

## ISOLASI, IDENTIFIKASI, DAN ELUSIDASI STRUKTUR SENYAWA ALKALOID DALAM EKSTRAK METANOL-ASAM NITRAT DARI BIJI MAHONI BEBAS MINYAK (*Swietenia macrophylla*, King)

S Mursiti<sup>1</sup>✉, S Matsjeh<sup>2</sup>, Jumina<sup>2</sup>, Mustofa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Kimia FMIPA UGM Yogyakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Bagian Farmakologi dan Terapi FK UGM Yogyakarta, Indonesia

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima Agustus 2013  
Disetujui September 2013  
Dipublikasikan Oktober  
2013

#### Keywords:

alkaloid; extract methanol-  
nitric acid; mahogany seeds

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang isolasi, identifikasi, dan elusidasi struktur senyawa alkaloid dalam ekstrak metanol-asam nitrat dari biji mahoni bebas minyak (*Swietenia macrophylla* King). Biji mahoni diambil minyaknya dengan cara ekstraksi *soxhlet* menggunakan pelarut petroleum eter selama 8 jam. Isolasi senyawa alkaloid menggunakan metanol dan larutan asam nitrat 10%. Sebanyak satu gram ampas biji mahoni bebas minyak dicampur dengan 1 mL larutan asam nitrat 10%, kemudian ditambah 5 mL metanol dalam erlenmeyer tertutup disertai pengocokan selama 5 menit pada suhu 60°C menggunakan penangas air, setelah itu disaring, ditambah 1 mL larutan amonia 10%, kemudian disaring, dan dipekatkan. Ekstrak kemudian dianalisis dengan KLT, kemudian dipisahkan dengan kromatografi kolom. Sebagai penyerap pada kolom digunakan silika gel 40, panjang kolom 27 cm, diameter 2,8 cm, eluen yang digunakan adalah kloroform:metanol (95:5), dan jumlah tetesan 15-20 per menit. Setiap fraksi yang diperoleh dari kromatografi kolom dianalisis dengan KLT menggunakan lampu UV. Uji alkaloid menggunakan pereaksi *Dragendorff* 130 dan 132. Fraksi yang positif merupakan fraksi yang mengandung alkaloid. Kemudian fraksi ini dianalisis lebih lanjut untuk identifikasi struktur dengan GC, spektrometer IR, UV, dan <sup>1</sup>HNMR. Hasil analisis menunjukkan bahwa dalam ekstrak diperkirakan terdapat senyawa alkaloid yakni 3,4,5-trietil-6-metoksi-2-metil-1,2-dihidro-piridin.

### Abstract

*It has been conducted a research on the isolation, identification and structural elucidation of alkaloid compounds in methanol-nitric acid extract of the oil-free mahogany seeds (Swietenia macrophylla, King). The oil was taken from mahogany seed by Soxhlet extraction and using petroleum ether solvent for 8 hours, while the isolation of alkaloid compound used methanol and 10 % nitric acid solution. A gram of oil-free mahogany slag was mixed with 1 mL of 10 % nitric acid solution, then it was added with 5 mL of methanol in a cap erlenmeyer and stirred for 5 min at 60 °C by using water bath, after that it was filtered and added by 1 mL of 10 % ammonia solution, then it was filtered and concentrated. The extract was analyzed by TLC and separated by column chromatography. As absorbent, it used silica gel column 40 with length of 27 cm, diameter 2.8 cm, while the eluent that was used was chloroform : methanol (95:5), and the number of droplets was 15-20 per minute. Each fraction obtained from column chromatography was analyzed by TLC using UV light. While, alkaloids test was analyzed by using Dragendorff reagent 130 and 132. Positive fraction is the fraction containing alkaloids, then this fraction was analyzed further more to identify the structure by using GC, IR spectrometer, UV and <sup>1</sup>HNMR. The analysis showed that the extract was estimated that there are alkaloid compounds consisting of 3,4,5-triethyl-6-methoxy-2-methyl-1,2-dihydro-pyridine.*

© 2013 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lt 2 Kampus Sekaran Semarang 50229  
E-mail: kumalasari\_berliana@yahoo.com

ISSN 0215-9945

## Pendahuluan

Di Indonesia banyak terdapat tanaman mahoni yang merupakan salah satu tanaman obat. Tanaman mahoni ini biasanya menghasilkan banyak biji. Pemanfaatan biji mahoni sebagai obat telah dikenal terutama oleh masyarakat di Pulau Jawa antara lain sebagai obat kencing manis (Dalimartha 2001, Mursiti 2004, Li *et al.* 2005), tekanan darah tinggi, encok, eksim, peluruh lemak, dan masuk angin (Dalimarta 2001), sebagai antikanker (Astuti *et al.* 2005), juga sebagai antidiare (Maiti *et al.* 2007). Meskipun terdapat bahan tumbuhan lain yang digunakan sebagai obat tradisional misalnya daun sambung nyawa (Marianti 2003, Marianti 2005), kacang merah (Marsono *et al.* 2003), bawang putih (Matsuura 2001), daun salam dan herba bulu lutung (Sayekti *et al.* 2008), herba sambiloto (Yulinah *et al.* 2001, Soetarno *et al.* 2005), daun lidah buaya (Sujono *et al.* 2005), biji papaya (Sukadana *et al.* 2008), umbi gadung (Sunarsih *et al.* 2007), buah belimbing (Tan *et al.* 1996), namun penggunaan biji mahoni sangat populer di kalangan masyarakat Indonesia terutama untuk obat kencing manis (Dalimarta 2001).

Penggunaan biji mahoni sebagai obat selama ini hanya berdasarkan pengalaman turun temurun, dengan demikian perlu adanya penelitian senyawa yang terkandung di dalamnya. Penelitian Mursiti (2004) menyimpulkan adanya senyawa alkaloid 3,6,7- trimetoksi- 4- metil- 1,2,3,4- tetrahidro-isoquinolin dalam ekstrak metanol-asam asetat dari biji mahoni bebas minyak. Begitu banyaknya jenis senyawa alkaloid sehingga perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan jenis asam selain asam asetat, misalnya asam nitrat, sehingga memungkinkan isolasi jenis alkaloid yang berbeda yang tidak dapat terisolasi dengan metanol-asam asetat.

Beberapa ahli kimia telah berusaha mendefinisikan alkaloid antara lain Sangster (1960) menyatakan bahwa alkaloid adalah senyawa dari tumbuh-tumbuhan yang terjadi secara alamiah mempunyai sifat basa dan paling tidak mengandung satu atom nitrogen yang

Pelat kromatografi lapis tipis yang siap pakai dipotong dengan ukuran 10x10 cm, kemudian keempat cuplikan biji mahoni ditotolkan pada

membentuk bagian dari suatu sistem siklik. Berbagai macam cara untuk mendeteksi alkaloid di dalam jaringan tumbuh-tumbuhan misalnya yang dilakukan oleh Ray (1960). Kesemuanya mengerjakan secara ekonomis berbagai jenis tumbuh-tumbuhan tingkat tinggi untuk mendapatkan bahan obat yang bermanfaat. Banyak tumbuhan juga sudah diteliti untuk memeriksa adanya alkaloid selain kandungan metabolit sekunder lainnya (Lemes *et al.* 2003). Untuk mengisolasi alkaloid, senyawa yang bersifat nonpolar dihilangkan terlebih dahulu dari tumbuh-tumbuhan dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut petroleum eter. Setelah itu berbagai prosedur untuk mendapatkan alkaloid dapat digunakan. Jaringan tumbuh-tumbuhan dapat diekstrak dengan menggunakan air, etanol, atau metanol, dengan campuran alkohol encer yang sudah diasamkan. Untuk keparluan identifikasi, spektra IR telah digunakan secara luas dalam penjabaran struktur molekul organik. Selain itu penggunaan UV, GC, GC-MS,<sup>1</sup>HNMR juga akan memberi petunjuk adanya senyawa alkaloid.

## Metode Penelitian

Sebanyak 30 gram biji mahoni (*Swietenia macrophylla*, King) dikeringanginkan di udara terbuka beberapa saat (untuk mengurangi kandungan airnya), kemudian biji mahoni tersebut dicincang untuk selanjutnya dilakukan ekstraksi sokhlet menggunakan petroleum sebanyak 300 mL selama 8 jam. Ekstrak petroleum eter diuapkan sampai semua pelarut hilang. Ampas hasil ekstraksi dibebaskan dari pelarutnya dengan cara diangin-anginkan, kemudian dilakukan penggerusan.

Sebanyak 1 gram ampas biji mahoni bebas minyak dicampur dengan 1 mL larutan asam nitrat 10%, kemudian ditambah 5 mL metanol dalam erlenmeyer bertutup disertai pengocokan selama 5 menit pada suhu 60°C menggunakan penangas air, setelah itu disaring, ditambah 1 mL larutan amonia 10% dan kemudian disaring lagi. Filtrat lalu didinginkan dan dipekatkan untuk digunakan sebagai cuplikan dalam kromatografi lapis tipis. jarak 1 cm dari dasar pelat. Masing-masing totolan cuplikan diberi jarak 2 cm satu sama lain dan dibiarkan beberapa saat. Pelat yang sudah diberi

totalan kemudian dimasukkan ke dalam bejana KLT yang sudah jenuh dengan uap eluen. Setelah pemisahan senyawa mencapai batas pelarut pada ujung pelat, pelat KLT segera diangkat. Untuk mencari pelarut yang terbaik maka masing-masing cuplikan diuji pada berbagai komposisi pelarut. Komposisi pelarut yang terbaik digunakan untuk memisahkan senyawa-senyawa dalam biji mahoni pada kromatografi kolom.

Sebanyak 10 gram ampas biji mahoni bebas minyak dicampur dengan 10 mL larutan asam nitrat 10%, kemudian ditambah metanol sebanyak 10 mL dalam erlenmeyer bertutup disertai pengocokan selama 5 menit pada suhu 60°C dengan menggunakan penangas air, setelah itu disaring, ditambah 10 mL larutan amonia 10% dan disaring lagi. Filtrat yang diperoleh didinginkan dan diuapkan sampai pelarutnya habis, kemudian ditimbang. Filtrat ini kemudian dilarutkan kembali untuk digunakan sebagai cuplikan pada kromatografi kolom. Sebagai penyerap pada kolom digunakan silika gel 40, panjang kolom 27 cm, diameter 2,8 cm, pelarut yang digunakan sesuai dengan hasil pada kromatografi lapis tipis, serta jumlah tetesan 15-20 per menit.

#### Deteksi dan Analisis dengan GC, spektrometer IR, UV, dan <sup>1</sup>HNMR.

Setiap fraksi yang diperoleh dari kromatografi kolom dianalisis dengan kromatografi lapis tipis menggunakan lampu UV. Uji alkaloid dilakukan dengan pereaksi *Dragendorff* 130 dan 132. Fraksi yang positif terhadap pereaksi *Dragendorff* dianggap sebagai fraksi yang mengandung alkaloid. Kemudian fraksi ini dianalisis lebih lanjut untuk identifikasi struktur dengan GC, spektrometer IR, UV, dan <sup>1</sup>HNMR.

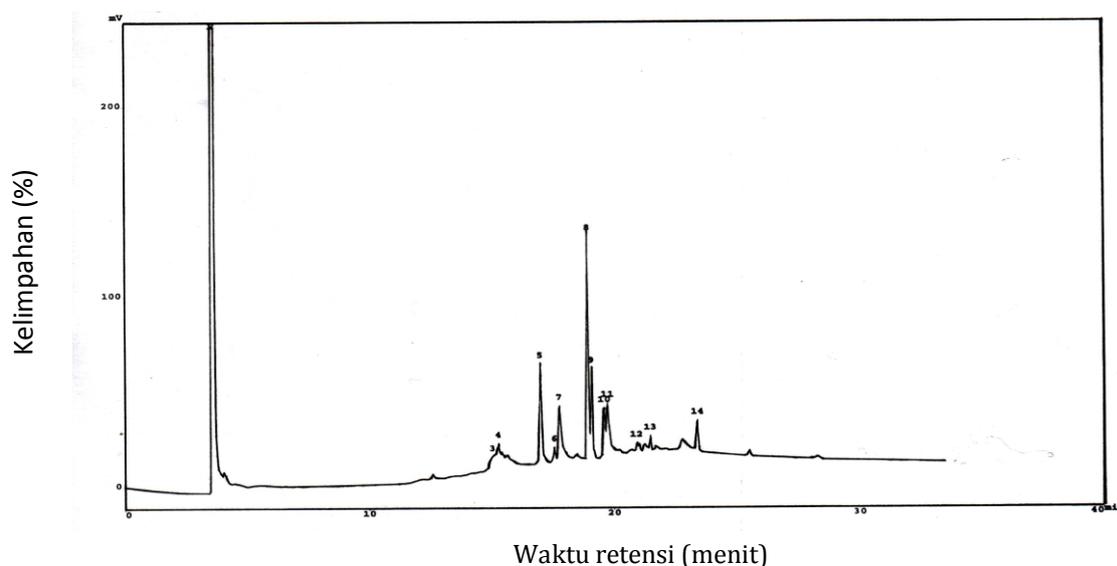
#### Hasil dan Pembahasan

Ekstrak yang diperoleh seberat 1,13 gram dengan titik didih 208°C. Untuk mengetahui adanya komponen alkaloid dalam ekstrak (selanjutnya disebut ekstrak N), mula-mula dilakukan uji warna dengan KLT menggunakan eluen kloroform: metanol (95:5), pereaksi *Dragendorff* 130 dan 132 dan diperoleh empat spot. Harga R<sub>f</sub> disajikan dalam Tabel 1.

Analisis uji warna terhadap ekstrak N dengan kromatografi lapis tipis (KLT) menunjukkan adanya bercak yang positif terhadap pereaksi *Dragendorff* 132 yang berarti ekstrak mengandung senyawa alkaloid. Analisis juga dilakukan dengan kromatografi gas, ternyata dalam ekstrak N terdapat 14 puncak. Kromatogram ekstrak dan waktu retensi disajikan dalam Gambar 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Hasil kromatografi lapis tipis (KLT) I

R <sub>f</sub> (x100)	Dragendorff		λ UV	
	130	132	254 nm	366 nm
Spot 1: 21,80	-	-	Hitam	Biru
Spot 2: 29,90	-	-	Hitam	Biru
Spot 3: 76,40	-	+	Hitam	Biru
Spot 4: 85,50	-	-	Hitam	Biru



**Gambar 1.** Kromatogram ekstrak N

**Tabel 2.** Waktu retensi ekstrak N

No. Puncak	Waktu retensi (menit)	Kelimpahan (%)	No. Puncak	Waktu retensi (menit)	Kelimpahan (%)
1	3,583	45,84	8	18,897	5,64
2	3,656	35,98	9	19,064	2,07
3	15,017	0,51	10	19,589	1,23
4	15,242	0,25	11	19,717	0,41
5	16,960	2,71	12	20,912	0,44
6	17,542	0,23	13	21,469	0,59
7	17,741	2,00	14	23,399	0,19

**Tabel 3.** Hasil kromatografi lapis tipis (KLT) II

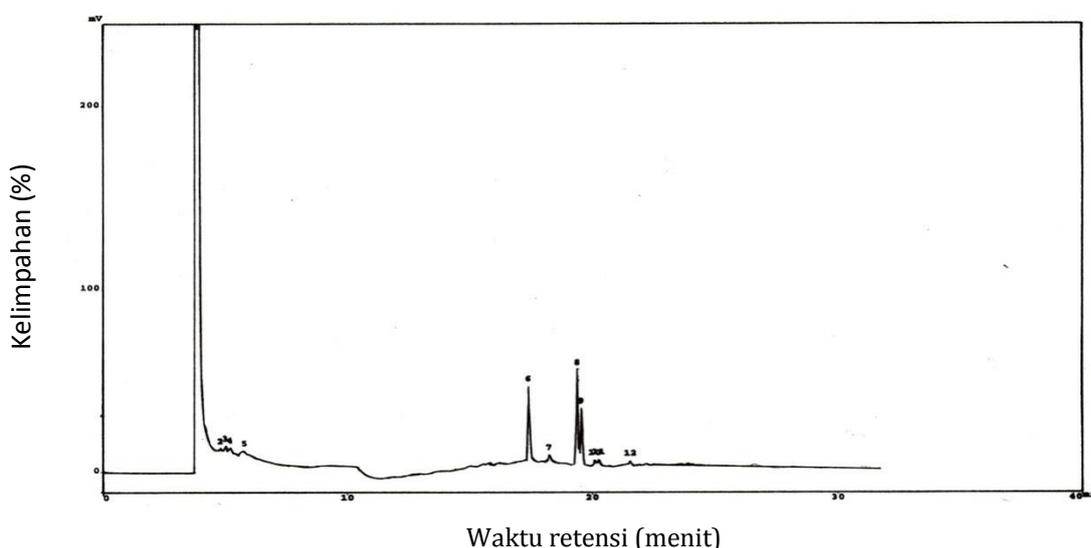
No	Botol	Jumlah spot	Rf (x100)	<i>Dragendorff</i>		$\lambda$ UV	
				130	132	254 nm	366 nm
1	N18	4	Spot 1: 23,60	-	-	Hitam	Biru
			Spot 2: 30,90	-	-	Hitam	Biru
			Spot 3: 78,20	-	+	Hitam	Biru
			Spot 4: 85,50	-	-	Hitam	Biru
2	N19	4	Spot 1: 23,60	-	-	Hitam	Biru
			Spot 2: 30,90	-	-	Hitam	Biru
			Spot 3: 76,40	-	+	Hitam	Biru
			Spot 4: 85,50	-	-	Hitam	Biru
3	N20	4	Spot 1: 21,80	-	-	Hitam	Biru
			Spot 2: 29,90	-	-	Hitam	Biru
			Spot 3: 76,40	-	+	Hitam	Biru
			Spot 4: 85,50	-	-	Hitam	Biru

Setelah itu dilakukan pemisahan dengan kromatografi kolom menggunakan eluen kloroform: metanol (95:5), hasilnya adalah sebanyak 34 botol. Sampel-sampel yang terdapat dalam botol yang mengandung komponen sebanyak 5 botol, kemudian dianalisis dengan kromatografi lapis tipis, dan yang mengandung alkaloid dengan harga Rf yang hampir sama sebanyak 3 botol datanya disajikan dalam Tabel 3.

Sampel dalam botol-botol dari ekstrak yang memiliki harga Rf dan penampakan hasil tes warna yang hampir sama tersebut kemudian dijadikan satu dan dianalisis dengan GC, ternyata ekstrak N18,19 dan 20 terdapat 12 puncak. Kromatogram ekstrak dan waktu retensi ditampilkan masing-masing pada Gambar 2 dan Tabel 4.

Berdasarkan analisis GC dalam ekstrak N18,19,20 terdapat 12 puncak yang menunjukkan adanya 12 senyawa di dalamnya. Puncak nomor 1 dengan waktu retensi 3,885 menit dan kelimpahan 30,29% merupakan puncak dari pelarut, jadi sesungguhnya di dalam ekstrak N terdapat 11 senyawa.

Kemudian dilakukan pemisahan lagi dengan kromatografi kolom, hasilnya berupa fraksi sebanyak 10 botol, dan yang mengandung komponen sebanyak 3 botol. Sampel-sampel yang terdapat dalam botol yang mengandung komponen kemudian dianalisis dengan kromatografi lapis tipis dan datanya disajikan dalam Tabel 5.



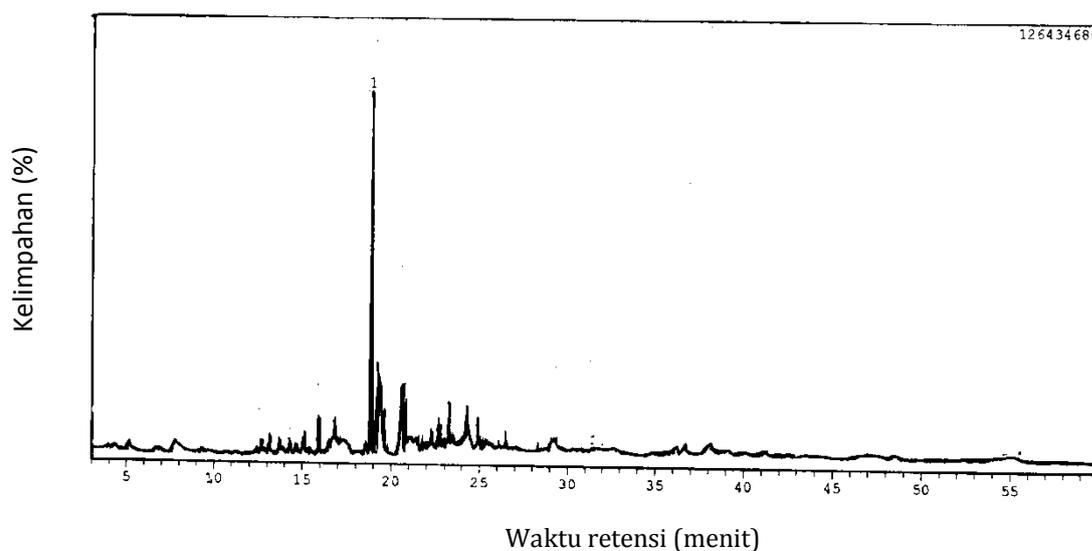
**Gambar 2.** Kromatogram ekstrak N18,19,20

**Tabel 4.** Waktu retensi ekstrak N18,19,20

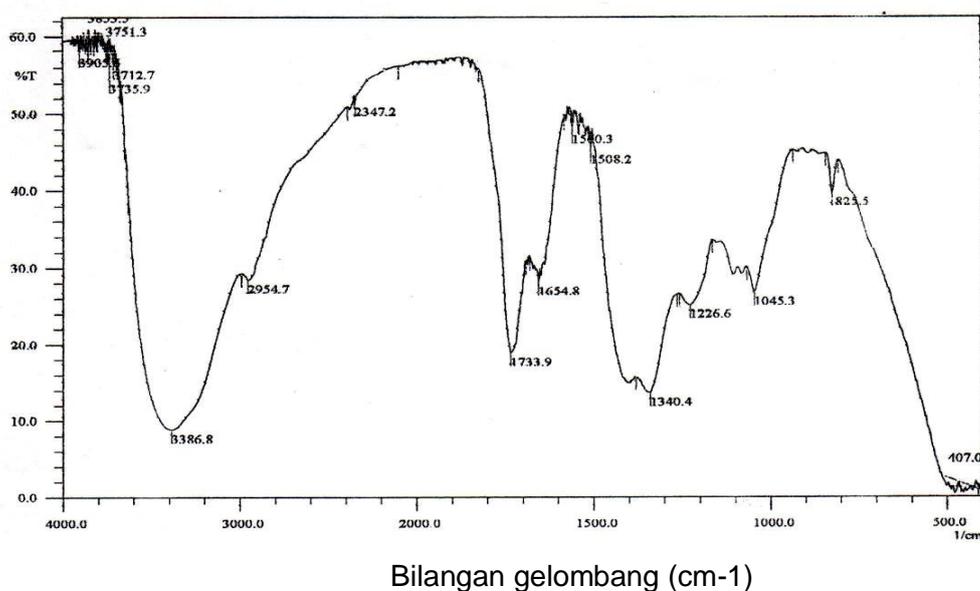
No. Puncak	Waktu retensi (menit)	Kelimpahan (%)	No. Puncak	Waktu retensi (menit)	Kelimpahan (%)
1	3,885	30,29	7	18,227	27,32
2	4,883	17,90	8	19,372	5,88
3	5,037	0,07	9	19,544	4,77
4	5,225	0,15	10	20,095	2,32
5	5,821	7,12	11	20,235	0,24
6	17,384	2,36	12	21,542	0,09

**Tabel 5** Hasil kromatografi lapis tipis III

No	Botol	Jumlah spot	Rf (x100)	Dragendorff		$\lambda$ UV	
				130	132	254 nm	366 nm
1	N18.5	1	Spot 1: 85,50	-	-	Hitam	Biru
2	N18.6	1	Spot 1: 90,00	-	-	Hitam	Biru
3	N18.7	1	Spot 1: 78,20	-	+	Hitam	Biru
4	N18.7	1	Spot 1: 90,00	-	-	Hitam	Biru



**Gambar 3.** Kromatogram ekstrak N18.7



**Gambar 4.** Spektra IR ekstrak N18.7

Botol yang positif terhadap reagen *Dragendorff* dianggap mengandung alkaloid diidentifikasi dan dianalisis dengan menggunakan spektrometer UV, IR, dan kromatografi gas. Ternyata pada ekstrak tersebut terdapat 1 puncak dominan yang kemudian dianalisis dengan spektrometer  $^1\text{HNMR}$ . Kromatogram, spektra IR, UV, dan  $^1\text{HNMR}$  dari ekstrak tersebut ditampilkan masing-masing pada Gambar 3, 4, 5, dan 6.

Kromatogram ekstrak N18.7 menunjukkan adanya satu puncak dominan dengan waktu retensi 18,900 menit dan kemurnian 84,23%, sehingga dapat dianalisis lebih lanjut dengan spektrometer IR, UV dan  $^1\text{HNMR}$  untuk menentukan strukturnya.

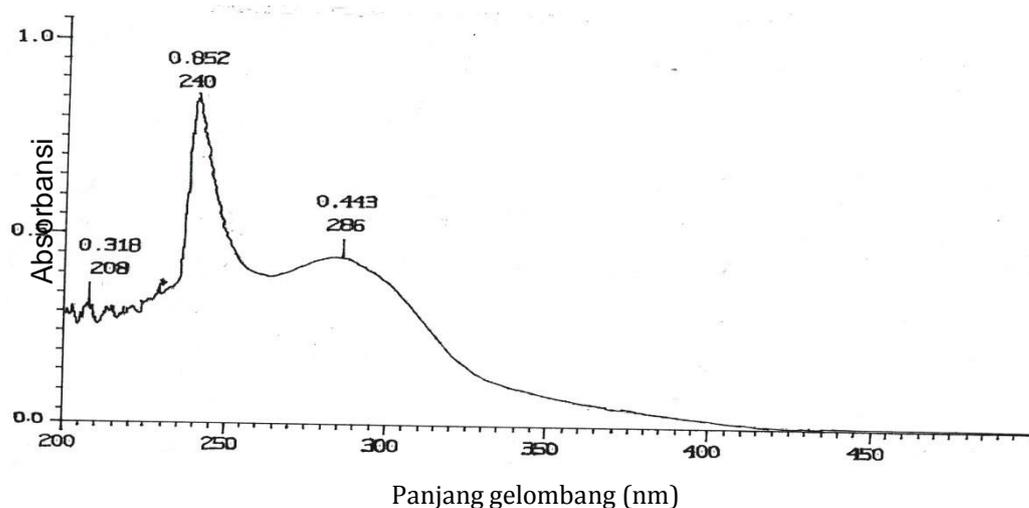
Analisis spektrometer IR digunakan untuk menentukan jenis gugus fungsional yang terdapat dalam senyawa. Spektra IR ekstrak N18.7 ditampilkan dalam Gambar 4. Pada Gambar 4, spektra IR menunjukkan adanya serapan pada  $2954,7\text{ cm}^{-1}$  yang berasal dari rentangan  $-\text{CH}$  dan  $2347,2\text{ cm}^{-1}$  untuk serapan  $-\text{CH}_2$ , serta serapan pada  $1340,4\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus

$-\text{CH}_3$ . Serapan pada  $1716,0\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-O- eter. Keberadaan gugus piridin ditunjukkan pada serapan  $1654,3\text{ cm}^{-1}$  yang diperkuat oleh serapan pada  $1226,6\text{ cm}^{-1}$  yaitu serapan untuk amina heterosiklis dan  $3386,8\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{N-H}$ . Serapan pada  $1560,3\text{ cm}^{-1}$  dan  $1508,2\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus aromatis.

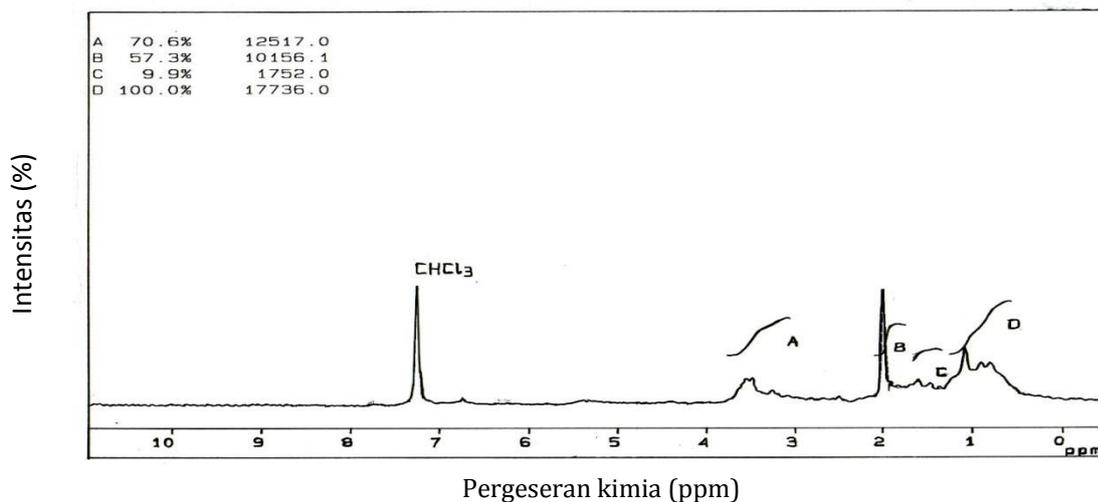
Analisis dengan spektrometer UV digunakan untuk menentukan jenis inti yang terdapat dalam senyawa alkaloid. Spektra UV ekstrak N18.7 ditampilkan dalam Gambar 5.

Dari spektra UV Gambar 6 diperoleh dua puncak dominan yaitu serapan pada  $\lambda_{\text{maks}}^{\text{(MeOH)}}$  208 nm, 240 nm dan 286 nm. Serapan tersebut menunjukkan adanya alkaloid yang memiliki inti dihidro-piridin (Eicher & Hauptmann, 1995)

Analisis dengan spektrometer  $^1\text{HNMR}$  dilakukan untuk mengetahui lingkungan kimia dari proton yang terdapat dalam molekul senyawa, menggunakan pelarut  $\text{CDCl}_3$  dan  $\text{CHCl}_3$  sebagai larutan standar. Spektra  $^1\text{HNMR}$  ekstrak N18.7 ditampilkan dalam Gambar 7.



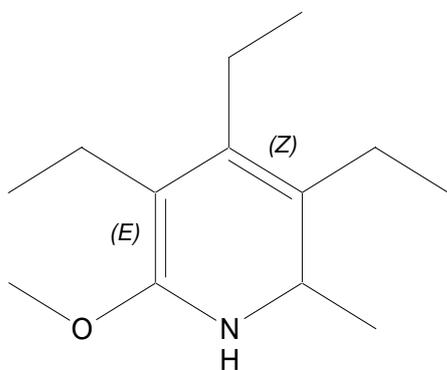
**Gambar 6.** Spektra UV ekstrak N18.7



**Gambar 7.** Spektra  $^1\text{H}$ NMR ekstrak N18.7

**Tabel 6.** Hasil analisis spektroskopi  $^1\text{H}$ NMR ekstrak N18.7

Puncak	Geseran kimia (ppm) percobaan	Geseran kimia ( $\delta$ ) referensi	Kenampakan	Jumlah proton	Jenis proton (H)
A	3,33-3,70	3,48-3,50	Multiplet	3 ; 1	$-\text{OCH}_3$ ; $\text{CH}-\text{CH}_3$
B	1,88-2,01	2,00	Multiplet	2 ; 1	$-\text{CH}_2$ ; $-\text{NH}$
C	1,21-1,68	1,20	Multiplet	3	$\text{CH}-\text{CH}_3$
D	0,75-1,09	1,06	Multiplet	3	$\text{CH}_2-\text{CH}_3$



**Gambar 8.** Struktur 3,4,5-triethyl-6-metoksi-2-metil-1,2-dihidro-piridin

Penggunaan  $\text{CHCl}_3$  sebagai larutan standar menggantikan TMS dilakukan karena pada saat penelitian ini dilakukan larutan standar TMS tidak tersedia di laboratorium (persediaan habis). Pergeseran kimia pada 7,24 ppm merupakan pergeseran kimia larutan standar  $\text{CHCl}_3$ . Hasil analisis ini kemudian dibandingkan dengan senyawa referensi hasil estimasi pergeseran kimia  $^1\text{H}$ NMR dengan komputer menggunakan program CS *ChemDraw Ultra*. Hasil analisis ditampilkan dalam Tabel 6.

Berdasarkan analisis spektroskopi  $^1\text{H}$ NMR ekstrak N18.7, maka diperkirakan senyawa alkaloid yang terdapat dalam ekstrak metanol - asam nitrat adalah 5-etil-6-metoksimetil-2-metil-1,2-dihidro-piridin ( $\text{C}_{13}\text{H}_{23}\text{NO}$ ) dengan struktur seperti dalam Gambar 8.

### Penutup

Berdasarkan hasil penelitian seperti yang telah diuraikan maka dapat diambil kesimpulan

bahwa isolasi senyawa alkaloid dari biji mahoni dapat dilakukan dengan menggunakan metanol - larutan asam nitrat. Senyawa alkaloid dari biji mahoni ekstrak metanol - larutan asam nitrat yang diperoleh diperkirakan adalah 3,4,5-trietil-6-metoksi-2-metil-1,2-dihidro-piridin.

#### Daftar Pustaka

- Astuti P, Alam G, Hartati, Mae S, Sari D & Wahyuono S. 2005. Uji Sitotoksik Senyawa Alkaloid dari Spons *Petrosia sp* : Potensial Pengembangan sebagai Antikanker. *Majalah Farmasi Indonesia* 16: 58-62
- Dalimartha S. 2001. *Ramuan Tradisional untuk Pengobatan Diabetes Mellitus* (cetakan ke-6). Jakarta: Penebar Swadaya
- Eicher T & Hauptmann S. 1995. *The Chemistry of Heterocycles: Structure, Reactions, Synthesis, and Applications*. New York : Georg Thieme Verlag
- Lemes MR, Gribel R, Proctor J & Grattapaglia D. 2003. Population genetic structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King, *Meliaceae*) across the Brazilian Amazon, based on variation at microsatellite loci: implications for conservation. *Mol Ecol* 12: 2875-2883
- Li D, Chen J, Chen Q, Li G, Chen J, Yue J, hen Min-li, Wang X, Shen J, Shen X & Jiang H. 2005. *Swietenia* mahogany extract shows agonistic activity to ppar $\alpha$  and give ameliorative effects on diabetic Db/Db mice. *Acta Pharmacol Sin* 26: 220-222
- Maiti A, Dewanjee S & Mandal SC. 2007. In vivo evaluation of antidiarrhoeal activity of the seed of *Swietenia macrophylla* King (*Meliaceae*). *Tropical J Pharm Res* 6: 711-716
- Marianti A. 2003. Aktivitas hipoglikemik ekstrak herba tapak dara bunga putih pada tikus putih normal dan diabetik karena aloksan. *J MIPA Unnes* 26: 79-90
- Marianti A. 2005. Kadar glukosa dan trigliserida serum darah tikus diabetik induksi streptozototin yang diperlakukan dengan ekstrak daun sambung nyawa. *J MIPA Unnes* 28: 24-31
- Marsono Y, Noor Z, Rahmawati F. 2003. Pengaruh diet kacang merah terhadap kadar gula darah tikus diabetik induksi aloksan. *J Teknologi dan Industri Pangan* 14: 1-6
- Matsuura H. 2001. *Saponin in garlic as modifiers of the risk of cardiovascular disease*. *J Nutr* 131: 1000-1005
- Mursiti S. 2004. *Identifikasi Senyawa alkaloid dalam biji mahoni bebas minyak (Swietenia macrophylla King) dan efek biji mahoni terhadap penurunan kadar glukosa darah tikus putih (Rattus Novergicus)*. Tesis. UGM. Yogyakarta.
- Ray LL. 1960. Alkaloid the World's Pain Killers. *J Chem Educ* 37: 451
- Sangster AW. 1960. Determination of alkaloid structures. *J Chem Educ* 69: 2250-2250
- Sayekti S, Muhtadi A & Supriyatna. 2008. Aktivitas hipoglikemik daun salam dan herba bulu lutung. *Cermin Dunia Kedokteran*. 30: 28-31
- Soetarno S, Sukandar, Yulinah E, Sukrasno, & Yuwono A. 2005. Aktivitas hipoglisemik ekstrak herba sambiloto (*Andrographis paniculata*, Nees, *Acanthaceae*). *JMS* 4: 62-69
- Sujono, Azizah T, Wahyuni AS. 2005. Pengaruh decocta daun lidah buaya (*Aloe vera*, L) terhadap kadar glukosa darah kelinci yang dibebani glukosa. *J Penelitian Sains & Teknologi* 6: 26-34
- Sukadana IM, Santi SR, Juliarti NK. 2008. Aktivitas antibakteri senyawa golongan triterpenoid dari biji pepaya (*Carica papaya*, L.). *J Kimia* 2: 15-18
- Sunarsih ES, Djatmika & Utomo RS. 2007. Pengaruh pemberian infusa umbi gadung (*Dioscorea hispida*, Dennst) terhadap penurunan kadar glukosa darah tikus putih jantan diabetes yang diinduksi aloksan. *Majalah Farmasi Indonesia* 18: 29-33
- Tan BKH, Fu P, Chow PW & Hsu A. 1996. Effect of *A. bilimbi* on blood sugar and food intake in streptozotocin-induced diabetic rats. *Phytomed* 3: 271
- Yulinah E, Sukrasno & Fitri MA. 2001. Aktivitas antidiabetika ekstrak etanol herba sambiloto (*Andrographis paniculata*, Nees, *Acanthaceae*). *JMS* 6: 13-20