

## SINTESIS SENYAWA TURUNAN ANTRAKUINON MENGGUNAKAN VANILIL ALKOHOL DAN FTALAT ANHIDRIDA

Sulistiana Ulfah<sup>1\*</sup>, Andi Hairil Alimuddin<sup>1</sup>, Muhamad Agus Wibowo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

\*e-mail: sulistiana.ulfah7431@gmail.com

### ABSTRAK

Sintesis senyawa turunan antrakuinon telah dilakukan menggunakan ftalat anhidrida dan vanilil alkohol melalui reaksi asilasi Friedel-Craft dengan penambahan katalis  $BF_3$ . Reaksi dilakukan dengan cara refluks pada temperatur  $95^\circ C$  dan pengadukan secara kontinu selama 4 jam. Selama pengadukan berlangsung, produk dianalisis menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT) setiap jam. Produk yang dihasilkan diekstraksi dengan etil asetat, dan dimurnikan dengan metode kromatografi kolom gravitasi (KKG) dan kromatografi lapis tipis preparatif (KLTP). Isolat diidentifikasi secara fitokimia menggunakan reagen semprot KOH 10%. Hasil penelitian menunjukkan isolat yang diperoleh berupa serbuk berwarna kuning dengan massa 0,6 mg (rendemen 0,211%). Uji fitokimia menggunakan plat KLT dengan reagen semprot KOH 10% menunjukkan warna jingga keunguan yang diindikasikan sebagai senyawa turunan antrakuinon.

**Kata Kunci:** Antrakuinon,  $BF_3$ , ftalat anhidrida, sintesis, vanilil alkohol

### PENDAHULUAN

Senyawa antrakuinon merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang termasuk golongan kuinon fenolik yang dalam biosintesisnya berasal dari turunan fenol (Ariningsih, dkk., 2003). Senyawa antrakuinon merupakan senyawa kristal bertitik leleh tinggi, dapat larut dalam pelarut organik dan basa dengan membentuk warna violet merah (Robinson, 1991; Herbert, 1989). Menurut Setyawaty, dkk. (2014) senyawa antrakuinon dan turunannya juga sering ditemukan berwarna kuning sampai jingga. Senyawa antrakuinon memiliki beberapa fungsi dalam bidang kesehatan yaitu sebagai antijamur, antimalaria, antibakteri, antikanker dan antioksidan (Rath *et al.*, 1995; Koumoglo *et al.*, 1991; Akhtar *et al.*, 2013; Madje *et al.*, 2010).

Senyawa antrakuinon dapat dihasilkan dengan cara isolasi dari bahan alam maupun sintesis. Menurut Kristanti, dkk. (2006) isolasi dari kulit batang tumbuhan *Cassia multijuga* (*Leguminosae*) terhadap fraksi etil asetat menghasilkan senyawa antrakuinon jenis emodin dan *biphyscion*. Isolasi dari kayu akar tumbuhan mengkudu (*Morinda citrifolia*) menghasilkan 2,4-dihidroksi-3- metilenmetoksiantrakuinon atau lusedin- $\omega$ -metil eter (Rudiyansyah *et al.*, 2012). Senyawa antrakuinon jenis aloin dan trakuinon dihasilkan dari isolasi daun mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) (Setyawaty, dkk., 2014).

Senyawa antrakuinon dapat dihasilkan dari sintesis melalui reaksi asilasi Friedel-Crafts dan reaksi Diels-Alder dengan penambahan katalis. Pada reaksi Diels-Alder, senyawa antrakuinon dihasilkan dari reaksi antara 1,4-naftakuinon dan 1,3-dien yang diikuti dehidrogenasi. Sintesis senyawa antrakuinon melalui reaksi asilasi Friedel-Crafts dengan mereaksikan ftalat anhidrida dan benzena tersubstitusi menggunakan katalis-katalis asam lewis seperti  $AlCl_3$ ,  $BF_3$ ,  $FeCl_3$ ,  $Sc(OTf)_3$  dan  $TiCl_4$ , (Dhananjayan *et al.*, 2005; Bensari and Zaveri, 2003). Hossein and Roozbeh, (2008) mereaksikan ftalat anhidrida dan toluena menggunakan katalis  $AlCl_3/H_2SO_4$  menghasilkan 2-metilantrakuinon. Dhananjayan *et al.* (2005) mereaksikan 3-metilkatekol dan ftalat anhidrida menggunakan katalis  $AlCl_3/NaCl$  menghasilkan dua senyawa turunan antrakuinon yaitu 1,2-dihidroksi-3-metilantrakuinon dan 1-metil-2,3-dihidroksiantrakuinon. Ketika ftalat anhidrida diganti dengan 3-hidroksiftalat anhidrida menghasilkan dua senyawa turunan antrakuinon yaitu 1,2,8-trihidroksi-3-metilantrakuinon dan 1-metil-2,3,8-trihidroksiantrakuinon. Lantriyadi, dkk. (2017) mereaksikan eugenol dan ftalat anhidrida menggunakan katalis  $AlCl_3$ /air

menghasilkan senyawa yang menghasilkan noda tunggal berwarna kuning ketika disemprot KOH 10% dan diprediksikan sebagai senyawa turunan antrakuinon. Hartati (2017) mereaksikan vanilin dan ftalat anhidrida dengan katalis  $\text{AlCl}_3/\text{tween 80}$  dan air menghasilkan senyawa yang diprediksikan sebagai 1-hidroksi-2-metoksi-4-formil-antrakuinon.

Sintesis senyawa antrakuinon pada penelitian ini dilakukan menggunakan vanilil alkohol dan ftalat anhidrida melalui reaksi asilasi Friedel-Crafts dengan katalis  $\text{BF}_3$ . Penelitian dilakukan dengan tahapan refluks, ekstraksi, Kromatografi Lapis Tipis (KLT), pemurnian menggunakan Kromatografi Kolom Grafitasi (KKG) dan Kromatografi Lapis Tipis Preparatif (KLTP).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah bulb, *rotary evaporator* (Heidolph WB 2000), neraca analitik, kolom kromatografi diameter 0,5 cm, plat KLT silika gel 60  $\text{F}_{254}$  (E-Merck), silika gel 60 (0,2-0,5 mm E-Merck), seperangkat alat gelas, seperangkat alat KLT, seperangkat alat refluks, spektrofotometer FTIR Thermo Scientific Nicolet iS 10 dan termometer  $200^\circ\text{C}$ .

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: akuades ( $\text{H}_2\text{O}$ ), borotriflorida ( $\text{BF}_3$ ) (Merck), asam klorida (HCl) 10% (Merck), diklorometana ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) redestilasi, etil asetat ( $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ ) redestilasi, ftalat anhidrida ( $\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3$ ) (Merck), kalium hidroksida (KOH) 10% (Merck), metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) redestilasi, natrium borohidrida ( $\text{NaBH}_4$ ) (Merck), natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) (Merck), *n*-heksana ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) redestilasi, vanilin ( $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$ ) (Indesso Aroma), dan vanilil alkohol ( $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_3$ ).

### Prosedur Kerja

#### Reduksi vanilin menjadi vanilil alkohol

Vanillin 0,98 g (6,4 mmol) dan 50 mL metanol dimasukkan ke dalam labu alas bulat. Kemudian natrium borohidrida ( $\text{NaBH}_4$ ) 0,31 g (8,3 mmol) ditambahkan sambil diaduk selama satu malam. Setelah itu, campuran dievaporasi dan residu yang dihasilkan diencerkan dengan 25 mL akuades. Larutan produk dinetralkan dengan larutan HCl 10%. Kemudian diekstraksi dengan 3x15 mL diklorometana. Lapisan organik (diklorometana) dikumpulkan dan dikeringkan menggunakan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat. Selanjutnya ekstrak diklorometana dievaporasi dan vanilil alkohol yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan KLT dan dikarakterisasi menggunakan spektrometri FTIR (Alimuddin, dkk., 2013 dengan modifikasi).

#### Sintesis senyawa turunan antrakuinon

Ftalat anhidrida (1 mmol, 1,484 gram),  $\text{BF}_3$  (3,98 mmol, 0,5 mL) dan vanilil alkohol (1 mmol, 1,542 gram) dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Kemudian direfluks dan diaduk dengan pengaduk magnet pada temperatur  $95^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Proses reaksi dipantau dengan KLT. Setelah reaksi berlangsung yang ditandai dengan perubahan warna dari ungu pekat menjadi coklat pekat, campuran dididamkan dan ditambahkan 25 mL akuades untuk menghentikan reaksi. Selanjutnya campuran diekstraksi dengan 3x15 mL etil asetat. Lapisan etil asetat diambil dan ditambahkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat. Ekstrak etil asetat dievaporasi. Produk dianalisis menggunakan KLT, eluen campuran etil asetat dan *n*-heksana (1:1) dan disemprot dengan penampak noda KOH 0% (w/v) (Hosseini dan Roozbeh, 2008 dengan modifikasi).

### Pemurnian Produk Sintesis

#### Pemurnian dengan metode Kromatografi Kolom Grafitasi (KKG)

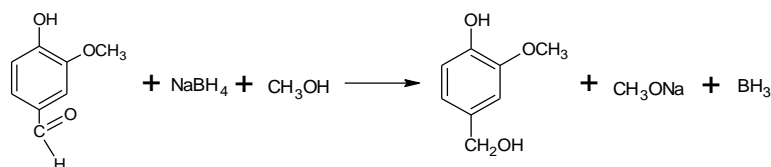
Produk sintesis yang diperoleh kemudian dimurnikan dengan metode kromatografi kolom grafitasi (KKG). Eluen yang digunakan *n*-heksana, diklorometana, campuran *n*-heksana dan diklorometana dengan perbandingan bergradasi dan dicuci dengan metanol. Setiap eluat yang keluar ditampung dalam botol kaca dengan volume 10 mL. Fraksi dikeringanginkan, dan dilakukan KLT pada tiap-tiap fraksi dengan eluen diklorometana 100%. Noda yang terbentuk diamati di bawah sinar lampu UV pada  $\lambda = 254 \text{ nm}$  dan disemprot dengan penampak noda KOH 10%. Fraksi yang teridentifikasi mengandung senyawa turunan antrakuinon digabungkan, dan dilanjutkan dengan pemurnian menggunakan metode kromatografi lapis tipis preparatif (KLTP).

**Pemurnian dengan metode Kromatografi Lapis Tipis Preparatif (KLTP)**

Fraksi gabungan yang teridentifikasi mengandung senyawa turunan antrakuinon, dimurnikan dengan metode KLTP. Sampel ditotolkan pada plat yang telah diberi garis pada salah satu sisi. Plat dielusi dengan eluen diklorometana 100%. Setelah dielusi, plat diamati di bawah sinar lampu UV pada  $\lambda = 254$  nm dan pita yang terbentuk pada silika diberi tanda garis. Kemudian silika dikeruk dan direndam dengan metanol. Larutan didiamkan hingga terbentuk endapan silika, kemudian filtrat dipisahkan dengan cara dekantasi dan dikeringanginkan. Isolat dianalisis kemurniannya menggunakan KLT dengan eluen diklorometana 100% dan disemprot menggunakan penampak noda KOH 10%.

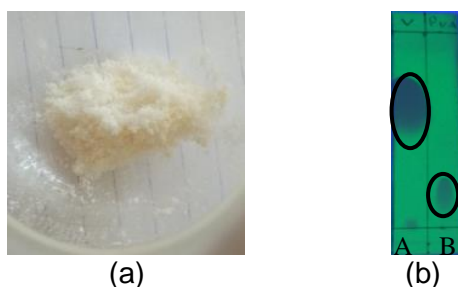
**HASIL DAN PEMBAHASAN****Reduksi vanilin menjadi vanilil alkohol**

Reduksi vanilin menjadi vanilil alkohol menggunakan  $\text{NaBH}_4$  sebagai reduktor dengan pelarut metanol. Reduksi vanilin bertujuan untuk mengubah gugus aldehida dari senyawa vanilin menjadi gugus alkohol. Menurut Fessenden dan Fessenden (1997)  $\text{NaBH}_4$  dapat mereduksi bagian-bagian molekul secara selektif, karena  $\text{NaBH}_4$  tidak mereduksi asam karboksilat maupun suatu alkena, namun  $\text{NaBH}_4$  mereduksi gugus aldehida maupun keton. Reaksi reduksi vanilin menjadi vanilil alkohol ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi reduksi vanilin menjadi vanilil alkohol

Jalannya reaksi dipantau dengan analisis Kromatografi Lapis Tipis (KLT) untuk mengetahui terbentuknya produk yang diharapkan dan melihat vanilin yang masih tersisa. Setelah terbentuk noda tunggal, reaksi dihentikan, produk diekstraksi dengan diklorometana dan dievaporasi. Massa isolat hasil reduksi vanilin diperoleh sebesar 0,8803 gram (rendemen 89,316%), padatan kristal berwarna putih. Menurut Budimarwanti dan Theresih (2015) hasil reduksi vanilin dengan  $\text{NaBH}_4$  menghasilkan serbuk berwarna putih dengan rendemen 41,28%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat diprediksikan bahwa isolat yang diperoleh merupakan produk vanilil alkohol. Kristal isolat hasil reduksi vanilin kemudian dianalisis dengan KLT untuk mengetahui tingkat kemurnian produk disajikan pada Gambar 2.

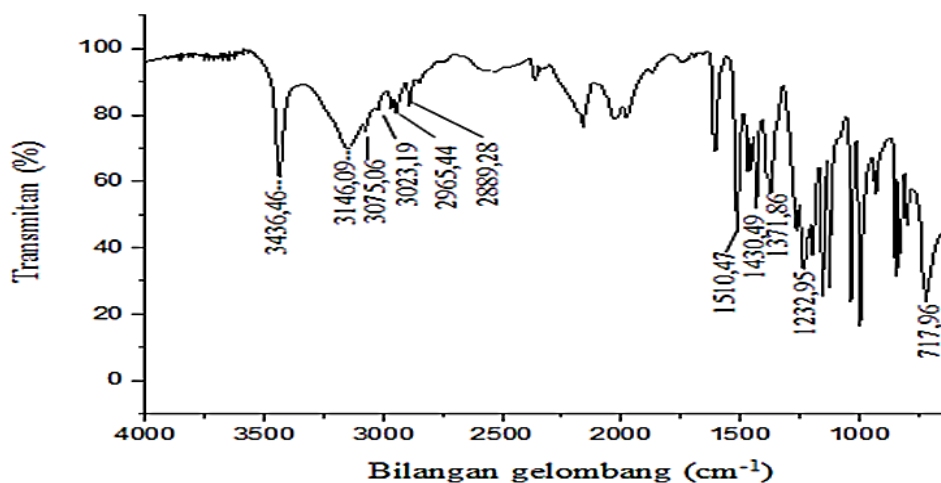


Gambar 2. Kristal isolat hasil reduksi vanilin (a); Profil kromatogram kristal isolat hasil reduksi vanilin di bawah sinar lampu UV  $\lambda = 254$  nm (Vanilin (A) dan kristal isolat hasil reduksi vanilin; eluen diklorometana 100% (B)) (b)

Profil kromatogram kristal isolat hasil reduksi vanilin pada Gambar 2 (b) menunjukkan noda tunggal dengan nilai  $R_f = 0,175$  yang cenderung lebih kecil dibanding dengan nilai  $R_f$  vanilin yaitu 0,625, sehingga dapat diprediksikan bahwa kristal yang dihasilkan telah murni. Isolat hasil reduksi vanilin selanjutnya dikarakterisasi menggunakan spektrometri *fourier transform infrared* (FTIR).

### Karakterisasi produk vanilil alkohol

Isolat hasil reduksi vanilin dikarakterisasi menggunakan spektrometri FTIR. Spektum FTIR isolat hasil reduksi vanilin pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektum FTIR isolat hasil reduksi vanilin

Hasil interpretasi dari spektrum FTIR isolat hasil reduksi vanilin kemudian dibandingkan dengan spektrum IR senyawa vanilin dan vanilil alkohol literatur yang ditunjukkan pada Tabel 1.

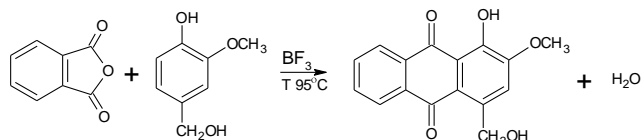
Tabel 1. Interpretasi gugus fungsi dari spektrum FTIR isolat vanilin reduksi, senyawa vanilin, dan vanilil alkohol literatur

Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )			
Vanilin (Budimarwanti dan Theresih, 2015)	Vanilil alkohol (Budimarwanti dan Theresih, 2015)	Isolat hasil reduksi vanilin	Interpretasi gugus fungsi
3178,5	3400-3100	3146,09	Ulur -OH Aromatik
-	3444,6	3436,46	-OH Bebas
Tidak diinterpretasikan	Tidak diinterpretasikan	3075,06 dan 3023,19	=C-H Aromatik
3000-2800	3000-2800	2965,44-2889,28	-CH alkana
2862,2	-	-	Ulur C-H Aldehida
1666,4	-	-	Ulur C=O Karbonil
1589,2	1608,5	1510,47	Ulur C=C Aromatik
-	1433,0	1430,49	Tekuk -CH <sub>2</sub> -
1373,2	1373,2	1371,86	Tekuk -CH <sub>3</sub>
1265,2	1238,2	1232,95	Ulur C-O
732,9	721,3	717,69	Tekuk C-H Aromatik luar bidang

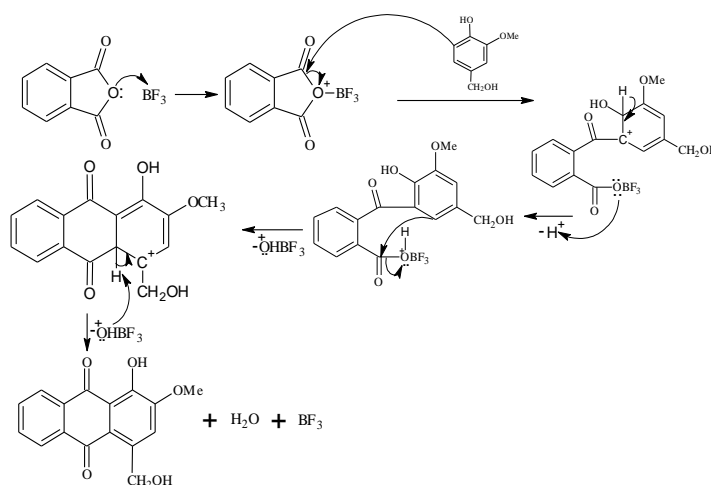
Tabel 1 menunjukkan adanya kemiripan bilangan gelombang pada isolat hasil reduksi vanilin dengan bilangan gelombang senyawa vanilil alkohol literatur, sehingga dapat diprediksikan bahwa isolat hasil reduksi vanilin adalah senyawa vanilil alkohol. Hal ini diperkuat dengan munculnya puncak serapan pada bilangan gelombang 3436,46  $\text{cm}^{-1}$  (-OH bebas) pada spektrum FTIR isolat hasil reduksi vanilin yang didukung dengan munculnya puncak serapan pada 1430,49  $\text{cm}^{-1}$  (-CH<sub>2</sub>-) yang tidak muncul pada spektrum IR vanilin literatur. Berlangsungnya proses reduksi vanilin juga ditandai dengan tidak munculnya puncak serapan pada 1690-1740  $\text{cm}^{-1}$  (-C=O karbonil aldehida) pada spektrum FTIR isolat hasil reduksi vanilin. Hal ini membuktikan bahwa reduksi vanilin telah terjadi dan membentuk vanilil alkohol.

### Sintesis Senyawa Turunan Antrakuinon

Sintesis senyawa turunan antrakuinon dilakukan dengan mereaksikan terlebih dahulu ftalat anhidrida dengan  $\text{BF}_3$  di dalam labu leher tiga. Campuran direfluks sambil diaduk secara kontinu menggunakan pengaduk magnet hingga tercampur rata. Kemudian vanilil alkohol ditambahkan sambil terus diaduk. Refluks dilakukan dengan temperatur  $95^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Jalannya reaksi dipantau menggunakan KLT. Reaksi sintesis senyawa turunan antrakuinon dan usulan mekanisme reaksi ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.

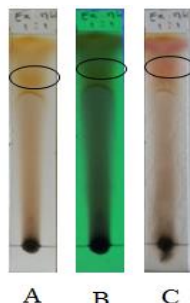


Gambar 4. Reaksi pembentukan senyawa turunan antrakuinon



Gambar 5. Usulan mekanisme reaksi pembentukan senyawa turunan antrakuinon

Selanjutnya reaksi campuran dihentikan, dan diekstraksi partisi menggunakan pelarut etil asetat untuk memisahkan produk dari pengotornya. Ekstrak etil asetat kemudian dipekatkan dengan rotari evaporator untuk menguapkan pelarut etil asetatnya. Massa ekstrak etil asetat yang diperoleh yaitu 0,1334 gram. Ekstrak etil asetat kemudian dianalisis menggunakan KLT dan disemprot dengan reagen KOH 10% untuk memberikan warna spesifik pada senyawa antrakuinon. Profil kromatogram produk sintesis ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Profil kromatogram ekstrak etil asetat: Hasil elusi dengan eluen campuran etil asetat dan *n*-heksana (1:1) (A); Kromatogram yang diamati di bawah sinar lampu UV  $\lambda=254$  nm (B); Setelah disemprot dengan reagen KOH 10% (C)

Profil kromatogram Gambar 6 B, menunjukkan produk sintesis dengan warna kuning namun belum murni yang ditandai dengan adanya noda-noda komponen lain. Setelah disemprot reagen KOH 10% (Gambar 6 C), noda tersebut berubah warna menjadi jingga keunguan yang

diprediksikan adalah noda senyawa antrakuinon. Menurut Wali, dkk. (2014) senyawa antrakuinon biasanya berwarna merah, tetapi ada yang berwarna kuning sampai coklat. Senyawa antrakuinon akan menghasilkan warna violet merah dalam pelarut basa. Produk sintesis dilanjutkan pada tahapan pemurnian dengan metode Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG).

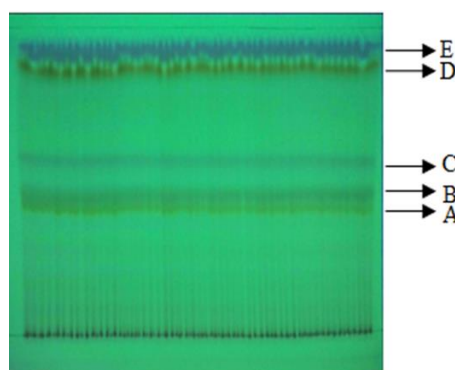
### Pemurnian produk sintesis

#### *Pemurnian dengan metode Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG)*

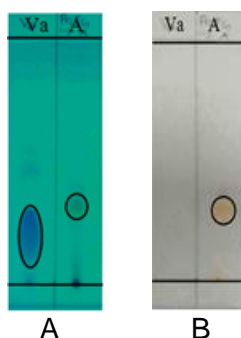
Pemisahan dengan metode KKG merupakan teknik pemisahan berdasarkan gaya gravitasi, eluat yang keluar berdasarkan kepolaran eluen yang digunakan. Fraksi yang diperoleh sebanyak 105 fraksi yang kemudian dianalisis menggunakan KLT. Fraksi dengan noda yang mirip digabungkan dan diperoleh 3 fraksi gabungan. Masing-masing fraksi gabungan kemudian di KLT dan menunjukkan noda yang dihasilkan fraksi gabungan  $FG_1$  dan  $FG_2$  relatif sama, sehingga  $FG_1$  dan  $FG_2$  digabungkan dan disebut fraksi  $FG_{1-2}$  dengan massa 0,005 gram. Kemudian fraksi  $FG_{1-2}$  dimurnikan dengan metode KLT Preparatif.

#### *Pemurnian dengan metode Kromatografi Lapis Tipis Preparatif (KLTP)*

Pemurnian dengan metode KLTP didasarkan pada adsorpsi dan partisi seperti halnya metode KLT. Perbedaannya pada tujuan dari metode KLTP lebih digunakan untuk pemurnian. Karena pita kromatogram yang dihasilkan dari KLTP dapat dipisahkan dengan cara dikeruk. Sampel fraksi  $FG_{1-2}$  dilarutkan dengan pelarut diklorometana, kemudian larutan ditotolkan disepanjang plat yang sebelumnya telah diberi garis 1cm pada salah satu sisi plat. Selanjutnya plat dielusi dengan diklorometana 100%. Profil kromatogram diamati di bawah sinar lampu UV  $\lambda=254$  nm, profil kromatogram ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Profil kromatogram KLTP fraksi gabungan  $FG_{1-2}$  tampak di bawah sinar lampu UV  $\lambda=254$  nm; eluen diklorometana 100%; A. Pita 1  $R_f= 0,41$  ; B. Pita 2  $R_f= 0,43$ ; C. Pita 3  $R_f= 0,56$ ; D. Pita 4  $R_f= 0,85$ ; E. Pita 5  $R_f= 0,92$



Gambar 8. Profil kromatogram Isolat hasil KLTP pita 1; eluen diklorometana 100%; kromatogram tampak di bawah sinar lampu UV  $\lambda= 254$  nm (A) dan kromatogram setelah disemprot reagen KOH 10% (B)

Tabel 3. Massa isolat hasil KLT Preparatif

Isolat KLTP	Massa (mg)
A	0,6
B	0,9
C	0,5
D	0,8
E	2,4

Berdasarkan profil kromatogram KLTP Gambar 7 diperoleh lima pita. Kelima pita yang dihasilkan dikeruk dan diarturkan dalam pelarut metanol untuk memisahkan senyawa dari silika. Filtrat dipisahkan dengan cara dekantasi. Selanjutnya filtrat dianalisis dengan KLT menggunakan eluen diklorometana 100%. Profil kromatogram diamati dengan sinar lampu UV  $\lambda=254$  nm dan diberi penampak noda reagen KOH10%. Kelima isolat memiliki noda tunggal. Setelah disemprot dengan KOH 10%, isolat pita 1 menghasilkan perubahan warna warna jingga keunguan yang diprediksikan sebagai senyawa turunan antrakuinon. Menurut Hossein dan Roozbeh (2008), hasil positif yang menunjukkan keberadaan senyawa turunan antrakuinon adalah timbulnya warna kuning, jingga dan merah. Menurut Wali, dkk. (2014) senyawa antrakuinon akan menghasilkan perubahan warna violet merah dalam pelarut basa. Profil kromatogram isolat pita 1, ditunjukkan pada Gambar 8.

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan bahwa isolat pita 1 menunjukkan noda tunggal berwarna jingga keunguan yang diprediksikan sebagai senyawa turunan antrakuinon. Isolat pita 1 yang diperoleh berupa serbuk berwarna kuning. Adapun massa dari masing-masing isolat ditunjukkan pada Tabel 3.

## SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa senyawa turunan antrakuinon dapat disintesis menggunakan vanilil alkohol dan ftalat anhidrida melalui reaksi asilasi Friedel-Crafts dengan penambahan  $\text{BF}_3$  sebagai katalis menggunakan metode refluks dan pengadukan secara kontinu pada temperatur  $95^\circ\text{C}$  selama 4 jam, dengan uji fitokimia menggunakan reagen KOH 10% menunjukkan noda tunggal berwarna jingga keunguan yang diprediksikan sebagai senyawa turunan antrakuinon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, M. N.; Seema, Z.; Swee, K. Y.; Wan Y. H.; Kong, M. L.; Hasan, A. and Noorjahan, B. A., 2013, Total Synthesis, Cytotoxic Effects of Damnacanthal, Nordamnacanthal and Related Anthraquinone Analogues, *Molecules*, 18: 10042-10055.
- Alimuddin, A. H.; Matsjeh, S.; Anwar, C. dan Mustofa, 2013, Pemanfaatan Minyak Daun Cengkeh untuk Sintesis 3,4-dimetoksibenzil Sianida sebagai Bahan Dasar Sintesis Isoflavon, *J. Nat. Indo.*, 15(1): 68–74
- Ariningsih, I.; Solichatun, dan Anggarwulan, E., 2003, Pertumbuhan Kalus dan Produksi Antrakuinon Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) pada Media Murashige-Skoog (MS) dengan Penambahan Ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$ , *J. Biof.*, 1: 39-43.
- Bensari, A. and Zaveri, N. T., 2003, Titanium (IV) chloride-mediated ortho-acylation of phenols and naphthols, *J. Synthesis*, 267-271.
- Budimarwanti, C. dan Theresih, K., 2015, Sintesis *Warming Agent* Amil Vanilil Eter Dari Bahan Dasar Vanilin, *J. Sains Dasar*, 4(2): 100 – 108.
- Dhananjayan, M. R.; Milev, Y. P.; Kron, M. A. and Nair, M. G., 2005, Synthesis and Activity of Substituted Anthraquinones Against a Human Filarial Parasite, *Brugia malayi*, *J. Med. Chem.*, 48: 2822-2830.
- Fessenden, R. J. dan Fessenden, J. S., 1997, Dasar Dasar Kimia Organik, Sukmariah, W. (alih bahasa), Bumi Aksara: Jakarta.
- Hartati, W.; Alimuddin, A. H., dan Rudyansyah, 2017, Sintesis Senyawa Turunan Antrakuinon dari Vanilin dan Ftalat Anhidrida Menggunakan Katalis  $\text{AlCl}_3$ , *J. Kim. Khatulistiwa*, 6(3): 6-10.

- Herbert, R. B., 1989, *The Biosynthesis of Secondary Metabolism*, Campman and Hall, New York.
- Hossein, N. and Roozbeh, N., 2008, Facile, Efficient and One-Pot Synthesis of Anthraquinone Derivatives Catalyzed by  $AlCl_3/H_2SO_4$  Under Heterogeneous and Mild Conditions, *Chin. J. Catal.*, 29: 86-90
- Koumoglo, K.; Gbeassor, M.; Nikabu, O.; de Souza, C. and Werner, W., 1991, Effects of Three Compounds Extracted from *Morinda lucida* on *Plasmodium falciparum*. *Planta Med.* 58: 533-534.
- Kristanti, A. N.; Aminah, N. S.; Tanjung, M.; Yusamsutin,; Azizah, dan Marwati, D. S., 2006, Isolasi Senyawa Antrakuinon dari *Cassia multijuga* (Leguminosae), *J. Kim. Ind.* 1: 17-21.
- Lantriyadi; Alimuddin, A. H., dan Rudiyanasyah, 2017, Sintesis Senyawa Antrakuinon dari Eugenol dan Ftalat Anhidrida, *J. Kim. Khatulistiwa*, 6(2): 64-69.
- Madje, B. R.; Shelke, K. F.; Sapkal, S. B.; Kakade, G. K. and Shingare, M. S., 2010, An Efficient One-Pot Synthesis of Anthraquinone Derivates Catalyzed by Alum in Aqueous Media, *Green Chem. Let. and Rev.*, 3: 269-273.
- Rasyida, K; Bambang, K.; dan Nia, K., 2014, Deteksi Kemurnian Air Zamzam Menggunakan Metode Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan Kemometrik, *J. Pus. Kes.*, 2(2): 320-326.
- Rath, G.; Ndonzao, M. and Hostettmann, K., 1995, Antifungal Anthraquinones from *Morinda lucida*. *Int. J. Pharmacogol.* 33: 107-114.
- Robinson, T., 1991, *The Organic Constituen of Higher Plants*. Ed ke-6. Department of Biochemistry, University of Massachusetts.
- Rudiyanasyah,; Lang, C. L.; Gusrizal, dan Alimuddin, A. H., 2012, Senyawa Antrakuinon yang Bersifat Antioksidan dari Kayu Akar Tumbuhan Mengkudu (*Morinda citrifolia*), *Bull. Soc. Nat. Prod. Chem.*, 12: 9-13.
- Setyawaty, R.; Ismunandar, A. dan Ngaeni, N. Q., 2014, Identifikasi Senyawa Antrakuinon pada Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia* L) Menggunakan Kromatografi Lapis Tipis, *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian*, LPPM, 20 Des 2014, UMP., Purwokerto.
- Suharty, N. S., 2004, Pembuatan Senyawa 2-Hidroksi-4-(Beta-Hidroksi Etoksi)-Benzofenon, *J. Sains Kimia*, 8(2): 56-61.
- Wali, M.; Haneda, N. F. dan Maryana, N., 2014, Identifikasi Kandungan Kimia Bermanfaat pada Daun Jabon Merah dan Putih (*Anthocephalus* spp.), *J. Silvikultur Tropika*, 5:77-83.