

# Reaksi oksidasi dengan kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) pada senyawa kinin

## *The oxidation reaction of quinine by potassium permanganate ( $\text{KMnO}_4$ )*

Reny Rosalina<sup>1</sup>, Anita Alni<sup>1</sup>, Didin Mujahidin<sup>1\*</sup>, dan Joko Santoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kelompok Keahlian Kimia Organik Bahan Alam, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesa 10, Bandung 40132.

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung, Pasirjambu, Kabupaten Bandung, Kotak Pos 1013, Bandung 40010.

\*Kontak: didin@chem.itb.ac.id

Diajukan: 27 Agustus 2015; direvisi: 15 September 2015; diterima: 22 September 2015

### Abstrak

Kinin dikenal luas sebagai obat malaria dan bahan pemahit pada minuman ringan. Saat ini, kinin juga digunakan dalam bidang organo-katalisis, pemisahan enansiomer melalui pembentukan diastereomer dan kolom kromatografi kiral. Kinin memiliki berbagai gugus fungsi yang rentan mengalami transformasi melalui reaksi oksidasi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat kimia salah satu alkaloid kina yaitu kinin terhadap oksidator  $\text{KMnO}_4$ . Kondisi oksidasi dengan oksidator kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) dilakukan dalam suasana asam. Pemisahan dan pemurnian produk hasil reaksi dilakukan dengan metode kromatografi radial menggunakan eluen campuran kloroform : metanol : trietilamin (9:1:0,1). Produk murni yang telah dikarakterisasi dengan data spektroskopi inframerah, NMR, dan spektrometri massa adalah kinin-1-N-oksida dan kininal.

**Kata kunci:** kinin, oksidasi,  $\text{KMnO}_4$

### Abstract

*Quinine was known widely as malarial drug and a bitter taste in soft drink. Recently,*

*quinine have been also applied in organo-catalysis process, separation and purification of chiral compounds from enantiomeric mixture by diastereomeric salt crystallization and chiral chromatography. Quinine contains various functional groups which easily transforms by oxidations. This research was to study the oxidation reaction of quinine by using potassium permanganate ( $\text{KMnO}_4$ ) as oxidator. The  $\text{KMnO}_4$  oxidation carried out under acidic conditions. The separation and purification of products were done by radial chromatography with chloroform : metanol : tri ethyl amine (9:1:0.1) as eluent. The structure of products were characterized by spectroscopic data including: infrared spectroscopy, NMR, and mass spectrometry as quinine-1-N-oxide and quininal.*

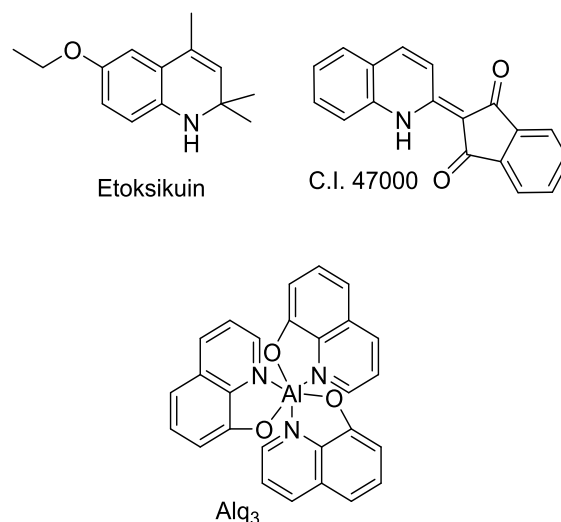
**Keywords:** quinine, oxidation,  $\text{KMnO}_4$

### PENDAHULUAN

Alkaloid kina adalah metabolit-metabolit sekunder yang terdapat melimpah pada tumbuhan kina (genus *Cinchona*) yang termasuk family *Rubiaceae*. Sejak abad ke-

16, tanaman kina telah digunakan sebagai obat tradisional untuk berbagai macam penyakit seperti malaria dan demam (Kaufman, 2005). Senyawa utama dalam kina dikenal dengan alkaloid kina terdiri atas senyawa pasangan *pseudo*-enantiomer yaitu sinkonin-sinkonidin dan kinin-kinidin (Song, 2009). Alkaloid kina menjadi salah satu komoditas utama nasional sebagai anti-malarial karena Indonesia merupakan penghasil alkaloid kina terbesar di dunia. Namun, dengan munculnya *Plasmodium* yang resisten terhadap kina, maka pemanfaatan alkaloid kina sebagai obat malaria mengalami penurunan sehingga diperlukan alternatif lain untuk pemanfaatan kina agar memiliki nilai guna yang lebih tinggi.

Alkaloid kina memiliki kerangka kuinolin yang dimanfaatkan secara luas dalam berbagai bidang farmakologi sebagai obat antimalaria, antibakteri, antiasma, antihipertensi, dan antiinflamasi (Marella, 2013). Gugus kuinolin juga berperan dalam pengembangan bidang material seperti katalis, zat warna, dan polimer (Jenekhe, 2001; Bodke, 2012; Xu, 2014). Etoksikuin dikenal sebagai antioksidan untuk pengawet makanan (E324) dan pestisida yang juga dikenal dengan nama dagang Santoquin®. Senyawa C.I.47000 adalah zat warna kuning yang juga dikenal sebagai Yellow No. 204. Sementara senyawa tris(8-hidroksikuinolinato)aluminium atau disingkat dengan nama Alq3 adalah komponen semikonduktor yang sering terdapat pada OLED (*organic light-emitting diode*). Contoh di atas merupakan senyawa dengan memiliki gugus kuinolin seperti terlihat pada struktur berikut:

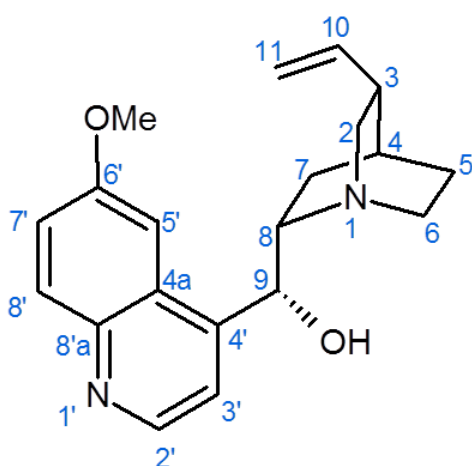


**GAMBAR 1**

Contoh senyawa kuinolin komersial.

Salah satu cara untuk mendapatkan unit kuinolin dari alkaloid kina adalah pemutusan ikatan karbon-karbon pada C8–C9 melalui pemutusan oksidatif. Beberapa metode untuk pemutusan ikatan karbon-karbon terhadap alkaloid kina telah dilaporkan, seperti pemutusan C8–C9 kinin melalui oksidasi menjadi kininon dengan oksidasi Swern menggunakan oksalil klorida (COCl)<sub>2</sub> yang kemudian dilanjutkan dengan pembentukan anion enolat oleh basa kuat kalium *tersier*-butoksida (*t*-BuOK), kemudian oksidasi ikatan rangkap pada enolat oleh O<sub>2</sub> untuk memutus C8–C9 (Leroux, 2011). Kemudian metode pemutusan kinidin dengan reaksi oksidasi menggunakan KMnO<sub>4</sub> pada suasana asam memberikan produk oksidasi berupa senyawa diol, campuran epimer aldehyd, dan produk fragmentasi C8–C9 kuinolin katboksilat (Yanuka, 1980).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat kimia alkaloid kina yaitu kinin (Gambar 2) terhadap oksidator tertentu. Oksidator yang digunakan yaitu KMnO<sub>4</sub> yang merupakan oksidator kuat dengan potensial reduksi  $E^0_{red}=1,679$ . KMnO<sub>4</sub> adalah oksidator penting yang banyak digunakan dalam berbagai reaksi organik dan anorganik karena permanganat mampu mengoksidasi berbagai macam gugus fungsi. Pengetahuan sifat oksidasi ini akan bermanfaat untuk proses mendapatkan gugus kuinolin dari alkaloid kina.



**GAMBAR 2**  
Struktur senyawa kinin dan sistem penomorannya.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Bahan Alam (KOBA) ITB. Beberapa reagen yang digunakan, yaitu kinin diperoleh dari PT Sinkona Indonesia Lestari, oksidator kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>, Merck), asam sulfat (Merck), natrium karbonat (Merck), trietil amin (TEA) (Aldrich). Terdapat dua jenis pelarut yang digunakan, yaitu pelarut p.a. (*pro-analisis*) dan teknis, pelarut p.a. digunakan langsung

sebagai pelarut pada reaksi sedangkan pelarut teknis didestilasi terlebih dahulu dan digunakan untuk pemisahan. Pelarut p.a. yang digunakan, yaitu kloroform (CHCl<sub>3</sub>), dan metanol (MeOH). Pelarut teknis yang dipakai adalah metanol (MeOH) dan metilen klorida (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Proses monitoring reaksi, pemisahan, dan pemurnian dilakukan dengan teknik kromatografi. Kromatografi lapis tipis (KLT) menggunakan pelat aluminium berlapis silika gel Merck Kieselgel 60 F<sub>254</sub> dengan ketebalan 0,25 mm untuk memonitor reaksi, kromatografi kolom gravitasi (KKG) menggunakan silika gel Merck 60 (35-70 mesh) untuk proses pemurnian, kromatografi radial (KR) menggunakan silika gel Merck Si-Gel 60 PF<sub>254</sub> untuk proses pemurnian. Reagen Dragendroff digunakan sebagai pereaksi penampak noda pada KLT.

## Eksperimen

Ke dalam kinin (6,74 g, 20 mmol, 1,00 ekuiv) yang dilarutkan dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,6 M ditambahkan KMnO<sub>4</sub> (4,00 g, 25 mmol, 1,25 ekuiv) yang juga telah dilarutkan dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,6 M melalui corong tetes. Campuran reaksi kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama 3,5 jam pada suhu ruang. Penapisan dilakukan dengan natrium tiosulfat untuk mendapatkan sisa MnO<sub>2</sub>. Endapan yang terbentuk disaring vakum, filtratnya divariasikan pH nya dari 1-12 dengan ditambahkan basa natrium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) atau asam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Masing-masing fraksi pH diekstraksi dengan metilen klorida, dievaporasi dan ditimbang masanya. Fraksi dari pH 11 dan pH 4 dipisahkan dengan menggunakan kromatografi radial dengan eluen CHCl<sub>3</sub> : MeOH : TEA 9:1:0,1.

Produk yang diperoleh dari pemisahan pada pH 4 (54 mg) yaitu senyawa kinin-1-*N*-oksida berupa gel berwarna kuning sebanyak 14 mg. FTIR (KBr)  $\nu_{maks}$  ( $cm^{-1}$ ): 3234 (OH), 2936 (C-H alifatik), 1619, 1592, 1507, 1472 (C=C aromatik).  $^1H$  NMR (500 MHz,  $CD_3OD$ ): 1,22 (*m*, 1H; H-7ex); 1,83 (*br. t*, 1H; H-5ex); 2,04 (*s*, 1H; H-4); 2,11 (*m*, 1H; H-7en); 2,23 (*br. t*, 1H; H-5en); 2,67 (*br. s*, 1H; H-3); 3,09 (*ddd*,  $J=3$ ; 6,5; 10 1H; H-2t); 3,09 (*m*, 1H; H-6ex); 3,29 (*t*,  $J=10$ , 1H; H-8); 4,53 (*m*, 1H; H-6en), 3,42 (*t*,  $J=10$ , 1H; H-2c); 3,64 (*s*, 3H; H-6'-OMe); 4,97 (*d*,  $J=15$ , 2H; H-11c); 5,51 (*ddd*,  $J=5$ ; 10; 15, 1H; H-10); 6,39 (*s*, 1H; H-9); 6,87 (*s*, 1H; H-8'); 6,94 (*d*,  $J=10$  1H; H-3'); 7,65 (*d*,  $J=5$ , 2H; H-5', H-7'); 8,63 (*d*,  $J=5$ , 1H; H-2') ppm.  $^{13}C$  NMR (125 MHz,  $CD_3OD$ ): 18,30 (C-7), 24,49 (C-5), 27,11 (C-4), 37,37 (C-3), 44,34 (C-6), 54,93 (C-2), 57,17 (C-OMe), 60,35 (C-8), 66,15 (C-9), 99,82 (C-8'), 117,43 (C-11), 118,95 (C-5'), 122,31 (C-3'), 125,37 (C-4'), 131,32 (C-7'), 137,43 (C-10), 143,64 (C-4'a), 144,30 (C-8'a), 147,03 (C-2'), 158,26 (C-6') ppm. (M+H)  $m/z$  341,186; perhitungan  $m/z$  341,186.

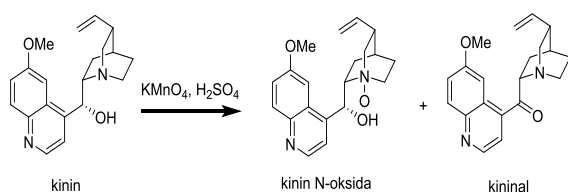
Produk yang diperoleh dari pemisahan pada pH 11 (27 mg) yaitu senyawa campuran epimer kininal berupa gel berwarna kuning sebanyak 12,8 mg. FTIR (KBr)  $\nu_{maks}$  ( $cm^{-1}$ ): 3364 (OH); 2935 (C-H alifatik); 1716 (C=O); 1621, 1591, 1509 (C=C aromatik);  $^1H$  NMR (500 MHz  $CDCl_3$ ): 9,74 (*s*, 1H, CHO), 9,67 (*s*, 1H, CHO); 8,69 (*d*,  $J = 5$  Hz, 1H, H-2'); 8,65 (*d*,  $J = 5$  Hz, 1H, H-2'); 7,97 (*d*,  $J = 7$  Hz, 1H, H-8'); 7,95 (*d*,  $J = 7$  Hz, 1H, H-8'); 7,54 (*d*,  $J = 5$  Hz, 1H, H-3'); 7,47 (*d*,  $J = 5$  Hz, 1H, H-3'); 7,32 (*dd*,  $J = 5$  & 3 Hz, 1H, H-7'); 7,32 (*dd*,  $J = 5$  & 3 Hz, 1H, H-7'); 7,18 (*d*,  $J = 3$  Hz, 1H, H-5'), 7,17 (*d*,  $J = 3$  Hz, 1H, H-5'); 5,72 (*s*, 1H, H-9); 5,60 (*s*,

1H, H-9); 3,90 (*s*, 3H, OCH<sub>3</sub>); 3,86 (*s*, 3H, OCH<sub>3</sub>); 3,57 (*m*, 2H, H-8 dan H-8), 3,49 (*br s*, 1H, H-2); 3,46 (*br s*, 1H, H-2); 3,35 (*m*, 2H, H-2 dan H-2); 3,16 (*m*, 1H, H-3); 3,15 (*m*, 1H, H-3); 3,11 (*m*, 1H, H-6); 2,95 (*m*, 1H, H-6); 2,88 (*m*, 1H, H-6); 2,85 (*m*, 1H, H-6); 2,75 (*m*, 2H, H-7 dan H-7); 2,53 (*m*, 1H, H-5); 2,49 (*m*, 1H, H-5); 2,45 (*br s*, 1H, H-4); 2,41 (*br s*, 1H, H-4); 2,07-1,95 (*m*, 2H, H-5, H-5); 1,84 (*m*, 1H, H-7) 1,63 (*m*, 1H, H-7), 1,60 (*m*, 1H, H-) ppm.  $^{13}C$  NMR (125 MHz,  $CDCl_3$ ): 203,14 (CHO); 203,06 (CHO); 157,92 (C); 157,89 (C); 147,25 (CH); 147,09 (CH); 131,18 (CH); 131,09 (CH); 121,82 (CH); 121,74 (CH); 118,22 (CH dan CH); 100,91 (CH); 100,83 (CH); 59,85 (OCH<sub>3</sub>); 59,03 (OCH<sub>3</sub>); 55,66 (CH dan CH); 49,46 (CH<sub>2</sub> dan CH<sub>2</sub>); 48,67 (CH); 48,50 (CH); 43,70 (CH<sub>2</sub>); 43,50 (CH<sub>2</sub>); 26,56 (CH<sub>2</sub>); 25,11 (CH<sub>2</sub>); 23,73 (CH); 23,72 (CH); 21,98 (CH<sub>2</sub>); 21,54 (CH<sub>2</sub>) ppm. (M+H)  $m/z$  327,170; perhitungan  $m/z$  327,171.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Ion permanganat pada suasana basa akan tereduksi menghasilkan ion mangan dengan potensial reduksi  $E_{red}^0=0,558$  V pada suasana netral akan tereduksi menjadi  $MnO_2$  dengan potensial reduksi  $E_{red}^0=0,595$  V, sedangkan pada suasana asam ion permanganat akan menjadi oksidator yang kuat dengan potensial reduksi  $E_{red}^0=1,679$  dan tereduksi menjadi  $Mn^{2+}$  seperti pada persamaan sebagai berikut: (1)  $MnO_4^- + e \rightarrow MnO_4^{2-}$   $E_{red}^0= 0,558$  V, (2)  $MnO_4^- + 2H_2O + 3e \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$   $E_{red}^0= 0,595$  V, dan (3)  $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$   $E_{red}^0=1,679$  V(III).

Reaksi oksidasi dilakukan dalam suasana asam di mana pada suasana asam dengan kekuatan oksidasi yang besar, maka ion permanganat secara teoretis dapat mengoksidasi beberapa gugus fungsi pada kinin. Pada kinin terdapat beberapa gugus fungsi yang reaktif terhadap reaksi oksidasi yaitu olefin yang dapat teroksidasi menjadi diol atau produk fragmentasi, nitrogen pada cincin kuinoklidin yang dapat teroksidasi menjadi senyawa *N*-oksida, dan alkohol sekunder yang dapat teroksidasi menjadi keton atau produk fragmentasi.

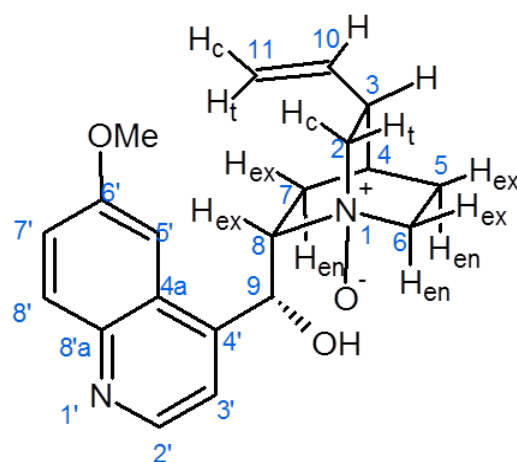


**GAMBAR 3**

Skema reaksi oksidasi kinin dengan KMnO<sub>4</sub>.

Dari hasil reaksi yang dilakukan diperoleh produk kinin-1-*N* oksida dan senyawa epimer aldehid seperti pada Skema 1. Terbentuknya produk kinin-*N*-oksida diidentifikasi dari data spektrum IR, NMR, dan MS. Spektrum <sup>13</sup>C NMR menunjukkan adanya 20 sinyal karbon, 9 sinyal karbon *sp*<sup>3</sup> dan 11 sinyal karbon *sp*<sup>2</sup> serta tidak terdapat sinyal dari gugus karbonil (C=O) pada daerah 200 ppm. Sinyal-sinyal dari <sup>1</sup>H NMR menunjukkan adanya pergeseran sinyal dari proton H9 ke daerah yang lebih besar (*downfield*) δ<sub>H</sub> 6,39 ppm dan beberapa daerah alifatik pada δ<sub>H</sub> 3-4 ppm, sinyal-sinyal ini memiliki kesamaan dengan sinyal-sinyal dari senyawa kinin-1-*N*-oksida dari beberapa literatur (Arauzo, 1990; Aisyah, 2014). Didukung pula adanya puncak pada spektrum MS pada *m/z* 341,186 yang merupakan masa molekul dari kinin-

1-*N*-oksida. Struktur kinin-1-*N*-oksida terlihat pada Gambar 4.

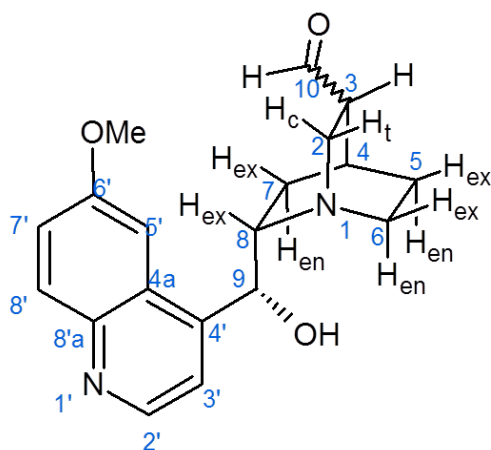


**GAMBAR 4**

Penomoran pada alkaloid kinin 1-*N*-Oksida.

Terbentuknya campuran epimer kininal juga diidentifikasi dari data spektroskopi inframerah, NMR, dan MS. Dari spektrum <sup>1</sup>H NMR yang dibandingkan dengan spektrum dari kinin seperti pada Gambar 2 terlihat tidak lagi muncul sinyal proton vinil, yaitu sinyal sinyal *doblet* dan *double of double doblet* di daerah 4–5 ppm pada spektrum produk, tetapi terdapat dua sinyal singlet proton aldehid pada 9,67 dan 9,74 ppm. Dari analisis ini dapat diketahui bahwa perubahan terjadi pada gugus vinil yang teroksidasi menjadi aldehid. Munculnya sinyal-sinyal yang kembar pada spektrum <sup>13</sup>C dan <sup>1</sup>H, serta memiliki perbandingan tinggi puncak 1:1 menunjukkan produk yang terbentuk adalah campuran isomer, yaitu stereoisomer aldehid terikat pada C3 cincin kuinoklidin (epimer kininal) dengan perbandingan *R:S* yaitu 1:1. Berdasarkan hasil analisis spektrum <sup>13</sup>C NMR terdapat 24 sinyal karbon dan adanya dua sinyal pada δ<sub>C</sub> 203,09 dan 203,17 merupakan sinyal khas dari gugus karbonil.

Analisis lebih lanjut dengan melihat spektrum DEPT 135 (Gambar 4) menunjukkan sinyal  $\delta_c$  203,09 dan 203,17 memiliki fasa positif yang mendukung bahwa sinyal tersebut adalah karbon metin dari gugus aldehyd. Struktur dari senyawa dan system penomoran kininal dapat dilihat pada Gambar 5.



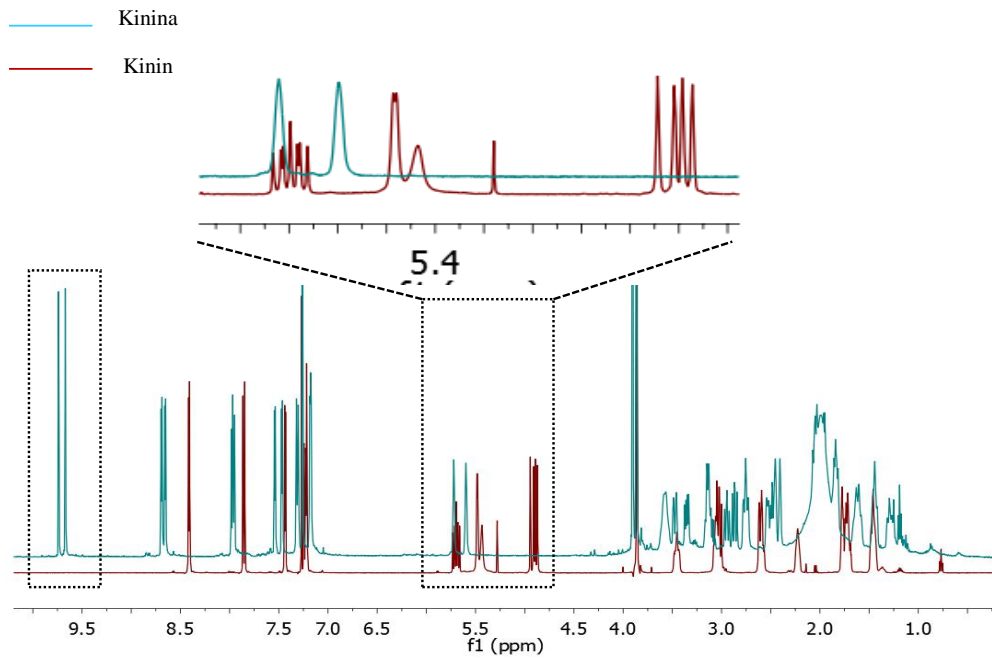
**GAMBAR 5**  
Struktur senyawa kininal.

Senyawa kinin-1-*N*-oksida merupakan produk dari oksidasi yang terjadi pada amina tersier cincin kuinoklidin. Selain terbentuk pada oksidasi dengan permanganat produk *N*-oksida juga terbentuk pada oksidasi kinin menggunakan perok-

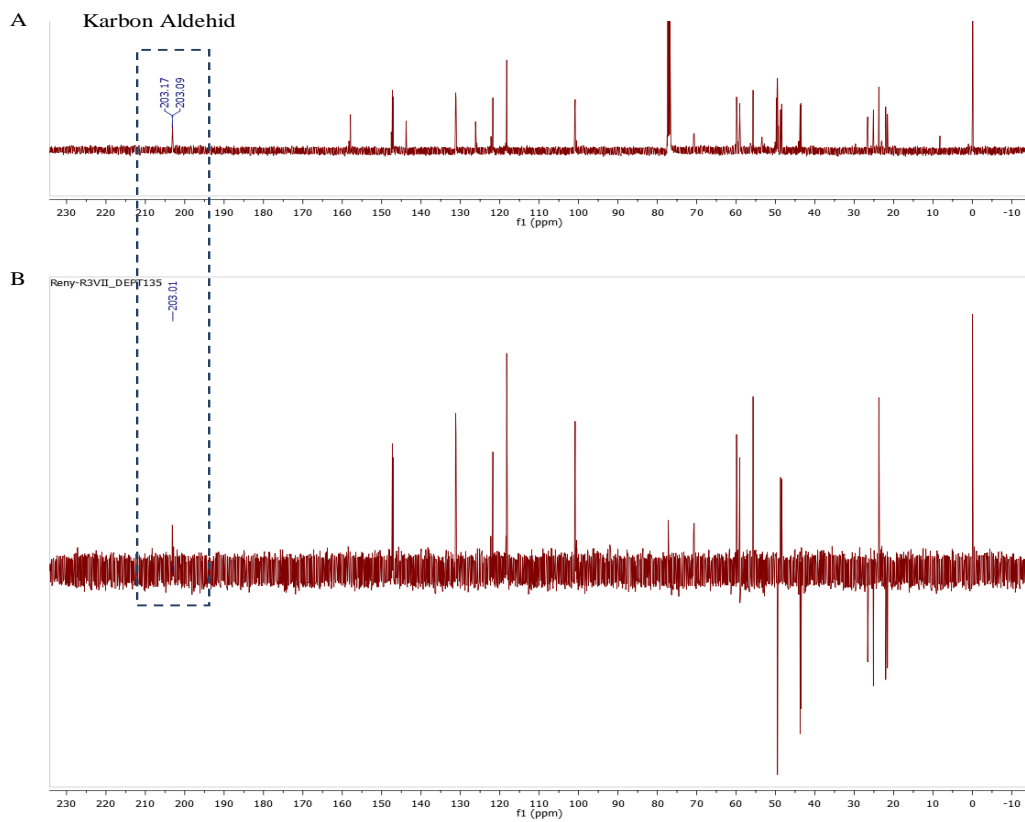
sida yang merupakan oksidator lebih lemah ( $E^0_{red}=1,49$ ) hingga ozon yang merupakan oksidator sangat kuat ( $E^0_{red}=2,07$ ), sehingga dapat diketahui bahwa amina tersier pada cincin kuinoklidin memang lebih mudah mengalami oksidasi daripada gugus fungsi lain dalam kinin dan cenderung menjadi produk *N*-oksida.

Produk epimer aldehyd merupakan produk dari oksidasi yang terjadi pada gugus vinil pada kinin. Di sini terjadi pemutusan ikatan karbon-karbon pada vinil sehingga terbentuk aldehyd pada C-3. Terbentuknya aldehyd ini dapat melalui pembentukan diol terlebih dahulu, lalu mengalami oksidasi lebih lanjut sehingga mengalami pemutusan ikatan karbon-karbon atau dengan langsung mengalami pemutusan oksidatif menjadi aldehyd.

Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat diketahui bahwa metode reaksi dengan permanganat ini dapat digunakan untuk fungsionalisasi gugus vinil pada kinin. Sedangkan untuk pemutusan ikatan C-C yang menghasilkan kinin karboksilat masih diperoleh rendemen yang sangat sedikit, dan metode oksidasi dengan permanganat ini kurang selektif apabila digunakan pada substrat yang memiliki banyak gugus fungsi seperti kinin.



**GAMBAR 6**  
Spektrum <sup>1</sup>H NMR kinin dan kininal dalam CD<sub>3</sub>OD 500 MHz.



**GAMBAR 7**  
Spektrum NMR kininal (A) <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 125 MHz), (B) spektrum DEPT.

## KESIMPULAN

Oksidasi kinin dengan kondisi yang dilakukan berhasil diperoleh senyawa kinin-1-*N*-oksida dan kininal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Para peneliti mengucapkan terima kasih kepada PT Sinkona Indonesia Lestari yang telah memberikan senyawa murni alkaloid kina untuk penelitian ini. Penelitian ini dibiayai melalui program penelitian INSiNas dengan kode RT-2015-0293.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah dan D. Mujahidin. 2014. Sintesis kinin *N*-oksida dan tutorial NMR pada penentuan strukturnya. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina* 17(2): 11-20.
- Arauzo, H.D. dan J.M. Cook. 1990. Synthesis of 10,11-dihidroxy- dihidroquinidine *N*-oxide, new metabolite of quinidine, preparation and NMR spectroscopy of metabolites of quinine and quinidine and conformational analysis via 2D COSY NMR Spectroscopy. *J. Nat. Prod.* 53: 112-124.
- Bodke, Y.D., S. Shankerrao, dan H.N. Harishkumar. 2013. Synthesis of 2-(1-Benzofuran-2-yl)-4-(1,3-benzoxazol-2-yl)/1,3-benzothiazol-2-yl) quinolines as blue green fluorescent probes. *J. Chem.* 2013. ID. 794810.
- Jenekhe, S.A., L. Lu, dan M.M. Alam. 2001. New conjugated polymers with donor-acceptor architecture synthesis and photophysics of carbazole-quinoline and phenothiazine-quinoline copolymer and oligomers exhibiting large intramolecular charge transfer. *Macromol.* 34: 7315–7324.
- Kaufman, T.S. dan E.A. Ruveda. 2005. The quest for quinine: Those who won the battles and those who won the war. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 44: 854–885.
- Leroux, S., L. Larquetoux, M. Nicolas, dan E. Doris. 2011. Asymmetric synthesis of ( $\beta$ )-mequitazine from quinine. *Org. Lett.* 13: 3549–3551.
- Marella, A., O.P. Tanwar, R. Saha, M.R. Ali, S. Srivastava, M. Akhter, M. Shaquiquzaman, dan M.M. Alam. 2013. Quinoline: a versatile heterocyclic. *Saudi Pharm. J.* 21: 1–12.
- Song, C.E. 2009. *Cinchona Alkaloids in Synthesis and Catalysis*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. H. 3-7.
- Xu, W., Y. Zhou, D. Decai Huang, M. Su, K. Wang, M. Xiang, dan M. Hong. 2014. A highly sensitive and selective fluorescent sensor for detection of Al<sup>3+</sup> using a europium(III) quinolinecarboxylate. *J. Inorg. Chem.* 53: 6497–6499.
- Yanuka, Y., S.Y. Superstine, A. Geryes, E. Superstine. 1981. Assignment of conformational and configuration to potassium permanganate oxidation products of quinidine. *J. Pharm. Sci.*, 70(6): 675-679.