

**Uji Bioaktivitas Zat Ekstraktif Pohon Mindi (*Melia azedarach* Linn)  
dengan Metode *Brine Shrimp Lethality Test*  
(*Bioactivity Test of Mindi Extractives (Melia azedarach* Linn) *Using Brine  
Shrimp Lethality Test*)**

Wasrin Syafii<sup>1)</sup>, Rita K Sari<sup>1,2)</sup>, Siti Maemunah<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB  
Darmaga, Bogor 16680

<sup>2)</sup>Pusat Studi Biofarmaka IPB, Kampus IPB Taman Kencana, Bogor 16151

*Corresponding author:* wasrinsy@indo.net.id (Wasrin Syafii)

**Abstract**

The aims of this research were to determine the yield of extracts from continuous extraction of heartwood, sapwood, inner bark, branch, and leave of *Toona sinensis* in *n*-hexane, ethyl acetate, and methanol solvents and their bioactivity using brine shrimp lethality test (BSLT) was evaluated. The results indicated that the yield of leave, inner bark, branch, heartwood, and sapwood extracts were 11.0, 6.7, 1.9, 1.6, and 1.6%, respectively. The highest yield of extracts was obtained from extraction in ethyl acetate (16.1%), followed by methanol (3.5%), and *n*-hexane (3.1%). The BSLT tests showed that the ethyl acetate extracts of all tree parts have higher bioactivities (LC<sub>50</sub> 1-52 µg ml<sup>-1</sup>) than the *n*-hexane extracts (LC<sub>50</sub> 40-181 µg ml<sup>-1</sup>), and the methanolic extracts (LC<sub>50</sub> 49-1375 µg ml<sup>-1</sup>). The ethyl acetate extract from inner bark has the highest bioactivity (LC<sub>50</sub> µg ml<sup>-1</sup>). The qualitative analysis detect the ethyl acetate extract from inner bark containing saponins, alkaloids, phenolics, flavonoids, triterpenoids, steroids, and glycosides.

**Key words:** *Artemia salina*, bioactivity, brine shrimp lethality test, *Toona sinensis*

**Pendahuluan**

Jumlah penderita kanker diperkirakan meningkat dari tahun ke tahun. Jumlah penderita kanker di dunia pada tahun 2005 sebanyak 7,6 juta jiwa. Jumlah penderita kanker tersebut diprediksi mengalami peningkatan menjadi 26,4 juta jiwa pada tahun 2030 dan 85% diantaranya terjadi di negara berkembang termasuk Indonesia (Sari *et al.* 2011). Pengobatan kanker secara medis dengan kemoterapi memerlukan biaya yang sangat tinggi, belum efektifnya obat dalam membunuh sel kanker, dan efek samping yang harus diderita oleh pasien (Sajuthi 2001). Oleh karena itu, eksplorasi senyawa bioaktif antikanker dari tumbuhan sangat diperlukan. Salah satu tumbuhan yang berpotensi mempunyai senyawa aktif antikanker adalah pohon mindi (*Melia azedarach* L.).

Pohon mindi berpotensi mengandung senyawa antikanker. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa ekstrak metanol daun mindi bersifat antioksidan (Orhan *et al.* 2011) dan ekstrak metanol kulit mindi yang berasal dari Thailand berpotensi mengandung senyawa antikanker karena memiliki bioaktivitas yang tinggi berdasarkan uji *brine shrimp lethality test* (BSLT) (Pisutthanan *et al.* 2004). Namun, penelusuran pustaka mengenai penelitian potensi senyawa antikanker dalam pohon mindi asal Indonesia belum ditemukan. Jenis dan komposisi senyawa antikanker sebagai hasil metabolisme sekunder sangat dipengaruhi oleh jenis pohon, tempat tumbuh, umur (Sari *et al.* 2011), dan posisi ekstrak dalam berbagai bagian pohon terutama di antara daun, kulit luar (*outer bark*) kulit dalam (*inner bark*), serta kayu gubal dan kayu teras (Thompson *et al.*

(2006). Oleh karena itu, penelitian tentang pengaruh perbedaan berbagai bagian pohon mindi terhadap kandungan zat ekstraktif dan bioaktivitasnya perlu dilakukan.

Eksplorasi senyawa antikanker dapat diawali dengan BSLT karena bioaktivitas suatu ekstrak hasil uji BSLT berkorelasi dengan efek antiproliferasi kultur sel kanker. Selain itu, BSLT adalah uji yang murah, cepat, mudah, dan dapat dipercaya (Pisutthanan *et al.* 2004). Untuk itu, penelitian ini bertujuan menetapkan kadar ekstrak bagian kulit, daun, cabang, kayu teras, dan gubal pohon mindi hasil ekstraksi dalam pelarut organik dengan kepolaran bertingkat (*n*-heksana, etil asetat, dan metanol), menguji bioaktivitas ekstraknya terhadap larva udang *Artemia salina* melalui pengujian BSLT, serta menganalisis secara kualitatif kandungan senyawa kimia dalam ekstrak teraktif.

## Bahan dan Metode

### Penyiapan bahan baku

Penelitian ini menggunakan pohon mindi dengan batang berdiameter  $\pm 24$  cm yang berasal dari Bogor. Bagian pohon yang diteliti adalah bagian kayu teras, kayu gubal, daun, kulit, dan cabang yang mengandung teras dan gubal. Contoh uji bagian daun, kulit, dan cabang dipotong kecil-kecil. Contoh uji bagian batang dibagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian pangkal, tengah, dan ujung serta dipisahkan antara bagian kayu teras dan gubalnya dengan mesin serut. Semua contoh tersebut kemudian dikeringudarkan dan digiling dengan menggunakan *willey mill* serta disaring hingga diperoleh serbuk berukuran (40-60 mesh). Sebelum diekstraksi serbuk tersebut kemudian dikeringudarkan sampai mencapai kadar air sekitar 15%.

### Ekstraksi

Proses ekstraksi mengacu pada metode yang dilakukan Sari *et al.* (2012). Masing-masing contoh uji diekstraksi dengan metode maserasi secara berkesinambungan menggunakan pelarut *n*-heksana, etil asetat,

dan metanol dengan tiga kali ulangan pada suhu kamar. Contoh uji  $\pm 20$  g direndam dalam pelarut *n*-heksana sebanyak 100 ml atau dengan perbandingan antara serbuk dan pelarut sebesar 1:5 hingga serbuk terendam seluruhnya selama 24 jam, lalu disaring. Perendaman dalam pelarut dan penyaringan dilakukan beberapa kali hingga cairan hasil perendaman berwarna bening. Selanjutnya residu tersebut direndam dalam pelarut etil asetat hingga bening, dan residunya kembali direndam dalam pelarut metanol hingga bening.

Ekstrak hasil perendaman dipekatkan dengan evaporator putar (*rotary evaporator*) dengan suhu 40 °C, tekanan 400 mmHg, dan kecepatan putaran tingkat 4 untuk memisahkan pelarut dan ekstrak pekat. Ekstrak pekat kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu 40 °C selama 24 jam dan ditimbang bobotnya untuk mendapatkan kadar ekstrak.

### Uji bioaktivitas

Untuk mengetahui potensi antikanker suatu ekstrak, uji bioaktivitas yang digunakan adalah uji BSLT. Uji BSLT mengacu pada metode yang digunakan Sari *et al.* (2011). Pembuatan larutan uji dimulai dengan pembuatan larutan induk berkonsentrasi 2000  $\mu\text{g ml}^{-1}$ . Ekstrak kering  $\pm 12$  mg dilarutkan dalam 2-3 tetes DMSO dan air laut hingga mencapai 6 ml. Dari larutan induk, larutan uji dibuat dengan konsentrasi 1000, 500, 100, dan 10  $\mu\text{g ml}^{-1}$  melalui pengenceran dengan air laut. Sebanyak 10 ekor larva *A. salina* usia 2 hari dimasukkan ke dalam larutan uji. Uji BSLT dilakukan dengan tiga kali ulangan. Hasil pengamatan jumlah larva udang yang mati digunakan untuk menghitung mortalitas. Data mortalitas yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan *Minitab 14* dengan teknik analisis probit untuk mengetahui *lethal concentration* ( $LC_{50}$ ) dengan selang kepercayaan 95%. Ekstrak digolongkan memiliki bioaktivitas bila memiliki nilai  $LC_{50} < 250 \mu\text{g ml}^{-1}$  (Pisutthanan *et al.* 2004).

## Analisis fitokimia

Analisis fitokimia dilakukan secara kualitatif terhadap ekstrak teraktif. Analisis ini bertujuan untuk mendeteksi keberadaan senyawa fitokimia seperti flavonoid, alkaloid, fenolik, tanin, steroid, triterpenoid, glikosida, dan saponin. Analisis fitokimia secara kualitatif mengacu pada metode Harborne (1987).

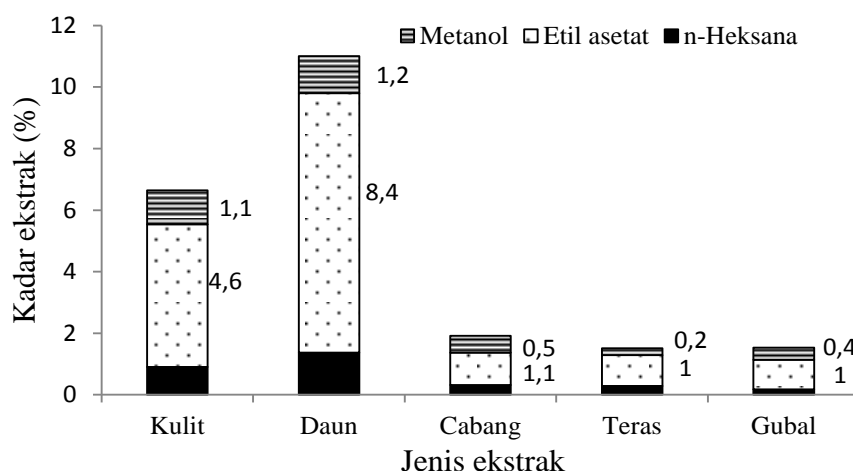
## Hasil dan Pembahasan

### Kadar ekstrak

Proses ekstraksi dengan metode maserasi menghasilkan kadar ekstrak pohon mindi yang beragam, yaitu 1,55-11,01%. Daun memiliki kadar ekstrak tertinggi (11,01%), diikuti kulit (6,65%), dan cabang (1,92%), sedangkan kadar ekstrak bagian kayu gubal (1,55%) hampir sama dengan kayu teras (1,53%) (Gambar 1). Daun dan kulit mindi tergolong berkadar ekstrak tinggi, sedangkan kayu bagian teras, gubal, dan cabang mindi tergolong berkadar ekstrak rendah. Hal ini didasarkan pada klasifikasi kelas komponen kimia kayu Indonesia (Lestari & Pari 1990) yang menyatakan bahwa suatu bahan tergolong berkadar zat ekstraktif tinggi jika kadar zat ekstraktif lebih besar dari 4%, kelas sedang jika kadar zat ekstraktif 2-4% dan kelas rendah jika kadar zat ekstraktif kurang dari 2%.

Daun dan kulit mindi menghasilkan ekstrak dengan kadar yang tinggi. Tingginya kadar ekstrak daun diduga karena adanya senyawa klorofil yang ikut terekstrak (Harborne 1987). Bagian kulit mindi mengandung kadar ekstrak tertinggi kedua setelah daun dan lebih tinggi kadar ekstraknya dibandingkan dengan bagian kayu. Hal ini diduga karena tingginya kandungan konstituen lipofil dan hidrofil dalam kulit dibandingkan dengan bagian kayunya (Sjöstrom 1998). Hasil penelitian Sari *et al.* (2011) menunjukkan fenomena yang sama dengan penelitian ini bahwa kadar ekstrak kulit surian (*T. sinensis*) lebih tinggi dibandingkan dengan kayunya.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar ekstrak cabang mindi lebih tinggi dibandingkan dengan kadar ekstrak kayu teras dan gubal. Fenomena yang sama dilaporkan oleh Fuwape (1990) dan Fengel dan Wegener (1995). Satu dari tiga sampel kayu *Gmelina arborea* yang diperoleh dari tempat tumbuh yang berbeda menunjukkan bahwa kadar ekstrak cabang lebih tinggi (9,7%) dibandingkan dengan kayu teras (5,1%) dan gubal (5,7%) (Fuwape 1990). Bagian cabang *Picea abies* mengandung konsentrasi lignan yang lebih tinggi (4-6% dan 2-3%) dibandingkan dengan batang (0,1%) dari pohon yang sama (Fengel & Wegener 1995).



Gambar 1 Kadar ekstrak berbagai bagian pohon mindi hasil ekstraksi bertingkat dalam pelarut *n*-heksana, etil asetat, dan metanol.

Kadar ekstrak mindi hasil ekstraksi dengan pelarut etil asetat menghasilkan kadar ekstrak tertinggi (16,09%), diikuti ekstrak metanol (3,49%), dan ekstrak *n*-heksana (3,06%). Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar ekstrak mindi didominasi oleh fraksi semipolar karena etil asetat merupakan pelarut semipolar yang dapat melarutkan alkaloid, aglikon, dan glikosida (Houghton & Raman 1998), senyawa sterol, terpenoid, dan flavonoid (Cowan 1999). Penelusuran pustaka menunjukkan bahwa daun mindi mengandung alkaloid paraisina, flavonoid rutin, zat pahit, saponin, tanin, steroida, dan kaemferol (Orhan *et al.* 2011).

### Bioaktivitas ekstrak mindi

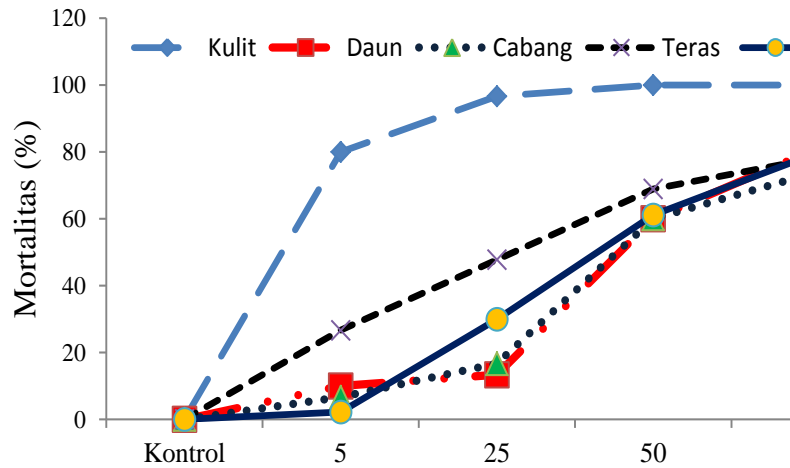
Hasil pengujian BSLT menunjukkan bahwa ekstrak mindi dari bagian pohon yang

berbeda menghasilkan mortalitas larva udang *A. salina* yang beragam pada setiap jenis pelarut dan tingkat konsentrasi ekstrak. Konsentrasi yang digunakan untuk ekstrak terlarut *n*-heksana dan metanol adalah masing-masing 10, 100, 500, dan 1000  $\mu\text{g ml}^{-1}$ , sedangkan konsentrasi untuk ekstrak terlarut etil asetat adalah 5, 25, 50, dan 100  $\mu\text{g ml}^{-1}$ . Adanya perbedaan tersebut dikarenakan pada pengujian sebelumnya untuk ekstrak terlarut etil asetat pada konsentrasi 100, 500, dan 1000  $\mu\text{g ml}^{-1}$  telah membunuh larva udang hampir 100% (Tabel 1). Hasil tersebut tidak dapat diolah oleh probit analisis karena akan menyebabkan nilai  $LC_{50}$  yang diperoleh tidak terandalkan. Oleh karena itu, pengujian selanjutnya menggunakan konsentrasi ekstrak terlarut etil asetat di bawah 100  $\mu\text{g ml}^{-1}$  (Gambar 2).

Tabel 1 Nilai mortalitas larva udang *A. salina* akibat pemberian ekstrak berbagai bagian pohon mindi terlarut *n*-heksana, etil asetat, dan metanol

Bagian	Mortalitas (%) <sup>1)</sup>				
	Kontrol	10 ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ )	100 ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ )	500 ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ )	1000 ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ )
Ekstrak <i>n</i> -heksana					
Kulit	0	0	66,7	93,3	100,0
Daun	0	16,7	46,7	86,7	100,0
Cabang	0	3,3	70,0	86,7	100,0
Teras	0	15,0	92,2	97,7	100,0
Gubal	0	1,1	30,0	94,5	98,9
Ekstrak metanol					
Kulit	0	10,0	80,0	100,0	100,0
Daun	0	0	0	10,0	30,0
Cabang	0	0	36,7	93,3	100,0
Teras	0	0	3,3	52,2	88,9
Gubal	0	1,1	5,6	38,9	60,0
Ekstrak etil asetat					
Kulit	0	80,0	100,0	100,0	100,0
Daun	0	0	0	86,7	100,0
Cabang	0	73,3	100,0	100,0	100,0
Teras	0	48,9	100,0	100,0	100,0
Gubal	0	58,9	100,0	100,0	100,0

Keterangan: <sup>1)</sup> Rataan dari 3 kali ulangan dan dikoreksi dengan mortalitas kontrol, <sup>2)</sup> Berdasarkan Riser *et al.* (1996) dalam Pisutthanan *et al.* (2004)

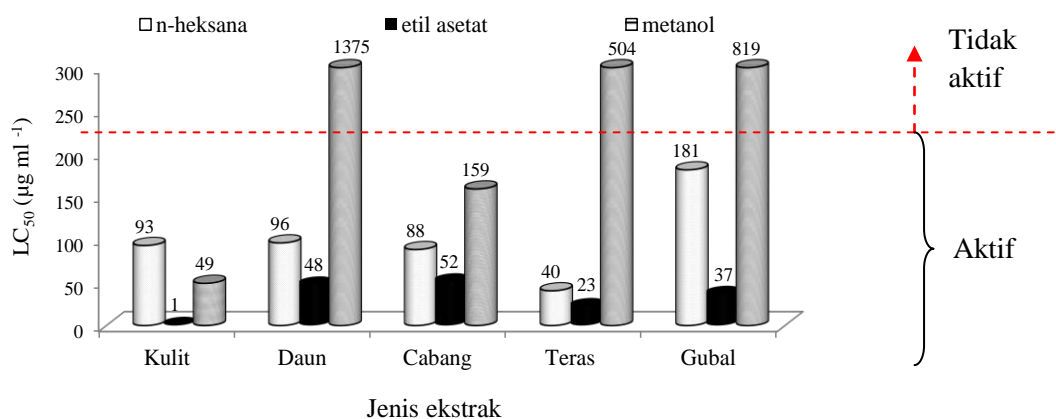


Gambar 2 Grafik hubungan konsentrasi ekstrak berbagai bagian pohon mindi terlarut etil asetat dengan mortalitas larva *A. salina*.

Tabel 1 dan Gambar 2 memperlihatkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak cenderung meningkatkan mortalitas. Dalam penelitian ini, mortalitas berkisar 0-100% bergantung pada jenis ekstrak dan konsentrasi ekstrak yang digunakan, sedangkan mortalitas kontrolnya 0%. Hal ini mengindikasikan DMSO yang digunakan untuk melarutkan ekstrak dapat diabaikan dan kondisi lingkungan tempat hidup larva udang *A. salina* dinilai cukup baik dan tidak menyebabkan kematian (Harefa 2000).

Bioaktivitas senyawa ditentukan dari nilai  $LC_{50}$ , yaitu konsentrasi dari suatu senyawa

kimia yang terdapat di udara atau air yang dapat membunuh 50% hewan atau organisme uji dalam satuan ppm (*part per million*) atau per  $cm^3$  (Mc Laughin *et al.* 1991 dalam Arbiastutie & Muflihati 2008). Berdasarkan nilai  $LC_{50}$ , sebagian besar ekstrak dari berbagai bagian pohon mindi yang diuji menunjukkan adanya bioaktivitas yang tinggi. Secara umum, ekstrak bagian pohon mindi yang larut dalam *n*-heksana dan etil asetat tergolong aktif, sedangkan beberapa bagian pohon pada pelarut metanol termasuk kategori tidak aktif, yaitu bagian daun, kayu teras, dan kayu gubal (Gambar 3).



Gambar 3 Nilai  $LC_{50}$  ekstrak berbagai bagian pohon mindi dan bioaktivitasnya menurut Rieser *et al.* (1996) dalam Pisutthanan *et al.* (2004).

Ekstrak etil asetat berbagai bagian pohon mindi potensial dikembangkan sebagai sediaan antikanker. Kadar ekstrak etil asetat lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak metanol dan *n*-heksana (Gambar 1). Ekstrak etil asetat juga memiliki bioaktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan kedua jenis ekstrak lainnya karena nilai  $LC_{50}$ -nya lebih rendah (Gambar 3).

Ekstrak etil asetat kulit mindi merupakan ekstrak teraktif. Ekstrak ini memiliki bioaktivitas tertinggi ( $LC_{50}$  1  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ) dibandingkan dengan ekstrak lainnya (Gambar 3). Tingginya bioaktivitas ekstrak etil asetat diduga karena senyawa aktif dari kelompok steroid, terpenoid, dan flavonoid yang terekstrak etil asetat (Cowan 1999). Hal ini dipertegas oleh hasil penelitian Wu *et al.* (2011) yang berhasil mengisolasi senyawa triterpenoid dan steroid dari kulit mindi yang memiliki aktivitas antiproliferasi terhadap tiga sel kanker manusia (A549, H460, HGC27). Selain itu, bioaktivitas ekstrak etil asetat kulit mindi ini lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak metanol mindi asal Thailand ( $LC_{50}$  32  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ). Perbedaan ini dipengaruhi oleh tempat tumbuh dan pelarut

Pada ekstrak terlarut metanol, bioaktivitas ekstrak bagian kulit dan cabang mindi terlarut metanol lebih tinggi dibandingkan dengan bagian daun, teras, dan gubal. Berdasarkan penggolongan bioaktivitas menurut Rieser *et al.* (1996) dalam Pisutthanan *et al.* (2004), hanya bagian kulit dan cabang yang menunjukkan bioaktivitas terhadap kematian *A. salina*, sedangkan bagian daun, teras, dan gubal tidak menunjukkan adanya aktivitas (Gambar 3). Hal ini diduga karena pada bagian kulit dan cabang mindi terkandung senyawa aktif yang dapat diekstrak oleh pelarut metanol dengan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian kayu teras dan gubal. Senyawa hidrofil seperti senyawa-senyawa fenol dan suberin dapat larut dalam air dan pelarut-pelarut polar seperti etanol, aseton, dan metanol (Houghton & Raman 1998).

Penentuan ekstrak potensial untuk dilakukan investigasi lebih lanjut dilakukan dengan cara mengaitkan hasil uji bioaktivitas dengan metode BSLT terhadap kadar zat ekstraktif yang dihasilkan. Ekstrak daun terlarut etil asetat memiliki rendemen ekstrak tertinggi (8,4%), tetapi bioaktivitasnya lebih rendah ( $LC_{50}$  48  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ) jika dibandingkan dengan bagian kulit. Ekstrak yang paling potensial untuk diinvestigasi lebih lanjut adalah ekstrak etil asetat kulit mindi karena bioaktivitasnya tertinggi ( $LC_{50}$  1,1  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ) dan kadar ekstraknya 4,6%.

### Fitokimia ekstrak kulit mindi

Hasil analisis fitokimia secara kualitatif terhadap ekstrak etil asetat kulit mindi menunjukkan bahwa ekstrak terdeteksi mengandung saponin, alkaloid, fenolik, flavonoid, triterpenoid, steroid, dan glikosida (Tabel 2). Senyawa yang terdeteksi tersebut diduga berperan terhadap tingginya bioaktivitas ekstrak.

Tabel 2 Hasil analisis fitokimia kualitatif ekstrak etil asetat kulit mindi

Kelompok senyawa	Hasil deteksi
Saponin	+
Alkaloid	+
Tanin	-
Fenolik	+
Flavonoid	+
Triterpenoid	+
Steroid	+
Glikosida	+

Keterangan: (+) = Senyawa terdeteksi, (-) = Senyawa tidak terdeteksi

Beberapa tanaman diketahui menghasilkan senyawa bioaktif yang mempunyai berbagai bioaktivitas termasuk antikanker, seperti senyawa-senyawa flavonoid, triterpenoid, dan saponin. Flavonoid yang terdapat dalam tumbuhan umumnya terikat pada gula sebagai glikosida dan aglikon flavonoid. Flavonoid tersebut memiliki aktivitas sebagai antitumor, antibakteri,

antiinflamasi, antialergi, dan mencegah osteoporosis (Nurjanah *et al.* 2011). Yi *et al.* (2005) menyatakan bahwa fraksi flavonoid dapat menghambat 50% pertumbuhan sel kanker usus besar HT-29 dan Caco-2 pada konsentrasi 70-100  $\mu\text{g ml}^{-1}$  dan 50-100  $\mu\text{g ml}^{-1}$ . Setzer (2008) dalam Nurjanah *et al.* (2011) menyatakan bahwa triterpenoid alami memiliki aktivitas antitumor karena mempunyai kemampuan menghambat kinerja enzim topoisomerase II, dengan cara berikatan dengan sisi aktif enzim yang akan mengikat DNA dan membelahnya, sehingga enzim menjadi terkunci dan tidak dapat mengikat DNA. Menurut Zhang *et al.* (2006) dalam Albuntana *et al.* (2011), saponin diyakini memiliki, efek biologis, termasuk diantaranya sebagai antikanker, sitotoksik melawan sel tumor, antijamur, hemolisis, dan aktivitas kekebalan tubuh.

### Kesimpulan

Ekstraksi berbagai bagian pohon mindi dengan metode maserasi menghasilkan ekstrak daun dengan kadar tertinggi (11,0%, diikuti ekstrak kulit (6,7%), ekstrak cabang (1,9%), ekstrak kayu gubal (1,6%), dan ekstrak kayu teras (1,6%). Kadar ekstrak berbagai bagian pohon mindi tertinggi diperoleh dari ekstraksi dengan pelarut etil asetat (16,1%), metanol (3,5%), dan *n*-heksana (3,1%).

Hasil pengujian BSLT menunjukkan bahwa bioaktivitas ekstrak etil asetat semua bagian pohon mindi lebih tinggi ( $\text{LC}_{50}$  1-52  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ) dibandingkan dengan ekstrak *n*-heksana ( $\text{LC}_{50}$  40-181  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ), dan ekstraknya ( $\text{LC}_{50}$  49-1375  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ). Ekstrak etil asetat dari bagian kulit merupakan ekstrak teraktif ( $\text{LC}_{50}$  1  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ). Uji fitokimia kualitatif menunjukkan bahwa di dalam ekstrak teraktif terdeteksi senyawa saponin, alkaloid, fenolik, flavonoid, triterpenoid, steroid, dan glikosida.

### Daftar Pustaka

Albuntana A, Yasman, Wardhana W. 2011. Uji toksisitas ekstrak empat jenis

teripang suku holothuriidae dari pulau penjaliran timur, kepulauan seribu, Jakarta menggunakan *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). *J Ilmu Teknol. Kelautan Trop.* 3:65-72.

Arbiastutie Y, Muflihati. 2008. Isolasi dan uji aktivitas kandungan kimia bioaktif dari biji duku (*Lansium domesticum* Corr). *J Penelitian Universitas Tanjungpura* 10:70-86.

Cowan MM. 1999. Plant product as antimicrobial agents. *J Microbiol. Rev.* 12:564-582.

Fengel D, Wegener G. 1995. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Sastrohamidjoju H, penerjemah; Prawirohatmodjo S, editor. Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Terjemahan dari *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions*.

Fuwape JA. 1990. Effect of extractives on heating value of *Gmelina arborea*. *J Trop. For. Sci.* 4:281-285.

Harborne JB. 1987. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Padmawinata K, Soedira I, penerjemah. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung. Terjemahan dari: *Phytochemical Methods*.

Harefa FH. 2000. *Pembudidayaan Artemia untuk Pekan Udang dan Ikan*. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.

Houghton PJ, Raman A. 1998. *Laboratory Handbook for the Fractionation of Natural Extracts*. New York: Chapman & Hall.

Lestari SB, Pari G. 1990. Analisis kimia beberapa jenis kayu Indonesia. *J Penelitian Hasil Hutan* 7:96-100.

Nurjanah, Izzati L, Abdullah A. 2011. Aktivitas antioksidan dan komponen bioaktif kerang pisau (*Solen* spp.). *J Ilmu Kelautan* 16:119-124.

Orhan IE, Guner E, Ozturk N, Senol FS, Erdem SA, Kartal M, Sener B. 2011. Enzyme inhibitory and antioxidant

- activity of *Melia azedarach* L. naturalized in anatolia and its phenolic acid and fatty acid composition. *Ind. Crops Prod.* 37:213–218.
- Pissutthanan S, Plianbangchang P, Pissutthanan N, Ruanruay S, Muanrit O. 2004. Brine shrimp lethality activity of thai medicinal plants in the family Meliaceae. *Naresuan Univ. J* 12:13-18.
- Sajuthi D. 2001. Ekstraksi, fraksinasi, karakterisasi, dan uji hayati in vitro senyawa bioaktif daun dewa sebagai antikanker Tahap II. *Bul. Kimia* 1:75-79.
- Sari RK, Syafii W, Achmadi SS, Hanafi M, Laksana YT. 2012. Aktivitas antikanker dan kandungan kimia ekstrak kayu teras suren (*Toona sureni*). *J Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 10(1):1-11.
- Sari RK, Syafii W, Achmadi SS, Hanafi M. 2011. Aktivitas antioksidan dan toksisitas ekstrak etanol surian (*Toona sinensis*). *JITHH* 4(2):46-52.
- Sjöstrom E. 1998. *Kimia Kayu, Dasar-dasar dan Penggunaan*. Sastrohamidjojo H, penerjemah; Prawirohatmodjo S, editor. Yogyakarta: Gajahmada Univ. Press. Terjemahan dari: *Wood Chemistry, Fundamentals and Applications*.
- Thompson A, Cooper J, dan Ingram I. 2006. Distribution of terpenes in heartwood and sapwood of loblolly pine. *For. Prod. J* 56:46-48.
- Wu SB, Bao QY, Wang WX, Zhao Y, Xia G, Zhao Z, Zeng H, Hu JF. 2011. Cytotoxic triterpenoids and steroids from the bark of *Melia azedarach*. *Plant Medica* 77:922-928.
- Yi W, Fischer J, Krewer G, Akoh CC. 2005. Phenolic compounds from Blueberries can inhibit colon cancer cell proliferation and induce apoptosis. *J Agri. Food Chem.* 53:7320-7329.
- Riwayat naskah (*article history*)  
 Naskah masuk (*received*): 26 Agustus 2013  
 Diterima (*accepted*): 12 Oktober 2013