

PERMODELAN ETANOL SEBAGAI RON BOOSTER UNTUK CAMPURAN BAHAN BAKAR PERTALITE

Muh Ilham Fahmiy¹, ING Wardana², dan Sudjito³

^{1,2}Universitas Brawijaya

fahmiy_ilham@student.ub.ac.id¹, wardana@ub.ac.id², sudjitospn@ub.ac.id³

ABSTRAK

Etanol memiliki potensi yang kuat untuk digunakan sebagai campuran bahan bakar fosil karena memiliki keunggulan nilai oktan 106 dan memiliki sifat mudah menguap, mudah terbakar dan tidak berwarna. Namun, tidak seperti non-polar bahan bakar, etanol bersifat polar dan sangat larut dengan air dan mengakibatkan fase pemisahan campuran bensin-etanol. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memahami bagaimana etanol menjadi pelarut dan peran etanol dalam meningkatkan nilai oktan bahan bakar pertalite. Analisis permodelan molekuler dilakukan menggunakan perangkat lunak HyperChem untuk mensimulasikan total energi yang dihasilkan, terdiri dari energi potensial dan energi kinetik. Total energi ini berpengaruh terhadap kemudahan campuran bahan bakar dalam berreaksi (terbakar). Eksperimental pengujian juga dilakukan dengan menambahkan etanol pada bahan bakar pertalite menggunakan presentase 1%, 2,5% dan 5% kemudian dilakukan pengadukan menggunakan alat magnetic stirrer dan dilakukan uji oktan pada mesin uji CFR F1 (*Cooperative Fuel Research F1*). Hasilnya menunjukkan nilai oktan mengalami peningkatan, nilai oktan terendah pada bahan bakar pertalite saja dan nilai oktan tertinggi pada bahan bakar yang ditambahkan etanol sebanyak 5%.

Kata kunci: Etanol, oktan, pelarut dan molekuler.

ABSTRACT

Ethanol has a strong potential to be used as a mixture of fossil fuels because it has the advantage of an octane rating of 106 and has volatile, flammable and colorless properties. However, unlike non-polar fuels, ethanol is polar and very miscible with water and results in phase separation of the gasoline-ethanol mix. Therefore, this study was conducted to understand how ethanol becomes a solvent and the role of ethanol in increasing the octane value of pertalite fuel. Molecular modelling analysis was carried out using the HyperChem software to simulate the total energy generated, consisting of potential energy and kinetic energy. This total energy affect the reactivity of the fuel mixture (burn). Experimental testing was also carried out by adding ethanol to pertalite fuel using a percentage of 1%, 2.5% and 5% then stirring using a magnetic stirrer and octane testing on the CFR F1 (*Cooperative Fuel Research F1*) test engine. The results show that the octane value has increased, the lowest octane value is pertalite fuel only and the highest octane value is 5% ethanol added fuel.

Keywords: Ethanol, octane, solvent and molecular.

PENDAHULUAN

Pertalite merupakan salah satu pilihan bahan bakar minyak dengan harga terjangkau yang tersedia di setiap Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Pertalite memiliki ciri-ciri fisik yang jernih dan warna hijau terang [1]. Bahan bakar pertalite hadir sebagai solusi perantara untuk konsumen yang saat ini masih menggunakan bahan bakar premium. Ketersediaan bahan bakar premium yang semakin sulit untuk ditemukan, bahkan di setiap kota hanya beberapa SPBU saja yang menyediakan bahan bakar minyak jenis premium. Kehadiran pertalite sebagai solusi perantara untuk menggantikan bahan bakar premium yang mulai langka dengan tujuan memperbaiki kualitas dari bahan bakar [2]. Kualitas bahan bakar dapat diukur berdasarkan nilai oktan. Bahan bakar pertalite memiliki nilai oktan 90, sedangkan premium memiliki nilai oktan 88. Tingginya nilai oktan pertalite dibandingkan dengan premium menandakan kualitas bahan bakar pertalite lebih baik dari

pada bahan bakar premium. Dengan menggunakan bahan bakar bernilai oktan yang lebih tinggi maka proses pembakaran pada mesin dapat terjadi secara tepat waktu dan mesin bekerja secara optimal [3].

Penggunaan bahan bakar pertalite ditujukan pada kendaraan yang memiliki kompresi rasio 9:1 hingga 10:1. Sedangkan kendaraan-kendaraan baru saat ini memiliki rasio kompresi 12 ke atas. Pertalite yang hadir dari tahun 2015 silam ini apabila masih tetap digunakan di masa sekarang, maka diperlukan peningkatan (*improvement*) pada bahan bakar, agar nilai oktannya dapat naik dan memiliki efisiensi tinggi serta lebih ramah lingkungan. Apabila penggunaan pertalite tetap dipaksakan tanpa adanya peningkatan kualitas bahan bakar, maka akan rawan terjadinya mesin menggelitik (*knocking*) pada silinder mesin [4]. Mesin menggelitik merupakan suatu perilaku yang kurang baik dari bahan bakar dimana pembakaran terjadi terlalu dini, sebelum piston berada pada posisi yang tepat, namun bahan bakar telah terbakar terlebih dahulu. Ketukan pada mesin dapat mengakibatkan kerusakan pada silinder mesin dan mengurangi efisiensi bahan bakar.

Berbagai usaha untuk mencegah terjadinya *knocking* terus dikembangkan pada bahan bakar dengan cara menambahkan zat aditif [5]. Salah satu zat aditif yang dapat digunakan yaitu etanol berasal dari etil alkohol atau alkohol murni yang memiliki keunggulan nilai oktan 106 dan sifat mudah menguap, mudah terbakar dan tidak berwarna [6]. Penelitian ini dilakukan untuk memahami bagaimana etanol menjadi pelarut dan peran etanol dalam meningkatkan nilai oktan bahan bakar pertalite. Masalah utama dalam campuran etanol-bensin sebagai bahan bakar adalah sampai saat ini belum ada penjelasan yang memuaskan mengenai simulasi permodelan molekuler tentang bagaimana etanol dapat larut dengan bahan bakar pertalite serta kaitannya dengan nilai oktan campuran bahan bakar.

Pembahasan pada penelitian ini fokus pada analisis molekuler pengaruh properti yang dimiliki etanol terhadap bahan bakar pertalite. Analisis molekuler dilakukan menggunakan perangkat lunak HyperChem untuk mengetahui pengaruh yang diberikan seperti energi total yang dihasilkan, yang terdiri dari energi potensial dan energi kinetik [7]. Energi total ini yang nantinya dapat berpengaruh terhadap kemudahan campuran bahan bakar dalam berreaksi. Selanjutnya dilakukan pembuktian bahwa campuran bahan bakar dapat terlarut dengan uji oktan menggunakan mesin uji CFR F1 (Cooperative Fuel Research F1) pada setiap presentase penambahan etanol.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian terdiri dari variabel bebas, terikat dan terkontrol. Variabel bebas merupakan variabel yang besarnya telah ditentukan, tidak dapat dipengaruhi oleh variabel lain namun dapat mempengaruhi variabel lain. Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah perbandingan konsentrasi etanol sebagai RON Booster terhadap bahan bakar pertalite. Persentase penambahan etanol terhadap pertalite adalah 0%, 1%, 2,5% dan 5%.

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya bergantung dari variabel bebas dan hasilnya dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat yang diamati selama penelitian ini terdiri dari nilai oktan dan total energi. Variabel terkontrol merupakan variabel yang dikontrol agar besar nilainya tetap konstan dan telah ditentukan oleh peneliti sebelum penelitian berlangsung. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah volume setiap campuran bahan bakar yang diuji nilai oktan sebesar 100ml

Tempat, Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat, uji nilai oktan dilakukan di Laboratorium Energi dan Lingkungan LPPM ITS dan untuk analisis molekuler dilakukan di Ruang Kuliah Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Alat yang digunakan antara lain: 4 botol kaca 100ml, timbangan elektrik, magnetic stirrer dan laptop untuk menjalankan analisis molekuler. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan bakar pertalite murni dari PT. Pertamina dan Etanol Smart Lab dengan tingkat kemurnian 99,8%.

Prosedur Penelitian

Prosedur Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahapan, tahap pertama dilakukan pencampuran bahan bakar, yakni penambahan etanol pada bahan bakar pertalite dengan presentase 0%, 1%, 2,5% dan 5% dalam 100ml. tahap kedua dilakukan uji nilai oktan pada setiap campuran bahan bakar, tahap ketiga dilakukan analisis molekuler campuran bahan bakar menggunakan aplikasi Hyperchem.

Pencampuran Bahan Bakar

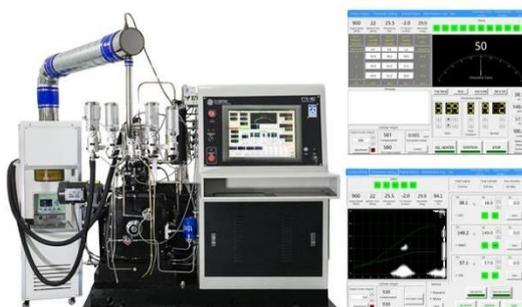
Pencampuran dilakukan pada ruangan tertutup dengan menghitung massa jenis dari bahan bakar pertalite dan etanol, selanjutnya dimasukkan ke dalam botol berdasarkan presentase 0%, 1%, 2,5% dan 5%. Masing-masing botol yang sudah berisi campuran bahan bakar diberikan label dan dilakukan pengadukan menggunakan magnetic stirrer secara bergantian, setelah itu ditutup rapat dan dilakukan uji nilai oktan.



Gambar 1. Alat dan perangkat yang digunakan

Pengujian Nilai Oktan

Pengujian nilai oktan dilakukan pada bahan bakar pertalite dengan penambahan etanol sebanyak 0%, 1%, 2,5% dan 5% dari fraksi volume campuran. Selanjutnya menggunakan metode Research Method yaitu pengukuran nilai oktan dengan kecepatan 600 rpm. Nilai oktan yang diperoleh dari metode ini dinamakan RON (Research Octane Number). Pengujian RON dilakukan menggunakan mesin uji CFR-F1 (Cooperative Fuel Research F1) yang menggunakan metode ASTM D 2669. Maksimum nilai oktan yang dapat diukur oleh mesin uji CFR-F1 adalah sekitar 110 (ASTM D2699).



Gambar 2. Mesin uji CFR F1

Analisis Molekuler Campuran Bahan Bakar

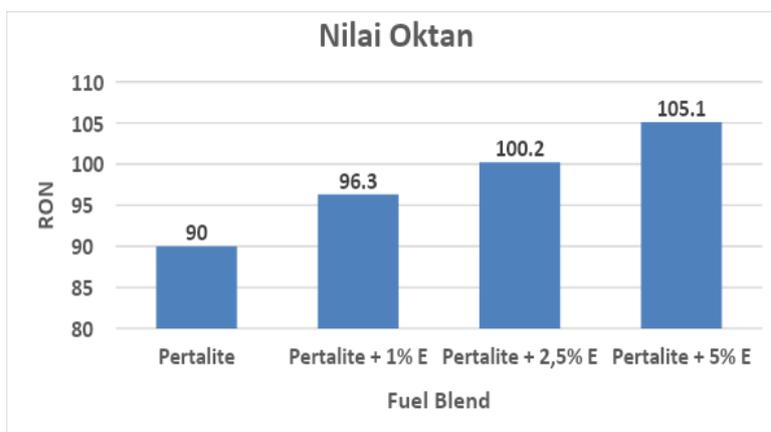
Analisis molekuler pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi HyperChem versi 8.0.7. Masing-masing senyawa bahan bakar yang terdiri dari iso oktana, n heptana dan etanol digambarkan pada jendela interface. Selanjutnya masing-masing struktur molekul yang telah digambarkan dilakukan minimasi energi melalui opsi semiempirical optimization dengan menggunakan algoritma Polak-Ribiere (*conjugate gradient*). Tahapan ini digunakan untuk memperoleh konfigurasi yang paling stabil. Termination condition diatur pada nilai RMS gradient sebesar 0,001 kcal/(Åmol) dan maximum cycle sebanyak 1000. Prosedur ini dilakukan hingga mencapai konformasi optimumnya dan mencapai konvergensinya. Pada penelitian ini digunakan quantum mechanics analysis menggunakan semi-empirical method dengan pendekatan algoritma AM1 (Austin Model 1). Selanjutnya pilih opsi AM1, atur SCF controls dengan convergence limit sebesar 10⁻⁸ dan iteration limit sebesar 50. Opsi polarizabilities juga diaktifkan untuk memperoleh perhitungan mean polarizabilities dari campuran bahan bakar. Setelah seluruh opsi ini telah diatur, maka dilakukan perhitungan dengan memilih single point pada menu bar compute. Seluruh prosedur ini akan memberikan hasil analisis properti molekuler campuran bahan bakar yang meliputi *orbital index*, *orbital outer energy* dan *mean polarizability*.

Selanjutnya dilakukan perhitungan energi total dari setiap campuran dengan cara pilih menu setup – molecular mechanics kemudian pilih menu compute – single point – geometry optimization (sampai convergen) dan pilih molecular dynamics dan ambil data energi total (potensial dan kinetik) dari campuran setiap senyawa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Nilai Oktan

Nilai oktan merupakan salah satu indikasi dari kualitas bahan bakar, semakin tinggi nilai oktan artinya kualitas bahan bakar semakin baik. Nilai oktan menunjukkan kekuatan atau daya dari bahan bakar dalam menahan terjadinya proses pembakaran dini (pre ignition) agar bahan bakar dapat terbakar tepat waktu. Semakin tinggi nilai oktan artinya semakin baik usaha dari bahan bakar dalam mewujudkan pembakaran secara tepat waktu.

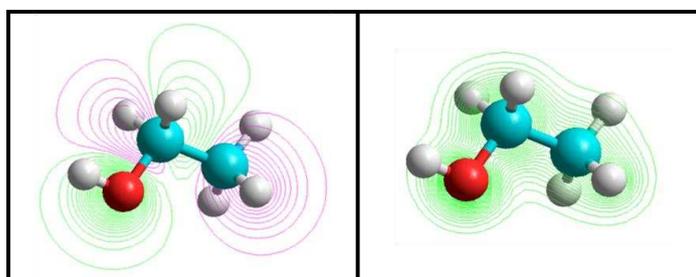


Gambar 3. Grafik hasil uji nilai oktan

Hasil uji nilai oktan menunjukkan bahwa nilai oktan terendah ada pada bahan bakar pertalite saja, kemudian terjadi kenaikan nilai oktan sampai penambahan etanol sebesar 5%. Berdasarkan hasil ini artinya penambahan etanol dapat meningkatkan nilai oktan dan etanol dapat dijadikan sebagai RON Booster. Selanjutnya berdasarkan perhitungan presentase kenaikan nilai oktan pada penambahan etanol secara berurutan mengalami peningkatan sebesar 7%, 11,3% dan 16,8%. Pengaruh presentase kenaikan terbesar ada pada penambahan etanol 5% yakni dari nilai oktan 90 menjadi 105,1. Selain itu hasil uji oktan juga menandakan bahwa antara bahan bakar pertalite dan penambahan etanol dapat dikatakan telah terlarut, hal ini dibuktikan dengan peningkatan nilai oktan yang sebanding dengan presentase penambahan etanol.

Hasil Simulasi Molekuler

Interaksi antar molekul melibatkan sisi-sisi aktif yang terdapat dalam molekul etanol tersebut. Pada pembentukan polimer yang tercetak secara molekul (molecular imprinted polymer / MIP), interaksi antar molekul bertujuan untuk menaikkan tingkat selektivitas pada area yang terbentuk, sehingga dapat mengikat molekul target yakni iso oktana dan n heptana dengan baik dan selektif.



Gambar 4. Proyeksi kontur potensial elektrostatis dan proyeksi kerapatan muatan total etanol

Interaksi yang dirancang berupa interaksi non-kovalen yang umum melibatkan ikatan hidrogen atau interaksi dipol-dipol dengan menggunakan permodelan molekul berdasarkan metode mekanika kuantum [8]. Gambaran yang diperoleh berupa keadaan struktur elektronik senyawa untuk menunjukkan sisi aktif dari molekul etanol. Data ini berupa peta proyeksi kontur potensial elektrostatis dan proyeksi kerapatan muatan elektronik seperti pada Gambar 4.

Penentuan sisi aktif dapat dikonfirmasi pada gambar proyeksi kontur potensial elektrostatis yang menunjukkan daerah interaksi non kovalen antar molekul. Etanol memiliki bentuk molekul yang sederhana, nampak beberapa sisi aktif yang ditunjukkan dengan warna merah yakni pada atom-atom oksigen yang terikat dengan etanol. Daerah tersebut

memungkinkan sebagai sisi yang berpotensi untuk interaksi dengan molekul lain.

Peta proyeksi kerapatan muatan elektronik etanol nampak kerapatan elektron yang tinggi ditunjukkan dengan garis-garis berwarna hijau. Pada atom oksigen tingkat kerapatan elektron lebih tinggi dari atom karbon maupun hidrogen menunjukkan muatan parsial yang lebih bersifat elektronegatif pada area tersebut. Hal ini membantu dalam menentukan daerah mana yang memungkinkan terjadi pembentukan interaksi hidrogen. Secara tidak langsung kerapatan elektron ini mengindikasikan atau menandakan sisi aktif yang ada pada molekul etanol.

Tabel 1. Hasil simulasi energi total

No.	Molekul	Energi Potensial	Energi Kinetik	Energi Total
1	Etanol	-776,017	0,618	-775,399 kcal/mol
2	Iso Oktana – N Heptana	-4433,9	5,494	-4428,406 kcal/mol
3	Etanol – Iso Oktana – N Heptana	-5185,048	6,999	-5178,049 kcal/mol

Hasil simulasi perhitungan energi total setiap molekul penyusun dan molekul campuran menunjukkan nilai yang minus. Nilai energi total tertinggi ada pada molekul etanol saja dan nilai total energi terendah ada pada molekul campuran. Nilai energi total inilah yang akan dilakukan pembahasan lebih dalam menggunakan teori leonnard-Jones serta kaitanya dengan presentase penambahan etanol yang membuat nilai oktan semakin meningkat.

Pembahasan

Analisis kestabilan dan kekuatan interaksi molekul yang terbentuk antara etanol etanol dengan senyawa penyusun bahan bakar (iso oktana-n heptana) dibahas berdasarkan teori potensial Lennard Jones. Potensial Lennard Jones merupakan pendekatan matematika yang menggambarkan energi interaksi antara dua atom atau molekul nonbonding yang didasarkan dari jarak pemisahan. Persamaan dengan memperhitungkan perbedaan antara gaya tarik menarik dan kekuatan tolak-menolak [9].

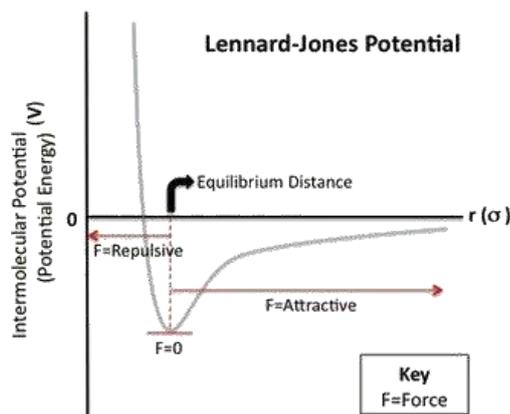


Figure C

Gambar 5. Potensial Lennard-Jones

Pada energi potensial ikatan, stabilitas suatu susunan atom merupakan fungsi dari jarak pemisahan Lennard-Jones. Jarak pemisahan yang menurun di bawah ekuilibrium sehingga membuat energi potensial menjadi semakin positif (gaya tolak) [10]. Energi potensial yang besar secara energi tidak disukai karena menunjukkan tumpang tindih orbital atom. Namun, pada jarak pemisahan yang panjang, energi potensial adalah negatif dan mendekati nol sebagai jarak pemisahan yang meningkat hingga tak terbatas (gaya menarik). Hal ini menunjukkan bahwa pada jarak yang jauh, sepasang atom atau molekul mengalami gaya penstabilan yang kecil. Pemisahan antara dua partikel mencapai jarak sedikit lebih besar dari σ , energi potensial mencapai nilai minimum (gaya adalah nol). Pada titik ini, pasangan partikel yang paling stabil dan akan tetap dalam orientasi itu sampai kekuatan eksternal yang diberikan kepada mereka.

Penambahan etanol pada bahan bakar pertalite menghasilkan campuran molekul bahan bakar dengan energi total yang paling minus dari energi total molekul bahan bakar pertalite saja. Energi total paling minus terjadi karena adanya peningkatan jarak atom yang semakin mendekat (ke arah sumbu mendatar kiri). Energi total paling minus ini terdapat pada garis putus-

putus equilibrium distance yang artinya jarak antar atom di dalam molekul adalah paling stabil. Selanjutnya jarak antar atom yang paling stabil (paling dekat) dapat membantu menyerap panas dan membuat ikatan molekul alkohol menjadi naik membuat senyawa menjadi lebih sulit bereaksi.

Hubungan antara hasil uji nilai oktan yang tinggi dengan energi total yang paling minus ada pada sulitnya ikatan molekul dalam bereaksi. Nilai oktan yang tinggi menandakan bahan bakar lebih sulit terbakar atau dapat dikatakan memiliki kemampuan dalam menahan terjadinya proses reaksi selama beberapa saat. Artinya etanol dapat digunakan sebagai RON Booster didukung dengan analisis kestabilan dan kekuatan interaksi molekul yang menghasilkan energi total paling minus.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan etanol pada bahan bakar pertalite dapat terlarut karena etanol memiliki sisi-sisi aktif yang berpotensi terjadinya interaksi dengan molekul lain. Penambahan etanol pada bahan bakar pertalite dapat digunakan sebagai peningkat nilai oktan atau RON Booster, hal ini dibuktikan melalui analisis molekuler yang menghasilkan energi minus paling tinggi dan membuat senyawa menjadi lebih sulit bereaksi. Selain itu kenaikan nilai oktan tertinggi terjadi pada campuran pertalite + 5% etanol yang mengalami kenaikan sebesar 16,8%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pembimbing I Prof I.N.G Wardhana dan pembimbing II Prof Sudjito atas dukungan dan bimbingannya, serta Bapak dan Ibu Dosen Teknik Mesin Universitas Brawijaya atas dedikasinya dalam mengajar dan memberikan motivasi kepada saya dan seluruh mahasiswa teknik mesin. Tak lupa untuk panitia dari kampus Politeknik ATI Makassar yang telah menyelenggarakan acara Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI) IX 2022. Semoga acara serupa dapat terus diselenggarakan setiap tahunnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Keputusan Dirjen Migas No.0486.K/10/DJM.S/2017. www.migas.esdm.co.id. 2017. [Diakses tanggal 24 Maret 2022].
- [2] Purponegoro, Wianda. 2015. Pertalite. <http://www.pertamina.com/ourbusiness/-hilir/pemasaran-dan-niaga/produk-danlayanan/produk-konsumen/spbu/-pertalite>. [Diakses pada 7 Maret 2015].
- [3] Kristanto, P. 2002. Oksigenat methyl tertiary Buthyl ether sebagai aditif octane booster bahan bakar motor bensin. *Jurnal Teknik Mesin* 4 (1). Pp. 25 -31.
- [4] Didelhi, S., Putra, T. D., Sabhana, A. 2013. Studi Pengaruh Active Turbo Cyclone Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Bensin 4 TAK 1 Silinder. *Jurnal Proton* 5 (1): 23 – 28.
- [5] Suprptono. 2004. *Bahan Bakar dan Pelumasan*. Buku Ajar. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [6] Sarjono dan F. E. A. Putra. 2013. Studi Eksperimen Pengaruh Campuran Bahan Bakar Premium dengan Bioetanol Nira Siwalan terhadap Performa Motor 4 Langkah. *Majalah Ilmiah STTR Cepu*. No. 16. Hal. 1-11.
- [7] Hypercube. (2002). HyperChem Release 7.
- [8] Tahir, I., Ahmad, Mohd Noor, Islam, AKM Shafiqul., Arbain D. 2012. Pemodelan Molekul Polimer Tercetak Molekul Asam Borat Untuk Aplikasi Quartz Crystal Microbalance. *Jurnal Kimia Yogyakarta: Universitas Gadjah mada*. 6 (2) hal 101 – 109.
- [9] UCDavis. 2005. Lennard-Jones Potential. Available online at: http://chemwiki.ucdavis.edu/Physical_Chemistry/Quantum_Mechanics/Atomic_Theory/Intermolecular_Forces/Lennard-Jones_Potential [Diakses tanggal 12 November 2013].
- [10] Hasanah, N., et al. 2013. Studi Interaksi Segmen Trimer Kitosan dengan Asam Askorbat secara Komputasi Ab Initio dan Eksperimen. *ChemInfo: Vol 1, No 1, Hal 210-219*.