

# PERANCANGAN PURWARUPA SISTEM PENGENDALIAN KUALITAS PENGUKURAN DIMENSI PRODUK TEROTOMASI

Ikhwan Arief, Rahmat Fajri

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

Email: [ikhwan.a@ft.unand.ac.id](mailto:ikhwan.a@ft.unand.ac.id)

## Abstract

*Production process is one of several main activities in industries. The process followed by quality control to achieve expected final products. Products' conformities to design specification can be achieved through direct measurement. However, not all measurements can be done directly while the process is running. Inconformities to product's design specification could result in unfunctional or rejected products. This will render producers into losing their profits. Technology plays major role in simplifying products' measurement processes. Advancement in technology made it possible to automate measurement processes and will also made it possible to do during the production process in achieving expected quality control as early as possible. The quality control yield measurements in products' lengths, widths and depths/ heights which will control products' dimension and generate quality control chart. The proposed prototype will allow measurements of product's dimension and data acquisition directly during the process without disrupting on going processes.*

**Keywords:** *prototype, automation, quality control*

## Abstrak

*Proses produksi merupakan kegiatan utama yang dilakukan dalam dunia industri. Proses produksi tidak terlepas dari pengendalian kualitas produk. Kesesuaian spesifikasi produk dengan rancangan dapat diketahui dengan melakukan pengukuran terhadap produk. Kadang kala pengukuran tidak dapat dilakukan secara langsung saat proses berlangsung. Kesalahan spesifikasi produk membuat produk kurang berfungsi atau tidak berfungsi sama sekali terhadap kondisi yang diharapkan. Peran teknologi sangat diperlukan dalam mempermudah pengukuran produk. Seiring dengan kemajuan teknologi, pengendalian kualitas pada dunia industri dapat dilakukan dengan sistem yang terotomasi. Pengendalian kualitas tersebut dilakukan dengan pengukuran dimensi berdasarkan panjang, lebar dan tinggi produk dengan luaran pengukuran dimensi produk serta peta kendali. Sistem ini memungkinkan pengukuran dan pengambilan data secara langsung saat proses terjadi tanpa mengganggu proses.*

**Keywords:** *purwarupa, otomasi, pengendalian kualitas*

## 1. PENDAHULUAN

Proses produksi merupakan kegiatan utama yang dilakukan dalam dunia industri. Proses produksi tidak terlepas dari pengendalian kualitas produk.

Setiap produk memiliki spesifikasi atau ciri kualitas tertentu. Montgomery (1990), menyatakan ada tiga ciri kualitas yaitu:

1. Fisik; panjang, lebar, tebal dan berat.
2. Indera; penampilan, warna.
3. Orientasi waktu; keandalan (dapat dipercaya), dapatnya dipelihara dan

dirawat.

Kesesuaian spesifikasi produk dengan rancangan dapat diketahui dengan melakukan pengukuran terhadap produk. Kadang kala pengukuran tidak dapat dilakukan secara langsung saat proses berlangsung.

Kesalahan spesifikasi produk membuat produk kurang berfungsi atau tidak berfungsi sama sekali terhadap kondisi yang diharapkan. Misalnya pada proses perakitan, jika komponen utama dan komponen

pelengkap tidak sesuai dengan spesifikasi, maka kedua komponen tidak dapat dirakit. Hal ini bisa diakibatkan antara lain oleh kesalahan pada dimensi produk, pemesinan yang tidak sesuai, atau material yang tidak memenuhi persyaratan.

Peran teknologi sangat diperlukan dalam mempermudah pengukuran produk. Seiring dengan kemajuan teknologi, pengendalian kualitas pada dunia industri dapat dilakukan dengan sistem yang terotomasi. Sistem otomasi industri dirancang sebagai alat untuk mengendalikan kualitas saat proses produksi berlangsung.

Proses produksi mengalami perbaikan secara berkelanjutan. Salah satunya adalah penggunaan otomasi pada proses pengendalian kualitas produk dengan merancang sistem pengendalian kualitas terotomasi. Sistem yang dibuat mampu mengukur ciri kualitas produk saat proses produksi berjalan. Sistem tersebut mampu mencatat data pada lini produksi dengan mengawasi produk-produk yang berjalan di sepanjang *belt conveyor*.

Sistem yang dirancang tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan dalam penerapannya. Hal ini terlihat pada pemilihan sensor untuk sistem yang berbeda. Serta pengambilan data dan pengolahan data menggunakan program yang berbeda sesuai dengan data dan luaran yang dibutuhkan.

Penulis berencana untuk memperhatikan pengukuran dimensi berdasarkan panjang, lebar dan tinggi produk dengan luaran pengukuran dimensi produk serta peta kendali. Sistem ini memungkinkan pengukuran dan pengambilan data secara langsung saat proses terjadi tanpa mengganggu proses. Data yang diperoleh pada hasil pengukuran dipindahkan kedalam komputer untuk selanjutnya diolah untuk mendapatkan luaran yang diinginkan berupa peta kendali.

Perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana merancang sistem otomasi yang dapat mencatat data secara otomatis dan memindahkan data tersebut kedalam komputer serta merancang purwarupa sistem pengendalian kualitas dimensi produk dan melakukan pengujian purwarupa yang dirancang terhadap produk.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Merancang purwarupa sistem pengendalian kualitas dimensi produk berupa perangkat keras untuk mengukur dimensi produk.
2. Merancang aplikasi (perangkat lunak) yang dapat menghubungkan komputer

dengan perangkat otomasi

3. Merancang aplikasi pengendalian kualitas untuk mengelola data yang dikirim oleh perangkat otomasi.
4. Membuat peta kendali menggunakan data hasil pengolahan aplikasi pengendalian kualitas.

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pengujian dilakukan terhadap sistem otomasi pengukuran dimensi produk pada *belt conveyor*.
2. Pengujian dilakukan pada produk berbentuk persegi panjang yang memiliki 3 (tiga) dimensi yang berbeda.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengendalian Kualitas

Bagian ini akan menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan pengendalian kualitas.

#### 2.1.1. Pengertian Mutu

Setiap orang memiliki pengertian yang berbeda mengenai mutu atau kualitas. Pengukuran mutu dan kualitas barang biasanya dilakukan dengan mengukur tingkat kepuasan konsumen atau pelanggan. Besarnya kepuasan pelanggan dipengaruhi oleh tingkat kecocokan penggunaan masing-masing pelanggan. Konsep kualitas biasanya dipandang sebagai ukuran relatif terhadap produk atau jasa. Kualitas ini dibagi menjadi kualitas desain atau rancangan dan kualitas kesesuaian atau kecocokan. Kualitas rancangan merupakan fungsi spesifikasi produk, sedangkan kualitas kecocokan merupakan seberapa baik produk sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan [5].

#### 2.1.2. Pembagian dan Ciri Kualitas

Secara umum kualitas dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan merupakan fungsi spesifikasi produk, sedangkan kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan itu [5].

Setiap produk memiliki spesifikasi atau ciri kualitas tertentu. [4], menyatakan ada tiga ciri kualitas yaitu:

1. Fisik; panjang, lebar, tebal dan berat.
2. Indera; penampilan, warna.
3. Orientasi waktu; keandalan (dapat

dipercaya), dapatnya dipelihara dan dirawat.

### 2.1.3. Peta Kontrol

Peta kontrol atau grafik pengendali memiliki peranan yang penting dalam pengendalian kualitas secara statistik di dunia industri. Peta kontrol merupakan alat yang dapat mengawasi kualitas untuk pengambilan keputusan saat adanya produk yang menyimpang. Peta kontrol juga dapat membuat batas-batas penyimpangan dari hasil produksi dari mutu yang diinginkan. Selain penyimpangan kualitas, banyaknya variasi suatu produk juga perlu diawasi, semakin besar variasi tentunya produk kurang baik [5].

### 2.1.4. Peta Kontrol Variabel

Peta kontrol variabel berguna untuk memonitor karakteristik kualitas saat proses transformasi berlangsung dan mendeteksi perubahan yang dapat mempengaruhi kualitas. Jika pemeriksaan sampel ditemukan berada diluar batas kontrol atas dan batas kontrol bawah, maka proses transformasi harus diperiksa untuk dicari penyebabnya. Alasan digunakan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah adalah diasumsikan tidak ada produk yang persis sama [8].

Peta kendali X-bar menjelaskan perubahan-perubahan yang telah terjadi pada ukuran titik pusat atau rata-rata dari suatu proses. Peta kontrol R (*range*) menjelaskan perubahan-perubahan yang terjadi pada ukuran variasi. Kedua peta kendali tersebut berkaitan dengan perubahan homogenitas produk yang dihasilkan melalui suatu proses [2].

Pada dasarnya setiap peta kontrol memiliki garis tengah (*central line*) dinotasikan dengan CL dan sepasang batas kontrol (*control limits*), satu batas control ditempatkan diatas garis tengah sebagai Batas Kontrol Atas (*Upper Control Limits-UCL*), dan satu lagi dibawah garis tengah sebagai Batas Kontrol Bawah (*Lower Control Limits-LCL*) [2].

Langkah-langkah pembuatan grafik pengendali X-bar dan R adalah sebagai berikut [5]:

1. Menentukan karakteristik proses yang akan diukur.
2. Melakukan dan mencatat hasil pengukuran.
3. Menghitung nilai X dan R.
4. Menentukan batas pengendali.
5. Pembuatan grafik.

## 2.2. Otomasi

### 2.2.1. Sejarah Otomasi

Otomasi dikembangkan berdasarkan perkembangan alat-alat mekanika dasar. Roda berkembang sekitar 3200 SM, pengungkit, mesin derek (600 SM), roda sisir (Tahun 1000), Sekrup (Tahun 1405) dan roda gigi berkembang sekitar abad pertengahan. Perkembangan tersebut dilanjutkan dengan mesin uap pada tahun 1765 yang digunakan untuk menghasilkan energi dan juga digunakan untuk mengoperasikan mesin lain. Pengoperasian mesin tersebut dilakukan pada mesin bor (Tahun 1775), kereta lokomotif (Tahun 1803). Kemampuan menghasilkan energi dan memindahkannya untuk operasi proses merupakan salah satu elemen dasar sistem otomasi. Setelah menemukan mesin uap, James Watt beserta timnya mengembangkan teknik kontrol mesin uap menggunakan *Flying Ball Governor*, yang digunakan untuk mengendalikan saklar (*on/off*) secara otomatis [3].

### 2.2.2. Pengertian Otomasi

Otomasi adalah suatu teknologi yang membuat sebuah proses dapat dikerjakan tanpa bantuan manusia. Otomasi diimplementasikan dengan menggunakan program perintah yang dikendalikan oleh sistem kontrol yang kemudian akan dieksekusi oleh sistem *control* [3].

### 2.2.3. Otomasi Sistem Manufaktur

Sistem manufaktur terotomasi berlangsung di lantai produksi pada suatu produk fisik. Kegiatan produksi seperti pemrosesan, perakitan, inspeksi, serta perpindahan suatu material, dan dalam sebuah kasus yang dikontrol oleh sebuah sistem kontrol. Proses tersebut dikatakan otomatis karena minimnya tingkat partisipasi manusia dalam melakukan proses. Contoh kasus sistem manufaktur terotomasi, yaitu [3]:

- a. Mesin-mesin yang bekerja dengan sistem otomasi digunakan untuk membuat komponen sebuah produk,
- b. Sistem perakitan yang terotomasi,
- c. Sistem manufaktur pada proses operasi atau perakitan yang menggunakan robot,
- d. Sistem inspeksi yang digunakan untuk pengontrolan kualitas produk yang terotomasi,
- e. Pemindahan material dan penyimpanan terotomasi untuk mengintegrasikan operasi-operasi manufaktur.

Sistem otomasi pada manufaktur dapat dibedakan menjadi 3 macam yaitu [3]:

#### 1. Fixed Automation

*Fixed Automation* merupakan sebuah sistem yang urutan proses operasinya relatif tetap dengan menggunakan mesin yang cenderung tetap. Sistem operasi yang menggunakan *fixed automation* biasanya sederhana.

#### 2. Programmable Automation

Dalam *programmable automation*, sistem operasi dari sebuah proses produksi dibuat berubah-ubah dengan sistem kontrol yang mengendalikan proses tersebut. Urutan dari proses produksi tersebut diatur oleh sebuah program, yang berupa kode instruksi dan kemudian dapat dibaca serta diterjemahkan ke dalam sistem.

#### 3. Flexible Automation

*Flexible Automation* merupakan pengembangan dari sistem *programmable automation*. *Flexible automation system* adalah jenis sistem yang fleksibel dengan kemampuan untuk membuat segala macam part atau produk yang memiliki bentuk yang berbeda tanpa kehilangan waktu ketika sistem mengubah suatu *part* dengan *part* lainnya.

Karakteristik sistem ini sebagai berikut:

- a. Investasi tinggi untuk peralatan khusus
- b. Produksi bersifat *continuous* dengan variasi produk

### 2.3. Sensor dan Transduser

Transduser merupakan alat yang dapat mengubah besaran fisik, seperti gaya, tekanan, temperature, kecepatan menjadi bentuk variabel yang lain. Contoh: generator adalah transduser yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Sensor merupakan transduser yang digunakan untuk mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik, sehingga dapat dianalisis dengan rangkaian listrik tertentu. Contoh: kamera sebagai sensor penglihatan [6].

### 2.4. Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 digital pin *input/output*, dimana 6 pin digunakan sebagai *output* PWM, 6 pin input analog, 16 MHz resonator keramik, koneksi USB, jack catu daya eksternal, header ICSP, dan tombol *reset*. Ini semua berisi hal-hal yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler; sederhana saja, hanya

dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan dengan adaptor AC-DC dan atau baterai untuk memulai menggunakan papan arduino [1].

Arduino Uno R3 berbeda dari semua papan Uno sebelumnya yang sudah tidak menggunakan *chip driver* FTDI *USB-to-serial*. Sekarang, Arduino Uno menggunakan fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai dengan versi R2) yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Arduino Uno Revisi 2 memiliki resistor pulling untuk 8U2 dari jalur HWB ke ground, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU. Arduino Uno Revisi 3 memiliki fitur-fitur baru berikut [1]:

1. *Pinout*: ditambahkan pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin *AREF* dan dua pin baru lainnya yang ditempatkan dekat dengan pin *RESET*, sedangkan *IOREF* digunakan sebagai perisai untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan. Kedepannya, perisai akan dibuat kompatibel dengan dua jenis papan yang menggunakan AVR yang beroperasi pada tegangan 5V dan dengan Arduino Due yang beroperasi pada tegangan 3.3V. Sedangkan 2 pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.
2. Sirkuit *RESET* handal.
3. Atmega 16U2 menggantikan 8U2. "Uno" berarti satu yang diambil dari bahasa Italia dan penggunaan nama ini untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi Arduino, yang akan terus berkembang. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian papan USB Arduino, dan digunakan sebagai model referensi untuk *platform* Arduino [1].

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai tahapan penelitian yang akan dilakukan. Metodologi dalam penelitian ini yaitu obyek studi, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, pengujian, analisis dan penutup.

### 3.1. Obyek Studi

Obyek dari penelitian ini adalah memonitor purwarupa sistem pengendalian kualitas dimensi produk pada lini produksi. Pengamatan dilakukan terhadap obyek berbentuk persegi panjang yang berjalan disepanjang *belt conveyor*. Perangkat otomasi dan komputer menjadi pendukung

dalam pengambilan data terhadap obyek yang diamati.

### 3.2. Analisis Kebutuhan Sistem

Berdasarkan studi literatur berkaitan dengan pengendalian kualitas terotomasi, maka terdapat beberapa kebutuhan sistem (Turnadi, 2010).

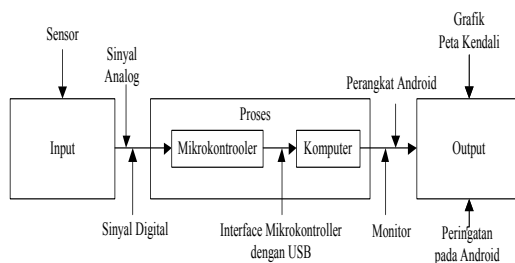
1. Sistem mampu mencatat data secara langsung dan terus menerus.
2. Pencatatan data dilakukan oleh perangkat otomasi tanpa menggunakan operator manual (manusia).
3. Sistem dapat mengolah data yang diambil oleh perangkat otomasi secara otomatis dengan menggunakan komputer.
4. Hasil pengolahan data ditampilkan dalam bentuk grafik.

### 3.3. Perancangan Purwarupa

Perancangan purwarupa berguna untuk menguji kesesuaian sistem dengan rancangan. Perancangan yang dibuat diharapkan dapat mewakili sistem sebenarnya. Tahapan dalam perancangan purwarupa ini yaitu perancangan purwarupa *belt conveyor*, pemasangan dan konfigurasi perangkat sensor, pemasangan dan konfigurasi *microcontroller*. Blok diagram perancangan terlihat pada Gambar 1.

#### 3.3.1. Konsep Rancangan Purwarupa Belt Conveyor

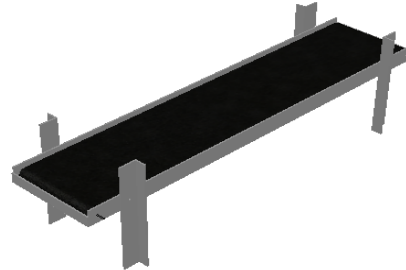
Sebelum merancang alat dan aplikasi sistem otomasi pengendalian kualitas ini, tahapan yang harus dilalui adalah membuat konsep dari rancangan. Konsep rancangan purwarupa ini berguna sebagai acuan dalam pembuatan purwarupa. Pembuatan konsep rancangan dilakukan dengan membuat rancangan purwarupa dengan menggunakan software CAD (*Computer Aided Design*).



**Gambar 1.** Blok Diagram Perancangan Keseluruhan

Pembuatan konsep ini menggunakan

gambar teknik agar purwarupa yang akan dirancang sesuai dan presisi. Konsep rancangan ini ditujukan untuk menentukan ukuran *belt conveyor* dan penempatan sensor pada *belt conveyor*. Konsep rancangan purwarupa *belt conveyor* terlihat pada Gambar 2 sebagai berikut.



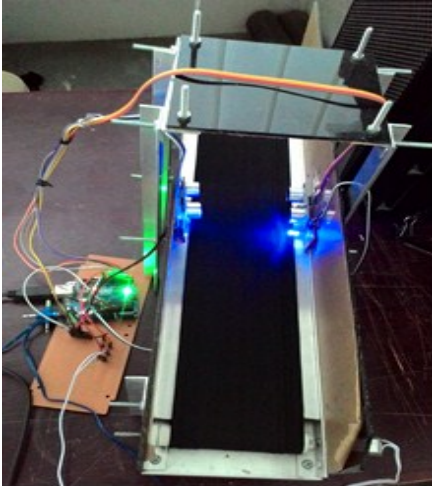
**Gambar 2.** Purwarupa Belt Conveyor

#### 3.3.2. Perancangan Purwarupa Belt Conveyor dan Pemasangan serta Konfigurasi Perangkat Sensor

Setelah membuat konsep rancangan, langkah selanjutnya adalah merancang purwarupa dan konfigurasi perangkat sensor yang dipasang pada *belt conveyor*. Perancangan *belt conveyor* disesuaikan dengan konsep gambar teknik yang telah dibuat. Kemudian dilakukan pemasangan motor sebagai penggerak *belt conveyor*. Selanjutnya dilakukan pemasangan dan konfigurasi sensor sebagai alat untuk mengambil data. Perancangan purwarupa *belt conveyor* dan pemasangan serta konfigurasi perangkat sensor terlihat pada Gambar 3.

#### 3.4. Perancangan Program Arduino dan Antarmuka Perangkat ke Komputer

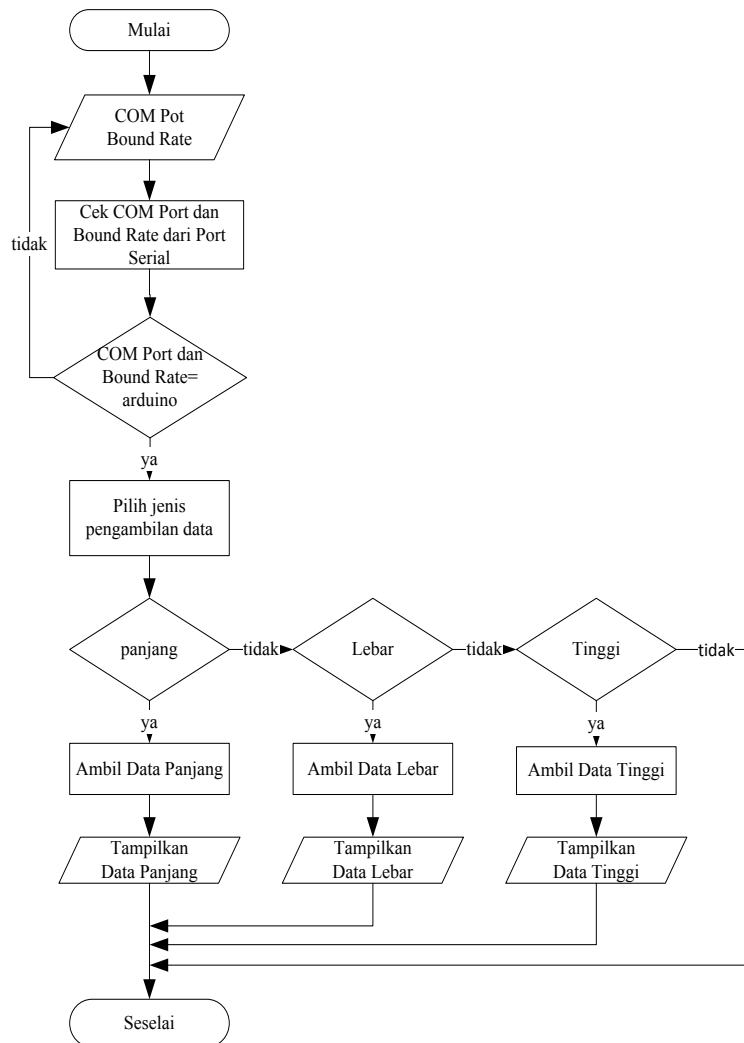
Setelah perangkat sensor terpasang pada *belt conveyor*, langkah selanjutnya adalah menghubungkan sensor dengan *microcontroller*. Kemudian dilakukan penanaman perangkat lunak pada *microcontroller*. Penanaman perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan software arduino 1.0.1 yang ada pada komputer dengan komunikasi data serial. Selanjutnya dilakukan perancangan aplikasi untuk menghubungkan arduino dengan perangkat komputer. Program antarmuka dibuat dengan bahasa pemrograman C#. Blok diagram perancangan antar muka terlihat pada Gambar 4.



**Gambar 3.** Purwarupa Belt Conveyor Keseluruhan

### 3.5. Perancangan Aplikasi Pengendalian Kualitas

Langkah selanjutnya perancangan aplikasi untuk mengolah data yang dikirim dari perangkat otomatisasi melalui sensor dan *microcontroller* ke komputer. Data ini nantinya akan digunakan untuk pengolahan dan untuk mendapatkan keluaran sesuai rancangan berupa peta kendali. Jika hasil pengolahan didapat data yang tidak sesuai spesifikasi maka peringatan akan ditampilkan pada aplikasi dan perangkat android. Blok diagram perancangan aplikasi pengendalian kualitas terlihat pada Gambar 5.



**Gambar 4.** Blok Diagram Perancangan Antarmuka

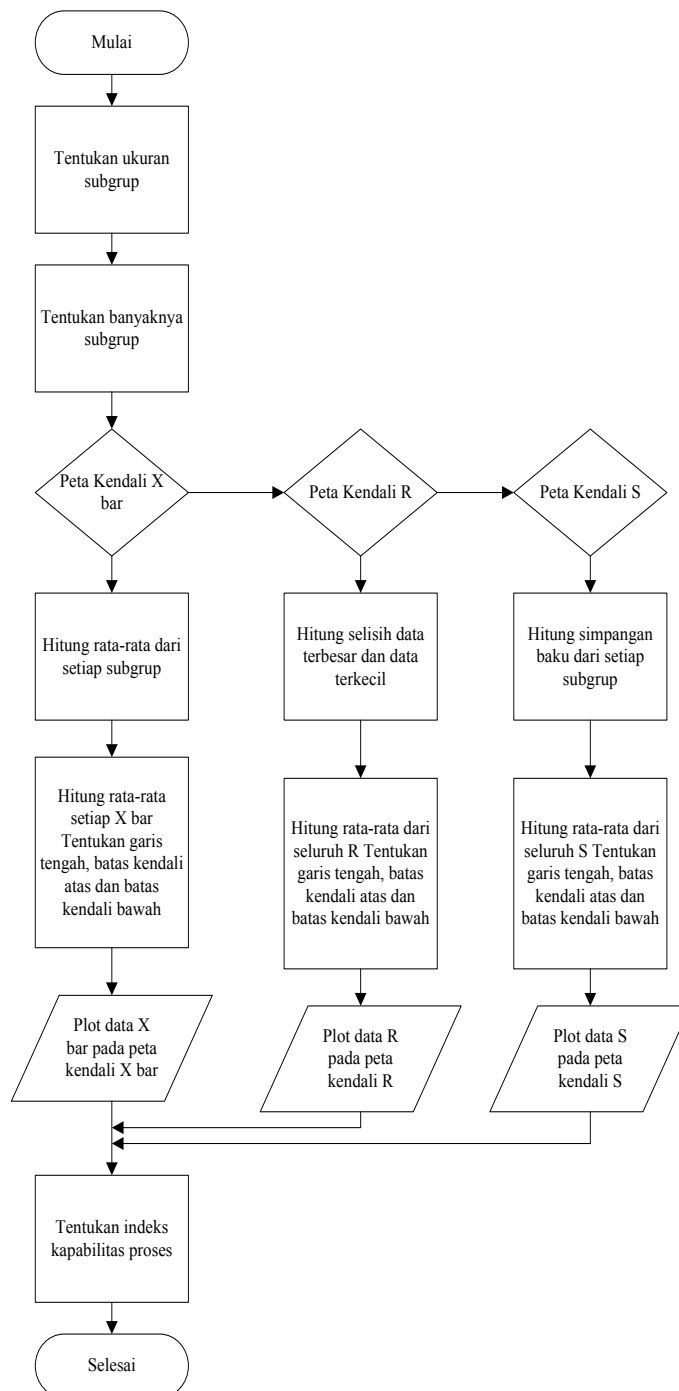
### 3.6. Pengujian Hasil Perancangan

Data pada penelitian ini diperoleh dengan melakukan demo terhadap purwarupa yang telah dibuat. Data tersebut diambil oleh perangkat sensor dan ditampung dalam aplikasi pada komputer untuk selanjutnya diolah.

### 3.7. Analisis

Selanjutnya langkah yang dilakukan adalah analisis hasil pengujian dan pengumpulan data. Analisis tersebut meliputi:

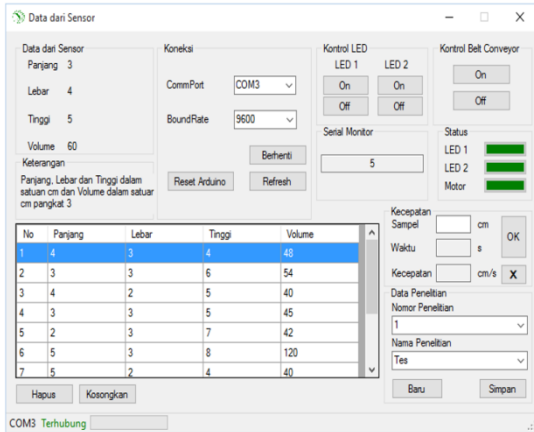
1. Analisis hasil pengujian.
2. Analisis penggunaan sensor.
3. Analisis aplikasi pengendalian kualitas.



**Gambar 5.** Blok Diagram Perancangan Aplikasi Pengendalian Kualitas

#### 4. HASIL PENGUJIAN

Hasil dari pengujian ini adalah pembacaan dimensi oleh sensor dan peta kendali hasil pengolahan data oleh aplikasi. Hasil pembacaan dimensi terlihat pada Gambar 6 dan posisi benda pada purwarupa terlihat pada Gambar 7 sebagai berikut.

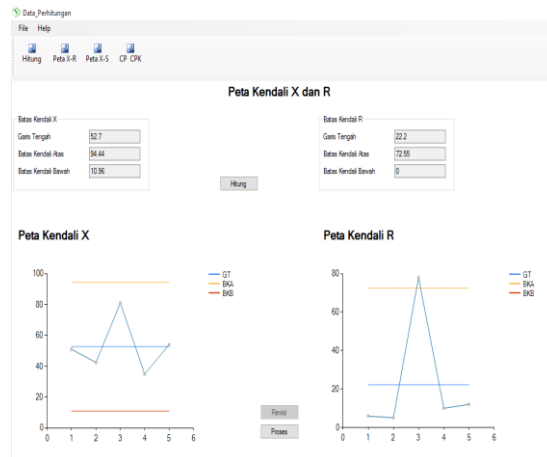


**Gambar 6.** Pembacaan Dimensi

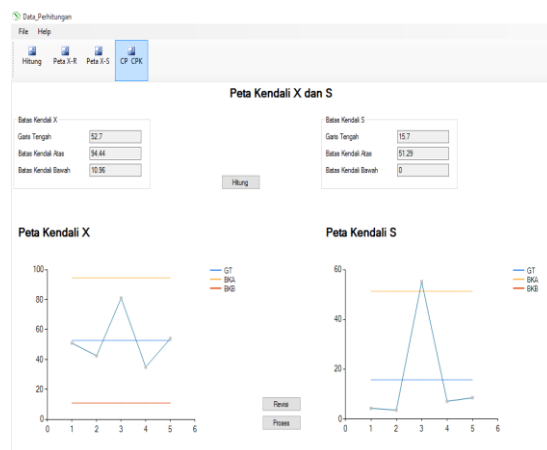


**Gambar 7.** Posisi Benda

Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa sensor dapat membaca data dimensi dan memindahkan data tersebut ke dalam aplikasi. Data dimensi diolah menggunakan aplikasi yang telah dilengkapi dengan formulasi matematis. Hasil pengolahan didapatkan batas pengendalian dan data ditampilkan dalam bentuk peta kendali seperti terlihat pada Gambar 8 dan 9 sebagai berikut.



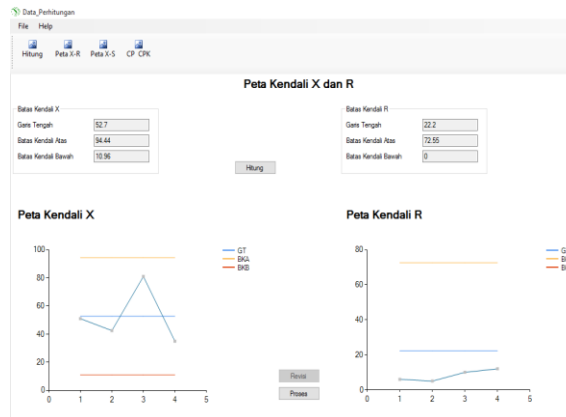
**Gambar 8.** Peta Kendali X dan R



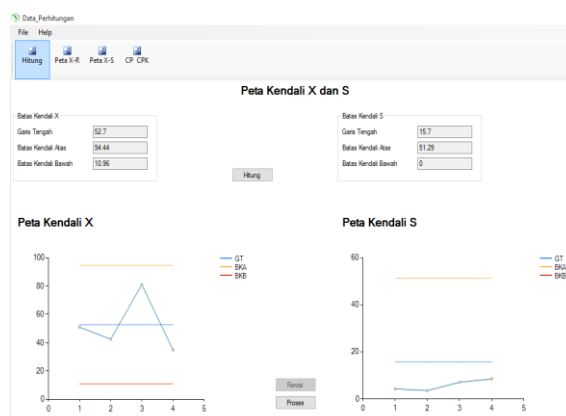
**Gambar 9.** Peta Kendali X dan S

Peta kendali revisi dilakukan jika terdapat data yang berada diluar batas kendali. Data tersebut dibuang dan dihitung kembali batas pengendalian serta menampilkan dalam bentuk peta kendali revisi. Hasil peta kendali revisi dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11 berikut ini.





**Gambar 10.** Peta Kendali X dan R Revisi



**Gambar 11.** Peta Kendali X dan S Revisi

Kapabilitas proses diperoleh dengan melakukan perhitungan  $C_p$  dan  $C_{pk}$  menggunakan aplikasi. Hasil perhitungan kapabilitas proses dapat dilihat pada Gambar 12 berikut ini.

**Gambar 12.** Perhitungan Kapabilitas Proses

## 5. PENUTUP

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perancangan purwarupa sistem pengendalian kualitas pengukuran dimensi produk adalah sebagai berikut:

1. Perangkat keras purwarupa sistem pengendalian kualitas dapat mengukur dimensi produk dengan bantuan sensor ultrasonic HC-SR04 dan sensor cahaya LDR.
2. Perangkat lunak yang dirancang dapat menghubungkan komputer dengan perangkat otomasi melalui komunikasi data secara serial.
3. Aplikasi pengendalian kualitas dapat mengolah data untuk mendapatkan nilai rata-rata, jangkauan dan standar deviasi serta batas-batas pengendalian berupa garis tengah, batas kendali atas dan batas kendali bawah.
4. Peta kendali mampu menampilkan data hasil pengolahan dan aplikasi dapat melakukan revisi jika data diluar batas kendali.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik lagi berdasarkan hasil perancangan adalah sebagai berikut:

1. Perancangan ini pada dasarnya merupakan sebuah konsep dalam sistem industri terotomasi sehingga penyelesaian masalah yang berhubungan dengan sistem industri terotomasi dapat merujuk pada konsep ini.
2. Perancangan ini diharapkan dapat diterapkan pada ciri kualitas lainnya yang dapat diukur dengan bantuan perangkat otomasi, seperti: berat, warna dan lain sebagainya.
3. Untuk kondisi produksi aktual, maka perlu penyesuaian besar sensor terhadap dimensi dan bentuk produk akhir yang akan diukur.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arduino Uno. (2015). *Arduino Uno*. Diakses pada 9 Maret 2015, dari <http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
- [2] Gaspersz, Vincent. (1998). *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [3] Groover, M. (2001). *Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing*. (Ed. 2). New Jersey: Prentice Hall.

- [4] Montgomery, D.C. (1990). *Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [5] Purnomo. Hari. (2004). *Pengantar Teknik Indisutri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Sumbodo, Wirawan. et al. (2008). *Teknik Produksi Mesin Industri*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [7] Turnadi, Rio. (2010). *Perancangan Sistem Monitoring Produksi Terotomasi Berbasis Sms Server dan Web*. Padang.
- [8] Yamit, Zulian. (2004). *Manajemen Kualitas Produk dan Jasa*. Yogyakarta : Ekonisia.
- [9] Pablo Basanta-Val & Marisol García-Valls. (2015). A library for developing real-time and embedded applications in C. *Journal of Systems Architecture*, pp. 239–255.  
doi:10.1016/j.sysarc.2015.03.003
- [10] Leonard Putra, Michael, Yudishtira & Bayu Kanigoro. (2015). Design and Implementation of Web Based Home Electrical Appliance Monitoring, Diagnosing, and Controlling System. *Procedia Computer Science*. pp. 34 - 44. doi:10.1016/j.procs.2015.07.335
- [11] Joshua M. Pearce. (2014). *Chapter 4 – Open-Source Microcontrollers for Science: How to Use, Design Automated Equipment With and Troubleshoot*. Open-Source Lab. Hal 59 - 93. doi:10.1016/B978-0-12-410462-4.00004-4
- [12] S.A. Dauda, et.al. (2014). Automated Sensor Rig in Detecting Shape of an Object. *Procedia Computer Science*. pp 153-159.  
doi:10.1016/j.procs.2014.11.046