

## **RANCANG BANGUN OTOMATISASI PENGATURAN POSISI MEJA CT SCAN UNTUK CENTERING PASIEN MENGGUNAKAN KAMERA KINECT BERBASIS MIKRO-KONTROLER**

**Rohmah Cahya Eka Setyawati, Choirul Anam, Suryono, Sumariyah, dan Zaenal Arifin**

*Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro*

E-mail: [anam@fisika.fsm.undip.ac.id](mailto:anam@fisika.fsm.undip.ac.id)

*Received: 1 September 2019; revised: 3 Oktober 2019; accepted: 5 Oktober 2019*

### **ABSTRAK**

*Computed tomography (CT) merupakan suatu alat yang digunakan untuk mendapatkan citra tubuh pasien untuk mendiagnosis berbagai penyakit. Tujuan penelitian ini adalah mengotomasi posisi meja pasien CT scan menggunakan kamera Kinect berbasis Mikro-kontroler ATmega 328p sesuai ukuran tubuh pasien. Mikro-kontroler ATmega 328p digunakan sebagai pusat kendali otomatis dalam menggerakkan meja pasien ke atas-bawah sehingga posisi tengah pasien tepat berada pada iso-center. Adapun Mikro-kontroler mendapat input dari perbedaan posisi center pasien dan iso-center pesawat CT yang diperoleh dari citra yang dihasilkan oleh kamera Kinect. Penelitian ini telah berhasil merealisasi sistem otomatisasi posisi meja CT yang dapat dinaikkan dan diturunkan secara otomatis dan dikendalikan berdasarkan input dari kamera Kinect. Meja pasien CT bergerak naik 1 cm untuk setiap empat kali putaran motor. Meja dapat bergerak hingga batas maksimal sejauh 15 cm.*

**Kata Kunci:** *CT, meja pasien, mikro-kontroler, kamera Kinect, patient center, gearbox.*

### **ABSTRACT**

*Computed tomography (CT) is a tool used to obtain a patient's body image for the diagnosis of various diseases. The purpose of this research is to automate the patient table position in CT using the Kinect camera and ATmega 328p microcontroller-based according to the size of patient's body. ATmega 328p micro-controller was used as an automatic controller to move patient table up and down so that the center of patient is accurately positioned at the iso-center. The micro-controller received the input data as the different between center of patient and iso-center from the Kinect camera. From this research, it was successfully realized the automatic patient table positioning that could be automatically moved up and down and controlled by an input from the Kinect camera. The patient table could be moved up and down along 1 cm for every four rotations of the motor. The maximum patient table movement is 15 cm.*

**Keywords:** *CT, patient table, micro-controller, Kinect camera, patient center, gearbox*

### **Latar Belakang**

Dalam dunia kedokteran, *computed tomography* (CT) merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mendapatkan citra tubuh manusia [1, 2]. Dengan peralatan tersebut, dapat diperoleh citra yang menggambarkan struktur internal tubuh sehingga berbagai penyakit dan

kelainan dapat diketahui [3]. Adapun salah satu komponen dasar dari CT adalah meja pemeriksaan. Meja tersebut merupakan tempat pasien diposisikan untuk dilakukan pemeriksaan. Meja tersebut umumnya terbuat dari *carbon graphite fiber* dan berbentuk melengkung [4]. Setiap *scanning* satu *slice*, meja pemeriksaan bergeser

sesuai ketebalan *slice* (*slice thickness*) [5]. Meja pemeriksaan terletak tengah *gantry* dengan posisi *horizontal* dan dapat digerakkan maju-mundur dan naik-turun sesuai kebutuhan [1].

Diantara komponen penting lain pada CT adalah *bow-tie filter* [6]. Filter ini berbentuk seperti dasi kupu-kupu (*bow-tie*), yakni tebal di bagian pinggir dan tipis di bagian tengah [7, 8]. Filter ini digunakan agar dosis yang diterima pasien relatif homogen, jika pasien diposisikan dengan tepat pada *iso-center* [9, 10]. Jika posisi pasien tidak berada pada *iso-center*, maka distribusi dosis pada pasien tidak lagi homogen [10]. Penempatan posisi pasien di *iso-center gantry* ditentukan secara subjektif oleh tenaga medis berdasarkan pengalamannya dengan bantuan laser penanda [6]. Dari beberapa riset dilaporkan bahwa penentuan center pasien oleh tenaga medis rata-rata mengalami pergeseran dari *iso-center* [6-9].

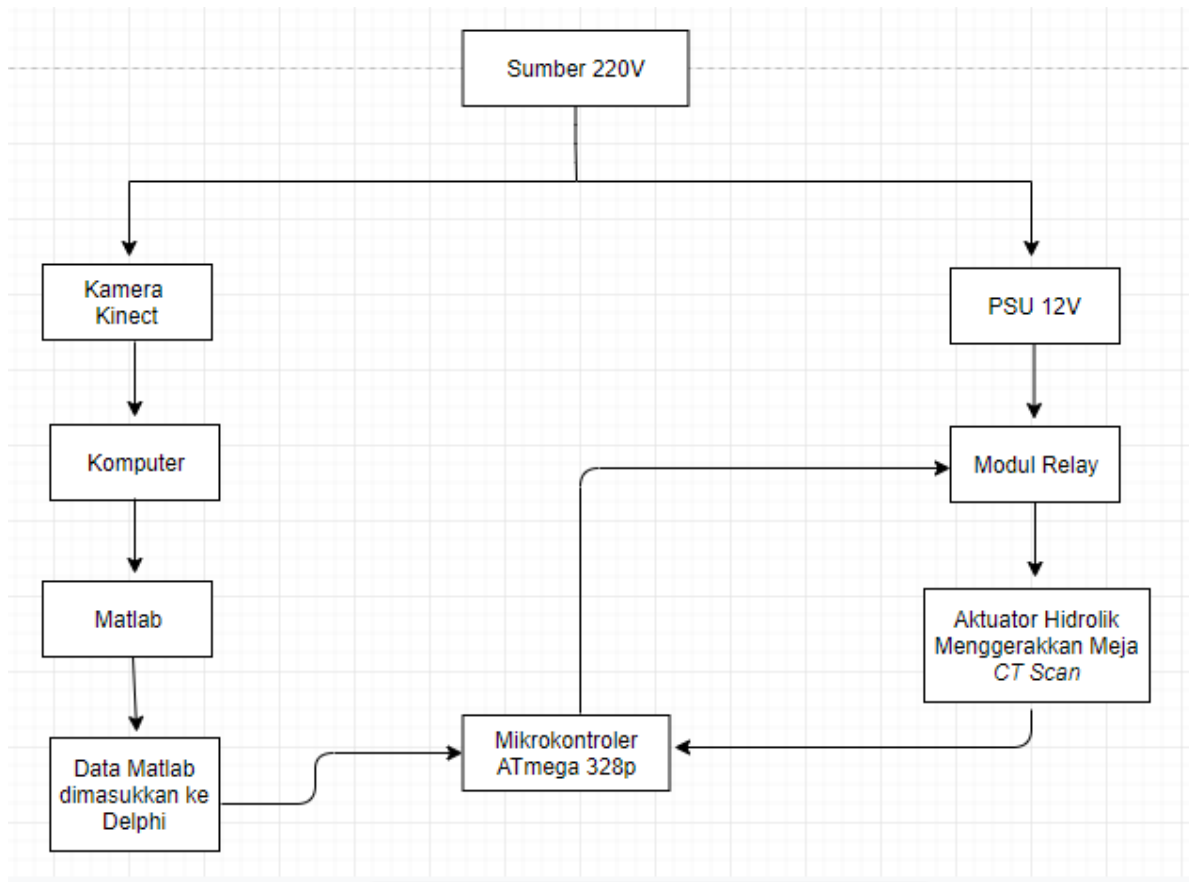
Oleh karena itu, diperlukan sistem penentuan posisi *center* pasien secara otomatis yang bersifat objektif. Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan deteksi tubuh dan penentuan posisi pasien dalam CT menggunakan kamera Kinect [11, 12]. Akan tetapi sistem kamera tersebut belum digunakan untuk mengubah posisi ketinggian meja pasien secara otomatis agar pasien berada pada posisi *iso-center* [11]. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem meja pasien yang dapat digeser naik-turun secara otomatis sehingga pasien dapat diposisikan secara tepat pada *iso-center* menggunakan kamera Kinect dengan basis mikro-kontroler ATmega 328p.

## PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM

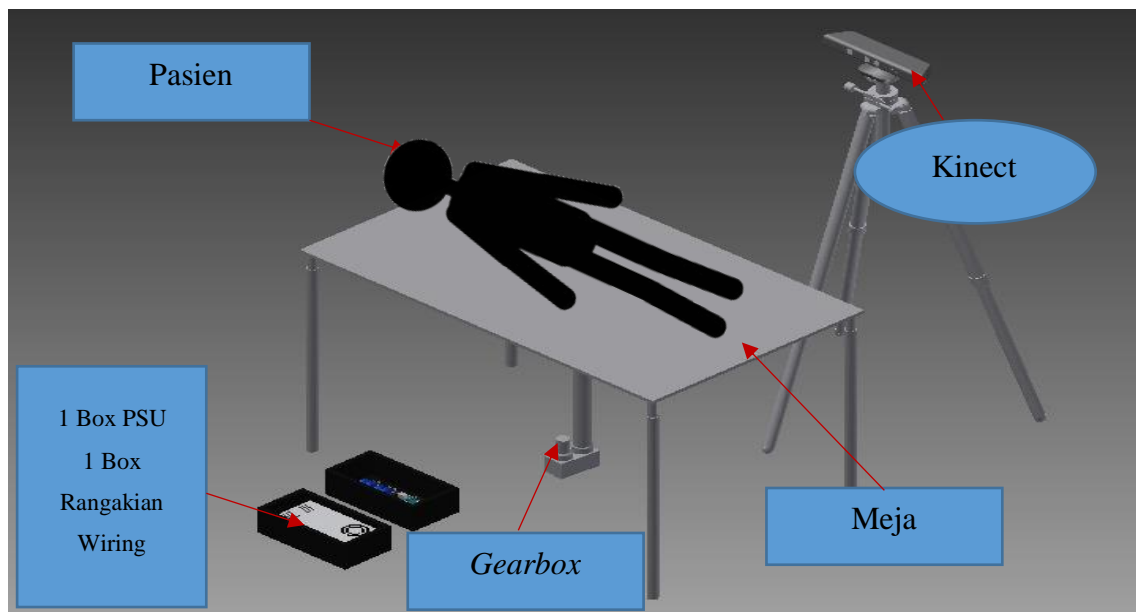
### Diagram Sistem

Sistem ini menggunakan mikro-kontroler ATmega 328p [13] sebagai pengontrol sistem, menggunakan data yang didapat dari kamera Kinect. Pergeseran ketinggian meja CT menggunakan *gearbox* hidroik pendorong [14] yang bertujuan untuk memposisikan pasien ketika berada di atas meja pemeriksaan agar tepat berada pada *iso-center*.

Cara kerja instrumen ini dimulai dengan mengaktifkan kamera Kinect [15], kemudian kamera menangkap citra obyek (pasien) dan ditampilkan pada layar monitor. Setelah itu, dilakukan perhitungan *center* secara otomatis dan didapatkan nilai selisih antara posisi *center* pasien dengan *iso-center gantry*. Perbedaan nilai ini dijadikan sebagai *set point*. Kemudian nilai *set-point* dimasukkan ke Delphi. Setelah tombol “naik” pada *interface* delphi diaktifkan, Delphi memerintahkan mikro-kontroler untuk membuka *relay* sehingga aktif dan PSU 12 V memberi tegangan *gearbox* hidrolik. *Gearbox* tersebut kemudian bergerak naik untuk mendorong meja pasien hingga sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan. Pembacaan *set-point* diperoleh dari sensor *reed-switch*. Sensor *reed-switch* mendeteksi magnet yang terdapat pada *gearbox* hidroik. Batas naik-turun *gearbox* pendorong diatur pada mikro-kontroler dengan memasukkan sinyal digital dari *reed-switch*. Gambar 1 menunjukkan diagram sistem meja CT pengatur posisi pasien secara otomatis.



Gambar 1. Diagram sistem otomatisasi pengatur meja pasien pada CT.

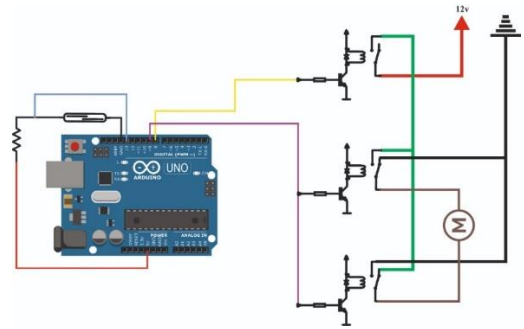


Gambar 2. Desain sistem otomatisasi meja pasien pada CT menggunakan kamera Kinect.

Adapun desain rancang bangun meja CT pengatur posisi pasien yang terdapat kamera Kinect, *gearbox* hidrolis pendorong, 1 buah kotak PSU, dan 1 buah kotak rangkaian *wiring* (berisi 2 modul *relay 2 channel* dan 1 buah mikro-kontroler) dapat dilihat pada Gambar 2.

### Rangkaian dan Wiring System

Sistem ini menggunakan 2 buah sumber tegangan, yaitu 5 V DC dan 12 V DC. Sumber tegangan 5 V DC digunakan untuk mikro-kontroler, sensor *reed-switch* dan modul *relay* yang bersumber dari PC komputer. Sedangkan tegangan 12 V DC dari tegangan sumber digunakan untuk PSU ke motor pada *gearbox* hidrolis pendorong yang diatur melalui modul *relay* [16, 17]. Digunakannya *relay* dikarenakan mikro-kontroler tidak dapat mensuplai tegangan sebesar 12 V. Untuk mengaktifkan modul *relay* membutuhkan tegangan dari mikro-kontroler *pin 8* dan *pin 9*. *Pin 8* pada mikro-kontroler berguna untuk mengaktifkan motor *gearbox* yang disambungkan ke modul *relay on/off* sedangkan *pin 9* pada mikro-kontroler berguna untuk pembalik tegangan yang disambungkan ke modul *relay* yang terhubung pada motor *gearbox*. Kemudian sensor *reed-switch* dihubungkan ke kaki 1 resistor 10k $\Omega$  dan *pin 13* pada mikro-kontroler. Kaki 2 resistor ke 5 V mikro-kontroler, sedangkan kaki 2 *reed-switch* dihubungkan pada *ground* mikro-kontroler. Untuk VCC mikro-kontroler (5 V) dihubungkan ke kaki 2 resistor dan VCC semua modul *relay*. Modul *relay* yang berguna untuk *on/off* (*pin 8*) disambungkan ke PSU 12 V. Sedangkan modul *relay* pembalik arus (*pin 9*) *common pin* ke 2 *relay* terhubung ke motor sedangkan *pin NO relay 1* terhubung ke *ground* dan *pin NC relay 1* terhubung ke VCC 12 V. *Relay 2* berkebalikan dengan *relay 1* (*pin NO* terhubung ke VCC 12 V dan *pin NC* terhubung ke *ground*). Untuk rangkaian dan *wiring system* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian dan *wiring system*.

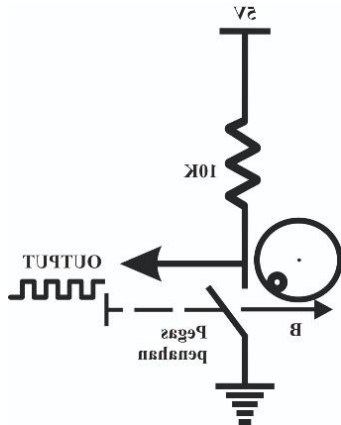
### Rangkaian Sensor *Reed-switch*

Sensor *reed-switch* merupakan salah satu jenis sensor yang terdiri dari dua buah plat yang saling berdekatan. Sensor *reed-switch* berfungsi sebagai saklar yang aktif apabila di area jangkauannya terdapat medan magnet. Jika terdapat medan magnet yang cukup kuat di area sekitar *reed-switch*, maka dua buah plat yang saling berdekatan tadi akan terhubung sehingga akan memberikan rangkaian tertutup. Pada rangkaian ini *reed-switch* dihubungkan ke resistor 10 k $\Omega$  dengan sumber tegangan 5 V. Rangkaian *reed-switch* menghasilkan logika 0 dan 1. Logika yang dihasilkan tersebut digunakan sebagai *signal* masukan mikro-kontroler. *Reed-switch* menghasilkan tegangan sebesar 0-3,9 V. Sensor *reed-switch* ini mengatur naik dan turun *gearbox* hidrolis pendorong dengan dasar jumlah putaran.

Dengan prinsip sensor *reed-switch* dapat digunakan untuk mengatur naik dan turun *gearbox* hidrolis pendorong dengan pemrosesan mikro-kontroler dan *interfacing*. Skema rangkaian sensor *reed-switch* ditunjukkan pada Gambar 4.

### Pembuatan Antarmuka Komputer

Pembuatan perangkat lunak pada penelitian ini menggunakan *software* mikro-kontroler IDE untuk meng-*upload* program ke mikro-kontroler. Sementara pembuatan *interface* menggunakan Delphi 7.0.



Gambar 4. Skema rangkaian sensor *reed-switch*.

**a. Program Mikro-kontroler**

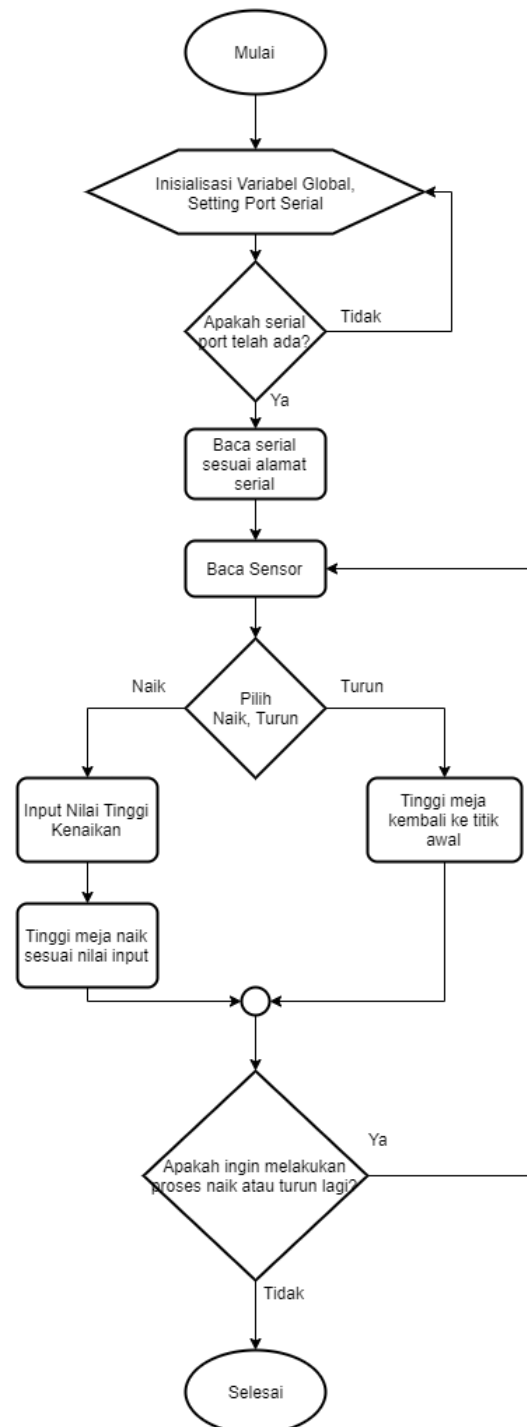
*Software* mikro-kontroler IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat program yang kemudian digunakan untuk mengisi IC mikro-kontroler ATmega 328p. Untuk langkah awal diperlukan inisialisasi variabel untuk mengatur tipe data yang akan diproses oleh mikro-kontroler.

Setelah insialisasi variabel dilakukan, langkah selanjutnya adalah membuat program untuk *setting port* serial yang digunakan untuk komunikasi serial dengan komputer dengan nilai *baudrate* 9600. Langkah selanjutnya adalah pengecekan serial, apakah sudah siap digunakan atau belum.

Perintah pengecekan tersebut dilakukan oleh ATmega 328p. Apabila serial sudah siap, mikro-kontroler akan membaca perintah sesuai dengan alamat yang berasal dari komputer. Pada program ini telah diatur apabila komputer memberi perintah maka mikro-kontroler akan melakukan pembacaan sensor *reed-switch* pada *pin* digital 13 dan hasil pembacaan dikirim kembali ke komputer.

Selain melakukan pembacaan, mikro-kontroler juga mengontrol proses *output* modul *relay* pada mikro-kontroler yang dapat dikomunikasikan dan diamati dengan komputer. Terdapat dua modul *relay* 2

*channel* yang dibaca oleh mikro-kontroler. Modul ini sebagai sumber tegangan motor hidrolik sesuai dengan logika yang diberikan pada *relay*. Adapun *flowchart* proses yang dilakukan oleh ATmega 328p ditunjukkan oleh Gambar 5.

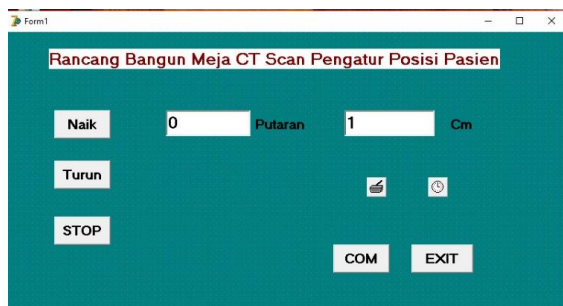


Gambar 5. *Flowchart* perintah pemrograman mikro-kontroler IDE.

## b. Pembuatan Program Akuisisi Data

Aplikasi akuisisi data dibangun menggunakan *software* perangkat lunak Delphi 7.0. *Software* ini digunakan untuk membuat *interface* antara ATmega 328p dengan komputer agar dapat berkomunikasi.

Pembuatan aplikasi akuisisi data pada sistem ini membutuhkan fitur *Cport*, *timer*, *button*, *text* dan lain-lain. Tampilan *interface* akuisisi data pada sistem ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan program Delphi untuk akuisisi data.

Pada Gambar 6 digunakan tabel *stringgrid* dan *chart* yang berfungsi untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor menggunakan *timer* secara *real time* dengan mengatur *interval delay* setiap pembacaan. Berikut ini merupakan fungsi setiap fitur pada komponen *interface* yang terlihat pada Gambar 6.

### 1. Tombol COM

Digunakan untuk men-*setting* serial *port* yang digunakan.

### 2. Tombol Naik

Digunakan untuk mengirim data yang terbaca pada *edit text* (*set point*) ke mikro-kontroler dan menggerakkan meja CT untuk naik.

### 3. Tombol Turun

Digunakan untuk mengirim data yang terbaca pada *edit text* (*set point*) ke

mikro-kontroler dan menggerakkan meja CT untuk turun.

### 4. Tombol Exit

Digunakan untuk mengakhiri dan mengeluarkan tampilan *interface* akuisisi data.

### 5. Timer

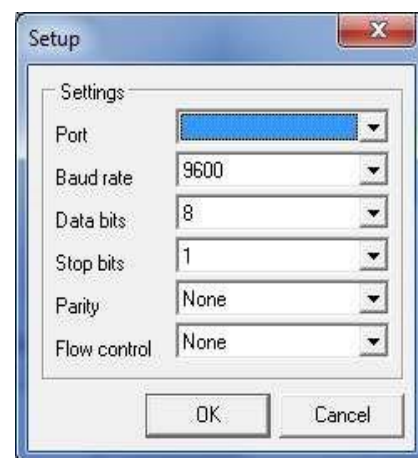
Digunakan untuk men-*setting delay* pada setiap pembacaan data secara *real time*.

### 6. Comport

Digunakan untuk mengatur *baudrate*.

Agar *interface* akuisisi data dapat berjalan, langkah awal yang harus dilakukan adalah menghubungkan mikro-kontroler dengan komputer menggunakan kabel serial. Selanjutnya, dilakukan pengecekan *port* yang digunakan oleh komputer melalui pengecekan pada *device manager*. Setelah mengetahui *port* yang digunakan oleh komputer, langkah selanjutnya adalah mengatur ComPort pada *interface* agar sinkron dengan *port* yang digunakan melalui tombol COM. *Setting* ComPort ditunjukkan pada Gambar 7.

*Setting* COM digunakan untuk memanggil fungsi *Show Setup Dialog* seperti yang terlihat pada Gambar 7 dengan memasukkan program ke dalamnya.



Gambar 7. Screenshoot tampilan *setting port*.



Selanjutnya memilih tombol posisi untuk menjalankan akuisisi data sehingga komputer dan mikro-kontroler akan saling berkomunikasi melakukan pengiriman dan penerimaan data melalui komunikasi serial menggunakan komponen *timer*. Setelah komputer memberi perintah kepada mikro-kontroler, mikro-kontroler akan memprosesnya dan mengirim kembali ke komputer. Akuisisi data dilakukan secara *real time* dengan mengatur *delay* sesuai kebutuhan.

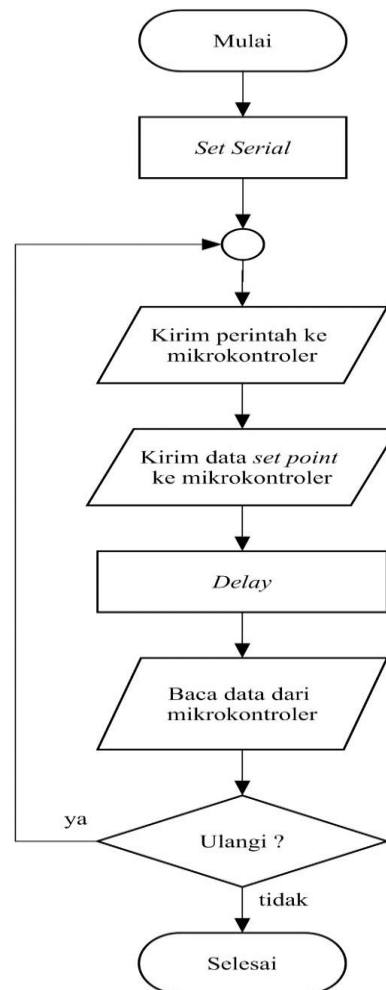
### Komunikasi data Sensor

Selain perintah akuisisi data tersebut, komputer juga memberi perintah ke mikro-kontroler untuk karakterisasi, posisi naik dan turun. Posisi naik dan turun ditentukan oleh *button* pada *interface* Delphi.

Hasil dari akuisisi data tersebut ditampilkan pada *interface* Delphi. Sistem *interface* dengan Delphi menampilkan data yang dikirim dari mikro-kontroler. Dalam *interface* Delphi ada 3 *button* utama yaitu *button* posisi, *button* naik dan *button* turun. *Button* posisi berfungsi untuk memasukkan angka *set point* yang akan dikirim ke mikro-kontroler sehingga *gearbox* hidrolik mendorong naik sesuai *set point*. *Button* naik untuk menaikkan *gearbox* hidrolik pendorong lebih tinggi dari posisi sebelumnya, dan *button* turun berfungsi untuk menurunkan *gearbox* hidrolik pendorong parabola dari posisi sebelumnya ke titik 0 cm atau sesuai keinginan. Adapun *flowchart* dari akuisisi data tersebut ditunjukkan pada Gambar 8.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada sistem ini terdiri dari dua pengujian, yaitu pengujian *hardware* dan *software*. Pengujian *hardware* meliputi pengujian sensor *reed-switch* dan ketinggian *gearbox* hidrolik pendorong ketinggian meja CT. Sedangkan pengujian *software* meliputi tampilan dan kinerja aplikasi antarmuka.



Gambar 8. *Flowchart* sistem akuisisi data.

### Antarmuka dan Akuisisi Data Komputer

Data hasil pembacaan mikro-kontroler ATmega 328p yang diperoleh dari pembacaan sensor *reed-switch* berupa data *integer* sehingga harus diubah menjadi tipe data *string* melalui *source code* pada Delphi agar dapat ditampilkan pada *interface* Delphi. Dimulai dengan komputer memberi perintah ke mikro-kontroler, kemudian mikro-kontroler memproses perintah dan menghasilkan keluaran yang akan dikirim kembali ke komputer. Setelah komputer menerima hasil, hasil keluaran tersebut ditampilkan pada *interface* Delphi dengan cara klik *start* kemudian melakukan akuisisi data laju aliran dengan *delay* tertentu dan dilanjutkan dengan akuisisi data dimasukkan pada *chart*. Pada akuisisi data, *set point* telah diatur. Apabila nilai pembacaan melebihi *set point* maka mikro-kontroler

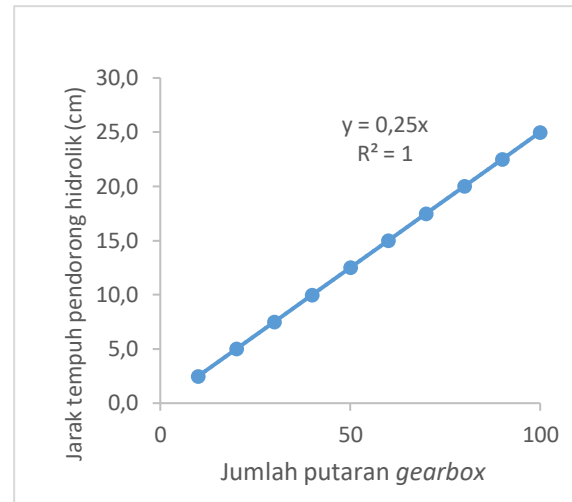
akan mengolah agar nilai stabil di antara *set point* dan hasil pembacaan frekuensi.

**Hasil Pengujian Karakterisasi dan Kalibrasi Sensor**

Sensor *reed-switch* merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar yang aktif atau terhubung apabila di area jangkauannya terdapat medan magnet. Jika terdapat medan magnet yang cukup kuat di area sekitar *reed-switch*, maka dua buah plat yang saling berdekatan tadi akan terhubung sehingga akan membentuk rangkaian tertutup.

Hasil karakterisasi antara jarak tempuh hidrolik pendorong dan putaran motor gearbox ditunjukkan oleh Gambar 9. Setelah karakterisasi sensor *reed-switch* didapatkan persamaan  $y = 0,25x$ , dimana  $y$  adalah jarak yang ditempuh oleh hidrolik pendorong meja dan  $x$  merupakan jumlah putaran dari motor *gearbox*, dengan koefisien kolerasi linear  $R^2 = 1$ . Dari persamaan tersebut diperoleh bahwa hasil panjang hidrolik didapatkan dari jumlah putaran motor *gearbox* dikalikan dengan 0,25. Artinya, panjang 1 cm diperoleh dengan 4 putaran *gearbox*.

Untuk membuktikan keakuratan hasil dari pembacaan sensor *reed-switch* ini, maka perlu dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan panjang terukur dengan nilai Panjang yang di-*set* oleh komputer. Hasil kalibrasi tersebut ditampilkan pada Tabel 1. Dari kalibrasi tersebut didapatkan nilai selisih terkecil 0 cm pada *setting* komputer 3 cm dan 6 cm sedangkan selisih terbesar 1,5 cm pada *setting* komputer 30 cm. Jumlah rata-rata seluruh nilai selisih yaitu sebesar 0,66 cm atau jika dinyatakan dalam persen sebesar 3,09%.



Gambar 9. Grafik karakterisasi putaran *gearbox*.

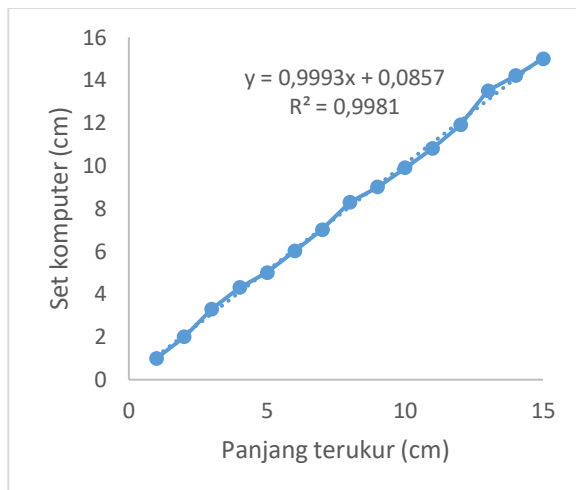
Tabel 1. Data hasil pengujian kalibrasi antara jarak yang di-*set* komputer dan jarak pergeseran *gearbox* untuk setiap penambahan jarak 3 cm.

No	Set (cm)	Pengukuran (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
1	3	3,0	0,0	0,00
2	6	6,0	0,0	0,00
3	9	9,1	0,1	0,01
4	12	12,4	0,4	0,03
5	15	15,5	0,5	0,03
6	18	18,8	0,8	0,04
7	21	22,0	1,0	0,04
8	24	25,0	1,0	0,04
9	27	28,3	1,3	0,04
10	30	31,5	1,5	0,05
Rata-rata				3,09%



### Hasil Pengujian Sistem

Setelah sistem meja berhasil dibuat, kemudian dilakukan pengujian sistem. Data yang di-*set* dengan komputer untuk setiap kenaikan 1 cm dari rentang panjang *gearbox* hidrolis pendorong parabola 1 cm hingga sepanjang 15 cm dibandingkan dengan hasil pengukuran. Grafik hasil pengujian antara nilai jarak yang di-*set* komputer dan pergeseran meja pasien ditunjukkan pada Gambar 10. Tampak bahwa kedua berkorelasi linear dengan nilai  $R^2 = 0,9981$ . Selisih nilai antara keduanya ditunjukkan oleh Tabel 2. Rata-rata selisih yang dihasilkan pada pengujian ini ialah 0,08 cm, atau dengan rata-rata *error* 0,02%.



Gambar 10. Grafik hasil pengujian antara nilai jarak yang di-*set* komputer dan pergeseran meja pasien dengan jarak maksimal 15 cm.

Kelebihan pada rancang bangun meja CT pengatur posisi pasien menggunakan kamera Kinect berbasis mikro-kontroler ini yaitu sistemnya lebih otomatis daripada sistem meja CT yang ada, dikarenakan semua sistem yang dibutuhkan diatur melalui komputer atau PC. Posisi *center* pada pasien yang ditentukan oleh kamera Kinect lebih obyektif dari sistem manual yang ditentukan oleh tenaga medis.

Tabel 2. Data hasil pengujian antara nilai jarak yang di-*set* komputer dan pergeseran meja pasien.

No	Set Komputer (cm)	Panjang Terukur (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
1	1	1	0	0,00
2	2	2	0	0,00
3	3	3,3	0,3	0,10
4	4	4,3	0,3	0,07
5	5	5	0	0,00
6	6	6	0	0,00
7	7	7	0	0,00
8	8	8,3	0,3	0,03
9	9	9	0	0,00
10	10	9,9	0,1	0,01
11	11	10,8	0,2	0,01
12	12	11,9	0,1	0,01
13	13	13,5	0,5	0,03
14	14	14,2	0,2	0,01
15	15	15	0	0,02
	Rata-rata		0,08	0,02

Kekurangan pada sistem rancang bangun meja CT pengatur posisi pasien ini yaitu magnet yang terdapat pada *gearbox* hidrolis pendorong perputarannya tidak presisi mengakibatkan tidak terpenuhinya putaran magnet sehingga menjadikan *error* setiap kenaikan yang berjarak kecil. Semakin kecil jarak panjang meja/hidrolis, maka semakin besar *error* yang terjadi. Sistem mekanik juga tidak stabil pada bagian drat atau ulir yang terdapat di dalam

*gearbox* hidrolis. Hal ini juga menyebabkan terjadinya *error* pada operasi rancang bangun meja CT. Kaki meja CT juga tidak bias menahan beban berat pada sisi-sisinya, mengakibatkan tidak selarasnya kenaikan 4 kaki meja saat hidrolis mulai beroperasi.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Rancang bangun meja CT pengatur posisi pasien telah dapat direalisasikan dengan menggunakan sensor *reed-switch* untuk mengontrol dan memonitoring naik dan turunnya *gearbox* hidrolis pendorong, dengan menggunakan mikro-kontroler ATmega 328p yang terhubung dengan PC atau komputer.
2. Berdasarkan data hasil pengujian pada sistem rancang bangun meja CT pengatur posisi pasien didapatkan keseluruhan jumlah rata-rata selisih antara *set* komputer dengan pengukuran terukur sebesar 0,08 cm atau dengan rata-rata *error* sebesar 0,02%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Penelitian Sumber Dana Selain APBN Fakultas Sains & Matematika, Universitas Diponegoro, Tahun Anggaran 2019, dengan nomor kontrak: 4936/UN7.5.8/PP/2019. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Seeram E. *Computed tomography, fourth Edition*. Columbia Canada: Saunders; 2015.
- [2] Anam C, Budi WS, Adi K, et al. Assessment of patient dose and noise level of clinical CT images:

automated measurements. *J Radiol Prot.* 2019;39:783–793.

- [3] Kalender WA. X-ray computed tomography. *Phys Med Biol.* 2006;51:R29-R43.
- [4] Zhu Y, Cochoff SM, Sukalac R. Automatic patient table removal in CT images. *J Digit Imaging.* 2012;25:480–485.
- [5] Anam C, Fujibuchi T, Haryanto F, Widita R, Arif I, Dougherty G. An evaluation of computed tomography dose index measurements using a pencil ionisation chamber and small detectors. *J Radiol Prot.* 2019;39:112–124.
- [6] Habibzadeh MA, Ay MR, KamaliAsl AR, Ghadiri H, Zaidi H. Impact of miscentering on patient dose and image noise in x-ray CT imaging: Phantom and clinical studies. *Phys Med.* 2012;28:191-199.
- [7] Toth T, Ge Z. The influence of patient centering on CT dose and image noise. *Med Phys.* 2007;34:3093-3101.
- [8] Perisinakis K, Seimenis I, Tzedakis A, Papadakis AE, Damilakis J. The effect of head size/shape, miscentering, and bowtie filter on peak patient tissue doses from modern brain perfusion 256-slice CT: How can we minimize the risk for deterministic effects? *Med Phys.* 2013;40:011911.
- [9] Anam C, Fujibuchi T, Toyoda T, et al. The impact of head miscentering on the eye lens dose in CT scanning: Phantoms study. *J Phys Conf Series.* 2019;1204:012022
- [10] Kaasalainen T, Palmu K, Reijonen V, Kortensniemi M. Effect of patient centering on patient dose and image noise in chest CT. *Am J Roentgenol.* 2014;203:123-130.
- [11] Booij R, Budde RPJ, Dijkshoorn ML, van Sraten M. Accuracy of automated patient positioning in CT using 3D camera for body contour detection. *Eur Radiol.* 2019;29:2079-2088.

- [12] Afrieda N, Anam C, Budi WS, Wardaya AY, Dougherty G. Automated patient position in CT examination using a Kinect camera. *Journal of Physics Conference Series*. 2020. Accepted.
- [13] Heryanto A. *Pemrograman bahasa C untuk mikrokontroler ATmega 8535*. Yogyakarta: CV Andi Offset; 2008.
- [14] Bogi. *Cara kerja gearbox parabola*. 2011. Dikutip tanggal 18 Juni 2019 dari Cara Kerja Gearbox Parabola: <https://www.electricisart-bogipower.com/2014/07/cara-kerja-gearbox-parabola.html>.
- [15] Abjihilt J. *Kinect for windows SDK programming guide*. UK: Packt Publishing Ltd; 2012.
- [16] Sadewo ADBA, Widasari ER, dan Muttaqin A. *Perancang pengendali rumah menggunakan smartphone android dengan konektivitas bluetooth*. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 2017;1(5):415-425.
- [17] Saleh M, Munnik H. *Rancang bangun sistem keamanan rumah menggunakan relay*. *Jurnal Teknologi Elektro*. 2017;8(3):181.