengan komponen lain, seperti hemiselulosa, lignin, protein dan komponen lainnya.

Kandungan lignin pada lamun laut tropis yang digunakan harus dihilangkan terlebih dahulu untuk memurnikan selulosanya dan agar tidak mengganggu proses pembentukan CA. Proses penghilangan lignin dapat dilakukan menggunakan 20% alkali aktif dan 30% sulfida pada suhu 170°C selama 2 jam dengan perbandingan antara cairan dan padatan adalah 7:1 (Gominho *et al.* 2001). Kandungan lipid lamun laut jenis *Halophila engelmannii* Ascherson yang rendah (0.1-1.5% bobot kering) dapat membuat proses delignifikasi menjadi lebih mudah Dawes *et al.* (1987).

Proses pembentukan larutan CA dilakukan menggunakan metode yang terdapat pada Patenstorm (1984). Proses pembentukan larutan CA dilakukan melalui tahapan perlakuan awal dan aktivasi, serta netralisasi katalis asam.

Perlakuan awal dan aktivasi bahan baku selulosa sebanyak 100 bagian dilakukan dengan mencampur 200-400 bagian asetat anhidrid, 0-350 bagian asam asetat glasial dan 0.5-5 bagian katalis asam. Proses pemanasan reaktan dilakukan pada suhu 50-85°C selama 3-20 menit. Proses tersebut merupakan proses asetilasi selulosa menjadi bentuk CA primer.

Netralisasi katalis asam merupakan proses hidrolisis CA primer hingga terurai. Proses penguraian dilakukan dengan tekanan dan suhu tinggi sebesar 125-170°C selama 30 menit hingga 6 jam. Sekali-sekali reaksi penguraian dengan suhu tinggi dikombinasikan dengan suhu atmosfer untuk pemulihan dengan kondensasi. Gas yang dihasilkan selama *flashing* memiliki rasio bobot asam asetat dengan air

sebesar 70-80 dan 30-20. Bersamaan dengan proses pendinginan tersisa larutan hasil campuran dengan suhu sekitar 100°C dan reaksi hidrolisis akan terhenti.

Potensi Membran di Masa Depan

Penerapan teknologi membran dalam proses pemisahan memiliki beberapa keuntungan, seperti tidak mengubah struktur molekul zat yang dipisahkan, dapat dioperasikan pada temperatur ruang atau yang lebih rendah dan tidak ada penambahan zat kimia lain selama proses pemisahan. Penerapan teknologi membran di Indonesia masih mengalami kendala berupa belum mampunya dilakukan produksi membran di Indonesia. Beberapa industri yang menerapkan teknologi ini harus mengimpor membran beserta modul atau sistemnya (Kompas 2002).

Besarnya pasar untuk modul membran dan peralatan untuk pemurnian air dan cairan lainnya diperkirakan akan meningkat dari 7.6 miliar dolar pada tahun 2006 menjadi 10 miliar dolar pada tahun 2010. Pasar membran dapat dibagi menjadi 3 segmen, yaitu *reverse osmosis* (RO), ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi. Segmen pasar RO merupakan yang terbesar dari 3 segmen yang ada. Segmen ini menguasai pasar membran hingga 50% dari total penjualan. Pada tahun 2009, segmen ini diperkirakan tetap memimpin dengan keuntungan mencapai 2.2 miliar dolar di seluruh dunia. Pasar membran di Asia akan mengalami pertumbuhan yang semakin cepat dibandingkan dengan regional lainnya dan Cina akan menjadi pembeli terbesar pada tahun 2009 (Anonim^d 2006).

Besarnya kebutuhan terhadap membran menjadi peluang yang sangat besar bagi Indonesia untuk menjadi negara penghasil bahan baku membran, terutama CA. Lamun laut tropis yang dimiliki Indonesia dapat menjadi alternatif bahan baku pembuatan CA karena memiliki kandungan selulosa yang besar dan tersebar luas di perairan Indonesia. Pemanfaatan lamun laut tropis sebagai bahan baku pembuatan CA diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah dari lamun laut tropis. Selain itu juga akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat di Indonesia.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Lamun laut (*seagrass*) tropis merupakan tanaman air yang banyak terdapat di perairan Indonesia yang beriklim tropis. Saat ini pemanfaatan lamun laut masih terbatas pada daerah konservasi dan tempat rekreasi. Padahal potensi serat yang terkandung pada lamun laut sangat besar, yaitu sekitar 54% dari bobot keringnya.

Pemanfaatan selulosa lamun laut sebagai bahan baku pembuatan CA dapat meningkatkan rendemen selulosa aasetat yang dihasilkan. Selain itu, kandungan lipid yang rendah (0.1-1.5% bobot kering) dari lamun laut jenis *Halophila engelmannii* Ascherson dapat membuat proses delignifikasi menjadi lebih mudah sehingga dapat mengurangi penggunaan energi.

Tingginya kandungan selulosa dan rendahnya kandungan lipid dalam lamun laut merupakan suatu potensi yang sangat besar untuk dikembangkan menjadi *cellulose acetate* membran filtrasi. Selain itu, banyaknya lamun laut di Indonesia dan pertumbuhannya yang cepat akan mendukung keberlanjutan produksi CA di saat meningkatnya kebutuhan akan CA dalam pembuatan membran, terutama membran RO.

Penggunaan lamun laut tropis sebagai bahan baku *cellulose acetate* membran filtrasi diharapkan akan meningkatkan nilai tambah dari lamun laut tropis Indonesia dan membantu perekonomian Indonesia. Hal ini dikarenakan pasar membran di dunia diperkirakan akan terus meningkat hingga beberapa tahun kedepan.

Saran

Cellulose acetate merupakan salah satu bahan baku dalam pembuatan membran. Sebelum dilakukan pembuatan membran berbahan dasar lamun laut tropis perlu dilakukan analisis karakteristik selulosa dan selulosa yang dihasilkan dari lamun laut tropis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ampou EE, Tumble R, dan Santoso H. 2007. Seagrass Species Richness at Bunaken Island (Papa Boa) North Sulawesi, Indonesia
- Anonim. 2006. Cross-flow membrane market to reach \$10 billion by 2010. <http://www.pennnet.com/articles/> [29 Maret 2009]
- Anonim^a. 2009. Membrane. www.wikipedia.com/membrane [29 Maret 2009]
- Anonim^b. 2009. Cellulose acetate and cellulose triacetate. www.wikipedia.com/celluloseacetate&celluloseetriacetate [29 Maret 2009]
- Beguin P dan Aubert J-P. 1994. The biological degradation of cellulose. *FEMS Microbiology Reviews* 13:25-58.
- Buesa RJ. 1977. Photosynthesis and Respiration of Some Tropical Marine Plants. *Aquat. Bot.* 3:203-216
- Cebrian J dan Duarte CM. 1998. Patterns in leaf herbivory on seagrasses. *Aquat. Bot.* 60:67-82.
- Cooper LW, dan McRoy CP. 1988. Anatomical Adaptation to Rocky Substrates and Surf Exposure by The Seagrass Genus *Phyllospadix*. *Aquatic Botany*, 32:365-381.
- Dawes C, Chan M, Chinn R, Koch EW, Lazar A dan Tomasko D. 1987. Proximate composition, photosynthetic and respiratory responses of the seagrass *Halophila engelmannii* from Florida. *Aquat. Bot.*, 27, 195-201.
- Edgar KJ *et al.* 2001. Advance in cellulose ester performance and application. *Prog. Polym. Sci.* 26:1605-1688.
- Fengel D dan Wegener G. 1995. *Kayu : Kimia, Ultrastruktur dan Reaksi*. Terjemahan Yogyakarta. Gajah Mada Press
- Filho GR *et al.* 2000. Water flux through cellulose triacetate films produced from heterogeneous acetylation of sugar cane bagasse. *J. Memb. Sci.* 177:225-231.
- Ghosh R. 2003. *Protein Bioseparation Using Ultrafiltration: Theory, Application and New Developments*. London: Imperial College Press
- Gominho J, Fernandez J dan Pereira H. 2001. *Cynara cardunculus* L.—a new fibre crop for pulp and paper production. *Industrial Crops and Products* 13:1–10

- Goswami T, Saikia CN, Baruah RK dan Sarma CM. 1996. Characterization of Pulp Obtained from *Populus Deltoides* Plants of Different Ages Using IR, XRD and SEM. *Bioresource Technology* 57:209-214
- Haygreen JG dan Bowyer JL. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu : Suatu Pengantar*. Penerjemah Hadikusuma S A. Yogyakarta : Gajah Mada University Press. Terjemahan dari: *Forest Product and Wood Science: Introduction*
- Hemminga MA. dan Duarte C. 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. 298 pp.
- Keenan TM, Tanenbaum SW, Nakas JP. 2005. Biodegradable polymers from renewable forest resources. Di dalam: Smith R, editor. *Biodegradable polymers for industrial applications*. Cambridge: Woodhead. hlm 219-250.
- Khulbe KC, Feng CY, Matsuura T. 2008. *Synthetic Polymeric Membranes: Characterization by Atomic Force Microscopy*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Kompas. 2002. Atasi Limbah dengan Membran. <http://www2.kompas.com/kompas-cetak/0208/21/ipitek/atas10.htm> [29 Maret 2009]
- Kubota N, Hashimoto T, Mori Y. 2008. Microfiltration and ultrafiltration. Di dalam: Li *et al.* editor. *Advanced membrane technology and applications*. New Jersey: John Wiley&Sons Inc. hlm 21-46.
- Kumano A, Fujiwara N. 2008. Cellulose triacetate membranes for reverse osmosis. Di dalam: Li *et al.* editor. *Advanced membrane technology and applications*. New Jersey: John Wiley&Sons Inc. hlm 21-46.
- McArthur LC, Boland JW. 2006. The economic contribution of seagrass to secondary production in South Australia. *Ecol. Model.* 196:163–172.
- Mulder M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Netherland: Kluwer Academic
- Patenstorm. 1984. US Patent 4439605 - Process for producing cellulose acetate. <http://www.patentstorm.us/patents-by-date/1984/0327/1.html> [29 Maret 2009]
- Rowell RM, Young RA dan Rowell JK. 1997. *Paper and Composites from Agro-Based Resources*. New York: CRC Press

- Schwartz A, Morrison M, Hawes I dan Halliday J. 2006. *Physical and biological characteristics of a rare marine habitat: sub-tidal seagrass beds of offshore islands. Science for Conservation 269*. 39 pp.
- Sjöström E. 1995. Kimia Kayu: Dasar-Dasar dan Penggunaan. Yogyakarta: Gadjah Mada Univ. Pr. Terjemahan dari: Wood Chemistry: Fundamental and Application.
- Uemura T, Henmi M. 2008. Thin-film composite membranes for reverse osmosis. Di dalam: Li *et al.* editor. Advanced membrane technology and applications. New Jersey: John Wiley&Sons Inc. hlm 3-18.
- UNEP. 2008. World Seagrass Atlas. <http://stort.unep-wcmc.org/imaps/marine/seagrass/viewer.htm> [8 Oktober 2008]
- Waldron KW, Baydoun EAH, Brett CT. 1989. Comparison of cell wall composition of tissues from the seagrasses *Halophila* and *Halodule*. *Aquat. Bot.* 35:209-218.
- Webster J, Stone B A. 1994. Isolation, structure and monosaccharide composition of the walls of vegetative parts of *Heterozostera tasmanica* (Martens ex Aschers.) den Hartog. *Aquat. Bot.* 47:39-52.
- Wimbaningrum R. 2002. The Zonation Pattern of Seagrass and Macrobenthic Invertebrates Coexisted at The Reef Flat of Bama Coast at Baluran National Park, East Java. *Jurnal Ilmu Dasar* 3 (1) :1-7.
- Zulkifli dan Efriyeldi. 2003. Kandungan Zat Hara dalam Air Poros dan Air Permukaan Padang Lamun Bintan Timur Riau. *Jurnal Natur Indonesia* 5(2): 139-144.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Ketua

- a. Nama Lengkap : Fathu Rahman Hadi
- b. Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 10 September 1987
- c. Alamat Asal : Komp. DKI Blok M-3 No.6 RT 10 RW 02 Pondok Kelapa, Jakarta Timur 13450
- d. Alamat Bogor : Pondok As-Salam Cangkurawok, Darmaga, Bogor
- e. Agama : Islam
- f. Riwayat Pendidikan : SDN Cipinang Melayu 04 Pagi (1993–1999)
SLTPN 109 Jakarta (1999–2002)
SMUN 91 Jakarta (2002–2005)
Mahasiswa IPB (2005–sekarang)
- g. Pengalaman Organisasi : Forum Keluarga Muslim Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB (2006 - 2007)
Anggota Rohis THP divisi Infokom (2006–sekarang)
Himpunan Mahasiswa Teknologi Hasil Perikanan (2007-2008)
- h. Karya Ilmiah yang pernah dibuat :

Anggota

- a. Nama Lengkap : Fitriani Idham
- b. Tempat, tanggal lahir : Bontang, 17 Agustus 1987
- c. Alamat Asal : Jl. Sultan Hasanuddin no. 11 Rt 01 Berabas, Bontang, Kalimantan Timur
- d. Alamat Bogor : Jl. Perwira no.100 Darmaga, Bogor
- e. Agama : Islam
- f. Riwayat Pendidikan : SD Islam Yabis Bontang (1993–1999)
SLTP YPK Bontang (1999–2002)
SMA YPK Bontang (2002–2005)
Mahasiswa IPB (2005–sekarang)

- g. Pengalaman Organisasi : Badan Eksekutif Mahasiswa Keluarga Mahasiswa Institut Pertanian Bogor (2005-2006)
- Forum Keluarga Muslim Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB (2006 - 2007)
- Himpunan Mahasiswa Teknologi Hasil Perikanan (2006-2007)
- Rohis angkatan 42 Teknologi Hasil Perairan (2006)
- Reporter majalah EMULSI (2007-sekarang)
- Aquatic Product Science Club (2008-2009)

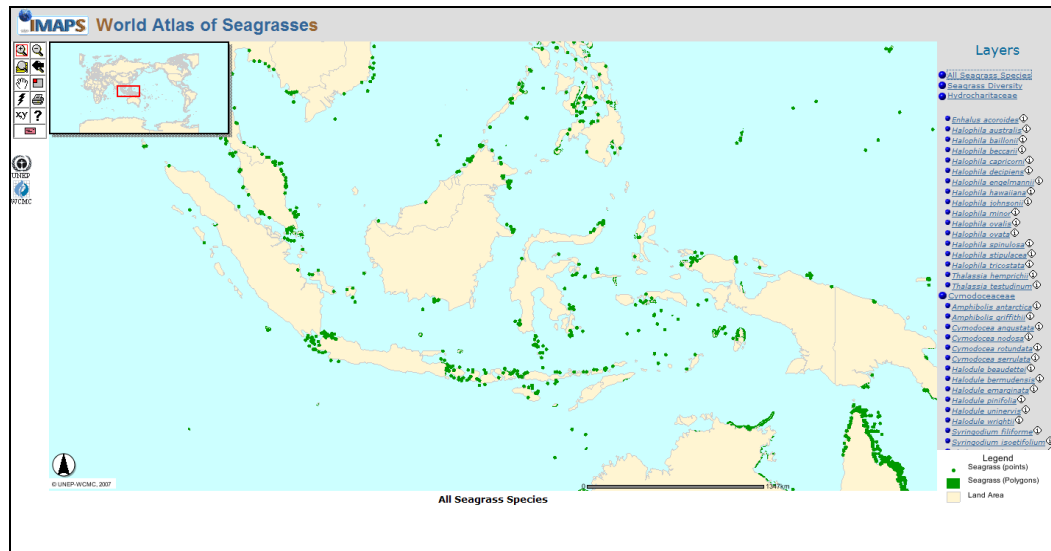
Anggota

- a. Nama Lengkap : Yogi Waldingga
- b. Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 31 Juli 1986
- c. Alamat Asal : Reni Jaya Blok E16 no. 16 Depok
- d. Alamat Bogor : Jl. Begonia Blok Q no.7 Taman Cimanggu, Bogor
- e. Agama : Islam
- f. Riwayat Pendidikan : SD Islam Nurul Hidayah
SLTPN 1 Pamulang (1998–2001)
SMA Dwiwarna (2001–2004)
Mahasiswa IPB (2004–sekarang)
- g. Pengalaman Organisasi : Dewan Perwakilan Mahasiswa Tingkat Persiapan Berasama IPB (2004-2005)
Dewan Perwakilan Mahasiswa Keluarga Mahasiswa IPB (2005-2006)
Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB (2006-2007)

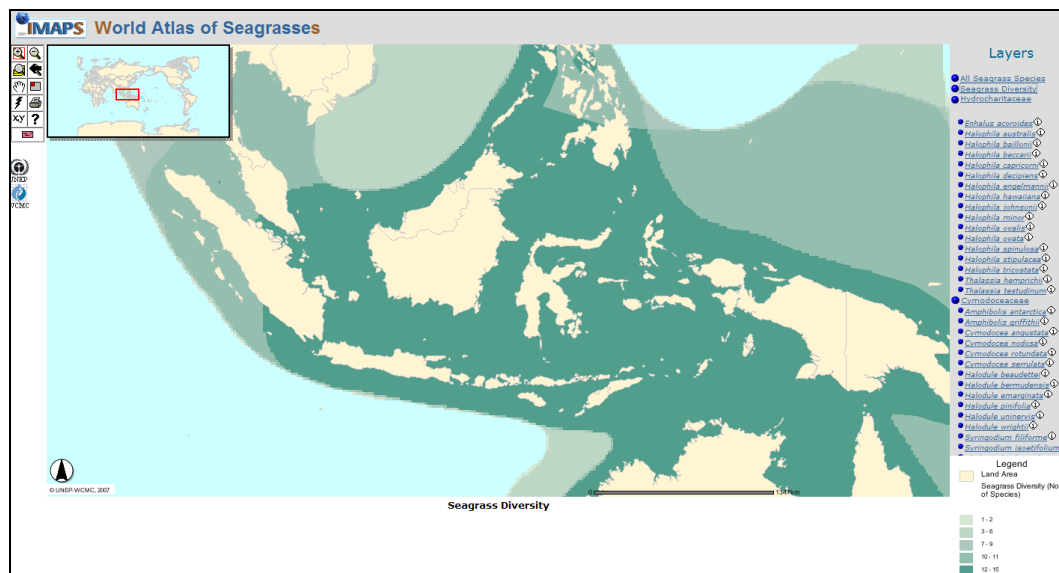
Badan Eksekutif Mahasiswa Keluarga Mahasiswa IPB (2007-2008)

LAMPIRAN

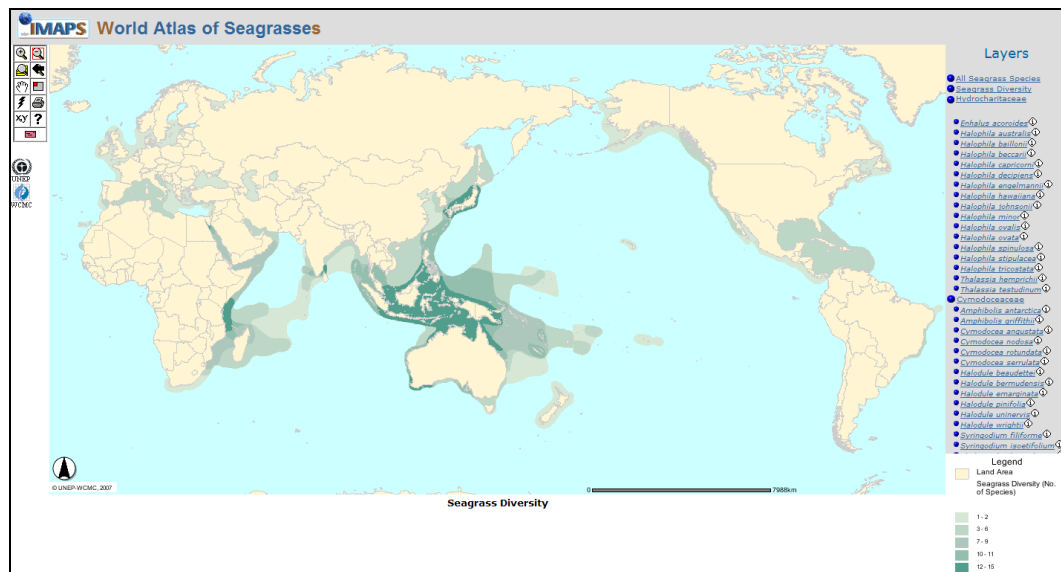
Lampiran 1. Peta Sebaran dan Diversitas Lamun Laut (*seagrass*)



Gambar 3. Peta sebaran spesies lamun laut (*seagrass*) di Indonesia

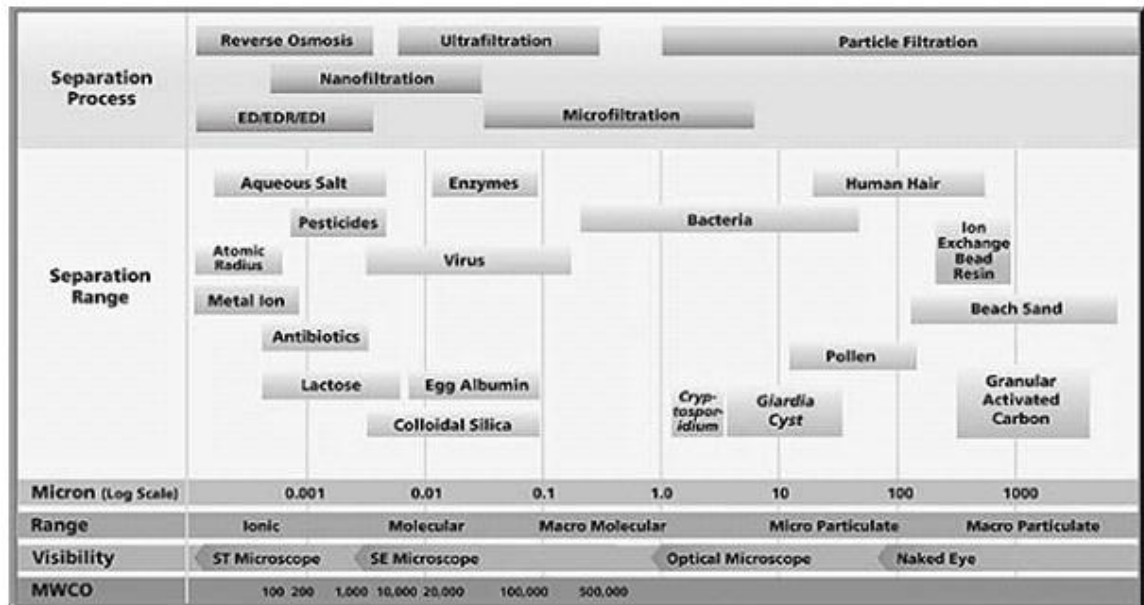


Gambar 4. Peta diversitas lamun laut (*seagrass*) di Indonesia



Gambar 5. Peta diversitas *seagrass* di dunia

Lampiran 2. Klasifikasi membrane berdasarkan tekanan, ukuran partikel dan molekul yang dipisahkan



Gambar 6. Klasifikasi membrane berdasarkan tekanan, ukuran partikel dan molekul yang dipisahkan