

**KOMPOSISI SENYAWA ISOPRENOID PADA MANGROVE SEJATI MINOR JENIS TERUNTUN  
(*Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco) SEBAGAI BIOMARKER DI DAERAH ESTUARINA  
*Composition of Isoprenoid in True Mangrove Minor Species Teruntun  
(Aegiceras corniculatum (L.) Blanco) as Biomarker in Estuarina***

Julayha<sup>a</sup>, Mohammad Basyuni<sup>b</sup>, Lollie Agustina P. Putri<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Mahasiswa Budidaya Hutan, Program Studi Kehutanan, Universitas Sumatera Utara, <sup>b</sup>Dosen Pembimbing Program Studi Kehutanan, Universitas Sumatera Utara

<sup>c</sup>Dosen Pembimbing Program Studi Agroekoteknologi, Universitas Sumatera Utara

**ABSTRACT**

*This study described the analyzing of composition and diversity of triterpenoid and phytosterol in North Sumatera mangrove species *A. corniculatum* as biomarkers and input lipids in to estuarine ecosystem. Phytosterols found in the roots and leaves of *A. corniculatum* were stigmasterol, campesterol,  $\beta$ -sitosterol, and cycloartenol. Taraxerol,  $\beta$ -amyryn, germanicol, betulin,  $\alpha$ -amyryn, lopenone and lupeol were the triterpenoids identified. Betulin was the major component triterpenoids had the highest content (31,8%) in the roots. This research may provide information the composition of triterpenoid and phytosterol to contribute to estimating the lipid input and as biomarker from *A. corniculatum* to estuarine ecosystem.*

*Keywords : Mangrove, A.corniculatum (L) Blanco, Biomarker, Estuarine, and Lipid.*

**PENDAHULUAN**

Mangrove merupakan salah satu ekosistem yang paling produktif di bumi dibandingkan dengan ekosistem lainnya (Clough dkk, 2000). Mangrove adalah tumbuhan berkayu yang hidup diantara daratan dan lautan yaitu daerah pasang surut, kondisi tanah berlumpur dan salinitas tinggi di daerah tropis dan subtropis (Kathiresan dan Bingham, 2001). Indonesia memiliki hutan mangrove terluas di dunia yakni 21% dari luas total global yang tersebar hampir di seluruh pulau-pulau besar mulai dari Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi sampai ke Papua (Spalding dkk, 2010). Mangrove terluas terdapat di Papua sekitar 1.350.600 ha (38%), Kalimantan 978.200 ha (28%) dan Sumatera 673.300 ha (19%) (Noor dkk, 2006).

Jatuhnya serasah mangrove adalah sumber karbon organik yang paling penting pada siklus biogeokimia dalam ekosistem mangrove (Wafar dkk, 1997; Clough dkk, 2000) dan suatu indikator yang berharga bagi produktivitas mangrove (Clough dkk, 2000), karena produktivitasnya yang tinggi, dengan pertukaran bahan organik dengan ekosistem darat dan laut meningkat, mangrove adalah bagian penting untuk daur ulang biogeokimia dari karbon dan elemen yang memiliki peranan penting di sepanjang wilayah pesisir tropis.

Pengetahuan tentang komposisi lipid di hutan mangrove memberikan kontribusi yang menjanjikan untuk memperkirakan sumber dan tingkat akumulasi sedimen organik. Lipid terdiri dari proporsi yang signifikan terhadap hasil karbon dari mangrove (Wannigama dkk, 1981; Hogg dan Gillan, 1984). Lipid yang tak tersabunkan (NSL) pada dasarnya menunjukkan fraksi lipid sederhana kecuali untuk asam lemak (*saponifiable lipid*). Secara umum, NSL mewakili sebagian lipid dalam jumlah yang stabil daripada fraksi asam lemak dan resistensinya untuk mendegradasi mikroba dianggap

sebagai faktor penting dalam mengendalikan jalur diagenetik (Killops dan Frewin, 1994; Koch dkk, 2005). Mangrove terkenal kaya sebagai sumber senyawa triterpenoid dan fitosterol (isoprenoid) (Koch dkk, 2003; Basyuni dkk, 2007a).

Triterpenoid adalah unsur kimia umum tanaman tingkat tinggi, yang terdiri dari proporsi utama dari NSL, dan telah diidentifikasi dalam lilin kutikula mangrove dan spesies lain (Beaton dkk, 1955; Wannigama dkk, 1981; Ghosh dkk, 1985; Koch dkk, 2003). Beberapa studi telah menggunakan triterpenoid sebagai biomarker atau pelacak yang sesuai untuk sumber utama bahan organik dari mangrove karena selama proses sedimentasi dan diagenesis dalam keadaan stabil (Killops dan Frewin, 1994; Versteegh dkk, 2004; Koch dkk, 2005).

Analisis dari triterpenoid adalah prasyarat untuk interpretasi sinyal biomarker di sedimen mangrove. Penelitian sebelumnya juga menyatakan bahwa daun dan akar mangrove merupakan sumber signifikan untuk NSL dan asam lemak (*lipid saponifiable*) dan lipid lainnya untuk ekosistem mangrove sekitarnya (Mfilinge dkk, 2005; Basyuni dkk, 2007) khususnya di daerah pasang surut air laut atau daerah estuarina. Terlepas dari pentingnya triterpenoid bagi mangrove sebagai biomarker untuk bahan organik ke lingkungan, belum ada informasi tersedia tentang komposisi triterpenoid mangrove Sumatera Utara jenis *Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco. Dengan demikian, diperlukan studi untuk menganalisis NSL mangrove Sumatera Utara jenis *A.corniculatum* dengan penekanan khusus pada komposisi isoprenoid sebagai biomarker dan masukan lipid ke sekeliling estuarina.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi dan kandungan NSL pada hutan mangrove Sumatera Utara jenis *A. corniculatum* sebagai biomarker dan masukan lipid bagi ekosistem estuarina.

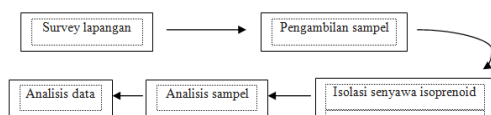
## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dimulai pada bulan April 2012 sampai dengan Agustus 2012. Sampel mangrove jenis *A.corniculatum* diambil dari P. Kampai Kecamatan Pangkalan Susu, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara, sampel dianalisis di Laboratorium Lembaga Penelitian Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun dan akar mangrove yang berasal dari mangrove jenis *A.corniculatum*. Sedangkan bahan kimia dan bahan lainnya yang digunakan adalah nitrogen cair, kloroform, methanol, hexane, KOH, ethanol, kolesterol, aluminium foil, dan kertas tisu.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, mortal, persel untuk menggerus sampel, tabung reaksi untuk mengekstrak sampel, 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 2010, Shimidzu) untuk mengidentifikasi struktur kimia dari isoprenoid khususnya triterpenoid dan fitosterol.

Prosedur penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Prosedur Penelitian

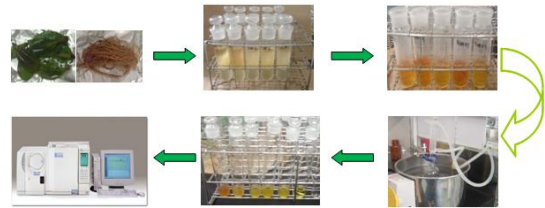
Survey lapangan secara langsung sebelum pengambilan sampel perlu dilakukan untuk meninjau kondisi di lapangan. Ketersediaan sampel di lapangan yang merupakan tujuan dilakukannya kegiatan ini. Kemudian pengurusan izin pelaksanaan pengambilan sampel penelitian kepada kepala desa setempat.

Pengambilan sampel awalnya dilakukan dengan menyeleksi pohon yang akan menjadi sumber sampel dengan kriteria secara fisik tidak berpenyakit dan juga tidak diserang hama. Kemudian diambil daun dan akar mangrove yang masih segar dan sehat. Dibersihkan sampel daun dan akar mangrove yang telah dipilih dengan air bersih kemudian dimasukkan ke kantong plastik bening masing-masing daun dan akar yang sejenis.

Diberi label nama pada kantong sampel sesuai bagian tanaman yang berada di dalamnya untuk memudahkan peneliti mengambil sampel yang ditandai untuk proses penelitian. Dimasukkan sampel tersebut ke dalam tupper ware agar mudah menemukannya saat akan digunakan. Dimasukkan sampel ke dalam lemari es (*freezer*) agar sampel tetap segar dan awet sehingga dapat digunakan sewaktu diperlukan.

Analisis senyawa triterpenoid dan fitosterol prosedurnya, diambil 5-6 lembar daun dan 5-10 g akar mangrove kemudian digerus dengan menggunakan mortal dan persel kemudian direndam dalam nitrogen cair. Kemudian, gerusan akar dan daun diekstrak dengan menggunakan chloroform-methanol (CM21, vol 2:1) dengan perbandingan 10 ml chloroform dan 20 ml methanol. Dinding sel yang berisi kotoran yang tidak larut

dalam CM21 disaring dan yang tersisa chloroform. Chloroform yang tersisa diekstrak menjadi lipid. Ekstrak lipid disaponifikasi menjadi triterpenoid dan fitosterol dimana proses disaponifikasi yaitu ekstrak lipid di dalam chloroform (guna untuk mengetahui berat total lipid) dikeringkan dan ditambahkan 2 ml KOH dan ethanol dengan perbandingan 20 % KOH dan 50% ethanol. Lalu, direflux selama 10 menit dengan tekanan 90 ° C dan ditambahkan hexane sebanyak 2 ml dan di vortex. Lapisan hexane, dipindahkan untuk mengetahui berat tabung reaksi, konsentrasinya dikeringkan dengan N<sub>2</sub>, dikeringkan dibawah vakum selama 10 menit dan ditimbang beratnya. Ditambahkan 2 ml CM21, dengan konsentrasi 1 mg /ml. Ekstrak lipid dianalisis dengan menggunakan GC-MS. Secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Prosedur Isolasi Senyawa Isoprenoid (Basyuni dkk., 2007a)

## METODE GC MS

Analisis sampel dengan menggunakan GC-MS, bertujuan untuk mengidentifikasi struktur kimia dari isoprenoid khususnya triterpenoid dan fitosterol. Metodenya dengan triplo, dimana sampel akan dianalisis oleh GC-MS satu sampel sebanyak tiga kali pengulangan. Lama waktu dalam menganalisis satu kali pengulangan adalah 15 menit. GC-MS memiliki suhu kolomnya 300°C, sedangkan untuk suhu injeksinya juga 300 ° C, kecepatan dalam menganalisis sampel 0,65 ml/min. Gas yang digunakan yaitu helium. Ukuran panjang kolom 30 m, diameter 0,25 mm. Tahapan dalam analisisnya, pertama injeksi pelarut yaitu dengan menggunakan hexana, kemudian injeksi standar yaitu kolesterol, kemudian injeksi sampel. Sebelum melakukan analisis sampel, GC-MS yang baru di nyalakan tidak boleh langsung digunakan, harus di tunggu selama satu jam untuk menstabilkan semua rangkaian peralatannya, begitu juga setelah melakukan analisis sampel GC-MS jangan langsung dimatikan lakukan dahulu pencucian dengan mendownload *file metode conditioning* hingga baseline telah cukup lurus, kemudian dilakukan pendinginan sebelum mematikan sistem dengan mendownload *file metode cooling* hingga muncul status *reading* kemudian tunggu selama satu jam tidak bekerja (*running*) dan terakhir menutup semua menu utama pada computer dan menutup semua aliran gas, membuang sisa air dan talang composer udara melalui drainase, kemudian matikan semua aliran listriknya. Hal ini sangat perlu dilakukan dalam perawatan GC-MS.

Analisis data dilakukan deskriptif kuantitatif terhadap komposisi isoprenoid baik di daun maupun akar mangrove jenis *A.corniculatum*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

*A.corniculatum*, sebagai sampel dari penelitian ini diambil dari P. Kampai, Kecamatan Pangkalan Susu, Kabupaten Langkat Sumatera Utara disebut oleh masyarakat setempat dengan nama teruntun. Teruntun dimanfaatkan masyarakat untuk kayu bakar. Pengambilan sampel yang diperlukan adalah bagian akar dan daun. Akar dan daun *A.corniculatum* yang diambil yaitu akar dan daun masih segar.



Gambar 4. Daun dan Akar Teruntun (*A.corniculatum*)

Kriteria pohon *A.corniculatum* sebagai sumber sampel secara fisik harus sudah menjadi pohon dengan diameter pohonnya minimal 10 cm dan tinggi pohon 5 m. Selain itu pohon *A.corniculatum* juga harus terlihat sehat dan tidak diserang oleh hama.



Gambar 5. Pohon Teruntun (*A.corniculatum*)

Adapun hasil dari analisis penelitian mengenai berat basah, berat kering sampel, ekstraksi lipid serta total lipid per jaringan yang diperoleh disajikan pada Tabel 1.berikut :

Tabel 1. Ekstrak Lipid pada Mangrove Jenis *A. corniculatum*

Jenis	Jaringan	Berat basah sampel (g)	Berat tabung (g)	Berat kering sampel (g)	Ekstraksi lipid (TL)(mg)	Total Lipid/jaringan(mg/g)
<i>A.corniculatum</i>	Daun	4,3228	34,3181	34,3498	31,70	7,33
	Akar	4,4260	35,2055	35,2139	8,40	1,90

Total lipid per jaringan pada daun *A.corniculatum* 7,33 mg/g, sedangkan pada pada akar 1,90 mg/g. Total lipid pada daun dan akar diketahui dengan membagi ekstraksi lipid dengan berat basah sampel. Sedangkan ekstraksi lipid pada daun dan akar dari hasil pengurangan berat kering sampel dikurang berat tabung.

Analisis hasil NSL,NSL per ekstraksi lipid, serta NSL per jaringan disajikan pada Tabel 2 Berikut:

Tabel 2 NSL pada Mangrove Jenis *A. corniculatum*

Jenis	Jaringan	Berat basah sampel (g)	Berat tabung (g)	Berat kering sampel (g)	Ekstraksi lipid (TL)(mg)	NSL (mg)	NSL ekstraksi lipid (mg/mg)	NSL Jaringan(mg/g)
<i>A.corniculatum</i>	Daun	4,3228	16,8228	16,8244	31,70	1,60	0,05	0,37
	Akar	4,4260	17,9599	17,9602	8,40	0,30	0,04	0,07

NSL pada daun 1,60 mg pada akar 0,30 mg. NSL per ekstraksi lipid pada daun 0,05 mg/mg , pada akar 0,04 mg/mg. NSL per jaringan pada daun 0,37 mg/g dan pada akar 0,07 mg/g.

Komposisi NSL dari akar dan daun mangrove jenis *A. corniculatum* dalam satuan persen. Terdapat beberapa komposisi dan kandungan yang berbeda beda antara daun dan akar seperti pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Komposisi NSL (%) dari Daun Dan Akar Mangrove Jenis *A. corniculatum*

Komponen	<i>A.corniculatum</i>	
	Daun	Akar
Squalene	6,2 ± 0,5	8,4 ± 1,5
Cholesterol	7,2 ± 2,2	—
Campesterol	8,2 ± 2,8	12,4 ± 3,1
Stigmasterol	4,1 ± 3,2	15,6 ± 3,1
β-sitosterol	4,8 ± 0,0	11,8 ± 2,4
Cycloarterol	5,4 ± 1,4	—
Taraxerol	10,2 ± 2,7	—
β-amyirin	5,8 ± 0,0	—
Germanicol	7,2 ± 5,2	—
Lupenone	4,6 ± 4,8	—
Betulin	4,6 ± 4,8	31,8 ± 2,7
Lupeol	10,5 ± 4,8	—
α-amyirin	8,9 ± 3,1	22,7 ± 6,5

Tabel 3 menunjukkan bahwa komposisi NSL pada daun jenis mangrove *A.corniculatum* terdiri dari, squalene, kolesterol, stigmasterol, campesterol, β-sitosterol, cycloarterol, taraxerol, β-amyirin, germanicol, betulin , α -amyirin dan lupeol, dimana dengan jumlah kandungan tertinggi adalah lupeol yaitu bekisar antara 10,5 % dan stagmasterol memiliki jumlah kandungan terendah yaitu 4,1% . Pada Tabel 3 data komposisi NSL pada akar jenis mangrove *A.corniculatum*. yaitu squalene, campesterol, stigmasterol, β-sitosterol, betulin, dan α-amyirin dimana betulin dengan kandungan tertinggi yaitu 31,8 % dan squalene dengan kandungan terendah yaitu 8,4 %.

Akar dan daun *A.corniculatum* yang diambil yaitu akar dan daun masih segar dan sehat. Begitu juga dengan pohon sumber sampel terlihat sehat. Diameter pohon 10 cm dan tinggi 5,5 m. Hal ini sesuai dengan pernyataan Noor, dkk (2006) yang menyatakan bahwa deskripsi umumnya pohon *A.corniculatum* yang selalu hijau dan lurus dengan ketinggian mencapai 6 m, dimana tinggi pohon tidak melebihi 6 m. *A.corniculatum* yang merupakan tanaman tingkat tinggi yang mampu memberikan kontribusi bahan organik pada ekosistem mangrove hal ini sesuai dengan studi Volkman dkk (2008) bahwa sumber potensial bahan organik yaitu seperti fitoplankton (diatom dan dinoflagellata), bakteri, hewan akuatik (termasuk zooplankton dan fauna bentik), makroalga, seagass, mikrofitobentos (mikroalga bentik dan cyanobakteri) dan tanaman tingkat tinggi yang berasal dari darat.

Tabel 2. menunjukkan hasil NSL/ Ekstraksi lipid di daun dan hasil NSL/ Ekstraksi lipid di akar mangrove jenis *A. corniculatum* dengan nilai 0,05 mg/mg. Hasil

NSL/ Ekstraksi lipid didapat dari penjumlahan NSL dibagi ekstrak lipid. Sedangkan hasil NSL/jaringan didapat dari penjumlahan NSL dibagi berat basah sample menunjukkan hasil yang berbeda di daun dan akar pada mangrove jenis *A. corniculatum* yaitu NSL/jaringan pada daun (0,37 mg/g) lebih tinggi dibandingkan NSL/jaringan pada akar (0,07 mg/g).

Jumlah NSL pada daun dan akar *A. corniculatum* pada Tabel 2. berbeda, perbedaan ini dilihat dari nilai total lipid. Daun dengan total lipid 31,70 mg memiliki NSL yang lebih tinggi yaitu 1,60 mg dibandingkan dengan NSL pada akar yaitu 0,30 mg karena total lipidnya lebih sedikit yaitu 8,40 mg. Squalene kandungan lipidnya 6,2 %. Dari Tabel 3. dapat diketahui bahwa komposisi NSL dari *A. corniculatum* antara lain, squalene, kolesterol, stigmasterol, campesterol,  $\beta$ -sitosterol, cycloartenol, taraxerol,  $\beta$ -amyirin, germanicol, betulin,  $\alpha$ -amyirin dan lupeol. Dimana triterpenoid sebagian terdiri atas tiga jenis kerangka karbon: lupane (lupeol, lupenone, betulin); oleanane ( $\beta$ -amyirin, germanicol, taraxerol); ursane( $\alpha$ -amyirin) (Basyuni dkk, 2007a). Untuk fitosterol  $\beta$ -sitosterol, campesterol, kolesterol, cycloartenol, dan stigmasterol, sehingga NSL untuk hasil Tabel 3. sebagian besar masuk ke dalam triterpenoid. Selain triterpenoid dan fitosterol juga terdapat fraksi NSL yang lain yaitu squalene, yang merupakan substrat intermediate dari triterpenoid. Senyawa ini tidak berwarna, berbentuk kristal, bertitik leleh tinggi, dan bersifat optis aktif.

Komposisi NSL pada daun *A. corniculatum* (Tabel 3.), terdiri dari squalene, kolesterol, stigmasterol, campesterol,  $\beta$ -sitosterol, cycloarterol, taraxerol,  $\beta$ -amyirin, germanicol, betulin,  $\alpha$ -amyirin dan lupeol, dimana dengan jumlah kandungan tertinggi adalah lupeol yaitu bekisar antara 10,5 %. Pada Tabel 3 data komposisi NSL pada akar jenis mangrove *A. corniculatum*. yaitu squalene, campesterol, stigmasterol,  $\beta$ -sitosterol, betulin, dan  $\alpha$ -amyirin dimana betulin dengan kandungan tertinggi yaitu 31,8 % dan squalene dengan kandungan terendah yaitu 8,4 %. Lupeol dan betulin yang merupakan bagian dari triterpenoid lebih dominan dibandingkan dengan stigmasterol yang merupakan bagian dari fitosterol memiliki jumlah kandungan terendah yaitu 4,1 % hal ini menguatkan studi sebelumnya yang menunjukkan keberadaan senyawa triterpenoid pada tanaman mangrove lebih dominan dibandingkan dengan fitosterol. Penelitian sebelumnya dilakukan di Okinawan, Jepang pada jenis yang berbeda yaitu pada daun *K. candel* dan daun *B. gymnorhiza* dimana senyawa utama untuk *K. candel* adalah  $\beta$ -amyirin (45,2 %) dan untuk *B. gymnorhiza* lupeol (42,0 %) (Basyuni dkk, 2007a).

Fungsi triterpenoid berdasarkan studi sebelumnya antara lain, sebagai adap tasi terhadap kadar garam yang tinggi, sesuai dengan studi Zwenger dan Basu (2007) yang telah melaporkan bahwa triterpene *synthases* dari *Arabidopsis thaliana* menunjukkan tanggapan positif terhadap salinitas. Selain fungsi mereka terhadap stres garam, triterpenoid juga dianggap memainkan peran defensif terhadap herbivora serangga. Triterpenoid dari *Rhizophora mangle* dapat berfungsi sebagai zat pertahanan kimia karena

menunjukkan aktivitas insektisida (Williams, 1999). Analisis biomarker telah digunakan secara luas dalam studi umum geokimia, kini ketertarikan dalam analisis ini meningkat dan digunakan juga dalam studi ekologi (Parrish dkk, 2000; Panetta dan Gélinas 2009). Beberapa studi telah menggunakan triterpenoid sebagai biomarker atau pelacak yang sesuai untuk sumber utama bahan organik dari mangrove karena selama proses sedimentasi dan diagenesis selalu dalam keadaan stabil (Killops dan Frewin, 1994; Versteegh dkk, 2004; Koch dkk, 2005) khususnya di daerah pasang surut air laut atau estuarina. Betulin yang merupakan bagian dari triterpenoid dari hasil penelitian ini memiliki kandungan tertinggi pada akar 31,8% dapat dimanfaatkan sebagai biomarker untuk bahan organik pada estuarina karena jumlahnya yang melimpah dibandingkan dengan komposisi lainnya. Selain itu, telah dilaporkan penggunaan triterpenoid sebagai biomarker untuk masukan lipid terhadap sekeliling estuarina dan ekosistem mangrove (Koch dkk, 2003; Basyuni dkk, 2007a). Sehingga dapat disimpulkan bahwa triterpenoid (betulin) yang memiliki kandungan NSL 31,8% dapat dijadikan sebagai biomarker untuk masukan lipid terhadap sekeliling estuarina dan ekosistem mangrove.

Komposisi triterpenoid pada akar tidak selalu sama dengan daun, hal ini menunjukkan bahwa triterpenoid di akar diproduksi oleh biosintesis di akar, bukan oleh translokasi sintesa dari daun. Proporsi triterpenoid yang lebih besar berada di akar bagian luar (Basyuni dkk, 2007a). Hasil penelitian ini menemukan proporsi NSL (Tabel 3.) terbesar ada pada akar tanaman. Jumlah NSL di daun maupun di akar mangrove jenis *A. corniculatum* berbeda, hal ini juga memperlihatkan keanekaragaman komposisi NSL walaupun pada jenis dan tanaman yang sama.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Komposisi NSL pada hutan mangrove Sumatera Utara jenis *A. corniculatum* sebagai biomarker dan masukan lipid bagi ekosistem estuarina pada daun *A. corniculatum* adalah squalene, stigmasterol, campesterol,  $\beta$ -sitosterol, cycloartenol, taraxerol,  $\beta$ -amyirin, germanicol, betulin,  $\alpha$ -amyirin, lopenone dan lupeol.
2. Kandungan NSL pada daun *A. corniculatum* antara terendah 4,1 % sampai tertinggi 10,2 %. Komposisi NSL pada akar *A. corniculatum* adalah squalene, campesterol, stigmasterol,  $\beta$ -sitosterol, betulin, dan  $\alpha$ -amyirin. Kandungan NSL pada akar *A. corniculatum* antara terendah 8,4% sampai tertinggi 31,8 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, J. S. J. Damanik dan M. Hisyam. 1984. Ekologi ekosistem Sumatera. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- 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.
- Basyuni, M., Oku, H., Tsujimoto, E., Kinjo, K., Baba, S., Takara, K., 2007b. *Triterpene synthases from the Okinawan mangrove tribe, Rhizophoraceae*. FEBS J. 274, 5028-5042.
- 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.
- Blumwald, E., and Poole, R.J., 1987. *Salt tolerance in suspension cultures of sugar beet: induction of Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiport activity at the tonoplast by growth in salt*. Plant Physiol. 83, 884-887.
- Beaton, J. M., F. S. Spring, R. Stevenson and J. L. Steward (1955): *Triterpenoids, Part XXXVII: The constitution of taraxerol*. J. Chem. Soc., 2131-2137.
- 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.
- Currie, B. R. and R. B. Johns (1989): *An organic geochemical analysis of terrestrial biomarkers in a transect of the Great Barrier Reef Lagoon*. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 40, 275-284.
- Ghosh, A., S. Misra, A. K. Dutta and A. Choudhury (1985): *Pentacyclic triterpenoids and sterols from seven species of mangrove*. Phytochemistry, 24, 1725-1727.
- Hogg, R. W. and F. T. Gillan (1984): *Fatty acids, sterols and hydrocarbons in the leaves from eleven species of mangrove*. Phytochemistry, 23, 93-97.
- Jeng WL, Huh CA. 2004. *Lipid in Suspended Matter and Sediments from The East China Sea Shelf*. Org Geochem 35:647-660.
- Kathiresan, K. and B. L. Bingham. 2001. Biology of mangrove and mangrove ecosystem. Adv. Mar. Biol. 40, 81-151.
- Killops, S. D. and N. L. Frewin (1994): *Triterpenoid diagenesis and cuticular preservation*. Org. Geochem., 21, 1193-1209.
- Killops SD, Killops VJ. 1993. *An Introduction to Organic Geochemistry*. London: Longman Group UK Ltd.
- 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.
- Koch, B. P., J. Harder, R. J. Lara and G. Kattner (2005): *The effect of selective microbial degradation on the composition derived pentacyclic triterpenols in surface sediments*. Org. Geochem., 36, 273-285.
- 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.
- Mfilinge, P. L., T. Meziane, Z. Bachok and M. Tsuciya (2005): *Total lipid and fatty acid classes in decomposing mangrove leaves of Bruguiera gymnorhiza and Kandelia candel: significance with respect to lipid input*. J. Oceanogr., 61, 613-622.
- Mudge, S. M. and C. E. Norris (1997): *Lipid biomarkers in the Conwy Estuary (North Wales, U.K.): a comparison between fatty alcohols and sterols*. Mar. Chem., 57, 61-84.
- Muri G, Wakeham SG, Peasa TK, Faganeli J. 2004. *Evaluation of Lipid Biomarkers as Indicators of Changes in Organic Matter Delivery to Sediment from Lake Planina, a Remote Mountain Lake in NW Slovenia*. Org Geochem 35:1083-1093.
- Noor.Y.R., Khazali.M, Suryadi Putra.I.N.N. 2006. *Panduan Penealan Mangrove Di Indonesia*. Internatioanal Indonesia Programe. Bogor
- Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis*. Gramedia, Jakarta. Penerjemah : Eidman dkk.
- Parrish CC, Abrajano TA, Budge SM, Helleur RJ, Hudson ED, Pulchan K, Ramos C. 2000. *Lipid and Phenolic Biomarkers in Marine Ecosystem: Analysis and Applications*. Di dalam: Wangersky PJ, editor. *The Handbook of Environmental Chemistry*. Ed ke-5D: Marine Chemistry. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. hlm 193-223.
- Panetta RJ, Gélinas Y. 2009. *Expressing Biomarker Data in Stoichiometric Terms: Shifts in Distribution and Biogeochemical Interpretation*. Limnol and Oceanogr: Methods 7:269-276.
- Prartono T. 1995. *Organic Geochemistry of Lacustrine Sediment : a Case Study of The Eutrophic Rostherne Mere, Cheshire, UK* [disertasi]. Liverpool : Department of Earth Sciences, University of Liverpool.
- Risnasari, I. A.S., Thoha, N., Anna. 2008. *Buku Panduan Praktik Pengenalan Dan Pengelolaan Hutan*. Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.

- Soeroyo, 1993. Pertumbuhan Mangrove dan Permasalahannya. Buletin Ilmiah INSTIPER. Yogyakarta.
- Spalding, M., Kainuma, M., Collins, L., 2010. *World Atlas of Mangroves*. Earthscan. London.
- Sparg, S.G., Light, M.E., van Staden, J., 2004. *Biological activities and distribution of plant saponins*. J. Ethnopharmacol. 94, 219-243.
- Tomlinson P.B., 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press; 1986.
- Versteegh, G. J. M., E. Schefuß, L. Dupont, F. Marret, J. S. S. Damsté and J. H. R. Jansen (2004): *Taraxerol and Rhizophora pollen as proxies for tracking past mangrove ecosystems*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 68, 411–422.
- Volkman, J. K. (1986): *A review of sterol markers for marine and terrigenous organic matter*. *Org. Geochim.*, 9, 83–99.
- Volkman JK, Revill AT, Holdsworth DG, Fredericks D. 2008. *Organic Matter Sources in an Enclosed Coastal Inlet Assessed Using Lipid Biomarkers and Stable Isotopes*. *Org Geochem* 39:689–710.
- 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.
- Wannigama, G. P., J. K. Volkman, F. T. Gillan, P. D. Nichols and R. B. Johns (1981): *A comparison of lipid components of the fresh and dead leaves and pneumatophores of the mangrove Avicennia marina*. *Phytochemistry*, 20, 659–666.
- 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.