

# APLIKASI DMAIC DALAM METODE SIX SIGMA DAN EKSPERIMEN SHAININ BHOTE SEBAGAI PENURUNAN PERSENTASE CACAT

HERI M. KHOLIK

Jurusan Teknik industri Universitas Muhammadiyah Malang  
Jalan Raya Tlogomas 248 Malang  
E-mail: mujayin@umm.ac.id

## ABSTRACT

*PT. Bumi Buana Citra Malang found the existence of problems that is, company find difficulties in degrading the amount of defect product. This matter [is] caused [by] the existence of variation in determining usage of configuration of level at process parameter, like happened variation determination of temperature of furnace, temperature of molten metal, determination of molding time and determination of pressurizing sand. Existence of variation in determination level configuration of the process parameter result incidence of defect product which height affect of expense defect product which must be accounted by company. To overcome the problem, Six-Sigma method was selected. Six Sigma is a logical procedure by following cycle of DMAIC to execute to repair of process by [doing|conducting] improvement and operation of quality result of production. In cycle of DMAIC early by determining the target of and accurate object, conducting measurement to ability of process at company, conducting observation to cause factors incidence problems by using experiment method of Shainin Bhote as supporter method, executing planning of repair according to from result of [at] previous phase and terminated by documenting repair pickings which have successful executed by using process operation of statistic. From applying of method of Six Sigma, company can degrade the amount of defect product which initially 129 unit of per-months become 25 units during period of repair or experience of degradation equal to 80,6%. To the expense of effect of defect product which initially equal to Rp.12.996.750,00 per-months become equal to Rp.2.518.750,00 or happened thrift equal to 80,6% during period of repair. Beside that by using system of DMAIC in method of Six Sigma will be obtained a determination of configuration of level [at] better process and can improve level of operation of company.*

**Key words:** six sigma, cycle of DMAIC, experiment of shainin bhote

## PENDAHULUAN

Kualitas merupakan kunci keberhasilan bagi sebuah industri agar mampu bersaing dan memimpin pasar. Mengedepankan kualitas kini telah menjadi sebuah strategi bisnis yang utama. Organisasi bisnis dengan mengedepankan program jaminan kualitas yang berhasil akan mampu meningkatkan produktivitas, mempertinggi penetrasi terhadap pasar, mencapai keuntungan maksimal dan mempunyai kedudukan persaingan yang ketat. Globalisasi dan kemudahan akses terhadap informasi mengenai perkembangan produk dan jasa yang begitu pesat, telah mengubah perilaku pelanggan berinteraksi dengan sebuah perusahaan. Model bisnis lama sudah tidak relevan lagi. Situasi kompetisi kualitas antar pesaing sangat ketat dan seakan-akan tidak memberikan

sedikitpun ruang bagi setiap perusahaan untuk berbuat salah. Sehingga perusahaan harus benar-benar mampu untuk memenuhi keinginan pelanggan dan selalu berupaya mencari cara-cara baru untuk memenuhi permintaan pelanggan, melebihi harapan-harapan pelanggan tentang kualitas produk yang dihasilkan. Konsumen merasa bahwa produk yang dihasilkan oleh perusahaan tertentu jauh lebih baik kualitasnya dari pesaing-pesaing lainnya, dengan demikian konsumen dapat memutuskan untuk membelinya.

PT Bumi Buana Citra adalah sebuah perusahaan pengecoran logam (*metallurgy*) yang berlokasi di Jl. Industri No.78–82 Desa Mangliawan, Kecamatan. Pakis-Malang, yang bergerak dalam industri pembuatan suku cadang tromol mobil. Jenis tromol mobil yang telah diproduksi hampir

berjumlah 102 unit untuk berbagai jenis mobil di antaranya tromol mobil untuk PS-100, PS-120, Kijang-F, Kijang-R, Taft Disc-Brake, Bison-R, T-120 R, Super Kijang-F, Disc-Brake Kijang-F, Nap-Suzuki, Zebra-F. Setiap industri mempunyai tanggung jawab terhadap konsumen pada kualitas produk yang dihasilkan. Tanggung jawab terhadap jaminan kualitas sebuah produk tromol mobil tidaklah mudah. Pada bulan Februari 2005 sampai April 2005, perusahaan telah memproduksi 11 jenis tromol mobil. Dari ke-11 jenis tromol mobil yang telah diproduksi, tromol mobil untuk jenis mobil *Kijang F* yang paling mendominasi dengan jumlah produksi sebanyak 5010 unit. internal waktu tersebut. Produksi tromol mobil *Kijang F* bulan Februari 2005 mengalami cacat sebesar 7,9%, bulan Maret 2005 sebesar 7,7% dan bulan April 2005 sebesar 7,5%. Selama tiga bulan terakhir total persentase cacat sebesar 7,7% dengan jumlah tromol cacat sebanyak 387 unit. Dari jumlah tromol cacat sebanyak 387 unit, di antaranya disebabkan oleh masalah seperti, *pinholes, fractured casting, porosity, flow lines, shrinkage*. Upaya-upaya untuk mengatasi adanya penyimpangan-penyimpangan terhadap hasil produksi merupakan pekerjaan yang tidak mudah dan sulit untuk mencapai tingkat kerusakan nol (*zero defect*), hal ini disebabkan kompleksnya berbagai faktor yang memengaruhi kualitas tromol mobil yang dihasilkan, seperti faktor mesin, manusia, metode, bahan baku serta lingkungan yang kerap sekali menjadi penyebab adanya penyimpangan terhadap hasil produksi. Dengan demikian selama bulan Februari 2005 sampai April 2005 perusahaan mengalami kerugian nominal sebesar Rp38.990.250,00 atau tiap bulan mengalami kerugian sebesar Rp12.996.750,00. Hal ini sangat disadari betul oleh jajaran manajemen PT Bumi Buana Citra, untuk terus berupaya menurunkan jumlah produk cacat setiap bulan, agar mampu menekan seminimal mungkin kerugian yang ditanggung oleh perusahaan. Terjadinya penyimpangan kualitas hasil produksi menyebabkan seluruh jajaran manajemen berkomitmen secara terus-menerus melakukan perbaikan sampai mendekati sempurna. Upaya penanganan untuk melakukan penelusuran terhadap penyebab terjadinya produk cacat, memerlukan metode peningkatan kualitas yang tepat dan aplikatif.

Beberapa pakar kualitas dunia menyatakan kualitas merupakan kunci keberhasilan bagi sebuah industri agar mampu bersaing dan mampu memimpin pasar, kualitas telah menjadi sebuah strategi bisnis yang utama. Adapun arti kualitas menurut Ardi Suardi (2003), Philip. B. Crasby menyatakan kualitas berarti kesesuaian terhadap persyaratan penggunaan. Seperti jam tahan air, sepatu tahan lama atau dokter ahli (*pendekatan top down*). W. Edwards Deming mengemukakan kualitas berarti pemecahan masalah untuk mencapai kesempurnaan secara terus menerus, seperti penerapan metode Kaizen di Toyota dan gugus kendali mutu (*pendekatan bottom up*) Joseph M. Juran mengartikan kualitas berarti kesesuaian dengan penggunaan seperti sepatu yang dirancang untuk olah raga atau sepatu yang dirancang untuk pesta, dan sebagainya. Secara detail Juran mengemukakan kualitas produk adalah sebagai berikut: *Kinerja (performance)*, berkaitan dengan aspek fungsional dari sebuah produk. *Features*, berkaitan dengan pilihan-pilihan dan pengembangannya. *Keandalan (reliability)*, berkaitan dengan tingkat kegagalan atau kerusakan dalam penggunaan produk. *Serviceability*, berkaitan dengan kemudahan dan ongkos perbaikan. *Konformans (conformance)*, berkaitan dengan tingkat kesesuaian produk terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan keinginan pelanggan. *Durability*, berkaitan dengan daya tahan atau masa pakai dari produk. *Estetika (aesthetics)*, berkaitan dengan desain dan pembungkusan atau kemasan dari produk. Kualitas yang dirasakan (*perceived quality*) bersifat subjektif, berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengkonsumsi produk itu seperti: meningkatkan harga diri, moral. K. Ishikawa mengartikan kualitas adalah kepuasan pelanggan, setiap bagaian proses dalam organisasi memiliki pelanggan. Kepuasan pelanggan internal akan menyebabkan kepuasan pelanggan organisasi.

Pengendalian dan peningkatan kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, dengan aktivitas itu diidentifikasi ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara yang aktual dengan yang standar. Dalam melaksanakan prinsip-prinsip *total quality management*,

dibutuhkan suatu alat yang berasal dari ilmu statistik selalu berusaha untuk melakukan tindakan kontrol. (Montgomery, 1991).

Konsep pengendalian kualitas, yang dimaksud dengan pengendalian kualitas (*quality control*) adalah suatu kegiatan untuk memastikan apakah kebijaksanaan dalam hal kualitas dapat tercermin dalam hasil akhir. Dengan kata lain pengendalian kualitas merupakan usaha untuk menjamin kualitas hasil proses agar tetap sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan oleh pihak pelanggan dan perusahaan. Pengendalian kualitas diterapkan pada suatu produk dengan tujuan sebagai berikut: mengendalikan kualitas produk sehingga barang-barang yang dibuat dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan rencana yang diharapkan. Untuk mengetahui kesulitan dan kelemahan serta kegagalan yang terjadi sehingga dapat mencegah terjadinya kesalahan. Untuk mengetahui apakah produk selama ini berjalan dengan efisien dan apakah mungkin diadakan perbaikan lagi.

Fungsi pengendalian kualitas adalah untuk menjamin kualitas suatu produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ditetapkan sebelumnya. Pengendalian kualitas suatu sistem dipakai untuk memeriksa dan memelihara tingkat kualitas yang telah direncanakan dengan saksama, penggunaan peralatan yang layak, dilanjutkan dengan inspeksi untuk membandingkan dengan standar dan melakukan perbaikan apabila diperlukan.

Beberapa metode yang biasa digunakan dalam aktivitas pengendalian kualitas statistik atau lebih dikenal dengan *seven tools of statistical processing control* di antaranya adalah sebagai berikut.

Diagram pareto adalah suatu grafik yang merangking klasifikasi data dalam urutan terbesar ke terkecil, dari kiri ke kanan. Diagram *pareto* merupakan suatu *tool* yang bersifat deskriptif, tujuannya adalah mempermudah pihak perbaikan kualitas dalam menentukan jenis-jenis kesalahan manakah yang harus menjadi prioritas utama perbaikan dalam upaya untuk peningkatan kualitas dengan menurunkan jumlah produk cacat. Konstruksi dari diagram *pareto* dibuat dengan langkah-langkah sebagai berikut (Besterfield, 1994): menentukan metode pengklasifikasian data, memutuskan klasifikasi data ataupun mengurutkan karakteristik data, mengumpulkan

data dengan mengurutkannya, membuat diagram *pareto*.

Diagram sebab-akibat, merupakan diagram yang terdiri atas garis dan simbol, yang berfungsi untuk menganalisis dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan dalam menentukan karakteristik kualitas out put hasil proses produksi.

Diagram ini digunakan untuk menyelidiki sebab-sebab suatu kegagalan dengan tujuan untuk dipelajari lebih lanjut. Karakteristik yang menjadi tujuan diletakkan sebelah kanan, kemudian ditarik suatu garis yang berfungsi sebagai rangka. Faktor-faktor utama diletakkan dalam blok-blok yang dihubungkan dengan rangka. Sub-sub faktor yang memengaruhi digambarkan pada garis-garis yang memotong garis penghubung blok faktor utama dengan rangka. Faktor-faktor yang dimunculkan biasanya berasal dari pengalaman praktik di lapangan yang pernah dihadapi dan diprediksikan oleh pihak-pihak yang terkait langsung dalam sebuah aktivitas proses. Untuk lebih detail mengenai *cause and effect diagram*.

Sebagai salah satu metode yang cukup aplikatif yang akan digunakan oleh penulis dalam pengendalian kualitas adalah metode *six sigma* yang merupakan konsep pengukuran statistik untuk mengetahui, menggambarkan sekaligus meningkatkan kualitas dari produk, jasa maupun proses. Tahapan-tahapan dalam implementasi metode *six sigma* dikenal dengan siklus *DMAIC* (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) yang dimulai dari identifikasi faktor-faktor penyebab timbulnya variasi, penetapan terhadap *critical to quality* sebagai fokus penelitian, aktivitas pengukuran terhadap nilai *sigma* dan *DPMO* (*Defect per Million Opportunities*) (Pizdek, 2002). Dalam tahap *improve* menggunakan eksperimental, yaitu metode *shainin bhote DOE* dengan fasilitas *clue generation* yang digunakan untuk menelusuri penyebab-penyebab terjadinya produk cacat.

Hal inilah yang diharapkan mampu membantu dalam memecahkan persoalan-persoalan yang disebabkan kompleksnya berbagai faktor yang memengaruhi terjadinya produk cacat pada proses produksi di pabrik. Dengan berbagai upaya-upaya peningkatan serta pelaksanaan jaminan kualitas terhadap konsumen, diharapkan perusahaan akan

mampu melaksanakan aktivitas bisnis secara terus menerus dan mampu mencapai keuntungan yang maksimal.

Tujuan penelitian ini adalah mengaplikasikan DMAIC dalam metode Six Sigma untuk menurunkan persentase cacat produk pada PT Bumi Buana Citra, dengan menggunakan eksperimen Shainin Bhote pada tahap Improvement.

## METODE

Observasi awal dan identifikasi masalah. Pada tahap ini dilakukan observasi terhadap perusahaan dan kemungkinan permasalahan aktual yang dihadapi oleh perusahaan.

Studi lapang. Bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai segala sesuatu yang berkaitan dengan produk yang akan diteliti beserta permasalahannya. Untuk penelitian ini dilakukan pengamatan pada departemen produksi dan laboratorium.

Tahap pengumpulan dan pengolahan data. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data berdasarkan prosedur dan langkah-langkah siklus DMAIC dan pemakaian tools yang ada dalam metode eksperimen *shainin bhote*. Dalam proses pengumpulan data sebagai input dalam pemecahan masalah dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut.

Define. Tahap *Define* merupakan langkah pertama dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. Dalam tahap ini kita perlu mendefinisikan beberapa hal seperti profil perusahaan, perhitungan persentase produk cacat, proses produksi, pembentukan tim *DMAIC project charter*.

Measure. Tahap *Measure* merupakan langkah kedua dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. Dalam tahap ini melakukan identifikasi dan penetapan terhadap karakteristik kualitas (*critical to quality*) dan mengukur kemampuan tingkat pengendalian kualitas perusahaan dengan menghitung nilai *sigma* dan *DPMO*.

Analyze. Tahap *Analyze* merupakan upaya untuk mengetahui tingkat stabilitas proses, seperti menentukan prioritas perbaikan, identifikasi faktor-faktor penyebab timbulnya produk cacat, pencarian petunjuk mengenai faktor-faktor yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap timbulnya produk cacat dengan *clue generation*

*tools* pada eksperimen *shainin bhote* dan analisis biaya kerusakan (*cost of poor quality*).

Improve. Setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *six sigma*, berdasarkan hasil dari penelusuran penyebab masalah dengan menggunakan metode eksperimen *shainin bhote* pada tahap *improve* yang meliputi, penyusunan rencana perbaikan proses, perhitungan nilai *sigma* dan *DPMO* usulan, perhitungan penghematan biaya.

Control. Hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktik-praktik terbaik yang sukses dalam meningkatkan kemampuan proses dibuat standart pada proses produksi. Prosedur-prosedur yang didokumentasikan dan dijadikan pedoman kerja untuk menjaga parameter selalu berada dalam batas toleransi. Dalam eksperimen *shainin bhote DOE* untuk menjaga semua parameter selalu terjaga dan selalu dalam batas toleransi dapat digunakan *pasitrol* dan *process certification* serta grafik pengendali sebagai *DOE optimization experiment*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

PT Bumi Buana Citra menghasilkan 102 jenis tromol mobil dengan bentuk dan ukuran yang berbeda sesuai dengan jenis mobil.

Total produksi mencapai 29160 unit tromol mobil. Jenis produk yang telah diproduksi terdiri dari 11 jenis produk. Dari ke-11 jenis produk tersebut, jenis produk tromol mobil Kijang F yang memiliki jumlah produksi terbanyak yaitu sebanyak 5010 unit atau sebesar 17,2% dari total produksi selama bulan Februari 2005 sampai April 2005.

Produk yang mengalami penyimpangan terhadap persyaratan kualitas adalah sebanyak 387 unit, atau sebesar 7,7% dari total produksi tromol mobil Kijang F. Permasalahan kualitas pada tromol mobil jenis Kijang F seperti: *crack, rough-casting surface, fractured casting, demension, shrinkage, porosity, cross joint, cill, flow lines*.

Dalam pelaksanaan program perbaikan kualitas *six-sigma*, telah dibentuk sekelompok tim yang

akan bertugas untuk melaksanakan peningkatan kualitas dengan mencari dan memperbaiki penyebab produk cacat dalam sebuah aktivitas proses produksi. Anggota tim *six sigma* meliputi, *champion, master black belt, black belt, green belt*. Jumlah anggota tim yang telah dibentuk di PT Bumi Buana Citra adalah sebanyak 7 orang dan jumlah ini disesuaikan dengan kebutuhan.

Adapun tiga landasan program peningkatan dan pengendalian kualitas *six sigma* adalah sebagai berikut.

**Goal statement.** Untuk mengurangi permasalahan utama dengan menurunkan persentase produk cacat yang paling dominan.

**Program scope.** Program tersebut difokuskan pada produk tromol mobil jenis Kijang-F, penelitian dilaksanakan di departemen *quality control* dan departemen produksi.

Berdasarkan informasi dan keterangan yang didapat dari departemen *quality control* yang didasarkan pada kebutuhan pelanggan dan standar kualitas produksi yang ditetapkan oleh pihak perusahaan, bahwa tromol yang diproduksi memiliki 10 item persyaratan kualitas yang harus dipenuhi oleh perusahaan, sehingga tromol yang diproduksi tidak terjadi penyimpangan terhadap kualitas tromol, seperti tromol retak (*crack*), permukaan kasar (*rough-casting surface*), gupil (*fractured casting*), penyimpangan ukuran (*demension*), terjadinya penyusutan (*shrinkage*), *porosity, cross joint*, tromol keras (*cill*), *flow lines*. Perusahaan menetapkan ke-10 persyaratan kualitas tersebut sebagai *critical to quality (CTQ)* pada produksi suku cadang tromol mobil.

Berdasarkan hasil pengukuran kapabilitas proses produksi selama bulan Februari 2005 sampai April 2005 diperoleh nilai *defect per million opportunities (DPMO)* sebesar 7725 atau sebesar 0.07725, artinya adalah dalam 1 unit tromol mobil terdapat rata-rata peluang untuk mengalami penyimpangan dari salah satu karakteristik adalah sebesar 7725 kegagalan per satu juta kesempatan (DPMO). Kemampuan proses di PT Bumi Buana Citra Malang adalah sebesar 7725 DPMO, maka diperkirakan terdapat sekitar 39 unit tromol mobil mengalami produk cacat dari 5010 unit tromol yang diproduksi ( $7725/1.000.000 \times 5010$ ). Selanjutnya dengan nilai  $DPMO = 7725$  dapat ditentukan nilai *sigma* sebesar 3,92 menyatakan bahwa PT Bumi

Buana Citra Malang, memiliki kemampuan rata-rata dalam pengendalian kualitas adalah di atas kemampuan rata-rata industri di Indonesia dan hampir mendekati kemampuan industri rata-rata di Amerika yaitu tingkat pengendalian sebesar 4- *sigma*.

Dari hasil diagram *pareto*, dapat ditentukan persentase cacat terbesar disebabkan oleh timbulnya cacat lubang (*pinholes*) pada permukaan tromol mobil dengan persentase cacat *pinholes* sebesar 27,6% atau sebanyak 107 unit. Sehingga cacat *pinholes* pada produksi tromol mobil jenis Kijang F ditetapkan sebagai prioritas perbaikan kulaitas *six-sigma*.

Berdasarkan grafik *multi-varistudy*, didapatkan penyebab utama (*Red X*), penyebab kedua (*Pink X*) dan penyebab ketiga (*Pale Pink X*) dari timbulnya produk cacat *pinholes*. Permasalahan utama yang akan dilakukan perbaikan dalam eksperimen *shainin bhote* disebut dengan *Green Y*.

Adapun penjelasan grafik dari *multi-vari study* adalah sebagai berikut: *Red X* adalah penyebab dominan terjadinya produk cacat yang dapat ditentukan berdasarkan persentase cacat terbesar pada kedua grafik *multi vari*. Persentase cacat terbesar berada pada *family unit to unit*, artinya bahwa persentase terjadinya cacat *pinholes* terbanyak disebabkan adanya variasi dari *unit to unit* dalam hal ini adalah variasi pada *batch to batch*. Grafik menunjukkan interval persentase produk cacat *pinholes* sebesar 0,00% sampai 0,21%, sehingga dapat nyatakan bahwa penyebab utama (*Red X*) ada pada *family unit to unit*, maka untuk melakukan penelusuran terhadap faktor-faktor penyebab timbulnya cacat *pinholes* dilanjutkan dengan menggunakan *component search* untuk produk *assembly*, dan *paired comparison* digunakan untuk produk *non-assembly*. Karena produk tromol mobil termasuk ke dalam katagori produk *non-assembly* sehingga pelaksanaan penelusuran terhadap faktor-faktor dominan dilanjutkan dengan menggunakan *paired comparison*. Pengambilan sampel untuk *paired comparison* sebanyak 16 unit tromol mobil, yang terdiri dari 8 unit tromol mobil dalam keadaan bagus (*good*) dan 8 unit tromol mobil dalam keadaan cacat. *Pink X* merupakan penyebab kedua timbulnya cacat *pinholes*, dari hasil grafik diketahui bahwa persentase cacat kedua berada pada *family time to time*, artinya bahwa

persentase terjadinya cacat *pinholes* pada urutan kedua disebabkan adanya variasi pada pergantian dari waktu ke waktu dalam hal ini perbedaan dari jam ke jam. Grafik menunjukkan persentase cacat sebesar 0,00% sampai 0,14%, persentase ini lebih kecil daripada persentase cacat pada *family unit to unit* sehingga disebut sebagai *Pink X*. Selanjutnya untuk penelusuran terhadap faktor-faktor penyebab terjadinya cacat *pinholes* dilanjutkan dengan menggunakan *product/process search*. *Pale Pink X* adalah penyebab ketiga timbulnya cacat, yaitu penyebab yang lebih kecil dari *Red X* maupun *Pink X*. Dalam hal ini terdapat variasi cacat *pinholes* dalam unit (*within unit*), berupa posisi munculnya *pinholes* pada permukaan tromol yang bersifat acak atau tidak menentu sehingga untuk mengetahui penyebaran posisi *pinholes* pada tromol bisa ditunjukkan dengan *concentration chart*.

Berdasarkan hasil *paired comparison* dengan menggunakan uji *tukey*, bahwa secara visual dilapangan terjadi ketidak konsistenan atau terjadi variasi pada pemakaian bahan baku yang melebihi standar produksi yang telah ditetapkan. Sehingga dengan dilakukannya uji *tukey* akan diketahui parameter *range* yang menghasilkan produk tromol yang baik. Hasil dari *paired comparison* dengan uji *tukey* didapatkan bahwa terdapat empat faktor yang memiliki pengaruh utama terhadap timbulnya cacat *pinholes* pada produk tromol. Adapun keempat faktor tersebut adalah sebagai berikut: Penyebab utama (*Red X*) adalah kemampuan daya serap terhadap gas pada pasir (*permeability*) dengan jumlah *end-count* sebesar 14,5 dengan tingkat kepercayaan sebesar 99,9%. Penyebab kedua (*Pink X*) adalah kadar *Carbon* dengan jumlah *end-count* sebesar 8, tingkat kepercayaan sebesar 97%. Penyebab ketiga (*Pale Pink X*) adalah disebabkan unsur paduan *Silicon* dengan jumlah *end-count* sebesar 7, tingkat kepercayaan sebesar 95%, Penyebab keempat disebabkan oleh unsur paduan *Mangan* dengan nilai *end-count* sebesar 6, tingkat kepercayaan sebesar 95%.

Hasil dari *product/process search* dengan uji *tukey* didapatkan bahwa terdapat empat faktor yang memiliki pengaruh utama terhadap timbulnya cacat *pinholes* pada produk tromol, dalam hal ini terdapat dua faktor utama (*Red X*).

Adapun ke-4 faktor tersebut adalah sebagai berikut: Penyebab utama (*Red X*) adalah waktu pengecoran dengan jumlah *end-count* sebesar 12, tingkat kepercayaan sebesar 99,7% Temperatur *molten metal* pada saat pengecoran dengan jumlah *end-count* sebesar 12, tingkat kepercayaan sebesar 99,7% Penyebab kedua (*Pink X*) adalah temperatur pada *furnace* dengan jumlah *end-count* sebesar 7,5, tingkat kepercayaan sebesar 95,5% Penyebab ketiga (*Pale pink X*) adalah faktor pemberian tekanan pada saat pembuatan *mold* dengan jumlah *end-count* sebesar 6, tingkat kepercayaan sebesar 90%.

Berdasarkan analisis *multi vari study* diketahui penyebab terjadinya variasi cacat *pinholes* di dalam unit tromol disebabkan adanya perbedaan posisi munculnya *pinholes* pada permukaan tromol dan terkadang muncul di bawah permukaan tromol sehingga baru bisa terdeteksi setelah proses permesinan. Cacat *pinholes* yang muncul di permukaan disebabkan kemampuan daya serap *mold* kurang baik sehingga gas *hidrogen* terjebak di dalam ruangan *mold* dan mengakibatkan gelembung udara dipermukaan tromol. Sedangkan cacat *pinholes* yang muncul di bawah permukaan tromol disebabkan temperatur *molten metal* sangat rendah, mengakibatkan viskositas *molten* kental, sehingga gas di dalam *molten metal* tidak bisa keluar dan ini akan mengakibatkan munculnya cacat *pinholes* di bawah permukaan. Posisi terjadinya cacat *pinholes* berdasarkan penggunaan *contration chart*.

Hipotesis pada keempat faktor beserta efek interaksi antarfaktor dalam memengaruhi munculnya masalah cacat *pinholes*, yaitu: Faktor waktu proses pengecoran *molten metal* Ho: faktor A tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes* H1: faktor A berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes* Statistik uji  $F_{hit A} = 2,6667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  (Walpole, 1995) maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1, 16}$ ) = 4,49. Karena  $F_{hit} < F_{tabel}$  maka faktor waktu proses pengecoran tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor temperatur *molten metal* pada proses pengecoran. Ho: faktor B tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: faktor B berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*.

Statistik uji.  $F_{hit\ B} = 0,6667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16}$ ) = 4,49. Karena  $F_{hit} < F_{tabel}$  maka faktor temperatur *molten metal* pada proses pengecoran tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor interaksi waktu proses pengecoran dan temperatur pada *molten metal* Ho: Interaksi antara faktor A dan B tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: Interaksi antara faktor A dan B berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji  $F_{hit\ AB} = 2,6667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16}$ ) = 4,49. Karena  $F_{hit} < F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor waktu proses pengecoran dan faktor temperatur pada *molten metal* tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor pengaturan temperatur pada *furnace*. Ho: faktor C tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: faktor C berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji  $F_{hit\ C} = 0,6667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16}$ ) = 4,49. Karena  $F_{hit} < F_{tabel}$  maka Faktor pengaturan temperatur pada *furnace* (C) tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor interaksi waktu proses pengecoran dan temperatur Ho: Interaksi antara faktor A dan C tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: Interaksi antara faktor A dan C berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji.  $F_{hit\ AC} = 2,6667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16}$ ) = 4,49. Karena  $F_{hit} < F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor waktu proses pengecoran (A) dan temperatur *furnace* (C) tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor interaksi temperatur *molten* dan temperatur pada *furnace* (interaksi faktor B dan faktor C) Ho: Interaksi antara faktor B dan C tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes* H1: Interaksi antara faktor B dan C berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji.  $F_{hit\ BC} = 0,6667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16}$ ) = 4,49. Karena  $F_{hit} < F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor temperatur *molten* (B) dan temperatur pada *furnace* (C) tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor interaksi waktu pengecoran, temperatur *molten* dan temperatur pada *furnace*

(Interaksi faktor A, Faktor B dan faktor C). Ho: Interaksi antara faktor A, faktor B dan faktor C tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: Interaksi antara faktor A, faktor B dan faktor C berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji  $F_{hit\ ABC} = 10,667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16}$ ) = 4,49. Karena  $F_{hit} > F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor waktu pengecoran (A), temperatur *molten* (B) dan temperatur pada *furnace* (C) berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*.

Faktor pemberian tekanan pada pasir pada proses pembuatan mold (Faktor D). Ho: faktor D tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: faktor D berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji  $F_{hit\ D} = 2,6667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16}$ ) = 4,49. Karena  $F_{hit} < F_{tabel}$  maka faktor pemberian tekanan pada pasir pada proses pembuatan *mold* (D) tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor interaksi waktu proses pengecoran dan tekanan pada pasir (interaksi faktor A dan faktor D). Ho: Interaksi antara faktor A dan D tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes* H1: Interaksi antara faktor A dan D berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji  $F_{hit\ AD} = 0,6667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16}$ ) = 4,49. Karena  $F_{hit} < F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor waktu proses pengecoran (A) dan tekanan pada pasir (D) tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor interaksi temperatur *molten* dan tekanan pada pasir (interaksi faktor B dan faktor D). Ho: Interaksi antara faktor B dan D tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: Interaksi antara faktor B dan D berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji.  $F_{hit\ BD} = 2,6667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16}$ ) = 4,49. Karena  $F_{hit} < F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor temperatur *molten* (B) dan tekanan pada pasir (D) tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*., Faktor interaksi waktu pengecoran, temperatur *molten* dan tekanan pasir (interaksi faktor A, Faktor B dan faktor D). Ho: Interaksi antara faktor A, faktor B dan faktor D tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: Interaksi antara faktor A , faktor

B dan faktor D berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji  $F_{hit\ ABD} = 16,667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16} = 4,49$ ). Karena  $F_{hit} > F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor waktu pengecoran (A), temperatur *molten* (B) dan tekanan pasir (D) tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor interaksi temperatur *furnace* dan tekanan pada pasir (Interaksi faktor C dan faktor D). Ho: Interaksi antara faktor C dan D tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: Interaksi antara faktor C dan D berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji  $F_{hit\ CD} = 2,667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16} = 4,49$ ). Karena  $F_{hit} < F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor temperatur *furnace* (C) dan tekanan pada pasir (D) tidak berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor interaksi waktu pengecoran, temperatur *furnace* dan tekanan pasir (Interaksi faktor A, Faktor C dan faktor D). Ho: Interaksi antara faktor A, faktor C dan faktor D tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: Interaksi antara faktor A, faktor C dan faktor D berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji  $F_{hit\ ACD} = 16,667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16} = 4,49$ ). Karena  $F_{hit} > F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor waktu pengecoran (A), temperatur *furnace* (C) dan tekanan pasir (D) berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor interaksi temperatur *molten*, temperatur *furnace* dan tekanan pasir (interaksi faktor B, Faktor C dan faktor D). Ho: Interaksi antara faktor B, faktor C dan faktor D tidak berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. H1: Interaksi antara faktor B, faktor C dan faktor D berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji  $F_{hit\ BCD} = 10,667$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16} = 4,49$ ). Karena  $F_{hit} > F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor temperatur *molten* (B), temperatur *furnace* (C) dan tekanan pasir (D) berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Faktor interaksi waktu pengecoran, temperatur *molten*, temperatur *furnace* dan tekanan pasir (Interaksi faktor A, Faktor B, faktor C dan faktor D). Ho: Interaksi antara faktor A, faktor B, faktor C dan faktor D tidak berpengaruh

terhadap terjadinya cacat *pinholes*, H1: Interaksi antara faktor A, faktor B, faktor C dan faktor D berpengaruh terhadap terjadinya cacat *pinholes*. Statistik uji  $F_{hit\ ABCD} = 6,000$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{tabel}$  yang diperoleh ( $F_{0,05, 1,16} = 4,49$ ). Karena  $F_{hit} > F_{tabel}$  maka interaksi antar faktor waktu pengecoran (A), temperatur *molten* (B), temperatur *furnace* (C) dan tekanan pasir (D) berpengaruh secara *significant* terhadap terjadinya cacat *pinholes*.

Berdasarkan hasil pengujian *anova full factorial* dengan menggunakan metode *Yates*, ditemukan bahwa terjadinya cacat *pinholes* disebabkan adanya pengaruh interaksi tiga faktor dan empat faktor, seperti: Pengaruh interaksi faktor waktu pengecoran (A), temperatur *molten* pada saat pengecoran (B) dan temperatur pada *furnace* (C). Pengaruh interaksi faktor waktu pengecoran (A), temperatur *molten* pada saat pengecoran (B) dan pemberian tekanan pada pasir saat proses pembuatan *mold* (D) Pengaruh interaksi waktu pengecoran (A), temperatur pada *furnace* (C) dan pemberian tekanan pada pasir saat proses pembuatan *mold* (D). Pengaruh interaksi faktor temperatur *molten* pada saat pengecoran (B), temperatur pada *furnace* (C) dan pemberian tekanan pada pasir saat proses pembuatan *mold* (D). Pengaruh dari interaksi empat faktor yaitu faktor waktu pengecoran (A), temperatur *molten* pada saat pengecoran (B), temperatur pada *furnace* (C) dan pemberian tekanan pada pasir saat proses pembuatan *mold* (D).

Hal ini sangat sesuai adanya dugaan awal bahwa cacat *pinholes* tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor akan tetapi adanya hasil efek interaksi antar faktor, sehingga dalam permasalahan ini efek interaksi tidak bisa diabaikan.

Berdasarkan prosedur pada uji *tukey*, bahwa terdapat rata-rata cacat *pinholes* pada percobaan ke-4 ( $\bar{Y}_4$ ) sebanyak 4 unit dan rata-rata cacat *pinholes* pada percobaan ke-3, 12, 6, 15 dan 9 sebanyak 0 unit, sehingga secara statistik pada uji *tukey*, dapat dikatakan bahwa  $\bar{Y}_4$  berbeda dengan  $\bar{Y}_3$ ,  $\bar{Y}_6$ ,  $\bar{Y}_9$ ,  $\bar{Y}_{12}$ ,  $\bar{Y}_{15}$ , maka terdapat sebanyak 5 alternatif konfigurasi level tiap faktor yang memiliki jumlah rata-rata paling rendah dalam menimbulkan cacat *pinholes* yaitu percobaan ke-3, 6, 9, 12, 15.

Berdasarkan uji tukey terdapat lima alternatif konfigurasi level pada proses yang dapat diusulkan sebagai konfigurasi usulan, yaitu: Alternatif pertama adalah menggunakan konfigurasi pada percobaan ke-3 ( $\bar{Y}_3$ ) yaitu, faktor waktu pengecoran (A) dipertahankan pada 4,00 menit atau level (-), faktor temperatur *molten metal* dipertahankan pada suhu 1302° C atau level (+), faktor temperatur pada *furnace* dijalankan pada temperatur 1307° C atau pada level (-) dan faktor pemberian tekanan pada pasir dijalankan pada 20,5 Psi atau level (-) Alternatif kedua adalah menggunakan konfigurasi pada percobaan ke-6 ( $\bar{Y}_6$ ), yaitu faktor waktu pengecoran (A) dipertahankan pada 8,55 menit atau level (+), faktor temperatur *molten metal* dipertahankan pada suhu 1205° C atau level (-), faktor temperatur pada *furnace* dijalankan pada temperatur 1322° C atau pada level (+) dan faktor pemberian tekanan pada pasir dijalankan pada 20,5 Psi atau level (-). Alternatif ketiga adalah menggunakan konfigurasi pada percobaan ke-9 ( $\bar{Y}_9$ ) yaitu, faktor waktu pengecoran (A) dipertahankan pada 4,00 menit atau level (-), faktor temperatur *molten metal* dipertahankan pada suhu 1205° C atau level (-), faktor temperatur pada *furnace* dijalankan pada temperatur 1307° C atau pada level (-) dan faktor pemberian tekanan pada pasir dijalankan pada 20,5 Psi atau level (-). Alternatif keempat adalah menggunakan konfigurasi pada percobaan ke-12 ( $\bar{Y}_{12}$ ) yaitu, faktor waktu pengecoran (A) dipertahankan pada 8,55 menit atau level (+), faktor temperatur *molten metal* dipertahankan pada suhu 1302° C atau level (+), faktor temperatur pada *furnace* dijalankan pada temperatur 1307° C atau pada level (-) dan faktor pemberian tekanan pada pasir dijalankan pada 20,7 Psi atau level (+). Alternatif kelima adalah menggunakan konfigurasi pada percobaan ke-15 ( $\bar{Y}_{15}$ ) yaitu, faktor waktu pengecoran (A) dipertahankan pada 4,00 menit atau level (-), faktor temperatur *molten metal* dipertahankan pada suhu 1302° C atau level (+), faktor temperatur pada *furnace* dijalankan pada temperatur 1322° C atau pada level (+) dan faktor pemberian tekanan pada pasir dijalankan pada 20,7 Psi atau level (+). Untuk selanjutnya menentukan penggunaan konfigurasi level tiap faktor yang paling sesuai dari ke-5 alternatif, maka pemilihannya berdasarkan hasil dari grafik interaksi antarfaktor.

Penentuan konfigurasi level tiap faktor pada proses adalah sebagai berikut: Jika faktor interaksi ABC dipertahankan pada level (-) dan untuk faktor D pemberian tekanan pasir dijalankan pada level (+) sebesar 20,7 Psi. maka akan mengakibatkan rata-rata cacat *pinholes* paling rendah jika dibandingkan dari keempat alternatif lainnya yaitu, sebanyak 3 unit. Jika interaksi faktor AB dijalankan pada level (-) dan faktor temperatur *furnace* (C) dijalankan pada 1322° C atau level (+) maka akan memberikan rata-rata jumlah tromol cacat paling kecil jika dibandingkan dengan ketiga alternatif lainnya, yaitu sebesar 5 unit Pada faktor waktu pengecoran (A) dijalankan pada 4 menit atau level (-) dan faktor temperatur *molten metal* (B) dijalankan pada temperatur 1302° C atau level (+), maka akan memberikan rata-rata jumlah tromol cacat paling kecil yaitu sebesar 5 unit.

Adapun hasil penentuan konfigurasi level dari masing-masing faktor, seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Penentuan Penggunaan Level Tiap Faktor

Faktor	Uraian	Level Usulan	Kode
A	Waktu Pengecoran	4,00 menit	A-
B	Temperatur <i>Molten Metal</i>	1302° C	B +
C	Temperatur <i>Furnace</i>	1322° C	C +
D	Tekanan Pasir	20,7 Psi	D +

Biaya akibat kerusakan yang ditanggung oleh perusahaan sebelum dilaksanakannya program perbaikan kualitas yang terjadi selama bulan Februari 2005 sampai bulan April 2005 adalah sebesar Rp38.990.250,00 atau biaya kerugian untuk per-bulanya adalah sebesar Rp12.996.750,00.

#### Tahap Improve

Dalam melaksanakan proses perbaikan diperlukan sebuah perencanaan perbaikan terutama pada penggunaan level pada tiap faktor yang diperoleh berdasarkan hasil rancangan percobaan pada tahap sebelumnya. Pelaksanaan proses perbaikan direncanakan selama bulan Juli 2005 dengan jumlah produksi tromol mobil Kijang F sebanyak 1670 unit.

Berdasarkan hasil proses selama perbaikan didapatkan kemungkinan terjadinya cacat pada tromol mobil Kijang F sebesar 1497 dari satu juta kesempatan tromol mobil yang diproduksi atau kemungkinan per-unit tromol mobil mengalami

cacat per *CTQ* sebesar 0.001497. Jika kemungkinan cacat ini dikonversikan ke dalam nilai *sigma* (tabel konversi nilai *DPMO* ke nilai *sigma*), tampak bahwa *defect per million opportunities* sebesar 1497 berada pada kemampuan proses pada tingkat pengendalian kualitas pada taraf 4,46-*sigma*, sehingga dapat dikatakan bahwa, kemampuan proses setelah perbaikan mengalami peningkatan terhadap tingkat pengendalian kualitas.

Program perbaikan kualitas yang dilaksanakan telah mampu menurunkan persentase produk cacat. Pada bulan Juli 2005 setelah dilaksanakan proses perbaikan jumlah tromol yang mengalami cacat hanya 25 unit, sehingga perusahaan mampu melakukan penghematan selama proses perbaikan pada bulan Juli 2005 sebesar Rp10.478.000,00 atau persentase penghematan sebesar 80,6%.

Hasil proses perbaikan menunjukkan adanya peningkatan kemampuan pengendalian kualitas, setelah dilakukan *eksperimen shainin bhote, anova full factorial*, adapun penjelasannya adalah sebagai berikut: Terjadi penurunan pada jumlah tromol cacat pada tiap bulannya dari 129 unit menjadi 25 unit, atau proses perbaikan kualitas mampu menurunkan persentase cacat sebesar 80,6%. Pada cacat *pinholes* per-bulan terjadi penurunan dari 36 unit per-bulan menjadi 8 unit, atau proses perbaikan pada cacat *pinholes* mampu menurunkan persentase cacat *pinholes* mencapai 77,7%. Penurunan nilai *defect per million opportunities* dari 7725 menjadi 1497, atau mengalami penurunan mencapai 80,6% Peningkatan kemampuan pengendalian kualitas dari 3,92-*sigma* ke-4.46-*sigma*, atau mengalami kenaikan sebesar 13,7%.

Adapun format penyusunan *positrol* dalam program perbaikan kualitas cacat *pinholes* seperti pada Tabel 2.

Proses sertifikasi bertujuan untuk mengantisipasi segala kemungkinan yang di luar dugaan yang diduga dapat memengaruhi terjadinya produk cacat, dan diharapkan dapat dilakukan tindakan evaluasi dan pencegahan untuk menghindari terjadinya kesalahan yang cukup fatal.

Adapun format penyusunan *proses sertifikasi* adalah sebagaimana tercantum pada Tabel 3.

Grafik pengendali bertujuan untuk mengetahui secara actual mengenai kondisi pada proses, dalam mempertahankan hasil-hasil yang telah didapat dari desain eksperimen.

Adapun hasil monitoring terhadap proses dengan menggunakan grafik pengendali adalah sebagai berikut: Grafik pengendali pada temperatur *furnace*, tampak bahwa pengaturan temperatur pada *furnace* telah mampu mempertahankan temperatur *furnace* pada level 1322° C atau level (+), dan dapat dinyatakan bahwa proses pada *furnace heating treatment* dalam keadaan terkendali, Grafik pengendali untuk waktu pengecoran, tampak bahwa proses mampu untuk mempertahankan waktu pengecoran pada level kisaran 4,00 menit atau level (-), walaupun masih terdapat rata-rata 4,36 menit tetapi masih dalam batas toleransi pada level (-), sehingga kondisi untuk waktu pengecoran dapat dinyatakan dalam keadaan terkendali. Grafik pengendali pada temperatur *molten metal*, tampak bahwa proses mampu mempertahankan temperatur *molten metal* pada level 1302° C atau level (+), dan dapat dinyatakan proses pada *temperatur molten saat pengecoran* dalam keadaan terkendali. Grafik pengendali untuk pemberian tekanan pasir, tampak bahwa proses mampu untuk mempertahankan pemberian tekanan pasir saat pembuatan  *mold* cetakan pada level 20.7 Psi

**Tabel 2.** Format Positrol Untuk Cacat Pinholes

Parameter (What)	Toleransi	Proses Pengukuran/Monitoring			
		Who	How	Where	When
Temperatur Furnace	1322° C ± 5° C	Operator dan QC inspection	Visual dengan digital temperatur dan monitoring di kontrol panel	Furnace Heating Treatment	Pada saat molten mendekati titik lebur
Waktu Pengecoran	4,00 menit ± 0,56 menit	Operator dan QC inspection	Digital stop wach.	Pouring Process	Setiap pengecoran dari <i> mold to mold</i>
Temperatur Molten	1302° C ± 5° C	Operator dan QC inspection	Visual dg digital temperatur	Pouring Process	Setiap pengecoran dari <i> mold to mold</i>
Tekanan Pasir	20.7 Psi ± 0,1 Psi	Operator dan QC inspection	Monitoring pada kontrol panel	Molding Process	Setiap proses pemberian tekanan pada <i> mold to mold</i>

**Tabel 3.** Proses Sertifikasi

Proses Sertifikasi
Pengontrolan terhadap alat angkut molten metal dilakukan setiap awal shift dan akhir shift
Pengontrolan secara berkala pada kondisi <i>heater machine</i> pada <i>furnace</i>
Pengontrolan secara berkala pada kondisi kompresor angin pada mesin press untuk proses pembuatan mold cetakan.
Periksa kembali perlengkapan keselamatan kerja karyawan seperti sepatu dan baju tahan api yang digunakan oleh karyawan
Monitoring dan melakukan inspeksi setiap bahan baku yang datang dari pemasok untuk memperoleh bahan baku yang sesuai dengan kebutuhan pada proses produksi.
Perketat pemeriksaan disetiap stasiun kerja mulai dari proses peleburan hingga proses finishing
Periksa kondisi alat-alat pengaman seperti tabung pemadam kebakaran.
Melakukan konfirmasi dengan atasan jika dilantai produksi terdapat masalah yang sangat rumit diatasi oleh operator.
Evaluasi kembali <i>Standart Operational Procedure</i> untuk memperoleh metode kerja yang lebih baik
Pada akhir jam kerja pastikan semua mesin dalam kondisi bersih terutama kebersihan pada dapur peleburan agar tidak ada sisa molten yang mengering.

atau level (+) dan dapat dinyatakan bahwa, proses pada *pemberian tekanan pasir* dalam keadaan terkendali.

### SIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut hasil aplikasi siklus DMAIC dalam metode sis sigma menunjukkan *Pinholes* merupakan katagori produk cacat terbanyak dari ke-10 jenis persyaratan kualitas yang menjadi *critical to quality* karakteristik kualitas dari produk tromol mobil jenis Kijang F yang diproduksi oleh PT Bumi Buana Citra, dengan persentase sebesar 27,6%. Kemampuan proses produksi pada PT Bumi Buana Citra dalam memproduksi suku cadang tromol mobil jenis Kijang F memiliki probabilitas terhadap kegagalan sebesar 7725 dari satu juta kesempatan. Atau tingkat pengendalian kualitas sebesar 3,92-sigma. Faktor-faktor yang berpengaruh secara *significant* terhadap cacat *pinholes* pada tromol mobil Kijang F pada proses adalah: Penyebab utama (*Red X*) adalah waktu pengecoran dengan jumlah *end count* sebesar 12, tingkat kepercayaan sebesar 99,7%. Temperatur *molten metal* pada saat pengecoran dengan jumlah *end-count* sebesar 12, tingkat kepercayaan sebesar 99,7%. Penyebab kedua (*Pink X*) adalah temperatur pada *furnace* dengan jumlah *end-count* sebesar 7.5, tingkat kepercayaan sebesar 95,5%. Penyebab ketiga (*Pale pink X*) adalah faktor pemberian tekanan pada saat pembuatan  *mold* dengan jumlah *end-count* sebesar 6, tingkat kepercayaan sebesar 90%.

Konfigurasi sistem produksi yang sesuai adalah dengan menggunakan metode eksperimen *shainin bhote* dan eksperimen *anova full factorial metode Yates* adalah sebagai berikut: Waktu pengecoran (A) dipertahankan pada level (-) yaitu 4,00 menit. Temperatur *molten metal* (B) dipertahankan pada level (+), yaitu 1302° C. Temperatur *furnace* (C) dipertahankan pada level (+), yaitu 1322° C. Tekanan pasir (D) dipertahankan pada level (+), yaitu 20,7 Psi.

Setelah dilakukan *improvement*, terjadi penurunan tromol cacat dari 120 unit tiap bulan menjadi 25 unit.

### DAFTAR PUSTAKA

- Besterfield, D.H., 1994 *Total Quality Management*. Prentice Hall.
- Bhote, K.R., dan Bhote, A.K., 2000. *World Class Quality Second Edition; Using Design of Experiment to Make It Happen*, Amacom, New York.
- Gaspersz, V., 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma; Terintegrasi dengan ISO 9001, MBNQA dan HACCP*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hicks, C.R., 1993. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments, fourth Edition*, Holt.Rinehart And Winston. Inc, New York:
- Montgomery, D.C., 1990. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Pyzdek, T., 2002. *The Six Sigma Handbook*, Salemba Empat, Jakarta:
- Walpole, R.E., 1995. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, edisi keempat, Bandung: ITB Bandung Press.