

## Penentuan Karakteristik Sistem Pengontrolan Kelajuan Motor DC dengan Sensor *Optocoupler* Berbasis Mikrokontroler AT89S52

<sup>1</sup>Asrizal, <sup>1</sup>Yulkifli, <sup>2</sup>Melvi Sovia

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Padang,  
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air tawar Padang 25131, Telp. (0751)51260

<sup>2</sup>Alumni Jurusan Fisika, Universitas Negeri Padang,  
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air tawar Padang 25131, Telp. (0751)51260

<sup>1</sup>asrizai\_unp@yahoo.com, <sup>1</sup>yulkifliamir@yahoo.com

Received: December 2011, Accepted: March 2012

### Abstrak

Artikel ini bertujuan untuk mendeskripsikan blok diagram sistem dan menganalisis karakteristik statik sistem pengontrolan kelajuan motor DC dengan sensor *optocoupler* berbasis mikrokontroler. Pada sistem pengontrolan, putaran motor DC diindra oleh *optocoupler*, keluaran sensor diproses melalui mikrokontroler AT89S52 dan hasilnya ditampilkan pada LCD. Sistem pengontrol dirancang untuk mengontrol kelajuan motor DC antara 20 sampai 30 rpm dengan selang waktu 1 sampai 12 menit. Penelitian yang dilakukan termasuk kedalam rekayasa. Pengukuran langsung dilakukan terhadap jumlah dan waktu putar motor DC. Pengukuran tidak langsung digunakan untuk menentukan kelajuan dari motor DC. Produk yang dihasilkan dan data yang didapatkan dari hasil pengukuran dianalisis melalui tiga cara yaitu metoda mendeskripsikan, teori kesalahan, dan metoda grafik. Berdasarkan hasil analisis terhadap produk dan data dapat dikemukakan tiga hasil penelitian ini. Pertama, rangkaian sistem pengontrolan dari tujuh elemen dasar yaitu: sensor *optocoupler*, mikrokontroler AT89S52, tombol setting dan selektor, LCD, SPC DC motor, motor DC dan catu daya teregulasi. Kedua, ketepatan rata-rata dari penunjuk jumlah putar dan waktu putar motor DC dari sistem pengontrolan masing-masing 99,122 dan 99,786. Ketelitian rata-rata dari penunjuk jumlah putar dan waktu putar dari sistem pengontrolan masing-masing 0,988 dan 0,994. Berarti ketepatan dan ketelitian dari sistem pengontrolan termasuk tinggi. Ketiga, pada tiga titik set kelajuan motor DC yang dirancang, dihasilkan jumlah putar motor DC naik secara linier dengan kenaikan waktu putar masing-masing kelajuan motor DC pada titik set adalah 20,331 RPM, 25,214 RPM, dan 30, 169 RPM.

*Keyword: Karakteristik, sistem, kontrol, optocoupler, mikrokontroler*

### 1 Pendahuluan

Gerak benda merupakan suatu bagian penting dari Fisika karena sering ditemukan dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam Fisika gerak dapat didefinisikan sebagai suatu momen atau kejadian dimana suatu benda ataupun apapun yang mengalami perpindahan dari suatu tempat ke tempat yang lain. Dengan kata lain, adalah perubahan posisi suatu benda terhadap titik acuan. Titik acuan dapat didefinisikan sebagai titik awal atau titik tempat pengamat. Berdasarkan lintasannya gerak dibagi menjadi 3 bagian yaitu: gerak lurus, gerak parabola, dan gerak melingkar.

Bila suatu benda bergerak dengan lintasannya berupa lingkaran, maka gerak benda disebut gerak melingkar. Dalam gerak ini, suatu benda bergerak mengikuti lintasan berupa lingkaran. Panjang panjang lintasan yang ditempuh benda dipengaruhi oleh besarnya jari-jari dari suatu lingkaran. Pada peristiwa gerak melingkar beraturan selain memiliki karakteristik lintasan berupa lingkaran, juga mempunyai kelajuan yang tetap. Namun kecepatan dari gerak melingkar tidak tetap tetapi selalu berubah karena arah kecepatan selalu berubah pada setiap titik pada lintasannya. Perubahan kecepatan ini hanya

disebabkan oleh perubahan arah saja, tidak disebabkan oleh besar kecepatan. Arah dari kecepatan selalu tegak lurus dengan jari-jari lintasan.

Peristiwa gerak melingkar banyak ditemukan dalam kehidupan manusia. Dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai berbagai macam gerak melingkar, seperti *compact disc* (CD), gerak bulan mengelilingi bumi, perputaran roda ban mobil atau motor, komidi putar, dan sebagainya. Elektron dalam atom dimodelkan melakukan gerak melingkar mengelilingi inti atom. Benda-benda angkasa seperti bulan juga melakukan gerak melingkar mengelilingi bumi. Bumipun melakukan gerak melingkar mengelilingi matahari. Dengan dasar ini pengamatan terhadap proses gerak melingkar, pengukuran terhadap besaran pada gerak melingkar, dan aplikasi gerak melingkar perlu dilakukan.

Gerak melingkar sering dideskripsikan dalam frekuensi dan periode. Frekuensi dapat didefinisikan sebagai jumlah putaran per detik. Sementara itu periode dari benda yang melakukan gerakan melingkar adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh satu putaran. Secara Matematika, periode dapat dinyatakan sebagai kebalikan dari frekuensi dan sebaliknya.

Melalui pemahaman terhadap frekuensi dan periode pada suatu gerak melingkar, besaran lain dapat ditentukan seperti kecepatan sudut dan kecepatan linier. Kecepatan sudut adalah sudut yang ditempuh oleh sebuah titik yang bergerak di tepi lingkaran per satuan waktu. Satuan kecepatan sudut adalah rad/dt atau RPM. Besar dari kecepatan sudut dalam Fisika disebut dengan kelajuan dan sering menjadi pusat perhatian pada gerak melingkar seperti pada proses pengukuran dan pengontrolan.

Pengontrolan kelajuan pada suatu gerak melingkar sering dilakukan baik dalam fisika maupun aplikasi dari Fisika pada bidang ilmu lain. Dalam bidang fisika pengontrolan kelajuan dapat diaplikasikan untuk mengembangkan instrumen untuk eksperimen gerak melingkar beraturan. Untuk kelancaran proses di industri, biasanya motor DC dikontrol dengan menggunakan elektronika daya yang berfungsi sebagai pengganti komponen yang bersifat mekanis. Dalam farmasi pengontrolan ini dapat diaplikasikan pada sistem pengujian kerapuhan obat tablet agar kadar tablet yang sampai ke konsumen sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Sistem pengontrolan terhadap besaran Fisika seperti waktu, kelajuan, dan sebagainya memegang peranan penting dalam Fisika dan aplikasinya pada bidang lain. Suatu sistem kontrol adalah suatu interkoneksi dari komponen-komponen pembentuk konfigurasi sistem yang menyediakan suatu respon sistem sesuai dengan yang diharapkan. Komponen yang dikontrol dapat direpresentasikan oleh suatu blok yang terdiri dari masukan, proses, dan keluaran [5]. Tujuan dari sistem pengontrolan adalah untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan suatu peralatan elektronika.

Kelajuan merupakan salah satu besaran Fisika yang sering menjadi pusat perhatian terutama pada suatu sistem pengontrolan. Sebagai contoh adalah kontrol laju motor DC dan aplikasinya. Tujuan dari kontrol laju motor DC adalah untuk mengambil suatu sinyal pada laju yang diharapkan dan menggerakkan motor DC pada laju tersebut. Ada beberapa teknik yang digunakan untuk mengontrol kelajuan motor yaitu dengan mengubah jumlah kutub motor, pengaturan tahanan luar, mengubah tegangan yang diberikan ke motor, dan mengubah frekuensi yang diberikan ke motor. Teknik yang lebih baik adalah dengan memvariasikan sejumlah daya yang diberikan menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM) [4].

PWM merupakan suatu teknik untuk mengontrol rangkaian analog dengan suatu keluaran digital prosesor. PWM telah digunakan dalam daerah aplikasi yang luas dari pengukuran

dan komunikasi untuk mengontrol daya dan konversi. Salah satu keuntungan dari *PWM* adalah sinyal mempertahankan semua cara dari prosesor yang dikontrol sistem dan tidak perlu konversi dari analog ke digital. Salah satu penggunaan utama dari *PWM* dalam elektronika daya adalah untuk mengontrol motor DC [4].

Salah satu penerapan metode *PWM* untuk mengontrol kelajuan motor DC adalah pada *Smart Peripheral Controller (SPC)*. *SPC motor DC* merupakan suatu pengontrol motor DC yang menggunakan I<sup>2</sup>C-bus sebagai jalur penyampaian data sehingga dapat lebih menghemat dan mempermudah pengkabelan. *SPC motor DC* ini dilengkapi dengan prosedur masukan sehingga dapat mengetahui kecepatan motor pada saat tertentu dan juga dilengkapi dengan prosedur pengereman yang dapat menghentikan motor secara cepat. Selain itu *SPC motor DC* dapat digunakan secara paralel. Sebagai contoh aplikasi dari *SPC motor DC* adalah untuk robot dan sumber gerak lainnya [4].

Salah satu alternatif pengontrolan kelajuan motor DC dapat dilakukan dengan mengontrol kelajuan untuk beberapa titik set berbasis mikrokontroler menggunakan sensor *optocoupler*. Kelajuan motor DC dan waktu putar motor DC dapat dipilih pada tombol selektor. Pengontrolan dengan cara ini diperkirakan memiliki beberapa keunggulan. Pertama, dengan *optocoupler* untuk mengindra cahaya pada benda yang bergerak melingkar menyebabkan sensor lebih sederhana karena pada *optocoupler* sudah tersedia sensor pemancar dan penerima. Kedua, dengan sistem pengontrol berbasis mikrokontroler dapat memproses data dari keluaran sensor *optocoupler* dan menghasilkan keluaran sesuai dengan yang diharapkan.

Mikrokontroler mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan menjalankan suatu program sehingga membuatnya menjadi unggul. Program mikrokontroler dapat membuat keputusan berdasarkan pada situasi dan seleksi sebelumnya. Mikrokontroler memiliki kemampuan untuk membentuk fungsi matematika, logika dan memperkenalkannya untuk meniru logika dan rangkaian elektronika yang canggih [9]. Disamping itu mikrokontroler juga memiliki beberapa keunggulan lain yaitu dalam pengontrolan input terprogram, pemanipulasi data, pengiriman output, membaca informasi, menyimpan informasi, komunikasi, pengukuran waktu dan pensaklaran [1]. Dengan keunggulan yang dimilikinya, mikrokontroler dapat digunakan sebagai basis untuk mengembangkan berbagai sistem pengukuran dan pengontrolan.

Pada sistem pengontrolan kelajuan motor DC, masukan dari mikrokontroler berasal dari keluaran sensor *optocoupler*. *Optocoupler* adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu transmitter dan receiver, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Transmitter merupakan bagian yang terhubung dengan rangkaian masukan atau rangkaian kontrol. Pada bagian ini terdapat sebuah LED infra merah yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal kepada *receiver*. Disisi lain, *receiver* merupakan bagian yang terhubung dengan rangkaian keluaran atau rangkaian beban dan berisi komponen penerima cahaya yang dipancarkan oleh transmitter. Komponen penerima cahaya ini dapat berupa *photodiode* atau *phototransistor* [7].

*Optocoupler* dibentuk oleh sumber cahaya yaitu LED dan detektor foto yang berupa transistor foto. Sinyal listrik pada masukan menjadi sinyal optik dengan menggunakan sumber cahaya yaitu LED dan sinyal optik tersebut dapat diterima detektor untuk diubah menjadi sinyal listrik kembali. Jika antara transistor dan LED dihalangi maka transistor akan terputus sehingga output dari kolektor akan berlogika tinggi. Sebaliknya jika antara transistor dan LED tidak dihalangi maka transistor akan terhubung sehingga keluaran berlogika rendah [7].

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, pengembangan sistem pengontrolan kelajuan motor DC melalui pengamatan jumlah putar dan waktu putar motor DC dan aplikasinya perlu dilakukan. Karena itu sebagai perumusan masalah penelitian yaitu “Bagaimana deskripsi sistem pengontrolan kelajuan motor DC dengan sensor *optocoupler* berbasis mikrokontroler AT89S52 dan karakteristik statiknya?”.

Secara umum mendeskripsikan adalah menggambarkan atau menjelaskan suatu hal secara rinci. Dengan dasar ini mendeskripsikan suatu produk seperti sistem pengontrolan berarti menggambarkan sistem secara lebih rinci. Deskripsi sistem pengontrolan meliputi: pengertian, komponen elektronika yang digunakan, rangkaian dasar pembangun, diagram blok, fungsi, aplikasi, dan sebagainya. Disisi lain karakteristik statik dari instrumen dihubungkan dengan respon keadaan mantap. Hal ini berarti hubungan antara keluaran dan masukan pada sistem tidak berubah atau masukan hanya berubah dengan suatu laju yang lambat [5]. Dalam instrumentasi ada beberapa karakteristik statik dari instrument seperti ketepatan, ketelitian, sensitivitas, resolusi, selektivitas, liniertitas, dan sebagainya.

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengontrolan kelajuan motor DC melalui pengamatan jumlah putar dan waktu putar motor DC dengan sensor *optocoupler* berbasis mikrokontroler AT89S52 untuk aplikasi pada alat pengujian kerapuhan obat tablet. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk : mendeskripsikan hasil desain sistem pengontrolan kelajuan motor DC, menentukan ketepatan dan ketelitian dari sistem pengontrolan kelajuan motor DC dalam mengontrol jumlah putar dan waktu putar motor DC, dan menentukan hubungan antara jumlah putar motor DC dengan waktu putar dan menentukan kelajuan motor DC.

## 2 Metodologi

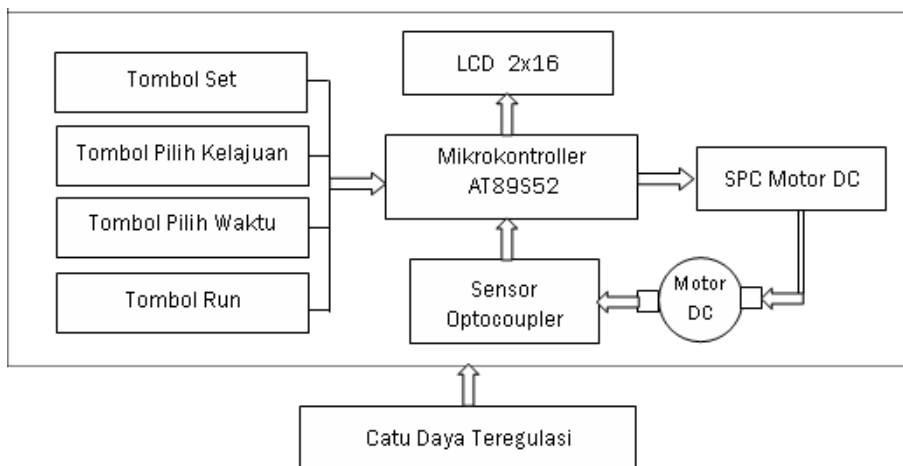
Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian rekayasa, yaitu penelitian yang menerapkan ilmu pengetahuan menjadi suatu rancangan untuk mendapatkan kinerja sesuai dengan persyaratan yang ditentukan. Rancangan merupakan sintesis unsur-unsur rancangan yang dipadukan dengan metode ilmiah menjadi suatu model yang memenuhi spesifikasi tertentu. Penelitian diarahkan untuk membuktikan bahwa rancangan tersebut memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Secara konseptual, kegiatan perancangan dapat dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu, perancangan produk, perancangan proses dan perancangan rekayasa. Ada tiga ciri-ciri perancangan adalah: merupakan kegiatan kreatif yang dilandasi oleh pemahaman yang baik atas bidang keilmuan yaitu: matematika, fisika, kimia, mekanika, termodinamika, hidrokimia, listrik, teknik, produksi, teori perancangan dan pengetahuan serta pengalaman dalam bidang khusus. Kedua, merupakan optimasi atas tujuan tertentu dalam berbagai kendala yang ada bahkan saling bertentangan.

Desain sistem pengontrolan merupakan penggabungan dari beberapa rangkaian elektronika yang membentuk sistem yang saling terkait untuk memperoleh hasil yang diinginkan pada desain sistem pengontrolan kelajuan motor DC dengan mengontrol jumlah putar dan waktu putar menggunakan Mikrokontroler AT89S52. Sistem ini dapat diterapkan untuk pengujian kerapuhan obat tablet. Pada sistem pengontrolan dapat dipilih pada tombol selektor kelajuan yaitu 20 RPM, 25 RPM, dan 30 RPM. Kelajuan yang dipilih ini sesuai dengan alat standar untuk menguji kerapuhan obat tablet. Desain sistem pengontrolan terdiri dari rangkaian mikrokontroler, rangkaian LCD 2x16, rangkaian tombol dan rangkaian *SPC* Motor DC. Untuk desain ini digunakan tombol set, tombol waktu, tombol kelajuan, dan tombol run.

Pengontrolan kelajuan motor DC dilakukan dilakukan dengan memprogram mikrokontroler AT89S52 sesuai dengan pemilihan kelajuan yang diinginkan. Pengontrolan kelajuan

dilakukan dengan mengontrol jumlah putaran motor DC menggunakan teknik *PWM* menggunakan rangkaian *SPC* Motor DC. Variasi jumlah putaran yang digunakan ditentukan oleh tombol kelajuan yang dipilih. Pilihan kelajuan tersebut akan ditampilkan pada LCD baris pertama.

Untuk sistem pengontrolan waktu putar digunakan rangkaian pengontrolan waktu pada mikrokontroler. Pengontrolan waktu dilakukan dengan memprogram mikrokontroler AT89S52 sesuai dengan pemilihan waktu yang diinginkan. Variasi waktu ditentukan oleh tombol waktu yang diinginkan. Pilihan waktu tersebut akan ditampilkan pada LCD baris kedua. Perangkat keras sistem berupa diagram blok. Diagram blok dari desain pengontrolan dengan mengontrol jumlah putar dan waktu putar motor DC dengan sensor *optocoupler* berbasis Mikrokontroler AT89S52 untuk aplikasi pada pengujian kerapuhan obat tablet diperlihatkan seperti Gambar 1:



**Gambar 1 Diagram blok system pengontrolan**

Proses pengontrol jumlah dan waktu putar motor DC menggunakan mikrokontroler AT89S52 untuk alat pengujian kerapuhan obat tablet dilakukan dengan cara yang yaitu, dengan mengirimkan data yang sesuai ke dalam rangkaian *SPC* motor DC. Dalam aplikasinya *SPC* Motor DC berfungsi untuk menjalankan atau menghentikan motor DC sesuai dengan perintah yang diberikan oleh mikrokontroler AT89S52. Jumlah putaran motor akan dihitung oleh sensor *optocoupler*. Catu daya teregulasi berfungsi sebagai sumber tegangan untuk semua rangkaian elektronika yang digunakan pada sistem.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui pengukuran terhadap besaran fisika yang terdapat pada sistem pengaturan waktu. Teknik pengukuran yang dilakukan meliputi dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung adalah pengukuran yang tidak bergantung pada besaran-besaran lain. Pengukuran tidak langsung adalah pengukuran suatu bilangan yang nilainya dipengaruhi oleh besaran-besaran lain dan nilainya tidak langsung didapatkan.

Data yang diperoleh secara langsung dalam penelitian ini adalah massa obat, waktu dan jumlah putaran motor. Di sisi lain data dari pengukuran tidak langsung adalah laju motor, ketepatan dan ketelitian dari sistem pengaturan jumlah dan waktu putar motor DC, serta kemiringan garis dari hubungan antara jumlah dengan waktu putar.

Analisis data dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan. Teknik analisis data yang akan dilakukan adalah metode grafik dan menggunakan teori kesalahan. Plot data bertujuan untuk menentukan hubungan antara variabel-variabel yang diukur. Hal ini dapat dilakukan dengan memplot data pada koordinat XY menggunakan program Microsoft excel. Teknik umum yang digunakan untuk memplot data pada grafik XY yaitu variabel bebas diplot pada sumbu X dan variabel terikat diplot pada sumbu Y [8].

Analisis data hasil pengukuran merupakan proses untuk mengetahui tingkat ketepatan dan ketelitian dari suatu sistem pengukuran. Ketepatan (*accuracy*) merupakan tingkat kesesuaian atau dekatnya suatu hasil pengukuran terhadap harga sebenarnya. Ketepatan dari sistem dapat ditentukan dari persentase kesalahan antara nilai aktual dengan nilai yang terlihat. Ketepatan relatif rata-rata dari sistem pengukuran dapat ditentukan melalui persamaan (1):

$$A \% = \left( 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \right) \times 100 \% \quad (1)$$

Pada persamaan A menyatakan akurasi relatif yang sering dikenal dengan ketepatan [8]. Hasil pengukuran dinyatakan dalam nilai rata-rata dan kesalahan, kemudian dapat ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, kesalahan mutlak dan relatif serta pelaporan hasil pengukuran. Nilai rata-rata pengukuran dinyatakan dengan persamaan (2).

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n X_n \quad (2)$$

Di sini  $X_n$  adalah nilai dari data ke-n dan n adalah jumlah total pengukuran. Ketelitian (*precision*) dapat diekspresikan dalam bentuk matematika sebagai berikut:

$$P = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{X_n} \right| \quad (3)$$

Dimana;  $X_n$  = nilai dari pengukuran ke-n dan  $\bar{X}_n$  = rata-rata dari set n pengukuran. Untuk menghitung standar deviasi dapat digunakan persamaan:

$$\Delta X = \sqrt{\frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n(n-1)}} \quad (4)$$

Dari hasil pengukuran dapat dilihat seberapa besar kesalahan relatif pengukuran pada alat dengan menggunakan persamaan (5):

$$KR = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% \quad (5)$$

Untuk melaporkan hasil pengukuran terhadap suatu besaran dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan (6):

$$X = \bar{X} \pm \Delta X \quad (6)$$

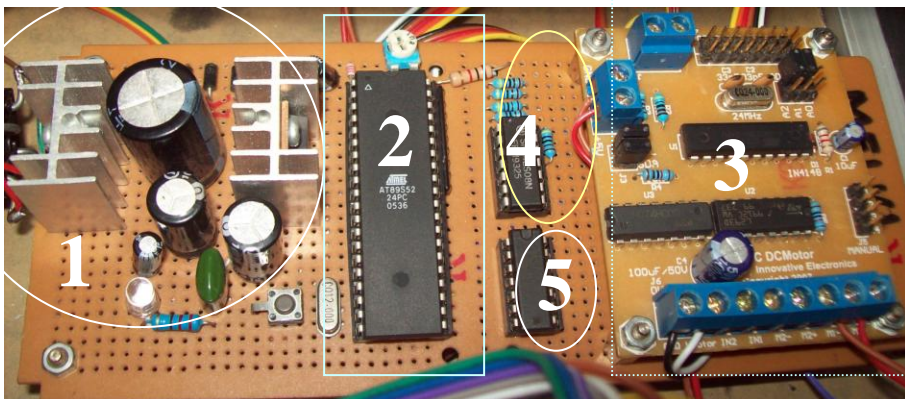
Setelah data secara pengukuran dan perhitungan diperoleh maka data tersebut akan diolah dengan baik secara grafik dan statistik. Dari hasil olahan data tersebut akan didapatkan sebuah kesimpulan.

### 3 Hasil dan Pembahasan

Secara umum hasil penelitian ini dapat dikelompokkan atas tiga bagian. Pertama, hasil deskripsi dari sistem pengontrolan. Kedua, karakteristik statik sistem pengontrolan. Ketiga, hubungan jumlah dan waktu putar motor DC.

#### 3.1 Deskripsi Hasil Desain Sistem Pengontrolan

Sistem pengontrolan motor DC adalah suatu instrumen yang dapat mengontrol kelajuan motor DC sesuai dengan titik set kelajuan yang ditetapkan. Sistem ini bekerja dengan mengontrol jumlah putar dan waktu putar motor DC. Komponen elektronika utama yang digunakan untuk membangun sistem pengontrol adalah sensor *optocoupler*, mikrokontroler AT89S52, driver LCD, LCD, dan IC regulator tegangan tiga terminal 78XX dan 79 XX. Disamping itu digunakan pula komponen elektronika lainnya seperti resistor kapasitor, dioda, dan sebagainya. Komponen utama dan komponen tambahan dirakit pada PCB sesuai dengan diagram blok dan rangkaian lengkap dari sistem. Rangkaian sistem pengontrolan kelajuan motor DC dapat diperhatikan pada Gambar 2:



Gambar 2 Rangkaian sistem pengontrolan kelajuan

Rangkaian ini terdiri dari lima rangkaian utama, yaitu: rangkaian catu daya, rangkaian mikrokontroler, rangkaian LCD, rangkaian SPC DC Motor, rangkaian tombol, dan rangkaian *optocoupler*. Pertama, rangkaian catu daya digunakan sebagai sumber tegangan DC yang akan mengoperasikan rangkaian-rangkaian lain. Kedua, rangkaian mikrokontroler digunakan sebagai rangkaian pengatur jumlah dan waktu putar motor DC serta menampilkannya pada LCD dengan memrogramnya terlebih dahulu. Ketiga, rangkaian SPC DC motor digunakan sebagai pengendali kelajuan motor DC. Keempat, rangkaian tombol digunakan sebagai pengatur pilihan tombol. Kelima, rangkaian *optocoupler* digunakan sebagai rangkaian yang menghitung jumlah putaran motor DC. Kelima komponen ini membentuk suatu sistem untuk mengontrol jumlah putar dan waktu putar motor DC sesuai dengan set point yang ditetapkan.

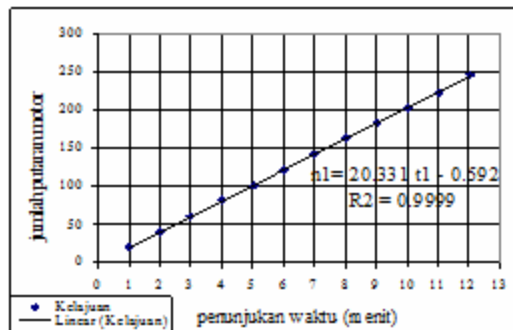
### 3.2 Ketepatan dan Ketelitian Sistem Pengontrolan

Ketepatan dapat ditentukan dengan membandingkan penunjukan sistem pengontrolan dengan nilai standar. Nilai standar untuk waktu adalah nilai yang terbaca oleh *stopwatch* sedangkan untuk jumlah putaran adalah dihitung secara manual. Dengan menggunakan persamaan (1) keterapatan jumlah putar dan waktu putar dapat ditentukan. Ketepatan dari penunjukan jumlah putaran motor DC pada sistem pengontrolan termasuk pada kategori tinggi dengan ketepatan rata-rata 99,122 % dan persentase kesalahan rata-rata 0,8778%. Disisi lain, ketepatan dari penunjukan waktu putar pada sistem pengontrol juga termasuk tinggi yang ditandai dengan rata-rata ketepatan 99,786 % dan rata-rata persentase kesalahan 0,2145 %. Hasil ini menunjukkan bahwa ketepatan rata-rata baik untuk jumlah putaran maupun waktu putaran termasuk tinggi

Ketelitian dari sistem pengontrolan dapat ditentukan dari data hasil pengamatan atau pengukuran berulang. Ketelitian sistem pengontrolan ditentukan menggunakan persamaan (3). Ketelitian penunjukan jumlah putaran motor DC didapatkan 0,988 dengan simpangan 2,879 dan kesalahan relatif 1,8786 %. Disisi lain, ketelitian dari penunjuk waktu pada sistem pengontrol didapatkan 0,994 dengan rata-rata simpangan adalah 0,0039 dan rata-rata kesalahan relatif 0,0747 %. Dengan demikian ketelitian sistem pengontrolan jumlah putaran dan waktu putaran termasuk pada kategori tinggi.

### 3.3 Hubungan Antara Jumlah Data dengan Waktu Putar Motor DC

Pada sistem pengontrolan, pengambilan data dilakukan dengan memilih tombol kelajuan motor DC pada suatu titik set dan waktu putar. Berdasarkan data jumlah putar dan waktu putar yang terbaca pada sistem pengontrolan dapat diplot hubungan antara besaran. Untuk setting 20 RPM, hubungan antara jumlah putar dengan waktu putar motor DC diperlihatkan pada Gambar 3:



Gambar 3 Hubungan antara jumlah dan waktu putar motor pada 20 RPM

Pada Gambar 3 dapat dikemukakan bahwa jumlah putar motor DC naik dengan waktu putar. Kenaikan jumlah putar motor DC sebanding dengan kenaikan waktu putar pada satu titik set. Melalui pendekatan garis lurus dapat diperoleh persamaan hubungan antara jumlah putar dengan waktu putar dalam bentuk:

$$n_1 = 20,331 t_1 - 0,592 \tag{7}$$

Dari persamaan dapat dilihat bahwa gradiennya adalah gradien positif yang artinya jumlah putaran motor yang ditunjukkan oleh alat akan naik seiring bertambahnya waktu alat standar. Angka 20,331 menunjukkan kelajuan motor DC dalam rpm sebesar 20,331. Besar

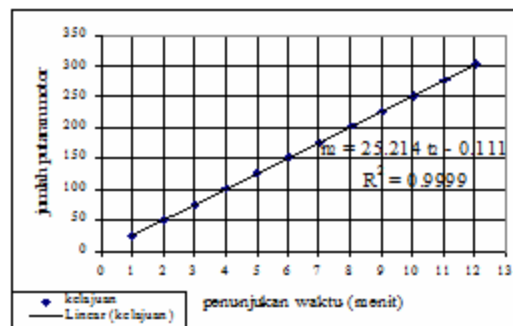


simpangan yang didapatkan adalah sebesar 0,017. Besar koefisien determinasi dari data adalah 0,999, yang berarti kenaikan jumlah putaran motor akan sebanding dengan kenaikan penunjukan waktu pada sistem kontrol.

Pada kelajuan motor DC 25 RPM dilakukan pengamatan terhadap jumlah dan waktu putar. Data jumlah dan waktu putar motor DC dimasukkan ke dalam tabel. Hasil plot data dari hubungan antara jumlah putar dan waktu putar motor DC pada setting kelajuan 25 RPM ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 dapat dikemukakan bahwa pada setting kelajuan motor DC 25 RPM kenaikan jumlah putar motor DC sebanding dengan kenaikan waktu putar. Melalui pendekatan garis lurus dapat diperoleh persamaan hubungan antara jumlah putar dengan waktu putar dalam bentuk:

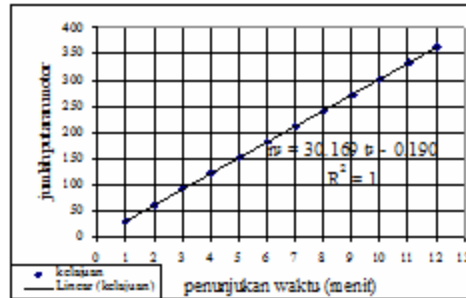
$$n_2 = 25,214 t_2 - 0,111 \quad (8)$$



**Gambar 4 Hubungan jumlah dengan waktu putar motor pada 25 RPM**

Dari persamaan dapat dilihat bahwa gradiennya adalah gradien positif yang artinya jumlah putaran motor yang ditunjukkan oleh sistem kontrol akan naik seiring bertambahnya waktu. Angka 25,214 menunjukkan kelajuan motor DC adalah 25,214 RPM. Besar simpangan yang didapatkan adalah sebesar 0,0096. Besar koefisien determinasi dari hubungan antara jumlah dan waktu putar adalah 0,999. Hasil ini menunjukkan bahwa 99,99 perubahan jumlah putar motor DC disebabkan oleh waktu putar.

Pada kelajuan motor DC 30 RPM juga dilakukan pengamatan terhadap jumlah dan waktu putar. Kemudian hasil pengukuran jumlah jumlah dan waktu putar motor DC dimasukkan ke dalam tabel. Hasil plot data dari hubungan antara jumlah putar dan waktu putar motor DC pada setting kelajuan 30 RPM dapat diperhatikan pada Gambar 5:



**Gambar 5 Hubungan jumlah dengan waktu putar motor pada 30 RPM**

Melalui Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa pada setting kelajuan motor DC 35 RPM kenaikan jumlah putar motor DC sebanding dengan kenaikan waktu putar. Melalui pendekatan garis lurus dapat diperoleh persamaan hubungan antara jumlah putar dengan waktu putar dalam bentuk:

$$n_3 = 30,169 t_3 - 0,190 \quad (9)$$

Dari persamaan dapat dilihat bahwa kemiringan dari hubungan antara jumlah putar dan waktu putar adalah positif. Hal ini berarti jumlah putar motor DC akan naik secara linier dengan kenaikan waktu putar. Angka 30,169 menunjukkan kelajuan motor DC sebesar 30,169 RPM. Besar simpangan yang didapatkan adalah sebesar 0,006. Besar koefisien determinasi dari data adalah 1,0 yang berarti perubahan jumlah putar motor DC 100 % disebabkan oleh waktu putar.

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dapat dikemukakan tiga hasil penelitian ini. Pertama, rangkaian sistem dibangun dari tujuh elemen dasar yaitu: sensor *optocoupler*, mikrokontroler, tombol setting dan selektor, LCD, SPC DC motor, motor DC dan catu daya teregulasi. Kedua, ketepatan rata-rata dari penunjuk waktu dan jumlah putar motor DC dari sistem masing-masing 99,786 dan 99,122. Disisi lain, ketelitian rata-rata dari penunjuk waktu dan jumlah waktu putar dari sistem masing-masing 0,994 dan 0,988. Keempat, pada tiga setting kelajuan motor DC yang dirancang, jumlah putar motor DC naik secara linier dengan kenaikan waktu putar dengan kelajuan motor DC masing-masing 20,331 RPM, 25,214 RPM, dan 30,169 RPM. Ketiga nilai hasil pengontrolan kelajuan motor DC ini mendekati nilai titik set yang ditetapkan.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] Agfianto Eko Putra, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi*, Yogyakarta: Gava Media, 2002.
- [2] Alejandro Roman Loera, M.C, *Static characteristics*, 2009. ([http://academia.uaa.mx/files/briefcase/Alejandro\\_Roman\\_Loera/INSTR\\_AVANZADA/Static\\_Characteristics\\_of\\_instrument\\_system.pdf](http://academia.uaa.mx/files/briefcase/Alejandro_Roman_Loera/INSTR_AVANZADA/Static_Characteristics_of_instrument_system.pdf)).
- [3] Anonim, *SPC (Smart Peripheral Controller) DC Motor*. Innovative Electronics, 2010, ([http://www.innovativeelectronics.com/innovative\\_electronics/download\\_files/manual/Manual%20SPC%20DC%20Motor.pdf](http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/Manual%20SPC%20DC%20Motor.pdf))

- [4] Barr, Michael Barr, *Introduction to Pulse Width Modulation (PWM)*. *Netrino the Embedded Systems Experts*, 2009. (<http://www.netrino.com/Embedded-Systems/How-To/PWM-Pulse-Width-Modulation>)
- [5] Habash, Riadh, *Introduction to Control Systems, School of Information Technology and Engineering (SITE)*, University of Ottawa, Canada, 2010. (<http://www.site.uottawa.ca/~rhabash/ELG4152LN01.pdf>)
- [6] Iovine, J, *PIC Microcontroller Project Book*. Program PIC Chips Directly Using Basic, McGraw-Hill, USA, 2000.
- [7] Jones, L.D, *Electronic Instruments and Measurement*. Second Edition. Prentice Hall International, Inc, 1995.
- [8] Kirkup, L, *Experimental Method An Introduction to The Analysis and Presentation of Data*. John Willey & Sons, Singapore, 1994.
- [9] Loveday, G.C, *Electronic Testing and Fault Diagnostis*. Longman Scientific and technical: Singapore, 1994.