

## ANALISIS PEROLEHAN DENSITAS METIL ESTER MELALUI VARIASI RASIO KATALIS ZEOLIT/KI DAN RASIO MOL CH<sub>3</sub>OH

**Eka Kurniasih**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jalan Medan-Banda Aceh Km 280,3 Buketrata, Aceh Utara, Aceh  
Email: ekakurniasih@pnl.ac.id, echakurniasih@yahoo.com

### Abstrak

*Metil ester atau biodiesel dikenal memiliki karakteristik yang mendekati petroleum diesel sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar. Metil ester diproduksi dari trigliserida dari bahan hayati. Minyak kelapa sawit mentah berpotensi sebagai sumber bahan bakar alternatif, tetapi memiliki densitas yang tinggi dibandingkan metil ester. Densitas metil ester sesuai standar SNI 04-7182-2006 berada pada kisaran 0,850-0,890 kg/dm<sup>3</sup>. Dilakukan penurunan densitas minyak kelapa sawit melalui reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi dilakukan menggunakan katalis zeolit/KI dan rasio mol metanol berlebih mengikuti rancangan faktorial 2 faktor dengan 4 level dan 3 kali pengulangan. Reaksi transesterifikasi berlangsung pada 65°C, selama 120 menit. Metil ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi dipisahkan dari katalis zeolit/KI dan dianalisa densitas menggunakan densitimeter DDM 3219. Dari hasil ANAVA diketahui bahwa analisa statistika menunjukkan penolakan pada area Ho dan menerima H<sub>1</sub> (p-value < 0,05), yang menyatakan bahwa nilai densitas metil ester pada setiap level faktor berbeda. Densitas yang memenuhi standar berada pada level rasio katalis zeolit/KI 10% dan rasio mol metanol (1:10) dengan nilai densitas 0,875 kg/dm<sup>3</sup>. Metil ester dikonfirmasi menggunakan kromatografi gas dan menunjukkan 75,8893% ester, monogliserida (MG) 2,1888%, digliserida (DG) 14,3135 dan trigliserida (TG) 6,568%.*

**Kata kunci** : Densitas, Digliserida, Ester, Monogliserida, Trigliserida

### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan hidup tidak dapat lepas dari konsumsi bahan bakar minyak. Hampir seluruh elemen kegiatan menggunakan bahan bakar, sebut saja transportasi, kegiatan rumah tangga, hingga kegiatan industri. Konsumsi minyak bumi yang terus menerus menyebabkan cadangan minyak bumi di Indonesia semakin menipis. Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan bahan bakar pengganti fraksi minyak bumi, salah satunya biodiesel yang mengandung metil ester minimal 96,5%. Proses yang ditempuh untuk produk biodiesel adalah melalui transesterifikasi dengan katalis homogen berupa NaOH atau KOH. Tetapi karena kelemahan yang dimiliki oleh katalis ini, yaitu terbentuknya produk samping berupa sabun dan rumitnya pemisahan mengakibatkan mulai dikembangkan katalis heterogen yang berfasa padat. (Firdaus dkk, 2013).

Metil ester atau biodiesel menjadi primadona energi alternatif karena kemudahan yang dimilikinya dalam hal bahan baku. Bahan baku trigliserida sebagai reaktan utama reaksi dapat diperoleh dari berbagai bahan hayati, seperti minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak kedelai, minyak biji bunga matahari, minyak biji karet. Kontinuitas bahan baku merupakan harapan bagi keberlangsungan industri energi alternatif.

Salah satu jenis katalis heterogen adalah zeolit/KI yang disintesis dari zeolit yang diimpregnasi menggunakan senyawa KI. Setelah diimpregnasi, katalis ini bertindak sebagai katalis basa dalam reaksi transesterifikasi. Dibandingkan dengan sumber katalis padat lainnya seperti batuan kapur, cangkang telur, tandan kosong kelapa sawit, zeolit memiliki keunggulan diantaranya (1) selektivitas, kation yang terdapat dalam kerangka zeolit dapat ditukar dan disubstitusi tanpa mengubah kerangka zeolit, (2) luas permukaan zeolit, struktur zeolit yang hampir sebagian besar berupa kanal atau pori merupakan ciri yang sangat khas. (Lestari, 2010).

Dalam penelitian ini, digunakan zeolit/KI yang telah diaktivasi sebagai katalis pada reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi mengubah trigliserida menjadi metil ester sekaligus menurunkan densitas bahan baku. Nilai densitas metil ester yang tinggi berdampak pada meningkatnya viskositas dan indeks bias yang berpengaruh pada proses pembakaran metil ester. (Wirasito dkk, 2014).

Untuk mendapatkan nilai densitas metil ester yang sesuai standar, dibutuhkan perhatian terhadap faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi. Faktor rasio katalis diduga

berpengaruh karena katalis bertindak sebagai agen percepatan reaksi. Penggunaan katalis zeolit teraktivasi dan tidak teraktivasi pada sintesa biodiesel menghasilkan konversi rendemen 97,6%-100% (Kartika dan Widyaningsih, 2012). Rasio mol reaktan juga berpengaruh terhadap reaksi transesterifikasi. Jumlah mol metanol yang diberikan lebih tinggi untuk memberikan kontak molekul reaktan yang lebih luas. Maka dalam penelitian ini dilakukan variasi rasio katalis zeolit/KI dan rasio mol metanol.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah minyak kelapa sawit mentah (MKSM) yang berasal dari pabrik kelapa sawit (PKS) lokal dengan bilangan asam 10. Sebagai sumber alkil digunakan metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), katalis heterogen zeolit/KI,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98%, NaOH (p.a), phenolphthalein,

### 2.2. Pra Perlakuan Bahan Baku

Minyak sawit merah yang diperoleh dari PKS lokal memiliki bilangan asam yang tinggi. Kandungan bilangan asam yang tinggi akan berpengaruh pada produk metil ester yang dihasilkan. Untuk itu dibutuhkan pra-perlakuan pada minyak sawit merah untuk menurunkan bilangan asam. Untuk sintesa metil ester, disyaratkan bilangan asam  $< 2\%$  untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pra perlakuan bahan baku diawali dengan mereaksikan minyak kelapa sawit mentah dengan metanol dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebagai katalis. Reaksi berlangsung selama 120 menit pada temperatur  $65^\circ\text{C}$ .

### 2.3. Sintesa Metil Ester

Minyak sawit mentah yang telah melalui pra perlakuan digunakan sebagai reaktan pada sintesa metil ester. Sintesa metil ester merujuk pada reaksi transesterifikasi dengan menggunakan metanol sebagai sumber alkil dan katalis basa. Katalis basa yang digunakan adalah zeolit/KI yang telah dimpregnasi. Minyak sawit mentah direaksikan dengan metanol pada temperatur  $65^\circ\text{C}$  selama 120 menit. Pada sintesa metil ester dilakukan variasi rasio katalis zeolit/KI dan jumlah mol metanol yang digunakan. Rancangan data disusun mengikuti rancangan faktorial dengan 2 faktor, 4 level, 3 kali pengulangan dengan densitas sebagai variabel respon ( $D_1$ - $D_{48}$ ). Analisis data dilakukan menggunakan ANAVA menggunakan software MINITAB 14. (Iriawan dan Astuti, 2006).

**Tabel 1. Rancangan Data Faktorial**

| Rasio Katalis<br>Zeolit/KI | Densitas ( $\text{gr}/\text{dm}^3$ ) |       |      |          |
|----------------------------|--------------------------------------|-------|------|----------|
|                            | Rasio Mol Metanol                    |       |      |          |
|                            | 1:6                                  | 1:8   | 1:10 | 1:12     |
| 7.5                        | $D_1$                                | $D_2$ | .... | ....     |
|                            | ....                                 | ....  | .... | ....     |
|                            | ....                                 | ....  | .... | ....     |
| 10                         | ....                                 | ....  | .... | ....     |
|                            | ....                                 | ....  | .... | ....     |
|                            | ....                                 | ....  | .... | ....     |
| 12.5                       | ....                                 | ....  | .... | ....     |
|                            | ....                                 | ....  | .... | ....     |
|                            | ....                                 | ....  | .... | ....     |
| 15                         | ....                                 | ....  | .... | ....     |
|                            | ....                                 | ....  | .... | ....     |
|                            | ....                                 | ....  | .... | $D_{48}$ |

$H_0$  : Rata-rata densitas metil ester pada level rasio katalis zeolit/KI adalah sama

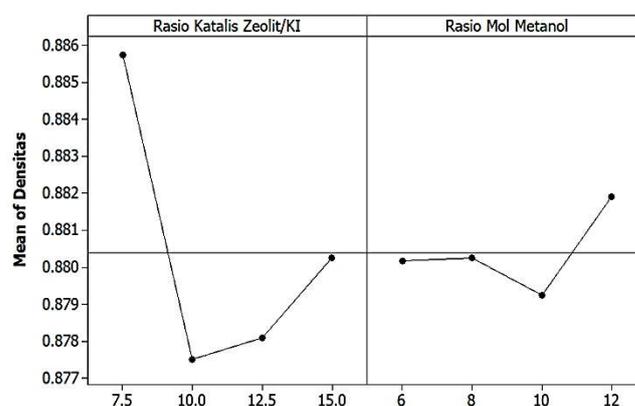
$H_1$  : Rata-rata densitas metil ester pada level rasio katalis zeolit/KI adalah tidak sama

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Densitas merupakan salah parameter ukur yang menentukan apakah senyawa ester, khususnya metil ester dapat dikategorikan sebagai biodiesel. Densitas metil ester berpengaruh pada banyak komposisi ester yang terkandung didalam produk metil ester (biodiesel). Semakin banyak kandungan senyawa ester, maka semakin mendekati densitas standar. Menurut standar SNI 04-7182-2006, densitas biodiesel berada pada kisaran 0,850-0,890 kg/dm<sup>3</sup>. Sedangkan densitas minyak kelapa sawit mentah yang digunakan sebagai bahan baku adalah 0,915 kg/dm<sup>3</sup>. Maka yang menjadi variabel respon dalam rancangan ini adalah semakin rendah densitas metil ester yang dihasilkan (pada range 0,850-0,890 kg/dm<sup>3</sup>) maka semakin tinggi komposisi senyawa ester dalam produk. Senyawa ester yang terkandung dalam metil ester mempengaruhi titik nyala metil ester apabila digunakan sebagai bahan bakar pengganti atau substitusi petroleum diesel. Sehingga yang menjadi target akhir dalam reaksi transesterifikasi ini adalah adanya penurunan densitas minyak sawit mentah menjadi densitas metil ester.

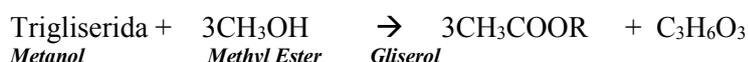
#### 3.1. Pengaruh Rasio Katalis Zeolit/KI Dan Rasio Mol Metanol Terhadap Densitas

Berdasarkan analisis ANAVA diketahui bahwa rasio katalis 10% (b/b) pada rasio mol metanol 1:10 menunjukkan nilai densitas yang paling rendah (0,850-0,890 kg/dm<sup>3</sup>) dibandingkan level variabel reaksi lainnya. Menurut Gambar 1, rasio katalis 7,5% (b/b) menghasilkan metil ester dengan densitas 0,886 kg/dm<sup>3</sup>, yang masih berdekatan dengan densitas bahan baku yang digunakan. Peningkatan rasio zeolit/KI hingga 10% (b/b) telah mampu menurunkan densitas minyak sawit mentah diantara 0,878-0,877 kg/dm<sup>3</sup> ( $\pm 0,875$  kg/dm<sup>3</sup>). Tetapi peningkatan rasio katalis hingga 15% (b/b) tidak menunjukkan adanya pengaruh signifikan dalam hal penurunan densitas minyak kelapa sawit mentah. Hal ini disebabkan oleh terjadinya kejenuhan sistem reaksi. Katalis zeolit/KI bersifat heterogen sehingga berada dalam fasa yang padat, berbeda dengan reaktan. Karena katalis zeolit/KI telah berlebih, maka homogenitas reaktan menjadi berkurang dan mempersempit kontak antara molekul minyak sawit mentah dan metanol. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Wendi, dkk (2015) yang menggunakan katalis padat CaO dan mendapatkan level rasio katalis terbaik 3%, dan peningkatan rasio katalis berdampak pada penurunan yield biodiesel yang dihasilkan.



**Gambar 1. Plot Pengaruh Rasio Katalis Zeolit/KI Dan Rasio Mol Metanol Terhadap Densitas**

Untuk reaksi transesterifikasi, umumnya digunakan 3 mol metanol berlebih dibandingkan minyak sawit mentah (trigliserida) yang digunakan. Penggunaan mol metanol yang berlebih memberikan peluang untuk mempercepat reaksi, karena adanya ketersediaan alkil yang besar untuk membentuk ester.



Untuk rancangan penelitian ini, dilakukan variasi mol metanol yaitu 1:6, 1:8, 1:10, 1:12. Pada akhir reaksi metanol yang berlebih ini dapat diperoleh kembali dengan jalur distilasi, setelah

dipisahkan dari katalis zeolit/KI. Menurut Gambar 1, level metanol yang menunjukkan pengaruh signifikan berada pada level 1:10, sedangkan peningkatan mol metanol hingga 1:12 telah mempengaruhi kesetimbangan reaksi, sehingga tidak memberikan penurunan densitas minyak sawit mentah ke densitas ester. Untuk level mol metanol 1:6 dan 1:8 menunjukkan penurunan densitas minyak sawit mentah yang berdekatan, artinya pada titik ini level yang diberikan tidak signifikan.

| Factor            | Type  | Levels | Values                |
|-------------------|-------|--------|-----------------------|
| Rasio Zeolit/KI   | fixed | 4      | 7.5, 10.0, 12.5, 15.0 |
| Rasio Mol Metanol | fixed | 4      | 6, 8, 10, 12          |

Analysis of Variance for Densitas, using Adjusted SS for Tests

| Source                            | DF | Seq SS    | Adj SS    | Adj MS    | F      | P     |
|-----------------------------------|----|-----------|-----------|-----------|--------|-------|
| Rasio Zeolit/KI                   | 3  | 0.0007125 | 0.0007125 | 0.0002375 | 109.62 | 0.000 |
| Rasio Mol Metanol                 | 3  | 0.0001187 | 0.0001187 | 0.0000396 | 18.26  | 0.000 |
| Rasio Zeolit/KI*Rasio Mol Metanol | 9  | 0.0002765 | 0.0002765 | 0.0000307 | 14.18  | 0.000 |
| Error                             | 32 | 0.0000693 | 0.0000693 | 0.0000022 |        |       |
| Total                             | 47 | 0.0011770 |           |           |        |       |

S = 0.00147196    R-Sq = 94.11%    R-Sq(adj) = 91.35%

**Gambar 2. Hasil Output ANAVA Minitab 14**

Analisis diperkuat dengan analisis statistika yang menyatakan bahwa kedua variabel bebas memiliki pengaruh terhadap densitas metil ester. Sebagai pendekatan dilakukan pengujian satu arah dengan *Fisher's Test*. Dari hasil pengujian, diperoleh bawah seluruh *p-value* berada pada daerah penolakan  $H_0$  ( $p\text{-value} < 0,005$ )

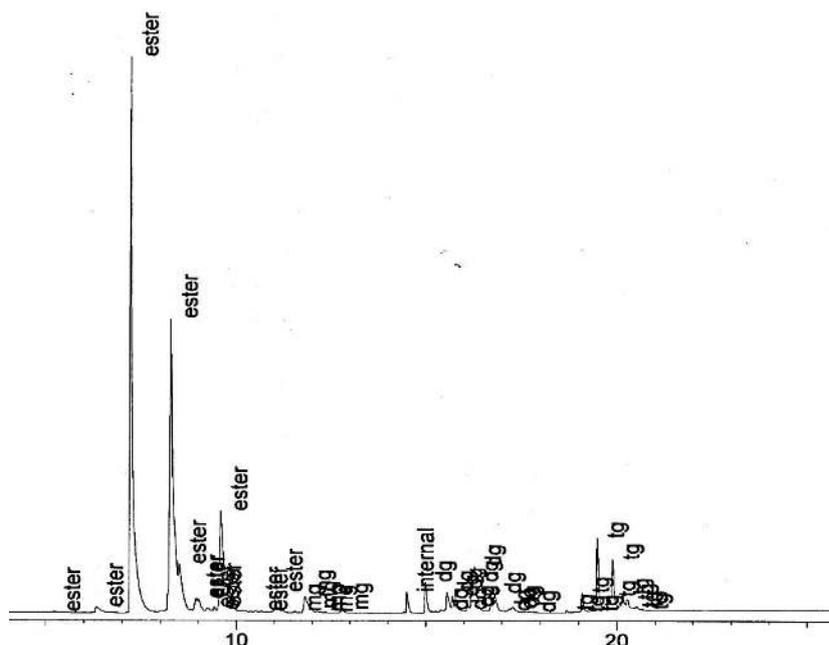
$H_0$  : Rata-rata densitas metil ester pada level rasio katalis zeolit/KI adalah sama

$H_1$  : Rata-rata densitas metil ester pada level rasio katalis zeolit/KI adalah tidak sama

Nilai *p-value* untuk setiap level rasio katalis zeolit/KI menunjukkan nilai ( $p\text{-value} = 0,000$ ). Sehingga menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ .

### 3.2. Analisa Komposisi Metil Ester

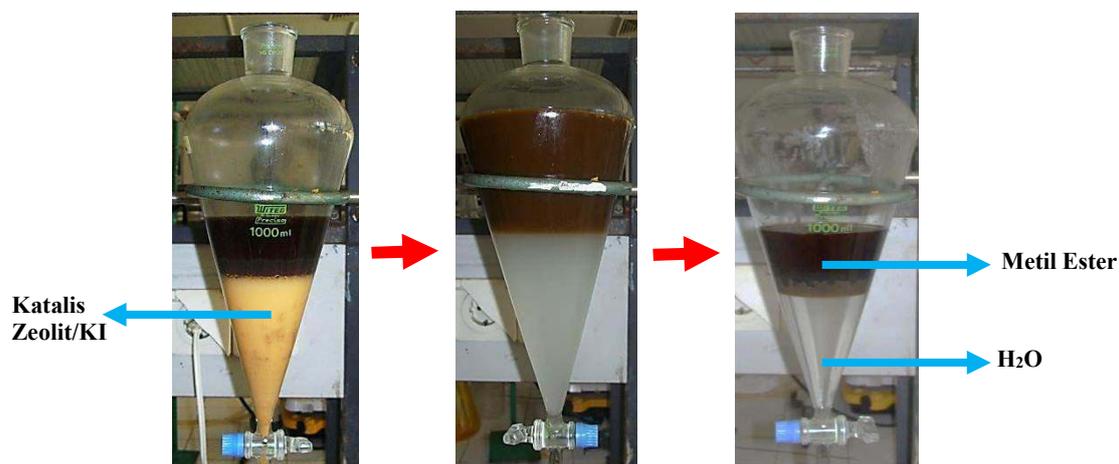
Metil ester yang dihasilkan pada level rasio katalis zeolit/KI 10% (b/b) dan rasio mol metanol (1:10) diuji menggunakan kromatografi gas untuk mengetahui komposisi ester yang terkandung.



**Gambar 3. Output Kromatografi Gas Untuk Metil Ester (Rasio Zeolit/KI 10% dan Rasio Mol Metanol 1:10)**

Komposisi metil ester diperoleh 75,8893% ester, monogliserida (MG) 2,1888%, digliserida (DG) 14,3135 dan sisa minyak sawit mentah sebagai trigliserida (TG) 6,568%. Sisa trigliserida sangat sedikit artinya  $\pm 93-94\%$  TG telah terkonversi menjadi ester, DG dan MG. MG dan DG merupakan hasil pemutusan rantai trigliserida, bila waktu reaksi diperpanjang maka diperoleh kemungkinan bahwa MG dan DG akan memperoleh peluang untuk berikatan dengan alkil dari metanol berlebih membentuk ikatan ester. Ikatan ester bisa terbentuk apabila ikatan COO-R dari trigliserida telah terputus. Banyaknya ikatan trigliserida yang terputus dapat dilihat dari banyaknya komposisi MG dan DG yang terbentuk. DG adalah gliserida (berasal dari trigliserida) dimana 1 molekulnya telah berikatan membentuk ester. Sedangkan, MG adalah gliserida (berasal dari trigliserida) dimana 2 molekulnya telah membentuk ikatan ester. Inilah yang mendasari mengapa kemungkinan peningkatan waktu reaksi dapat meningkatkan kesempatan terbentuknya ikatan ester yang lebih banyak.

Menurut penelitian Widyasanti (2017), adanya kandungan gliserol pada metil ester turut mempengaruhi nilai densitas. Sebab densitas gliserol yang lebih tinggi dari metil ester, berkisar  $1,26 \text{ kg/dm}^3$ . Tetapi dalam hasil kromatografi gas, diketahui metil ester telah bebas dari gliserol pada tahap separasi, sehingga nilai densitas tidak lagi dipengaruhi oleh densitas gliserol, tetapi dipengaruhi oleh komposisi ester yang terbentuk. Tahap separasi memegang peranan penting, karena pada tahap ini metil ester dibebaskan dari katalis padat dengan proses filtrasi dan dipisahkan dari metanol berlebih dengan cara distalasi. Serta bagian terpenting dibebaskan dari hasil samping reaksi transesterifikasi, yaitu gliserol.



**Gambar 4. Tahapan Separasi Metil Ester Dari Katalis Zeolit/KI dan Gliserol Dengan Teknik Dekantasi**

#### 4. KESIMPULAN

Reaksi transesterifikasi dapat digunakan sebagai media untuk menurunkan densitas minyak sawit mentah sebelum digunakan sebagai bahan bakar. Untuk menurunkannya trigliserida diubah menjadi senyawa ester (metil ester). Densitas metil ester dipengaruhi oleh rasio katalis zeolit/KI dan rasio mol metanol yang digunakan. Densitas yang memenuhi standar berada pada rasio katalis zeolit/KI 10% (b/b) dan rasio mol metanol 10% dengan densitas rata-rata  $0,875 \text{ kg/dm}^3$  dan kandungan ester 75,8893%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan pendanaan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dan dipublikasikan melalui program Hibah PSNI. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Lhokseumawe yang telah memberikan kelapangan fasilitas penelitian melalui Laboratorium Satuan Proses dan Kimia Terapan, Laboratorium Minyak dan Gas, Laboratorium Bioteknologi Pangan serta Laboratorium Pilot Plant.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standarisasi Nasional. BSN. SNI 04-7182-2006. Biodiesel
- Firdaus, Lukman Hakim., Wicaksono, Adit Rizky., Widayat. 2013. Pembuatan Katalis H-Zeolit Dengan Impregnasi KI/KIO<sub>3</sub> dan Uji Kinerja Katalis Untuk Produksi Biodiesel. Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri, Vol.2, No.2, Tahun 2013, Halaman 148-154
- Iriawan, Nur., dan Astuti, Septin Puji. 2006. Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14. Halaman 258-278. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Kartika, Dwi dan Widyaningsih, Senny. 2012. Konsentrasi Katalis Dan Suhu Optimum Pada Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Alam Aktif (ZAH) dalam Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah. Jurnal Natur Indonesia 14(3), Juni 2012:219-226. ISSN 1410-9379
- Lestari, Dewo Yuanita. 2010. Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia
- Wendi, Cuacah, Valentino.,Taslim. 2015. Pengaruh Suhu Reaksi Dan Jumlah Katalis Pada Pembuatan Biodiesel Dari Limbah lemak Sapi Dengan Menggunakan Katalis Heterogen CaO dari Kulit Telur Ayam. Jurnal Teknik Kimia USU, Volume 4, No.1 (Maret 2015)
- Widyasanti, Asri., Nurjannah, Sarifah., Sinatria, Tubagus Muhammad Gilang. 2017. Pengaruh Suhu Dalam Proses Transesterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Kemiri Sunan (*Reautealis trisperma*). Jurnal Material Dan Energi Indonesia, Volume 7, No.1 (2017), Halaman 9-18.
- Wirasito., Thamrin, Usman., Harlia. 2014. Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Dengan Menggunakan Katalis Zeolit Termodifikasi Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). JKK, Volume 3(1), halaman 32-36.ISSN 2303-1077