

Analisis dan Prediksi Komposisi Bahan Bakar Campuran Emulsi Stabil Bensin (Ron 90)-Butanol-Air pada Suhu Rendah

Dini Lestari*, Hanny Frans Sangian, dan Verna Albert Suoth

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi, Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado, Sulawesi Utara, 95115

*Corresponding author: dnlestari02@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk menentukan dan memprediksi komposisi bahan bakar campuran emulsi stabil butanol, bensin (RON 90), dan air pada suhu rendah. Emulsi dilakukan dalam labu ukur dengan ukuran 100 mL dengan bensin yang digunakan sebanyak 7 mL kemudian ditambahkan butanol sedikit demi sedikit. Untuk mendapatkan emulsi di bawah suhu ruangan dilakukan dengan bantuan *freezer* dan untuk memprediksi komposisi pada suhu tertentu yang tidak terukur saat pengukuran langsung digunakan metode regresi linear. Hasil dari penelitian ini diperoleh komposisi bensin-butanol-air dengan menggunakan butanol konsentrasi 99,5% pada suhu paling rendah adalah 88,6076-11,3354%-0,0570% dengan suhu 0°C. Dari hasil eksperimen didaatkan semakin rendah konsentrasi dari butanol yang digunakan maka semakin banyak butanol yang diperlukan untuk membentuk emulsi stabil dalam campuran. Dari perhitungan dengan metode regresi linear ditunjukkan bahwa suhu mempengaruhi jumlah butanol yang ditambahkan ke dalam campuran dan model regresi linear yang didapatkan tergolong kuat untuk digunakan sebagai model prediksi volume butanol.

Kata Kunci: Emulsi Stabil, Komposisi, Suhu

Analysis and Prediction Composition The Mixture Fuel of Gasoline (RON 90)-Butanol-Water in Stable Emulsion at Low Temperature

Abstract

Research has been conducted to determine and predict the fuel composition of a stable emulsion mixture of butanol, gasoline (RON 90), and water at low temperatures. Mixing was carried out in a 100 mL volumetric flask with 7 mL of gasoline used, and then butanol was added little by little. To get the emulsion under room temperature is done by a freezer and to predict the composition at a certain temperature which is not measurable when direct the measurement is used linear regression method. The results of this study showed that the composition of gasoline-butanol-water using butanol concentration of 99.5% at the lowest temperature was 88.6076%-11.3354%-0.0570% at 0°C. Experimental results it was found that the lower the concentration of butanol used, the more butanol needed to form a stable emulsion in the mixture. From calculations using the linear regression method, it is shown that temperature affects the amount of butanol added to the mixture. The linear regression model obtained is strong enough to be used as a prediction model for butanol volume.

Keywords: Composition, Stable Emulsion, Temperature

PENDAHULUAN

Dunia saat ini sedang menghadapi krisis energi, terutama dalam penyediaan bahan bakar fosil. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil adalah dengan mengembangkan penggunaan bahan bakar campuran. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan dalam bahan bakar campuran adalah butanol. Butanol dianggap dalam beberapa tahun terakhir sebagai bahan bakar alternatif yang menarik baik untuk aplikasi diesel maupun bensin.

Butanol atau n-butanol ($C_4H_{10}O$) merupakan salah satu jenis alkohol yang memiliki kandungan oksigen yang tinggi. Butanol dapat terbuat dari bahan-bahan yang dapat diperbaharui seperti *silverskin* kopi (Procentese, 2018), limbah jagung (Zhang, 2018), limbah pati gandum (Luo, 2018), dan lainnya. Hal ini dapat menjadikan butanol sebagai bahan bakar yang menjanjikan dan ramah lingkungan karena dapat berasal dari bahan-bahan alam. Butanol memiliki karakteristik yang mirip dengan bensin dan dapat memberikan oksigenat alternatif dalam bahan bakar campuran (Kolesinska, 2019). Seperti dalam eksperimen eksperimental pada karakteristik pembakaran, kinerja, dan emisi butanol sebagai oksigenat dalam mesin SI (spark ignition) yang dilakukan oleh (Li Yu *et al.*, 2017), menyatakan bahwa butanol bisa menjadi bahan bakar alternatif yang baik untuk bensin karena potensinya untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi polutan. Beberapa keuntungan penggunaan bahan bakar campuran butanol untuk pengoperasian mesin adalah: kemampuan bercampur yang baik dengan bahan bakar bensin dan solar, nilai kalor yang lebih tinggi daripada etanol, higroskopisitas lebih rendah, korosivitas lebih rendah dan kemungkinan penggantian bahan bakar penerbangan (Czerwinski *et al.*, 2018).

Pada tahun 2010, Rakopoulus melakukan penelitian mengenai efek campuran bahan bakar butanol-solar pada kinerja dan emisi mesin diesel kecepatan tinggi. Dalam penelitian tersebut menggunakan isomer butanol yaitu n-butanol (atau disebut 1-butanol) memiliki struktur rantai karbon lurus dan gugus hidroksil (- OH) pada ujungnya. Butanol tersebut dapat bercampur dengan bahan bakar diesel pada pada rasio pencampuran 8/92, 16/84 dan 24/76 (berdasarkan volume) tanpa penambahan zat pengemulsi. Selain sebagai bahan oksigenat, butanol dapat bertindak sebagai surfaktan dikarenakan butanol terdiri dari gugus hidrofilik (- OH) dan gugus hidrofobik (rantai karbon).

Penelitian kali ini akan dilakukan analisis tentang komposisi bahan bakar campuran butanol, bensin (RON 90), dan air dalam emulsi stabil pada suhu rendah. Sebelumnya juga telah dilakukan penelitian mengenai komposisi bahan bakar campuran air, etanol, dan bensin (RON 88) dalam larutan satu fasa (Sangian *et al.*, 2021) tetapi dalam penelitian ini pencampuran terjadi pada suhu ruang yaitu sekitar 25°C sampai 30°C. Dikarenakan dalam penelitian tersebut suhu yang digunakan dibatasi pada suhu ruangan, oleh sebab itu peneliti tertarik untuk menganalisis komposisi bahan bakar campuran emulsi stabil dengan bahan yang berbeda yaitu butanol dan bensin RON 90 pada jangkauan suhu yang rendah.

Selain itu, untuk menganalisis komposisi bahan bakar emulsi stabil dari butanol, bensin, dan air pada jangkauan suhu yang sangat luas maka dalam penelitian ini juga akan dilakukan prediksi volume butanol dalam bahan bakar campuran emulsi stabil dengan menggunakan suatu model matematika yaitu regresi linear.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi dan Energi Terbarukan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi dari bulan Juli 2022 sampai Februari 2023 dengan menerapkan protokol kesehatan.

Alat dan Bahan

Alat

Gelas ukur, pipet tetes, termometer digital, freezer

Bahan

Bahan yang digunakan, adalah bensin (RON 90), 1-butanol, dan air.

Metode

Pengenceran Butanol

Penelitian ini diawali dengan pengenceran butanol 99.5% menjadi butanol 96%, 93.86%, 90%, 85%, dan 80%. Pengenceran butanol ini menggunakan air sebagai pelarutnya. Adapun rumus pengenceran yang digunakan yaitu:

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

Keterangan:

V_1 = Volume awal (mL) M_1 = Konsentrasi awal

V_2 = Volume akhir (mL) M_2 = Konsentrasi akhir

Pengenceran dilakukan dalam gelas ukur dengan ukuran 500 mL. Setelah proses pengenceran, masing-masing konsentrasi butanol tersebut dimasukkan ke dalam botol plastik steril.

Pencampuran Bensin dan Butanol Berair

Pencampuran dilakukan dalam labu ukur dengan ukuran 100 mL. Kemudian dimasukkan 7 mL bensin kedalam labu ukur tersebut lalu ditambahkan butanol sedikit demi sedikit menggunakan pipet tetes sambil di aduk hingga mencapai emulsi yang stabil (menjadi satu fasa). Setelah terjadi emulsi yang stabil, campuran diukur suhunya menggunakan thermometer. Setelah itu, untuk mendapatkan hasil emulsi dengan variasi suhu dibawah suhu ruang campuran dimasukkan kedalam mesin pendingin (*freezer*) dengan keadaan bagian atas labu ukur tertutup rapat. Beberapa saat setelah dimasukkan kedalam *freezer*, campuran diamati kembali untuk melihat keadaan campuran. Proses ini terus diulang hingga campuran tidak lagi terpisah menjadi dua fasa kemudian mengulangi tahapan sebelumnya dengan konsentrasi butanol yang berbeda.

Analisis Data

Setelah proses emulsi dilakukan didapatkan data berupa volume bensin, volume butanol, dan suhu pada saat emulsi. Untuk mendapatkan volume dari butanol murni digunakan rumus perbandingan volume dengan konsentrasi:

$$V_{BM} = V_B \times \frac{M_B}{100\%}$$

Keterangan:

V_{BM} = Volume butanol murni (mL)

V_B = Volume butanol (mL)

M_B = Konsentrasi Butanol

Untuk menghitung volume air yang terdapat dalam butanol digunakan rumus:

$$V_A = V_B \times \frac{(M_B - 100\%)}{100\%}$$

Keterangan:

V_A = Volume air (mL)

V_B = Volume butanol (mL)

M_B = Konsentrasi Butanol

Dari data volume bensin, butanol murni, dan air ini diperoleh data komposisi bensin, butanol, dan air. Komposisi bensin, butanol dan air dalam campuran dapat dihitung secara matematis menggunakan rumus:

$$\%V_{zat} = \frac{V_{zat}}{V_{total}} \times 100\%$$

Keterangan:

$\%V_{\text{zat}}$ = Komposisi zat/bahan yang akan
dihitung

V_{zat} = Volume zat yang akan dihitung

V_{total} = Volume total zat dalam campuran

Untuk menganalisis komposisi air, butanol, dan bensin (RON 90) yang terdapat dalam bahan bakar campuran digunakan *triangular graph*. *Triangular graph* atau diagram segitiga banyak digunakan dalam bidang kimia untuk mempresentasikan hasil komposisi dari tiga bahan. Setelah mendapatkan data secara eksperimen, model matematika dirumuskan untuk mencari volume prediksi dari komponen butanol. Adapun *software* yang akan digunakan untuk memprediksi komposisi volume prediksi dari komponen butanol adalah *Microsoft Excel 2019*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Komposisi Bensin (RON 90)-Butanol-Air dalam Emulsi Stabil

Emulsi stabil bensin, butanol dan air dapat terjadi karena bagian OH dari butanol bersifat polar dan bagian C_4H_9 bersifat non-polar. Oleh karena itu butanol berperan penting dalam menghubungkan antara air dan bensin karena bagian polarnya dapat mengikat air sedangkan bagian non polarnya dapat mengikat bensin. Dalam eksperimen digunakan enam jenis butanol dengan konsentrasi yang berbeda yaitu butanol 99,5%, butanol 96%, butanol 93,86%, butanol 90%, butanol 85%, dan butanol 80%. Pada suhu ruangan, butanol dengan konsentrasi 99,5% hingga 85% dapat membentuk emulsi yang stabil saat dicampurkan dengan bensin RON 90. Sedangkan butanol dengan konsentras 80% mengalami ketidakstabilan emulsi saat dicampurkan dengan bensin RON 90 pada suhu ruang. Hal ini diduga karena butanol yang bertindak sebagai surfaktan dalam campuran memiliki kandungan air yang melebihi kemampuan surfaktan untuk mengikat air dan bensin sehingga bensin yang tidak teremulsi stabil berkoalesensi membentuk fasa tersendiri.

Dalam penelitian dengan menggunakan konsentrasi 99,5% didapatkan campuran sudah tidak mengalami dua fasa pada suhu 0°C dengan komposisi butanol 11,3354%, bensin 88,6076%, dan air 0,0570%. Pada penelitian dengan butanol konsentrasi 99,5% ini memiliki jangkauan suhu dari 29°C hingga 0°C . Dalam emulsi bensin dengan butanol berkonsentrasi 99,5% komposisi bensin masih mendominasi dibanding dengan komposisi butanol dan air. Pada penelitian dengan menggunakan butanol konsentrasi 96% ini memiliki jangkauan suhu dari $27,3^{\circ}\text{C}$ hingga $-8,4^{\circ}\text{C}$. Dalam penelitian dengan menggunakan konsentrasi ini juga didapatkan campuran sudah tidak mengalami dua fasa pada suhu $-8,4$ dengan komposisi butanol 32,0000%, bensin 66,6667%, dan air 1,3333%. Komposisi bensin masih mendominasi campuran sama seperti yang terjadi pada penelitian dengan konsentrasi 99,5%. Pada penelitian dengan menggunakan butanol konsentrasi 93,86% ini memiliki jangkauan suhu dari $27,9^{\circ}\text{C}$ hingga $-13,6^{\circ}\text{C}$. Emulsi dimulai dari suhu $27,9^{\circ}\text{C}$ kemudian pada suhu $20,4^{\circ}\text{C}$ mengalami ketidakstabilan emulsi sehingga ditambahkan butanol sebanyak 1,5 mL untuk membuat emulsi menjadi stabil kembali. Ketidakstabilan emulsi terus terjadi hingga suhu campuran menjadi $-13,6^{\circ}\text{C}$ dengan total volume butanol yang ditambahkan sebanyak 9 mL dengan komposisi butanol 52,7963%, bensin 43,7500%, dan air 3,4538%. Komposisi bensin lebih banyak daripada bahan yang lain dalam campuran pada konsentrasi ini sama seperti yang terjadi pada konsentrasi sebelumnya, namun saat suhu campuran $-13,6^{\circ}\text{C}$ komposisi butanol menjadi lebih banyak dibanding dengan komposisi bensin dan air.

Pada penelitian dengan menggunakan butanol konsentrasi 90% memiliki jangkauan suhu dari $27,3^{\circ}\text{C}$ hingga $-0,5^{\circ}\text{C}$. Dalam penelitian dengan menggunakan konsentrasi ini didapatkan emulsi sudah tidak mengalami dua fasa pada suhu $-0,5^{\circ}\text{C}$ dengan komposisi butanol 66,6667%, bensin 25,9259%, dan air 7,4074%. Setelah emulsi pada suhu ini, campuran cenderung membentuk kristal es. Komposisi bensin, butanol, dan air pada konsentrasi ini, komposisi butanol yang digunakan lebih banyak dibanding komposisi bahan-bahan lainnya. Pada penelitian dengan menggunakan butanol konsentrasi 85% memiliki jangkauan suhu dari $29,7^{\circ}\text{C}$ hingga 0°C . Dalam penelitian dengan menggunakan konsentrasi ini didapatkan emulsi sudah tidak mengalami dua fasa pada suhu 0°C dengan komposisi butanol 79,2429%, bensin 6,7731%, dan air 13,9840%. Setelah emulsi pada suhu ini, campuran cenderung membentuk

kristal es. Hal ini terjadi karena air yang bertindak sebagai pelarut memiliki titik beku yang lebih tinggi daripada butanol sehingga campuran mengalami pembekuan di bawah titik beku pelarutnya atau air. Sama seperti pada penelitian dengan konsentrasi 90%, komposisi butanol yang digunakan pada konsentrasi ini lebih banyak dibanding komposisi bahan-bahan lainnya.

Prediksi Komposisi Bensin (RON 90), Butanol, dan Air dalam Emulsi Stabil Pada Suhu Tertentu

Dalam memprediksi komposisi bensin (RON 90), butanol, dan air pada suhu tertentu dalam penelitian ini digunakan bentuk matematik yaitu regresi linear dikarenakan data volume butanol yang didapatkan dari hasil eksperimen mengalami peningkatan saat suhu disekitar rendah. Setiap data komposisi dari masing-masing konsentrasi diolah menggunakan fitur *data analysis* yang terdapat dalam *software Microsoft Excel*. Dalam penelitian ini parameter suhu menjadi variable bebas dan volume butanol sebagai variable terikat.

Hasil uji simultan F pada Microsoft Excel, nilai signifikansi F pada semua konsentrasi bernilai di bawah 0,05 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hal ini dapat diartikan bahwa hipotesis H_1 yang menyatakan suhu dapat mempengaruhi penambahan volume butanol dalam emulsi stabil diterima. Dalam Tabel 1 juga ditunjukkan nilai koefisien determinasi hubungan suhu dengan volume butanol di dalam campuran dimana pada konsentrasi 90% memiliki nilai koefisien determinasi paling rendah yaitu 0,794. Berdasarkan hasil ini, koefisien determinasi dari setiap eksperimen bernilai lebih dari 0,67 sehingga tergolong kuat (Chin, 1998). Dari kedua nilai yang didapatkan tersebut dapat diartikan parameter suhu berpengaruh pada penambahan volume butanol di dalam campuran dan model regresi linear yang didapatkan dapat digunakan untuk memprediksi volume butanol.

Tabel 1. Nilai koefisien determinan dan signifikansi F dari setiap konsentrasi

Konsentari Butanol Berair	Model Regresi Linear	Koefisien Determinan (R^2)	Signifikansi F
Butanol 99,5%	$y = -0,0256x + 0,9024$	0,931	$4,37 \times 10^{-4}$
Butanol 96%	$y = -0,0374x + 2,0859$	0,957	$1,29 \times 10^{-4}$
Butanol 93,86%	$y = -0,1405x + 6,8471$	0,959	$3,85 \times 10^{-6}$
Butanol 90%	$y = -0,3037x + 21,331$	0,794	$5,44 \times 10^{-4}$
Butanol 85%	$y = -1,4862x + 96,906$	0,966	$7,53 \times 10^{-5}$

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil eksperimen Komposisi bensin-butanol-air yang didapatkan pada suhu paling rendah dalam emulsi stabil dari proses pencampuran menggunakan butanol konsentrasi 99,5% yaitu 88,6076%-11,3354%-0,0570% dengan suhu 0°C. Pada butanol konsentrasi 96% yaitu 66,6667%-32,0000%-1,3333% dengan suhu -8,4°C. Pada butanol konsentrasi 93,86% yaitu 43,7500%-52,7963%-3,4538% dengan suhu -13,6°C. Pada butanol konsentrasi 90% yaitu 25,9259%-66,6667%-7,4074% dengan suhu -0,5°C. Pada butanol konsentrasi 85% yaitu 6,7731%-79,2429%-13,9840% dengan suhu 0°C. Berdasarkan hasil uji simultan F dan uji nilai koefisien determinasi dari hubungan suhu dengan volume butanol dalam campuran didapatkan nilai signifikansi F pada semua konsentrasi bernilai di bawah 0,05 dan koefisien determinasinya bernilai lebih dari 0,67 untuk setiap konsentrasi butanol. Hal ini dapat diartikan bahwa suhu mempengaruhi jumlah butanol yang ditambahkan ke dalam campuran dan model regresi linear yang didapatkan dapat digunakan sebagai model prediksi volume butanol. Semakin rendah konsentrasi dari butanol yang digunakan maka semakin banyak volume butanol yang bisa ditambahkan ke dalam campuran. Suhu juga berpengaruh terhadap stabilitas emulsi di dalam campuran bensin (RON 90), butanol, dan air dimana komposisi butanol yang digunakan meningkat saat suhu mengalami penurunan.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode lain untuk mengamati stabilitas emulsi bahan bakar campuran bensin (RON 90), butanol, dan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Czerwinski, J., Gudel, M., dan Engelmann, D. 2018. Combustion and Emissions of a Small SI Engine with Buthanol Blend Fuels. International Automotive Conference. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/421/4/042012/pdf>. Diakses tanggal 08 Juli 2022
- Elfasakhany, Ashraf. 2015. Investigations on The Effects Of Ethanol–Methanol–Gasoline Blends In A Spark-Ignition Engine: Performance And Emissions Analysis. Engineering Science and Technology, an International Journal. **18 (4)**: 713-719.
- Feng, R., Fu, J., Yang, J., Wang, Y., Li, Y., Deng, B., Liu, J., dan Zhang, D. 2015. Combustion and Emissions Study On Motorcycle Engine Fueled With Butanol-Gasoline Blend. Renewable Energy. **81**: 11
- Kolesinska, B., Fraczyk, J., Binczarski, M., Modelska, M., Berlowska, J., Dziugan, P., Antolak, H., Kaminski, Z.J., Witonska, I.A., dan Kregiel, D. 2019. Butanol Synthesis Routes for Biofuel Production: Trends and Perspectives. doi:10.3390/ma12030350. Diakses pada 06 Oktober 2022.
- Li, Y., Gong, J., Yuan, W., Fu, J., Zhang, B., dan Li, Y. 2017. Experimental Investigation on Combustion, Performance, and Emissions Characteristics of Butanol as An Oxygenate In A Spark Ignition Engine. Advances in Mechanical Engineering. **9(2)**: 1-13.
- Luo, W., Zhang, Z., Pan, H., Zhao, L., Xu, C., dan Yu, X. 2018. Feasibility of butanol production from wheat starch wastewater by *Clostridium acetobutylicum*. Energy. **154**: 240-248
- Procentese, A., Raganati, F., Navirini, L., Olivieri, G., Russo, M. E., dan Marzocchella, A. 2018. Coffee Silverskin as a Renewable Resource to Produce Butanol and Isopropanol. Chemical Engineering Transaction. **64**: 139-144.
- Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D., Giakoumis, E. G., Dimaratos, A. M., dan Kyritsis, D. C. 2010. Effects of butanol–diesel fuel blends on the performance and emissions of a high-speed DI diesel engine. Energy Conversion and Management. **51**: 1989-1997.
- Sangian, H.F., 2021. Analysis of Water-Ethanol-Gasoline (RON 88) Compositions in One Phase Substance-Using Triangular Graph. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1115/1/012050/meta>. Diakses pada tanggal 18 Mei 2022.
- Zhang, J., dan Baolei, J. 2018. Enhanced butanol production using *Clostridium beijerinckii* SE-2 from the waste of corn processing. Biomass and Bioenergy. **115**: 260-266.