Pengaruh Tegangan Dan Jarak Jarum Elektro Plasma Terhadap Emisi Gas Buang (CO, HC, O_2) Pada Sepeda Motor

Yuniarto Agus Winoko [1], Muhammad Tamimul Anwar Ramadhan [2]
[1]Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang
[2]Teknik Otomotif Elektronik Politeknik Negeri Malang
[1]dhimazyuni@gmail.com, [2]enem99enem@gmail.com

Abstrak

Reaktor plasma adalah alat untuk mereduksi emisi gas buang dari motor bensin. Prinsip kerja alat ini memanfaatkan perubahan tegangan akibat loncatan elektron. Loncatan elektron pada reaktor ini tergantung pada jarak jarum dan tegangan pada elektro plasma. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis tegangan dan jarak elektro plasma menggunakan reaktor plasma terhadap kadar karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC), dan oksigen (O_2) pada emisi gas buang. Metode yang digunakan pada reaktor plasma terdiri sistem mekanik berbentuk jarum yang berbahan dasar tembaga sebagai alat pembentuk korona. Sistem elektronik terdiri dari rangkaian resistor, diode, kapasitor, dan transistor. Pengambilan data dilakukan dengan dua variasi tegangan dan tiga variasi jarak jarum dengan pengulangan tiga kali, sehingga didapat hasil data emisi CO, HC dan O_2. Penyelesaian hasil data emisi gas buang menggunakan analisis two factorial analysis with replications. Variabel yang digunakan adalah tegangan dan jarak jarum elektro plasma. Hasil penelitian dengan menambahkan alat reaktor plasma terdapat pengaruh yang signifikan terhadap kadar emisi gas buang daripada tanpa menggunakan reaktor plasma. Perubahan yang paling baik dalam pengurangan emisi gas buang terdapat pada jarak jarum 10mm dengan tegangan 12 V.

Kata Kunci *:* emisi gas buang, jarak jarum, reaktor plasma, tegangan

Pendahuluan

Reaktor plasma adalah alat untuk mereduksi emisi gas buang, dimana proses terjadinya plasma berdasarkan perbedaan tegangan dan jarak jarum. Perbedaan ini akibat pergeseran elektron melalui celah udara, sehingga menghasilkan lompatan elektron. Lompatan elektron ini sering disebut istilah korona, dimana korona dihasilkan oleh peristiwa pelepasan sebagian muatan elektron. Pada peristiwa korona sering ditemui beberapa fenomena seperti timbulnya cahaya dan bunyi – bunyi desis seperti listrik. Timbulnya cahaya dan bunyi pada isolator udara disebabkan dari pergerakan elektron di udara akibat terjadinya ionisasi pada jarak jarum tersebut.

Plasma dapat dibuat dengan cara memanfaatkan tegangan listrik, misal dengan menghadapkan dua buah elektroda di udara bebas, hal ini udara merupakan suatu isolator yaitu materi yang tidak dapat menghantarkan listrik. Pada kedua elektroda dipasang tegangan listrik yang cukup tinggi sehingga sifat konduktor akan mucul pada udara dianatara kedua elektroda dan bersamaan dengan itu arus listrik mulai mengalir. Aliran arus listrik ini menunjukkan adanya ionisasi yang mengakibatkan terbentuknya ion serta elektron di antara dua elektroda. Di dalam reaktor plasma, ionisasi berantai yang terjadi menyebabkan gas-gas yang terkandung dalam gas buang dan membentuk senyawa baru sehingga konsentrasi dalam emisi gas dalam reaktor menjadi berkurang.

Plasma yang dihasilkan oleh tegangan tersebut juga dipengaruhi jarak. Jarak antar plat tersebut akan mempengaruhi jumlah ion, elektron, dan radikal energetik. Semakin jauh jarak antar plat maka nilai dari tegangan akan lebih rendah dari jarak plat yang dekat, sehingga diharapkan dapat menemukan jarak yang tepat untuk pereduksian emisi gas buang.

Tinjauan Pustaka

Plasma adalah zat keempat di samping zat padat, zat cair dan zat gas. Zat plasma dalam hal ini bukanlah plasma seperti pada kata plasma darah, kata yang umum digunakan berkaitan dengan plasma dalam bidang biologi. Plasma zat keempat ini ditemukan pada tahun 1928 oleh ilmuwan Amerika menyatakan dalam eksperimennya melalui lampu *tungsten filament* (Langmuir dalam Ristanto, 2013). Plasma ini sangat mudah dibuat, caranya dengan pemanfaatan tegangan listrik. Contoh dengan menghadapkan dua elektroda di udara bebas.

Isolasi merupakan suatu hal yang signifikan dalam konstruksi tegangan tinggi. Semakin tinggi tegangan yang dimiliki, maka akan dibutuhkan suatu isolasi yang semakin baik pula kualitasnya. Pada kondisi tertentu dimana tegangan mencapai tingkatan tertentu, maka pada bahan isolasi yang sedang digunakan tersebut dapat mengalami pelepasan muatan atau sering dikenal dengan istilah *discharge*. Isolasi mengalami kegagalan pada saat terjadi pelepasan pada muatan. Proses *discharge* ini menyebabkan hilangnya tegangan dan terjadinya lompatan muatan atau aliran arus pada isolasi tersebut. Proses ini disebut dengan istilah korona.

Gambar 1 Korona

Ketika dua buah penghantar sejajar atau terpisah oleh suatu isolator akan terjadi fenomena korona, dalam

hal ini udara dengan kondisi luas penampang dari penghantar tersebut jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan jarak antara kedua penghantar diberikan tegangan searah yang tinggi. Ada minimal nilai tegangan yang akan membentuk terjadinya korona, maka bila tegangan DC yang diberikan antara kedua penghantar tersebut memiliki nilai dibawah batas minimal, maka fenomena korona ini tidak akan terjadi.

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam dan pembakaran luar, yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Komponen-komponen gas buang yang dikeluarkan dari kendaraan bermotor seperti HC, CO, dan, O_2.Gas CO adalah salah satu jenis polutan yang terkandung didalam udara bebas dan bersifat racun. Gas ini dihasilkan dari pembakaran mesin diesel, mesin bensin, dan LPG. Unsur dari senyawa HC adalah hidrogen dan karbon.Selama proses penjualan bensin telah terjadi banyak penguapan. Pemindahan dalam tangki, pengisian ke dalam mobil dan dari karburator selalu ada penguapan. Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO_2. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon.

Pereduksian polutan menggunakan teknik plasma korona untuk gas karbon monoksida (CO) lebih mudah dibandingkan karbon dioksida (CO_2). pereduksian CO_2 diawali dengan proses pemisahan ikatan – ikatan molekul gas (mengalami proses disosiasi). Proses pemisahan ikatan – ikatan tersebut mengakibatkan terjadinya ionisasi atau radikalisasi pada molekul – molekul gas, sehingga terbentuk ion – ion, elektron dan radikal bebas yang energetik. Molekul yang memunyai atom dengan elektron yang tidak berpasangan merupakan radikal bebas. Radikal bebas memunyai reaktivitas yang tinggi dan cenderung tidak stabil. Pada radikalisasi mekanisme reaksi radikal bebas merupakan suatu deret reaksi – reaksi bertahap yang meliputi: tahap permulaan (*inisiation*), tahap perambatan (*propagation*) dan tahap pengakhiran (*termination*). Radikal bebas yang terbentuk dari proses radikalisasi akan mendissosiasi molekul – molekul gas yang berada dalam reaktor plasma sehingga terjadi suatu reaksi berantai. Pertama merupakan tahapan inisiasi dimana tahapan awal pembentukan radikal bebas oleh pelipat gandaan elektron. Tahap kedua merupakan tahap propagasi. Propagasi akan terjadi secara terus – menerus sebab reaksi ini menghasilkan radikal bebas (R^*) lainnya yang akan bereaksi dengan senyawa lainnya sehingga terjadi disosiasi baru. Tahap akhir atau terminasi yaitu tahap bereaksinya senyawa radikal dengan radikal lain dan radikal bebas menjadi lebih stabil dan tak reaktif. Prinsip kerja alat ini tanpa menggunakan bahan adiktif. Sedangkan hipotesa reduksi gas CO_X tersebut di atas adalah sebagai berikut:

Disosiasi O_2:

$e + O_2 \longrightarrow O^* + O^* + e$

Disosiasi CO_2:

$e + CO_2 \longrightarrow CO^* + O^* + e$

$\longrightarrow C^* + 2O^* + e$

Disosiasi CO:

$e + CO \longrightarrow O^- + C^*$

$e + CO \longrightarrow O^- + C$

Tegangan adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan dalam satuan volt. Besaran ini mengukur

energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik. Tergantung pada perbedaan potensial listriknya, suatu tegangan listrik dapat dikatakan sebagai ekstra rendah, rendah, tinggi atau ekstra tinggi. Secara definisi tegangan listrik menyebabkan objek bermuatan listrik negatif tertarik dari tempat bertegangan rendah menuju tempat bertegangan lebih tinggi. Sehingga arah arus listrik konvensional di dalam suatu konduktor mengalir dari tegangan tinggi menuju tegangan rendah.

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron – elektron, mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Coulomb/detik atau Ampere. Contoh arus listrik dalam kehidupan sehari-hari berkisar dari yang sangat lemah dalam satuan Mikro Ampere (µA) seperti di dalam jaringan tubuh hingga arus yang sangat kuat 1 – 200 Kilo Ampere (KA) seperti yang terjadi pada petir. Dalam kebanyakan sirkuit arus searah dapat diasumsikan resistansi terhadap arus listrik adalah konstan sehingga besar arus yang mengalir dalam sirkuit bergantung pada voltase dan resistansi sesuai dengan hukum Ohm. Pada baterai kendaraan memiliki 4 – 6 Ampere yang ketika digunakan akan memengaruhi pengosongan pada baterai.

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Dalam hal ini daya digunakan untuk menghitung nilai watt dari baterai yang digunakan.

Crankshaft berputar terus-menerus disebabkan oleh adanya tenaga mekanis dari hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara pada ruang bakar yang menimbulkan gaya dorong pada torak akibat naiknya tekanan di dalam silinder. Gaya dorong yang terdapat pada torak menyebabkan torak bergerak secara translasi dari titik mati atas menuju titik mati bawah. Kemudian gerak translasi torak dirubah menjadi gerak rotasi pada *crankshaft* melalui batang torak. Putaran *crankshaft* ini disebut putaran mesin suatu kendaraan.

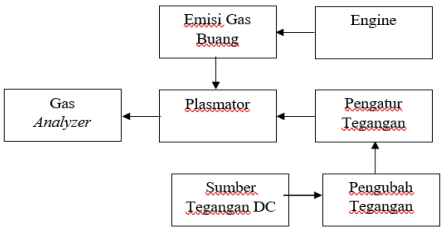
Di dalam ruang bakar terjadi proses kompresi campuran udara dan bahan bakar. Dengan waktu kompresi yang tepat maka menghasilkan tekanan yang besar dan suhu yang cukup panas. Pada saat itu busi memercikkan bunga api yang membakar campuran udara dan bahan bakar sehingga menghasilkan tenaga putar pada *crankshaft*. Saat *crankshaft* berputar, tiap putaran memiliki kecepatan masing-masing sehingga terdapat 4 jenis putaran pada *crankshaft*. Putaran Tersebut yaitu: putaran stasioner, putaran rendah, putaran menengah, putaran tinggi.

Gas analyzer Tecnotesh MOD 488 yang digunakan sebagai alat ukur emisi gas buang pada penelitian ini, alat uji emisi ini dapat melakukan kalibrasi ketika tombol dinyalakan, akan tetapi juga lebih baik menekan tombol *purge* pada alat untuk memastikan udara yang telah dibaca pada alat dikeluarkan terlebih dahulu. Penggunaan *purge* ini untuk memastikan bahwa data yang akan diambil benar-benar tidak terpengaruh emisi sisa pada alat ukur ini. Masukkan probe pembacaan emisi gas buang pada knalpot sambil menunggu alat uji emisi siap.

Metodologi

Pengambilan data dilakukan dengan menentukan *variable control*, *variable* bebas, *variable* terikat. Pada penelitian ini *Variable control* adalah bahan bakar pertamax dan putaran mesin pada 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, dan 4500 Rpm. *Variable* bebas pada penelitian ini adalah tegangan dalam satuan volt dan jarak jarum elektro plasma dalam satuan mm. *Variable* terikat pada penelitian ini adalah kadar emisi gas buang. Kadar emisi yang dilakukan pengujian adalah karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC) dan oksigen (O_2).

Perancangan alat dalam penelitian ini tergambar pada sistem blok diagram di bawah ini dan dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2 Blok Diagram Sistem

Dari blok diagram pengunaan reaktor plasma di atas dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. *Engine* berfungsi sebagai penghasil emisi yang diakibatkan oleh proses pembakaran.
2. Emisi gas buang adalah gas yang dihasilkan dari proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar yang terkompresi pada *engine*.
3. Sumber tegangan DC sebagai sumber tegangan reaktor plasma.
4. Selektor tegangan sebagai pengatur tegangan yang keluar menuju reaktor plasma.
5. Plasmator sebagai teknologi alternatif untuk mereduksi kadar emisi gas buang.
6. Gas *analyzer* untuk mengukur komposisi dan proporsi suatu gas.

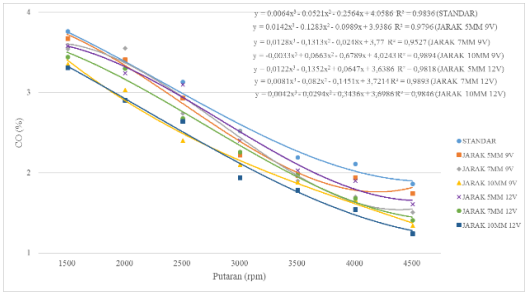
Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data dilakukan berdasarkan metode penelitian yang telah tercantumkan di metodolgi dan akan dipaparkan data hasil pengujian emisi gas buang knalpot standar dan penambahan reaktor plasma,beserta analisis grafiknya yang dibagi menjadi tiga hasil emisi yaitu emisi CO, HC dan O_2 sebagai berikut.

Tabel 1. Rata – Rata Data Knalpot Standar Dan Reaktor Plasma Emisi CO

CO							
Putaran	Standar	Jarak 5MM 9V	Jarak 7MM 9V	Jarak 10MM 9V	Jarak 5MM 12V	Jarak 7MM 12V	Jarak 10MM 12V
1500	3,77	3,68	3,55	3,36	3,59	3,45	3,32
2000	3,31	3,42	3,56	3,04	3,25	3,31	2,91
2500	3,14	2,94	2,75	2,41	3,11	2,69	2,65
3000	2,53	2,23	2,53	2,11	2,41	2,27	1,95
3500	2,2	1,97	1,91	1,89	2,04	1,99	1,79
4000	2,12	1,95	1,71	1,67	1,91	1,69	1,55
4500	1,87	1,75	1,52	1,35	1,62	1,42	1,25

Tabel di atas adalah data hasil setelah melakukan percobaan menggunakan gas analyzer pada saat kondisi motor standart dan saat menggunakan reactor plasma.



Gambar 3. Perbandingan Rata – Rata Emisi CO Knalpot Standar Dan Reaktor Plasma

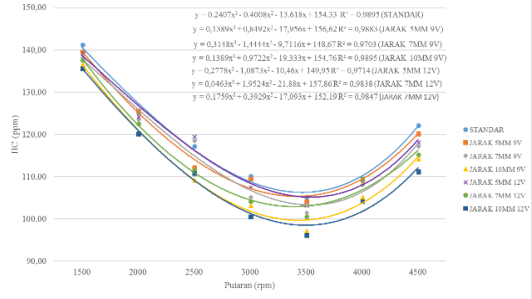
Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat bahwa adanya pengaruh sebelum penggunaan reaktor plasma dan sesudah penggunaan reaktor plasma pada emisi gas CO yang dihasilkan, hasil penambahan reaktor

plasma lebih rendah kadar CO-nya daripada tanpa menggunakan reaktor plasma. Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa penurunan emisi gas CO yang paling baik adalah pada jarak 10mm dengan tegangan 12V.

Tabel 2. Rata – Rata Data Knalpot Standar Dan Reaktor Plasma Emisi HC

HC							
Putaran	Standar	Jarak 5MM 9V	Jarak 7MM 9V	Jarak 10MM 9V	Jarak 5MM 12V	Jarak 7MM 12V	Jarak 10MM 12V
1500	141,33	139,67	138,33	136,67	139,33	137,67	135,67
2000	125,33	125,67	123,67	120,67	124,33	122,67	120,33
2500	117,33	112,33	118,67	109,33	119,67	111,67	111,00
3000	110,33	109,67	105,33	103,33	107,67	104,33	100,67
3500	105,33	104,33	101,67	97,33	103,33	100,67	96,33
4000	109,67	109,33	108,33	105,33	109,67	109,67	104,33
4500	122,33	120,33	117,33	114,33	118,33	115,33	111,33

Tabel di atas adalah data hasil setelah melakukan percobaan menggunakan gas analyzer pada saat kondisi motor standart dan saat menggunakan reactor plasma.



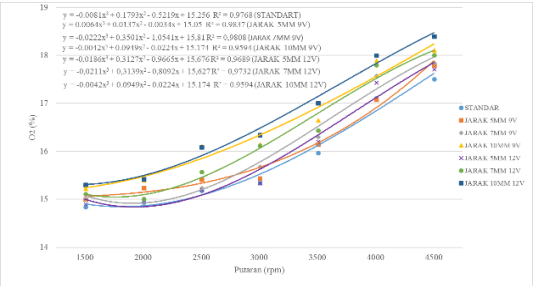
Gambar 4. Perbandingan Rata – Rata Emisi HC Knalpot Standar Dan Reaktor Plasma

Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat bahwa adanya pengaruh sebelum penggunaan reaktor plasma dan sesudah penggunaan reaktor plasma pada emisi gas HC yang dihasilkan, hasil penambahan reaktor plasma lebih rendah kadar HC-nya daripada tanpa menggunakan reaktor plasma. Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa penurunan emisi gas HC yang paling baik adalah pada jarak 10mm dengan tegangan 12V.

Tabel 3. Rata – Rata Data Knalpot Standar Dan Reaktor Plasma Emisi O_2

O2							
Putaran	Standar	Jarak 5MM 9V	Jarak 7MM 9V	Jarak 10MM 9V	Jarak 5MM 12V	Jarak 7MM 12V	Jarak 10MM 12V
1500	14,85	15,01	15,03	15,23	14,92	15,12	15,31
2000	14,95	15,25	15,02	15,41	14,99	15,02	15,43
2500	15,19	15,42	15,25	16,12	15,21	15,58	16,10
3000	15,35	15,45	15,69	16,16	15,35	16,13	16,35
3500	15,98	16,15	16,31	16,66	16,22	16,45	17,02
4000	17,12	17,09	17,59	17,91	17,45	17,81	18,01
4500	17,52	17,81	17,86	18,12	17,72	18,02	18,41

Tabel di atas adalah data hasil setelah melakukan percobaan menggunakan gas analyzer pada saat kondisi motor standart dan saat menggunakan reactor plasma.



Gambar 5. Perbandingan Rata – Rata Emisi O_2 Knalpot Standar Dan Reaktor Plasma

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa adanya pengaruh sebelum penggunaan reaktor plasma dan sesudah penggunaan reaktor plasma pada emisi gas O_2 yang dihasilkan, hasil penambahan reaktor plasma lebih rendah kadar O_2-nya daripada tanpa menggunakan reaktor plasma. Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa penurunan emisi gas O_2 yang paling baik adalah pada jarak 10mm dengan tegangan 12V.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Pada penelitian yang telah dilakukan terdapat penurunan kadar CO sebesar 33,15% yang dipengaruhi saat menggunakan jarak 10mm dengan besar tegangan 12V.

Pada penelitian yang telah dilakukan terdapat penurunan kadar HC sebesar 8,9% yang dipengaruhi saat menggunakan jarak 10mm dengan besar tegangan 12V.

Pada penelitian yang telah dilakukan terdapat kenaikan kadar O2 sebesar 6,5% yang dipengaruhi saat menggunakan jarak 10mm dengan besar tegangan 12V.

Daftar Pustakan

Mahmud, Kurniawan Hidayah. *Analisis Torsi dan Daya Akibat Pemotongan Ramp Poros Bubungan (Camshaft) pada Sepeda Motor Suzuki Shogun 125 SP Tahun 2005.* Universitas Negeri Solo. 2012.

Muhammad N., Ahmad S., Sumariyah, Arfan, Triadyaksa P., et al., 2007. "*Usaha Mengurangi Global Warming Melalui Inovasi Knapot Anti Polusi Berteknologi Plasma". Riptek, Vol. I No. I, Hal: 11 – 18.*

Nur, Muhammad., Ahmad S., Sumariyah, Arfan, Triadyaksa P., *et al*., 2007. *Usaha Mengurangi Global Warming Melalui Inovasi Knapot Anti Polusi Berteknologi Plasma*. Riptek, Vol. I No. I, Hal: 11 – 18.

Nur, Muhammad., Bukit Y. W., Wahyu A. W., Ahmad S., dan Sumariyah. 2006. *Pereduksian CO_X, NO_X, SO_X, HC Dari Kendaraan Bermotor Dengan Menggunakan Plasma Non Termik.* Berkala Fisika Vol. 9, No.4, Oktober 2006, hal 209-219

Ristanto, Afip. *Analisis Variasi Tegangan Terhadap Kadar Gas Buang Pada Reaktor Pasma Di Kendaraan Bermotor.* Politeknik Negeri Malang. 2013.

Sugiharto, Ari., Rasito, Muhammad N., Dan A. Suseno. 2004. *Pemanfaaan Plasma Non Termik Dalam Upaya Pengendalian Laju Polusi Udara Akibat Emsi Gas Kendaraan Bermotoe Bermesin 2 Tag*. Berkala Fisika Vol. 7, hal 103 – 110.

Susan, Ade Ika., Achmad S., Mohamad W., dan Muhammad N. 2016. *Kajian Kelistrikan Plasma Pijar Korona Menggunakan Elektroda Multi Titik-Bidang Dalam Perlakuan Tekstil.* Arena Tekstil Vol. 31 No. 1, 11-16.

Sutoyo., dan M. Imron Rosyidi. 2013. *Penambahan Reaktor Plasma Dbd (Dielectric – Barrier Discharge) Pada Metode Sncr (Selective Non-Catalytic Reduction) Untuk Reduksi Emisi Gas Buang Motor Diesel.* Simposium Nasional RAPI XII FT UMS.

Syahrani, Awal. 2006. *Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi.* Jurnal SMARTek Vol. 4.No. 4. 2006. Hal: 260-266.

Vinh, Tran Quang., Shuya W., Tomohiko F., *and* Masataka A., 2012. *Fundamental Study of NO_X Removal Fom Diesel Exhaust Gas by Dielectric Barrier Discharge Reactor*. Journal of Mechanical Science and Technology 26 (6) 1921~1928.

Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., Ye, K. 2012. *Probability & Statistics for Engineers & Scientists.* 9th Ed. Prentice Hall,

Widi K. A., Sujana W., Rahardjo T. Analisa Mampu Las Material besi Tuang Memanfaatkan Elektroda Nikel (Studi Kasus komponen *Cylinder Head* Pc750se-7 Yang Mengalami *Fretting*), Jurnal Flywheel Vol 9 No 2, September 2018

Winoko, Yuniarto Agus. 2017. *Pengujian Daya Dan Emisi Gas Buang*. Politeknik Negeri Malang.