

KARAKTERISASI SENYAWA ISOPRENOID SEBAGAI PRODUK ALAMI PADA MANGROVE SEJATI MINOR NON SEKRESI *Excoecaria agallocha* L., DI HUTAN MANGROVE SUMATERA UTARA

(Characterization of isoprenoid Compounds For Natural Products On True Mangrove Minor Non-secretion Excoecaria agallocha L. Mangrove Forest in North Sumatran)

Hasbi Nurainun^a, Mohammad Basyuni^b, Lollie Agustina P. Putri^c

^aMahasiswa Budidaya Hutan, Program Studi Kehutanan, Universitas Sumatera Utara, ^bDosen Pembimbing Program Studi Kehutanan, Universitas Sumatera Utara

^cDosen Pembimbing Program Studi Agroekoteknologi, Universitas Sumatera Utara

ABSTRACT

Characterization of isoprenoid compounds for natural products on true mangrove minor non-secreting Excoecaria agallocha L. in North Sumatran mangrove forest. This study aims to determine the characterization of isoprenoid compounds and lipid content of the mangrove type of non-secretion (Excoecaria agallocha L.) The samples were collected from the leaves and roots of E. Agallocha L. The results showed the composition NSL of E. agallocha L. were squalen, campesterol, stigmasterol, β -sitiosterol, cycloarterol, taraxerol, β -amyrin, germanicol, lupenone, betulin, lupeol, and α -amyrin. Stigmasterol is part of phytosterol had the highest content of 13.2. This research may provide information the diversity of triterpenoid and phytosterol composition in North Sumatran mangrove E. Agallocha L.

Keywords: Mangrove, E. Agallocha (L), NSL and lipid.

PENDAHULUAN

Mangrove adalah tumbuhan berkayu yang tumbuh diantara daratan dan lautan di daerah tropis dan subtropis. Tanaman mangrove telah lama dikenal sebagai sumber senyawa fitokimia atau senyawa biologis aktif (Bandaranayake, 2002). Senyawa triterpenoid dan fitosterol (isoprenoid) secara luas terdistribusi di hutan mangrove (Koch *et al*, 2003; Basyuni *et al*, 2007a). Karena berbagai aktivitas biologisnya, isoprenoid dianggap memiliki potensi yang penting sebagai sumber alam untuk senyawa obat (Sparg *et al*, 2004) dan tanaman mangrove telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional untuk mengobati penyakit (Bandaranayake, 1998).

Ekstrak daun *E. agallocha* yang berkloroform menunjukkan aktivitas yang menghambat kuat terhadap seluruh pathogen yang diuji yaitu sub *Tilus bactilis*, diikuti oleh *Aeromonas hydrophyla*, *Vibrio parahaemolyticus*, *V. harveyi*, dan *Serratia* sp., hal ini karena Ekstrak daun *E. agallocha* L., mengandung senyawa yang dapat menyebabkan iritasi pada kuli (Ravikumar, *et al*, 2010).

Saponin triterpenoid yang diisolasi dari akar *Acanthus illicifolius* menunjukkan aktivitas anti-leukemia (Kokpol dan Chittawong, 1986). Ekstrak dari *Rhizophora apiculata* di Thailand digunakan sebagai bahan obat tradisional, dan senyawa biologis aktifnya telah

diidentifikasi sebagai triterpenoid (Kokpol dan Chavasiri, 1990).

Meskipun demikian, sedikit studi yang difokuskan pada komposisi triterpenoid dan fitosterol sebagai sumber potensial senyawa obat alami dari hutan mangrove, terutama dari hutan mangrove Indonesia. Oleh karena itu penelitian ini diarahkan pada isolasi dan karakterisasi keanekaragaman isoprenoid di tanaman mangrove jenis sejati minor *Excoecaria agallocha* L. di Sumatera Utara.

Dengan demikian tujuan dari studi ini ialah mengisolasi dan karakterisasi keanekaragaman isoprenoid dari tanaman mangrove jenis sejati minor *E. agallocha* L., di Sumatera Utara.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Pengambilan sampel mangrove jenis sejati minor yaitu *Excoecaria agallocha* L., yang dikoleksi dari Percut Sei Tuan, Sumatera Utara. Penelitian ini dimulai pada bulan April 2012 sampai dengan Agustus 2012, dan analisis isoprenoid dilaksanakan di Laboratorium Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Sumatera Utara.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun dan akar mangrove yang berasal jenis *Excoecaria agallocha* L., Sedangkan bahan kimia dan bahan lainnya

yang digunakan adalah nitrogen cair, klorofom, methanol, hexane, KOH, ethanol, cholesterol, aluminium foil, kertas tisu. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung reaksi untuk mengekstrak daun dan akar tanaman mangrove, rak kultur untuk tempat peletakan tabung reaksi yang digunakan dalam pengekstrakan, Eyela Evaporator, waterbath, kertas filtrasi No. 2 (Advantec, Tokyo, Jepang), Gas Chromatograph Mass Spectrometry (GC-MS, Shimidzu) untuk mengidentifikasi struktur kimia dari Isoprenoid khususnya triterpenoid fitosterol.

Prosedur kerja pada penelitian ini meliputi pengambilan survey lapangan, pengambilan sampel daun dan akar, ekstraksi lipid dan NSL, isolasi senyawa isopreneoid dan fitosterol, dan analisis data. Isolasi senyawa isoprenoid dan fitosterol dengan menggunakan GC MS, dan prosedur kerja mengikuti penelitian sebelumnya (Basyuni *et al*, 2007a).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Lipid dan Kandungan NSL (*Nonsaponifiable Lipid*) *E. agallocha* L. Ekstrak lipid dan NSL dianalisis dari daun dan akar mangrove yang telah matang dari hutan mangrove Percut Sei Tuan, yang datanya disajikan sebagai berikut.

Tabel 1. Ekstrak lipid pada mangrove jenis *E. agallocha* L.

Pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa total lipid

Jenis	Jamuran	Berat Sampel (g)	Total Lipid (mg)	NSL (mg)	Total Lipid/ jamuran mg/g	NSL/ jamuran mg/g	NSL/Total Lipid (mg/g)
<i>Excoecaria agallocha</i> L.	Daun	4,085	7,20	1,20	1,76	0,29	0,17
	Akar	4,742	5,70	1,00	1,20	0,21	0,18

Pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa total lipid *E. Agallocha* L. di daun sebesar 7,20 mg sedangkan di akar yaitu sebesar 5,70 mg. Total lipid di daun memiliki proporsi yang lebih banyak dibanding di akar. Tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya kandungan total lipid dari daun *Rhizophora stylosa* juga yaitu 7,49 mg/tissue (Basyuni *et al*, 2007a). Komposisi terpenoid pada daun juga memiliki proporsi lebih besar yaitu 1,20 mg dibanding di akar yang hanya sebesar 1,00 mg saja. Total lipid/tissue pada daun memiliki proporsi 1,76 mg/g dan di akar hanya 1,20 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa total lipid/tissue memiliki proporsi lipid yang lebih banyak daripada di akar. Begitu pula dengan NSL/tissue pada daun juga memiliki proporsi lebih besar yaitu 0,29 mg/g dan di akar hanya sebesar 1,20 mg/g. Sedangkan NSL/total lipid pada daun justru memiliki proporsi lebih kecil yaitu 0,16 mg/mg dibandingkan dengan di akar yang memiliki proporsi lebih besar sekitar 0,18 mg/mg. Kadar NSL lebih banyak di daun daripada di akar.

Total lipid dan kandungan NSL lebih banyak terdapat di daun bisa saja disebabkan proses fisiologi dari tanaman mangrove jenis non sekresi yang menghasilkan senyawa metabolit sekunder berupa lipid khususnya NSL agar dapat

mempertahankan diri dari faktor lingkungan baik biotik maupun abiotik. Hal ini sesuai dengan studi Sudha and Ravishankar (2002) yang melaporkan faktor biotik dan abiotik meningkatkan hasil metabolit sekunder yang digunakan dalam interaksi dengan lingkungan.

Tabel 2. Komposisi NSL (%) dari daun dan akar jenis mangrove non- sekresi

NSL	Komponen	Daun	Akar
Fitosterol	Campesterol	2,2 ± 1,4	11,7 ± 2,0
	Stigmasterol	2,7 ± 0,5	13,2 ± 3,4
	β- Sitosterol	5,9 ± 3,1	6,8 ± 2,4
	Cycloartenol	5,9 ± 3,1	5,3 ± 1,6
	Taraxerol	-	12,5 ± 2,9
Triterpenoid	β-Amyrin	-	12,5 ± 2,9
	Germanicol	-	9,6 ± 2,5
	Lupenone	-	7,2 ± 2,4
	Betulin	-	10,8 ± 1,9
	Lupeol	8,4 ± 4,4	6,2 ± 1,6
Senyawa lain	α- amyirin	-	3,9 ± 1,3
	Phytol	74,5 ± 6,7	-
	Squalene	3,6 ± 1,7	2,1 ± 0,6

Komposisi Non Saponifiable Lipid (NSL) (%) dari Daun Mangrove Jenis Non Sekresi *E. Agallocha*

Komposisi *Non Saponifiable Lipids* (NSL) dari daun pada tingkat pohon mangrove jenis non sekresi *E. agallocha* menggunakan GC-MS menunjukkan komposisi NSL yang terdiri dari fitosterol, triterpenoid, dan senyawa lain. Fitosterol yang terdiri dari campesterol, stigmasterol, β-sitosterol, cycloartenol sedangkan komposisi triterpenoid hanya terdapat lupeol. Senyawa lain yang juga ditemukan pada daun adalah senyawa phytol dan squalene.

Komposisi NSL untuk senyawa lain yaitu phytol memiliki proporsi tertinggi diantara komponen yang lain yaitu bekisar 74,5 %. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya dalam (Basyuni *et al*, 2007a) melaporkan bahwa *L. racemosa* memiliki proporsi terbesar dibanding komposisi lain pada jenis ini.

senyawa lain squalene memiliki kandungan NSL terendah yaitu 3,6 %. Komposisi NSL untuk fitosterol memiliki kandungan NSL tertinggi terdapat pada cycloarterol yaitu 5,9%, sedangkan stigmasterol memiliki proporsi terendah yaitu 2,2 % sesuai dengan penelitian sebelumnya dalam (Basyuni *et al*, 2007a) melaporkan bahwa *K. candel* dan *A. marina* memiliki proporsi paling rendah diantara komposisi NSL pada jenis tersebut yang hanya memiliki proposi sebesar 0,6 dan 1,5 saja. Komposisi NSL untuk triterpenoid yaitu lupeol memiliki kandungan komposisi NSL yaitu 8,4 %.

Hasil analisis komposisi NSL kelompok fitosterol terbanyak pada daun, hal ini sesuai dengan studi (Oku *et al*, 2003) melaporkan bahwa lipid mangrove terdapat phytosterol sebagai kelompok umum lipid. Hasil ini menunjukkan bahwa phytosterol memainkan peranan lebih dominan dibandingkan triterpenoid di dalam daun pada tingkat pohon mangrove jenis *E. agallocha* L.

Stigmasterol memiliki jumlah konten terendah yaitu 2,2, sesuai dengan penelitian sebelumnya dalam

(Basyuni,*dkk*, 2007) melaporkan bahwa *K. candel* dan *A. marina* memiliki proporsi paling rendah diantara komposisi NSL pada jenis tersebut yang hanya memiliki proporsi sebesar 0,6 dan 1,5 saja. Komposisi NSL pada β -Sitiosterol sebesar 2,9 sedangkan cycloarterol yaitu 5,9 dan lupeol sebesar 8,4. Hasil analisis komposisi NSL kelompok Pythosterol terbanyak pada daun, hal ini sesuai dengan studi (Oku,*et al*, 2003) melaporkan bahwa lipid mangrove terdapat phytosterol sebagai kelompok komponen lipid. Hasil ini menunjukkan bahwa phytosterol memainkan peranan lebih dominan dibandingkan triterpenoid di dalam daun pada tingkat pohon mangrove jenis *E. agallocha* L.

Komposisi Non Saponifiable Lipid (NSL) (%) dari Akar Mangrove Jenis Non Sekresi *E. Agallocha*

Komposisi NSL yang terdiri dari fitosterol, triterpenoid, dan senyawa lain. Fitosterol yang terdiri dari campesterol, stigmasterol, β -sitosterol, cycloartenol, taraxerol, sedangkan komposisi triterpenoid ditemukan senyawa β -amyirin, germanicol, lupenone, betulin, lupeol dan α -amyirin. Senyawa lain yang juga ditemukan pada daun adalah senyawa squalene yang hanya memiliki kandungan NSL cukup rendah yaitu 2,1 %. Komposisi NSL untuk fitosterol yaitu stigmasterol memiliki kandungan NSL tertinggi yaitu 13,2 %, sedangkan cycloartenol memiliki proporsi terendah yaitu 5,3 %. Komposisi NSL untuk triterpenoid yaitu taraxerol memiliki kandungan NSL tertinggi yaitu 12,5 % dan β -amyirin juga memiliki proporsi yang sama yaitu 12,5 %. Sedangkan α -amyirin memiliki proporsi terendah yaitu 3,9 % saja. Komposisi NSL jenis mangrove ini pada akar lebih banyak komponen senyawa kimia daripada komponen di daun. Hal ini terlihat dari ke 12 komponen semuanya memiliki konten yang berbeda-beda jumlahnya mulai dari 0,6 sampai 13,2 %. Campesterol memiliki proporsi sebesar 11,7 %, β -sitosterol sebesar 6,8 %, germanicol yaitu 9,6 %, lupenone 7,2 %, betulin sebesar 10,8 %, lupeol yaitu 6,2 %. Komposisi NSL terbanyak terdapat di akar mangrove jenis ini termasuk ke dalam triterpenoid. Hasil ini menunjukkan bahwa terpenoid memainkan peranan lebih dominan dibandingkan fitosterol di akar pada tingkat pohon mangrove jenis *E. agallocha* L.

Tabel 2 memperlihatkan bahwa komposisi nonsaponifiable lipid sebagian besar masuk ke dalam triterpenoid. Hasil analisis pada tabel diatas juga menunjukkan bahwa komposisi non-saponifiable lipid lebih banyak berada di bagian akar. Fitosterol lebih sedikit keberadaannya di bagian akar daripada triterpenoid namun perbedaan tersebut hanya berbeda tipis saja. Hal ini sesuai dengan studi (Oku *et al*, 2003) bahwa persentase kandungan lipid paling besar berada di bagian akar. Konsentrasi triterpenoid ditunjukkan proporsi lebih besar pada bagian luar akar daripada bagian dalam akar. Konsentrasi tingkat stress garam berkorelasi baik terhadap kandungan isoprenoid pada mangrove.

Komposisi nonsaponifiable lipid pada akar yaitu squalen, campesterol, stigmasterol, β -sitosterol,

cycloarterol, taraxerol, β -amyirin, germanicol, lupenone, betulin, lupeol, dan α - amyirin dimana stigmasterol dengan konten tertinggi yaitu 13,2 dan squalen dengan konten terendah yaitu 2,1. Komposisi NSL jenis mangrove ini pada akar lebih banyak komponen senyawa kimia daripada komponen di daun. Hal ini terlihat dari ke 12 komponen semuanya memiliki konten yang berbeda-beda jumlahnya mulai dari 0,6 sampai 13,2. Campesterol memiliki proporsi sebesar 11,7, β -sitosterol sebesar 6,8, cycloarterol yaitu 5,3, taraxerol yaitu 12,5, β -amyirin sebesar 12,5, germanicol yaitu 9,6, lupenone 7,2, betulin sebesar 10,8, lupeol yaitu 6,2, dan α - amyirin sebesar 3,9. Hasil analisis komposisi Non Saponifiable Lipid (NSL) dari daun pada tingkat pohon mangrove jenis sekresi *A. alba* menggunakan GC-MS menunjukkan adanya NSL phytosterol dan triterpenoid. Phytosterol yang terdiri dari phytol, squalene, cycloarterol, campesterol, stigmasterol, dan β -sitosterol sedangkan konten isoprenoid terdiri dari cholesterol, taraxerol, β -amyirin, germanicol, lupenone, betulin, lupeol, dan α -amyirin. Komposisi NSL terbanyak terdapat di akar mangrove jenis ini termasuk ke dalam terpenoid. Hasil ini menunjukkan bahwa terpenoid memainkan peranan lebih dominan dibandingkan phytosterol di akar pada tingkat pohon mangrove jenis *E. agallocha*.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Komposisi isoprenoid pada daun jenis mangrove *E. agallocha* L. terdiri dari phytol, squalen, stigmasterol, β -sitosterol, cycloartenol, dan lupeol. Sedangkan komposisi isoprenoid pada akar jenis mangrove *E. agallocha* L. yaitu squalen, campesterol, stigmasterol, β -sitosterol, cycloartenol, taraxerol, β -amyirin, germanicol, lupenone, betulin, lupeol, dan α -amyirin.
2. Komposisi isoprenoid terbanyak terdapat pada bagian akar mangrove jenis *E. agallocha* L.

Saran

Keanekaragaman isoprenoid dapat memberikan manfaat sebagai sumber senyawa obat-obatan alami dalam dunia medis pada hutan mangrove Sumatera Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed S., and Kumar P. 2012. GC-MS Study Of The *Exoecaria agallocha* L. Leaf Extract From Pitchavaram Tamil Tandu India. Researcher 2012;4(6)
- Ansori, S. 1998. Studi Sifat Fisik dan Pasang Surut Air Laut Terhadap Penyebaran Jenis Rhizophora Hutan Mangrove Pantai Tempora Jatim. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Malang. Malang.
- Bandaranayake, W.M., 1998. Traditional and medicinal uses of mangroves. Mang. Salt Marshes 2, 133-148.
- Bandarnayake, W.M. 2002. Bioactivities, Bioactive Compounds and Chemical Constituents Of

- Mangrove Plants. *Wetlands Ecology and Management* 10: 421–452. © 2002 Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Basyuni, M., Oku, H., Baba, S., Takara, K., Iwasaki, and Oku, H., 2007a. Isoprenoids of Okinawan mangroves as lipid input into estuarine ecosystem. *J. Oceanogr.* 63, 601-608.
- Basyuni, M., Baba, S., Inafuku, M., Iwasaki, H., Kinjo, K., Oku, H., 2009. Expression of terpenoid synthase mRNA and terpenoid content in salt stressed mangrove. *J. Plant Physiol.* 166, 1786-1800.
- Basyuni, M., Kinjo, Y., Baba, S., Shinzato, N., Iwasaki, H., Siregar, E.B.M., Oku, H., 2011. Isolation of Salt Stress Tolerance Genes from Roots of Mangrove Plant, *Rhizophora stylosa* Griff., using PCR-based Suppression Subtractive Hybridization. *Plant Mol. Biol. Rep.* 29, 533-543.
- Cecep, K., Ani S., Yekti H., Poppy O. 2009. Pemanfaatan Jenis Pohon Mangrove Api-api (*Avicennia* Spp.) Sebagai Bahan Pangan Dan Obat-obatan. Institut Pertanian Bogor. 33 hal.
- Clough, B. (1998): *Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hichinbrook Channel, Australia*. *Mang. Salt Marsh.*, 2, 191–198.
- Correll, D.S., B.G.Schubert, H.S. Gentry and W.D. Hawley. 1955. The search for plant precursors of cortisone. *Economic Botany* 52: 307-375.
- Clough, B., Tan, D.T., Phuong, D.X., Buu, D.C., 2000. *Canopy leaf area index and litter fall in stands of the mangrove Rhizophora apiculata of different age in the Mekong Delta, Vietnam*. *Aquat. Bot.* 66, 311-320.
- Dwi A. 2004. Isolasi dan Uji Aktivitas antioksidan Senyawa Bioaktif Dari Daun Ipomoea pes caprae. Institut Pertanian Bogor.
- Efendi I. 1998. *Mangrove di Daerah Riau*. Pekanbaru. Lembaga Penelitian Universitas Riau. 45 hal.
- FAO. 2007. *The World's Mangroves 1980–2005. Forest Resources Assessment Working Paper No. 153*. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome.
- Gaharuku. 2012. *Excoecaria agallocha* L. Agarwood(Gaharu) Nurseri And Supplier From Indonesia. <http://gaharuku.com/>
- Hutching, P. and P. Saenger. 1987. *Ecology of Mangrove*. University of Queensland Press. Australia.
- Kathiresan, K. and B. L. Bingham. 2001. Biology of mangrove and mangrove ecosystem. *Adv. Mar. Biol.* 40, 81-151.
- Kim, Y.J., Ham, A.R., Shim, J.S., Lee, J.H., Jung, D.Y., In J.G., Lee, B.S., Yang, D.C., 2008. Isolation and characterization of terpene synthase gene from Panax ginseng. *J. Ginseng Res.* 32, 114–119.
- Koch, B.P., Rullkotter, J., Lara, R.J., 2003. Evaluation of triterpenoids and sterols as organic matter biomarkers in a mangrove ecosystem in northern Brazil. *Wetl. Ecol. Manag.* 11, 257-263.
- Kokpol, U., Chavasiri, W., Chittawong, V., Miles, D.H., 1990. Taraxeryl cis-p-hydroxycinnamate, a novel taraxeryl from *Rhizophora mucronata* J. Nat. Prod. 53, 953-955.
- Kokpol, U., Chittawong, V., Miles, D.H., 1986. Chemical constituents of the roots of *Acanthus illicifolius* J. Nat. Prod. 49, 355-356.
- Mac Nae, W. 1968. *A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific region*. *Advances in Marine Biology* 6: 73-270.
- Mahato, S.B., S.K. Sarkar and G. Poddar. 1988. Triterpenoid saponin. *Phytochemistry* 27: 3037-3067.
- Noor, Y, R., M. Khazali, I. N. N. Suryadiputra. 1999. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PKA/WI-IP. Bogor.
- Oku, H., Baba, S., Koga, H., Takara, K., Iwasaki, H., 2003. Lipid composition of mangroves and its relevance to salt tolerance. *J. Plant Res.* 116, 37-45.
- Parida, A.K., Das, A.B., 2005. *Salt tolerance and salinity effects on plants: a review*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 60, 324-349.
- Patil R.C., Manohar S.M., Upadhye M.V., Katchi V.I., Rao A.J., Mulerand A.M., Moghe A.S. 2011. Anti Reserve Transcriptase And Anticancer Activity of Stem Ethanol Extracts Of *Excoecaria agallocha* (Euphorbiaceae). *Ceylon Journal Of Science (Bio. Sci.)* 40 (2): 147-155.
- Pranav K., Chaturvedi, KulpreetBhui, Yogeshwer Shukla. 2008. Lupeol: Connotations for chemoprevention. *Cancer Letters.* 263, 1–13.
- Purnobasuki, H. 2004. Potensi Mangrove Sebagai Tanaman Obat. *Biota*. IX (2)
- Ravikumar, S., Muthuraja, M., Sivaperumal, P., dan Gnanadesigan, M. 2010. Aktivitas Antibakteri Mangrove Daun *Excoecaria agallocha* Patogen Terhadap Ikan Terpilih. Departemen Oseanografi, Fakultas Ilmu Kelautan, Universitas Alagappa, Thondi kampus, Thondi, India. © *Maxwell Ilmiah Organisasi Asian Journal of Medical Sciences* 2 (5): 211-213, 2010 ISSN: 2040-8773.
- Rowe, J.W., 1989. *Natural Product of Woody Plant I-II*. Chemicals Extraneous to Lignocellulosic Cell Wall. Springer Series in Wood Science. Springer Verlag. Berlin Heidenberg. 1243 pp.
- Saleem, M. 2009. Lupeol, a novel anti-inflammatory and anti-cancer dietary triterpene. 109–115.
- Spalding, M., Kainuma, M., Collins, L., 2010. *World Atlas of Mangroves*. Earthscan. London.
- Soeroyo. 1992. *Sifat, Fungsi Dan Peranan Hutan Mangrove*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI. Jakarta.
- Soeroyo, 1993. *Pertumbuhan Mangrove dan Permasalahannya*. Buletin Ilmiah INSTIPER. Yogyakarta.
- Sparg, S.G., Light, M.E., van Staden, J., 2004. Biological activities and distribution of plant saponins. *J. Ethnopharmacol.* 94, 219-243.

- Subhan N., Alam A., Ahmed F., Awal M.A., Nahar L., Sarker S.D. 2008. In Vitro Antioxidant Property Of The Extract Of *Excoecaria agallocha* (Euphorbiaceae). 149-154.
- Sudha, G., Ravishankar, G.A. 2002. *Involvement and interaction of various signaling compounds on the plant metabolic events during defense response, resistance to stress factors, formation of secondary metabolites and their molecular aspects. Plant Cell Tissue Organ Cult.* 71, 181–212.
- Tomlinson P.B., 1986. *The Botany of Mangroves.* Cambridge University Press; 1986.
- Wafar, S., A. G. Untawale and M. Wafar (1997): Litter fall and energy flux in a mangrove ecosystem. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 44, 111–124.
- Wibowo, C., Kusmana, C., Suryani A., Hartati, Y., dan Oktadiyani, P. 2009. *Pemanfaatan Pohon Mangrove Api – Api (Avicennia spp.) Sebagai Bahan Pangan dan Obat.* Dep. Silvikultur, Fak. Kehutanan IPB. Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB.
- Williams, L.A.D., 1999. *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) triterpenoids with insecticidal activity. *Naturwissenschaften* 86, 450-452.
- Zwenger, S., Basu C. 2007. *In silico analysis of terpene synthase genes in Arabidopsis thaliana.* EXCLI J. 6:203-211.