

Pengaruh Penambahan Aditif Berbasis Minyak Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) pada Bahan Bakar Minyak dan Prediksi Bilangan Oktan dengan Spektrofotometer Infra Merah

Galih Waskito*¹, Elvina Iftitah Dhiaul², Edi Priyo Utomo³

^{1,2,3}Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran Malang 65154

e-mail: *1galihwaskito212@gmail.com, 2vin_iftitah@yahoo.com, 3edipu2000@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan formulasi bahan bakar minyak dengan fraksi minyak nilam. Formulasi dilakukan menggunakan variasi penambahan fraksi minyak nilam sebanyak 1% dan 2 %. Produk formulasi tersebut dikarakterisasi dengan spektrofotometer infra merah untuk menentukan RON pada masing-masing produk. RON dihitung menggunakan tiga persamaan yang berbeda. Hasil RON persamaan 1 dan 2 cenderung menurun ketika diformulasikan dengan fraksi minyak nilam, sedangkan RON persamaan 3 meningkat ketika diformulasikan dengan fraksi minyak nilam. Fraksi minyak nilam dapat mempengaruhi karakteristik (berat jenis dan titik didih) bahan bakar minyak. Berat jenis bahan bakar minyak meningkat setelah ditambahkan fraksi minyak nilam, sedangkan titik didih bahan bakar minyak menurun setelah ditambahkan fraksi minyak nilam. Hubungan antara bahan bakar minyak standar dengan bahan bakar minyak pasaran ditentukan menggunakan *Linear Discriminant Analysis* (LDA). LDA digunakan untuk menjelaskan hubungan kedekatan antar kelompok data. Luaran analisis yang disajikan berupa grafik kanonikal 2D dimana masing-masing senyawa diposisikan berdasarkan variabel RON, berat jenis, dan titik didih terhadap jumlah tipe karakteristik bahan bakar minyak sebagai klasifikasi kelompok data. Hasil pendekatan karakteristik menunjukkan bahwa bahan bakar minyak standar berbeda dengan bahan bakar minyak pasaran.

Kata kunci: Fraksi minyak nilam, Formulasi, RON, Berat Jenis, Titik didih.

Abstract

Oil fuel formulation has been done with patchouli oil fraction. The formulation was performed using variations of patchouli oil fraction addition of 1 % and 2 %. The formulation product is characterized by infrared spectrophotometer to determine RON in each product. RON is calculated using three different equations. The RON results of equation 1 and 2 tend to decrease when formulated with the fraction of patchouli oil, while RON equation 3 increases when it is formulated with patchouli oil fraction. Patchouli oil fraction can affect the characteristics (specific gravity and boiling point) of fuel oil. The specific gravity of fuel oil increased after added fraction of patchouli oil, while the boiling point of fuel oil decreased after added patchouli oil fraction. The relationship between standard fuel oil and fuel oil of the market is determined using Linear Discriminant Analysis (LDA). LDA is used to describe the relationship between the groups of data. The results of the analysis presented are 2D canonical graphics in which each compound is positioned based on variable RON, specific gravity, and boiling point to the number of oil fuel characteristic types as the data group classification. The result of the characteristic approach indicates that the standard fuel oil is different from the fuel oil of the market.

Keywords: Patchouli oil fraction, Formulation, RON, Specific Gravity, Boiling point.

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak mempunyai fungsi yang sangat penting dalam mendukung pembangunan nasional, terutama pada sektor industri dan transportasi. Persaingan negara-negara produsen teknologi transportasi seperti Jepang dan Eropa mulai terlihat. Jepang menawarkan teknologi *fuel-cell* atau *mobil hybrid*, sedangkan Eropa memilih teknologi mesin yang hemat bahan bakar dan murah, namun emisi gas buangnya mengandung beberapa konstituen berbahaya, seperti CO, hidrokarbon, NO_x, dan SO₂ [1].

Salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi pencemaran adalah mereformulasikan bahan bakar dengan zat aditif yang berfungsi memperkaya kandungan oksigen dalam bahan bakar. Bahan aditif ini meningkatkan kinerja pembakaran atau menyempurnakan pembakaran dalam ruang bakar mesin, sehingga tenaga yang dihasilkan menjadi lebih besar sementara volume penggunaan bahan bakar minyak lebih sedikit. Salah satu terobosan terbaru dalam pemilihan aditif pada bahan bakar adalah aditif organik yang berasal dari tumbuhan alam [2].

Indonesia memiliki banyak tumbuhan penghasil minyak atsiri (*essential oils*). Minyak tersebut memiliki karakteristik menyerupai atau mendekati bahan bakar minyak, seperti mudah menguap, berat jenisnya rendah, dan tersusun dari senyawa-senyawa organik hidrokarbon spesifik, sehingga diharapkan dapat dijadikan sebagai bio aditif untuk bahan bakar minyak [3], seperti yang dihipotesiskan Khairil [4] bahwa penggunaan bio aditif dari serai wangi dapat menghemat penggunaan bensin 30-50 % pada kendaraan roda 2 dan 15-25 % pada kendaraan roda 4.

Minyak atsiri umumnya larut dalam pelarut organik seperti alkohol, eter, petroleum, benzene, dan tidak larut dalam air. Minyak atsiri diperoleh dari hasil penyulingan bagian tumbuh-tumbuhan tertentu dan sebagian sudah lama dibudidayakan di Indonesia [3]. Minyak nilam (*Pogostemon hortensis* Benth.) adalah contoh jenis minyak atsiri tersebut.

Minyak nilam (*Pogostemon hortensis* Benth.) diperoleh dengan cara destilasi uap dari akar, batang, ranting, maupun daun nilam. Kandungan minyak atsiri pada akar, batang, dan ranting nilam sekitar 0,4-0,5% dengan kandungan *patchouli alcohol* sebesar 30,56%, sedangkan daun nilam mengandung sekitar 0,5-1,5% dengan kandungan *patchouli alcohol* sebesar 33,16% [5,6]. Senyawa yang terkandung dalam minyak nilam dibagi menjadi dua golongan, yaitu terpen dan terpen-O. Untuk memisahkan senyawa terpen dan terpen-O dilakukan pemisahan dengan metode distilasi fraksinasi [7]. Golongan terpen-O merupakan golongan hidrokarbon yang memiliki ikatan dengan oksigen dan aroma yang lebih baik dari senyawa terpen, contohnya senyawa *patchouli alcohol* [3].

Senyawa *patchouli alcohol* merupakan salah satu parameter yang menentukan mutu minyak nilam [8]. Standar internasional untuk mutu terbaik minyak nilam adalah dengan kadar *patchouli alcohol* minimal 38% [9] dan 31% [5]. Minyak nilam dengan kadar *patchouli alcohol* tersebut yang mampu dijual ke pasar dengan harga tinggi. Sedangkan minyak nilam yang memiliki kadar *patchouli alcohol* rendah maupun tanpa *patchouli alcohol* dijual ke pasar dengan harga rendah hingga tidak laku dijual [8], sehingga perlu adanya pemanfaatan minyak nilam tanpa *patchouli alcohol* dengan dilakukannya formulasi dengan bahan bakar minyak.

Bahan bakar minyak merupakan senyawa hidrokarbon yang memiliki karakteristik dan sifat spesifik. Salah satu contohnya, yaitu bensin [10]. Bensin merupakan nama umum untuk beberapa jenis bahan bakar minyak yang diperuntukkan untuk mesin dengan pembakaran atau pengapian. Terdapat beberapa jenis bahan bakar jenis bensin yang memiliki nilai mutu pembakaran berbeda di Indonesia. Nilai mutu jenis bahan bakar minyak bensin ini dihitung berdasarkan nilai RON (*Research Octane Number*) [11].

RON merupakan bilangan yang merepresentasikan ukuran anti ketukan atau *antiknocking* dari bahan bakar minyak atau bensin. RON melalui pengujian yang mengacu pada standar ASTM D2699 [12]. Akan tetapi, pengujian tersebut membutuhkan waktu yang lama dan biaya mahal. Sehingga dilakukan pengujian yang efisien dan murah dengan memprediksi RON menggunakan spektrofotometer infra merah seperti pada penelitian Rashid [13] dan Iob [14].

Rashid dan Job menyatakan bahwa penggunaan spektrofotometer infra merah mampu memprediksi RON secara akurat.

2. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah piala gelas 100 mL dan 250 mL, botol semprot plastik, botol vial, botol sampel kaca, mikropipet, pipet ukur 10 mL, bola hisap, *water bath*, KG-SM Shimadzu QP2010S dan FTIR Spectrophotometer-8400S dan seperangkat alat distilasi. Sedangkan dalam pengujian bilangan oktan dengan pendekatan spektrofotometri infra merah menggunakan perangkat keras laptop Thosiba Satellite C55 Series dengan spesifikasi prosesor Intel (R) Core i3 dengan RAM 4GB, dan perangkat lunak Portable SPSS 2.2, Marvin Sketch 17.26.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak nilam tipe Jawa (*Pogostemon hortensis* Benth.) yang diperoleh dari distilasi uap bagian daun dan terbebas dari senyawa *patchouli alcohol*, isooktana *pro analys*, n-heptana *pro analys*, premium, pertalite, pertamax, dan pertamax turbo.

Prosedur Penelitian

Dilakukan identifikasi senyawa penyusun fraksi minyak nilam dan bahan bakar minyak pasaran menggunakan Kromatografi Gas-Spektrometer Massa. Bahan bakar minyak standar dibuat dengan mencampurkan iso-oktana sebanyak 44 mL dan n-heptana 6 mL untuk standar 88; 45 mL dan 5 mL untuk standar 90; 46 mL dan 4 mL untuk standar 92; 49 mL dan 1 mL untuk standar 98. Bahan bakar minyak standar dan bahan bakar minyak pasaran diformulasikan dengan fraksi minyak nilam menggunakan variasi penambahan 1 % dan 2 %. Bahan bakar minyak standar, bahan bakar minyak pasaran, dan produk formulasi dilakukan karakterisasi menggunakan Spektrofotometer Infra Merah. Hasil spektra dari masing-masing sampel diinterpretasikan untuk menentukan RON menggunakan tiga persamaan sebagai berikut:

$$\text{RON} = 777.8X + 39.87 \quad (1)$$

dimana,

$$X = \frac{\text{Abs}@1610 + \text{Abs}@800}{\text{Abs}@2920 + \text{Abs}@1455 + \text{Abs}@730}$$

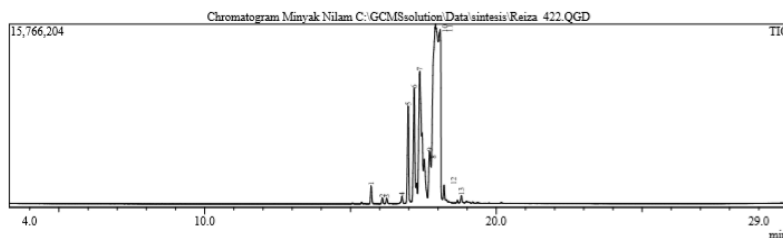
$$\text{RON} = -10,329 + 3,1303 \times 10^3 X - 3,3397 \times 10^4 X^2 + 1,30730 \times 10^5 X^3 \quad (2)$$

$$\text{RON} = 129,48 - 1,9838 \times 10^3 X + 2,8296 \times 10^4 X^2 - 1,14650 \times 10^5 X^3 \quad (3)$$

Bahan bakar minyak standar, bahan bakar minyak pasaran, dan produk formulasi juga dilakukan penentuan berat jenis menggunakan piknometer dan penentuan titik didih menggunakan metode distilasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

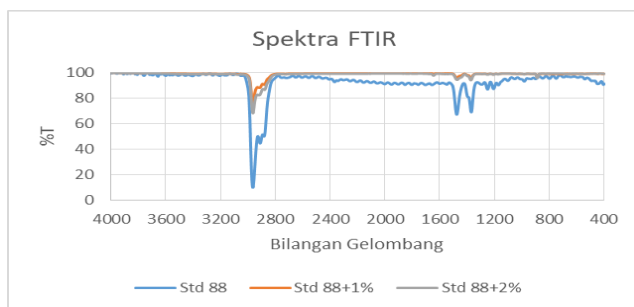
Hasil analisis fraksi minyak nilam menggunakan KG-SM diperoleh kromatogram yang menunjukkan terdapat 13 senyawa (puncak). Kromatogram ditunjukkan pada **Gambar 1**.



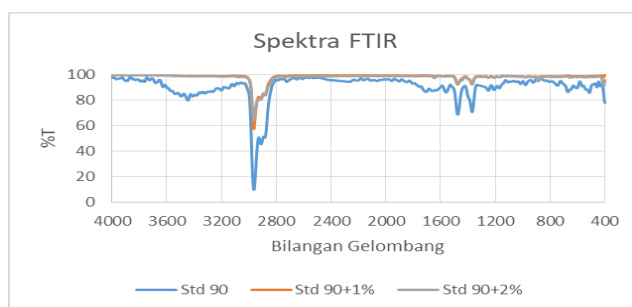
Gambar 1. Kromatogram fraksi minyak nilam hasil karakterisasi dengan instrumen KG-SM.

Dari 13 puncak yang diperoleh, puncak ke-10 merupakan puncak yang paling tinggi persentasinya. Puncak ini menunjukkan massa molekul sebesar 204 g/mol, dimana puncak ini adalah senyawa *alpha guaiene*.

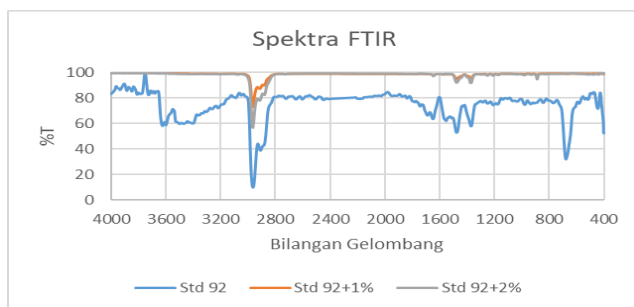
Formulasi dilakukan dengan menambahkan fraksi minyak nilam ke dalam masing-masing bahan bakar minyak standar dan bahan bakar minyak pasaran. Bahan bakar minyak standar dibuat dengan cara mencampurkan n-heptana dengan iso-oktana. Produk formulasi selanjutnya dilakukan karakterisasi dengan instrumentasi FT-IR. Berikut merupakan analisis masing-masing produk formulasi yang ditunjukkan pada **Gambar 2** hingga **Gambar 9** dibandingkan dengan masing-masing bahan bakar minyak standar dan bahan bakar minyak pasaran dengan instrumen FT-IR:



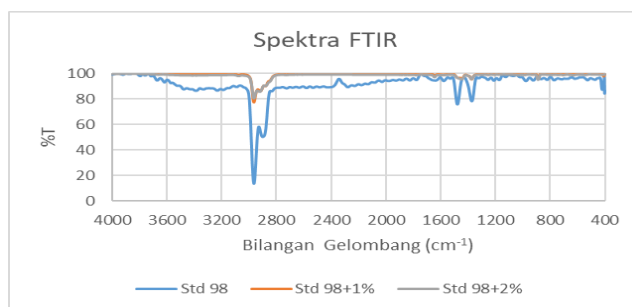
Gambar 2. Spektra IR standar 88 dan produk formulasinya.



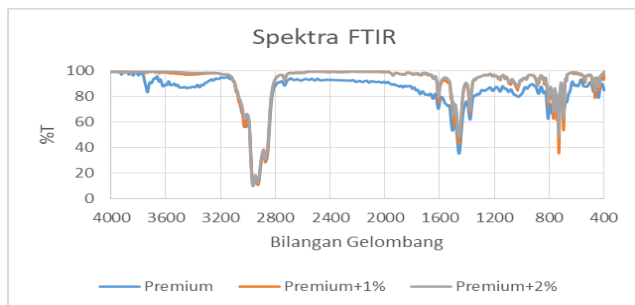
Gambar 3. Spektra IR standar 90 dan produk formulasinya.



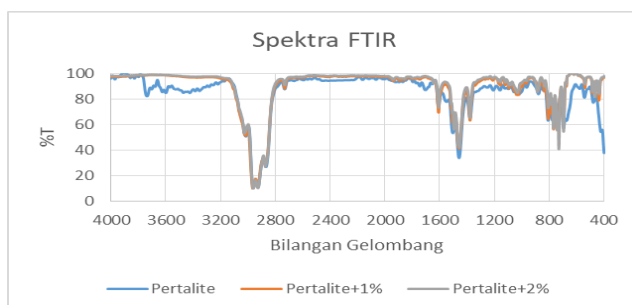
Gambar 4. Spektra IR standar 92 dan produk formulasinya.



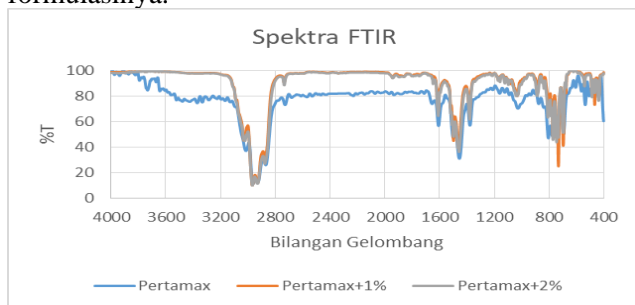
Gambar 5. Spektra IR standar 98 dan produk formulasinya.



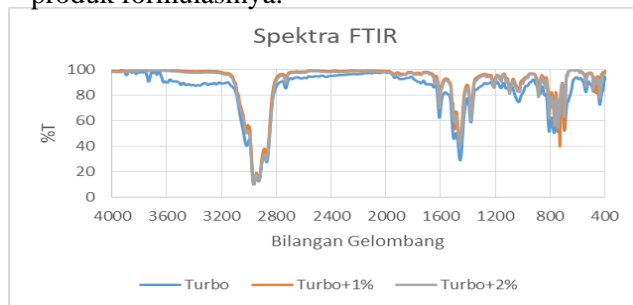
Gambar 6. Spektra IR premium dan produk formulasinya.



Gambar 7. Spektra IR peralite dan produk formulasinya.



Gambar 8. Spektra IR pertamax dan produk formulasinya.



Gambar 9. Spektra IR pertamax turbo dan produk formulasinya.

Spektra IR untuk masing-masing produk formulasi yang ditunjukkan pada Gambar 2 hingga Gambar 9 menandakan adanya perubahan puncak-puncak spektra yang dihasilkan. Puncak-puncak spektra produk formulasi relatif rendah dibandingkan dengan standarnya. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh dari fraksi minyak nilam yang telah diformulasikan. Dari kedelapan spektra IR tersebut terdapat serapan yang dominan dengan intensitas kuat pada bilangan gelombang 2970-2830 cm⁻¹ menandakan adanya ikatan C-H (sp³). Terdapat juga serapan pada bilangan gelombang 1470-1370 cm⁻¹ menandakan adanya CH₃ bending gugus alkana. Vibrasi C-H bending pada bilangan gelombang 900-665 cm⁻¹ muncul di keempat spektra tersebut yang menandakan adanya gugus alkena.

Penentuan RON dapat dilakukan dengan pengujian pendekatan spektrofotometer infra merah dengan persamaan sebagai berikut [13]:

$$RON = 777.8X + 39.87 \tag{1}$$

dimana,

$$X = \frac{Abs@1610 + Abs@800}{Abs@2920 + Abs@1455 + Abs@730}$$

Puncak 1610 cm⁻¹, 800 cm⁻¹, 730 cm⁻¹ biasanya berhubungan dengan gugus fungsi aromatik atau olefinik (hidrokarbon alkena), sedangkan puncak 2920 cm⁻¹ dan 1455 cm⁻¹ disebabkan oleh parafinik (hidrokarbon alkana) [13].

Tabel 1. Wilayah (region) dan pita (band) yang digunakan untuk menghitung RON [13].

Literatur [13]		Pekerjaan	
Wilayah (region)	Pita (band)	Wilayah (region)	Pita (band)
3020-2780 cm ⁻¹	2920 cm ⁻¹	3020-2780 cm ⁻¹	2926 cm ⁻¹
1620-1560 cm ⁻¹	1610 cm ⁻¹	1620-1560 cm ⁻¹	1609 cm ⁻¹
1480-1400 cm ⁻¹	1455 cm ⁻¹	1480-1400 cm ⁻¹	1454 cm ⁻¹
820-780 cm ⁻¹	800 cm ⁻¹	820-780 cm ⁻¹	806 cm ⁻¹
740-710 cm ⁻¹	730 cm ⁻¹	740-710 cm ⁻¹	729 cm ⁻¹

Persamaan polinomial yang dihitung telah memberikan koefisien korelasi sebesar 0,998 dan itu adalah sebagai berikut [14]:

$$RON = -10,329 + 3,1303 \times 10^3 X - 3,3397 \times 10^4 X^2 + 1,30730 \times 10^5 X^3 \tag{2}$$

dimana X mirip dengan yang di atas. Persamaan (2) memberikan nilai yang wajar di seluruh rentang, dari sekitar 70 hingga 100. Namun, karena penekanan utama evaluasi RON dari reformat akan berada di kisaran 90 hingga 100, penyempurnaan lebih lanjut dari persamaan ini dilakukan sebagai berikut [14]:

$$\text{RON} = 129,48 - 1,9838 \times 10^3 X + 2,8296 \times 10^4 X^2 - 1,14650 \times 10^5 X^3 \quad (3)$$

Berikut merupakan hasil perhitungan RON bahan bakar minyak dan produk formulasinya dari ketiga persamaan yang ditunjukkan pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 RON bahan bakar minyak dan produk formulasinya.

Nama Sampel	RON (1)	RON (2)	RON (3)
Standar 88	149,81	134,06	90,64
Standar 88+1%	119,34	100,3	99,89
Standar 88+2%	95,06	90,34	90,22
Standar 90	177,93	224,2	27,67
Standar 90+1%	116,50	98,92	99,05
Standar 90+2%	122,67	102,15	100,65
Standar 92	278,00	1569,24	-1115,76
Standar 92+1%	133,00	110,09	100,81
Standar 92+2%	109,63	96,09	96,45
Standar 98	109,50	96,04	96,4
Standar 98+1%	107,89	95,44	95,71
Standar 98+2%	104,85	94,32	94,39
Premium	223,74	506,36	-202,06
Premium+1%	155,41	146,24	83,37
Premium+2%	152,36	139,3	87,61
Pertalite	203,22	342,69	-66,45
Pertalite+1%	228,74	590,37	-272,82
Pertalite+2%	160,89	160,65	73,97
Pertamax	316,2	2117,05	-1592,95
Pertamax+1%	172,86	202,02	44,42
Pertamax+2%	217,4	518,82	-212,52
Pertamax Turbo	278,41	1209,97	-804,19
Pertamax Turbo+1%	184,36	256,73	2,45
Pertamax Turbo+2%	238,13	782,81	-436,53

Berdasarkan **Tabel 2**, bahwa RON bahan bakar minyak yang dihitung menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2) cenderung menurun ketika setelah diformulasi dengan fraksi minyak nilam. Sedangkan RON bahan bakar minyak yang dihitung menggunakan persamaan (3) mengalami kenaikan ketika setelah diformulasi dengan fraksi minyak nilam. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi minyak nilam dapat mempengaruhi RON (*Research Octane Number*) pada bahan bakar minyak.

Berat jenis ditentukan dengan cara mengukur berat masing-masing bahan bakar minyak dan produk formulasinya menggunakan piknometer yang ditimbang di dalam neraca analitis. Pengukuran dilakukan pada suhu 20°C, dimana air memiliki massa jenis sebesar 0,998 g/mL. Berikut merupakan berat jenis bahan bakar minyak dan produk formulasinya yang ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Berat jenis bahan bakar minyak dan produk formulasi.

Nama Sampel	Berat Jenis (g/mL)
Standar 88	0,6860
Standar 88+1%	0,6876
Standar 88+2%	0,6905

Standar 90	0,6870
Standar 90+1%	0,6875
Standar 90+2%	0,6899
Standar 92	0,6889
Standar 92+1%	0,6892
Standar 92+2%	0,6918
Standar 98	0,6877
Standar 98+1%	0,6880
Standar 98+2%	0,6902
Premium	0,7239
Premium+1%	0,7243
Premium+2%	0,7267
Pertalite	0,7278
Pertalite+1%	0,7350
Pertalite+2%	0,7382
Pertamax	0,7519
Pertamax+1%	0,7573
Pertamax+2%	0,7621
Pertamax Turbo	0,7352
Pertamax Turbo+1%	0,7416
Pertamax Turbo+2%	0,7432

Tabel 3. menjelaskan bahwa terjadi peningkatan berat jenis bahan bakar minyak setelah diformulasi dengan fraksi minyak nilam. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi minyak nilam dapat mempengaruhi berat jenis bahan bakar minyak karena komponen yang terkandung pada bahan bakar minyak bertambah setelah diformulasi dengan fraksi minyak nilam.

Titik didih ditentukan dengan menggunakan metode distilasi. Distilasi dilakukan pada *waterbath* yang bertujuan agar temperatur yang digunakan dapat diatur sesuai kebutuhan, yaitu pada temperatur 100°C. Proses distilasi dihentikan ketika sampel mendidih dan terkondensasi membentuk destilat, dimana destilat tetesan pertama yang dilihat temperatur dan menjadi tolak ukur titik didih yang diperoleh. Berikut merupakan titik didih bahan bakar minyak dan produk formulasinya yang ditunjukkan pada **Tabel 4.**

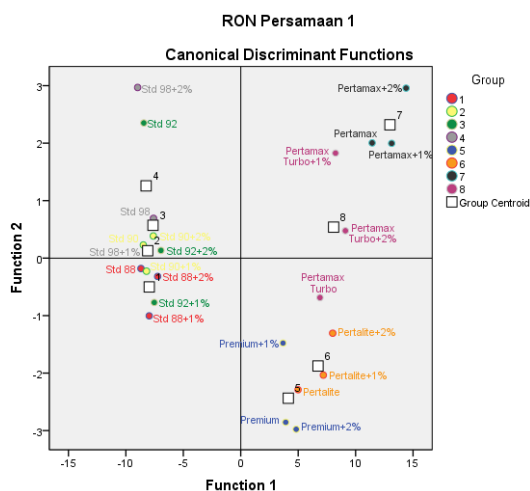
Tabel 4. Titik didih bahan bakar minyak dan produk formulasi.

Nama Sampel	Titik Didih (°C)
Standar 88	69
Standar 88+1%	65
Standar 88+2%	66
Standar 90	70
Standar 90+1%	68
Standar 90+2%	69
Standar 92	77
Standar 92+1%	65
Standar 92+2%	67
Standar 98	80
Standar 98+1%	69
Standar 98+2%	70
Premium	38
Premium+1%	43
Premium+2%	36
Pertalite	38
Pertalite+1%	35
Pertalite+2%	36

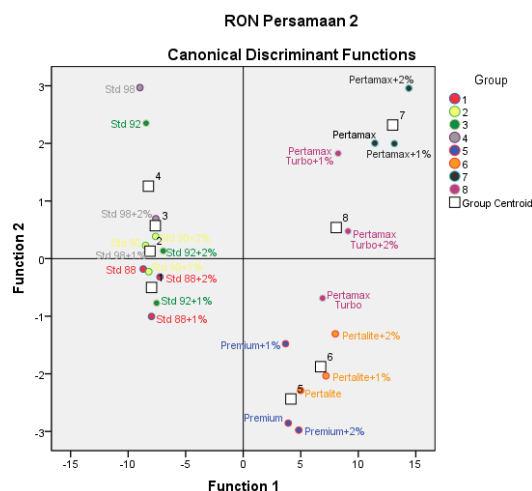
Pertamax	41
Pertamax+1%	38
Pertamax+2%	39
Pertamax Turbo	40
Pertamax Turbo+1%	46
Pertamax Turbo+2%	40

Titik didih yang diperoleh dari masing-masing bahan bakar minyak dan produk formulasi berkisar antara 35°C hingga 80°C. Penambahan fraksi minyak nilam ke dalam bahan bakar minyak dapat mempengaruhi titik didihnya. Hal tersebut dapat dijelaskan pada **Tabel 4**, bahwa titik didih bahan bakar minyak menurun yang tidak signifikan setelah ditambahkan fraksi minyak nilam.

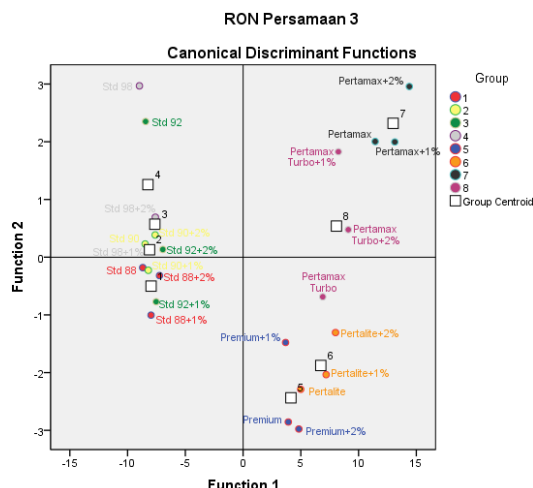
Hubungan antara bahan bakar minyak standar dengan bahan bakar minyak pasaran dapat diketahui dengan menggunakan *Linear Discriminant Analysis* (LDA). LDA digunakan untuk menjelaskan hubungan kedekatan antar kelompok data. Luaran analisis yang disajikan berupa grafik kanonikal 2D dimana masing-masing senyawa diposisikan berdasarkan variabel RON, berat jenis, dan titik didih terhadap jumlah tipe karakteristik bahan bakar minyak sebagai klasifikasi kelompok data. Sehingga dapat diasumsikan bahwa semakin dekat letak posisi senyawa maka senyawa tersebut memiliki karakteristik yang mirip. Berikut merupakan hasil LDA untuk ketiga persamaan perhitungan RON yang berbeda:



Gambar 10. Diagram kanonikal LDA bahan bakar minyak standar terhadap bahan bakar minyak pasaran menggunakan persamaan pertama.



Gambar 11. Diagram kanonikal LDA bahan bakar minyak standar terhadap bahan bakar minyak pasaran menggunakan persamaan kedua



Gambar 12. Diagram kanonikal LDA bahan bakar minyak standar terhadap bahan bakar minyak pasaran menggunakan persamaan ketiga.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan LDA pada **Gambar 10.** hingga **Gambar 12.** menunjukkan bahwa bahan bakar minyak standar berbeda dengan bahan bakar minyak pasaran. Hal tersebut dapat dilihat dari seluruh komponen yang menyebar pada keempat kuadran koordinat. Komponen pertalite+2% memiliki kemiripan karakteristik yang sangat dekat dengan komponen pertamax turbo. Begitu juga, komponen standar 92 memiliki kemiripan yang sangat dekat dengan standar 98+2%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan yaitu:

1. Fraksi minyak nilam dapat meningkatkan bilangan oktan bahan bakar minyak dengan perhitungan persamaan ketiga.
2. Fraksi minyak nilam dapat meningkatkan berat jenis bahan bakar minyak.
3. Komposisi fraksi minyak nilam 1% yang dapat menghasilkan angka oktan terbaik.
4. Bahan bakar minyak standar dan bahan bakar minyak pasaran berbeda berdasarkan karakteristiknya. Komponen pertalite+2% dengan pertamax turbo dan standar 92 dengan standar 98+2% memiliki kemiripan karakteristik yang sangat dekat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kadarohman, A., 2010, Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung
- [2] Astuti, W., dan Nur N.P., 2014, Peningkatan Kadar Geraniol Dalam Minyak Sereh Wangi dan Aplikasinya Sebagai *Bio Additive Gasoline*, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, Vol. 3, Edisi 1, ISSN: 2303-0623
- [3] Ketaren, 1985, Pengantar Teknologi Minyak Atsiri, PN Balai Pustaka, Jakarta
- [4] Khairil, S., 2010, Penggunaan Minyak Serai Wangi sebagai Bioaditif Untuk Penghematan Bahan Bakar Minyak, Lemigas, Jakarta
- [5] Aisyah, Y., dan N.E. Husna, 2014, Esterifikasi Fraksi Minyak Nilam Hasil Isolasi dari Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin*) dengan Asetat Anhidrida, *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI 2014*, Universitas Syiah Kuala, Aceh
- [6] SNI-6-2385-2006, 2007, Minyak Nilam, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- [7] Clark, G. S., 1998, Perfumer Flavorist.
- [8] Aisyah, Y., Pudji H., Hardjono S., Chusnul H., 2010, Peningkatan Kadar Patchouli Alkohol Minyak Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) dengan Menggunakan Membran

- Selulosa Asetat, Journal of Agritech, Vol. 30, No. 3
- [9] Essential Oils Association, 1975, Patchouli Oil Standard, Essential Oils Association, USA
- [10] Ma'mun, S., Suhirman H., Mulyana, dan Kustiwa D., 2011, Minyak Atsiri sebagai Bio Aditif Untuk Penghematan Bahan Bakar Minyak, BPTRO, Jakarta
- [11] BPH MIGAS, 2017, Komoditas BBM, www.bph-migas.com, diakses pada 24 Februari 2018
- [12] ASTM Method D-2699, Standard Method for Knock Characteristics of Motor Fuels by The Research Method, Vol. 05.04, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia
- [13] Rashid, H. A., Dekran S. B., Fakhri N. A., and Aziz H. J., 1989, Determination of Several Physical Properties of Light Petroleum Products Using IR, Fuel Science and Technology International, 7 (3), 237
- [14] Iob, A., Mohammed A. A., Bassam S. T., Jamal A. A., Syed A. A., and Abdulghani A., 1995, Prediction of Reformate Research Octane Number by FTIR Spectroscopy, Fuel, Vol. 74, No. 2