

## PENGAPLIKASIAN *SMART CAMERA UNIT* SEBAGAI *SMART INSPECTION SYSTEMS* DI MESIN *CUT VALVE LEAK INSPECTION*

Djoko Subagio<sup>1</sup>, Miftah Khoirotunnisa<sup>2</sup>, M. Fauzi Ridwan<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Produksi & Proses Manufaktur  
Politeknik Manufaktur Astra, Jl. Gaya Motor Raya No.08 Sunter II, Jakarta  
Phone : (62-21) 6519555, Fax : (62-21) 6519821  
Email: djokosubagio@polman.astra.ac.id<sup>1</sup>, miftahm0m0n@gmail.com<sup>2</sup>,  
mfauzi@gmail.com<sup>3</sup>

**Abstrak--** *Simplified and Integrated Fuel Control System (SIFS)* adalah salah satu produk PT DDDD Fajar Plant yang digunakan pada kendaraan roda empat. SIFS berfungsi untuk menyaring, menyuplai, dan mendeteksi level bahan bakar dalam tangki, serta menjaga tekanan bahan bakar agar konstan. Sebagai perusahaan otomotif, saat ini sedang mengembangkan SIFS RU yang baru untuk memenuhi permintaan Mitsubishi yang akan meluncurkan mobil baru pada 2017 yaitu mobil Mitsubishi Xpander. Salah satu prosesnya adalah perakitan *cut valve* dan *flange* di mana dilakukan secara manual. Hal ini memungkinkan adanya dua jenis produk *not good (NG)* yaitu *NG halflock* dan *NG position*. Setelah pemasangan *cut valve* dan *flange*, terdapat pengecekan kebocoran dengan standar di bawah 70 ml/menit pada mesin *cut valve leak inspection*. Produk *NG halflock* dan *NG position* tidak dapat dideteksi oleh mesin ini karena keduanya memiliki tingkat kebocoran di bawah standar. Oleh karena itu, dilakukan penambahan *pokayoke* pada *inspection system* mesin *cut valve leak inspection* untuk mendeteksi *NG halflock* dan *NG position* pada mesin tersebut. Sistem kontrol mesin ini menggunakan PLC Omron CJ2M-CPU13 dan alat pendeteksi *NG halflock* dan *NG position* menggunakan *smart camera unit* Keyence. Untuk dapat mendeteksi kedua produk NG tersebut, maka mesin *cut valve leak inspection* harus disinkronisasikan dengan *smart camera unit*. Dengan adanya *pokayoke* ini, maka *NG flow out* (NG yang lolos ke proses berikut) dapat dideteksi oleh mesin dan kualitas produk SIFS dapat terjamin.

**Kata Kunci :** *smart camera, PLC Omron, vision sensor*

### I. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

SIFS atau *Simplified and Intergrated Fuel Control System* adalah salah satu *part* dalam sistem bahan bakar pada kendaraan bermotor di mana semua komponen penyusunnya terpasang dalam satu modul. SIFS berfungsi untuk menyaring, menyuplai, dan mendeteksi level bahan bakar dalam tangki, serta menjaga tekanan bahan bakar agar konstan. SIFS yang diproduksi oleh PT DDDD ada dua jenis, yaitu *SIFS hanging* dan SIFS RU (*reservoir unit*). Perbedaan mendasarnya yaitu SIFS *hanging* tidak memiliki *subtank*, sedangkan SIFS RU memiliki *subtank*.

Untuk memenuhi permintaan Mitsubishi sebagai salah satu *customer*, PT DDDD memproduksi SIFS RU model baru. SIFS model ini akan diaplikasikan pada mobil MPV baru yang akan diproduksi pada 2017 yaitu mobil Mitsubishi Xpander.

*Line* yang terlibat dalam memproduksi SIFS RU tersebut yaitu *Molding Line*, *Flange Sub Assy Line*, dan *Final Assy Line*. Salah satu proses di *Flange Sub Assy Line* yaitu pemasangan *cut valve* dan *flange* secara manual oleh operator. Proses selanjutnya yaitu pengecekan kebocoran *cut valve* yang dilakukan pada mesin *cut valve leak inspection*.

Pada pemasangan *cut valve* dan *flange*, terdapat kemungkinan dua NG (*not good*) *flow out* yaitu NG

*position* dan *NG halflock* karena pengecekannya dilakukan secara visual oleh operator. *NG flow out* adalah produk cacat atau NG yang lolos ke proses berikut. Kedua jenis produk NG (*not good* atau cacat) tersebut tidak dapat terdeteksi pada *leak inspection*, sebab keduanya memiliki tingkat kebocoran yang masih dalam standar yang ditentukan yaitu di bawah 70 ml/menit. Hal ini memungkinkan kedua produk NG tersebut dapat lolos ke proses berikut.

Jika *NG position* dan *NG halflock* lolos dari inspeksi, maka *cut valve* akan mudah lepas akibat getaran mobil. Apabila *cut valve* telah lepas dan bahkan mobil terbalik saat terjadi kecelakaan, maka dapat mengakibatkan kebakaran akibat kebocoran tangki bahan bakar. Sehingga NG atau kerusakan dari produk ini berakibat pada faktor *safety* kendaraan.

Oleh karena itu, untuk mencegah lolosnya produk *NG position* dan *NG halflock* ke proses berikut, mesin *cut valve leak inspection* membutuhkan penambahan *pokayoke* untuk mengecek pemasangan *cut valve* dan *flange*. Sistem pengecekan ini menggunakan *smart camera unit* dari Keyence. Dengan adanya modifikasi ini, diharapkan keamanan pengendara dan kualitas produk yang dihasilkan oleh PT DDDD Indonesia Fajar Plant dapat terjamin.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis menetapkan tema yang diambil adalah penambahan

*smart camera unit* sebagai *pokayoke* pada *inspection system* mesin *cut valve leak inspection* sebagai penelitian.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana cara menambahkan *smart camera unit* sebagai *pokayoke* pada *inspection system* mesin *cut valve leak inspection*.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membahas pengaturan dan proses *teaching smart camera unit* Keyence sebagai *pokayoke*.
2. Membahas *wiring* dan pembuatan program sinkronisasi antara *smart camera unit* Keyence dengan PLC Omron pada mesin *cut valve leak inspection*.
3. Tidak membahas mengenai perancangan, perhitungan, dan pembuatan sistem mekanik.
4. Tidak membahas dengan detail spesifikasi PLC yang digunakan.
5. Tidak membahas tentang penghitungan arus.
6. Tidak membahas tentang sistem pneumatik.
7. Tidak membahas program HMI.

## 1.4 Tujuan dan Manfaat

### 1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menambahkan suatu perangkat *smart camera unit* dari Keyence sebagai *pokayoke* pada *inspection system* mesin *cut valve leak inspection* dan mensinkronisasikannya dengan PLC Omron sehingga mesin dapat mendeteksi dan mengeliminasi produk NG *halflock* dan produk NG *position* secara otomatis.

### 1.4.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah NG *flow out* dapat dideteksi oleh mesin *cut valve leak inspection* sehingga dapat menjaga kualitas produk dan keselamatan pengendara terjaman.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 PLC (Programmable Logic Controller)

*Programmable Logic Controller* (PLC) adalah perangkat untuk melaksanakan fungsi kendali dan juga monitor yang dapat diprogram. Selain dikenal sebagai PLC, di beberapa tempat perangkat ini juga disebut sebagai *Programmable Controller* atau *Programmable Binary System*.

#### 2.1.1 Struktur PLC

PLC terdiri dari *Central Processing Unit* (CPU), memori, dan modul *input/output*. Catu daya digunakan untuk menyediakan tegangan dan arus yang diperlukan seluruh komponen PLC. PLC juga dilengkapi dengan

terminal pemrograman yang dapat berupa layar sentuh (*touch screen*), kombinasi LCD dan *keyboard*, ataupun dihubungkan dengan suatu PLC.

#### 2.1.2 Operasi PLC

Semua PLC memiliki tiga operasi dasar yang dilakukan secara berurutan, yaitu:

1. Monitor *input*, yaitu membaca keadaan peranti *input* dan menyalin nilainya ke memori.
2. Eksekusi program, yaitu melaksanakan program berdasarkan nilai *input* yang terdapat pada memori untuk menghasilkan nilai *output*. Program berupa diagram *ladder* dieksekusi dari kiri ke kanan, dan dari atas ke bawah.
3. Mengubah kondisi *output* berdasarkan hasil eksekusi program.

#### 2.1.3 Pemrograman PLC

Untuk memprogram suatu PLC dapat digunakan beberapa bahasa pemrograman, yaitu:

1. Diagram *ladder*, menggunakan simbol mirip dengan diagram untuk rangkaian *relay*.
2. *Instruction List/Statement List*, mirip dengan *listing* pada bahasa *assembler*, sering disebut juga sebagai bahasa *mnemonic*.
3. *Sequential Function Chart*.
4. Bahasa pemrograman tingkat tinggi, misal *Basic*, C.

Tidak semua PLC mendukung penggunaan bahasa pemrograman. Saat ini bahasa pemrograman yang paling sering digunakan adalah diagram *ladder* dan *mnemonic*.

## 2.2 Smart Camera dan Inspection systems

### 2.2.1 Smart Camera

*Smart camera* adalah label yang mengacu pada kamera yang memiliki kemampuan yang tidak hanya mengambil gambar tetapi juga memahami apa yang terjadi di gambar dan dalam beberapa kasus mengambil beberapa tindakan atas nama pengguna kamera.

Banyak definisi menekankan fakta bahwa *smart camera* telah ditanamkan kemampuan *image processing*. Definisi ini tidak terdengar teknis karena hampir semua kamera digital, konsumen atau industri, telah ditanamkan kemampuan *image processing*. Hal yang memisahkan *smart camera* dan *non-smart camera* adalah pengolahan yang dilakukan oleh prosesor yang ditanami gambar dan hasil primer atau *output* yang dihasilkan oleh *smart camera*.

### 2.2.2 Industrial Inspection Systems

Proses inspeksi dalam manufaktur dapat dipermudah dengan Perangkat Lunak dari *smart camera* yang digunakan. Pengembangan perangkat lunak yang berbasis Windows ini mencakup fungsi untuk pengambilan gambar, kontrol aliran program dan komunikasi dengan antarmuka. Fungsi tersedia untuk

memproses jendela, garis, vektor, titik dan lingkaran. Misalnya;

1. Penambahan, pengurangan dan kombinasi logis dari jendela;
2. Filter konvolusi;
3. deteksi tepi;
4. Ekstraksi Fitur (analisis gumpalan);
5. Perhitungan histogram dan perataan;
6. Morphological erosion and dilation;
7. Pencarian pola;
8. Profiling;
9. Thresholding

### 2.3 Machine Vision

Machine vision melibatkan akuisisi, proses, dan interpretasi dari data gambar dengan melalui komputer untuk beberapa pengaplikasian yang berguna. Sistem vision dapat diklasifikasikan menjadi dua dimensi atau tiga dimensi. System dua dimensi melihat tempat kejadian sebagai gambar 2D, yang cukup memadai untuk aplikasi yang melibatkan objek mendatar. Contoh termasuk pengukuran dimensi dan gaging, mengecek keberadaan komponen, dan mengecek permukaan rata (atau hampir rata). Sistem pandangan tiga dimensi dibutuhkan untuk pengaplikasian yang membutuhkan analisa pandangan 3D, dimana kontur atau lekuk bentuk dilibatkan.

## III. PENGUMPULAN DATA

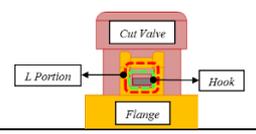
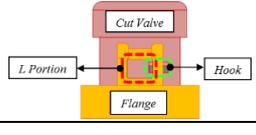
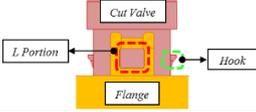
### 3.1 Analisa Kondisi yang Ada

Penjabaran analisa kondisi yang ada pada kedua proses ini, akan dijabarkan pada penjelasan berikut.

#### 3.1.1 Cut Valve dan Flange Assembly

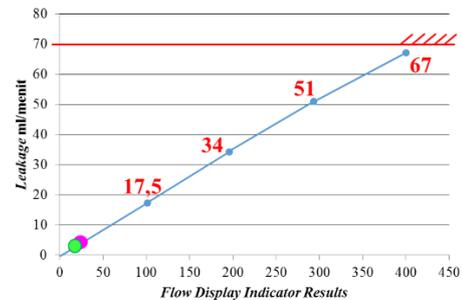
Pada pemasangan antara cut valve dan flange yang dilakukan dengan manual, terdapat tiga kondisi, yaitu adanya produk OK, produk NG halflock, dan produk NG position. Ketiga kondisi ini akan dijabarkan pada penjelasan Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Kondisi Pemasangan Cut Valve dan Flange

No.	Kondisi	Gambar Irisan Flange Sub-Assy
1.	<b>Produk OK</b> Kondisi ini terjadi jika hook dari cut valve "masuk" pada L portion flange.	
2.	<b>Produk NG Halflock</b> Kondisi assembly ini terjadi jika hook dari cut valve "hampir masuk" pada L portion pada flange.	
3.	<b>Produk NG Position</b> Kondisi assembly ini terjadi jika hook dari cut valve "tidak masuk" pada L portion pada flange.	

#### 3.1.2 Mesin Cut Valve Leak Inspection

Berdasarkan eksperimen, menggunakan flow meter untuk mengatur tingkat kebocoran yang diasumsikan sebagai cut valve dan menggunakan flow display indicator untuk menampilkan pembacaan kebocoran oleh flow meter, maka didapat hasil seperti pada Grafik 3.1 berikut ini.



Grafik 3. 1 Hasil Pembacaan Kebocoran Produk NG Halflock dan NG Position

Berdasarkan Grafik 3.1, produk saat NG (not good) position dan NG halflock dimasukkan ke dalam mesin untuk dicek tingkat kebocorannya, maka flow display indicator menampilkan angka 21 dan 29 secara berurutan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Nilai Kebocoran yang Ditampilkan pada Flow Display Indicator

Jenis Produk NG	Flow Display Indicator	Remark
NG Position	21	
NG Halflock	29	

Dari hasil pengamatan diperoleh data bahwa produk NG halflock dan NG position memiliki tingkat kebocoran di bawah 70 ml/menit, sehingga mesin cut valve leak inspection tidak dapat mendeteksi kedua NG ini. Hal ini menyebabkan adanya NG flow out (NG yang lolos ke proses berikut).

### 3.2 Analisa Sebab-Akibat

Berdasarkan kondisi mesin yang telah dijelaskan, maka dibuatlah diagram fishbone untuk mengetahui akar penyebab terjadinya permasalahan tersebut. Diagram fishbone adanya NG flow out terhadap permasalahan ini dapat dilihat pada Diagram 3.1 berikut.

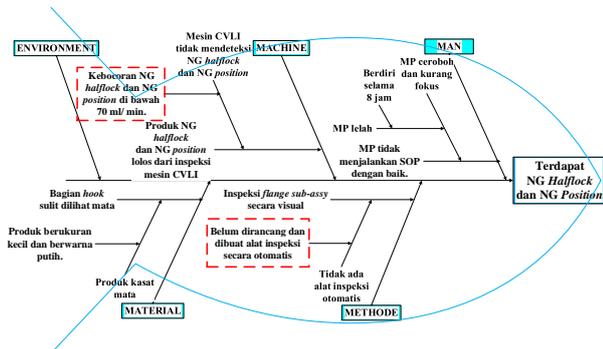


Diagram 3. 1 Diagram Fishbone Adanya NG Flow Out

Berdasarkan diagram *fishbone* pada Diagram 3.1, akar penyebab dari permasalahan yang terjadi adalah belum adanya alat inspeksi secara otomatis yang mendeteksi produk NG *halflock* dan NG *position* dan tingkat kebocoran kedua NG ini dibawah 70 ml/menit.

### 3.3 Penyelesaian dan Hasil yang Diharapkan

Berdasarkan hasil analisa permasalahan yang ada, dapat dilakukan penyelesaian dengan menambah *smart camera unit* sebagai *pokayoke* pada *inspection system* mesin *cut valve leak inspection* untuk mengecek pemasangan *cut valve* dan *flange*.

Berikut ini dipaparkan mengenai *requirement* dari *pokayoke* ini.

1. *Smart camera unit* dapat mendeteksi ada atau tidaknya *hook* pada *L portion*.
2. *Smart camera unit* memiliki kemampuan untuk menghitung perbedaan ketinggian antara *cut valve* dan *flange* dengan membandingkan antara produk OK dan NG.
3. Kamera dapat mengidentifikasi jenis produk, apakah OK, NG *halflock*, ataukah NG *position*.
4. PLC Omron CJ2M-CPU13 dan *smart camera unit* dapat tersinkronisasi.
5. Apabila *smart camera unit* mendeteksi produk OK, maka proses akan berlanjut. Namun jika produk tersebut NG, maka dilakukan eliminasi produk dengan menggunakan *sliding unit*. Produk NG akan dikeluarkan dari mesin.

## IV. PERANCANGAN, PEMBUATAN, DAN PENGUJIAN

### 4.1 Perancangan *Inspection System* Menggunakan *Smart Camera Unit*

Perancangan *inspection system* menggunakan *smart camera unit* dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu perancangan sistem inspeksi dan perancangan program sistem inspeksi. Setiap tahap akan dijelaskan sebagai berikut.

#### 4.1.1 Perancangan Sistem Inspeksi

Perancangan sistem inspeksi menggunakan *smart camera unit* yang terhubung dengan mesin *cut valve*

*leak inspection* dapat dilihat pada diagram blok Diagram 4.1 berikut ini.

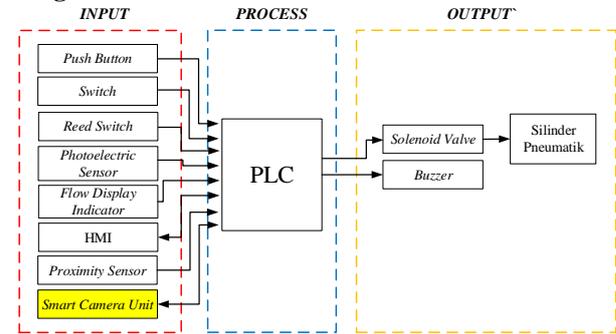


Diagram 4. 1 Diagram Blok Perancangan Sistem Inspeksi

Dalam mendukung proses inspeksi, *smart camera unit* yang digunakan terdiri dari lensa, kamera, *driver*, LED, unit ekstensi LED, dan kabel. Berikut ini akan dijelaskan lebih rinci mengenai spesifikasi dari *smart camera unit* pada Tabel 4.1.

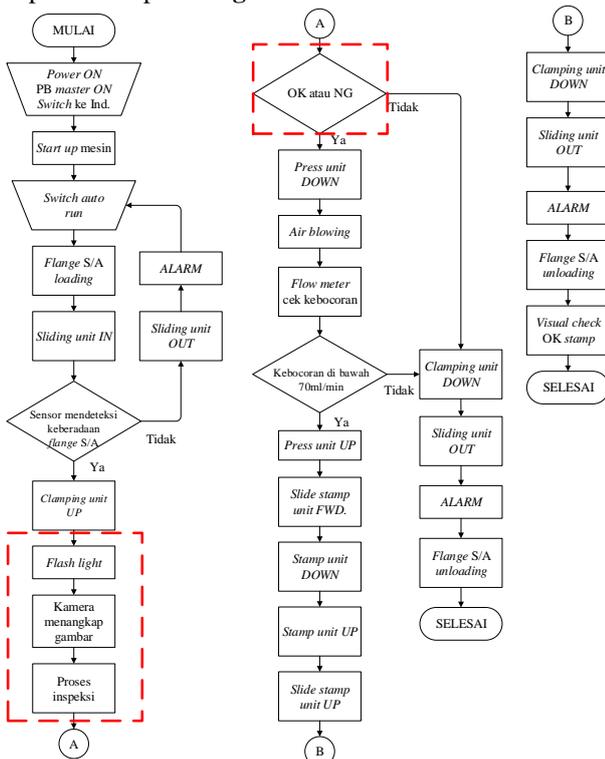
Tabel 4. 1 *Smart Camera Unit*

No.	Nama	Fungsi
1.	 <b>Lensa C-Mount LH16</b>	Berfungsi untuk memfokuskan cahaya hingga mampu membakar medium penangkap (film).
2.	 <b>Kamera Inspeksi CV-035C</b>	Berfungsi untuk membentuk dan merekam suatu bayangan potret pada lembaran film.
3.	 <b>Driver Vision Sensor CV-X100</b>	Berfungsi untuk melakukan proses inspeksi dan pengukuran pada <i>image digital</i> .
4	 <b>LED Illumination CA-DBW5</b>	Berfungsi untuk memberikan penerangan terhadap produk agar lensa dapat memfokuskan cahaya.
5	<b>Extension Unit Pengendali LED Illumination CA-DC10E</b>	Berfungsi sebagai pengontrol LED illumination.



#### 4.1.2 Perancangan Program Penambahan Smart Camera Unit

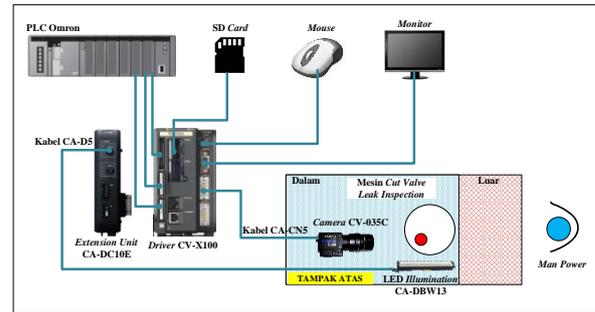
Dalam merancang program penambahan *smart camera unit* sebagai *pokayoke* pada *inspection system* mesin *cut valve leak inspection* dilakukan dengan beberapa urutan kerja. Urutan proses mesin *cut valve leak inspection* yang telah ditambahkan *smart camera unit* disajikan dalam diagram alir (*flow chart*). *Flow chart* berguna untuk mempermudah dalam membuat urutan kerja. Urutan kerja mesin *cut valve leak inspection* yang telah ditambahkan *smart camera unit* dapat dilihat pada **Bagan 4.1** berikut.



**Bagan 4.1** Flow Chart Mesin Cut Valve Leak Inspection

#### 4.2 Pembuatan Inspection System Menggunakan Smart Camera Unit

Pembuatan *inspection system* menggunakan *smart camera unit* yang terhubung dengan mesin *cut valve leak inspection* dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu pemasangan dan pengkabelan *smart camera unit* dan pembuatan program. **Gambar 4.1** berikut menunjukkan gambar sinkronisasi antara *smart camera unit* dengan mesin *cut valve leak inspection*.



**Gambar 4.1** Pembuatan Inspection System Menggunakan Smart Camera Unit

#### 4.2.1 Pemasangan Smart Camera Unit

Tahap pemasangan *smart camera unit* dibagi menjadi dua tahap. Berikut ini adalah penjelasan dari setiap tahap pemasangan pada *smart camera unit*.

##### 1. Pemasangan Kamera ke Driver

Pada pemasangan antara kamera CV-035C dengan driver CV-X100, menggunakan kabel CA-CN5 dimana angka 5 menunjukkan panjangnya kabel yaitu 5 meter. Kabel CA-CN5 merupakan kabel standar dari Keyence untuk menghubungkan antara kamera ke driver.

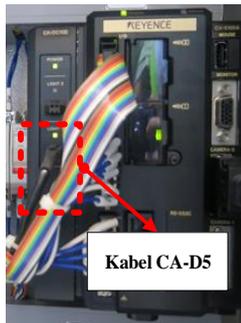
Driver yang menggunakan kabel CA-CN5 sebagai komunikasi dengan kamera meliputi driver series CV-5000, XG-7000, XG-8000, dan CV-X100. Dan dalam proyek ini menggunakan driver tipe CV-X100. **Gambar 4.2** di bawah ini menunjukkan pemasangan kamera dengan driver CV-X100.



**Gambar 4.2** Pengkabelan Kamera dengan Driver CV-X100 (a) Pada Kamera, dan (b) Pada Driver Kamera

##### 2. Pemasangan LED Illumination ke Unit Ekstensi LED

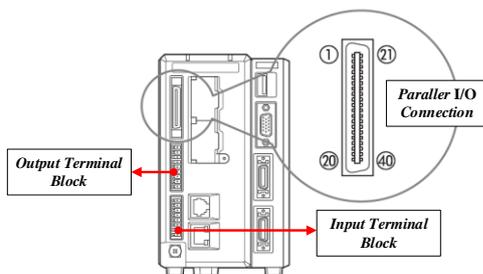
Pemasangan antara LED Illumination tipe CA-DBW5 dengan unit ekstensi menggunakan kabel standar Keyence yaitu kabel tipe CA-D5 dengan panjang 5 meter. Kabel ini berfungsi sebagai penghubung jalannya sinyal yang mengalir antara LED illumination dan unit ekstensi cahaya. Bentuk fisik dari pemasangan LED illumination ke ekstensi unit menggunakan kabel CA-D5 dapat dilihat pada **Gambar 4.3** berikut.



**Gambar 4. 3** Pemasangan LED Illumination ke Ekstensi Unit Menggunakan Kabel CA-D5

#### 4.2.2 Pengkabelan Smart Camera Unit

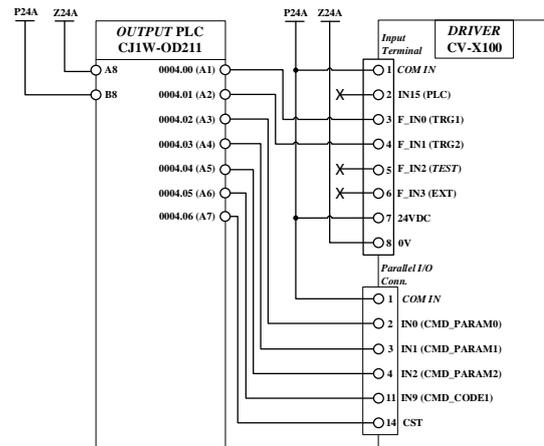
Pengkabelan *smart camera unit* ini dilakukan antara *driver CV-X100* dengan modul *input* dan *output* PLC Omron. Pengkabelan pada *driver CV-X100* terdiri dari dua jenis yaitu pengkabelan *input* dan *output terminal block* dan *parallel I/O connection*. **Gambar 4.4** berikut menunjukkan bagian-bagian dari *input* dan *output terminal block* dan *parallel I/O connection*.



**Gambar 4. 4** Bagian-Bagian Pengkabelan Driver CV-X100 dengan PLC Omron

#### 1. Pengkabelan Input Driver Vision Sensor CV-X100

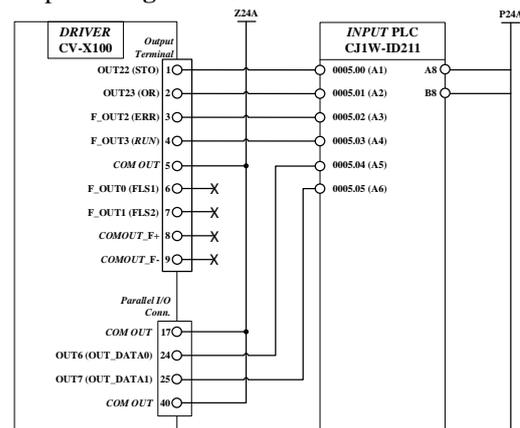
Pengkabelan *input* pada *driver CV-X100* terdiri dari dua jenis yaitu pengkabelan *input terminal block* dan *parallel I/O connection*. Pengkabelan *input terminal block CV-X100* memiliki delapan kaki. Sedangkan *parallel I/O connection* memiliki 40 kaki. Namun hanya enam buah kaki yang digunakan pada pengkabelan *input* pada *parallel I/O connection*. Keenam kaki tersebut adalah kaki nomor 1 hingga 4, nomor 11, dan 14. Kaki-kaki *input terminal block* dan *parallel I/O connection* yang dibutuhkan pada pengkabelan ini, dihubungkan pada modul *output* PLC Omron. **Diagram 4.2** menunjukkan *wiring* dan pengalamatan antara *input terminal block* dan *parallel I/O connection* untuk *input* dengan modul *output* PLC Omron CJ1W-OD211.



**Diagram 4. 2** Pengkabelan *Input Terminal Block* dan *Parallel I/O Connection* dengan Modul *Output* PLC Omron CJ1W-OD211

#### 2. Pengkabelan Output Driver Vision Sensor CV-X100

Pengkabelan *output* pada *driver CV-X100* terdiri dari dua jenis yaitu pengkabelan *output terminal block* dan *parallel I/O connection*. Pengkabelan *output terminal block* memiliki sembilan kaki. Sedangkan pengkabelan *parallel I/O connection* memiliki 40 kaki. Namun hanya empat buah kaki yang digunakan pada pengkabelan *output* pada *parallel I/O connection*. Keempat kaki tersebut adalah kaki nomor 17, 24, 25, dan 40. Kaki-kaki *output terminal block* dan *parallel I/O connection* yang diperlukan tersebut dilakukan pengkabelan ke modul *input* PLC Omron CJ1W-ID211. Pengkabelan dan pengalamatan kaki-kaki tersebut dapat dilihat pada **Diagram 4.3** berikut.



**Diagram 4. 3** Pengkabelan *Output Terminal Block* dan *Parallel I/O Connection* dengan Modul *Input* PLC Omron CJ1W-ID211

#### 4.2.3 Pembuatan Program Smart Camera Unit yang Terhubung dengan PLC

Terdapat dua tahap pembuatan program meliputi program *teaching smart camera unit* dan program sinkronisasi *smart camera unit* dengan PLC. Penjelasan

mengenai masing-masing tahap, dijelaskan pada penjelasan berikut.

**1. Program Teaching Smart Camera Unit**

Dalam melakukan *teaching smart camera unit*, terdapat berbagai tahap sebagai berikut.

**a. Menyesuaikan Fokus pada Lensa**

Berdasarkan cara pengaturan fokus, lensa dibagi menjadi dua jenis yaitu AF (*auto focus*) dan MF (*manual focus*). Lensa C-mount CA-LH16 merupakan lensa jenis MF dimana untuk menentukan titik fokus lensa pada target, dilakukan secara manual dengan mengatur besaran lensa. Berdasarkan *datasheet*, titik fokus lensa berada 16 mm dari lensa. Dalam mengatur lensa ini, digunakan perangkat eksternal yaitu *monitor* untuk menampilkan pengaturan yang dilakukan.

**b. Menyesuaikan Pengaturan Driver**

Sebelum membuat program *teaching* untuk *smart camera unit*, terlebih dahulu dilakukan pengaturan *driver*. Pengaturan *driver* diawali dengan memilih menggunakan jenis kamera. Kamera yang digunakan pada *pokayoke* ini adalah kamera CV-035C. Dan pencahayaan (*lightning*) menggunakan komponen LED *illumination* CA-DBW5.

**c. Membuat Program pada Driver**

Sebelum membuat program, terlebih dahulu mengambil satu gambar produk OK yang dijadikan sebagai acuan dalam proses inspeksi. Menu yang digunakan ada *Register Image* yang bisa ditemui ketika berada pada *Setup Mode*. Gambar 4.5 berikut menampilkan layar *Setup Mode* di mana bisa menemukan menu *Register Image*.



Gambar 4.5 Layar Menu Register Image

Setelah mendaftarkan gambar produk OK, selanjutnya adalah memilih *tool* untuk melakukan inspeksi. *Tool* yang digunakan dalam pembuatan program ini yaitu *black/white specific area*, *edge position*, *calculation*, dan *position adjustment*. Penjelasan mengenai *tools* tersebut akan dipaparkan dalam Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4. 2 Daftar Tools Program Driver

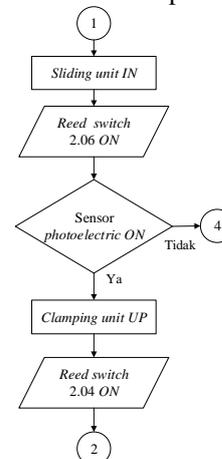
No.	Nama Tools	Fungsi
1	Black/White-Specific Area Tool	Untuk mendeteksi adanya <i>hook</i> pada L portion
2	Edge Position 1 Tool	Untuk mendeteksi koordinat tepi (arah X atau Y) sebuah objek target di dalam area inspeksi dan menampilkan posisi tersebut pada <i>display</i> .
3	Edge Position 2 Tool	Untuk mendeteksi koordinat tepi (arah X atau Y) sebuah objek target di dalam area inspeksi dan menampilkan posisi tersebut pada <i>display</i> .
4	Calculation Tool	Untuk menghitung perubahan jarak antara <i>edge position</i> 1 dan 2.
5	Position Adjustment Tool with Profile Pattern	Untuk mendeteksi porsi objek target yang paling mirip dengan informasi profil yang sudah didaftarkan sebelumnya dan menunjukkan sudut objek inspeksi.

**2. Program Sinkronisasi Smart Camera Unit dan PLC**

Dalam mensinkronisasikan PLC Omron dengan *smart camera unit*, dilakukan dengan membuat diagram *ladder* yang berfungsi untuk memberikan perintah tertentu. Diagram *ladder* yang dibuat meliputi diagram *ladder* untuk memberikan perintah kepada *reed switch*, *photoelectric sensor*, *smart camera unit*, *solenoid valve*, dan *buzzer*. Terdapat tiga buah *STEP* (tahap) dalam mengintegrasikan *smart camera unit* dengan PLC. Berikut ini adalah penjelasannya.

**a. Program Sebelum Inspeksi**

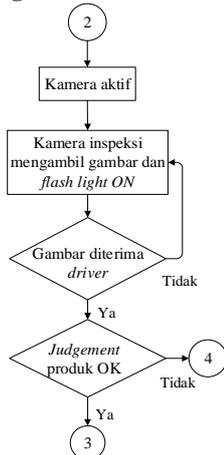
Tahapan setelah dilakukan *start up* mesin yaitu proses untuk melakukan *teaching* mesin terhadap produk yang diinspeksi, produk diletakkan pada *lower jig* oleh operator. Tahap berikutnya berlanjut pada *STEP* 1. Berikut ini adalah Bagan 4.2 yang menunjukkan *flowchart* sebelum dilakukan inspeksi.



Bagan 4. 2 Flowchart STEP 1 Sebelum Inspeksi

**b. Program Saat Inspeksi dengan Smart Camera Unit**

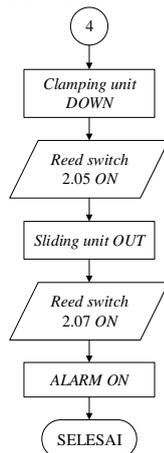
Proses yang dilakukan sebelumnya yaitu penguncian *lower jig* yang dilakukan oleh piston silinder *clamp unit*. Pergerakan dari piston ini dideteksi oleh sebuah *reed switch*. Sinyal *HIGH* yang dikirimkan oleh *reed switch* ke PLC ini mengaktifkan *STEP 2*. Tahap yang dilakukan pada *STEP 2* disajikan dalam *flowchart* pada **Bagan 4.3** di bawah ini.



**Bagan 4.3** Flowchart Proses Inspeksi dengan Smart Camera Unit

**c. Program Eksekusi Produk**

Setelah *driver* kamera telah mengirimkan *judgement* produk OK kepada PLC, maka dilanjutkan dengan proses inspeksi kebocoran (*leak inspection*). Namun ketika *driver* kamera menghasilkan *judgement* produk NG, maka tahapan kerja berlanjut pada *STEP 4*. Penyajian tahapan kerja pada *STEP 4* disajikan dalam *flowchart* di **Bagan 4.4** berikut.



**Bagan 4.4** Flowchart Eksekusi Produk

**4.3 Pengujian Inspection System Menggunakan Smart Camera Unit**

Pengujian penambahan *smart camera unit* yang tersinkronisasi dengan mesin *cut valve leak inspection* dilakukan dalam beberapa tahap. Berikut akan

dijelaskan mengenai bagaimana cara menguji *smart camera unit*.

**4.3.1 Pengujian Perangkat Input dan Output pada PLC**

Pengujian masukan pada PLC dilakukan dengan cara mengambil gambar benda secara manual dengan menggunakan perintah *run manual* pada *software driver* CV-X100 dan juga memantau tanda perubahan sinyal pada *monitor* yang menampilkan pengoperasian *driver* CV-X100 dan program PLC. Untuk masukan yang berupa sinyal dari PLC mesin, dilakukan manipulasi secara manual melalui CX-Programmer. Hasil pengujian masukan dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Perangkat Input

No.	Alamat PLC	Nama	Fungsi	Hasil	
				OK	NG
1	5.00	STO	Memberikan data hasil penangkapan gambar kamera	✓	
2	5.02	ERR	Memberikan sinyal tanda terjadinya <i>malfunction</i>	✓	
3	5.03	RUN	Memberikan sinyal tanda bahwa kamera dalam keadaan <i>running</i>	✓	

Pengujian keluaran pada PLC dilakukan dengan cara memberikan sinyal *HIGH* pada *input* yang mempengaruhi *output* dan memantau tanda perubahan sinyal pada program PLC. Hasil pengujian perangkat keluaran pada PLC dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Perangkat Output PLC

No.	Alamat PLC	Nama	Fungsi	Hasil	
				OK	NG
1	4.00	TRG1	Memberikan perintah untuk mengambil gambar pada kamera 1	✓	

**4.3.2 Pengujian Sinkronisasi Smart Camera Unit**

Pengujian sinkronisasi *smart camera unit* dilakukan dengan menghubungkan perangkat-perangkat yang tersambung dengan *driver* kamera CV-X100, antara lain layar *monitor*, PLC CJ2M-CPU13, dan *camera* Keyence CV-035C. Hasil dari pengujian sinkronisasi *smart camera unit* dapat dilihat pada **Tabel 4.5** berikut.

Tabel 4.5 Pengujian Sinkronisasi *Smart Camera Unit*

No.	Ketentuan	Hasil	
		OK	NG
1	Kamera CV-035C terhubung dengan driver CV-X100	✓	
2	LED <i>Illumination</i> CA-DBW5 terhubung ke unit ekstensi CA-DC10E	✓	
3	Unit ekstensi CA-DC10E terhubung pada driver CV-X100	✓	
4	Driver CV-X100 dapat menampilkan penangkapan gambar pada layar monitor secara <i>realtime</i>	✓	

#### 4.3.3 Pengujian Proses Kerja Penambahan *Smart Camera Unit*

Pengujian proses kerja penambahan *smart camera unit* sebagai *pokayoke* mesin *cut valve leak inspection*, dilakukan dengan mengoperasikan mesin secara otomatis dan mengawasi fungsi-fungsi yang berjalan. Hasil dari pengujian proses kerja dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Pengujian Proses Kerja Penambahan *Smart Camera Unit*

No.	Ketentuan	Hasil	
		OK	NG
1	Kamera dapat mendeteksi produk yang NG	✓	
2	Kamera dapat mendeteksi produk yang OK	✓	
3	Ketika benda NG terdeteksi, silinder pada <i>clamp unit</i> akan bergerak turun ( <i>clamp unit out</i> ).	✓	

Lanjutan Tabel 4.6

No.	Ketentuan	Hasil	
		OK	NG
4	Ketika benda OK terdeteksi mesin akan melanjutkan ke proses setelahnya.	✓	

#### 4.3.4 Pengujian *Error*

Pengujian *error* dilakukan dengan memberikan perlakuan *error* dengan sengaja pada mesin, dalam kasus ini pengujian *error* dilakukan dengan melepas koneksi-koneksi yang terhubung dan mengawasi *error* yang keluar. Hasil dari pengujian *error* dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Pengujian *Error*

No.	Ketentuan	Hasil	
		OK	NG
1	Kamera tidak dihubungkan pada driver maka layar monitor akan menampilkan <i>error</i> koneksi kamera.	✓	
2	PLC tidak dihubungkan pada driver maka layar monitor akan menampilkan <i>error</i> koneksi PLC.	✓	
3	Unit ekstensi tidak dipasang pada driver CV-X100, maka LED <i>illumination</i> tidak akan menyala.	✓	
4	Lensa kamera tidak disambungkan pada kamera sehingga gambar yang ditangkap kurang fokus.	✓	

#### 4.3.5 Pengujian Pengulangan Produk

Pengujian pengulangan produk dilakukan dengan melakukan pengulangan sebanyak 30 kali proses inspeksi menggunakan *smart camera unit* pada tiga buah produk yaitu pada produk OK, produk NG *halflock*, dan produk NG *position*. Hasil pengujian pengulangan produk dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Pengujian Pengulangan Produk

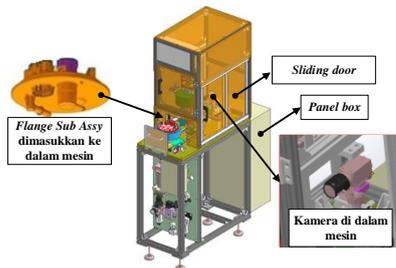
No.	Nama	Ketentuan	Hasil	
			Ya	Tidak
1	Produk OK	<i>Judgement</i> produk menyatakan bahwa produk ini OK.	✓	
2	Produk OK	<i>Judgement</i> produk menyatakan bahwa produk ini NG <i>halflock</i> .		✓
3	Produk OK	<i>Judgement</i> produk menyatakan bahwa produk ini NG <i>position</i> .		✓
4	Produk NG <i>Halflock</i>	<i>Judgement</i> produk menyatakan bahwa produk ini OK.		✓
5	Produk NG <i>Halflock</i>	<i>Judgement</i> produk menyatakan bahwa produk ini NG <i>halflock</i> .	✓	
6	Produk NG <i>Halflock</i>	<i>Judgement</i> produk menyatakan bahwa produk ini NG <i>position</i> .		✓

Lanjutan Tabel 4.8

No.	Nama	Ketentuan	Hasil	
			Ya	Tidak
7	Produk NG <i>Position</i>	<i>Judgement</i> produk menyatakan bahwa produk ini OK.		✓
8	Produk NG <i>Position</i>	<i>Judgement</i> produk menyatakan bahwa produk ini NG <i>halflock</i> .		✓
9	Produk NG <i>Position</i>	<i>Judgement</i> produk menyatakan bahwa produk ini NG <i>position</i> .	✓	

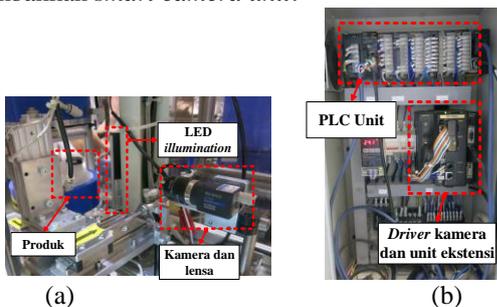
#### 4.4 Evaluasi Hasil

Penambahan *smart camera unit* sebagai *pokayoke* pada mesin *cut valve leak inspection* berhasil dilakukan. *Smart camera unit* terdiri dari lensa C-mount CA-LH16, kamera CV-035C, *driver vision sensor* CV-X100, unit ekstensi pengendali LED CA-DC10E, LED *illumination* CA-DBW5, dan kabel penghubung. Lensa, kamera, dan LED *illumination* diletakkan di dalam mesin untuk mengambil gambar *flange sub-assy*, sedangkan *driver* dan unit ekstensi pengendali LED dirakit di *panel box*. **Gambar 4.6** menunjukkan kondisi mesin *cut valve leak inspection* setelah ditambahkan dengan *smart camera unit*.



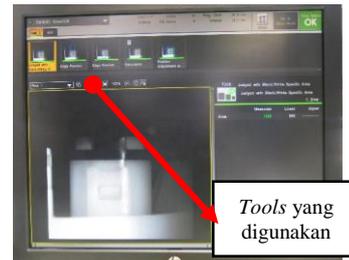
**Gambar 4.6** Mesin *Cut Valve Leak Inspection* Setelah Ditambahkan *Smart Camera Unit*

Setelah ditambahkan *smart camera unit* pada mesin *cut valve leak inspection*, NG *halflock* dan NG *position* dapat dideteksi. Berdasarkan hasil *trial* yang dilakukan, kamera dapat mengidentifikasi produk OK, produk NG *halflock*, dan produk NG *position*. Berikut ini adalah **Gambar 4.7** yang menunjukkan bentuk fisik dari kondisi mesin bagian dalam dan *panel box* setelah ditambahkan *smart camera unit*.



**Gambar 4.7** Mesin *Cut Valve Leak Inspection* (a) Bagian Dalam, dan (b) *Panel Box*

Sedangkan hasil dari pembuatan program *teaching* pada *smart camera unit* dapat dilihat pada tampilan *software* bawaan *driver vision sensor* CV-X100 pada **Gambar 4.8** berikut ini.



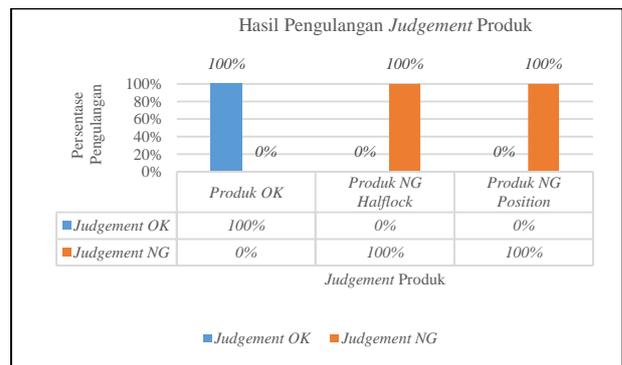
**Gambar 4.8** Tampilan *Software Driver Vision Sensor* CV-X100

#### 4.4.1 Pencapaian Eliminasi NG Produk

Setelah dilakukan *trial* terhadap alat ini, maka hasil yang didapat yaitu:

1. *Smart camera unit* dapat mendeteksi ada atau tidaknya *hook* pada L *portion*.
2. *Smart camera unit* memiliki kemampuan untuk menghitung jarak *cut valve* dan *flange*.
3. Perangkat sistem inspeksi menggunakan *smart camera unit* dapat mengidentifikasi kondisi produk (OK, NG *halflock*, atau NG *position*).
4. PLC Omron CJ2M-CPU13 dan *smart camera unit* dapat tersinkronisasi.
5. Apabila *smart camera unit* mendeteksi produk OK, maka proses akan berlanjut. Namun jika produk tersebut NG, maka dilakukan eliminasi produk dengan menggunakan *sliding unit*. Produk NG akan dikeluarkan dari mesin.

Untuk mengetahui kemampuan dari perangkat sistem inspeksi ini, maka dilakukan suatu pengulangan sebanyak 30 kali pengecekan terhadap tiga buah produk yang terdiri dari produk OK, produk NG *halflock*, dan NG *position*. Berdasarkan hasil pengulangan, maka didapatkan hasil seperti pada **Grafik 4.1**.



**Grafik 4.1** Hasil Pengulangan *Judgement* Produk

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, kesimpulan dari pembuatan penelitian ini adalah *smart*

*camera unit* berhasil ditambahkan ke dalam mesin *cut valve leak inspection*.

*Smart camera unit* terdiri dari lensa *C-mount CA-LH16*, *camera CV-035C*, *driver vision sensor CV-X100* sebagai pemroses citra, unit ekstensi pengendali LED tipe *CA-DC10E*, LED *illumination CA-DBW5*, dan kabel penghubung. Dalam mensinkronisasi-kan *smart camera unit* dengan PLC Omron *CJ2M-CPU13* maka dilakukan *wiring* antara *driver* dengan modul *I/O PLC*. Pembuatan program *teaching camera* dan program PLC yang mengintegrasikannya adalah kesatuan pendukung proses inspeksi.

Untuk memeriksa kinerja *smart camera unit* maka dilakukan beberapa pengujian terhadap mesin. Alhasil, *smart camera unit* dapat mendeteksi produk OK, produk *NG halflock*, dan produk *NG position* secara otomatis.

## 5.2 Saran

Berikut ini beberapa saran yang dapat diberikan sebagai bentuk pengembangan lebih lanjut dari alat ini.

1. Menambahkan HMI sehingga kegiatan *monitoring* inspeksi dapat dilakukan dengan lebih efisien.
2. Hasil dari pengecekan berupa produk OK, produk *NG halflock*, dan produk *NG position* maupun produk dengan kebocoran lebih dari 70 ml/menit yang dideteksi mesin *cut valve leak inspection*,

dikirimkan ke salah satu PC PE SIFS, sehingga hasil inspeksi tercatat dengan akurat dan tidak perlu dilakukan rekapitulasi hasil pengecekan secara manual dengan melakukan *genba* ke *line* produksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. N. (2010). *Mekatronika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Groover, M. P. (2011). *Principles of Modern Manufacturing 4th Edition*. United State: John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd.
- Shi, Y., & Real, F. D. (2010). *Smart Camera: Fundamentals and Classification*. Sydney: Springer Science+Business Media, LLC .
- Pham, D.T and Alcock (2003). *Smart Inspection Systems*, London UK: Elsevier Science Ltd.