

RETROFIT SISTEM KONTROL MESIN PRESS DUST COVER DI LINE PRODUKSI MANUFAKTUR BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

Syahril Ardi, Rediyanto

Program Studi Teknik Produksi & Proses Manufaktur, Politeknik Manufaktur Astra
Jl. Gaya Motor Raya No.8, Sunter II, Jakarta 14330, Jakarta
Email: syahril.ardi@polman.astra.ac.id

Abstrak - Mesin *press dust cover* merupakan salah satu mesin yang terdapat pada line produksi manufaktur yang berfungsi untuk menggabungkan komponen *flange* dengan komponen *dust cover* atau dapat disebut juga dengan *companion flange*. Kondisi mesin yang telah lama beroperasi menyebabkan mesin sering mengalami kerusakan, yaitu rata-rata kerusakan mencapai dua kali setiap bulan pada bulan Juni sampai November 2012. Hal ini disebabkan karena kondisi panel mesin yang tidak rapi dan sistem kontrol yang tidak standard. Seperti standard penggunaan warna dan ukuran kabel dan peletakan komponen elektrik. Selain itu tidak adanya buku *manual operational* mesin pada pihak *maintenance*. Proses perbaikan mesin yang dilakukan membutuhkan waktu cukup lama yaitu rata-rata diatas 10 menit, sehingga kondisi ini dapat mengganggu proses produksi yang berlangsung. Untuk menanggulangi masalah tersebut maka dilakukan pergantian sistem kontrol mesin sesuai dengan standard dan kebutuhan perusahaan. Standard dan kebutuhan tersebut meliputi penggunaan kabel dan komponen-komponen lainnya serta menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) pada sistem kontrolnya. PLC yang digunakan yaitu PLC *mitsubishi FX1N-40MR*. Hasil dari pergantian sistem kontrol yang dilakukan yaitu dapat mengurangi intensitas kerusakan mesin yang sebelumnya rata-rata kerusakan mencapai dua kali setiap bulan menjadi tidak pernah mengalami kerusakan selama periode pengujian bulan Januari sampai Mei 2013 dan sistem kontrol yang baru telah memenuhi standard perusahaan seperti penggunaan kabel dan peletakan komponen. Selain itu mesin ini selanjutnya dilengkapi dengan buku *manual operation* yang digunakan untuk mempermudah perawatan dan perbaikan mesin oleh *maintenance*.

Kata Kunci: *Retrofit* , mesin *press dust cover*, Sistem Kontrol, PLC

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini dilakukan pada sebuah perusahaan industri manufaktur yang bergerak dalam bidang pembuatan komponen *underbody* otomotif mobil, khususnya dalam pembuatan *rear axle*, *propeller shaft*, dan *transmission assy*.

Rear axle adalah komponen yang berfungsi menyangga roda-roda bagian belakang kendaraan terhadap beban dan meneruskan momen gerak yang berasal dari mesin ke roda-roda. Sedangkan *propeller shaft* adalah komponen yang berfungsi untuk menghubungkan putaran dari *transmisi* ke *differential carrier*. Bagian *transmisi* dipasang pada rangka sedangkan *differential carrier*

dipasang pada *axle* yang ditunjang oleh pegas.

Selain terdapt proses *assembly*, juga terdapat proses *machining*. Proses *machining* adalah proses pembuatan 5-komponen. Produk dari 5-komponen tersebut adalah *tube yoke*, *sleeve yoke*, *flange yoke*, SBN dan *companion flange*. Komponen-komponen tersebut merupakan bagian *assembly* dari *propeller shaft*. Proses pembuatan 5-komponen dilakukan pada *line* yang berbeda. Salah satunya *companion flange* diproduksi pada *line companion flange*. Pada *line companion flange* ini terdapat dua proses yang dilakukan yaitu proses *roughing* dan proses *finishing*. Proses *roughing* adalah proses

pembuatan pada material yang masih dalam keadaan awal, bahan mentah atau proses kasar, sedangkan proses *finishing* adalah proses yang dilakukan saat produk telah terbentuk. Proses *finishing* dilakukan pada proses akhir yang bertujuan untuk menghaluskan produk. Pada proses ini, material diproses secara berurutan dari pembuatan lubang pada mesin 3-10 sampai mesin 3-65. *Companion flange* yang dibuat pada *line* ini ada lima model, yaitu model BY PS, BY DC, CJ, L300, NKR. Model tersebut adalah bagian yang akan dirakit pada *line propeller shaft*.

Jumlah produksi *propeller shaft* yang selalu meningkat, menuntut untuk selalu dilakukan *improvement* secara terus-menerus. *Improvement* tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu dengan menambah jumlah mesin pada *line*, menambah *line* produksi, dan menjaga *performance* mesin khususnya pada mesin yang telah lama beroperasi dan mengalami penurunan kinerja. Menjaga *performance* mesin merupakan salah satu jadwal yang dilakukan divisi *maintenance*. Jadwal tersebut meliputi perawatan mesin, perbaikan mesin, merekonstruksi mesin-mesin yang mengalami penurunan kinerja dan mengalami masalah pada sistem kontrolnya, contohnya *line companion* pada Gambar 1.3. Pada *line* ini terdapat mesin dengan kondisi mesin yang kondisinya dapat mengurangi *performance* mesin. Kondisinya adalah panel kontrol yang tidak rapi dan tidak adanya buku petunjuk pengoperasian mesin. Sehingga mempersulit divisi *maintenance* ketika melakukan perawatan ataupun perbaikan mesin. Kondisi sistem kontrol tidak rapi, dan peletakan komponen yang tidak standard. Panel tersebut adalah panel mesin *press dust cover*. Mesin *press dust cover* adalah mesin yang terdapat pada *line companion A* yang menghasilkan produk berupa *companion flange*. Kondisi mesin ini dapat menyebabkan waktu perbaikan dan perawatan menjadi cukup lama ketika terjadi kerusakan mesin. Selain itu,

safety pada mesin ini yang masih kurang dapat mengakibatkan suatu *accident* kecelakaan. Berdasarkan masalah tersebut, maka dilakukanlah *retrofit* sistem kontrol mesin *press dust cover*.

Jadi, penelitian ini dilakukan untuk disain membuat sistem kontrol berbasis PLC yang dapat menggantikan fungsi sistem kontrol sebelumnya yang masih menggunakan relay-relay dengan kondisi wiring tidak rapi, sehingga dapat mengurangi intensitas kerusakan mesin.

2. METODOLOGI

Retrofit

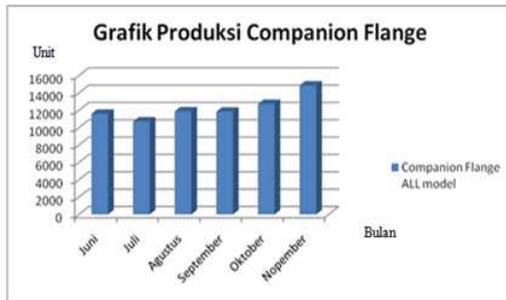
Retrofit adalah penggantian seluruh sistem dan komponen yang ada di sebuah mesin. *Retrofit* bisa dikategorikan semacam rekondisi atau perbaikan yang dilakukan untuk meremajakan kondisi peralatan atau sparepart mesin yang sudah lanjut usia, abnormal, tidak memenuhi standard kelayakan beroperasi dengan beban masa kini. *Retrofit* juga merupakan jalan tengah yang ditempuh untuk menanggulangi masalah di atas. *Retrofit* pada mesin ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan kinerja peralatan namun dengan itu kita dapat juga melakukan penghematan daripada harus membeli atau memasang mesin baru.

Proses *retrofit* yang dilakukan, biasanya memiliki prinsip kerja yang sama dengan mesin sebelumnya, tetapi bisa juga mengalami beberapa penambahan-penambahan. Beberapa alasan *retrofit* dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Kondisi mesin yang sangat tua dan abnormal
2. Kinerja mesin menurun
3. Mesin sering mengalami kerusakan
4. Terdapat kondisi yang tidak *safety*, dapat menyebabkan kecelakaan
5. Memanfaatkan mesin yang tidak di pakai
6. Menghemat biaya. Maksudnya biaya *retrofit* lebih rendah dibandingkan dengan membeli mesin baru.

Data Produksi

Jumlah produksi *propeller shaft* yang selalu meningkat, menuntut untuk selalu dilakukan *improvement* secara terus-menerus. Peningkatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peningkatan jumlah produksi *companion flange*

Selain melakukan *improvement*, dapat juga dilakukan dengan menjaga *performance* mesin dan menambah jumlah *line* produksi. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan ketika akan menambah jumlah *line* produksi, yaitu membutuhkan area kerja tambahan dan membutuhkan mesin-mesin baru. Sehingga memerlukan biaya yang besar. Sedangkan untuk menjaga *performance* mesin dapat dilakukan dengan banyak cara, yaitu dengan melakukan jadwal perawatan yang teratur, melakukan *improvement* dan merekondisi ulang mesin-mesin yang dapat mengganggu proses produksi.

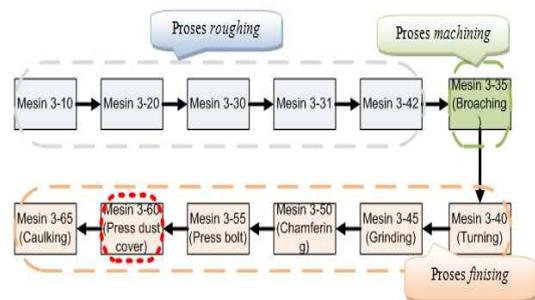
Dari beberapa data *maintenance* yang diperoleh, terdapat beberapa mesin yang dalam kondisi sekarang ini membutuhkan penanganan seperti *retrofit* ulang, seperti mesin yang terdapat pada *line companion flange A*.

Line Companion Flange

Line companion flange merupakan salah satu *line* yang ada. *Line* ini memproduksi produk berupa *companion flange*. *Layout* dari *line companion flange* dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 merupakan gambar dari *layout line companion flange A* yang memproduksi *companion flange*. Pada *line* ini ada dua proses yang dilakukan yaitu proses *roughing* dan proses

finishing. Proses *roughing* adalah proses awal yang dilakukan pada bahan yang masih utuh atau dapat dikatakan sebagai proses kasar. Sedangkan proses *finishing* adalah proses pengerjaan yang dilakukan terhadap benda yang telah terbentuk dan hampir selesai. Ilustrasi dari pengerjaan produk pada *line companion flange A* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi proses pengerjaan pada *line companion A*

Pada proses *finishing*, terdapat mesin dengan kondisi sudah lama beroperasi serta kondisi sistem kontrol yang tidak rapi dan tidak standard serta sering mengalami kerusakan sehingga mengharuskan untuk dilakukan proses *retrofit*. Mesin tersebut adalah mesin *press dust cover*.

Mesin Press Dust Cover

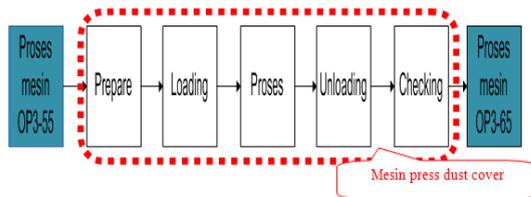
Mesin *press dust cover* adalah mesin yang berfungsi untuk menggabungkan produk *flange* dan *dust cover*. Pada proses ini, produk yang dihasilkan yaitu *companion flange*. Produk tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Companion flange*

Gambar 3 merupakan produk *companion flange*. *Companion flange* merupakan komponen bagian dari

propeller shaft yang berfungsi untuk menghubungkan ke *rear axle*. *Companion flange* yang diproduksi mesin terdiri dari beberapa model yaitu model BY PS, BY DC, CJ, L300, NKR. Proses kerja mesin ini terdiri dari lima tahap. *Flow* prosesnya dapat dilihat pada Gambar 4.



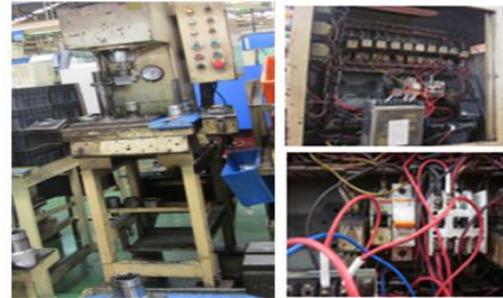
Gambar 4. *Flow* proses mesin *press dust cover*

Dari Gambar 4, dapat dijelaskan bahwa proses mesin ini terdiri dari *prepare*, *loading*, proses, *unloading* dan *checking*. Berikut ini penjelasannya:

1. *Prepare*. Proses yang dilakukan pada tahap ini yaitu proses persiapan material yang akan *diassembly*. Material yang akan di *assy* yaitu *cover* dan *dust*.
2. *Loading*. Proses ini dilakukan dengan meletakkan material yang telah disiapkan pada *jig* sesuai dengan modelnya masing-masing.
3. *Proses*. Proses ini merupakan proses pengerjaan material. Proses pengerjaannya dilakukan dengan menggabungkan dua material dengan tekanan 3000 psi sesuai dengan standard yang telah ditetapkan oleh tim *quality*.
4. *Unloading*. Proses ini dilakukan setelah material selesai diproses. Material yang telah diproses diambil dari *jig* dan dilakukan proses selanjutnya.
5. *Checking*. Proses ini dilakukan dengan cara mengecek material apakah sesuai dengan standard atau tidak. Jika tidak sesuai, maka akan dilakukan proses ulang pengerjaan.

Kondisi Mesin

Saat ini kondisi mesin dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Kondisi mesin sebelum di *retrofit*

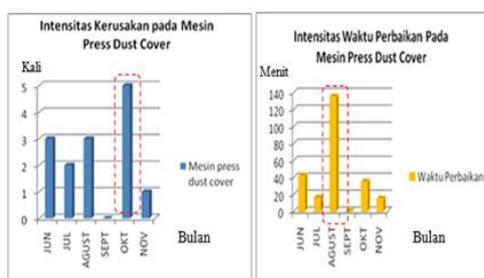
Gambar 5 merupakan kondisi mesin *press dust cover* saat ini. Kondisi tersebut merupakan tampilan luar mesin yang dapat dilihat kondisinya perlu dilakukan *improvement*. Selain itu kondisi sistem kontrolnya tidak rapi dan tidak standard. Kondisi tersebut merupakan latar belakang untuk diadakan proses *retrofit*. Beberapa alasan lain untuk dilakukan *retrofit* pada mesin *press dust cover* adalah :

1. Kondisi mesin yang sudah sangat tua, terkadang mengalami masalah seperti mesin macet. Informasi ini didapat saat melakukan *survey* di *line* dan melakukan studi wawancara terhadap operator mesin.
2. Kondisi panel yang tidak rapi. Saat ini sistem kontrol mesin menggunakan banyak *relay-relay*, *timer delay relay* untuk mengatur waktu dalam penggunaannya, beserta komponen-komponen lainnya. Ketika mesin mengalami masalah sistem elektrik, divisi *maintenance* akan mengalami kesulitan saat mesin mengalami kerusakan pada sistem kontrolnya. Kondisi kabel yang tidak rapi dan kondisi label pada kabelnya ada yang sudah hilang juga dapat

- membbingungkan divisi *maintenance*.
- Sulitnya bagian *maintenance* dalam melakukan pengecekan parameter mesin karena tidak adanya label pada komponen. Misalnya pada *relay*.
 - Sulitnya untuk melakukan pengembangan pada mesin, misalnya akan dilakukan penghitungan jumlah produksi atau pemantauan mesin dalam jarak yang jauh. Kondisi panel yang sudah penuh dan tidak rapi ini sangat sulit dilakukan karena untuk melakukan ini semua pasti dibutuhkan tambahan input dan output. Ini semua sangat tidak memungkinkan.
 - Kurangnya data-data yang berhubungan dengan mesin tersebut, seperti buku manual operation dan gambar wiring kabel mesin.

Data Kerusakan Mesin

Berdasarkan data *historical problem* mesin, diperoleh beberapa permasalahan yang terjadi pada mesin ini. Berikut ini merupakan data grafik intensitas kerusakan dan waktu perbaikan mesin yang terjadi pada bulan Juni sampai November 2012. Grafik dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Intensitas kerusakan dan waktu perbaikan pada mesin *press dust cover*

Gambar 6 merupakan grafik intensitas kerusakan dan lama waktu perbaikan yang dilakukan. Dari beberapa permasalahan-permasalahan di atas, proses *retrofit* perlu dilakukan pada

mesin ini. Tujuan dilakukannya proses *retrofit* pada mesin ini adalah:

- Meningkatkan kinerja mesin dan mengurangi peluang terjadinya kerusakan mesin.
- Menstandarkan komponen mesin yang digunakan
- Mempermudah *maintenance* dalam melakukan perbaikan ketika terjadi kerusakan mesin.
- Mempermudah pemantauan saat terjadinya kerusakan.
- Melengkapi data-data mesin seperti buku *manual operation*
- Pengembangan lebih lanjut

Urutan Kerja Mesin

Dapat dijelaskan bahwa urutan proses kerja mesin dilakukan dengan :

- Untuk memberikan sumber tegangan pada mesin ini terdapat kontak NFB yang berada di dalam panel.
- Tekan tombol *master on* untuk mengaktifkan rangkaian pada mesin dan ditandai dengan menyalnya lampu indikator
- Terdapat selektor yang berfungsi untuk memilih *mode* penggunaan mesin, apakah digunakan secara manual atau otomatis. Ketika kita memilih *mode auto*, akan ada indikator lampu *auto* menyala.
- Untuk mengaktifkan motor hidrolik dilakukan dengan cara menekan tombol hidrolik on
- Untuk melakukan proses *press* dapat dilakukan dengan menekan tombol *ram up* atau tombol *cycle start*
- Rangkaian dapat dihentikan dengan cara menekan tombol *emergency stop*
- Ketika mesin tidak digunakan selama 3 menit, maka motor hidrolik akan *off (save energy)*. Kondisi tersebut berfungsi untuk menghemat daya listrik yang dipakai.
- Alarm* juga menyala ketika silinder tidak memberikan reaksi. Padahal tombol *cycle start* atau tombol *ram* ditekan

3. PERANCANGAN

Perancangan yang dilakukan pada proses ini dilakukan dengan beberapa tahap. Tahap-tahapan tersebut adalah, sebagai berikut:

Perancangan konsep

Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang muncul pada mesin ini maka dilakukanlah penggantian sistem kontrol yang lama dengan sistem kontrol yang baru. Langkah pertama untuk mengganti sistem kontrol adalah mengetahui *flow* proses kerja mesin.

Pada proses *retrofit* ini, *flow* proses mesin mengalami beberapa penambahan yang diinginkan sesuai dengan permintaan perusahaan. Tujuan dari penambahan proses tersebut adalah sebagai informasi terhadap operator serta mempermudah pihak *maintenance* dalam melakukan perawatan dan pengembangan.

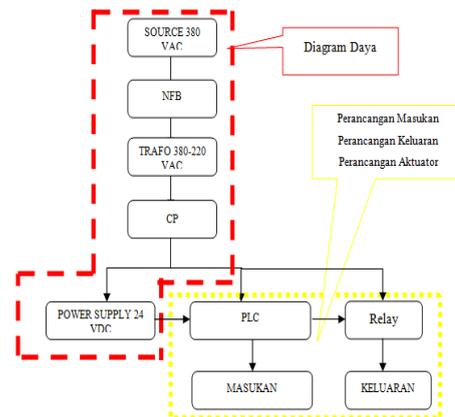
Penambahan-penambahan tersebut diantaranya :

1. Mengganti sistem kontrol lama yang menggunakan relay-relay menjadi PLC sebagai kontrolnya. PLC yang digunakan berjenis PLC *mitsubishi*.
2. Menggunakan kabel sesuai dengan standard.
3. Penambahan tombol *home position*. Tujuan dari penambahan tombol ini adalah untuk memastikan kondisi mesin ini harus berada pada posisi *home*.
4. Penambahan lampu indikator *home position*. Indikator ini akan menyala pada saat silinder berada pada *home*.
5. Penambahan lampu *save energy* yang berfungsi sebagai indikator bahwa motor hidrolik tidak bekerja saat kondisi mesin sedang *sleep*. Prinsip dari *indikator save energy* tersebut menyala secara *flip-flop* ketika mesin mengalami *save energy*.
6. Penambahan indikator *alarm emergency* yaitu *buzzer*. *Buzzer* ini akan menyala ketika terjadi masalah pada mesin dan ketika tombol *emergency stop* ditekan. Nyala dari *buzzer* ini juga secara *flip-flop*.

7. Penambahan *lamp signal tower*. *Lamp signal tower* yang digunakan mempunyai tiga indikator lampu, yaitu: merah, kuning, dan hijau. Lampu merah adalah indikator ketika mesin dalam keadaan *problem* dan tombol *emergency stop* ditekan, lampu kuning adalah indikator ketika proses kerja baik ketika proses *up* maupun proses *down*. Sedangkan untuk lampu hijau berfungsi untuk informasi bahwa mesin sedang berada pada kondisi *home position*.

Perancangan Elektrik

Perancangan elektrik pada sistem kontrol dalam mesin ini dibagi menjadi empat rancangan yaitu perancangan diagram daya, perancangan masukan, perancangan keluaran dan perancangan aktuator. Pembagian tersebut dapat dilihat pada Gambar 7 .

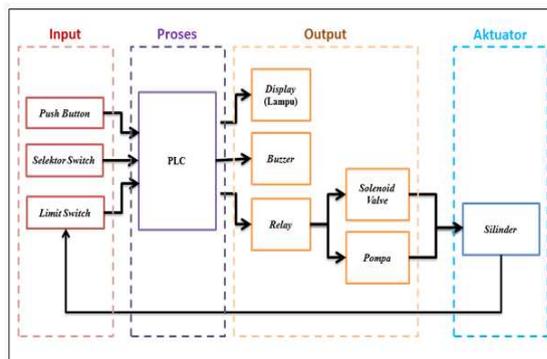


Gambar 7. Rancangan elektrik mesin *press dust cover*

Pada Gambar 7, sumber tegangan 380 VAC berasal dari panel pusat pengontrol *line companion*. Tegangan 380 VAC tersebut dihubungkan ke NFB untuk pengontrol tegangan yang masuk ke mesin. Dari NFB dihubungkan ke trafo 380-220 VAC. Trafo ini adalah trafo jenis *step down*, yang berfungsi menurunkan tagangan. Tegangan 220 VAC pada trafo kemudian dihubungkan ke CP (*Circuit Protector*) sebagai pengamanan rangkaian. CP yang

digunakan pada mesin ini ada empat. Digunakan untuk pengaman PLC, motor, rangkaian kontrol, dan *power supply*. Salah satu CP dihubungkan ke *power supply* 24 VDC yaitu untuk mengubah tegangan 220 VAC ke 24 VDC. Tegangan 24 VDC ini digunakan untuk *common* masukan pada PLC, mengaktifkan *solenoid valve* dan untuk menhidupkan lampu pada *lamp signal tower*.

Dalam perancangan elektrik, terlebih dahulu dilakukan pembuatan diagram blok. Diagram tersebut berfungsi sebagai gambaran sejumlah komponen yang berperan dalam sistem kontrol, komponen tersebut memuat fungsi dari setiap komponen yang digambarkan dalam bentuk blok-blok terhadap aliran proses. Diagram blok dari sistem kontrol mesin ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram blok perancangan sistem kontrol

Gambar 8 merupakan gambaran dari diagram blok perancangan sistem kontrol mesin *press dust cover*. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa mesin tersebut menggunakan PLC sebagai proses atau kontrol utama. Dan terdapat piranti masukan berupa tiga komponen yaitu *push button*, *selektor switch* dan *limit switch*. Ketiga komponen akan memberikan sinyal kepada PLC yang kemudian diproses sesuai dengan program yang telah dibuat. Setelah sinyal tersebut diproses maka akan menghasilkan data keluaran. Data keluaran tersebut untuk

mengaktifkan piranti keluaran. Piranti keluarannya berupa lampu indikator, *buzzer* dan *relay*. Data yang dari *relay* diproses lagi untuk mengaktifkan *solenoid valve* dan pompa. Solenoid dan pompa merupakan piranti sistem hidrolik yang akan menggerakkan silinder. Silinder yang bergerak atau diam akan memberikan sinyal kembali (*feedback*) ke piranti masukan yang akan diproses kembali oleh PLC. Proses tersebut akan terjadi berulang-ulang sesuai dengan kebutuhan [1, 2, 3, dan 4].

Penentuan PLC

Pada *retrofit* ini, sistem kontrol yang digunakan mengalami perubahan yang sebelumnya menggunakan komponen *relay* dan TDR dan komponen lainnya menjadi PLC. Alasan digunakannya PLC dalam mesin ini adalah :

1. Fleksibel, pengabelan bisa berkurang 80%
2. Mengurangi penggunaan beberapa komponen seperti timer, counter dan lain-lain.
3. Konsumsi daya lebih hemat
4. Memudahkan dalam melakukan pemantauan ketika terjadi troubleshooting
5. Jumlah masukan dan keluaran yang beragam
6. Program PLC operasi dengan kecepatan lebih tinggi
7. Dokumentasi yang mudah.

PLC yang dibutuhkan tidak harus menggunakan PLC dengan jenis terbaru. Tetapi lebih membutuhkan sebuah PLC yang sesuai dengan kebutuhan pada mesin *press dust cover*. Seperti jumlah I/O pada PLC harus sesuai dengan jumlah masukan dan keluaran pada mesin. Sistem kontrol ini harus mampu menjalankan proses mesin *press dust cover*, sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh perusahaan dan disesuaikan dengan *sequential* proses kerja.

Berdasarkan perancangan elektrik masukan dan keluaran yang telah dirancang. Didapatkan jumlah masukan sebanyak 11 masukan dan jumlah

keluaran sebanyak 15 keluaran. Maka dari data-data tersebut ditetapkan bahwa mesin *press dust cover* akan menggunakan PLC yang mempunyai jumlah masukan dan keluaran lebih dari data-data tersebut, yaitu PLC *Mitsubishi* dengan jenis *FXIN-40MR*.

Perancangan Program

Sebelum membuat program, terlebih dahulu dilakukan analisa terhadap sistem kerja atau *flow* proses dari mesin. Berikut ini akan dibahas tentang sistem kerja dari mesin *press dust cover*.

Sistem Kerja Mesin

Sistem kerja mesin adalah suatu sistem yang berisi tentang proses bagaimana suatu mesin dapat bekerja. Secara umum sistem kerja mesin dapat di bedakan menjadi dua, yaitu sistem kerja manual dan sistem kerja otomatis.

Sistem kerja mesin ini adalah mesin akan dapat bekerja jika MCB diaktifkan beserta dengan CP-nya. Dan urutan kerjanya adalah menekan tombol *push button master on* untuk mengaktifkan program mesin, menekan tombol *hydro on* untuk menghidupkan motor hidrolik dan menekan tombol *home position* untuk memposisikan mesin pada kondisi *homepos*.

Dapat diketahui juga, bahwa mesin ini mempunyai dua sistem kerja, yaitu secara manual dan otomatis. Untuk memilih *mode* tersebut, dilakukan dengan memposisikan *selector switch* pada posisi *auto* atau *manual*.

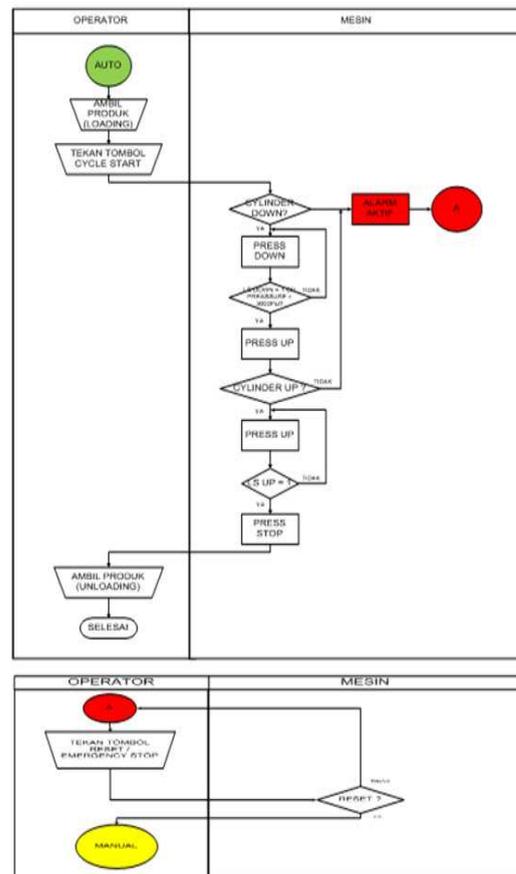
Dapat diketahui bahwa sistem dioperasikan oleh dua perantara yaitu operator dan mesin. Operator berfungsi untuk menekan tombol secara langsung dan mesin juga dapat memberikan masukan langsung, tetapi itu tergantung kepada operator yang menekan.

Prinsip kerja dari sistem manual mesin ini adalah operator selalu berperan aktif untuk selalu memberikan masukan. Yaitu ketika silinder *down*, operator harus selalu menekan tombol. Jika tombol dilepas, maka silinder akan berhenti. Jika mesin mengalami masalah seperti ketika tombol *ramp* ditekan

tetapi silinder tidak mau bergerak. Maka akan memberikan instruksi alarm untuk aktif. Untuk menanggulangi hal tersebut maka mesin harus di-*reset* dengan menekan tombol *emergency stop*.

Selain menggunakan sistem kerja secara *manual*, mesin ini juga menggunakan sistem kerja secara otomatis. Sistem perancangannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sistem kerja mesin secara otomatis

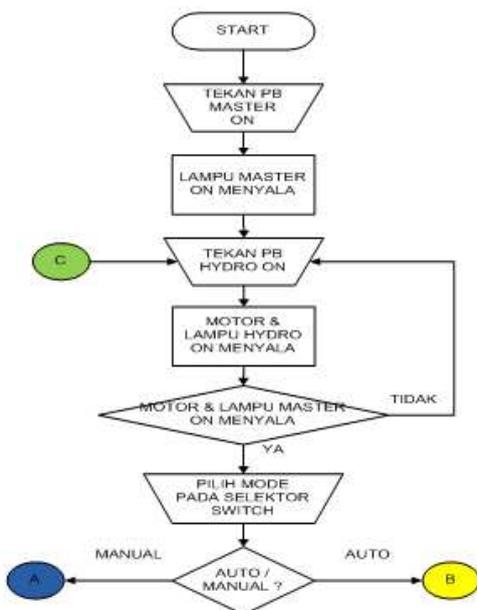


Berdasarkan Tabel 1 sistem kerja otomatis diawali pada penekanan tombol *cycle start*. Setelah tombol *cycle start*, mesin bekerja secara otomatis yaitu silinder bergerak turun dan apabila *limit switch down* tertekan, maka silinder akan langsung bergerak keatas dan akan berhenti ketika *limit switch up* tertekan. Ketika silinder tidak mengalami reaksi ketika tombol telah ditekan maka indikator *alarm* akan berbunyi.

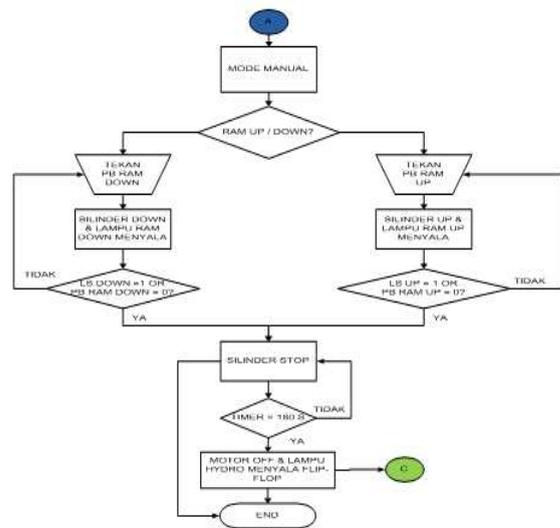
Bebunyinya indikator ini menandakan bahwa mesin dalam keadaan *error*. Untuk menanggulangi hal tersebut digunakanlah tombol *reset* atau *emergency stop*. Ketika tombol *emergency* di tekan, maka program akan *mereset* ke awal.

Pemrograman

Konsep utama dari program yang akan dibuat adalah mengacu pada sistem kerja mesin. Mesin ini sistem kerjanya dibedakan menjadi dua yaitu secara manual dan otomatis. Maka dalam pembuatan programnya pun juga di bagi menjadi dua. Sebelum membuat program, terlebih dahulu untuk membuat *flow chart* program mesin. *Flow chart* ini bertujuan untuk mempermudah proses pembuatan program. Gambar 9 menunjukkan *flow chart* program utama dari mesin ini, di mana pada *flow chart* tersebut adalah program persiapan seperti *master on*, *hidro on* dan pemilihan mode pengoperasian mesin. Pemberian sinyal masukan dilakukan secara manual dengan menekan tombol *push button* masing-masing. Apabila pemilihan mode telah dilakukan, maka *flow chart* akan berlanjut ke *flow chart* atau program selanjutnya.



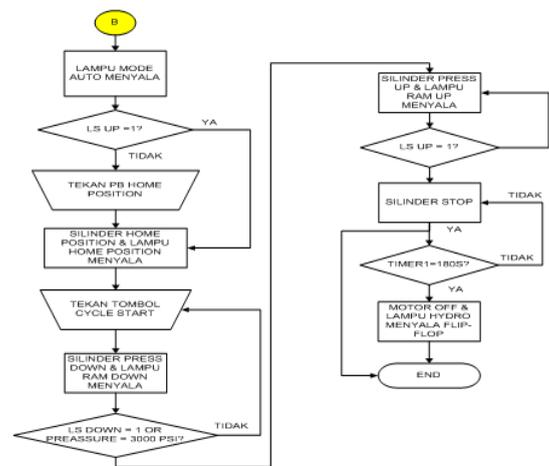
Gambar 9. *Flow chart* program main



Gambar 10. *Flow chart* program manual

Gambar 10 di atas merupakan *flow chart* program manual pada mesin ini. Prinsip kerja program manual seperti program *tiching*, dimana mesin akan bekerja apabila tombol ditekan dan jika tombol dilepas, maka proses kerja akan berhenti. Dalam mesin ini, mode pengoperasian secara manual hanya dapat dilakukan dengan menekan tombol-tombol yang terdapat pada main panel.

Selain program manual tersebut, mesin ini juga dapat bekerja secara otomatis. Berikut ini merupakan *flow chart* program otomatisnya.



Gambar 11. *Flow chart* program otomatis

Dari Gambar 11 di atas, dapat dilihat bahwa program otomatis dapat dilakukan dengan syarat mesin harus berada pada *home position* terlebih dahulu. Jika mesin tidak berada pada posisi, maka *pb homepose* harus ditekan terlebih dahulu dan proses kerja dapat dilakukan dengan menekan tombol *cycle start*.

Dari kedua *flow chart* di atas, program otomatis ataupun program manual tidak boleh bekerja secara bersamaan. Untuk mencegah hal itu dilakukan *interlock* antara program otomatis dan program manual.

Pada *flow chart* program manual, prinsip kerja mesin yaitu mesin akan bekerja (*proses up* atau *down*) jika tombol *push button ram* pada panel ditekan dan jika tombol tersebut dilepas, maka silinder akan berhenti. Selain itu, silinder juga akan berhenti apabila *limit switch* tertekan.

Pembuatan Program PLC

Dalam pembuatan mesin *press dust cover* ini, pemrograman dilakukan menggunakan laptop atau komputer dengan menggunakan *software GX developer version 8.2*. Dimana pembuatan program ini disesuaikan dengan proses kerja dan kondisi yang diinginkan serta pemenuhan spesifikasi pemrograman yang diinginkan atau sesuai dengan data yang telah dibuat sebelumnya. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *ladder diagram* yaitu berupa pernyataan skematik dari suatu rangkaian listrik yang terdiri dari beberapa baris yang menyerupai anak tangga. Berikut beberapa contoh fungsi khusus dalam pemrograman sistem kontrol pada mesin *press dust cover*.

Saat melakukan pembuatan program, terlebih dahulu dilakukan pengecekan terhadap hardware yang telah dibuat. Pengecekan piranti masukan dan keluaran dapat dilakukan menggunakan multimeter. Tujuannya adalah untuk memastikan tidak ada masalah yang terjadi pada *hardware* yang telah dibuat.

Setelah dilakukan pengecekan, pembuatan program dapat dilakukan. Pada pembuatan program ini dilakukan melalui tiga proses yaitu proses inialisai piranti masukan, program utama dan hasil piranti keluaran. Langkah-langkah awal yang harus dilakukan yaitu menyetting parameter dari program yang akan dibuat.

Master ON

Pada mesin ini, perintah *master on* dilakukan dengan menekan tombol yang terhubung dengan masukan PLC (X002). *Master on* berfungsi untuk mengaktifkan rangkaian di dalam panel. Perintah *Master on* ini adalah kunci utama dalam program ini. Rangkaian atau program tidak akan bekerja apabila tombol *master on* ini belum ditekan atau aktif.

Dapat dijelaskan pada point (a) adalah pengalamatan dari masukan tombol *master on*. (b) Tombol *master on* (M100) akan selalu aktif sebelum tombol EMG (M1) diaktifkan, karena pada *leader* ini dipasang kontak M100 sebagai pengunci. (c) Ketika program *master on* aktif atau bekerja, program tersebut akan menaktifkan keluaran (Y004). Kontak Y004 adalah kontak yang dipakai untuk lampu *master on*.

Selektor mode (Manual / Otomatis)

Program selektor *mode* digunakan untuk memilih *mode* kerja mesin, apakah digunakan secara manual atau otomatis. Masukan pada program *mode* ini adalah selektor (X00). Prinsip pada program *mode* ini adalah ke dua program saling *interlock*. Maksudnya di dalam proses kerja mesin, kedua program ini tidak diperbolehkan bekerja secara bersamaan. Masukan dari selektor dibuatkan pengalamatan koil atau *internal relay* sendiri (M0).

Pengalamatan dari masukan tombol selektor (X00). (b) Pada pemilihan *mode* manual ataupun otomatis terdapat kontak M100 (*master ON*). Kontak tersebut adalah syarat dalam program *mode*. Program *mode* tidak akan diaktifkan sebelum program *master ON*

aktif. Di dalam program tersebut yang menjadi pembeda adalah kontak M0, yaitu pada *mode* manual dipakai kontak NO dari M0 dan *mode* otomatis dipakai kontak NC dari M0. Didalam program tersebut yang menjadi *interlock* adalah MC N0 M1000 yang dibatasi dengan MCR N0 pada program manual dan MC N1 M1001 – MCR N1 pada program otomatis. Maksud dari program tersebut adalah, ketika mesin dalam kondisi *mode* manual (kontak M0) dalam kondisi NC dan akan mengaktifkan kontak MC N0 M1000. Ketika kontak tersebut aktif, pada kontak program otomatis tidak akan aktif atau tidak berpengaruh baik dalam program maupun proses kerja. Begitu juga dengan program *mode* otomatis.

Perintah *hydro ON* pada program ini digunakan untuk mengaktifkan motor hidrolik ON. Pada Gambar 4.37 X006 merupakan alamat dari masukan tombol *hidro ON*. Syarat untuk mengaktifkan program *hidro on* adalah *master on* (M100). Pada program tersebut terdapat kontak M112 dan M129 (kontak *save energy*), jadi program hidrolik akan berhenti disaat (c) Kontak NC dari MO dihubungkan dengan kontak M130 yang dipakai untuk mengaktifkan kontak Y010 (Lampu *mode* otomatis)

4. ANALISIS PENGUJIAN DAN HASIL

Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras pada sub-bab ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan dari hasil perhitungan spesifikasi secara manual atau perhitungan matematis dengan pengujian yang dilakukan secara langsung pada mesin. Perhitungan tersebut meliputi perhitungan daya total mesin dan perhitungan besar arus yang dihasilkan mesin. Ketika dilakukan perhitungan daya total mesin terhadap komponen-komponen yang digunakan telah didapatkan daya total sebesar 1,036 KW.

Sedangkan ketika dilakukan pengukuran menggunakan tang *ampere* didapatkan hasil bahwa arus yang

dihasilkan oleh mesin sebesar 4,37 A. hasil tersebut sedikit berbeda dengan hasil yang telah dihitung berdasarkan spesifikasi komponen yang dipakai.

Pengujian Program

Proses pengujian awal dapat dilakukan dengan cara mengujinya di komputer melalui *GX-Simulator*. Prinsip kerjanya sama seperti saat menguji secara langsung di perangkat.

Cara pengujian perangkat masukan adalah dengan cara manual, yaitu menghubungkan PLC dengan personal computer (PC). Kemudian melakukan manipulasi secara manual untuk melihat pada program PLC di PC apakah piranti masukan yang dipakai berfungsi atau tidak. Langkah lain juga dapat dilakukan dengan cara melihat pada PLC-nya. Perhatikan lampu indikator yang terdapat pada PLC. Tekan semua tombol masukan satu persatu, apakah semuanya berfungsi dengan baik atau tidak. Sedangkan pengujian keluaran dilakukan dengan mengaktifkannya secara aman dengan menekan masukan yang spesifik dan syarat-syarat tertentu dan mengamati keluaran PLC.

Setelah program di-*download* ke perangkat PLC mesin *press dust cover* pengujian dapat dilakukan dengan cara memilih menekan tombol *master ON*. Mengamati PLC, apakah ada tanda masukan yang menyala atau tidak. Amati juga pada tanda keluarannya. Apabila tahap tersebut benar, lanjutkan ketahap memilih *mode* penggunaan mesin. Misalkan pada pengujian menggunakan *mode* otomatis, apakah lampu indikator otomatis menyala. Apabila semuanya berjalan dengan benar, lakukan pengujian ke proses-proses selanjutnya. Berikut tahapan-tahapan dalam pengujian masukan dan keluaran, diantaranya adalah:

1. Memastikan PLC telah diaktifkan dengan tegangan 220 VAC langsung dari sumber tegangan AC.
2. Menekan masukan yang akan memberi sinyal masukan pada PLC.
3. Mengamati apakah alamat lampu indikator piranti masukan pada PLC

- menyala sama dengan piranti masukan yang diuji.
4. Melihat program PLC pada PC berupa *ladder diagram* apakah menunjukkan warna hijau pada setiap kontak yang terhubung.
 5. Mengamati apakah alamat lampu indikator piranti keluaran pada PLC menyala sama dengan piranti keluaran yang diuji.

Pengujian masukan PLC

Pengujian masukan PLC dilakukan dengan cara mencoba atau menekan piranti masukan untuk mengetahui respon dari PLC. Respon yang dihasilkan dapat dilihat dari lampu indikator yang terdapat pada PLC, apakah indikator tersebut menyala atau tidak. Selain itu dapat dilakukan dengan cara pengukuran secara langsung menggunakan alat ukur multimeter. Hasil dari pengujian masukan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pengujian masukan PLC

MASUKAN				
No	Alamat	Keterangan	OK	NG
1	X000	Selektor AUTO/MAN	✓	
2	X001	<i>Emergency stop</i>	✓	
3	X002	<i>Master ON</i>	✓	
4	X003	<i>Home position</i>	✓	
5	X004	<i>Ram Up</i>	✓	
6	X005	<i>Ram Down</i>	✓	
7	X006	<i>Hydro ON</i>	✓	
8	X007	<i>Cycle start</i>	✓	
9	X010	<i>Retract</i>	✓	
10	X011	<i>Limut switch Up</i>	✓	
11	X011	<i>Limit switch Down</i>	✓	

Pengujian keluaran PLC

Pengujian keluaran PLC pada mesin ini dilakukan seperti dengan pengujian masukan PLC. Pengujian dilakukan dengan melihat lampu indikator pada PLC. Ketika suatu masukan ditekan, apakah menghasilkan keluaran yang sesuai dengan program yang dibuat. Pengujian ini bertujuan untuk mengecek apakah perintah kerja dari setiap

masukan berfungsi secara baik. Hasil pengujian keluaran PLC dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data pengujian keluaran PLC

OUTPUT (KELUARAN)				
No	Alamat	Keterangan	OK	NG
1	Y0	Kontaktor Motor ON	✓	
2	Y1	<i>Buzzer dan Alarm</i>	✓	
3	Y2	<i>Relay Up</i>	✓	
4	Y3	<i>Relay Down</i>	✓	
5	Y4	Lampu Master ON	✓	
6	Y5	Lampu <i>Ram Up</i>	✓	
7	Y6	Lampu <i>Ram Down</i>	✓	
8	Y7	Lampu <i>Home Position</i>	✓	
9	Y10	Lampu Auto	✓	
10	Y11	Lampu Hydro ON dan Save Energy	✓	
11	Y14	Lampu <i>Signal Tower Merah</i>	✓	
12	Y15	Lampu <i>Signal Tower Kuning</i>	✓	
13	Y16	Lampu <i>Signal Tower Hijau</i>	✓	

Dari Tabel 3 menunjukkan pengujian keluaran pada komponen-komponen keluaran mesin bekerja sesuai dengan fungsi tiap komponen. Parameter yang diamati adalah dari segi tegangan yang keluar dari masing-masing keluaran. Apabila keluaran tersebut ON maka tegangan yang keluar adalah 24 VDC. Sedangkan pada pengujian masukan parameter yang diamati adalah apakah komponen masukan pada mesin dapat terhubung dengan alamat masukan yang di PLC. Selanjutnya mengaktifkan komponen-komponen keluaran pada mesin.

Pengujian Fungsi Kerja Mesin

Pengujian ini dilakukan dengan cara melihat secara langsung bagaimana kerja dari mesin *press dust cover*. Proses kerja mesin ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghubungkan power dengan menyalakan MCB pada panel mesin
- b. Menekan tombol *master on* untuk mengaktifkan komponen panel
- c. Memilih *mode* yang digunakan, Auto atau Manual

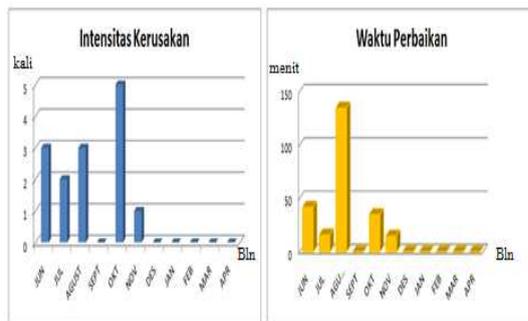
Hasil

Setelah dilakukan proses perencanaan, pembuatan dan pengujian maka tahap selanjutnya adalah melihat hasil yang diperoleh. Apakah hasil yang diperoleh

sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Berikut ini adalah beberapa hasil yang didapatkan setelah melakukan proses retrofit.

Intensitas Kerusakan

Setelah dilakukan proses retrofit dan trial mesin selama empat bulan, didapatkan data pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik intensitas kerusakan mesin setelah retrofit

Gambar 12 memperlihatkan kondisi mesin setelah dilakukan retrofit. Data tersebut didapatkan dari data *historical machine* dari pihak *maintenance*. Dari data tersebut memperlihatkan bahwa intensitas kerusakan mesin yang sebelumnya terjadi intensitas kerusakan yang cukup sering yaitu rata-rata mencapai dua kali setiap bulan dan pernah terjadi kerusakan sampai lima kali di bulan oktober 2012. Selain dari data intensitas kerusakan, waktu perbaikan mesin juga memerlukan waktu yang lama. Sebagai contoh pada bulan Agustus terjadi kerusakan yang waktu perbaikannya mencapai 120 menit.

Setelah dilakukan retrofit, intensitas kerusakan mesin menjadi berkurang atau tidak terjadi kerusakan, sehingga waktu perbaikannya tidak ada selama masa periode pengamatan yaitu bulan Januari sampai April 2013. Data tersebut tercatat semenjak dilakukan retrofit yaitu bulan Desember 2012 sampai April 2013 tidak terjadi kerusakan mesin. Dari data tersebut kita juga dapat menghitung mean time to repair

(MTTR). Perhitungan dilakukan dengan rumus :

$$MTTR = \frac{\text{Breakdown time}}{\text{Frekuensi breakdown}}$$

Rata rata breakdown sebelum retrofit yaitu: MTTR = 104,3 menit

Setelah dilakukan retrofit pada bulan Desember, diperoleh data bahwa : MTTR = 0 menit.

Jadi, setelah dilakukan retrofit, MTTR yang sebelumnya (bulan Juni-November 2012) berubah menjadi 0 menit (dari bulan Januari – April 2013).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari proses retrofit sistem kontrol pada mesin *press dust cover*, maka sistem control berbasis PLC yang telah dibuat dengan jumlah masukan sebanyak 12 piranti dan jumlah keluaran sebanyak 13 piranti dapat menggantikan fungsi sistem kontrol berbasis *relay* serta dapat mengurangi intensitas kerusakan mesin. Rata-rata kerusakan mesin sebelum retrofit yaitu dua kali per bulan menjadi tidak terjadi kerusakan selama periode penelitian bulan januari 2013 sampai april 2013. Komponen-komponen yang digunakan pada mesin sesuai dengan standard perusahaan seperti standard warna dan ukuran kabel, peletakan komponen serta adanya buku manual. Program dapat dibuat menggunakan *GX-Developer* dan telah sesuai dengan alur kerja mesin, yaitu *press up* dan *prerss down*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardi, S., Lin Prasetyani, Reza Guntur Budianto, *Pokayoke Control System Design using Programmable Logic Controller (PLC) on Station Final Check Propeller Shaft*, Halaman: C-74 – C-80, Proceeding Annual Engineering Seminar 2013, ISBN: 978-602-98726-2-0.
- [2] G. Valencia-Palomo, J.A. Rossiter, *Programmable logic controller implementation of an auto-tuned predictive control based on minimal*

- plant information*, ISA Transactions 50 (2011), pp. 92-100.
- [3] Suhartinah, Ardi, S., *Otomatisasi Pergerakan Table Slide GW (Grinding Wheel) Seat Grinder NTV-618 Dengan Menggunakan Induction Motor Brake*, Halaman: 381-388, Seminar Nasional Industrial Services, SNIS 2013, Cilegon, Indonesia, 8 Oktober 2013, Untirta, Indonesia.
- [4] Ardi, S., Sapiih, *Otomatisasi Pergerakan Table Slide GW (Grinding Wheel) Seat Grinder NTV-618 dengan Menggunakan Induction Motor Brake*, Annual Engineering Seminar 2015, UGM, Yogyakarta, Indonesia.