



Biolubrication Synthesis Made from Used Cooking Oil and Bayah Natural Zeolite Catalyst

Agus Rochmat ^{a*}, Athia Hasna Nurhanifah ^{a*}, Yunita Parviana ^{a*}, Suaedah ^{a*}

a Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jendral Sudirman KM 03, Cilegon, Banten

* Corresponding author: agus_rochmat@untirta.ac.id

<https://doi.org/10.14710/jksa.21.3.113-117>

Article Info

Article history:

Received: 5 July 2018

Revised: 19 July 2018

Accepted: 21 July 2018

Online: 28 July 2018

Keywords:

Biolubricant, used cooking oil, transesterification and natural zeolite of Bayah

Kata Kunci: *Biolubricant*, minyak goreng bekas, transesterifikasi dan zeolit alam bayah

Abstract

Automotive growth in Indonesia continues to increase, thus the needed of material that supported such as lubricants have also increased. To support environment to have a sustainable development, the world needs biodegradable lubricant or biolubricant. Biolubricant can match the characteristics and replace the function of petroleum-based lubricants. The biolubricant base material at the moment was the vegetable oil through a series of physically and chemically modified. This research synthesizes used cooking oil into biolubricant using natural zeolite catalyst, which in its production included esterification process of used cooking oil, synthesis of methyl ester and biolubricant synthesis. Biolubricant synthesis was conducted by variation of methyl ester mole ratio with ethylene glycol of 1:13-40 and catalyst mass range of 0.5%-3%. The results of the study showed that the highest yield was 83.46%, density 0.8994 g/mL, viscosity 40°C 52.90 cSt and at 100°C 8.74 cSt, the pour point 6°C and the flash point 278°C.

Abstrak

Pertumbuhan otomotif di Indonesia terus mengalami peningkatan, maka kebutuhan matrial pendukungnya seperti pelumas juga mengalami peningkatan pula. Untuk menunjang lingkungan yang mendukung pembangunan berkelanjutan, dunia membutuhkan pelumas *biodegradable* atau *biolubricant*. *Biolubricant* dapat menyamai karakteristik dan menggantikan fungsi pelumas berbasis petroleum. Bahan dasar *biolubricant* pada saat ini adalah minyak nabati melalui serangkaian modifikasi secara fisika dan kimia. Penelitian ini mensintesis minyak goreng bekas menjadi *biolubricant* dengan menggunakan katalis zeolit alam bayah, yang dalam pembuatannya meliputi proses proses esterifikasi minyak goreng bekas, sintesis metil ester dan sintesis *biolubricant*. Di mana sintesis Biolubrikan dilakukan pada variasi rasio mol metil ester dengan etilen glikol sebanyak 1:13-40 dan massa katalis 0,5%-3%. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa yield tertinggi 83,46%, densitas 0,8994 g/mL, viskositas 40°C 52,90 cSt dan pada 100°C 8,74 cSt, titik tuang 6°C dan titik nyala 278°C.

1. Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya perkembangan teknologi dan pemakaian mesin pada industri dan otomotif, maka dapat dipastikan bahwa kebutuhan pelumas akan semakin meningkat karena pelumas merupakan salah satu komponen bahan penunjang

untuk hampir di semua bagian mesin. Selain berfungsi untuk mengurangi gaya gesek, pelumas juga berfungsi mendinginkan atau mengendalikan panas yang keluar dari mesin untuk memastikan mesin bekerja dengan baik [1].

Pelumas yang beredar di pasaran saat ini umumnya disintesis menggunakan bahan baku berasal dari turunan

minyak bumi. Di samping ketersediaannya yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui, penggunaan minyak bumi sebagai bahan baku pelumas dinilai tidak ramah lingkungan. Dengan meningkatnya rasa ingin aman dan selamat, maka tuntutan terhadap penggunaan bahan-bahan yang ramah lingkungan serta terbarukan juga semakin mendapat perhatian dan himbauan. Keadaan ini memacu penggunaan minyak nabati dan hewani sebagai bahan dasar untuk memproduksi berbagai macam barang atau bahan, termasuk bahan pelumas [2]

Biolubricant atau biopelumas adalah pelumas yang secara cepat dapat terdegradasi (*biodegradable*) dan tidak beracun (*nontoxic*) bagi manusia dan lingkungan. *Biolubricant* dikembangkan dari bahan dasar berupa lemak hewan, minyak tumbuh-tumbuhan, ataupun ester sintetis. Pelumas berbahan dasar minyak tumbuhan bersifat *biodegradable* dan *nontoxic*, juga bersifat dapat diperbaharui (*renewable*). *Biolubricant* terurai dalam tanah lebih dari 98%, tidak seperti sebagian pelumas sintesis dan pelumas mineral yang hanya terurai 20% hingga 40%, selain itu pelumas berbasis minyak nabati atau hewani yang dipakai pada mesin mengurangi hampir semua bentuk polusi udara dibanding penggunaan minyak bumi [3].

Biolubricant dapat dihasilkan dari bermacam-macam jenis tumbuhan, seperti kelapa sawit, kacang kedelai, bunga matahari, jarak dan yang lainnya. Bahan yang digunakan tiap negara tidak selalu sama, pemilihan tersebut berdasarkan melimpahnya material yang ada di negara tersebut. Indonesia terkenal sebagai penghasil kelapa sawit terbesar di dunia sejak 2006 mengalahkan Malaysia.

Minyak goreng bekas atau minyak jelantah merupakan limbah yang mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Pemakaian minyak jelantah secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan pada tubuh manusia, misalnya dapat menyebabkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu diperlukan penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan. Salah satu bentuk pemanfaatan minyak jelantah yang dapat dilakukan yaitu dengan cara mengubahnya menjadi *biolubricant*. Hal ini dapat dilakukan karena minyak jelantah juga merupakan minyak nabati, turunan dari CPO (*Crude Palm Oil*) [4]

2. Metode Penelitian

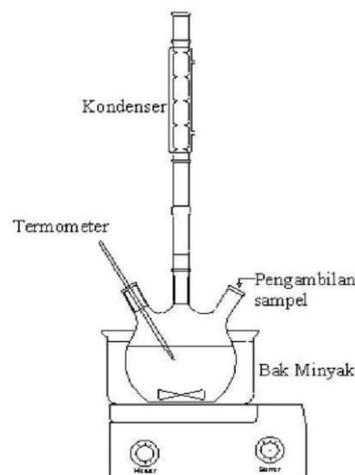
Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Minyak goreng bekas, Methanol (Merck 1.06009.2500), Etanol (Merck 1.00983.2500), zeolit Alam Bayah, HCl (Merck 1.00317.2500) dan Etilen glikol (PUDAK).

Alat yang digunakan: seperangkat alat refluks, timbangan analitis, Flash Point Tester RAY 3536A, Dew Point Meter seri HT-6292, GC-MS Agilent 6890 MS 5973, Viscometer Oswald, dan Picnometer.

Tahap Aktivasi Katalis Zeolit

Zeolit yang telah dihancurkan kemudian diayak untuk mendapat ukuran diameter katalisator 100 mesh. Proses aktivasi dilakukan pada konsentrasi 6 M HCl 200 mL karena pada konsentrasi aktivasi tersebut zeolit sebagai katalisator mampu mengkonversi minyak jelantah pada pembuatan biodiesel mencapai 100%. Selanjutnya zeolit dilakukan pembilasan dengan akuades 4 kali dan ditiriskan lalu di oven selama 2 jam [5].



Gambar 1. Reaktor Refluks Sintesis Biolubrikan

Esterifikasi Minyak Goreng Bekas

Tahap ini dilakukan penimbangan zeolit sebesar 2% dari massa minyaknya dan penimbangan minyak goreng bekas, kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker dan diaduk selama 15 menit pada suhu 40°C. Setelah itu, ditambahkan metanol dengan komposisi perbandingan minyak-methanol 1:9 serta kondisi operasi dijaga pada suhu tetap 40°C selama 15 menit. Pemanasan diatur secara bertahap hingga mencapai suhu 60°C kemudian pengadukan dinaikkan secara bertahap hingga kecepatan 1200 rpm selama 1 jam. Produk esterifikasi disaring dalam penyaring vakum dan dilanjutkan penguapan untuk menghilangkan kandungan metanol menyisakan campuran FAME dan trigliserida [5].

Transesterifikasi Sintesis Metil Ester

Tahap ini dilakukan penimbangan zeolit 5% dari massa minyak. zeolit dan Minyak ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker dan ditambahkan metanol dengan rasio mol minyak metanol sebesar 1:15. Pada reaktor dilakukan pemanasan sampai 40°C dan produk esterifikasi berupa FAME dan trigliserida dipipet sekitar 90 mL dalam keadaan suhu 40°C dimasukkan ke dalam labu reaktor dan dipanaskan hingga suhu 60°C sambil diaduk dengan kecepatan pengadukan 1200 rpm selama 3 jam. Larutan yang terbentuk kemudian disaring menggunakan penyaring vakum dan diuapkan untuk menghilangkan kelebihan metanol dalam larutan metil ester [6].

Sintesis Biolubrikan

Metil ester dan variasi jumlah etilen glikol berdasarkan rasio mol. dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan ditambahkan zeolit yang massanya bervariasi 0,5%-3% persen massa total reaktan kemudian dipanaskan hingga suhu 120°C dan dimulai pengadukan dengan kecepatan 700 rpm selama 2,5 jam. Setelah selesai larutan dipisahkan dengan corong pemisah untuk memisahkan biolubricant dan etilen glikol [7]

Tabel 1 Perbandingan Reaktan dan Katalis

	Variasi I Katalis 0,5%	Variasi II Katalis 1%	Variasi III Katalis 3%
Zeolit	0,85	1,70	5,10
Metil Ester	90	90	90
Etilena Glikol	80	80	80

3. Hasil dan Pembahasan

Sintesis Biolubrikan berbahan dasar Minyak Goreng dan Katalis Zeolit

Penggunaan zeolit alam bayah sebagai katalis asam lewis telah dibuktikan Setiadi dkk. [5] dalam sintesis Gliserol Mono Oleat (GMO) dengan memberikan konversi GMO sebesar 80,94% [5]. Reaksi pembuatan GMO ini dilakukan melalui tahapan esterifikasi dan transesterifikasi dengan laju $-\frac{dC_a}{dt} = [2.31 \times 10^{-6} \times \exp - \frac{8397.51}{R.T}] \times C_a^2$, dan memiliki total energi aktivasi sebesar 8.010,20 kalori/mol [5]. Dari perolehan rendemen, dan besarnya energi aktivasi ini, zeolit alam Bayah ini cukup bagus berperan sebagai katalis asam lewis pada reaksi esterifikasi dan transesterifikasi.

Reaksi transesterifikasi pada minyak goreng bekas dengan metanol pada katalis zeolit ditandai dengan perubahan warna yang mencolok. Di mana warna kuning kehitaman berubah menjadi warna kuning jernih. Hal ini terlihat pada bagian bawah zeolite abu-abu berubah menjadi warna gelap. Pembentukan endapan zeolit yang gelap mengindikasikan telah teradsorbsinya senyawa kimia hasil oksidasi seperti aldehid, keton, dan asam-asam lemak. Senyawa hasil oksidasi tersebut teradsorbsi dan tertahan dalam rongga zeolit aktif melalui gaya elektrostatis dan gaya Van der Waals [8]



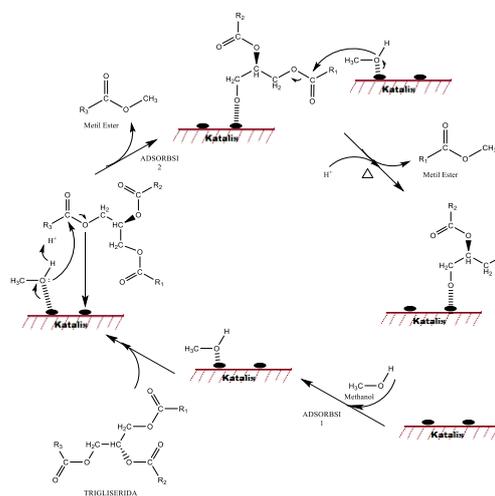
Gambar 2. (a) sample minyak goreng bekas (b) Produk Biolubrikan

Warna minyak goreng bekas dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti akibat oksidasi dan degradasi komponen kimia yang terdapat dalam minyak: (1) Warna gelap, disebabkan oleh proses oksidasi terhadap

tokoferol (Vitamin E). jika minyak bersumber dari tanaman hijau, maka zat klorofil turut terekstrak bersama minyak, dan sulit dipisahkan dari minyak; (2) Warna Coklat, pigmen coklat terdapat pada minyak berasal dari bahan yang telah busuk, karena reaksi molekul karbohidrat dengan gugus pereduksi seperti aldehid serta gugus amin dari molekul protein dan bias jadi disebabkan oleh karena aktivitas enzim-enzim seperti phenol oxidase, polyphenol oxidase, dan sebagainya. (3) Warna Kuning, timbul selama penyimpanan dan intensitas warna bervariasi dari kuning sampai ungu kemerah-merahan. (Ketaren,1986). Komponen-komponen pengotor tersebut bisa jadi teradsorbsi oleh zeolit pada daerah permukaannya. Sehingga warna minyak menjadi lebih bening.

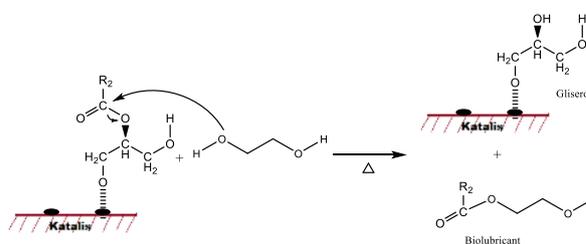
Selain berperan sebagai adsorbsi, zeolit ini berperan sebagai katalis asam lewis dalam sintesis biolubrikan. Dari proses sintesisnya, peran zeolit dalam penelitian ini mengalami 2 tahapan reaksi yakni:

- a. Reaksi Esterifikasi antara minyak goreng bekas dan alcohol dengan katalis Zeolit, menurut reaksi



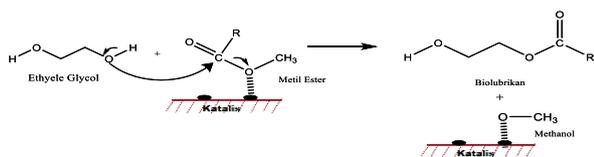
Gambar 3. Rancangan Reaksi Transesterifikasi Trigliserida dan Metanol dengan katalis Zeolit

- b. Reaksi Sintesis Biolubrikan antara reaksi metil ester yang terbentuk dengan etilena glikol dengan katalis Zeolit



Gambar 4. Rancangan Etilena Glikol dengan Metil Ester membentuk Biolubrikan

Sementara monogliserida yang masih tertambat di katalis akan bereaksi dengan kelebihan etilen glikol membentuk biolubrikan juga.



Gambar 5. Rancangan Reaksi sisa Metil Ester di katalis zeolit dengan Etilena Glikol

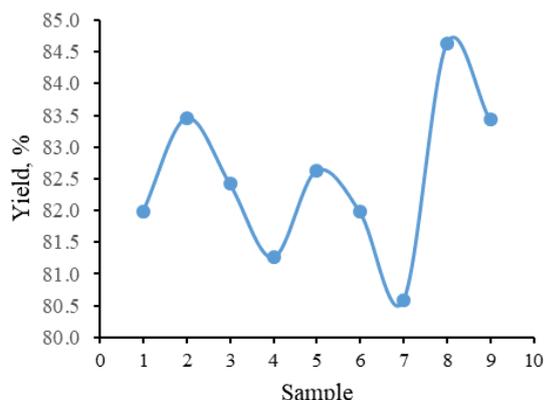
Hasil rancangan reaksi yang terjadi dibuktikan dengan hasil analisa GC-MS pada produk biolubrikan,

Tabel 2. Prosentase Kadar Senyawa Biolubrikan

Nama Senyawa	%	Indeks Similaritas
9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	37.76	94
Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	9.19	96
Hexadecanoic acid, ethyl ester (CAS)	1.40	95
Linoleic acid ethyl ester	0.97	91
N,N-Dimethylthiocarbamic acid, 3-phenylbut-2-enyl ester	1.11	87
Oleic acid, 3-hydroxypropyl ester	13.42	89
Palmitinic acid	3.56	93
Linoleic acid	7.91	90
Hexadecanoic acid (CAS)	1.73	94
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)- (CAS)	9.10	95
Oleic acid	3.95	93
2-Monopalmitin	1.91	88

Dari hasil GC-MS, biolubrikan terdiri 63,85% dalam bentuk ester dan 28,15% minyak. Hasil analisa GCMS menunjukkan bahwa masih adanya senyawa asam lemak yang terkandung dalam biolubrikan. Terjadinya, emulsi pada saat sintesa menunjukkan adanya reaksi saponifikasi Antara asam lemak ini dengan permukaan zeolite yang sedikit basa.

Perolehan yield produk Biolubrikan adalah



Gambar 6. Grafik Yield Produk Biolubrikan

Penurunan% yield terjadi karena terbentuknya emulsi yang meningkatkan viskositas dan menyebabkan terbentuknya gel. Pada awal tahap reaksi sintesis biolubrikan berlangsung, proses pengadukan menyebabkan minyak dan katalis membentuk emulsi. Hal ini diduga, alumina yang berada di permukaan zeolit yang bersifat basa terjadi reaksi saponifikasi dengan minyak. Ini terlihat dari semakin besarnya massa katalis dengan massa minyak yang sama, memberikan emulsi yang terbentuk semakin kental. Akibatnya viskositas meningkat.

Lebih jauh lagi terbentuknya emulsi ini menyebabkan kontak etilen glikol dengan metil ester semakin sulit bertumbukan. Sehingga menyebabkan% yield yang dihasilkan semakin turun [9]. Yield biolubricant tertinggi didapat 83,46%.

Karakterik Biolubrikan Minyak Goreng

Tabel 2. Data Hasil Uji Minyak Goreng Bekas dan Produk Biolubrikan dibandingkan Dengan Lubrikan Produk Pertamina

Karakteristik	Metode Uji, ASTM	Minyak Goreng Bekas	Biolubrikan	Enduro 4t SAE 20W-50	Enduro Matic G SAE 20W-40
Density 15°C, kg/l	D-4052	0,9124	0,8994	0,8859	0,8667
Kinematic Viscosity, 40°C	D-7279	68,01	52,90	161,30	106,0
100°C		29,15	13,06	19,15	14,04
Flash Point, °C	D-92	324	278	263	264
Pour Point, °C	D-5950	9	6	-21	-21
Total Base Number, mgKOH/g	D-2896	6,64	6.96	7,46	7,31

Densitas dari biolubrikan yang dihasilkan tidak jauh berbeda dari densitas pelumas komersial. Indeks viskositas biopelumas lebih tinggi dari indeks viskositas pelumas komersial, hal ini menunjukkan bahwa biopelumas yang dihasilkan memiliki karakteristik yang lebih baik, karena semakin tinggi indeks viskositas, maka semakin sedikit perubahan kekentalan pada mesin [1].

Sementara, hasil titik nyala yang diperoleh oleh biolubrikan adalah 278°C, titik nyala minyak goreng bekas adalah 324°C dan pembanding lubrikan ENDURO adalah 263–264°C. Meski adanya penurunan sifat titik nyala dari minyak goreng, namun belum bisa menyamakan dari lubrikan pembanding produksi pertamina. Diduga pembuatan biolubrikan ini telah berhasil dan lebih baik karena telah meningkatkan titik nyala biolubrikan. Titik nyala biolubrikan yang didapatkan jauh lebih tinggi daripada titik nyala pelumas komersial yang titik nyalanya pada kisaran 260 oC dengan viskositas yang hampir sama. Hal ini terjadi karena bahan dasar pembentukan biolubrikan yaitu minyak nabati dengan memiliki titik nyala yang tinggi. Besar kemungkinan dengan titik nyala yang tinggi,

biolubrikan yang dihasilkan dapat digunakan pada mesin yang beroperasi pada suhu tinggi.

Disisi lain, perbedaan nilai titik nyala yang mempengaruhi nilai viskositas sample. Menurut Ateeq [10] semakin tinggi nilai viskositasnya, maka semakin tinggi pula titik nyala yang didapat [11]

4. Kesimpulan

Yield *biolubricant* optimal yang diperoleh yaitu sebesar 83,46%. Karakterisasi *biolubricant*: Densitas *biolubricant* sebesar 0,8994 kg/m³, viskositas *biolubricant* pada 100°C 13,06 cSt dan viskositas *biolubricant* pada 40°C 52,90 cSt, Titik tuang *biolubricant* sebesar 9°C, Titik nyala *biolubricant* sebesar 278°C, Penggunaan katalis zeolit secara optimal pada reaksi transesterifikasi 5% dan pada sintesis biolubrikan 1% massa reaktan. zeolit yang digunakan dalam penelitian ini berperan sebagai katalis dan adsorber.

5. References

- [1] Sukirno, Kuliah Teknologi Pelumas 3, in, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta, 2010.
- [2] Nurul Aini, Pembuatan Biopelumas, in, Departemen Teknik Kimia, Universitas Sumatra Utara, Medan, Medan, 2014.
- [3] Fenny Lasma Hilde, Irdoni Irdoni, Edy Saputra, Sintesis Biopelumas Dari Minyak Biji Karet: Pengaruh Rasio Molar antara Etilen Glikol dan Asam Lemak serta Waktu Reaksi Esterifikasi terhadap Yield Biopelumas, *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, 4, 1, (2017) 1-5
- [4] Hadrah Hadrah, Monik Kasman, Fitria Mayang Sari, Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi, *Jurnal Daur Lingkungan*, 1, 1, (2018) 16-21
- [5] Firman Setiadi, Firmansyah Firmansyah, Reni Ardiyani, Aprilianti Meilinda, Agus Rochmat, Kinetika Reaksi Esterifikasi Gliserol Monooleat (GMO) dengan Katalisator zeolit Alam Bayah Teraktivasi Asam, *Jurnal Integrasi Proses*, 6, 2, (2016) 73-82
- [6] Noferi Yanli, Irdoni Irdoni, Nirwana Nirwana, Sintesis Bio-Pelumas dari Minyak Limbah Ikan Patin pada Pengaruh Rasio Mol dan Waktu Reaksi, *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, 3, 1, (2016) 1-6
- [7] S Bilal, I. A Mohammed-Dabo, M Nuhu, S. A Kasim, I. H Almustapha, Y. A Yamusa, Production of biolubricant from *Jatropha curcas* seed oil, *Journal of Chemical Engineering and Materials*, 46, 6, (2013) 72-79 <http://dx.doi.org/10.5897/JCEMS2013.0164>
- [8] Isnurani, Dyan Septyaningsih, Ika Sri Hardyanti, Emas Agus Prastyo Wibowo, Analisis Keefektivan zeolit pada Proses Adsorpsi Pemurnian Minyak Jelantah, Seminar Nasional XI "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2016", Yogyakarta, (2016).
- [9] Archita Permatasari, Wahyu Mayangsari, Ignatius Gunardi, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L) dengan Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Katalis K₂O/H-Za Berbasis zeolit Alam, *Jurnal Teknik Pomits*, 2, 2, (2013) 290-295
- [10] Eman Ali Ateeq, Biodiesel Viscosity and Flash Point Determination, Department of Physics, Faculty of Graduate Studies, An-Najah National University, Nablus, Palestine
- [11] Sunyoto, Karnowo, S. M. Bondan Respati, Teknik Mesin Industri Jilid 1 Untuk SMK, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, 2008.