

Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Lubang pada kertas Tisu Berbasis Informasi Visual dengan Raspberry Pi

Suwito¹, Tasripan², Hendra K³, Andre R⁴

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Surabaya, Indonesia

masaji@elect-eng.its.ac.id¹, tasripan@ee.its.ac.id², hendraks@ee.its.ac.id³, andre.raditya.mutalip10@mhs.ee.its.ac.id⁴

Abstract— Cacat produksi di industri kertas tisu berupa lubang pada tisu masih sering terjadi, hal ini karena proses pengendalian kualitas terkait cacat tersebut masih banyak yang dilakukan secara manual. Pengendalian secara otomatis dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan kamera standart industri yang cukup mahal harganya. Pada penelitian ini telah dikembangkan sebuah sistem pendeteksi lubang pada kertas tisu berbasis informasi visual menggunakan sebuah kamera yang diintegrasikan dengan single board computer jenis Raspberry Pi. Sistem mengambil citra kertas tisu dari kamera, kemudian diolah Raspberry Pi menggunakan algoritma Contour Detection. Sistem ini juga terintegrasi dengan sebuah PLC yang akan mengendalikan putaran konveyor dan alarm, sehingga alarm akan berbunyi jika terdeteksi lubang di kertas tisu. Hasil pengujian sistem menunjukkan luas minimal cacat lubang pada kertas tisu yang dapat dideteksi sebesar 25mm² dengan kecepatan maksimal konveyor 0,27 m/s.

Keywords—Kertas tisu, pengendalian kualitas, Contour Detection, PLC, Raspberry Pi.

I. PENDAHULUAN

Produksi merupakan kegiatan manusia untuk mengolah barang atau jasa dan meningkatkan kualitas atau kuantitas dari barang atau jasa tersebut untuk memenuhi kebutuhan manusia. Banyak faktor yang berperan dalam memperoleh kuantitas dan kualitas produksi yang baik.

Dalam pemilihan setiap produk yang akan dikonsumsi, konsumen seringkali mempertimbangkan kualitas dari produk tersebut dan sama halnya dengan perusahaan dalam memproduksi dan menyalurkan suatu produk selalu mengaitkan dengan kualitas. Kualitas merupakan derajat atau tingkat karakteristik yang melekat pada produk sehingga dapat memenuhi persyaratan dan keinginan. Hal ini berarti produsen harus dapat mengenali karakteristik dari suatu produk yang berhubungan dengan kualitas dan membuat suatu tolak ukur untuk mengendalikannya. Hal ini juga berlaku pada industri kertas tisu [1].

Proses pengendalian kualitas pada sebuah industri dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Proses manual dapat dilakukan dengan mengamati kondisi fisik tisu, dan proses ini dilakukan oleh operator. Berbeda dengan proses

secara otomatis, dimana pada proses otomatis dilakukan oleh sebuah mesin komputer yang diprogram untuk dapat mengenali kondisi tisu yang cacat. Pada sistem ini komputer memperoleh informasi visual kondisi tisu dari perangkat kamera digital. Pemrosesan informasi tersebut menggunakan beberapa algoritma dalam *image processing*. Oleh karena itu jenis komputer industri yang digunakan haruslah memiliki kecepatan proses yang baik agar proses identifikasi tersebut tidak memerlukan jeda waktu yang lama.

Seiring dengan perkembangan teknologi elektronika saat ini telah banyak produsen elektronik yang membuat *single board computer*, salah satunya adalah Raspberry pi. Raspberry Pi dikembangkan oleh yayasan nirlaba, Raspberry Pi Foundation yang digawangi sejumlah developer dan ahli komputer dari Universitas Cambridge, Inggris. Fitur – fitur Raspberry pi sangat mendukung *image processing*, bentuknya yang cukup kecil dengan kecepatan mikroprosesor 700 Mhz dengan harga yang relatif murah sangat sesuai untuk diterapkan di Industri kelas menengah kebawah.

Pada penelitian ini telah di dibuat sebuah sistem pendeteksi cacat berupa lubang pada kertas tisu berbasis informasi visual dengan metode *Contour Detection*. Sistem ini merupakan integrasi antara digital kamera, Raspberry Pi, PLC, dan motor penggulung kertas tisu.

II. TEORI PENUNJANG

A. Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan *single-board computer* (SBC) yang memiliki ukuran seperti kartu ATM dan menyokong LINUX sebagai sistem operasi utamanya. Raspberry Pi dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation yang berdomisili di Britania Raya. Perancangan Raspberry Pi ini awalnya dimaksudkan untuk menyediakan komputer yang murah untuk anak-anak sebagai sarana untuk mempelajari bahasa pemrograman komputer. Raspberry Pi ini diluncurkan pada 29 Februari 2012 untuk pertama kalinya. Raspberry Pi memiliki dua model utama, Model A dan Model B. Perbedaan dari kedua model ini adalah besarnya *memory* yang disokong dan ada atau tidaknya *Ethernet port*. Model A memiliki *memory* 256 MB dan tidak

menyokong *Ethernet port*, sedangkan Model B memiliki *memory 512MB* dan menyokong *Ethernet port*[3].

Raspberry Pi Model B+ menawarkan fitur-fitur sebagai berikut:

- 4 USB 2.0 Port
- 1 HDMI Port
- 1 RCA Port untuk keluaran video
- 1 Audio Port 3,5 mm
- 1 Micro SD Card Port
- 1 RJ-45 Port (*Ethernet LAN Port*)
- 17 GPIO

Raspberry Pi Model B+ akan digunakan sebagai sarana pengolahan citra dari produk kertas tisu dalam penelitian ini. Citra dari produk kertas tisu akan dioleh melalui program C++ dengan *library* OpenCV yang dijalankan di dalam Raspberry Pi. Dengan program ini akan dilakukan pengendalian kualitas terhadap produk kertas tisu, memilah antara kertas tisu yang memenuhi persyaratan kualitas dan tidak.

B. Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) adalah komputer digital yang digunakan dalam otomatisasi dari proses elektromekanik pada industri. PLC banyak digunakan di industri dan mesin. PLC dirancang untuk banyak masukan dan keluaran, kisaran suhu yang lebih luas, ketahanan terhadap gangguan elektrik, dan ketahanan terhadap getaran dan benturan. Program yang digunakan untuk mengatur operasi mesin biasanya disimpan dalam *Non-Volatile Memory (NVM)*. PLC merupakan contoh dari sistem *real-time* di mana keluaran harus diproduksi sebagai respon dari kondisi masukan dalam jangka waktu yang terbatas. Jika tidak terpenuhi, maka operasi yang tidak diinginkan akan terjadi.

PLC OMRON CPM2A-20CDR-A termasuk jenis PLC compact karena memiliki modul I/O, CPU, dan lain-lain yang tergabung menjadi satu dalam sebuah modul. PLC ini memiliki 12 masukan digital dan 8 keluaran digital dan perlu dipasok dengan sinyal AC. Keluaran yang digunakan oleh PLC ini berjenis *relay output*. PLC tipe ini diprogram dengan bahasa pemrograman *ladder diagram* yang akan diunggah ke PLC melalui PC [4].

C. OpenCV

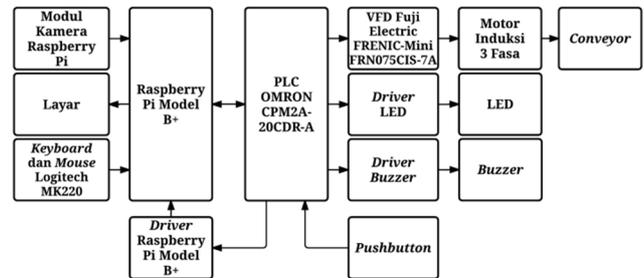
Open Source Computer Vision (OpenCV) adalah *library* fungsi pemrograman yang khusus mengakomodasi *computer vision*, dikembangkan oleh pusat penelitian Intel Rusia di Nizhny Novgorod, dan didukung oleh Willow Garage dan Itseez. OpenCV bersifat gratis bebas digunakan siapa saja. *Library* ini dapat digunakan di banyak bahasa pemrograman dan berfokus pada pengolahan citra secara *real-time*.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem ini didasarkan pada kebutuhan sistem untuk bekerja secara lancar. Rangkaian elektrik digunakan sebagai pembatas arus dari sumber daya DC

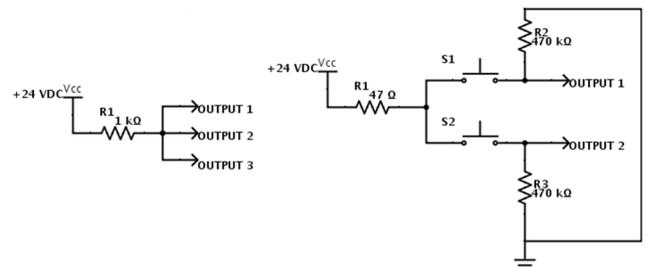
dan sebagai hasil keluaran akhir dari sistem. Perancangan mekanik merupakan rancangan dari perangkat keras yang digunakan untuk mendukung kerja sistem. Seluruh sumber daya DC yang diperlukan sistem akan disuplai oleh satu sumber daya DC. Motor induksi 3 fasa digunakan sebagai penggerak utama *conveyor* yang dikendalikan oleh VFD. PLC akan menunjang segala logika yang digunakan untuk mengendalikan segala keluaran akhir dari sistem ini. Seluruh pemrosesan citra dan kerja sistem akan ditunjang oleh Raspberry Pi.



Gambar 1. Konfigurasi perangkat keras.

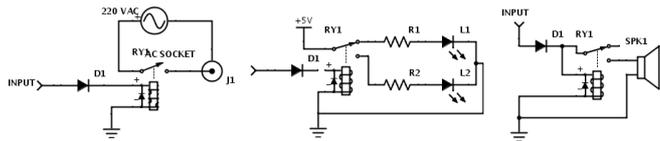
1) Perancangan Rangkaian Elektrik

Rangkaian pembatas arus di sistem ini digunakan untuk membatasi arus yang digunakan untuk mengendalikan VFD. Rangkaian ini memiliki satu masukan dari sumber daya DC dan menurunkan arusnya tanpa menurunkan tegangan sehingga menghasilkan tiga keluaran +24 VDC dengan arus sebesar 24 mA. Rangkaian ini hanya berisi resistor sebesar 1 kΩ yang digunakan untuk mengurangi arus. Lalu ada juga rangkaian pushbutton yang berfungsi sebagai masukan ke PLC.



Gambar2. Rangkaian pembatas arus dan pushbutton.

Driver pada sistem ini akan digunakan untuk memisahkan antara keluaran PLC dan Raspberry Pi, LED, dan buzzer yang memiliki persyaratan spesifikasi tegangan yang berbeda dengan spesifikasi tegangan dari keluaran PLC. Maka dari itu dirancang driver ini dengan relay eksternal untuk mengendalikannya. Keluaran PLC yang memiliki spesifikasi tegangan berbeda dengan perangkatakan digunakan untuk mengaktifkan gulungan relay yang selanjutnya akan mengaktifkan kontak relay. Kontak relay akan menyalurkan arus listrik dengan spesifikasi tegangan yang sesuai untuk perangkat dan menyalakannya.

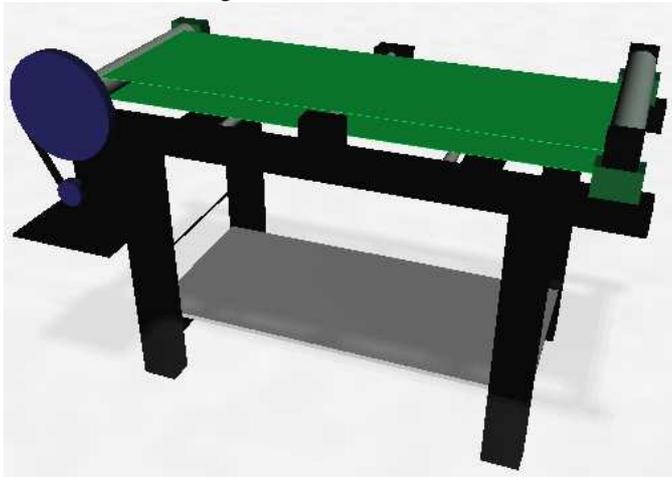


Gambar3. Rangkaian driver.

2) Perancangan Mekanik

Conveyor terbuat dari plat besi baja setebal 2 mm. Keseluruhan sistem *conveyor* ini memiliki panjang 103 cm, lebar 47 cm, dan tinggi 65,5 cm dengan luas penampang sabuk *conveyor* sebesar 94×30 cm. Sistem ini dilengkapi dengan dua rol di ujungnya dengan *bearing* untuk meletakkan sabuk karet *conveyor*. Salah satu rol bersifat tetap dan tersambung dengan sistem *belt* dan *pulley* yang digunakan sebagai penggerak *conveyor*, sedangkan rol lainnya dapat digeser untuk mengatur kekencangan sabuk *conveyor*. Lalu ada tiga rol yang lebih kecil dengan *bearing* yang digunakan untuk memuluskan jalannya sabuk. Berikut ini merupakan gambar dari perancangan mekanik.

Lalu ditambahkan rak sistem penggerak, digunakan plat besi baja setebal 2 mm seluas 25×20 cm yang dilas dan dibaut di samping *conveyor* dan dapat diatur tingginya. Sedangkan untuk rak sistem-sistem lainnya, digunakan akrilik setebal 5 mm seluas 70×39 cm yang dipasang di rangka kaki-kaki *conveyor*. Kemudian ada juga rol tambahan untuk menjepit kertas tisu dan batang besi untuk meletakkan kertas tisu



Gambar 4. Rancangan mekanik keseluruhan.

Ada dua *pulley* yang digunakan di sistem ini, *pulley* yang lebih kecil disambungkan dengan motor induksi 3 fasa dan yang lebih besar disambungkan ke *conveyor*. Sistem ini dirancang agar motor dapat berputar di frekuensi yang stabil tetapi tetap bisa memutar *conveyor* cukup pelan agar sistem pendeteksi lubang berjalan sempurna. Dengan kecepatan yang pelan dan torsi yang lebih besar di *conveyor*, motor juga lebih ringan memutar *conveyor*. Kedua *pulley* ini berdiameter 20,32 cm dan 5,08 cm dengan jarak antara kedua porosnya sejauh 16,5 cm rasio sebesar 4:1.

3) Programable Logic Controller (PLC)

PLC OMRON CPM2A-20CDR-A adalah PLC berjenis

compact dengan 12 masukan digital dan 8 keluaran digital. PLC bekerja dengan suplai daya 100-240 VAC. Tegangan yang digunakan oleh keluaran dari PLC adalah +24 VDC. Keluaran dari PLC berupa *relay* dan dikonfigurasi sebagai *sourcing*. Integrasi I/O dengan sistem yang lain terlihat seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi I/O PLC.

Alamat	Jenis	Perangkat Keras	Sambungan
0.00	Masukan	Pushbutton "START"	+24 VDC Common
0.01	Masukan	Pushbutton "STOP"	+24 VDC Common
10.00	Keluaran	VFD (X1)	Common +24VDC
10.01	Keluaran	VFD (X2)	Common +24VDC
10.02	Keluaran	VFD (X3)	Common +24VDC
10.03	Keluaran	VFD (FWD)	Common +24VDC
10.04	Keluaran	VFD (REV)	Common +24VDC
10.05	Keluaran	Driver Raspberry Pi	Common +24VDC
10.06	Keluaran	Driver LED	Common +24VDC
10.07	Keluaran	Driver Buzzer	Common +24VDC

Komunikasi pada PLC menggunakan protokol komunikasi *hostlink*, di mana PC akan mengirim perintah ke PLC dan perintah ini dapat digunakan untuk membaca atau menulis data di dalam PLC. PLC akan memberikan respon ke PC sesuai dengan perintah yang terkirim. Komunikasi *hostlink* ini menggunakan *port* RS-232C dari PLC.

4) Raspberry Pi

Pi digunakan sebagai pusat proses utama dari keseluruhan sistem. SBC ini digunakan untuk menjalankan program utama dan mengendalikan seluruh keluaran. Program akan mendapatkan masukan dari modul kamera Raspberry Pi untuk diproses dan menghasilkan keluaran yang diteruskan ke PLC untuk diteruskan ke perangkat lainnya. Raspberry Pi ini membutuhkan daya sebesar +5 VDC dan 1,2 A. Tetapi karena banyak perangkat yang terhubung ke Raspberry Pi dan menggunakan cukup banyak daya, maka digunakan adaptor daya AC yang memiliki spesifikasi daya +5 V dan 2,5 A.

Alat ini juga dilengkapi modul kamera Raspberry Pi yang digunakan untuk mengambil video yang akan diolah oleh program pendeteksi lubang kertas tisu. Modul kamera ini terhubung ke Raspberry Pi melalui kabel pita ke *Camera Serial Interface (CSI) port* dari Raspberry Pi. Modul kamera ini dapat menangkap video 1080p hingga 30 fps, 720p hingga 60 fps, dan VGA hingga 90 fps. Modul kamera dapat diakses menggunakan *library Multi-Media Abstraction Layer (MMAL)*, *Video for Linux (V4L)*, dan lain-lain, tetapi sistem ini menggunakan V4L untuk mengakses modul kamera. Penggunaan modul ini jauh lebih efisien karena dapat mengoptimalkan *Graphic Processing Unit (GPU)* yang tidak dapat digunakan oleh *webcam*. Dengan modul ini program dapat menggunakan *Central Processing Unit (CPU)* dan GPU sekaligus [6].

Tabel 3. Konfigurasi I/O Raspberry Pi Model B+.

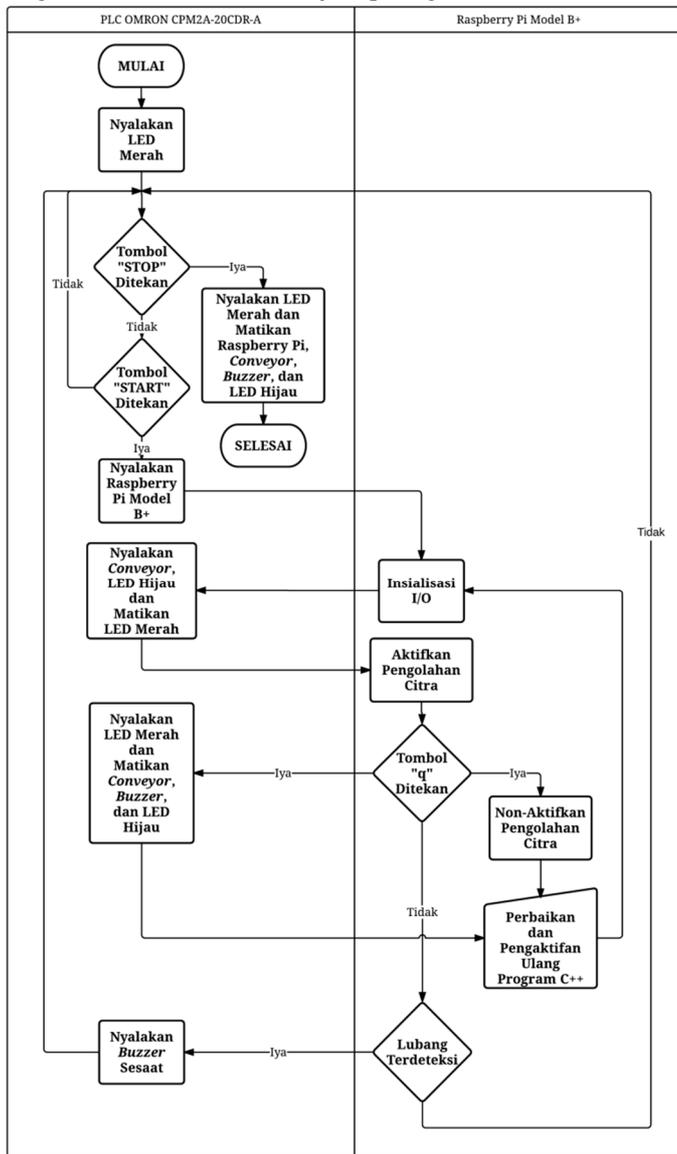
Port	Jenis	Perangkat Keras
Micro-USB	Masukan	Adaptor Daya AC
CSI	Masukan	Modul Kamera Raspberry Pi
USB	Masukan	Keyboard dan Mouse

Port	Jenis	Perangkat Keras
USB	Keluaran	PLC
HDMI	Keluaran	Layar
GPIO 4	Keluaran	+5 VDC Driver LED
GPIO 6	Keluaran	GND Driver LED

B. Perancangan Perangkat Lunak

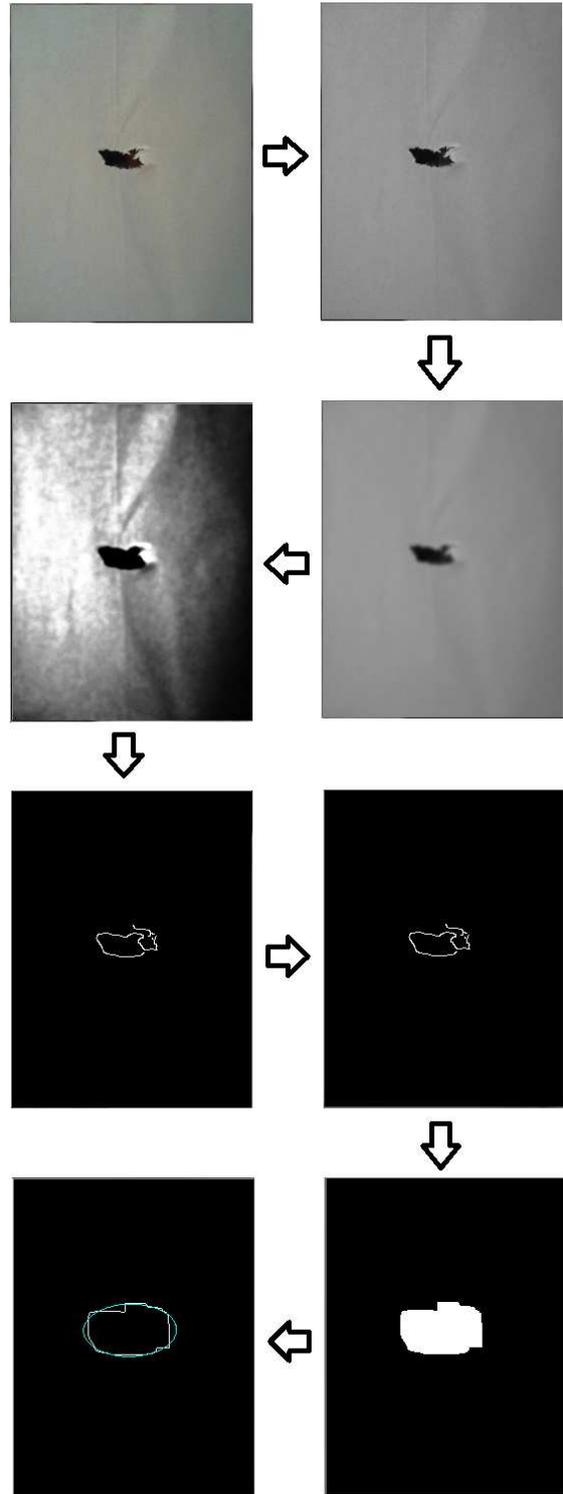
1) Contour detection

Program di Raspberry Pi digunakan untuk mengolah citra dan berkomunikasi dengan PLC melalui komunikasi serial. Program ini memiliki cara kerja seperti gambar di bawah ini.



Gambar 5. Cara kerja program keseluruhan.

Pengolahan citra akan melakukan proses *grayscale*, yang diikuti oleh penghalusan, penyetaraan histogram, pendeteksian tepian Canny, *erode*, *dilate*, dan penemuan kontur [6]-[13]. Tujuh langkah pengolahan citra pada program ini akan menghasilkan pemrosesan citra seperti gambar berikut.



Gambar 6. Hasil pengolahan citra ketika terdeteksi lubang.

Tabel 4. Konfigurasi alamat PLC.

Alamat	Keterangan
200.00	Menyalakan alamat "10.07"
200.01	Mematikan alamat "10.07"
201.00	Menyalakan alamat "10.06"

201.01	Mematikan alamat "10.06"
202.00	Menyalakan alamat "10.00"
202.01	Mematikan alamat "10.00"
203.00	Menyalakan alamat "10.01"
203.01	Mematikan alamat "10.01"
204.00	Menyalakan alamat "10.02"
204.01	Mematikan alamat "10.02"
205.00	Menyalakan alamat "10.03"
205.01	Mematikan alamat "10.03"
206.00	Menyalakan alamat "10.04"
206.01	Mematikan alamat "10.04"
0.00	Menyalakan alamat "10.05"
0.01	Mematikan alamat "10.05"
10.00	Mengatur terminal "X1" VFD
10.01	Mengatur terminal "X2" VFD
10.02	Mengatur terminal "X3" VFD
10.03	Mengatur terminal "FWD" VFD
10.04	Mengatur terminal "REV" VFD
10.05	Mengatur Raspberry Pi
10.06	Mengatur LED

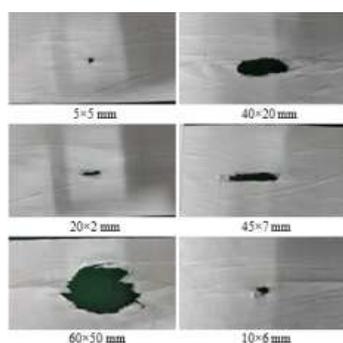
2) Program PLC

PLC ini dilakukan menggunakan CX-Programmer 9.5 di PC yang disambungkan ke PLC melalui komunikasi serial RS-232. Program ini berbentuk *ladder diagram* dan digunakan untuk mengendalikan *buzzer* dan VFD. Berikut ini merupakan table konfigurasi alamat di PLC.

IV. PENGUJIAN SISTEM

Pengujian ini merupakan pengujian keseluruhan sistem yang disusun oleh berbagai perangkat. Pertama kita menyambungkan PLC dengan sumber daya DC, pushbutton, pembatas arus, VFD, driver-driver, dan Raspberry Pi yang sudah disertai modul kamera melalui RS-232. Kemudian tekan tombol "START" dan sistem akan berjalan.

Ketika Raspberry Pi sudah selesai booting, maka program akan berjalan dan pendeteksi lubang akan aktif. Buzzer akan menyala jika mendeteksi lubang. Pengujian ini dilakukan dengan menempelkan kertas tisu ke sabuk conveyor dan memutarinya sehingga menyerupai proses penggulangan. Dalam pengujian ini kita menguji dengan 6 ukuran lubang yang berbeda dan di 7 macam kecepatan conveyor yang berbeda Authors and Affiliations



Gambar 7. Jenis dan ukuran lubang.

Tabel 5. Persentase error pengujian keseluruhan sistem.

Kecepatan Conveyor	Error (%)
25 RPM	0
50 RPM	0
75 RPM	0
100 RPM	5,55
150 RPM	11,11
200 RPM	38,89
250 RPM	72,22

Dari pengujian ini kita melakukan pengujian terhadap keenam lubang di atas dan dijalankan di tujuh kecepatan yang berbeda. Pengujian dilakukan tiga kali untuk tiap jenis pengujian sehingga didapatkan data yang lebih akurat. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengukur akurasi sistem di berbagai kecepatan dan jenis lubang sehingga kita mendapatkan kecepatan yang optimal untuk sistem.

Jika dilihat dari tabel di atas maka dapat dilihat bahwa error mulai terjadi di kecepatan 100 RPM. Error ini terjadi karena delay dari terbatasnya kekuatan pemrosesan di Raspberry Pi sehingga membatasi kecepatan pendeteksian sistem. Sistem dapat bekerja optimal jika kertas tisu digulung dengan kecepatan di bawah 100 RPM. Jika kecepatan penggulangan melewati 100 RPM, maka mulai terjadi error dan sistem tidak bisa bekerja secara real-time.

V. KESIMPULAN

Setelah pengujian dilakukan, dari hasilnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Nilai batas (*threshold*) gradien yang digunakan di fungsi pendeteksi tepian Canny pada program untuk mendeteksi lubang adalah 90° untuk nilai batas bawah dan 255° untuk nilai batas atas.
- 2) Sistem dapat mendeteksi lubang dengan optimal secara *real-time* jika kecepatan conveyor berada di bawah 100 RPM.
- 3) Menunjukkan luas minimal cacat lubang pada kertas tisu yang dapat dideteksi sebesar 25mm^2 dengan kecepatan maksimal conveyor $0,27\text{ m/s}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Purnomo, *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu (2004).
- [2] F. Bertini, and C. Rommel, "Can the Raspberry Pi Revolutionize the Low-End Industrial Computing Space?," *VDC Research* (2011, Apr.).
- [3] Raspberry Pi Foundation. (2011, Mei). Raspberry Pi FAQs [Online]. Available: <http://www.raspberrypi.org/help/faqs/>
- [4] SYSMAC CPM1/CPM1A/CPM2A/CPM2C/SRM1(-V2) Programmable Controller PROGRAMMING MANUAL. OMRON(2000).
- [5] Raspberry Pi Foundation. (2011, Juli). RaspiCam Documentation [Online]. Available: http://docs.opencv.org/doc/tutorials/introduction/load_save_image/load_save_image.html
- [6] OpenCV. (2011, Juli). Smoothing Images [Online]. Available: http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/gaussian_median_blur_bilateral_filter/gaussian_median_blur_bilateral_filter.html

- [7] OpenCV. (2011, September). Histogram Equalization [Online]. Available: http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/histograms/histogram_equalization/histogram_equalization.html
- [8] OpenCV. (2011, Agustus). Canny Edge Detector [Online]. Available: http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/canny_detector/canny_detector.html
- [9] OpenCV. (2011, Juli). Eroding and Dilating [Online]. Available: http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/erosion_dilatation/erosion_dilatation.html
- [10] OpenCV. (2011, Juli). More Morphology Transformations [Online]. Available: http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/opening_closing_hats/opening_closing_hats.html
- [11] OpenCV. (2011, September). Structural Analysis and Shape Descriptors [Online]. Available: http://docs.opencv.org/modules/imgproc/doc/structural_analysis_and_shape_descriptors.html
- [12] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI), Vol. PAMI-8 (1986, Nov.) 679-698.
- [13] S. Suzuki, and K. Abe, "Topological Structural Analysis of Digitized Binary Images by Border Following", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol. 30 (1985, Apr.) 32-46