



Artikel Penelitian

Pengaruh Penambahan H₂SO₄ dan Perubahan Suhu pada Nitration Metil Risinoleat

Abdullah, Meilina H.K., Kamilia Mustikasari*

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:
Direvisi 28 Juli 2017
Diterima 30 Oktober 2017
Tersedia online 14 Desember 2017

*Penulis korespondensi

Email:

mustikasari_kamilia@yahoo.co.id**ABSTRAK**

Nitration on methyl ricinoleate can produce an additive for improving the cetane number of diesel oil. This article describes the effect of the addition of the H₂SO₄ and temperature variations on the concentration of nitration products. Nitration process on methyl ricinoleate was carried out by using a mixture of nitric acid, acetic anhydride and sulfuric acid. Based on GC analysis, it can be concluded that the nitration of methyl ricinoleate with an increasing amount of H₂SO₄ tend to reduce concentration of the product, while the increasing of temperature tend to the opposite. Nitration of methyl ricinoleate with addition of H₂SO₄ 2.5% at 50°C was the optimum conditions in this study, where the concentrations of products was 23.74%. FTIR analysis showed that the product contained the new compound with nitrate group as a product of nitration.

Keywords: nitration, methyl ricinoleate, GC, FTIR

Nitrasi pada metil risinoleat dapat menghasilkan suatu zat aditif yang bermanfaat untuk meningkatkan angka setana pada minyak diesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan H₂SO₄ dan perubahan suhu pada konsentrasi produk hasil nitrasi. Proses nitrasi metil risinoleat dilakukan dengan menggunakan campuran asam nitrat, anhidrida asetat dan asam sulfat. Berdasarkan hasil analisis GC dapat disimpulkan bahwa nitrasi metil risinoleat dengan peningkatan jumlah H₂SO₄ cenderung menurunkan konsentrasi produk, sedangkan peningkatan suhu cenderung sebaliknya. Nitrasi metil risinoleat dengan penambahan H₂SO₄ 2,5% pada suhu 50°C merupakan kondisi optimum penelitian ini, dimana konsentrasi produk yang dihasilkan sebesar 23,74%. Hasil analisis dengan FTIR menunjukkan bahwa produk mengandung senyawa baru bergugus nitrat sebagai hasil nitrasi metil risinoleat.

Kata Kunci: nitrasi, metil risinoleat, GC, FTIR

1. Pendahuluan

Penggunaan minyak diesel sebagai bahan bakar pada mesin diesel sangat luas dan semakin meningkat (Bari & Esmail, 2010; Endyani, & Putra, 2011). Tingginya konsumsi bahan bakar mesin diesel dapat berakibat pada peningkatan polusi

udara yang berasal dari gas buang. Kandungan polutan gas buang dari mesin diesel dipengaruhi oleh kesempurnaan proses pembakaran. Kandungan pada gas buang bahan bakar diesel adalah NO_x, SO_x, hidrokarbon dan partikulat-partikulat (Hatami, Ganji, & Gorji-Bandpy, 2014; Li,

Wang, Ni, Zhao, Li, & Li, 2014). Upaya penurunan polusi udara dilakukan dengan meningkatkan kualitas minyak diesel. Salah satu parameter penting pada kualitas minyak diesel adalah angka setana (*cetane number*, CN). Peningkatan angka setana minyak diesel dapat dilakukan dengan penambahan zat aditif (Qiang Han & Yao, 2015).

Zat aditif peningkat angka setana untuk minyak diesel yang telah dikenal secara luas adalah *2-ethyl hexyl nitrate* (EHN). Zat aditif ini merupakan senyawa organik nitrat yang disintesis dari hasil olahan minyak bumi sehingga termasuk bahan yang bersifat tidak terbarukan (Nasikin & Makhdiyanti, 2003). Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan baku lain seperti senyawa trigliserida atau asam lemak. Beberapa penelitian telah menggunakan trigliserida (minyak kedelai, sawit, jarak pagar dan jarak kastor) sebagai bahan baku dalam pembuatan *cetane improver* (Suppes, Happert, & Mason, 2001; Nasikin, Arbianti, & Aziz, 2002; Adnan, 2003; Phasorn, 2003; Cainora, Alcantara, Torcal, Tsiovaras, Lois, & Korres, 2007; Siqueira, De, & Rabello, 2007; Abdullah, Triyono, Trisunaryanti, & Haryadi, 2013). Dalam rangka untuk mendapatkan zat aditif peningkat angka setana, trigliserida diubah ke dalam bentuk esternya (biodiesel), dengan cara transesterifikasi (Demirbas, & Karslioglu, 2007; Demirbas, 2009), kemudian dinitrasi menjadi ester nitrat.

Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa penambahan 1 mL produk hasil nitrasi senyawa ester minyak jarak ke dalam 1 liter minyak diesel terbukti mampu meningkatkan nilai angka setana sebanyak 3 satuan. Kandungan utama ester minyak jarak tersebut adalah metil risinoleat (Siqueira et al., 2009). Dengan demikian, nitrasi pada ester metil risinoleat diharapkan akan mampu menghasilkan zat aditif (*cetane enhancer*) yang baik, bahkan memiliki peluang lebih baik karena tidak tercampur dengan ester penyusun minyak jarak lainnya.

Molekul metil risinoleat memiliki sebuah gugus hidroksil (-OH) yang diperlukan dalam proses nitrasi. Dengan adanya gugus tersebut, proses nitrasi dapat berjalan dengan mudah sehingga dihasilkan gugus nitrat (-O-NO₂) pada molekul metil risinoleat. Metil risinoleat nitrat yang diperoleh diharapkan mampu berperan sebagai zat aditif seperti halnya EHN.

Dalam proses nitrasi pada trigliserida, campuran pereaksi yang biasa digunakan adalah HNO₃ dengan H₂SO₄ atau HNO₃ dengan anhidrida

asetat. Suppes, & Dasari (2003), Siqueira et al., (2009) dan Abdullah, et al., (2013) menggunakan HNO₃ dan anhidrida asetat. Hasil reaksi antara HNO₃ dengan anhidrida asetat akan menghasilkan nitro asetil sebagai senyawa antara. Senyawa ini selanjutnya mengalami kesetimbangan membentuk ion asetat dan ion nitronium/NO₂⁺ (Suppes, & Dasari, 2003) seperti ditunjukkan pada Persamaan 1. Adapun Nasikin, et al., (2002) dan Adnan (2003) menggunakan pereaksi HNO₃ dan H₂SO₄. Abdullah, et al., (2013) melaporkan nitrasi metil risinoleat berlangsung optimum pada perbandingan mol anhidrida asetat terhadap metil risinoleat sebesar 15:1.



Secara stoikiometri reaksi nitrasi untuk 1 mol metil risinoleat hanya memerlukan 1 mol HNO₃ dan 1 mol anhidrida asetat (Abdullah, et al., 2013). Oleh karena itu, rasio mol anhidrida asetat terhadap trigliserida metil risinoleat (15:1) tersebut adalah terlalu berlebih. Penggunaan anhidrida asetat secara berlebih tidak efisien karena bahan tersebut terbatas peredarannya dan harganya yang relatif mahal.

Penggunaan anhidrida asetat pada penelitian dibatasi, yaitu hanya setengah dari pada penelitian sebelumnya (15:1). Penurunan jumlah anhidrida asetat ini akan berdampak pada berkurangnya jumlah NO₂⁺, dimana ion tersebut merupakan hasil reaksi antara anhidrida asetat dengan HNO₃. Penurunan jumlah NO₂⁺ ini diatasi dengan penambahan sedikit H₂SO₄, dimana perbandingan volume H₂SO₄ yang ditambahkan terhadap volume HNO₃ adalah 2,5; 5,0; 7,5; 10 dan 12,5% (v/v) pada campuran pereaksi. Upaya untuk mengatasi berkurangnya jumlah NO₂⁺ juga dilakukan dengan merubah suhu reaksi. Oleh karena itu, diharapkan nitrasi pada metil risinoleat tetap dapat berlangsung dengan baik, meskipun peraksi anhidrida asetat yang digunakan jumlahnya terbatas.

2. Bahan dan metode

2.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah metil risinoleat (Merck), HNO₃ pekat (Merck), H₂SO₄ pekat (Merck), anhidrida asetat (Merck), dietil eter

(Merck), Na₂SO₄ anhidrat (Merck), akuades, pH universal dan kertas saring.

2.2. Nitirasi metil risinoleat

Asam nitrat sebanyak 2,9 mL dimasukkan ke dalam labu alas bulat leher tiga, diikuti oleh asam sulfat 0,07 mL (untuk perbandingan H₂SO₄/HNO₃ = 2,5%), dan anhidrida asetat sebanyak 2,1 mL. Pengaduk magnetik dioperasikan dan diatur dengan kecepatan 200 rpm, sambil menunggu suhu di dalam labu menjadi konstan. Labu leher tiga yang telah berisi campuran pereaksi kemudian ditambahkan metil risinoleat sebanyak 1 mL. Reaksi nitirasi dijalankan selama 30 menit pada suhu kamar (28-30°C). Campuran hasil nitirasi dimasukkan ke dalam corong pisah 250 mL yang sudah berisi 200 mL akuades dingin. Campuran didiamkan selama 30 menit, kemudian ditambahkan 25 mL dietil eter dan dikocok sekitar 30 detik. Lapisan bawah dikeluarkan dan lapisan atas diekstraksi dengan 50 mL akuades dingin beberapa kali sampai pH air cucian bersifat netral.

Lapisan atas dalam corong pisah kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL yang berisi 0,5 gram Na₂SO₄ anhidrat, ditutup dan didiamkan selama 24 jam. Campuran disaring dan dietil eter diuapkan dengan cara pemanasan pada suhu 50°C selama 30 menit. Penguapan dihentikan setelah diperoleh berat konstan. Hasil nitirasi kemudian dianalisis dengan GC dan FTIR.

2.3. Nitirasi dengan variasi H₂SO₄

Nitirasi metil risinoleat dilanjutkan dengan variasi perbandingan volume H₂SO₄/HNO₃ lainnya, dimana volume H₂SO₄ yang digunakan adalah 0,14; 0,22; 0,29 dan 0,36 mL. Volume HNO₃ yang digunakan adalah tetap 2,9 mL untuk tiap variasi volume H₂SO₄. Nitirasi dilakukan selama 30 menit pada suhu kamar (28-30°C). Produk hasil nitirasi kemudian dianalisis dengan GC. Kondisi optimum reaksi nitirasi didapatkan berdasarkan data hasil analisis GC dan digunakan pada nitirasi selanjutnya (variasi suhu).

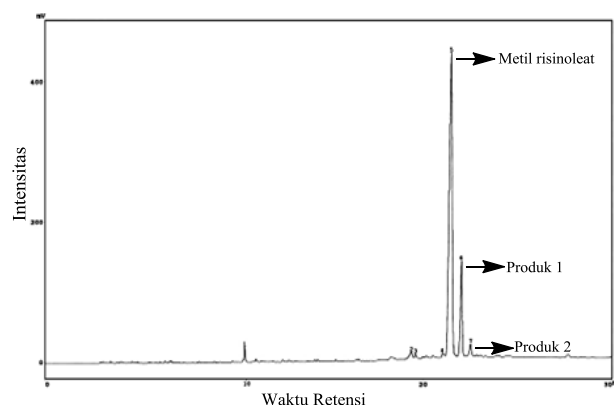
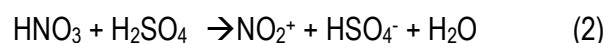
2.4. Nitirasi dengan variasi suhu

Nitirasi dilakukan pada suhu 3, 11, 30, 40, dan 50°C. Nitirasi dengan variasi suhu menggunakan H₂SO₄ sebanyak x mL, dimana x merupakan volume optimal H₂SO₄ pada nitirasi tahap sebelumnya (nitirasi dengan variasi volume H₂SO₄). Produk hasil nitirasi kemudian dianalisis dengan GC dan FTIR.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengaruh penambahan H₂SO₄ pada nitirasi metil risinoleat

Penambahan H₂SO₄ pada campuran HNO₃ dan anhidrida asetat dimaksudkan agar jumlah ion nitronium (NO₂⁺) mengalami peningkatan. Ion ini merupakan elektrofil yang akan berperan penting dalam proses nitirasi. Abdullah, et al., (2013) telah melakukan nitirasi pada metil risinoleat menggunakan HNO₃ dan anhidrida asetat sebagai campuran pereaksi dengan hasil cukup memuaskan. Meskipun demikian, jumlah anhidrida asetat yang digunakan terlalu banyak, yaitu sekitar 15 kali lipat dari yang diperlukan secara teoritis. Penggunaan anhidrida asetat pada penelitian ini hanya separuhnya (7,5 kali lipat) sehingga potensi untuk mendapatkan NO₂⁺ dalam jumlah besar juga akan berkurang. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan penambahan asam yang ke tiga yaitu H₂SO₄. Penambahan H₂SO₄ pada campuran pereaksi didasarkan pada sifatnya yang juga mampu menghasilkan NO₂⁺. Menurut Suppes & Dasari (2003), reaksi pembentukan NO₂⁺ sebagai hasil reaksi antara HNO₃ dan H₂SO₄ seperti ditunjukkan pada Persamaan 2. Oleh karena itu, sumber NO₂⁺ dalam campuran pereaksi tidak hanya berasal dari hasil reaksi pada kesetimbangan nitro asetil menjadi ion asetat dan NO₂⁺, tapi juga bersumber pada hasil reaksi.



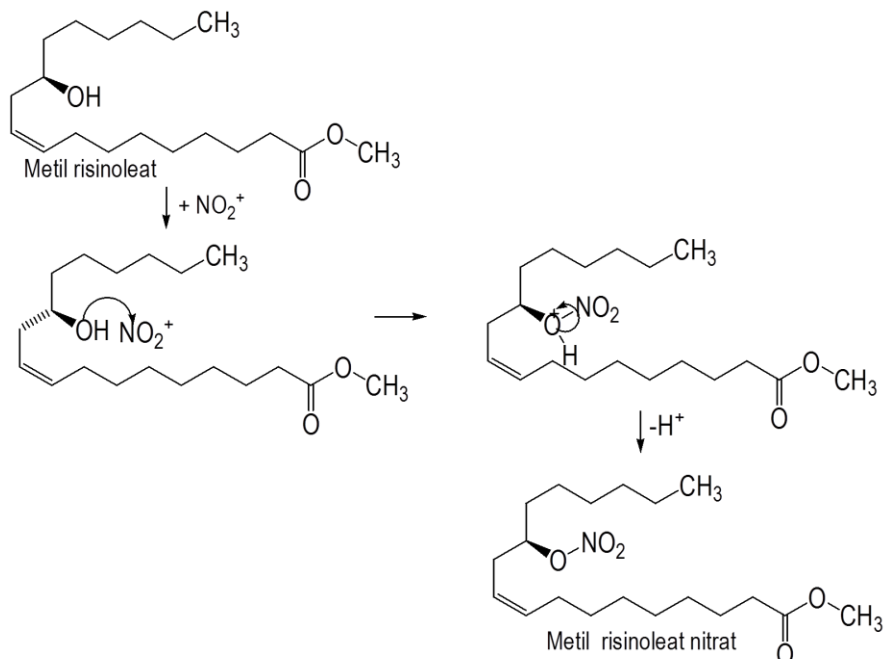
Gambar 1. Kromatogram GC hasil nitirasi metil risinoleat dengan penambahan H₂SO₄ 2,5 % (v/v) pada suhu 30°C selama 30 menit.

Berdasarkan hasil analisis dengan GC diketahui bahwa nitirasi dengan penambahan H₂SO₄ menghasilkan 2 macam produk (produk 1

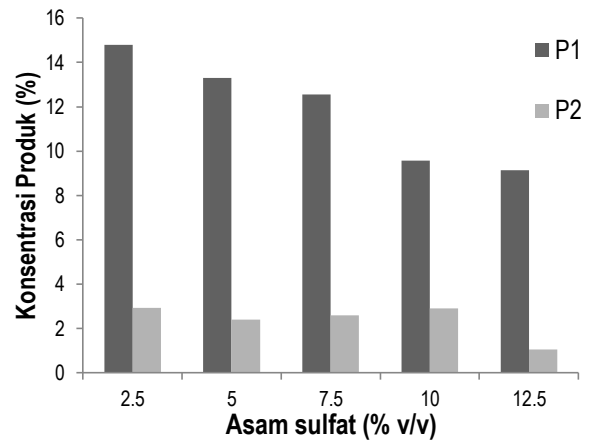
dan 2) seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Puncak pertama merupakan reaktan sisa (metil risinoleat), puncak ke dua merupakan produk hasil nitration pertama (produk 1) dan puncak ketiga merupakan produk hasil nitration kedua (produk 2).

Produk 1 merupakan hasil interaksi NO_2^+ dengan gugus hidroksil (-OH) yang berada pada molekul metil risinoleat sehingga dihasilkan senyawa metil risinoleat nitrat. Interaksi NO_2^+ pada molekul metil risinoleat juga dapat berlangsung pada ikatan rangkap C=C dan menghasilkan produk 2. Kemungkinan terbentuknya produk 1 lebih besar dibandingkan produk 2 karena energi elektron pada gugus -OH relatif lebih tinggi (lebih reaktif) daripada energi pada gugus C=C (Carey, 1996). Selain itu, berdasarkan hasil perhitungan dengan program Hyperchem Release 8 diketahui bahwa energi aktivasi pada pembentukan metil risinoleat nitrat (produk 1) adalah 202,97 kkal/mol, sementara pembentukan produk 2 memerlukan energi aktivasi 269,79 kkal/mol (Abdullah, 2014).

Pembentukan produk 1 pada nitration metil risinoleat yaitu melalui mekanisme reaksi seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Mekanisme ini beranalogi pada reaksi substitusi pada umumnya (Bruckner & Harmata, 2010).



Gambar 2. Mekanisme reaksi pembentukan senyawa P1 pada nitration metil risinoleat.



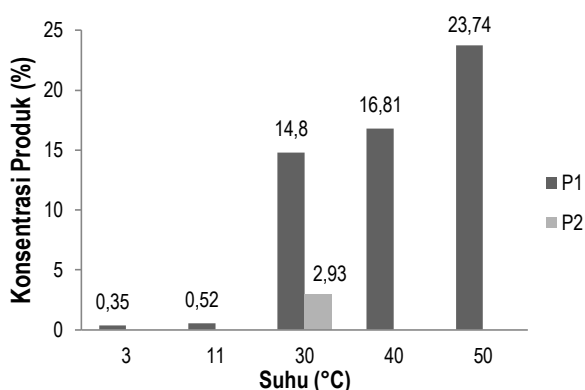
Gambar 3. Grafik hubungan antara H_2SO_4 (% v/v) dengan konsentrasi produk hasil nitration. P1 = Produk 1, P2 = Produk 2.

Pembentukan produk 2 pada nitration metil risinoleat merupakan keberlanjutan reaksi nitration terhadap produk 1. Nitration pada produk 1 berlangsung pada gugus C=C, sebagai gugus penyedia elektron yang akan berinteraksi dengan NO_2^+ (Abdullah, 2014). Berdasarkan data GC dapat diketahui bahwa nitration dengan penambahan H_2SO_4 (2,5-12,5%) cenderung menurunkan konsentrasi produk 1, sedangkan untuk produk 2 penurunan terjadi pada penggunaan H_2SO_4 sebanyak 12,5% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Penurunan konsentrasi produk 1 terlihat dari penambahan H_2SO_4 2,5-12,5% yang masing-masing memiliki presentase sebesar 14,8-9,14%. Persentase GC pada penambahan H_2SO_4 sebanyak 2,5% menunjukkan konsentrasi optimum, yang ditandai dengan konsentrasi produk 1 terbesar. Jumlah produk hasil nitration pada penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian Septiani (2016) dimana produk yang dihasilkan tunggal. Septiani (2016) tidak menggunakan H_2SO_4 dalam campuran pereaksinya.

3.2. Pengaruh variasi suhu pada sintesis metil risinoleat nitrat

Reaksi nitration dengan variasi suhu pada sintesis metil risinoleat nitrat dilakukan pada 3, 11, 30, 40, dan 50°C. Berdasarkan grafik hasil kromatogram GC pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa peningkatan suhu reaksi cenderung meningkatkan konsentrasi produk.



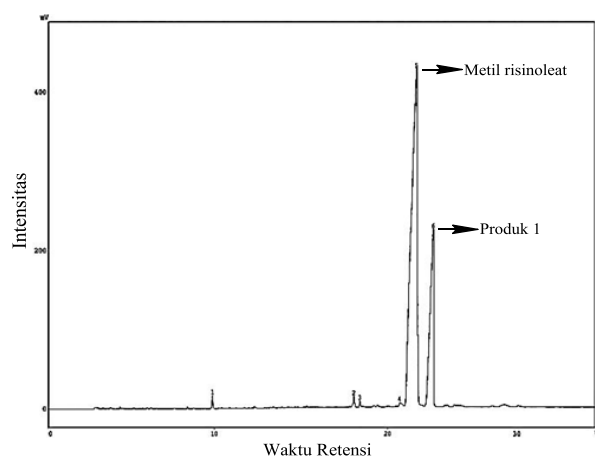
Gambar 4. Grafik hubungan antara suhu reaksi dengan konsentrasi produk hasil nitration. P1 = Produk 1, P2 = Produk 2.

Peningkatan konsentrasi produk terlihat mulai dari suhu 3°C dan tertinggi pada suhu 50°C. Konsentrasi produk pada suhu tersebut adalah 23,74%. Nitration pada suhu rendah (3-11°C) hanya menghasilkan 1 senyawa (Produk 1) dengan hasil yang lebih rendah dibandingkan pada suhu sedang (30°C) dan tinggi (40 dan 50°C). Hal ini dikarenakan nitration pada suhu rendah menyebabkan metil risinoleat bersifat kental dan sulit untuk bereaksi secara efektif dengan pereaksi (Suppes et al., 2003).

Kondisi berbeda terlihat pada suhu 30°C dimana pada Gambar 3 terlihat adanya produk 2. Pembentukan produk 2 terjadi sebagai akibat adanya nitration lanjut pada produk 1. Menurut Abdullah (2014), nitration pada produk 1 terjadi pada

C=C oleh ion NO_2^+ dan NO_3^- . Kedua ion tersebut dapat diperoleh dari hasil disosiasi senyawa N_2O_5 menjadi NO_2^+ dan NO_3^- , dimana senyawa N_2O_5 merupakan gas berwarna coklat yang terbentuk pada reaksi antara HNO_3 dan anhidrida asetat. Nitration pada suhu tinggi (40 dan 50°C) produk 2 tidak terbentuk. Pada suhu tinggi NO_2^+ yang didapatkan dari proses disosiasi N_2O_5 tidak dapat terbentuk secara efektif karena mengalami penguapan sehingga tidak tersedia ion NO_2^+ dan NO_3^- yang cukup untuk dapat mengadisi C=C yang dimiliki oleh molekul produk 1.

Kromatogram GC hasil nitration metil risinoleat pada suhu 50°C (Gambar 5) menunjukkan konsentrasi produk terbesar. Suhu 50°C ditetapkan sebagai suhu optimum pada penelitian ini. Hasil dari kromatogram GC variasi H_2SO_4 2,5% (v/v) dengan suhu 50°C selama 30 menit menunjukkan adanya 2 puncak. Puncak 1 merupakan reaktan sisa (metil risinoleat) dan puncak 2 merupakan produk hasil nitration (produk 1). Analisis dengan FTIR menunjukkan bahwa produk nitration mengandung gugus nitrat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



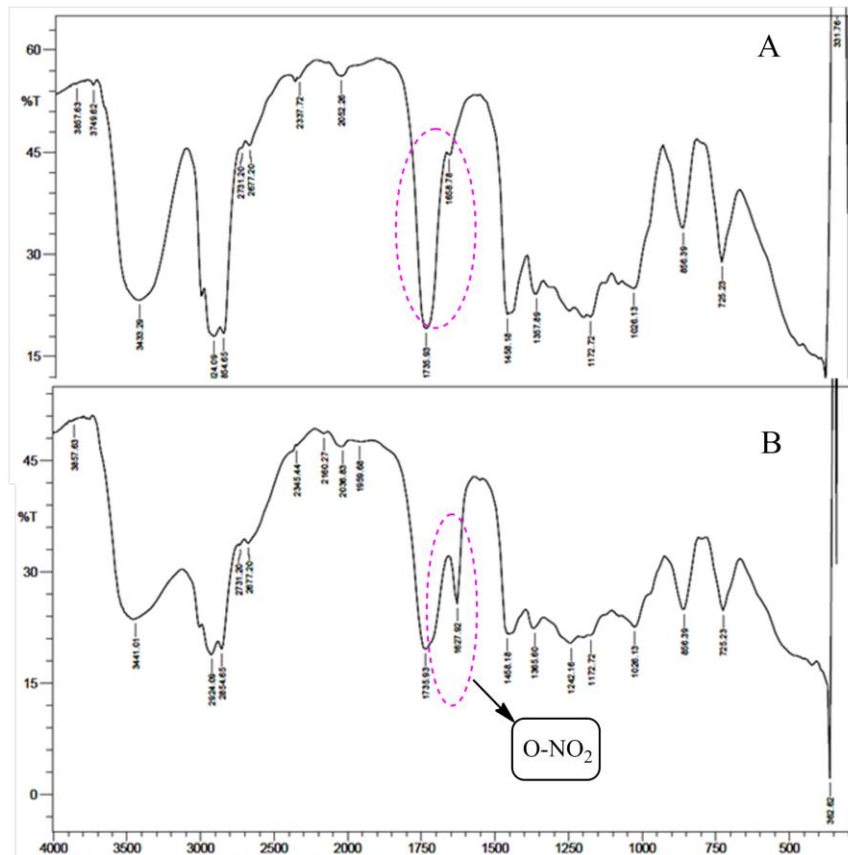
Gambar 5. Kromatogram GC hasil nitration metil risinoleat dengan H_2SO_4 2,5% (v/v) dan suhu 50°C.

Gambar 6 menunjukkan adanya serapan melebar di daerah 3441 cm^{-1} yang berasal dari vibrasi ulur pada ikatan O-H. Serapan tersebut sebagai indikasi bahwa dalam produk nitration masih terkandung metil risinoleat (reaktan sisa). Pada spektra tersebut juga terdapat serapan di daerah $2924, 2854, 854$ dan 275 cm^{-1} sebagai akibat dari vibrasi ulur ikatan C-H gugus alkil. Serapan tajam pada daerah 1735 cm^{-1} sebagai akibat vibrasi ulur C=O dan serapan di daerah 1172 cm^{-1} berasal dari

vibrasi ulur C-O yang menunjukkan adanya gugus ester. Gambar 6 juga menunjukkan serapan tajam pada daerah bilangan gelombang 1627 cm^{-1} . Serapan pada daerah tersebut juga terdapat pada spektra yang dihasilkan dalam penelitian Abdullah (2014) dan Septiani (2016) yang juga menunjukkan adanya serapan tajam pada bilangan gelombang 1627 cm^{-1} . Serapan tersebut menunjukkan adanya gugus nitrat ($\text{O}-\text{NO}_2$) yang dihasilkan dari hasil nitrasi metil risinoleat.

Daftar Pustaka

- Abdullah, A., Triyono, T., Trisunaryanti, W., & Haryadi, W. (2013). The optimum reaction time, activation energy and frequency factor of methyl ricinoleate nitration. *Indonesian Journal of Chemistry*, 13(1), 36-40.
- Abdullah (2014). Kinetika nitration metil risinoleat, karakterisasi dan uji produk sebagai zat aditif peningkat angka setana. *Disertasi*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



Gambar 6. Spektra FTIR hasil reaksi nitration metil risinoleat dengan H_2SO_4 2,5%(v/v) pada suhu 50°C

4. Kesimpulan

Penambahan H_2SO_4 pada campuran pereaksi HNO_3 dan anhidrida dalam proses nitration metil risinoleat cenderung menurunkan konsentrasi produk, sedangkan peningkatan suhu reaksi cenderung meningkatkan konsentrasi produk. Penambahan H_2SO_4 sebanyak 2,5% dan suhu reaksi 50°C merupakan kondisi optimum pada penelitian ini. Hasil analisis dengan FTIR menunjukkan adanya serapan pada 1627 cm^{-1} sebagai bukti bahwa metil risinoleat telah mengalami nitration.

- Adnan, R. (2003). Sintesis aditif *cetane improver* dari minyak sawit dengan metode nitration melalui reaksi awal menggunakan Reagensia Grignard. *Tesis*. Fakultas Teknik Kimia Universitas Indonesia, Jakarta.
- Bari, S., & Esmail, M.M. (2010). Effect of H_2/O_2 addition increasing the thermal efficiency of a diesel engine. *Fuel*, 89(2), 378-383.

- Bruckner, R., & Harmata, M. (2010). *Organic mechanism: reaction, stereochemistry and synthesis*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Cainora, L., Alcantara, R., Torcal, S., Tsiovaras, N., Lois, E. & Korres, D.M. (2007). Nitration of biodiesel of waste oil: nitrated biodiesel as a cetane number enhancer. *Fuel*, 86(7-8), 965-971.
- Carey, F.A. (1996). *Organic chemistry*. Edisi 3. McGraw-Hill Companies.Inc. New York.
- Demirbas, A., & Karslioglu, S. (2007). Biodiesel production facilities from vegetables oils and animal fats. *Energy Source, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 29(2), 133-141.
- Demirbas, A. (2009). Potential resources of non-edible oils for biodiesel. *Energy Source, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 4(3), 310-314.
- Endyani, I.D., & Putra, T.D. (2011). Pengaruh penambahan zat aditif pada bahan bakar terhadap emisi gas buang mesin sepeda motor. *PROTON*, 3(1), 29-34.
- Han, W.Q, & Yao, C.D. (2015). Research on high cetane and high octane number fuels and the mechanism for their common oxidation and auto-ignition. *Fuel*, 150, 29-40.
- Hatami, M., Ganji, D.D., & Gorji-Bandpy, M. (2014). A review of different heat exchangers designs for increasing the diesel exhaust waste heat recovery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 168-181.
- Li, R., Wang, Z., Ni, P., Zhao, Y., Li, M., & Li, L. (2014). Effect of cetane number improvers on the performance of diesel engine fuelled with methanol/biodiesel blend. *Fuel*, 128, 180-187.
- Nasikin, M., Arbianti, R., & Aziz, A. (2002). Aditif peningkat angka setana bahan bakar solar yang disintesis dari minyak kelapa. *Makara, Teknologi*, 6(2): 83-88.
- Nasikin, M., & Makhdiyanti, A. (2003). Sintesis metil ester sebagai aditif bahan bakar solar dari minyak sawit. *Jurnal Teknologi*, 1, 45-50.
- Phasorn, M. (2003). *Synthesis of nitrate compounds from coconut oil as cetane improver*. Thesis. Chulalongkorn University, Bangkok.
- Siqueira, B.G., De, M.R.B., & Rabello, C.R., (2007). Method for production of cetane-index improvement additive for diesel oil. *European Patent Application*. EP2050810.
- Septiani, A.E.F. (2016). Pengaruh variasi rasio mol anhidrida asetat/metil risinoleat (AA/MR) dan waktu reaksi pada sintesis metil risinoleat. *Skripsi*. Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Suppes, G.J., & Dasari, M.A. (2003). Synthesis and evaluation of alkyl nitrates from triglycerides as cetane improvers. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42(21), 5042-5053.
- Suppes, G.J., Happert, J.A., & Mason, M.H.J.R. (2001). Process for producing cetane improvers from triglycerides. *United States Patent Application Publication*. AI0037598.