

# Rancang Bangun Perangkat Lunak Unit Kontrol Alat Ukur Sudu *Cross Flow Water Turbine* Berbasis Pengolahan Citra

Eka Marlina, Arif Wahjudi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: arif.w@me.its.ac.id

**Abstrak**—Seiring dengan berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi, alat ukur mengalami perkembangan yang cukup signifikan. Salah satu bentuk perkembangannya adalah dengan dibuatnya alat ukur sudu *cross flow water turbine* berbasis pengolahan citra oleh Ruswedi dan Pradnyana pada tahun 2013. Namun, alat ukur ini masih dioperasikan secara manual. Tugas akhir ini bertujuan untuk melakukan pengembangan terhadap alat tersebut, khususnya dibidang rancang bangun perangkat lunak untuk unit kontrolnya. Metodologi yang diterapkan dalam tugas akhir ini yang pertama adalah mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan topik bahasan dari berbagai literatur. Langkah kedua adalah menentukan perumusan masalah dan menentukan metode pembuatan perangkat lunak. Ketiga, pembuatan perangkat lunak dan verifikasi. Pada penelitian ini telah berhasil dirancang perangkat lunak untuk unit kontrol alat ukur sudu CFWT berbasis pengolahan citra. Berdasarkan hasil kalibrasi sensor inframerah Sharp GP2Y0A21 didapatkan bahwa nilai jarak adalah sama dengan 178924.57 dibagi dengan nilai output ADC desimal pangkat 1.08. Selisih maksimal antara jarak input dan jarak tempuh motor adalah 0.5mm, dan jarak kontrol antara 130-400mm. Dengan demikian, metode pengukuran menggunakan alat ini akan lebih mudah dan cermat, karena selain dapat mengukur benda dengan bentuk yang kompleks mengurangi resiko keausan benda an lebih teliti, juga bisa dilakukan dengan mudah serta cepat karena adanya sistem kontrol

**Kata Kunci**—*cross flow water turbine*, pengolahan citra, perangkat lunak, sudu

## I. PENDAHULUAN

PENGUKURAN adalah proses penentuan besaran, kapasitas, atau dimensi dengan standar atau satuan tertentu. Pengukuran tidak dapat dipisahkan dalam menunjang pemenuhan kebutuhan manusia sehari-hari, khususnya dalam dunia industri. Seiring dengan berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi, alat ukur juga mengalami perkembangan yang cukup signifikan. Dengan perkembangan ini, hasil dari proses pengukuran ini juga dapat semakin cermat.

Salah satu bentuk perkembangan teknologi dalam bidang pengukuran adalah dengan menggunakan teknologi pengolahan citra digital yang sebelumnya telah dikembangkan. Alat ukur ini dipergunakan untuk mengukur dimensi sudu *Cross Flow Water Turbine* (CFWT). Pengembangan teknologi pengolahan gambar digital merupakan salah satu cara untuk melakukan pengukuran yang cermat dalam proses pengukuran dimensi sudu (CFWT) yang bentuknya cukup kompleks, sehingga akan cukup sulit jika pengukuran dilakukan secara konvensional.

Alat ukur berbasis pengolahan citraini memiliki kekurangan yaitu masih dioperasikan secara manual. Kamera digerakkan dengan memutar ulir secara manual dan dihentikan pada jarak tertentu kemudian dilakukan pengambilan gambar dengan kamera saku. Hal ini menyebabkan kurangnya efisiensi dalam hal waktu dan tenaga. Oleh karena itu, pengembangan masih perlu dilakukan dengan menerapkan sistem yang dikontrol melalui komputer meliputi proses gerak, proses berhenti pada jarak tertentu, dan proses pengambilan gambar. Kekurangan lain dari penelitian yang sebelumnya adalah dimensi keluaran dari perangkat lunak dalam satuan pixel. Hal ini kurang praktis, karena untuk mendapatkan nilai dimensi dalam satuan mm masih perlu dilakukan perhitungan secara manual. Oleh karena itu, dalam pengembangan alat ini juga ditambahkan perangkat lunak untuk mengkonversi dimensi dari satuan pixel menjadi satuan mm.

Pengembangan ini akan meliputi 2 bagian, yang pertama adalah rancang bangun perangkat keras unit kontrolnya dan yang kedua adalah rancang bangun perangkat lunaknya. Pengembangan perangkat lunak meliputi perancangan program komputer untuk mengambil data pengukuran, mengolahnya, kemudian menampilkan pada layar monitor PC. Selain itu, program ini juga harus mampu menjembatani antara komputer dengan perangkat keras. Dengan demikian, alat ukur berbasis pengolahan citra digital ini akan memiliki sistem yang terintegrasi yaitu mulai penginputan jarak kamera hingga pengambilan gambar dan pembacaan hasil ukur terdapat pada software yang sama.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang perangkat lunak yang memberikan input jarak kepada alat ukur berbasis pengolahan citra digital, menampilkan perubahan jarak kamera dan layar untuk pengukuran CFWT.

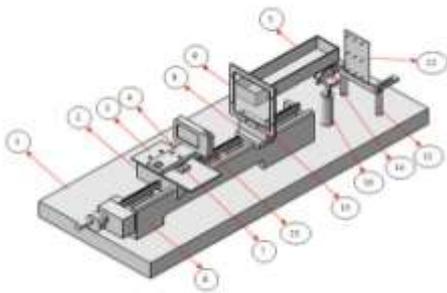
## II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### A. Kajian Pustaka

Pengukuran adalah sebuah proses penentuan besaran, kapasitas, atau dimensi dengan standar atau satuan tertentu [1]. Teknologi pada berbagai bidang ilmu berkembang dengan pesat, hal ini juga mempengaruhi berkembangnya teknologi dalam proses pengukuran dan alat ukur itu sendiri, yaitu dengan ditemukannya berbagai jenis alat ukur non-konvensional yang memiliki kecermatan pengukuran yang baik. Alat ukur non-konvensional itu sendiri adalah alat ukur yang tidak melibatkan kontak langsung dengan benda ukurnya pada proses pengukuran.

Salah satu bentuk alat ukur non-konvensional yang telah dikembangkan adalah alat ukur sudu CFWT berbasis

pengolahan citra yang dikembangkan oleh Rusweki dan Pradnyana [2]. Gambar 1 merupakan gambaran sistematis alat ukur sudu CFWT berbasis pengolahan citra yang telah dikembangkan oleh Rusweki dan Pradnyana [2]. Proses pengukuran menggunakan alat ukur berbasis *image processing* ini dimulai dengan meletakkan benda pada dudukan benda ukur. Benda ukur dikenai sorotan lampu xenon dan menghasilkan bayangan pada layar. Kamera dipasang pada jarak tertentu. Dudukan kamera terhubung dengan ulir sehingga jarak antara kamera dengan layar dapat diatur sesuai kebutuhan. Proyeksi bayangan diambil oleh kamera dalam format .jpg berukuran 640x480 pixel. Gambar tersebut dikenai proses *cropping* dan mengasilkan ukuran 300x300 pixel yang berfokus pada benda ukur. Gambar tersebut digunakan sebagai input dalam proses analisa pada perangkat lunak.



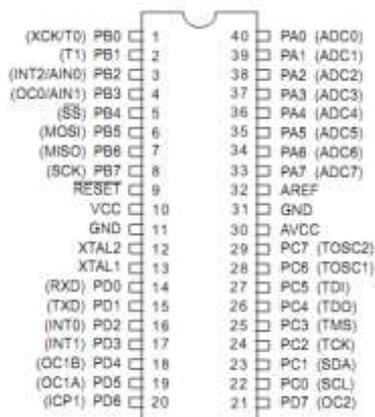
Gambar 1. Alat ukur sudu CFWT [2]

Pada perangkat lunak atau *software*, gambar proyeksi bayangan terlebih dahulu diolah sesuai derajat keabuan (proses *greyscale*). Selanjutnya gambar *greyscale* dikenai proses *thresholding* sehingga terbentuk gambar dengan warna hitam dan putih. Pixel yang memiliki nilai lebih kecil dari 106 akan dirubah menjadi 0 dan menjadi warna hitam. Sedangkan pixel yang memiliki nilai lebih besar dari 106 akan dirubah menjadi 255 atau warna putih. Lalu proses *edge detection* dilakukan, yaitu pendeteksian tepi sehingga menghasilkan garis tepi proyeksi benda ukur. Garis tepi inilah yang akan diproses oleh perangkat lunak dengan regresi linear sederhana. Proses regresi ini menghasilkan dimensi berupa panjang garis dan radius (Pradnyana, 2013) [3].

Contoh lain dari pengembangan alat ukur adalah dengan menggunakan motor stepper sebagai penggerak *stage* mikroskop yang tingkat kepresisiannya mencapai mikron, seperti yang telah dikembangkan [3]. Pengembangan yang dilakukan ini adalah dengan menggerakkan motor stepper yang terhubung secara mekanik dengan rel dari *stage* mikroskop. *Stage* mikroskop ini akan dikontrol dengan menggunakan perangkat lunak yang tersambung secara logis dengan ATMEGA 8 melalui chip serial proxy FT232RL [4]. Pengembangan ini dapat digunakan sebagai dasar dan acuan untuk melakukan pengembangan lebih lanjut terhadap alat ukur sudu *cross flow water turbine* berbasis pengolahan citra, sehingga alat tersebut tidak lagi dioperasikan secara manual, tetapi secara otomatis menggunakan motor stepper sehingga kecermatannya pun semakin meningkat dan proses pengukurannya berlangsung lebih cepat.

**B. Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega 16**

Mikrokontroler adalah suatu chip dengan kepadatan yang sangat tinggi, dimana semua bagian yang diperlukan untuk suatu kontroler sudah dikemas dalam satu keping. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (Read-Only Memory), RAM (Read-Write Memory), beberapa port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (Analog to Digital converter), DAC (Digital to Analog converter) dan serial komunikasi. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (Reduce Instruction Set Compute) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fiturnya. Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya Arithmetic and Logical Unit (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu serta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam chip yang sama dengan prosesornya (in chip). Sebuah chip mikrokontroler biasanya terdiri dari CPU (Central Processing Unit), RAM (Random Access Memory), EEPROM/EPROM/PROM/ROM, I/O, Timer dan lain sebagainya. Mikrokontroler sekarang ini sudah banyak dapat ditemukan dalam berbagai peralatan elektronik rumah tangga, seperti telepon digital, microwave oven, televisi, dan masih banyak lagi. Mikrokontroler juga dapat digunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk pengendalian suatu alat, otomasi dalam industri dan lain-lain. Keuntungan menggunakan mikrokontroler adalah harganya murah, dapat diprogram berulang kali, dan dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan [4].

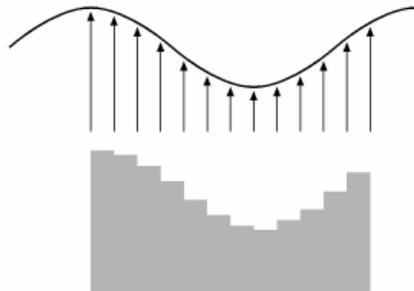


Gambar 2. Konfigurasi Pin ATmega16 [5]

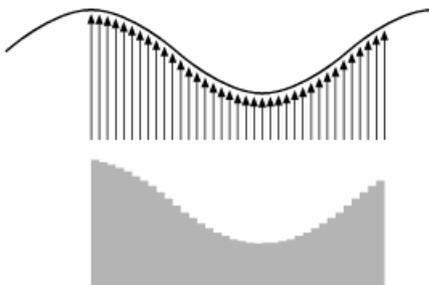
**C. ADC pada ATmega 16**

ADC (*Analog to Digital Converter*) adalah salah satu fasilitas mikrokontroler ATmega16 yang berfungsi untuk mengubah data analog menjadi data digital. ADC memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS) [6]. AVR

ATMega16 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan resolusi 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC dapat dikonfigurasi, baik single ended input maupun differential input. Selain itu, ADC ATMega16 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau (noise) yang amat fleksibel sehingga dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri



Gambar 3. ADC dengan kecepatan sampling rendah [6]



Gambar 4. ADC dengan kecepatan sampling tinggi [6]

Gambar 3 menggambarkan bahwa ADC dengan kecepatan sampling yang relatif rendah, akan menghasilkan nilai hasil konversi yang tingkat kecermatannya rendah juga. Sedangkan pada gambar 4 diambarkan bahwa ADC dengan kecepatan sampling yang relatif tinggi, akan menghasilkan nilai konversi yang tingkat kecermatannya tinggi. Resolusi ADC menentukan kecermatan nilai hasil konversi ADC. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 (2n – 1) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan kecermatan nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, sinyal digital yang diperoleh sebesar 60% x 255 = 153 (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner) [6].

AVR ATMega16 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan resolusi 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC dapat dikonfigurasi, baik *single ended* input maupun *differential* input. Selain itu, ADC ATMega16 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi dan kemampuan filter *noise* yang amat fleksibel, sehingga dapat dengan mudah disesuaikan

dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri. ADC pada ATMega16 memiliki fitur-fitur sebagai berikut:

- Resolusi mencapai 10-bit
- Akurasi mencapai ± 2 LSB (*Least Significant Bit*)
- Waktu konversi 13-260µs
- 8 saluran ADC dapat digunakan secara bergantian
- Jangkauan tegangan input ADC bernilai dari 0 hingga VCC
- Disediakan 2,56V tegangan referensi internal ADC
- Mode konversi kontinyu atau mode konversi tunggal
- Interupsi ADC complete
- *Sleep Mode Noise canceler*

Proses inisialisasi ADC meliputi proses penentuan *clock*, tegangan referensi, data keluaran dan modus pembacaan ADC dirumuskan sebagai berikut :

$$(b_1 2^{-1} + b_2 2^{-2} + b_3 2^{-3} + \dots + b_n 2^{-n}) \leq \frac{V_{in}}{V_R} \dots(1) [8]$$

Keterangan:

- V<sub>in</sub> : Tegangan input analog
- V<sub>R</sub> : Tegangan referensi
- b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>n</sub> : n-bit output digital

$$\dots(2) [8] \quad \Delta V = V_R 2^{-n}$$

Keterangan:

- ΔV : Perubahan tegangan terkecil
- V<sub>R</sub> : Tegangan referensi
- n : jumlah bit

$$\dots(3) [8] \quad N = INT \left( \frac{V_{in}}{V_R} 2^n \right)$$

Keterangan:

- N : Angka basis 10 yang ekuivalen dengan input ADC
- INT : Pembulatan jumlah angka yang ada di dalam tanda kurung
- V<sub>in</sub> : Tegangan input analog
- V<sub>R</sub> : Tegangan referensi
- n : jumlah bit

*D.Sensor Jarak Inframerah Sharp GP 2Y0A21*

Sensor inframerah produksi Sharp tipe GP 2Y0A21 adalah sensor cahaya berjenis fotolistrik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak dengan batas 10 – 80 cm. Sensor ini mengeluarkan sinyal analog. Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memancarkan sinar inframerah berfrekuensi 40 kHz dan hasil pantulannya diterima oleh susunan detector inframerah. Sensor ini menggunakan prinsip pantulan cahaya diterima oleh *receiver* dan menghasilkan tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan sensor ini berbeda-beda bergantung pada jarak antara sensor dan bidang pemantul. Jarak jauh menghasilkan tegangan kecil. Sebaliknya, jarak dekat menghasilkan tegangan yang lebih besar [8].

### III. METODOLOGI

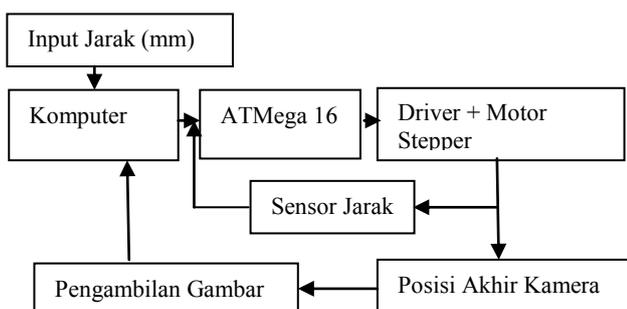
#### A. Tahap Penelitian

Agar lebih terarah, penelitian ini disusun berdasarkan tahapan-tahapan seperti berikut:

- 1) Studi literatur  
Mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan topik bahasan dari berbagai literatur
- 2) Perumusan masalah  
Menentukan permasalahan yang akan dipecahkan dan keluaran dari program yang akan dibuat
- 3) Penentuan metode yang digunakan  
Menentukan metode pembuatan perangkat lunak yang akan menghubungkan antara alat ukur sudu *cross flow water turbine* berbasis pengolahan citra dengan komputer.
- 4) Perancangan  
Perangkat lunak yang akan dibuat dirancang dalam bentuk diagram alir, untuk mempermudah logika kerjanya.
- 5) Pembuatan perangkat lunak  
Membuat perangkat lunak untuk menghubungkan antara alat ukur sudu *cross flow water turbine* berbasis pengolahan citra, dengan komputer dan menggabungkan dengan perangkat lunak yang dipergunakan untuk mengolah data pada alat ukur sudu *cross flow water turbine*, sehingga menjadi sebuah perangkat lunak yang terintegrasi.
- 6) Validasi perangkat lunak  
Menguji kinerja perangkat lunak mulai dari proses *input* jarak posisi pengambilan gambar digital hingga memperoleh hasil dimensi benda.
- 7) Verifikasi hasil perangkat lunak  
Melakukan verifikasi hasil perangkat lunak terhadap jangka sorong. Langkah ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil dari perangkat lunak sudah sesuai dengan target yang telah ditentukan.
- 8) Pengukuran  
Melakukan pengukuran dengan menggunakan benda uji berupa blok ukur.
- 9) Hasil pengukuran  
Mendapatkan hasil pengukuran berupa 1 (mm).

#### B. Blok Diagram Kontrol

Berikut adalah blok diagram yang akan dipergunakan dalam penelitian ini:



Gambar 5. Blok diagram sistem kontrol

Blok diagram berfungsi memetakan proses kerja pada suatu sistem. Blok diagram pada sistem kontrol alat ukur *Image Processing* di Gambar 3.2 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *Input* pada sistem berupa jarak antara kamera dan layar. Batas jarak pada alat ukur ini antara 130 mm hingga 400 mm.
- Komputer dalam hal ini berfungsi sebagai pusat kontrol, dengan adanya perangkat lunak yang dipergunakan sebagai pemberi perintah dan penerima output dari kamera yang dihubungkan melalui USB dengan mikrokontroler.
- *USB Communication* dalam hal ini adalah penghubung antara komputer dengan ATmega16. Dengan ini, komputer melalui perangkat lunak dapat memberikan perintah maupun menerima informasi dari Atmega16 secara bolak-balik.
- Mikrokontroler ATmega16 merupakan unit yang dapat diprogram dan menjalankan fungsinya sesuai program tersebut.
- Driver dan motor stepper berfungsi sebagai aktuator, yaitu merubah energi listrik menjadi sinyal listrik menjadi besaran mekanik. Pada sistem ini, aktuator adalah motor yang menghasilkan gerak putar. Motor yang digunakan berjenis motor stepper unipolar.
- Kamera bergerak translasi sesuai gerak putar ulir. Sumber putaran ulir berasal dari motor stepper. Batas jarak yang diuji adalah 130 mm hingga 400 mm.
- Sensor jarak (*distance*) berfungsi kontrol jarak antara kamera dan layar. Jika jarak tersebut telah sesuai dengan data input, maka minimum sistem akan mengirim sinyal berhenti ke motor. Selain itu, sensor jarak tersebut juga akan memberikan informasi jarak yang telah ditempuh oleh kamera secara *real time* kepada mikrokontroler, kemudian informasi tersebut akan ditampilkan di layar komputer, dengan bantuan perangkat lunak.

### IV. PEMBAHASAN

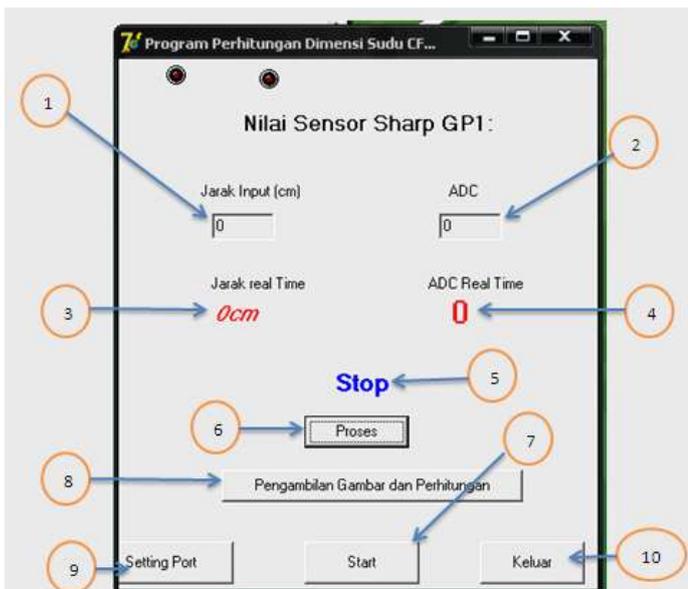
Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk rancang bangun perangkat lunak yang akan diimplementasikan pada unit kontrol alat ukur sudu CFWT yang berbasis pengolahan citra. Secara umum, perangkat lunak yang dibuat terdiri dari beberapa bagian-bagian yang menjalankan fungsi utama perangkat lunak ini, seperti input jarak, menggerakkan kamera, pengambilan gambar benda ukur, menampilkan jarak tempuh real dari kamera dan proses perhitungan dimensi benda ukur. Berikut ini adalah gambaran umum dari perangkat lunak yang telah dibuat.

Gambar 6 memiliki beberapa bagian dengan fungsinya masing-masing. Berikut ini adalah keterangan dari masing-masing bagian pada program tersebut:

1. Kolom input jarak antara kamera dan benda ukur, kamera akan digerakan sejauh inputan yang ada didalam kolom ini.
2. Kolom nilai ADC, kolom ini menampilkan nilai output ADC dalam desimal pada posisi yang sesuai dengan jarak input pada bagian nomor 1. Perhitungan nilai output ADC dalam desimal ini

didapatkan melalui proses kalibrasi sensor inframerah Sharp GP 2Y0A21.

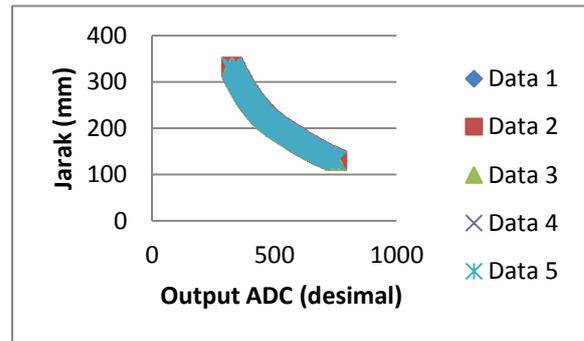
3. Bagian ini menunjukkan jarak tempuh kamera secara *real time*, jadi nilainya akan berubah sesuai dengan posisi kamera.
4. Bagian ini menunjukkan nilai output ADC dalam desimal secara *real time* sesuai dengan posisi kamera.
5. Bagian ini menunjukkan kondisi pergerakan kamera, jika kamera sedang bergerak maju, maka labelnya akan bertuliskan “Maju”, jika sedang bergerak mundur maka akan berganti “Mundur” dan ketika berhenti, akan berganti “Stop”.
6. Tombol proses ini berfungsi untuk memulai proses pengiriman data berupa nilai jarak input yang kita inginkan dan memberi perintah motor untuk bergerak sesuai dengan input jarak yang kita berikan, menerima data nilai output ADC dalam desimal disetiap posisi kamera dan menghitung nilai jarak secara *real time* sesuai dengan perumusan yang ada.
7. Tombol start berfungsi untuk memberikan perintah buka atau tutup pada port serial yang menghubungkan antara komputer dengan ATmega, selain itu tombol ini juga berfungsi mengganti label kondisi pergerakan kamera (stop, maju dan mundur).
8. Tombol ini akan menyambungkan kita dengan program yang lain, yaitu program pengambilan gambar dari kamera dan juga perhitungan dimensi benda ukur.
9. Tombol setting port ini berfungsi untuk mengatur hubungan antara komputer dengan perangkat keras (ATmega16), kita dapat mengatur port yang akan dipergunakan dan lain sebagainya.
10. Tombol keluar ini akan memberikan perintah untuk mengakhiri program.



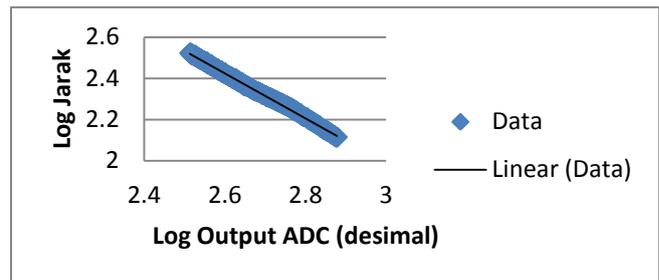
Gambar 6. Tampilan perangkat lunak

Untuk menentukan konversi dari output ADC menjadi jarak, proses kalibrasi pada sensor ini dilakukan pada setiap kenaikan millimeter, sehingga hasil yang didapatkan akan cukup akurat. Nilai output ADC dalam desimal dari sensor inframerah Sharp GP2Y201 ini tidak linier, oleh karena itu

diperlukan perhitungan matematis untuk melinierkan nilai output ADC dalam desimal terhadap jarak sensor. Data yang telah didapatkan kemudian ditabulasikan dan diplot menjadi grafik untuk mengetahui trendline data tersebut. Gambar 4.4 berikut ini adalah plotting grafik dari data hasil kalibrasi. Grafik pada gambar 7 menunjukkan bahwa pada pengambilan data pertama hingga kelima, terdapat banyak kesamaan nilai output ADC dalam desimal, sehingga grafik bertumpuk satu sama lain. Grafik yang terbentuk dari data cenderung berbentuk parabolik, dengan hasil yang demikian maka harus dilakukan proses linierisasi dengan operasi logaritma. Hasil operasi tersebut diplot menjadi grafik pada Gambar 8.



Gambar 7. Grafik hasil kalibrasi output ADC vs Jarak



Gambar 8. Grafik Log Jarak vs Log output ADC dalam desimal

Persamaan akhir dari proses linierisasi ini adalah persamaan (5) seperti dibawah ini.

$$y = ax + c \quad \dots (1)$$

$$\log \text{ jarak} = a \log \text{ Output ADC dalam desimal} + c \quad \dots (2)$$

$$\log \text{ jarak} = 5.25267 - 1.08760 \log \text{ Output ADC dalam desimal} \quad \dots (3)$$

$$\log \text{ jarak} = \log (\text{Output ADC dalam desimal})^a + c \quad \dots (3)$$

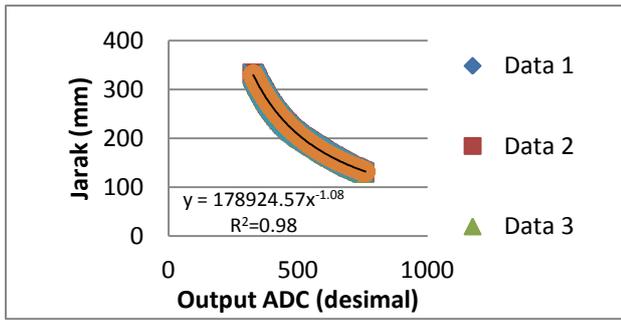
$$\log \text{ jarak} = 5.25267 - \log (\text{Output ADC dalam desimal})^{1.08760}$$

$$\text{anti log}(\log \text{ jarak}) = \text{anti log}(c - \log(\text{Output ADC dalam desimal})^a) \quad \dots (4)$$

$$\text{jarak} = \frac{\text{anti log } c}{\text{anti log}(\log(\text{Output ADC dalam desimal})^a)} \quad \dots (5)$$

$$\text{jarak} = \frac{178924.577345696}{(\text{Output ADC dalam desimal})^{1.08760}} \quad \dots (6)$$

Perbandingan antara plot data kalibrasi dan data hasil regresi ditampilkan pada gambar 9. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa persamaan hasil regresi sesuai dengan data yang didapatkan saat proses kalibrasi.



Gambar 9. Perbandingan grafik hasil regresi dengan grafik Awal

Proses validasi perangkat lunak dilakukan dengan melakukan percobaan pada 10 jarak input yang berbeda, dengan masing-masing jarak diambil data sebanyak 5 kali. Dari data tersebut didapatkan error antara jarak input dan jarak pergerakan motor sesungguhnya.

Tabel 1. Selisih hasil percobaan pergerakan kamera

No	Jarak Input (mm)	Selisih jarak data ke-					Rata-rata (mm)
		1	2	3	4	5	
1	130	0.5	0.3	0.4	0.5	0.6	0.46
2	140	0.3	0.2	0.4	0.4	0.5	0.36
3	150	0.4	0.52	0.08	0.3	0.5	0.36
4	160	0.3	0.56	0.26	0.45	0.6	0.434
5	170	0.58	0.38	0.2	0.38	0.3	0.368
6	180	0.6	0.6	0.4	0.5	0.45	0.51
7	190	0.36	0.46	0.22	0.38	0.3	0.344
8	200	0.3	0.28	0.06	0.5	0.6	0.348
9	250	0.14	0.2	0.4	0.4	0.1	0.24
10	300	0.16	0.04	0.58	0.6	0.1	0.296

Berdasarkan data pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa rata-rata selisih perbedaan jarak tempuh dan jarak input terbesar adalah sebesar 0.51 mm. dengan demikian, selisih yang diperoleh dari pengukuran ini lebih besar jika dibandingkan dengan target perancangan perangkat lunak unit kontrol, yaitu maksimal sebesar 0.5 mm. Dengan demikian nilai error target kecermatan unit kontrol terhadap kecermatan hasil percobaan adalah sebesar 0.01 mm. Selanjutnya akan dilakukan uji hipotesis untuk menguji kesesuaian nilai selisih hasil percobaan dan target kecermatan sebesar 0.5 mm. Proses pengujian hipotesis ini adalah sebagai berikut:

- Nilai rata-rata selisih jarak yang melebihi target kecermatan perangkat lunak ditentukan,  $(\bar{l}) = 0.51\text{mm}$
- *Confident Interval* ditentukan sebesar 95%, sehingga nilai  $\alpha=5\%$
- Hipotesisnya ditentukan sebagai berikut:  
 $H_0: \mu = 0.5 \text{ mm}$   
 $H_0: \mu > 0.5 \text{ mm}$
- Standar deviasi ditentukan dengan menggunakan persamaan (7) berikut ini:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (l_i - \bar{l})^2}{n-1}} \quad \dots (7)$$

$$s = \sqrt{\frac{(0.6 - 0.51)^2 + (0.6 - 0.51)^2 + (0.4 - 0.51)^2 + (0.5 - 0.51)^2 + (0.45 - 0.51)^2}{5-1}}$$

$$S = 0.178$$

- Statistik uji (t) ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$t = \frac{\bar{l} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \quad \dots (8)$$

$$t = 0.112$$

- Daerah kritis ditentukan,  $H_0$  akan ditolak jika  $t > t_{\alpha,v}$  dengan nilai  $v = n - 1$ . Daerah kritis atau daerah penolakan adalah sebagai berikut:

$$\alpha=0.05$$

$$v = 5 - 1 = 4$$

$$t_{\alpha,v} = 2.13185$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka, daerah penolakan hipotesis terjadi pada  $t > 2.13185$ . Dengan nilai  $t=0.112$ , maka nilai t hasil percobaan tidak termasuk pada daerah penolakan. Sehingga nilai  $H_0$  gagal ditolak dan nilai  $\bar{l}$  tidak berbeda secara signifikan terhadap 0.5mm. Dapat disimpulkan bahwa nilai kecermatan pengambilan data pada jarak 180 mm adalah sama dengan 0.5 mm.

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil kalibrasi sensor inframerah Sharp GP2Y0A21 didapatkan bahwa nilai jarak adalah sama dengan 178924.57 dibagi dengan nilai output ADC dalam desimal pangkat 1.08. Misalnya jika output ADC=760, maka jarak antara layar dan kamera adalah 130 mm.
2. Perangkat lunak unit kontrol alat ukur dimensi *Cross Flow Water Turbine* berbasis pengolahan citra telah berhasil dirancang, dimana selisih maksimal antara jarak input dan jarak tempuh motor sesungguhnya adalah 0.5 mm, dan jarak gerakan yang dapat dikontrol adalah antara jarak 130 mm hingga 400 mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rochim.T, (2006), *Spesifikasi, Metrologi, & Kontrol Kualitas Geometrik jilid 2*, Penerbit ITB, Bandung
- [2] Rusweki W, (2013), *Rancang Bangun Alat Ukur Sudu Cross Flow Water Turbine Berbasis Image Processing*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- [3] Pradnyana B.M, (2013), *Perancangan Perangkat Lunak Berbasis Pengolahan Citra Untuk Pengukuran Dimensi Tepi Dan Radius*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- [4] *Minimum Sistem Mikrokontroler*. [http://sainselektronika.blogspot.com/2012/04/\\_minimum-sistem-mikrokontroler.html](http://sainselektronika.blogspot.com/2012/04/_minimum-sistem-mikrokontroler.html) diunduh pada 18 September 2013
- [5] *ATmega16(L)*. <http://www.atmel.com/Images/doc2466.pdf> diunduh pada 18 September 2013
- [6] Arifianto B, (2008), *Modul Training Microcontroller for Beginer*, Petunjuk Praktikum, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya
- [7] Johnson C.D, (1997), *Process Control Instrumentation Technolog*, Fifth edition, Prentice-Hall International, Inc, New Jersey
- [8] *GP2Y0A21*. [http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a02\\_e.pdf](http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a02_e.pdf) diunduh pada 22 Oktober 2013.