

MODIFIKASI PROSES DAN SISTEM MEKANIK *MOULDING LINE* A UNTUK MENGHILANGKAN *LINE STOP* PADA *EQUIPMENT CYLINDER HEAD* DI PT. TOYOTA MOTOR MANUFACTURING INDONESIA

Ir Djoko Subagio, MT, MSc., Aulia Nur Rahman
Program Studi Teknik Produksi Dan Proses Manufaktur
Konsentrasi Mekatronika
Politeknik Manufaktur Astra Jakarta
Gedung Astra (B) JL. Gaya Motor Raya No. 8 Sunter II, Jakarta 14330
Telp. (021) 651 9555 ext. 2880 Fax. (021) 651 9821

Abstrak

Moulding line A merupakan *line* mesin *moulding* yang difungsikan untuk mencetak cetakan/*flask* bagian atas (*cope*) dan cetakan/*flask* bagian bawah (*drag*). Dalam *monitoring*-nya, *line* ini menggunakan alat yang bernama *Overall equipment effectiveness* (OEE). Adanya peningkatan target OEE hingga 97% pada bulan Desember 2013 yang mana target sebelumnya adalah bernilai 95,08% pada bulan November 2013, sehingga mengakibatkan turunnya pencapaian efisiensi OEE pada bulan Desember 2013. Penurunan ini akibat dari turunnya pencapaian efisiensi *availability* (efisiensi mesin terhadap OEE) pada bulan Desember 2013 dan Januari 2014 hingga mencapai rata-rata 1,21%, yang mana efisiensi ini merupakan salah satu faktor pencapaian OEE. Kerusakan atau *error* yang terjadi di *line* ini mengakibatkan *line stop* di *moulding line*, terutama yang sangat sering terjadi adalah pada *equipment cylinder head*. Modifikasi proses ini dilakukan dengan cara memodifikasi proses *sand measuring* yang sebelumnya bekerja setelah *louver gate close* menjadi bekerja setelah *squeeze jolt*. Dengan cara mengubah sistem mekanik *gate* pada *belt feeder* yaitu mengubah ketinggian *gate*-nya dengan tujuan untuk mengurangi waktu pada proses *sand measuring*. Modifikasi ini mampu menghilangkan *line stop* pada *moulding line A* hingga 0% *line stop* kemacetan pada *equipment cylinder head*.

Kata Kunci : *line stop*, *moulding line A*, OEE.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia (PT. TMMIN) Sunter II Plant merupakan perusahaan yang terletak di kawasan Sunter, Jakarta Utara. PT. TMMIN Sunter II Plant memiliki 4 Divisi, yaitu Divisi *Stamping*, *DJCD* (*Dies Jig Creative Division*), *PAD* (*Plant Administration Division*), dan Divisi *Casting*. Divisi *Casting* didirikan pada tanggal 12 Maret 1991, dengan luas wilayah 65.028m² dan luas bangunan 13.335 m². PT. TMMIN Sunter II Plant per bulan Juli 2013 memiliki 217 tenaga kerja. Saat ini PT. TMMIN Sunter II Plant memproduksi 2 macam produk untuk keperluan produksi otomotif, yaitu: silinder blok 1 TR, 2 TR dan *camshaft*.

PT. TMMIN menerapkan bahwa pelanggan (*customer*) adalah proses selanjutnya (*next process*). Tingginya produksi Divisi *Engine* Sunter I Plant sebagai pelanggan dari Divisi *Casting* terhadap produk ini sangat mempengaruhi waktu dan efektivitas produksi. Efektivitas produksi sangat berpengaruh pada waktu, kondisi mesin dan lingkungan industri. Selain itu, efektivitas produksi juga sangat berpengaruh terhadap beberapa faktor penghambat yang dapat menurunkan tingkat efisiensi. Oleh karena itu, perusahaan memiliki target efisiensi tersendiri, salah satunya di Divisi *Casting*. Efisiensi divisualisasikan dengan *Overall Equipment Efficiency* (OEE). OEE adalah gabungan dari beberapa perhitungan, yaitu terhadap efisiensi proses (*PE*), keadaan mesin (*AV*) dan keberhasilan terhadap pencapaian produk (*RQ*) hasil produksi setiap hari. Tingginya produksi ini memberikan tantangan pada Divisi *Casting* untuk menaikkan target OEE menjadi 97% dari waktu produksi per 1 hari, yang mana sebelumnya target di

Divisi *Casting* yaitu sebesar 95,08% dari waktu produksi. Nilai ini (OEE) diambil dari beberapa perhitungan, diantaranya yang pertama adalah terhadap *Availability* (*AV*) yaitu pencapaian OEE terhadap *line stop* mesin di *moulding line*, dan *sand preparation line* (*line* tempat mengirim pasir ke mesin *moulding*). Kedua adalah terhadap *Performance Efficiency* (*PE*) yaitu tingkat pencapaian OEE terhadap proses pada *line* di Divisi *Casting*. Ketiga adalah terhadap *Rate of Quality* (*RQ*) yaitu OEE terhadap pencapaian dalam menghasilkan produk dalam kondisi yang baik. Maka untuk mencapai target OEE sebesar 97%, ketiga acuan (*AV*, *PE*, dan *RQ*) tersebut masing-masing harus bernilai 99%, sehingga dalam hal ini ditegaskan bahwa tingkat kerusakan dan cacat yang mengakibatkan *line stop* yang diperbolehkan dari ketiga acuan itu adalah 1% kerusakan mesin atau kerusakan produk (*losses*) dalam 1 *shift* produksi. Faktor penghambat inilah yang harus diturunkan, dikurangi dan dihilangkan.

Dengan ditingkatkannya sasaran atau target efisiensi hingga sebesar 97% dari waktu produksi per satu hari, memberikan akibat seluruh kinerja mesin di *Casting Plant* juga meningkat. Meningkatnya kinerja mesin harus diimbangi dengan batas dan kapasitas kerja yang bisa dilakukan oleh mesin tersebut, namun fakta di lapangan yaitu efisiensi OEE menurun hingga 91,08% pada bulan Desember 2013 (berdasarkan data produksi PT. TMMIN Sunter II Plant). Dengan demikian, artinya diantara target *AV*, *PE*, dan *RQ* menurun, sehingga harus diperbaiki ke target semula yaitu dengan nilai efisiensi sebesar 97% dari waktu produksi per 1 hari. Hal ini artinya kapasitas kinerja mesin kurang mampu jika waktu produksi ditingkatkan.

Pada Divisi *Casting* terdapat *moulding line* yang menerapkan proses otomatisasi pada setiap urutan kerja mesin yang berkesinambungan atau terus-menerus

(sequence), sehingga sangat tinggi tingkat kerusakan dan problem yang akan terjadi dan besarnya tingkat efisiensi (OEE) sangat berpengaruh dari line ini, yaitu nilai Availability (AV). Dalam hal ini sangat difokuskan pada line moulding A yaitu mesin moulding. Line ini adalah line tempat pencetakan produk silinder blok 1 TR, 2 TR dan camshaft 1 TR, 2 TR dengan proses otomatisasi yang cukup tinggi sehingga dibutuhkan keakuratan yang tinggi pula. Pada kondisinya mesin moulding tidaklah selalu berjalan lancar, beberapa kondisi proses pada mesin membuat line stop di line ini, diantaranya adalah proses sand measuring yang mana proses ini adalah proses pengisian pasir dari belt conveyor ke hopper JSN. Untuk menurunkan tingkat line stop gerakan cylinder head lambat atau macet di moulding mesin dilakukanlah modifikasi sequence atau urutan kerja program dan juga modifikasi gate pada belt feeder / belt conveyor yang menyuplai pasir ke louver gate. Diharapkan modifikasi ini dapat menurunkan tingkat line stop pada moulding line A, mesin moulding.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mengurangi line stop pada moulding line A akibat dari equipment cylinder head yang macet dengan memodifikasi urutan kerja mesin menggunakan PLC Sharp JW-100CUH.
2. Bagaimana akibat dari modifikasi sistem mekanik di mesin moulding dan pengaruhnya terhadap urutan waktu (cycle time) mesin moulding.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penulisan penelitian ini penulis membatasi permasalahan yang ada yaitu:

1. Membahas modifikasi urutan kerja proses mesin molding dengan cara melakukan modifikasi program mesin molding di molding line A menggunakan PLC Sharp JW-100CUH
2. Membahas modifikasi mekanik mesin molding;
3. Tidak membahas aliran proses casting secara terperinci;
4. Tidak membahas urutan kerja keseluruhan proses moulding line;
5. Tidak membahas proses pencampuran senyawa, pencampuran seacol, bentonite dan sebagainya untuk proses pasir.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengenal, memahami, mempelajari dan menerapkan sistem kontrol menggunakan PLC dalam proses modifikasi urutan kerja mesin di mesin moulding. Diharapkan hasil perbaikan ini dapat menyelesaikan masalah line stop pada mesin moulding yang salah satunya adalah akibat dari equipment cylinder head macet.

1.4.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian modifikasi urutan kerja mesin adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi line stop equipment cylinder head macet pada moulding line A atau mesin moulding untuk peningkatan pencapaian efisiensi Divisi Casting.
2. Mengurangi waktu dalam proses sand measuring akibat dari modifikasi program dan sequence mesin.

II LANDASAN TEORI

2.1 Proses Casting (Pengecoran)

Casting atau Pengecoran adalah suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan parts dengan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi. Logam cair akan dituangkan atau ditekan ke dalam cetakan yang memiliki rongga sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Setelah logam cair memenuhi rongga dan kembali ke bentuk padat, selanjutnya cetakan disingkirkan dan hasil cor dapat digunakan untuk proses sekunder.

2.2 PLC (Programmable Logic Controller)

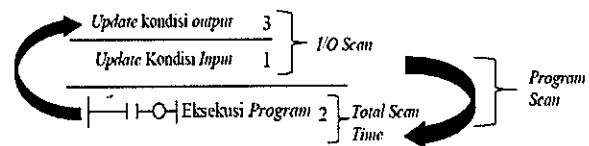
2.2.1 Pengertian PLC

PLC terdiri dari 3 (tiga) kesatuan nama yang memiliki definisi masing-masing. Definisi sederhana dari PLC yaitu:

1. Programmable, artinya dapat diprogram (software based).
2. Logic, artinya dapat bekerja berdasarkan logika yang dibuat. Logika di sini biasanya menunjuk pada logika Boolean yang hanya terdiri dari 2 (dua) keadaan, ON dan OFF.
3. Controller, artinya pengendali (otak) dari suatu sistem.

2.2.2 Prinsip Kerja PLC

PLC bekerja secara simultan, yaitu beberapa instruksi dengan alamat yang sama (sekalipun berada di tempat program yang berjauhan) akan dikerjakan secara simultan (scanning). Lihat gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2. 1 Proses kerja PLC secara simultan (scanning)

Dari gambar di atas, diketahui bahwa ada 3 (tiga) langkah pengoperasian dalam pemrograman PLC yang bekerja secara simultan atau scanning, diantaranya yaitu:

1. Periksa data masukan

Pada tahap ini PLC akan melihat masing – masing status masukan (input) apakah kondisinya sedang ON atau OFF. Hal ini dinamakan i/o scan.

2. Eksekusi Program

Pada tahap ini, PLC akan mengeksekusi program (diagram tangga) per-instruksi.

Eksekusi akan dilakukan dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah pada *ladder*.

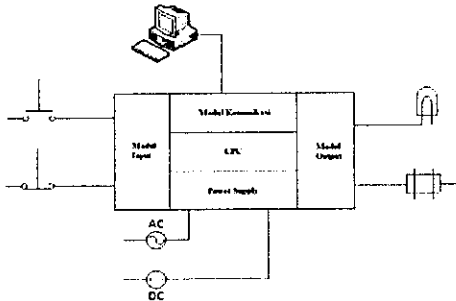
3. Perbaharui status keluaran

Pada tahap ini, PLC akan memperbaharui atau meng-*update* status keluaran. Setelah langkah 3 ini, PLC akan mengulangi lagi dari langkah 1, demikian seterusnya. Hal ini dinamakan proses program *scan*.

Total scan time adalah waktu yang dibutuhkan *plc* untuk melakukan *update* status *input/output* dan mengeksekusi program.

2.2.3 Komponen-komponen PLC

PLC pada dasarnya terbagi atas beberapa komponen utama. Berikut adalah gambar yang menampilkan hubungan PLC dengan peralatan lain berikut. Lihat gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Hubungan antara PLC dengan Peralatan Lain

2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah alat untuk *me-monitoring* atau mengawasi efektifitas kerja dalam dunia industri, misalnya *OEE* digunakan untuk mengawasi kinerja mesin, produk yang dihasilkan, *down time* yang berlebihan, dan lain-lain. *Tools* ini diterapkan di beberapa dunia manufaktur dengan cara melakukan beberapa perhitungan. Hasil perhitungan ini akan dijadikan bahan evaluasi untuk menentukan hasil kinerja sebuah divisi ataupun perusahaan tersebut. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \dots\dots\dots 2.1$$

Perhitungan *OEE* didasarkan pada tiga faktor, yaitu:

2.3.1 Availability

Availability adalah salah satu faktor untuk menghitung *OEE*, biasanya faktor ini dinilai berdasarkan kinerja mesin, dan *down time* dari mesin yang bersangkutan.

Berikut adalah rumus perhitungan dari Faktor *availability*.

$$Availability (AV) = \frac{Operating Time}{Planned Production Time} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

Operating Time : Waktu / kinerja mesin aktual

Planned Production Time: Rencana waktu produksi

2.3.2 Performances Efficiency

Perhitungan ini bertujuan untuk melihat efisiensi *line* dalam menghasilkan *output* produksi. Adapun rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$PE = \frac{Planned t/t \times Output produksi}{Operating Time}$$

Keterangan:

Planned t/t : *Settingtact time*

Output produksi : Jumlah produksi yang dihasilkan

Operating time: Waktu bekerja- *line stop*

2.3.3 Rate Of Quality

Perhitungan ini bertujuan untuk melihat persentasi benda kerja yang baik ataupun benda yang memiliki cacat. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Rate\ Of\ Quality = \frac{Output\ Production - Unit\ Defect\ Next\ Process}{Output\ Production} \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan:

Unit defect : Jumlah benda kerja cacat

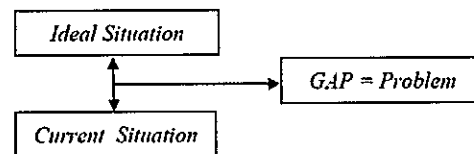
Output production : Jumlah produksi yang dihasilkan.

2.4 Toyota Business Practice

Pada dasarnya, penulis menerapkan dan melaksanakan *improvement* adalah berdasarkan metode *toyota business practice (TBP)*. *TBP* ini merupakan metode atau model pemecahan suatu *problem* PT. TMMIN sebagai pedoman motivasi. Pada dasarnya penerapan *TBP* ini juga diikuti dengan penerapan *toyota way*. *Toyota way* merupakan suatu ajaran pokok yang mendasar yang mengatur segala sistem di PT. TMMIN, *toyota way* mengajarkan nilai-nilai dan tindakan-tindakan dimana seluruh tim *toyota* harus menerapkannya dalam pekerjaan sehari-hari untuk mencapai prinsip pedoman *Toyota*. 2 Konsep inti dari *toyota way* adalah *kaizen / continuous improvement (improvement yang terus-menerus)* dan *respect for people* (hormat kepada sesama).

2.4.1 Pengertian Problem

Toyota mendefinisikan *problem* sebagai "GAP" antara *ideal situation* dan *current kondition* seperti ilustrasi di bawah ini:



Gambar 2.3 Ilustrasi Gap/Problem

Berdasarkan gambar di atas, diketahui bahwa *ideal situation* merupakan suatu kondisi *standard* yang dianjurkan, sedangkan *current situation* merupakan kondisi di lapangan yang terjadi (aktual). Maka dari itu, selisih antara keduanya inilah yang menghasilkan *GAP/problem*.

2.4.2 Step & Proses dari Toyota Problem Solving

Berikut merupakan 7 *tools* yang digunakan oleh penulis untuk melakukan modifikasi di PT. TMMIN, *tools*-nya antara lain:

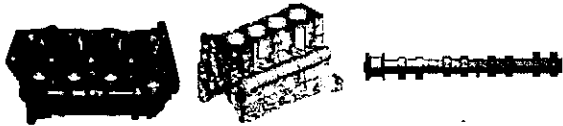
1. Klarifikasi *problem*

2. Breakdown problem
3. Tetapkan target
4. Analisa root cause
5. Membuat rencana countermeasure
6. Pelaksanaan countermeasure
7. Evaluasi hasil dan proses

III PENGUMPULAN DATA

3.1 Pengenalan Produk

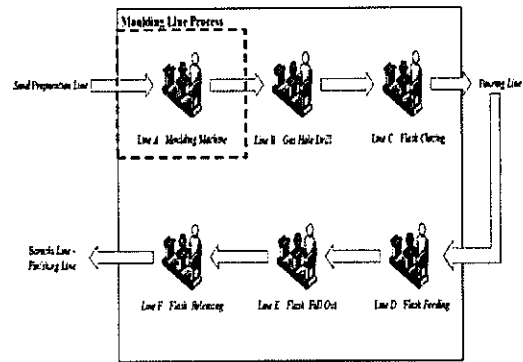
PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia (PT. TMMIN) Sunter II Plant Divisi Casting merupakan perusahaan industri manufaktur yang bergerak di bidang penghasil komponen otomotif. Komponen otomotif yang diproduksi adalah silinder blok 1 TR, 2TR dan camshaft 1 TR, 2 TR. Produk ini dibuat untuk kendaraan kijang, innova dan fortuner. Silinder blok ini adalah hasil dari proses Casting yang terbuat dari bahan besi tuang kelabu (*gray cast iron*) yang merupakan hasil scrap sisa dari Divisi Stamping Sunter II Plant dan dari Karawang Plant. Produk ini kemudian dikirim ke Sunter 1 Plant Divisi Machining untuk proses selanjutnya. Berikut adalah gambar dari produk silinder blok 1 TR, 2 TR, dan camshaft 1 TR, 2 TR di PT. TMMIN Sunter II Plant. Lihat gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3. 1(a) Silinder Blok 1 TR; (b) Silinder Blok 2 TR; (c) Camshaft

3.2 Pengenalan Moulding Line

Ada banyak proses di Divisi Casting, diantaranya proses *melting*, *sand measuring*, *core making*, *pouring*, *RCS*, *dis assembly*, *moulding* dan proses *finishing*. *Moulding line* adalah salah satu line yang paling kompleks prosesnya. *Moulding line* memiliki 6 (enam) sub-line. Pertama line A yaitu line mesin *moulding* tempat pembuatan cetakan bagian atas (*cope*) dan bagian bawah (*drag*) untuk produk silinder blok dan *non-silinder* blok. Kedua adalah line B (*gas hole drilling*) yaitu line tempat pengeboran atau pemberian lubang atau rongga pada hasil cetakan. Ketiga adalah line C (*flask closing*) yaitu line tempat penggabungan cetakan antara cetakan atas dan cetakan bawah. Keempat adalah line D (*flask feeding*) yaitu line tahap pemindahan benda kerja yang telah di *pouring* ke *cooling area*. Kelima line E (*flask full out*) yaitu line pemisahan antara hasil cetakan dengan cetakan. Keenam adalah line F (*flask releasing*) yaitu line pemisahan antar cetakan untuk diteruskan ke proses selanjutnya. *Moulding line* merupakan line vital di Divisi Casting, karena permulaan proses produksi produk silinder blok 1 TR, 2 TR, dan camshaft 1 TR, 2 TR yaitu dalam hal pembuatan cetakan. Berikut adalah aliran proses *moulding line*, lihatlah gambar 3.2 di bawah ini :



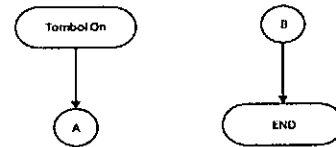
Gambar 3. 2 Aliran Proses Moulding Line

3.3 Pengenalan Line A (Mesin Moulding)

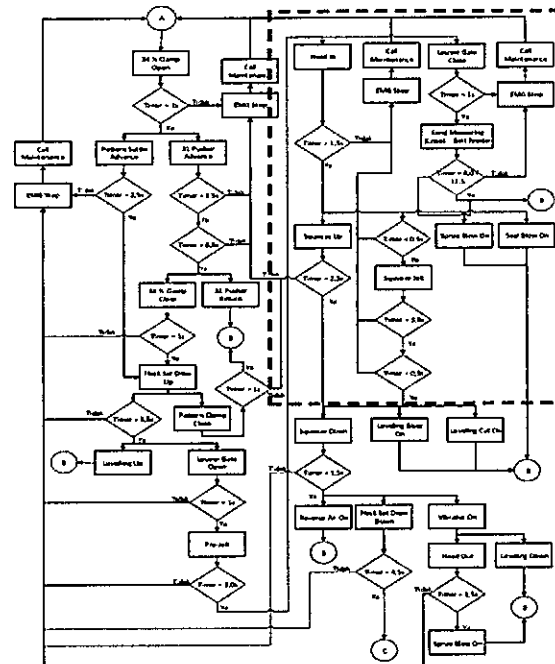
Line A merupakan line mesin *moulding* yang mempunyai fungsi sebagai pembuat cetakan (*mold*) bagian atas (*cope*) dan bagian bawah (*drag*) yang akan dijadikan cetakan untuk produk 1 TR, 2 TR dan camshaft 1 TR, 2 TR. Line ini merupakan proses pertama di *moulding line* yang menerapkan keteraturan dalam urutan kerja mesin. Di line ini penulis melakukan perbaikan.

3.3.1 Aliran Proses Mesin Moulding

Berikut adalah diagram alir proses pada mesin *moulding* sebelum dilakukan perbaikan. Lihat gambar 3.3 di bawah ini:



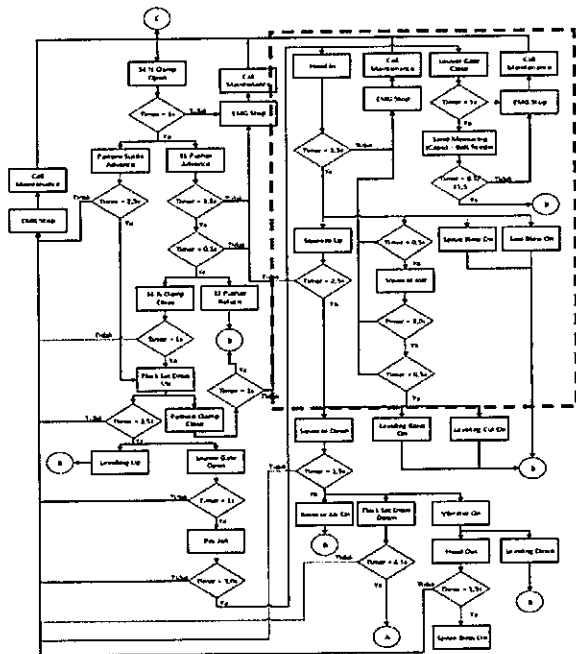
Gambar 3.3 Tombol dan Penghubung Antar Diagram Alir



Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Pembuatan Cope

Dari diagram alir di atas, dijelaskan bahwa proses *sand measuring* saat ini adalah ketika 1 detik (satu detik) setelah proses *louver gate close*

kemudian disusul oleh proses *squeeze (up dan jolt)*. Akibat dari urutan proses itulah yang menyebabkan problem kebocoran pasir ke *roller cylinder head* pada proses pembuatan *cope* (cetakan atas).



Gambar 3.5 Alir Proses Pembuatan Drag

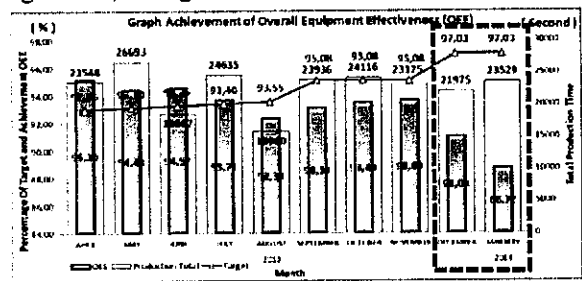
Diagram alir di atas, penjelasannya sama seperti proses pembuatan *cope* yaitu bahwa proses *sand measuring* saat ini adalah ketika 1 detik (satu detik) setelah proses *louver gate close* kemudian disusul oleh proses *squeeze (up dan jolt)*. Akibat dari urutan proses itulah yang menyebabkan problem kebocoran pasir ke *roller cylinder head* pada proses pembuatan *drag* (cetakan bawah).

3.4 Permasalahan di Line A (Mesin Moulding)

Jumlah permintaan produksi dan tuntutan akan kualitas produk silinder blok dan *camshaft* oleh Divisi *Machining* yang semakin meningkat, menuntut perusahaan untuk tetap menjaga efektivitas produksi. Tentunya perusahaan menjadikan hal ini sebagai tantangan. Tidak hanya tantangan untuk memuaskan pelanggan (Divisi *Machining*), tetapi juga hal ini dijadikan sebagai alat untuk memantau kemampuan kinerja produksi dan mesin-mesin produksi dalam membantu mencapai kepuasan pelanggan. Pada praktiknya, dalam menghadapi tantangan tentunya perusahaan mengalami beberapa permasalahan (*gap*). Oleh karena itu, metode pemantauannya perusahaan melakukan beberapa langkah untuk mengetahui dan menyelesaikan jika ada permasalahan yang terjadi dalam pencapaian target atau tantangan.

PT. TMMIN Divisi *Casting* menggunakan *Overall Equipment Efficiency (OEE)* Untuk memantau efektivitas produksi dan peningkatannya. *Tools* ini digunakan untuk memantau kegiatan mesin produksi dan target produksi per harinya. Hal ini dianggap sebagai tantangan (*challenge*) untuk kemajuan perusahaan yang akibatnya perusahaan harus meningkatkan target *OEE* yang sebelumnya sebesar 95,08 % (target tertinggi sebelum ditingkatkan ke

target yang saat ini) menjadi 97% (target saat ini). Berikut adalah grafik peningkatan dan pencapaian target *OEE*, lihat gambar 3.5 di bawah ini:



Gambar 3.5 Grafik Target dan Pencapaian OEE Sampai Dengan Bulan Januari

Dari grafik di atas, ditegaskan bahwa target *OEE* meningkat 2% setelah bulan November 2013, tetapi ada suatu permasalahan saat target *OEE* ditingkatkan, yaitu terjadinya penurunan pencapaian *OEE* yang sangat signifikan yaitu sebesar 91,08% pada bulan Desember 2013 dan 88,72% pada Januari 2014 yang lebih rendah dibandingkan dengan bulan-bulan sebelumnya. Grafik diperoleh dari beberapa nilai acuan efisiensi, diantaranya:

1. Availability (AV)

Availability adalah pencapaian efisiensi terhadap *line stop* mesin di *moulding line* dan *sand preparation line*.

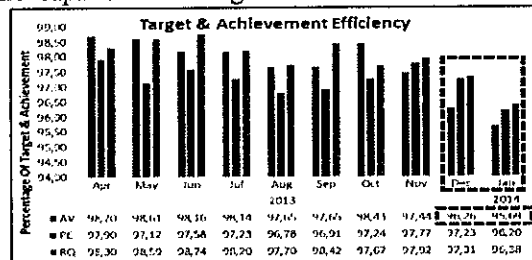
2. Performance Efficiency (PE)

Performance efficiency adalah tingkat pencapaian efisiensi terhadap proses pada *line* di Divisi *Casting*.

3. Rate of Quality (RQ)

Rate of quality adalah efisiensi terhadap pencapaian dalam menghasilkan produk dalam kondisi yang baik.

Untuk mencapai *OEE* sebesar 97%, maka nilai atau pencapaian dari masing-masing nilai acuan untuk mencapai *OEE* yaitu *AV*, *PE*, dan *RQ* yang dianjurkan adalah sebesar 99%. Berikut merupakan grafik yang menjadi nilai acuan efisiensi untuk mencapai *OEE*. Lihat gambar 3.6 di bawah ini:



Gambar 3.6 Grafik Target dan Pencapaian AV, PE, dan RQ Dari Bulan April 2013 Sampai Dengan Bulan Januari 2014

Pada grafik sebelumnya (gambar 3.5), diketahui nilai efisiensi *OEE* pada bulan Desember 2013 yaitu sebesar 91,08%. Nilai ini diperoleh dari gabungan antara nilai *AV*, *PE* dan *RQ* pada bulan Desember 2013. Nilai masing-masing dari ketiga acuan tersebut pada bulan Desember antara lain, *RQ* = 97,31%, *PE* = 97,23%, dan *AV* = 96,26%, sehingga perhitungan dari nilai efisiensi *OEE* yang diperoleh adalah:

$$OEE = AV * PE * RQ$$

$$=97,31\%*97,23\%*96,26\%$$

$$= 0,9731*0,9723*0,9626$$

$$OEE =0,9108 =91,08 \%$$

Nilai *OEE* 91,08% ini tentunya tidak sesuai dengan target *OEE* 97%. Dari gambar 3.6 di atas penulis menyoroti/memfokuskan untuk melakukan klarifikasi lebih lanjut pada bulan Desember 2013 sampai dengan Januari 2014. Dalam pengamatannya terlihat bahwa yang paling mempengaruhi turunnya pencapaian efisiensi *OEE* setelah target efisiensi ditingkatkan adalah dari nilai *availability* (*AV*) dengan rata-rata antara bulan Desember 2013 dan Januari 2014 adalah senilai 95,98% (hasil perhitungan dari $(96,26\%+95,69\%) : 2$). Menurunnya nilai *AV* ini juga menjadi penyebab yang sama penurunan nilai efisiensi pada bulan selanjutnya, yaitu bulan Januari 2014. Sehingga ditetapkanlah nilai *AV* untuk dilakukan proses *breakdown problem*.

3.5 Spesifikasi yang Dibutuhkan Lapangan

Proses perbaikan atau perbaikan terhadap urutan kerja (*sequence*) di mesin *moulding*, maka penulis harus memperhatikan spesifikasi yang dibutuhkan oleh pihak lapangan atau *line head moulding line*. Modifikasi ini diharapkan dapat sesuai dengan keinginan lapangan atau proses di mesin *moulding*. Berikut adalah spesifikasi yang dibutuhkan lapangan:

1. Modifikasi program pada proses di mesin *moulding* tetap memakai *PLC Sharp JW-100CUH*;
2. Modifikasi mekanisasi tidak merubah kualitas, kepadatan (*hardness*) dari produk;
3. Proses modifikasi atau perbaikan diharapkan tidak merepotkan *maintenance* dan tidak melebihi 1 jam mulai dari proses modifikasi sampai dengan uji coba (*trial*);
4. Modifikasi diharapkan masih dalam lingkup waktu produksi di *moulding line* yang telah ditetapkan yaitu berdasarkan *standard cycle time 48"* (empat puluh delapan detik);
5. Urutan kerja mesin yang tidak dimodifikasi, diharapkan tetap sesuai dengan kondisi yang ada saat ini / kondisi standar.

3.6 Sasaran Proses Modifikasi

Pada proses modifikasi ini penulis dan pembimbing industri menetapkan target atau sasaran. Sasarannya yaitu menghilangkan frekuensi kejadian *line stop* yang disebabkan oleh akumulasi pasir bocor yang jatuh ke *roller cylinder* yang mengakibatkan gerakan lambat dan macet menjadi 0 (nol) kejadian setelah bulan februari 2014.

3.7 Spesifikasi Alat yang Digunakan

3.7.1 Perangkat Keras

3.7.1.1 PLC Sharp JW-100CUH

Programmable Logic Controller (*PLC*) *Sharp* dengan modul seri *JW-100CUH* merupakan produk *PLC* yang dikeluarkan oleh PT. Sharp yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Umum *PLC Sharp JW-00CUH*

Spesifikasi Umum <i>PLC Sharp JW-100CUH</i>		
Kapasitas program	RAM	Maksimal 63k words
	EPROM	Maksimal 31,5k words
	EEPROM	Maksimal 15,5k words
<i>I/O control</i>	Total 4096 point masukan dan keluaran (<i>I/O</i>)	
Komunikasi Port	Konfigurasi	RS232C/RS422A
	Koneksi	Dsub-15pin

3.7.1.2 Memori *Highcorder*

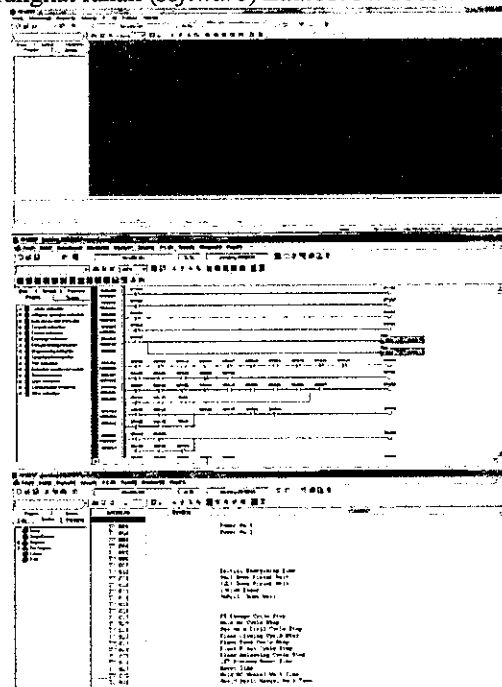
Memori *highcorder* ini digunakan untuk memantau (*monitoring*) keluaran (*output*) melalui gelombang sinusida.

3.7.2 Perangkat Lunak

Untuk melakukan modifikasi program, maka perangkat lunak (*software*) yang digunakan adalah *Ladtool JW100SP*. Pemrograman dengan perangkat lunak ini adalah dengan menggunakan *ladder diagram*. Adapun karakteristik alat ini adalah:

1. Untuk mengetahui sub-sub perintah seperti *register*, *parameter* dan data memori dapat dengan mudah dilihat di sebelah kiri bagian *tool box* di perangkat lunak ini;
2. Kemudahan dalam melakukan akses ke data atau simbol *ladder diagram* dengan memasukkan alamat *ladder* atau label pada jendela pencari;
3. Pengontrolan atau *monitoring* program dilakukan dengan cara melakukan *debug* secara langsung terhadap perangkat keras *PLC* melalui koneksi kabel serial.

Berikut ini merupakan beberapa tampilan dari perangkat lunak (*software*) *Ladtool JW100SP*:



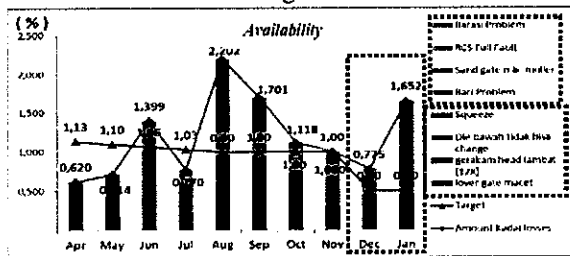
Gambar 3.7 Tampilan Perangkat Lunak *Ladtool JW100SP*

IV PEMBUATAN DAN PENGUJIAN

4.1 Analisa Permasalahan

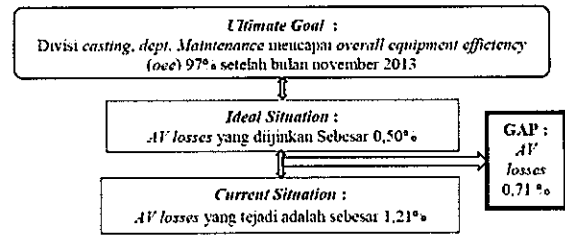
4.1.1 Mengklarifikasi dan Merinci Permasalahan

Berdasarkan pada sub-bab dari bab III, permasalahan terbesar yang mempengaruhi pencapaian OEE adalah pada nilai Availability yaitu hingga mencapai nilai dengan rata-rata antara bulan Desember 2013 dan Januari 2014 adalah senilai 95,98% (hasil perhitungan dari (96,26%+95,69%) : 2). Maka dari itu, nilai availability (AV) dijadikan dasar untuk melakukan perbaikan yang diharapkan dapat mengurangi faktor penurunan nilai efisiensi OEE pada bulan Februari dan seterusnya. Setelah penetapan nilai availability (AV) untuk dijadikan perbaikan, maka langkah selanjutnya adalah merinci permasalahan terhadap nilai atau pencapaian AV. Berikut adalah grafik pencapaian AV sampai dengan bulan Januari 2014. Lihat gambar 4.1 di bawah ini:



Gambar 4.1 Pencapaian Availability (AV)

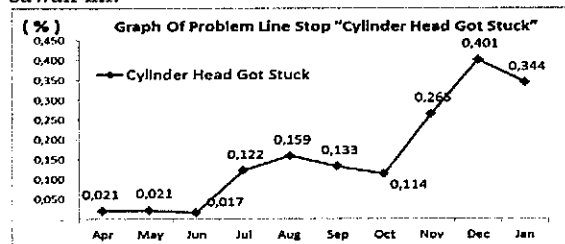
Target AV untuk mencapai OEE 97% adalah 99%. Dapat disimpulkan line stop mesin (losses) yang diijinkan untuk mencapai target AV 99% adalah sebesar 1% losses (losses = 100% - target). Dalam menentukan perhitungan nilai AV, ada 2 pokok yang harus diperhatikan, yaitu penilaian terhadap kadai problem dan case problem. Kadai problem adalah nilai kerusakan atau error di moulding line (mesin moulding) yang dapat mengakibatkan line stop yang frekuensi kejadiannya sering atau berulang-ulang. Sedangkan case problem merupakan nilai kerusakan atau error di moulding line (mesin moulding) yang dapat mengakibatkan line stop namun permasalahan atau problem ini tidak menentu munculnya. Dengan kata lain, case problem adalah problem line stop di mesin moulding yang muncul dan hilang atau tidak terjadi lagi. Gambar 4.1 di atas merupakan penyajian grafik AV yang nilainya diambil dari nilai kadai problem. Terlihat bahwa nilai target losses yang diijinkan adalah sebesar 0,50%. Nilai ini didapatkan dari nilai losses yang diijinkan dari keseluruhan nilai AV sebesar 1% losses dibagi 2. Sehingga nilai losses yang diijinkan adalah sebesar 0,50% dalam satu bulan. Namun pada faktanya, losses yang terjadi pada bulan Desember 2013 dan bulan Januari 2014 rata-ratanya adalah sebesar 1,214% hasil rata-rata di antara bulan Desember 2013 (0,775%) dan Januari 2014 (1,652%). Sehingga terdapat gap antara target dengan keadaan aktual, yaitu sebesar 0,71% losses yang seharusnya tidak ada.



Gambar 4.2 Hubungan antara Gap dengan Ultimate Goal, Ideal Situation, dan Current Situation

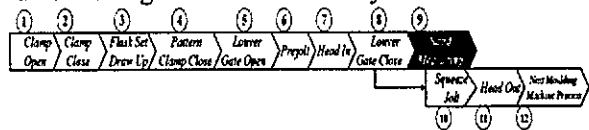
Gap sebesar 0,71% merupakan losses (line stop) yang dihasilkan dari 2 (dua) line, yaitu moulding line dan sand preparation line. Jika dilihat dari gambar 4.1, maka yang menyebabkan line stop terjadi adalah akibat beberapa equipment yang error atau rusak di dua line tersebut.

Problem ini memiliki frekuensi yang paling sering terjadi pada bulan desember 2013 yaitu dengan frekuensi kejadian sebesar 0,401%. Berikut adalah hasil perincian (breakdown) dari problem gerakan equipment head lambat / macet. Lihat gambar di bawah ini:

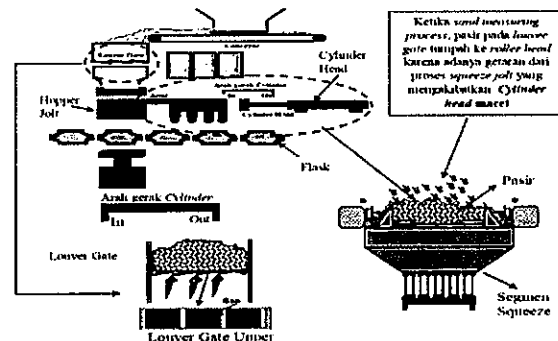


Gambar 4.3 Grafik Line Stop Akibat Dari Problem Gerakan Equipment Head Macet

Untuk merinci permasalahan secara lebih lanjut dan mengetahui akar permasalahannya, maka salah satu langkahnya adalah dengan cara menelusuri proses mesin moulding (trace back process) untuk mengetahui kondisi proses mesin tersebut saat ini. Berikut adalah proses (trace back process) secara umum dari gambar 3.9 sebelumnya.



Gambar 4.4 Proses Mesin Moulding (Trace back Process)



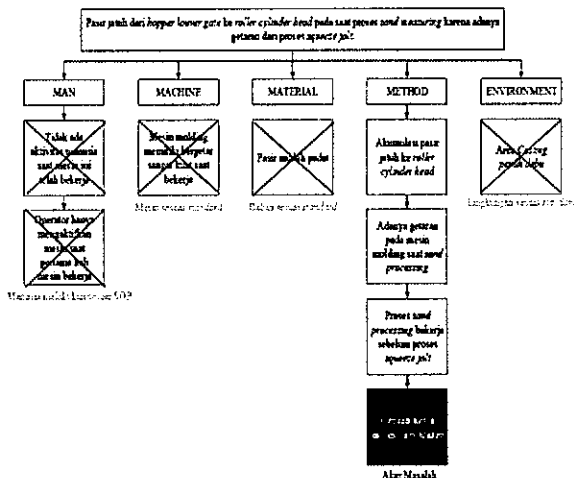
Gambar 4.5 Mesin dan Penyebab Kebocoran Pasir

Penyebab gerakan equipment head macet adalah karena banyaknya pasir yang menumpuk di roller cylinder head. Setelah dilakukan proses trace back

seperti gambar 4.4 di atas, ditemukan bahwa banyaknya pasir yang menumpuk di *roller cylinder head* adalah karena proses *sand measuring* (*Sand measuring* adalah proses pengisian pasir dari *belt feeder* ke *louver hopper*) bekerja bersamaan dengan proses *squeeze jolt*. Proses *squeeze jolt* ini memberikan getaran yang cukup besar pada mesin, sehingga saat proses *supply* pasir, banyak pasir yang jatuh (bocor) ke *roller cylinder head* (lihat gambar 4.5). Hal ini lah yang menjadi pemicu macetnya *roller cylinder head* pada mesin *moulding* yang mengakibatkan *line stop*.

4.1.2 Analisa Akar Masalah (Root Cause Analyze)

Dari permasalahan yang ada, maka diperoleh *problem* atau masalah sementara yang dijadikan dasar untuk dilakukan analisa terhadap akar permasalahannya (*problem to tackle*). Masalah ini disimpulkan bahwa gerakan *head* lambat / macet terjadi ketika proses *sand measuring* pasir dari *hopper louver gate* jatuh ke *roller cylinder head* akibat getaran dari proses *squeeze jolt*. Untuk mengetahui akar permasalahannya, maka dilakukan analisa akar masalah (*root cause analyze*). Berikut adalah aliran (Proses) dari analisa permasalahan yang ada untuk mencari akar masalahnya. Lihat gambar di bawah ini:



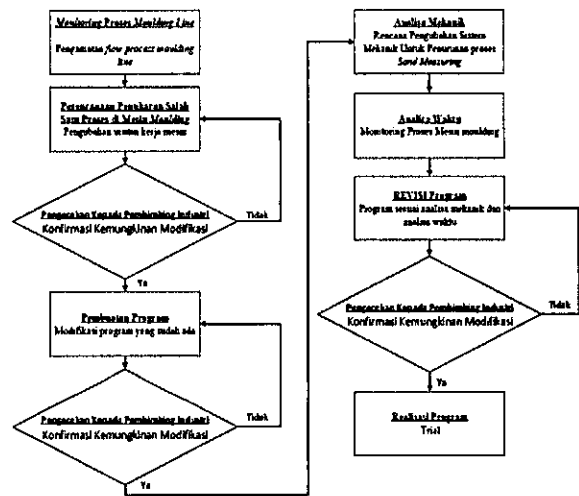
Gambar 4.6 Analisa akar masalah

4.1.3 Rencana Penanggulangan

Berdasarkan analisa akar masalah seperti pada gambar 4.6, diketahui bahwa akar masalah yang menyebabkan gerakan *roller cylinder head* lambat atau macet adalah urutan kerja mesin *moulding* dari *maker* atau *vendor*. Oleh karena itu, penulis bersama dengan pembimbing industri dan *line head moulding* memutuskan untuk menanggulangi permasalahan dengan cara memodifikasi urutan kerja mesin *moulding* tepatnya pada proses *sand measuring* yang sebelumnya bekerja setelah *louver gate*, akan diubah posisi gerakan proses menjadi setelah proses *squeeze jolt*.

4.2 Kegiatan Perbaikan

Adapun alur proses modifikasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7 Alur Proses Kegiatan Modifikasi

4.2.1 Pembuatan Program

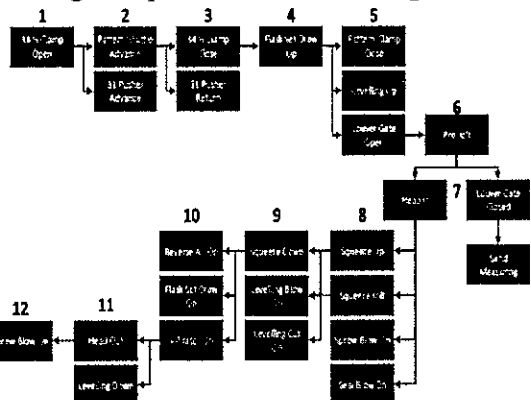
Pemrograman pada mesin *Moulding* menggunakan bahasa diagram tangga (*ladder diagram*). Proses modifikasi dilakukan dengan menggunakan *PLC Sharp JW-100CUH*.

4.2.1.1 Analisa Program

Langkah awal modifikasi adalah analisa program yang dilakukan melalui monitoring program dan urutan kerja mesin dari diagram alir seperti pada bab III sebelumnya. Analisa program bertujuan untuk mengetahui langkah kerja yang perlu dimodifikasi pada program. Dalam analisa ini, penulis hanya menganalisa proses yang mempengaruhi kinerja *sand measuring*.

4.2.1.2 Analisa Waktu

Dalam proses modifikasi program, penulis mengamati proses mesin *molding* secara garis besar. Berikut merupakan sebuah metode untuk mengamati proses di mesin *moulding*.



Gambar 4.8 Pengamatan Proses di Mesin Moulding

4.2.1.3 Analisa Mekanik

Alasan mengapa mekanik dari mesin juga diubah adalah untuk menanggulangi kekurangan waktu atau *cycle time* jika perbaikan dilakukan dengan cara merubah posisi urutan kerja mesin dan mengubah waktu *sand measuring* menjadi lebih singkat. Dengan mengubah ketinggian dari *gate belt feeder* dan waktu *sand measuring*, maka secara langsung akan mengubah debit pasir yang

keluar dari hopper JSN. Berikut adalah data trial dari proses penaikan gate belt feeder yang diambil sebanyak 5 kali trial.

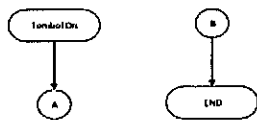
Tabel 4.1 Data Matematis Belt Feeder

No	1 TR / 2 TR		Cairis		Gate (cm)	Kegiatan	Ket.
	Cope	Drag	Cope	Drag			
	8 detik	8,5 detik	11,5 detik	11,5 detik	10		Standard C/T 48"
1	7,25 detik	7,7 detik	11 detik	11 detik	11	Trial 1	Untuk C/T. 47"
2	6,65 detik	7,05 detik	10,4 detik	10,4 detik	12	Trial 2	Untuk C/T. 47"
3	6,15 detik	6,5 detik	9,6 detik	9,6 detik	13	Trial 3	Untuk C/T. 47"
4	5,7 detik	6,05 detik	8,9 detik	8,9 detik	14	Trial 4	Untuk C/T. 46"
5	5,0 detik	5,3 detik	7,8 detik	7,8 detik	16	Trial 5	Untuk C/T. 46"

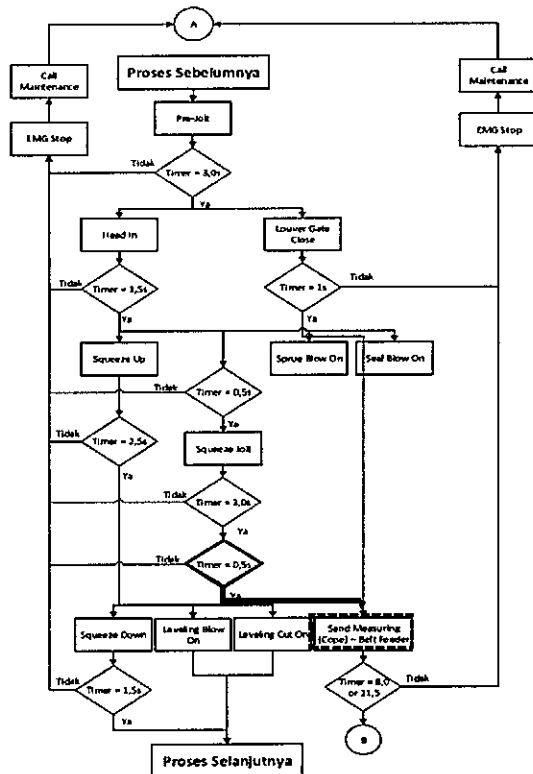
4.2.2 Realisasi Program

Melalui analisa program yang telah dilakukan pada mesin moulding, dapat diketahui bahwa urutan kerja mesin dapat ditukar, yaitu proses sand measuring menjadi setelah proses squeeze jolt.

4.2.2.1 Diagram Alir Mesin Moulding Setelah Perbaikan



Gambar 4.9 Deklarasi Tombol dan Penghubung Antar Diagram Alir



Gambar 4. 10 Diagram Alir Proses Yang Di Modifikasi (Gambar Detail)

Dari diagram alir di atas, merupakan diagram detail proses pembuatan cope+drag yang dilakukan modifikasi oleh penulis (lihat diagram masing-masing proses pada gambar 3.4-3.5). Grafik di atas dijelaskan bahwa perubahan urutan proses sand measuring saat ini setelah dilakukan modifikasi adalah ketika 3,5 detik (tiga koma lima

detik) setelah proses squeeze jolt yang sebelumnya proses ini bekerja setelah louver gate close. Perubahan proses inilah yang berhasil dilakukan pada aktivitas modifikasi proses di mesin moulding. Saat ini proses sand measuring bekerja setelah aktivitas getaran pada proses squeeze jolt (proses pemadatan pasir). Ini berlaku untuk proses pembuatan cope dan drag.

4.2.3 Proses Pengujian

Modifikasi yang telah dilakukan terhadap proses di mesin moulding harus melalui tahap pengujian dan evaluasi hasil. Tujuan diadakannya pengujian dan evaluasi hasil ini adalah untuk memastikan bahwa keseluruhan sistem berfungsi dengan baik berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan. Secara garis besar, pengujian dan evaluasi hasil yang akan dilakukan diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu:

1. Performa mesin;
2. Pencapaian Availability;
3. Pencapaian OEE;

4.2.3.1 Proses Pengujian Terhadap Aktivitas Mesin

Pada pengujian terhadap aktivitas mesin ini, penulis mengamati segala aktivitas mesin setelah modifikasi. Dalam kondisi ini mesin harus bekerja sesuai dengan standard/seperti sebelum dilakukan improvement.

Tabel 4.2 Pengujian Aktivitas Mesin

No	Check Point	Remark	
		OK	NG
1	Getaran pada mesin saat proses sand measuring hilang setelah dilakukan perbaikan.	√	
2	Waktu proses sand measuring tidak mempengaruhi proses lain	√	
3	Pasir dalam posisi siap untuk dituangkan ke hopper louver gate	√	

4.2.3.2 Proses Pengujian Terhadap Hardness Produk

Pada pengujian hardness ini, penulis hanya mengamati jumlah pasir/volume pasir hasil pengiriman dari proses sand measuring

Tabel 4.3 Pengujian Hardness Produk

No	Check Point	Remark	
		OK	NG
1	Ketinggian pasir pada flask sebelum proses sand scrapping	√	
2	Ketinggian pasir pada flask setelah proses sand scrapping	√	
3	Pasir cetak hasil penggabungan antara cope dan drag	√	

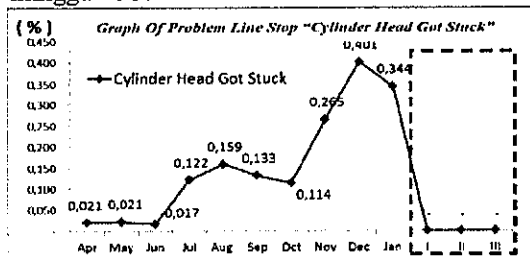
4.2.4 Hasil Pengujian

4.2.4.1 Hasil Pengujian Langkah Kerja Mesin Moulding

Hasil pengujian langkah kerja mesin moulding menunjukkan kesesuaian urutan langkah kerja mesin moulding secara aktual dengan konsep perancangan yang telah dibuat, yakni mengubah urutan kerja mesin moulding tepatnya pada proses sand measuring yang sebelumnya proses ini berjalan/aktif saat setelah proses louver gate close menjadi aktif setelah proses squeeze jolt timer up. Kegiatan ini tetap mempertahankan proses-proses lain di mesin moulding selain proses sand measuring dan fungsi utama mesin.

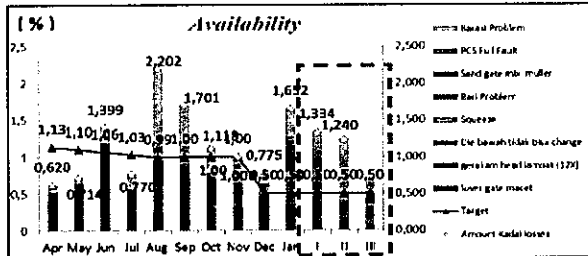
4.2.4.2 Hasil Modifikasi Terkait Pencapaian Efisiensi

Setelah modifikasi dilakukan, maka dilakukanlah pengamatan terhadap hasil pencapaian *availability*. Pencapaian ini merupakan salah satu penunjang tinggi rendahnya efisiensi *OEE*. Berikut adalah grafik pencapaian *availability* sampai dengan bulan Februari 2014 minggu ke 3.



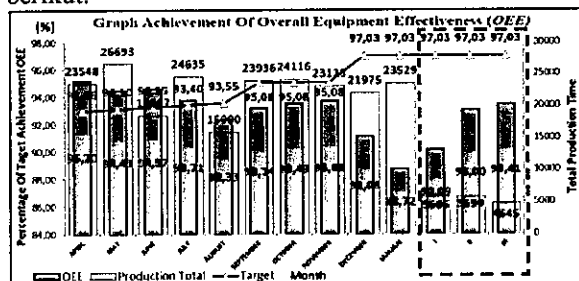
Gambar 4.11 *Availability* Setelah dilakukan perbaikan

Berdasarkan grafik di atas, penurunan frekuensi *line stop equipment cylinder head* yang macet pada mesin *moulding* dapat tercapai setelah dilakukan perbaikan, bahkan perbaikan dapat menghilangkan *line stop equipment cylinder head* yang macet pada mesin *moulding*. Berikut adalah grafik pencapaian untuk efisiensi *availability (AV)* selama tiga minggu pertama dibulan Februari 2014.



Gambar 4.12 Pencapaian Efisiensi *Availability* Dari Bulan April 2013 Sampai Dengan Minggu Ke-3 di Bulan Februari 2014

Dari grafik di atas, penulis berhasil menghilangkan *line stop* untuk kategori "gerakan head lambat (12x)" sehingga pencapaian *Availability* dapat menurun dan semakin mendekati target *losses* yang diijinkan, yaitu 0,50% untuk permasalahan kadai. Untuk pencapaian *OEE*, grafiknya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.21 Pencapaian Efisiensi Terhadap *OEE* Dari Bulan April 2013 Sampai Dengan Minggu Ke-3 di Bulan Februari 2014

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan latar belakang, permasalahan untuk melakukan modifikasi terhadap proses di *moulding line A* meliputi: konsep modifikasi, penelusuran masalah, identifikasi program, realisasi, serta pengujian terhadap mesin akibat dari aktivitas perbaikan proses baru, diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Dengan dilakukannya modifikasi terhadap proses di *moulding line A*, maka didapatkan hasil penurunan tingkat *line stop* di *equipment cylinder head*. Pencapaian terjadi pada *availability*, yaitu sebesar 0% pada bulan Februari 2014. Modifikasi dilakukan dengan cara memindahkan proses *sand measuring* yang sebelumnya bekerja setelah proses *louver gate close*, menjadi setelah proses *squeeze jolt timer up*.
2. Modifikasi dilakukan dengan cara mengubah sistem mekanik mesin, yaitu dengan cara menaikkan *gate* pada *belt feeder* penyuplai pasir dari *hopper JSN* ke *hopper louver gate* hingga 11 cm (sebelumnya 10 cm) jika proses *sand measuring* dipercepat menjadi 7,25 detik, 7,7 detik dan 11 detik (sebelumnya 8 detik, 8,5 detik dan 11,5 detik) untuk masing-masing produk 1 *TR*, 2 *TR* dan *cams* proses *cope* dan *drag*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Pengecoran*. Diakses pada, 30 Mei 2014. Uri: <http://id.wikipedia.org/wiki/Pengecoran>.
- Anonim. *Debit Air dan Asas Kontinuitas*. Diakses Pada, 10 Juli 2014. Uri: <http://phisiceducation09.blogspot.com/2013/04/debit-air-dan-asas-kontinuitas.html>
- Ravi, B. 2005. *Metal Casting Computer-Aided Design and Analysis*. New Delhi: Prentice-Hall Of India Private Limited.
- Setiawan, Iwan. 2006. *Programmable Logic Controller (PLC) dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Vorne Industries, Inc. *Calculating OEE*. 18 Juni 2014. <http://www.oeec.com/calculating-oeec.html>.
- Wicaksono, Handy. 2009. *Programmable Logic Controller : Teori, Pemrograman Dan Aplikasinya Dalam Otomasi Sistem*. Yogyakarta: Graha Ilmu.