

## STUDI PERBANDINGAN REGULATOR KONVENSIONALDUA RELAY DAN REGULATOR ELEKTRONIKBERBASIS MIKROKONTROLERA VR ATMEGA8

Erma Wijayanti<sup>1</sup>, Gatut Rubiono<sup>2</sup>, Haris Mujiyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alumni Prodi TeknikMesinUniversitas PGRI Banyuwangi

<sup>2</sup>Staf Pengajar Prodi TeknikMesinUniversitas PGRI Banyuwangi

Jl. Ikan Tongkol No. 22 Banyuwangi 68416

Email: rubionov@yahoo.com

### ABSTRACT

*Automotive charging system provide vehicle's electricity consumption and battery charging. Common regulator has unstable voltage output. This research is aimed to compare the performance of common and electronic regulator. Electronic regulator designed with an AVR ATmega8 microcontroller and 16 x 2 matrix LCD. The devices are tested in the charging system of Toyota Kijang 5K automotive engine by measuring alternator voltage output using voltmeter. The engine is running at 1000, 1500, 2000, 2500 and 3000 rpm. The measurements are taken three times for 300 seconds with 30 second interval. The result shows that the average voltage output of electronic regulator increase faster at 0 until 30 second measurement period. The result also shows that electronic regulator has more stable voltage output which is 14,45 Volt. The overall comparison study shows that electronic regulator has better performance than common regulator.*

**Keywords:** charging system, electronic regulator, voltage output, AVR ATmega8

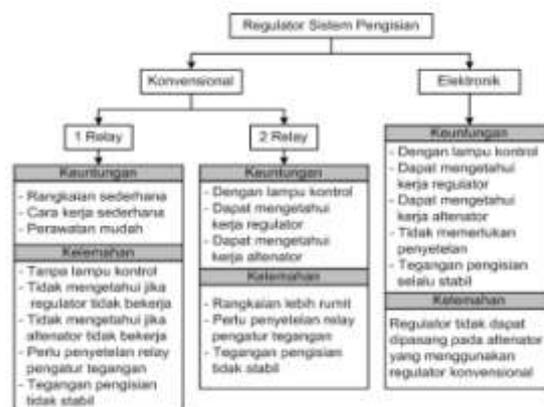
### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di dunia otomotif sangat pesat. Hal ini salah satunya dapat dilihat pada banyaknya merk dan jumlah kendaraan yang beredar di pasaran. Menurut data Badan Pusat Statistik, tahun 2010 jumlah kendaraan seluruh jenis meliputi mobil penumpang, bis, truk dan sepeda motor sebesar 76.907.127 unit. Tahun 2011 meningkat menjadi 85.601.351 unit dan tahun 2012 sebesar 94.373.324 unit [1]. Hal ini dapat menjadi indikator besarnya permasalahan di bidang otomotif. Pentingnya permasalahan terutama berkaitan dengan kebutuhan bahan bakar minyak yang membutuhkan upaya efisiensi.

Setiap kendaraan bermotor harus dilengkapi dengan sistem pengisian untuk mensuplai kebutuhan energi listrik. Fungsi utama sistem pengisian adalah menyediakan energi listrik untuk sistem kelistrikan dan mengisi baterai agar tetap terisi penuh. Sistem pengisian kendaraan menjadi sumber energi listrik untuk seluruh kebutuhan listrik dalam kendaraan selama mesin hidup, mengisi baterai supaya siap pakai waktu start mesin dan untuk menghidupkan beban listrik saat mesin mati. Pada sistem pengisian ada dua jenis yaitu sistem pengisian konvensional menggunakan relay dan sistem pengisian elektronik yang menggunakan IC sebagai kontrol regulasi tegangan.

Ada 2 tipe dari sistem pengisian dalam kendaraan yaitu sistem generator DC atau sering disebut dengan dinamo dan sistem AC alternator. Karena banyak keuntungan pada AC alternator, generator DC sudah lama tidak digunakan. Dalam semua sistem pengisian tegangan diregulasi untuk menjaga baterai dan komponen-komponen sistem kelistrikan terhadap tegangan lebih dan arus

diregulasi untuk menjaga generator dari kerusakan. Ketika mesin tidak hidup energi untuk sistem kelistrikan kendaraan disuplai langsung dari baterai. Ketika mesin hidup energi listrik disediakan dari generator untuk beban kelistrikan dan mengisi baterai.



Gambar 1 Klasifikasi regulator sistem pengisian

Karena baterai menyediakan energi yang besar yang dibutuhkan motor starter selama menghidupkan mesin maka kebutuhan energi listrik untuk mengisi baterai juga besar. Baterai sebagai penerima energi listrik untuk pengisian dialirkan dari generator hingga baterai terisi penuh. Pada saat yang sama beban kelistrikan memakai energi listrik dari generator. Tegangan referensi adalah tegangan sinyal regulasi yang diidentifikasi oleh regulator. Suatu tegangan jatuh dalam garis referensi akan menghasilkan regulasi yang tidak sesuai dan atau arus alternator yang berlebihan.

Sistem pengisian menggunakan alternator mempunyai kumparan stator yang diam yang mana arus bolak-balik dibangkitkan oleh pemotongan medan magnet yang berputar. Arus bolak-balik disearahkan oleh penyearah gelombang penuh tiga phase yang dirangkai didalam alternator. Diode-diode penyearah mencegah aliran arus dari baterai ke stator selama mesin mati dan sewaktu tegangan alternator lebih rendah dari tegangan baterai. Rotor berputar dalam kumparan stator dan mempunyai kumparan medan yang digulung menyatu dalam satu poros. Arus langsung dicatu ke kumparan medan oleh slip ring-slip ring dan sikat-sikat arang. Regulasi tegangan dilakukan dengan mengontrol arus yang ke rotor.

Permasalahan yang dihadapi pada regulator konvensional adalah terjadinya ketidak stabilan output tegangan regulasi meskipun sudah disetting ulang dengan cara merubah kekuatan pegas relay regulator. Ketidak stabilan ini akan berdampak pada segi operasional kendaraan yang banyak membutuhkan energi listrik. Sehingga masih banyak kasus kendaraan yang sistem pengisiannya tidak berfungsi dengan baik. Hal ini ditandai dengan tidak adanya aliran listrik yang masuk ke baterai atau terjadi *overcharge* pada baterai.

Regulator tegangan elektronik mempunyai banyak keuntungan bila dibandingkan dengan tipe elektromekanik (konvensional). Regulator elektronik menggunakan transistor untuk memutuskan dan menghubungkan arus medan berdasarkan kerja dari *zener diode*. Regulator elektronik hasil regulasinya halus dan bebas perawatan karena regulator tipe ini tidak membutuhkan penyetelan.

Kemampuan pengisian baterai pada kendaraan yang tepat dapat menjaga baterai awet dan tahan lama. Namun demikian, masih banyak penelitian yang belum sempurna untuk mendapatkan kemampuan tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan metode yang tepat dan efisien [2]. Untuk itu diperlukan sistem penyimpanan energi listrik yang bisa meregulasi karakteristik output dari generator listrik, supaya bisa disimpan [3].

Sistem pengisian yang tidak berfungsi dengan baik akan mengganggu sistem-sistem lain di kendaraan yang berhubungan dengan kebutuhan energi listrik. Contoh sistem yang dapat terganggu adalah sistem pengapian untuk pembakaran bahan bakar tidak berlangsung dengan normal, sistem penerangan tidak dapat berfungsi optimal dan bahkan umur baterai akan jauh lebih pendek.

Penelitian sistem pengisian dilakukan Robani, 2009 yang meneliti pengaruh pembebanan terhadap tegangan output alternator dan putaran mesin mobil Suzuki Katana GX 1000 cc tahun 2002. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan variasi pembebanan sebesar 110, 220, 330, dan 440 Watt terdapat perbedaan tegangan *out put* alternator dan *drop* putaran mesin antara putaran mesin 800, 1000, 2000, dan 3000

rpm. Pada saat tanpa beban, tegangan *out put* tertinggi terjadi pada putaran 2000 rpm (putaran sedang) sebesar 14,19 Volt dan tegangan *out put* terendah terjadi pada putaran 800 rpm (putaran idle) sebesar 14,09 Volt. Selain itu, pada saat pembebanan menunjukkan adanya penurunan tegangan *out put* alternator [4].

Hasan, U dan Cahya, H.D., 2010 melakukan penelitian sistem pengisian (*charging*) baterai pada perancangan mobil hybrid. Dalam penelitian ini digunakan metode pengisian baterai yang dapat menjaga kestabilan arus pengisian baterai yang aman dengan mengontrol perubahan arus pengisian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan keluaran *alternator* konstan 13.8 V dengan arus pengisian yang semakin lama semakin kecil. Sistem pengisian dari PLN menggunakan arus pengisian yang disesuaikan dengan kapasitas baterai yaitu sebesar 1 Ampere dengan toleransi 0,1. Pengisian dari PLN menggunakan penyulutan SCR dengan mengatur besar sudut penyulutan. Penyulutannya menggunakan IC TCA785 dengan mengatur kaki pada pin 11 sebesar 0-10 V melalui potensiometer dan PWM pada mikrokontroler Arduino Nano ATmega328. Baterai penuh saat tegangan yang terdeteksi sebesar 13.8 V dengan toleransi 0.2 V pada tampilan LCD yaitu sebesar 13.5 V [2].

Prianana, C.W et al, 2011 melakukan rancang bangun *electrical system* pada *speed bump* pembangkit daya. Rancang bangun didasarkan pada naik turunnya posisi roda kendaraan karena permukaan jalan. Gerak ini dirubah menjadi energi listrik yang disimpan di generator. Penelitian dilakukan karena mobil saat ini hanya mengandalkan *alternator* sebagai *charging* aki, tanpa memikirkan kondisi saat mesin mati. Objek penelitian menggunakan mobil Honda Jazz tahun 2005. Generator yang digunakan adalah generator sepeda 12 Volt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *speed bump* pembangkit daya menghasilkan output daya relatif kecil, kurang dari 1 watt selama dua detik setiap kali menginjak kendaraan. Untuk pembuatan sistem charge diperlukan regulator tegangan yang membuat tegangan input lebih besar daripada tegangan baterai yang akan diisi [3].

Perkembangan dunia elektronika dan komputer menciptakan mikrokontroler yang dapat diaplikasikan hampir disegala bidang ilmu. Perkembangan ini juga berpengaruh terhadap perkembangan produk otomotif. Hasil-hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aplikasi komponen elektronik dapat memperbaiki unjuk kerja mesin kendaraan.

Bentuk perkembangan lain adalah aplikasi komponen elektronik untuk kontrol pada sistem kelistrikan. Sistem pengisian yang menggunakan regulator elektronik akan dapat mengatasi permasalahan-pemmasalahan seperti yang disebutkan

di atas. Regulasi tegangan yang dihasilkan oleh regulator elektronik lebih stabil karena tidak tergantung pada sistem mekanis.

Upaya peningkatan unjuk kerja mesin dengan menggunakan sistem pengapian elektronik pada kendaraan juga dilakukan peneliti dengan menggunakan kapasitor untuk menggantikan platina pada sistem konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan daya efektif dan mengurangi konsumsi bahan bakar spesifik dari mesin dan mengurangi emisi gas CO. Eksperimen dengan sepeda motor Honda Super Cup menunjukkan bahwa sistem pengapian dengan kapasitor mampu meningkatkan torsi dan daya efektif motor, menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik dan menurunkan emisi gas buang CO [5].

Penelitian lain juga dilakukan untuk perbandingan daya mesin antara sistem pengapian konvensional dengan sistem pengapian induktif pada mesin Toyota Kijang 5K. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan daya mesin yang menggunakan kontak pemutus (platina) dengan mesin yang menggunakan sistem pengapian dengan sinyal induktif. Dari penelitian didapatkan bahwa mesin yang menggunakan sistem pengapian konvensional torsi efektif maksimal sebesar 11.80 kgm pada 2000 rpm. Sedangkan pada saat menggunakan sistem pengapian elektronik sebesar 12.3 kgm pada 2500 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa daya motor akan lebih tinggi apabila menggunakan sistem pengapian elektronik [6].

Penelitian modifikasi sistem pengapian konvensional menjadi sistem elektronik juga telah dilakukan dengan menggunakan Transistor Control Ignition-Kontak (TCI-K). Eksperimen dilakukan dengan mesin Toyota Kijang 5K. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transistor bekerja dengan cara mengirim dan menerima sinyal pengapian sehingga pengapian menjadi lebih tepat dan menghasilkan daya yang efektif. Selain itu, sistem ini memiliki keunggulan dimana komponen elektronik dialiri arus yang kecil sehingga daya pengapian menjadi lebih maksimal [7].

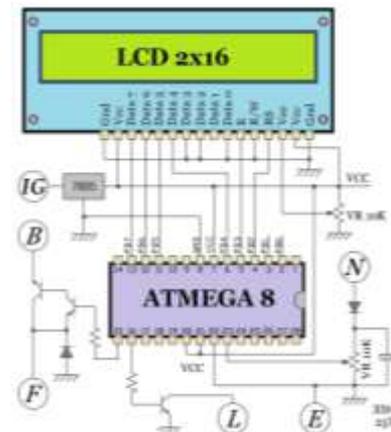
Regulator tegangan adalah sebuah regulator listrik yang dirancang untuk menjaga secara otomatis level tegangan listrik pada suatu kondisi yang konstan. Perangkat ini menggunakan prinsip kerja mekanisme elektro mekanik atau aplikasi komponen elektronik. Berdasarkan desainnya, regulator dapat digunakan untuk mengatur satu atau lebih tegangan listrik AC atau DC [8].

Modifikasi pada sistem pengisian dapat meningkatkan unjuk kerja mesin otomotif. Penelitian ini memanfaatkan komponen elektronik berupa mikrokontroler untuk regulator tegangan pada sistem pengisian kendaraan bermotor. Modifikasi ini bertujuan untuk membandingkan unjuk kerja regulator konvensional dua relay dan regulator elektronik menggunakan mikrokontroler AVR ATmega8.

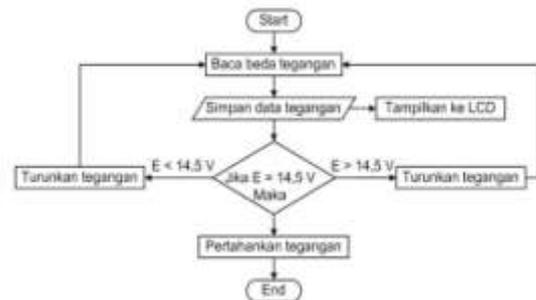
Unjuk kerja sistem yang baik akan menghasilkan output tegangan listrik yang stabil. Kestabilan output ini selanjutnya akan berpengaruh terhadap kinerja mesin secara keseluruhan.

### METODOLOGI PENELITIAN

Sistem pengisian dipenelitian ini dirancang menggunakan mikrokontroler AVR ATmega8. Mikrokontroler AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel [9], berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Skema desain perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram sistem elektronik



Gambar 3. Flowchart sistem elektronik

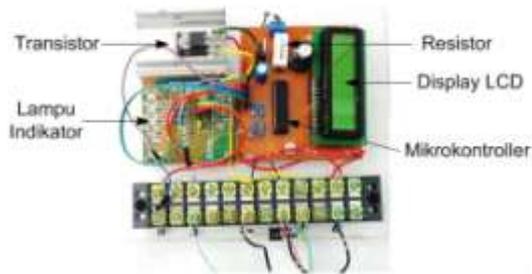
Sistem pengisian elektronik yang dirancang bangun juga didukung oleh perancangan perangkat lunak. Perangkat lunak merupakan program computer sebagai sistem pengolah data. Perangkat lunak ini dirancang dengan *flowchart* seperti Gambar 3. Sistem pengisian yang telah dirancang bangun selanjutnya dibandingkan dengan sistem konvensional 2 relay. Uji coba dilakukan dengan membandingkan unjuk kerja kedua sistem dengan pengukuran output tegangan alternator yang dikeluarkan oleh sistem pengisian.

Sebelum rangkaian diujicoba pada kendaraan, rangkaian harus dipastikan dapat berfungsi dengan baik. Pengujian rangkaian menggunakan adaptor dengan variasi tegangan antara 0V sampai 20V. Kabel positif adaptor dihubungkan pada terminal F regulator dan kabel negatif adaptor dihubungkan pada terminal E

regulator. Kemudian voltmeter dihubungkan secara paralel pada terminal B regulator dan terminal E. Pada saat adaptor diaktifkan dan kemudian diubah tegangannya, maka pada setiap perubahan tegangan adaptor, alat ukur voltmeter harus tetap menunjukkan tegangan 14,5 V. Setelah dilakukan uji coba, alat ukur voltmeter pada terminal B alternator menunjukkan tegangan sebesar 14,5 V. Hasil ini menunjukkan bahwa hasil rancang bangun regulator elektronik telah berfungsi dengan baik.

Pengujian dilakukan menggunakan mesin Toyota Kijang 5K. Toyota Kijang 5K memiliki sistem pengapian yang dikendalikan secara mekanik. Sistem ini sangat berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar. Bagian ini harus mendapat perhatian agar kerja mesin menjadi optimum [10].

Eksperimen dilakukan dengan variasi putaran mesin 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm. Pengukuran output tegangan alternator dilakukan selama 5 menit dengan selang waktu 30 detik. Pengukuran output tegangan dilakukan dengan menggunakan voltmeter. Pengaturan waktu percobaan dilakukan dengan stopwatch. Percobaan dilakukan masing-masing untuk 3 kali ulangan. Data hasil pengukuran digunakan untuk menghitung nilai rata-rata.

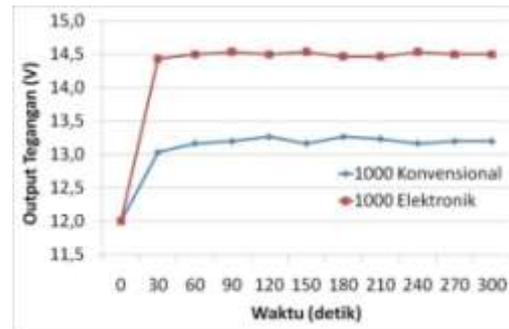


Gambar 4. Hasil rancang bangun



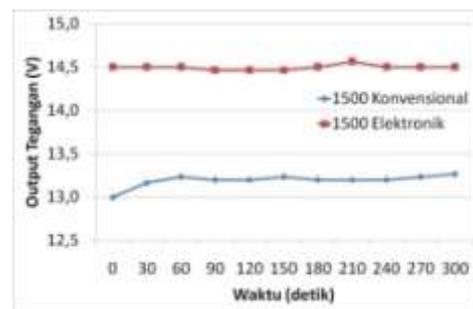
Gambar 5. Skema pengujian

## HASIL DAN PEMBAHASAN



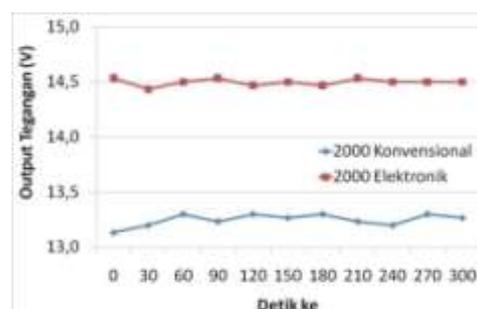
Gambar 6 Grafik pada 1000 rpm

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa output tegangan cenderung naik secara cepat dari pengukuran detik 0 ke detik 30. Selanjutnya output tegangan cenderung stabil. Grafik juga menunjukkan bahwa sistem elektronik memiliki output tegangan yang lebih besar dibandingkan sistem konvensional. Tegangan output sistem konvensional pada putaran 1000 rpm rata-rata sebesar 13,19 Volt. Sedangkan tegangan output sistem elektronik pada putaran 1000 rpm rata-rata sebesar 14,27 Volt.



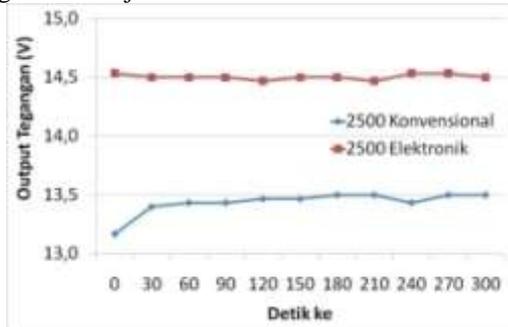
Gambar 7 Grafik pada 1500 rpm

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan bahwa output tegangan regulator elektronik cenderung stabil dari detik ke 0. Grafik juga menunjukkan bahwa pada regulator konvensional terjadi kenaikan output tegangan dari detik 0 ke 30 yang selanjutnya cenderung stabil. Sistem pengisian elektronik memiliki output tegangan yang lebih besar dibandingkan sistem konvensional. Tegangan output sistem konvensional pada putaran 1500 rpm rata-rata sebesar 13,21 Volt. Sedangkan tegangan output sistem elektronik pada putaran 1500 rpm rata-rata sebesar 14,50 Volt.



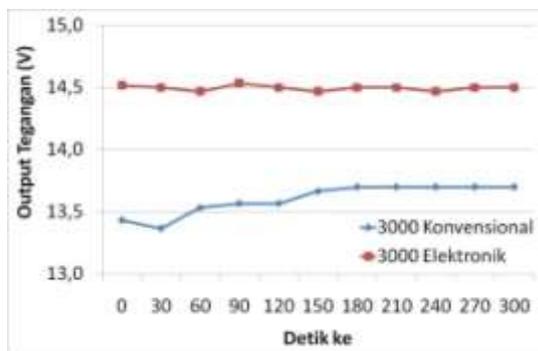
Gambar 8 Grafik pada 2000 rpm

Grafik pada Gambar 8 menunjukkan bahwa output tegangan relatif stabil dari detik ke 0. Grafik juga menunjukkan bahwa sistem elektronik



Gambar 9 Grafik pada 2500 rpm

Grafik pada gambar 9 menunjukkan bahwa output tegangan regulator elektronik lebih stabil dibandingkan dengan regulator konvensional. Grafik juga menunjukkan bahwa sistem pengisian regulator elektronik memiliki output tegangan yang lebih besar dibandingkan sistem pengisian konvensional. Tegangan output sistem konvensional pada putaran 2500 rpm rata-rata sebesar 13,46 Volt. Sedangkan tegangan output sistem elektronik pada putaran 2500 rpm rata-rata sebesar 14,50 Volt.



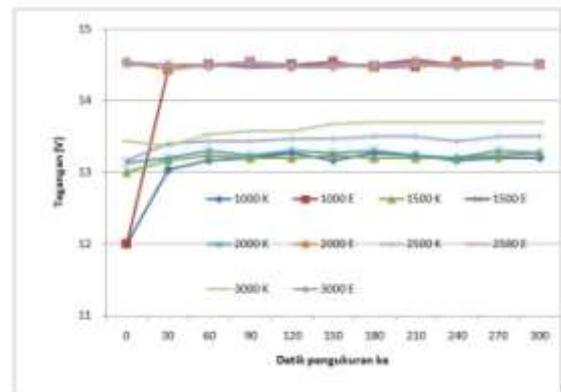
Gambar 10 Grafik pada 3000 rpm

Grafik pada gambar 10 menunjukkan bahwa output tegangan regulator elektronik relatif stabil. Output tegangan regulator konvensional masih ada kenaikan dari pengukuran detik ke 0 dan relatif stabil mulai detik ke 180. Grafik juga menunjukkan bahwa sistem elektronik memiliki output tegangan lebih besar dibandingkan dengan sistem konvensional. Tegangan output sistem konvensional pada putaran mesin 3000 rpm rata-rata sebesar 13,62 Volt. Sedangkan tegangan output sistem elektronik pada putaran 3000 rpm rata-rata sebesar 14,50 Volt.

Grafik-grafik hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa output tegangan regulator

memiliki output tegangan yang lebih besar dibandingkan sistem konvensional. Tegangan output sistem konvensional pada putaran 2000 rpm rata-rata sebesar 13,26 Volt. Sedangkan tegangan output sistem elektronik pada putaran 2000 rpm rata-rata sebesar 14,50 Volt.

pada awal putaran rendah cenderung naik secara cepat dari kondisi awal 0 detik ke pengukuran detik ke 30. Hal ini disebabkan karena alternator harus sudah mengisi baterai begitu mesin hidup agar tegangan baterai selalu stabil pada kisaran 13 – 14,5 Volt. Apabila tegangan pengisian kurang dari 13 Volt maka kebutuhan energi listrik pada kendaraan tidak terpenuhi secara optimum. Pada variasi putaran mesin 1000 rpm, kenaikan tegangan sangat terlihat pada detik awal pengukuran. Grafik-grafik tersebut juga menunjukkan bahwa output tegangan cenderung stabil setelah detik ke 30.



Gambar 11 Grafik perbandingan keseluruhan

Hal ini disebabkan karena regulator sudah bekerja begitu alternator bekerja pada saat mesin hidup. Fungsi regulator adalah meregulasi tegangan yang masuk pada kumparan rotor alternator agar output tegangan alternator selalu stabil begitu mesin hidup dan pada setiap perubahan kecepatan mesin.

Tegangan output regulator elektronik tidak memerlukan waktu relatif lama untuk mencapai kondisi output yang stabil. Hasil-hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan output regulator elektronik cenderung stabil mulai dari waktu pengukuran detik ke 0, kecuali pada variasi putaran mesin 1000 rpm. Tegangan output regulator konvensional cenderung memerlukan waktu 30-60 detik untuk mencapai kondisi stabil. Hal ini menunjukkan bahwa regulator elektronik memiliki respon yang relatif lebih cepat terhadap kondisi operasional mesin yang terjadi.

Pada regulator system konvensional untuk mencapai kestabilan tegangan pengisian sulit dicapai. Hal ini disebabkan karena pada sistem konvensional menggunakan relay yang bekerja secara mekanis untuk meregulasi tegangan yang masuk pada kumparan rotor. Sistem mekanis ini

menyebabkan waktu untuk mengatur perubahan pola pengisian lebih lambat dibanding sistem elektronik. Hal ini menyebabkan semakin tinggi putaran mesin maka tegangan pengisian cenderung semakin besar dan hal tersebut menandakan tidak adanya kestabilan tegangan pada tiap perubahan kecepatan putar mesin.

Pada regulator elektronik untuk mendapatkan kestabilan tegangan pengisian sangat mungkin dilakukan. Hal ini disebabkan karena pada sistem elektronik tidak menggunakan relay tetapi menggunakan perangkat elektronik yang tidak bekerja secara mekanis, sehingga perubahan kecepatan putar mesin tidak mempengaruhi kerja dari regulator untuk meregulasi tegangan yang masuk ke kumparan rotor alternator. Mikrokontroler sebagai unit transmisi data dapat menerima dan mengirimkan informasi kondisi operasional yang memungkinkan bagi sistem pengisian untuk menjaga kestabilan tegangan outputnya.

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 1 menunjukkan bahwa output tegangan regulator elektronik menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 14,50 Volt. Tegangan tersebut sesuai dengan kebutuhan pengisian tegangan yang dibutuhkan oleh baterai dan konsumsi energi listrik pada kendaraan. Output tegangan ini menunjukkan bahwa regulator elektronik bekerja dengan optimal.

Hasil penelitian juga dapat ditunjukkan dengan perbandingan rata-rata total output tegangan untuk semua variasi putaran mesin. Tegangan output rata-rata total sistem pengisian yang menggunakan regulator elektronik relatif lebih stabil pada kisaran 14,45 Volt. Hasil ini juga menunjukkan bahwa sistem pengisian yang menggunakan regulator konvensional tegangan outputnya cenderung naik turun dan memiliki nilai rata-rata total sebesar 13,31 Volt. Hal ini menunjukkan bahwa output tegangan sistem elektronik lebih baik dan lebih stabil dibanding sistem konvensional.

Berdasarkan uraian pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa regulator elektronik yang dirancang bangun dan diuji dalam penelitian ini memiliki unjuk kerja yang lebih baik jika dibandingkan dengan regulator konvensional. Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa sistem pengisian yang menggunakan regulator elektronik memiliki output tegangan yang lebih stabil yaitu berkisar pada tegangan 14,5 Volt.

Kestabilan output tegangan sistem pengisian elektronik terutama terlihat setelah waktu pengukuran 30 detik pada putaran mesin yang rendah (1000 rpm) sampai putaran mesin yang tinggi (3000 rpm). Dengan kestabilan output tegangan ini maka sesuai dengan hasil-hasil penelitian terdahulu, kestabilan output tegangan sistem elektronik akan berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin kendaraan secara keseluruhan. Unjuk

kerja mesin yang dimaksud meliputi daya mesin, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

- 1) Hasil rancang bangun regulator elektronik berbasis mikrokontroler AVR ATmega8 berdasarkan hasil pengujian dapat berfungsi dengan baik.
- 2) Unjuk kerja regulator elektronik lebih baik dibandingkan dengan regulator konvensional. Hal ini dapat dilihat pada tingkat kestabilan tegangan output masing-masing sistem.
- 3) Unjuk kerja dari regulator elektronik terlihat pada nilai tegangan output rata-rata sebesar 14,45 Volt.
- 4) Unjuk kerja dari regulator konvensional terlihat pada nilai tegangan output rata-rata sebesar 13,31 Volt.

## SARAN

Saran untuk penelitian sejenis atau penelitian selanjutnya adalah (1) Penelitian dapat dilakukan untuk jenis atau tipe mesin kendaraan yang berbeda. (2) Untuk penelitian selanjutnya dapat dicoba melakukan penelitian terhadap ketahanan komponen elektronik yang digunakan atau aplikasi komponen lain yang dapat memperbaiki kinerja sistem.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. 2012. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 1987-2010*. Jakarta (<http://www.bps.go.id>)
- [2] Hasan, U.; Cahya, H.D., 2010. *Sistem Charging Baterai Pada Perancangan Mobil Hybrid*. Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri, Surabaya
- [3] Priana, C.W.; Gunawan, A.I., Purnomo, D.S., Guntur, H.L., 2011. *Rancang Bangun Electrical System Pada Speed Bump Pembangkit Daya*. Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
- [4] Robani, 2009. *Pengaruh Pembebanan Pada Sistem Pengisian Terhadap Tegangan Output Alternator Dan Putaran Mesin (Mobil Suzuki Katana GX 1000 cc Th.2002)*. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta
- [5] Adnyana, I.W.B., 2009. *Upaya Peningkatan Unjuk Kerja Mesin dengan Menggunakan Sistem Pengapian Elektronik pada Kendaraan Bermotor*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM Vol. 3 No. 1: 87-92
- [6] Syarif, M., Madya, W., 2014. *Perbandingan Daya Mesin Antara Sistem Pengapian Konvensional Dengan Sistem Pengapian*

- Induktif Pada Mesin Toyota Kijang 5K.*  
Vocational Education Development Center,  
Malang. (<http://www.vedc.malang.com>)
- [7] Sumarauw HJR, 2012. *Modifikasi Sistem Pengapian Konvensional Menjadi Pengapian Elektronik.* Jurnal Penelitian Saintek Vol. 17 No.1: 57-66
- [8] Alam, M.; Roy, R.B.; Alam, S.M.J.; Rahman, D.J., 2011. *Single Phase Automatic Voltage Regulator Design for Synchronous Generator.* International Journal of Electrical & Computer Sciences IJECS-IJENS Vol. 11 No. 05: 37-42
- [9] Atmet, 2014, *8-bit Atmel with 8KBytes In-System Programmable Flash.* (<http://www.atmel.com>)
- [10] Hanwar, O., 2009. *Kajian Eksperimental Sistem Pengapian Konvensional Ditinjau Dari Aspek Perawatan Prediktif Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Engine Toyota Kijang Type 5K.* Jurnal Teknik Mesin Vol. 6 No. 2: 67-74