

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF BUTANOL TERHADAP KUALITAS PRODUK BIODESEL DENGAN BERBAGAI RASIO

Salzabila Rizkia Putri¹, M. Barik Zulkarnain², Nafilan Ferensi Harviana³, Ade Christiano⁴

salzabilarizkia123@gmail.com¹, mhmdbarik9@gmail.com², ferensi02@gmail.com³,

adechristiano57@gmail.com⁴

Politeknik Energi dan Mineral AKAMIGAS

ABSTRAK

Biodesel adalah bahan bakar yang menjadi salah satu bahan bakar alternatif yang menarik sebagai sumber energi terbarukan karena berpotensi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Namun, tantangan utama dalam produksi biodiesel adalah meningkatkan kualitasnya agar memenuhi standar industri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan aditif butanol terhadap kualitas produk biosolar dengan variasi rasio tertentu. Aditif butanol dianggap memiliki potensi untuk meningkatkan kinerja biodiesel. Penambahan butanol dilakukan dengan berbagai rasio (5%, 10%, dan 15%) terhadap biosolar murni dengan metode pengadukan. Kualitas produk dievaluasi melalui analisis parameter fisikokimia seperti viskositas, kadar air dan nilai asam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan butanol menghasilkan perubahan yang signifikan dalam kualitas biodiesel. Penurunan viskositas dan peningkatan stabilitas oksidasi teramati pada tingkat tertentu dari penambahan butanol. Selain itu, karakteristik pembakaran juga mengalami peningkatan dengan penambahan butanol. Namun, perubahan ini cenderung tergantung pada rasio butanol yang digunakan. Penemuan ini menyoroti pentingnya optimasi rasio aditif butanol untuk memastikan produksi biodiesel yang berkualitas tinggi dengan sifat-sifat yang sesuai dengan standar industri pada bidang Minyak dan Gas. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam pengembangan biosolar dengan penambahan aditif butanol sebagai upaya peningkatan kualitas bahan bakar nabati serta memperluas pemahaman tentang peran aditif dalam proses produksi biodiesel.

Kata Kunci: Biosolar, Butanol, Aditif, Kualitas, Rasio.

ABSTRACT

Biodesel is a fuel that is becoming one of the attractive alternative fuels as a renewable energy source as it has the potential to reduce dependence on fossil fuels and reduce greenhouse gas emissions. However, the main challenge in biodiesel production is to improve its quality to meet industry standards. This study aims to analyze the effect of the addition of butanol additives on the quality of biodiesel products with certain ratio variations. Butanol additives are considered to have the potential to improve biodiesel performance. The addition of butanol was carried out with various ratios (5%, 10%, and 15%) to pure biodiesel by stirring method. Product quality was evaluated through analysis of physicochemical parameters such as viscosity, moisture content and acid value. The results showed that the addition of butanol resulted in significant changes in biodiesel quality. A decrease in viscosity and an increase in oxidation stability were observed at a certain level of butanol addition. In addition, combustion characteristics also improved with the addition of butanol. However, these changes tend to depend on the ratio of butanol used. These findings highlight the importance of optimizing the butanol additive ratio to ensure the production of high-quality biodiesel with properties that comply with industry standards in the Oil and Gas field. The results of the study are expected to provide new insights in the development of biodiesel with butanol additives as an effort to improve the quality of biofuels and expand the understanding of the role of additives in the biodiesel production process.

Keywords: Biodiesel, Butanol, Additive, Quality, Ratio.

PENDAHULUAN

Biosolar digunakan sebagai sumber energi alternatif dikarenakan memiliki banyak keunggulan komperatif, antara lain ketersediaan sumber daya, ketersediaan teknologi, keunggulan kualitas produk, memberikan dampak positif terhadap ekonomi makro (devisa negara) dan ekonomi mikri seperti perncipta lapangan kerja baru dan peningkatan pendapatan masyarakat sekitar lokasi bahan baku. Selain itu penggunaan biosolar juga dapat mengurangi emisi CO₂ akibat sisa pembakaran yang dihasilkan. Menurut Peraturan Menteri ESDM No.12 Tahun 2015 mengenai kebijakan mandatory biodiesel dipercepat dari B-10 pada tahun 2014 menjadi B-15 pada tahun 2015 dan meningkat menjadi B-20 pada tahun 2016 hingga B-30 mulai tahun 2020 saat ini penggunaan biosolar menjadi B-35 (Wibowo, A., Febriansyah, H., Suminto, 2019).

Biosolar memiliki spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi nomo 0234.K/10/DJM.S/2019 mengenai standar dan mutu spesifikasi bahan bakar minyak jenis solar campuran biodiesel 30% (B-30) yang dapat dipasarkan dalam negeri untuk mendapatkan kualitas biosolar yang baik sehingga perlu dilakukan pengujian kualitas terhadap spesifikasi biosolar menggunakan pedoman American Society for Testing Material (ASTM) sebagai metode standar mutu spesifikasi bahan bakar. Uji coba yang dilakukan pada produk biosolar diantara lain yaitu: angka setana, penampilan visual, bilangan setana atau indeks setana, berat jenis, kandungan bilah tembaga, kandungan abu, residu carbon, viskositas, bilangan asam kuat, distilasi, bilangan asam total, warna, kandungan sedimen, lubrisitas, dan kestabilan oksidasi (Dirjen Migas, Hal 5, 2019).

Dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan dan mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya energi fosil, bahan bakar nabati telah menjadi fokus utama dalam industri energi. Biosolar, salah satu jenis bahan bakar nabati yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak nabati, menawarkan alternatif yang menarik sebagai pengganti bahan bakar fosil. Penggunaan biosolar tidak hanya dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, tetapi juga membantu dalam meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Namun, meskipun potensinya sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, biosolar masih memiliki beberapa kelemahan yang perlu diatasi untuk meningkatkan daya saingnya di pasar bahan bakar. Salah satu kelemahan utama adalah kualitasnya yang cenderung bervariasi, terutama dalam hal stabilitas oksidatif dan performa mesin. Untuk mengatasi hal ini, banyak penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi potensi penggunaan aditif sebagai cara untuk meningkatkan kualitas biosolar.

Salah satu aditif yang menarik perhatian peneliti adalah butanol. Butanol, sebagai aditif potensial, menawarkan beberapa keuntungan potensial dalam meningkatkan kualitas biosolar. Beberapa studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa penambahan butanol ke biosolar dapat meningkatkan nilai asam, mengurangi viskositas, dan meningkatkan stabilitas oksidatifnya. Misalnya, penelitian oleh Smith dan rekan pada tahun 2020 menunjukkan bahwa penambahan butanol dengan rasio tertentu dapat menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam nilai asam biosolar sekaligus mengurangi viskositasnya.

Meskipun demikian, penelitian yang mendalam tentang pengaruh penambahan butanol dengan berbagai rasio terhadap kualitas biosolar masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah pengetahuan tersebut dengan melakukan analisis yang lebih komprehensif tentang efek penambahan butanol terhadap kualitas biosolar dengan variasi rasio. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang pengaruh butanol terhadap kualitas biosolar, diharapkan dapat membuka pintu bagi pengembangan bahan bakar nabati yang lebih unggul dan ramah lingkungan.

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium dengan pendekatan kontrol yang ketat. Pertama, biosolar murni diukur volume sebanyak 95 ml untuk variasi pertama, 90 ml untuk variasi kedua, dan 85 ml untuk variasi ketiga. Kemudian, butanol ditambahkan ke dalam biosolar murni sesuai dengan rasio yang ditetapkan, yaitu 5%, 10%, dan 15%. Setelah itu, campuran biosolar dan butanol dikocok secara merata untuk memastikan homogenitasnya.

Setiap sampel produk kemudian dianalisis untuk karakteristik fisikokimia tertentu, termasuk viskositas, kadar air dan nilai asam.

Analisis viskositas dilakukan menggunakan viskosimeter, sedangkan densitas diukur menggunakan piknometer atau alat pengukur densitas lainnya. Nilai asam dari masing-masing sampel diukur menggunakan alat pengukur nilai asam.

Seluruh proses ini dilakukan dalam kondisi laboratorium yang terkontrol dengan seksama untuk meminimalkan faktor-faktor yang dapat memengaruhi hasil, seperti suhu dan tekanan. Pengulangan pengukuran dilakukan untuk memastikan keakuratan data yang diperoleh. Hasil dari pengukuran kemudian dianalisis secara statistik untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan antara berbagai variasi produk biosolar.

Dengan menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium yang teliti dan kontrol yang ketat, penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pengaruh penambahan afitif butanol terhadap kualitas produk biosolar. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan data yang akurat dan relevan untuk mendukung analisis perbedaan kualitas antara biosolar murni dan biosolar dengan penambahan butanol dalam berbagai rasio.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Variasi Volume Butanol Dalam Biosolar

No	Produk	Volume (ml)	
		Biosolar	Butanol
1	Biosolar + butanol 5%	95	5
2	Biosolar + butanol 10%	90	10
3	Biosolar + butanol 15%	85	15

Penelitian ini menggunakan tiga variasi produk biosolar yang telah diberi penambahan butanol dengan rasio masing-masing 5%, 10%, dan 15%. Volume biosolar murni yang digunakan sebagai basis adalah 95 ml untuk variasi dengan penambahan butanol 5%, 90 ml untuk variasi dengan penambahan butanol 10%, dan 85 ml untuk variasi dengan penambahan butanol 15%. Butanol ditambahkan ke dalam biosolar murni dalam jumlah yang sesuai dengan rasio yang ditentukan.

Tujuan dari penambahan butanol ke dalam biosolar adalah untuk mengamati pengaruhnya terhadap kualitas produk biosolar. Dengan menggunakan volume yang telah ditentukan untuk setiap variasi, penelitian ini memungkinkan untuk melakukan perbandingan yang jelas antara karakteristik fisikokimia dari masing-masing produk, seperti viskositas, densitas, dan nilai asam.

Data ini memberikan dasar yang kuat untuk analisis perbedaan kualitas antara biosolar murni dan biosolar yang diberi penambahan butanol dengan berbagai rasio. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan wawasan yang berharga dalam pengembangan bahan bakar nabati yang lebih unggul melalui penambahan aditif butanol.

A. Water Content

Tabel 2 Hasil Uji Water Content Pada Biosolar

Per. Ke-	Sample Size (g)	Drift Auto ($\mu\text{g}/\text{min}$)	H_2O (μg)	Water Content (ppm)
1	0.0968	17.5	22.6	233.5
2	0.1012	17.0	26.1	240.1
3	0.1164	16.1	29.1	250.0

Tabel 1 Hasil Uji Water Content Pada Biosolar + Butanol 5%

Per. Ke-	Sample Size (g)	Drift Auto ($\mu\text{g}/\text{min}$)	H_2O (μg)	Water Content (ppm)
1	0.1087	7.5	119.8	1102.1
2	0.1264	12.2	135.9	1075.2
3	0.0976	13.2	104.5	1070.7

Tabel 2 Hasil Uji Water Content Pada Biosolar + Butanol 10%

Per. Ke-	Sample Size (g)	Drift Auto ($\mu\text{g}/\text{min}$)	H_2O (μg)	Water Content (ppm)
1	0.1034	10.2	206.1	1993.2
2	0.0942	10.7	187.7	1992.6
3	0.0911	16.6	176.1	1933.0

Tabel 1. 3 Hasil Uji Water Content Pada Biosolar + Butanol 15%

Per. Ke-	Sample Size (g)	Drift Auto ($\mu\text{g}/\text{min}$)	H_2O (μg)	Water Content (ppm)
1	0.8551	14.4	297.1	3474.4
2	0.0918	16.0	315.6	3437.9
3	0.0859	17.4	289.7	3372.5

Pada hasil pengukuran kadar air (water content) dalam berbagai sampel biosolar yang meliputi biosolar murni dan biosolar yang ditambahkan butanol dengan rasio 5%, 10%, dan 15%. Kadar air diukur dalam satuan ppm (parts per million), yang mengindikasikan jumlah partikel air per juta bagian dari sampel tersebut. Untuk biosolar murni, hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar air berkisar antara 233.5 ppm hingga 250.0 ppm. Kadar air dalam biosolar murni cenderung stabil dan relatif rendah.

Sementara itu, untuk biosolar yang ditambahkan butanol dengan rasio 5%, 10%, dan 15%, kadar air secara signifikan lebih tinggi. Pada biosolar dengan penambahan butanol 5%, kadar air berkisar antara 1070.7 ppm hingga 1102.1 ppm. Pada biosolar dengan penambahan butanol 10%, kadar air berkisar antara 1933.0 ppm hingga 1993.2 ppm. Dan pada biosolar dengan penambahan butanol 15%, kadar air berkisar antara 3372.5 ppm hingga 3474.4 ppm.

Peningkatan yang signifikan dalam kadar air pada biosolar yang ditambahkan butanol mungkin disebabkan oleh sifat fisikokimia butanol yang memungkinkannya untuk menyerap dan menyimpan air dalam produk. Hal ini kemungkinan terjadi karena butanol memiliki afinitas terhadap air dan dapat berperan sebagai agen pengemulsi, yang dapat menahan air dalam sistem.

Namun, peningkatan kadar air yang signifikan dapat berpotensi memengaruhi kualitas dan stabilitas produk biosolar. Kadar air yang tinggi dalam bahan bakar dapat meningkatkan risiko korosi dan pembusukan, serta dapat mengurangi kinerja bahan bakar dengan

mengurangi efisiensi pembakaran. Dengan memperhatikan perbedaan kadar air antara berbagai variasi produk biosolar, penelitian ini memberikan wawasan yang penting dalam pemahaman tentang efek penambahan butanol terhadap karakteristik fisikokimia produk biosolar.

B. Viskositas

Tabel 6 Hasil Uji Viskositas

No	Produk	Kin. Visko (mm^2/s)
1	Biosolar	3.5411
2	Biosolar + Butanol 5%	3.2076
3	Biosolar + Butanol 10%	3.0566
4	Biosolar + Butanol 15%	2.8836

Data yang disajikan adalah hasil pengukuran viskositas (kinematis) dari berbagai sampel produk biosolar, termasuk biosolar murni dan biosolar yang ditambahkan butanol dengan rasio 5%, 10%, dan 15%. Viskositas diukur dalam satuan yang biasanya disebut sebagai "kin. Visko" (kinematic viscosity), yang mengindikasikan kemampuan aliran dari suatu cairan pada suhu tertentu. Untuk biosolar murni, viskositas memiliki nilai 3.5411. Nilai ini menunjukkan tingkat viskositas yang relatif tinggi, yang mengindikasikan bahwa biosolar murni memiliki kemampuan aliran yang lebih rendah dibandingkan dengan produk yang ditambahkan butanol.

Sementara itu, untuk biosolar yang ditambahkan butanol dengan rasio 5%, 10%, dan 15%, viskositas secara signifikan lebih rendah. Pada biosolar dengan penambahan butanol 5%, viskositas memiliki nilai 3.2076. Pada biosolar dengan penambahan butanol 10%, viskositas memiliki nilai 3.0566. Dan pada biosolar dengan penambahan butanol 15%, viskositas memiliki nilai 2.8836.

Pengurangan viskositas pada biosolar yang ditambahkan butanol mungkin disebabkan oleh sifat-sifat butanol yang dapat mempengaruhi struktur dan kepadatan dari campuran bahan bakar. Butanol dapat bertindak sebagai pelumas, yang mengurangi gesekan antar-molekul dan akibatnya mengurangi viskositas cairan.

Penurunan viskositas ini memiliki implikasi penting dalam aplikasi praktis, terutama dalam penggunaan bahan bakar di mesin pembakaran internal. Viskositas yang lebih rendah memungkinkan aliran bahan bakar yang lebih lancar melalui sistem bahan bakar dan injektor, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan kinerja mesin. Dengan demikian, penurunan viskositas yang signifikan pada biosolar yang ditambahkan butanol menunjukkan potensi penggunaan butanol sebagai aditif untuk meningkatkan kinerja dan kemampuan aliran dari produk biosolar.

C. Total Acid Number (TAN)

Tabel 7 Hasil Uji Total Acid Number (TAN)

No	Produk	Berat (g)	TAN ($mg KOH/g$)
1	Biosolar	10.2809	0.24
2	Biosolar + Butanol 5%	10.2610	0.23
3	Biosolar + Butanol 10%	10.1899	0.23
4	Biosolar + Butanol 15%	10.2426	0.21

Data yang disajikan adalah hasil pengukuran Total Acid Number (TAN) dari berbagai sampel produk biosolar, termasuk biosolar murni dan biosolar yang ditambahkan butanol dengan rasio 5%, 10%, dan 15%. Total Acid Number (TAN) mengukur jumlah asam bebas yang hadir dalam bahan bakar, yang dapat mengindikasikan tingkat keasaman atau kestabilan oksidatif dari produk tersebut.

Untuk biosolar murni, TAN memiliki nilai 0.24. Ini menunjukkan jumlah asam bebas

yang hadir dalam biosolar murni, yang mungkin berasal dari proses produksi atau kontaminasi selama penyimpanan. Sementara itu, untuk biosolar yang ditambahkan butanol dengan rasio 5%, 10%, dan 15%, TAN memiliki nilai yang relatif lebih rendah. Pada biosolar dengan penambahan butanol 5%, TAN memiliki nilai 0.23. Pada biosolar dengan penambahan butanol 10%, TAN juga memiliki nilai 0.23. Dan pada biosolar dengan penambahan butanol 15%, TAN memiliki nilai 0.21.

Penurunan TAN pada biosolar yang ditambahkan butanol mungkin disebabkan oleh sifat-sifat butanol yang dapat berperan sebagai agen netralisasi terhadap asam bebas yang hadir dalam bahan bakar. Butanol dapat bereaksi dengan asam bebas dan membentuk senyawa netral, yang mengurangi jumlah asam yang terdeteksi dalam pengukuran TAN. Penurunan TAN yang signifikan pada biosolar yang ditambahkan butanol menunjukkan potensi penggunaan butanol sebagai aditif untuk meningkatkan stabilitas oksidatif dan mengurangi tingkat keasaman dari produk biosolar.

Praktikum ini bertujuan untuk mendalami pengaruh penambahan butanol terhadap kualitas dan performa biosolar, sebuah bahan bakar nabati yang diharapkan dapat menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam industri migas. Dalam penelitian ini, berbagai parameter fisikokimia, termasuk water content (kandungan air), viskositas, dan Total Acid Number (TAN), dievaluasi dalam berbagai variasi biosolar yang ditambahkan butanol dengan rasio yang berbeda (5%, 10%, dan 15%).

Hasil praktikum menunjukkan bahwa penambahan butanol secara signifikan meningkatkan kandungan air dalam biosolar. Semakin tinggi rasio penambahan butanol, semakin tinggi pula kandungan airnya. Penambahan butanol juga secara konsisten mengurangi viskositas dan Total Acid Number (TAN) biosolar. Viskositas menurun seiring dengan peningkatan rasio butanol, sementara TAN cenderung menurun seiring dengan peningkatan rasio butanol.

Peningkatan kandungan air dalam biosolar dapat memengaruhi konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi termal dalam mesin pembakaran. Kandungan air yang tinggi dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik dan mengurangi efisiensi termal mesin. Namun, penurunan viskositas dan TAN dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan meminimalkan efek negatif kandungan air terhadap performa mesin.

Praktikum ini memiliki implikasi yang signifikan dalam industri migas dan Logistik Minyak dan Gas. Perubahan dalam kandungan air, viskositas, dan TAN dapat memengaruhi kualitas dan stabilitas bahan bakar yang didistribusikan, serta memengaruhi proses produksi dan distribusi minyak dan gas secara keseluruhan. Penambahan butanol dipilih sebagai aditif karena sifat-sifatnya yang dapat meningkatkan kualitas dan stabilitas produk biosolar. Butanol dapat bertindak sebagai pelumas, netralisator terhadap asam bebas, dan agen pengurang viskositas, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan kualitas dan kinerja bahan bakar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil praktikum, dapat disimpulkan bahwa penambahan butanol ke dalam biosolar memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas dan performa bahan bakar. Penambahan butanol mengakibatkan peningkatan kandungan air dalam biosolar, namun secara konsisten menurunkan viskositas dan Total Acid Number (TAN). Efek ini memiliki implikasi yang penting dalam industri migas dan Logistik Minyak dan Gas, terutama dalam hal kualitas dan distribusi bahan bakar. Meskipun peningkatan kandungan air dapat memengaruhi konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi termal, penurunan viskositas dan TAN dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan stabilitas oksidatif bahan bakar.

Penggunaan butanol sebagai aditif dalam biosolar menunjukkan potensi untuk meningkatkan kualitas dan kinerja bahan bakar nabati secara keseluruhan. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami secara lebih mendalam efek penambahan butanol terhadap kualitas produk biodiesel dan performa mesin, serta untuk mengeksplorasi potensi penggunaan butanol dalam industri migas secara lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Algayyim, S.J.M. et al., 2018. Impact of butanol-acetone mixture as a fuel additive on diesel engine performance and emissions. *Fuel* 227, pp. 118–126.
- A.P.S.Sari, I.G.W.Darmawan, R.D.Suryawan, 2018. Pengaruh Penambahan Butanol pada Proses Transesterifikasi Minyak Sawit untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 9(1): 1-7
- A.S.Wulandari, M.F.Asmar, S.Kurniawan, 2015. Pengaruh Penambahan Butanol pada Stabilitas Biodiesel dari Minyak Sawit Bekas. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 6(1): 57-62
- Atika, I. S., et al. 2019. Pengaruh Penambahan Butanol pada Kualitas Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*, 8(2), 145-152.
- Dwi Astuti, et al., 2017. Pengaruh Penambahan Butanol pada Kualitas Biodiesel Minyak Kelapa Sawit dengan Metode Transesterifikasi. *urnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*
- Fayad, M. A. et al., 2017. Manipulating modern diesel engine particulate emission characteristics through butanol fuel blending and fuel injection strategies for efficient diesel oxidation catalysts. *Applied Energy* 190, pp. 490-500.
- Ileri, E. 2016. Comparative analyses of n-butanol e rapeseed oil e diesel blend with biodiesel , diesel and biodiesel e diesel fuels in a turbocharged direct injection diesel engine. *Journal of the Energy Institute* 89, pp. 586-593.
- L.N.Rani, S.Kurniawan, M.F.Asmar, 2014. Pengaruh Penambahan Butanol pada Proses Transesterifikasi Minyak Sawit untuk Produksi Biodiesel dengan Katalis NaOH/KOH. *Jurnal Teknik Kimia* 21(3): 235-240
- Oksil Venrizza, M Wira Prastio, Rizki Rahmadani, 2023. Optimalisasi Penambahan Antioksidan Dalam Demulsifier Berbasis Acrylate Pada Proses Penyimpanan Biosolar. https://doi.org/10.33005/jurnal_tekkim.v17i2.3790
- Putri, Aiyuni & Elisa Kasli, 2017. Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Goreng. Prosiding Seminar Nasional MIPA III, ISBN 978-602-50939-0-6.
- Rana, Arya Jayeng, 2015. Pengaruh Viskositas Berbagai Minyak Sawit untuk Oli Peredam Shock Absorber Sepeda Motor (Doctoral dissertation, UPT. Perpustakaan Unand).
- R.I.M.Nuraeni, A.D.Perdana, N.R.Yuliana, S.Iskandar, 2017. Pengaruh Penambahan Butanol pada Kinerja Katalis Heterogen TiO₂/SiO₂ dalam Transesterifikasi Minyak Sawit untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia* 5(2): 101-108
- Setyawan, Widiatmaka, dan Arief Budiman, 2019. Pengaruh Penambahan Metanol dan Butanol pada Kualitas Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Kimia Universitas Diponegoro*
- Syarifudin, Syaiful, Sanjaya. F. L., 2020. Daya Rem, Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Rem, dan Efisiensi Termal Rem Mesin Diesel Langsung Injeksi Berbahan Bakar Solar – Jatropa – Butanol. *Universitas Diponegoro*
- Hassan. Tasfirul, et al., 2023. Effect of Ni and Al nanoadditives on the performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel-castor oil biodiesel-n-butanol blends. *Science Direct*
- Taufik Hidayat, et al., 2015. Pengaruh Penambahan Butanol pada Stabilitas Biodiesel Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Kimia Universitas Gadjah Mada*
- Taufik Hidayat, 2018. *Biodiesel: Teknologi dan Aplikasi*. Pustaka Mandiri, Yogyakarta.