

USULAN PENINGKATAN KUALITAS BATU MERAH DENGAN METODE SIX SIGMA DAN TAGUCHI

Gina Ramayanti¹, Lailatul Fitriyeni², dan Eka Indah Yulistiyari³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya

Jalan Raya Serang, Cilegon KM. 5 Taman Drangong Serang, Banten 42116

Email: ginaramayanti@gmail.com, lailatulfitriyeni@gmail.com, ekaindah82@yahoo.co.id

Abstrak

Industri bata tanah liat Desa Pancur memproduksi batu bata merah dengan campuran bahan baku utama yaitu tanah liat, pasir dan air dengan proses produksi secara konvensional (terkecuali penggilingan). Permasalahan pada proses produksi batu bata merah adalah masih terdapat produk cacat setiap proses produksinya yang dapat merugikan pengrajin bata merah serta kurangnya pengetahuan mengenai kuat tekan batu bata. Oleh karena itu, untuk mengidentifikasi dan upaya meningkatkan kualitas bata merah pada proses produksi bata merah maka diterapkannya metode six sigma fase *Define, Measure, Analyze*, dan *Improve* dengan menggunakan pendekatan metode Taguchi. Berdasarkan hasil analisis DMAI didapatkan 4 *Critical To Quality* yaitu bata retak, pecah, gopel, dan gosong, serta didapat nilai DPMO dan level sigma menghasilkan 9687,5 (3,83 sigma) untuk retak, 8862,5 (3,87 sigma) untuk pecah, 2950 (4,25 sigma) untuk gopel, dan 2500 (4,30 sigma) untuk gosong. Berdasarkan hasil eksperimen Taguchi yang dilakukan maka didapatkan hasil *setting level* optimal yaitu rasio komposisi bahan baku tanah liat:pasir:air (70%:15%:15%), jumlah penggilingan 3 kali, lama penjemuran 7 hari, dan posisi pembakaran berada didepan. Hasil komposisi eksperimen diperoleh peningkatan nilai kuat tekan dengan hasil nilai rata-rata 89,1 dibandingkan kondisi aktual dengan rata-rata 63,5.

Kata kunci: CTQ, DPMO, Kualitas, Six Sigma, Taguchi

Abstract

*The clay brick industry in Pancur village produces red bricks with a mixture of the primary raw materials, namely clay, sand and water with conventional production processes (except milling). The problem with the red brick production process is that there are still defective products in each production process that can harm the red brick craftsmen and lack of knowledge about the compressive strength of the brick. Therefore, to identify and improve the quality of red brick in the red brick production process, the six sigma method of *Define, Measure, Analyze, and Improve* is applied using the Taguchi method approach. Based on the DMAI analysis results obtained 4 *Critical To Quality*, namely brick cracked, broken, flat, and burnt, and obtained DPMO value and sigma level produced 9687.5 (3.83sigma) for cracks, 8862, 5 (3,87 sigma) for ruptured, 2950 (4,25 sigma) for gospel, and 2500 (4,30 sigma) for burnt. Based on the results of the Taguchi experiment, the setting of the optimal level is the ratio of the composition of the clay raw material: sand: water (70%: 15%: 15%), the number of mills 3 times, the drying time of 7 days, and the burning position in front. The results of the experimental composition obtained an increase in the value of compressive strength with the results of an average value of 89.1 compared to the actual condition with an average of 63.*

Keywords: CTQ, DPMO, Quality, Six Sigma, Taguchi

PENDAHULUAN

Kualitas merupakan standar karakteristik suatu produk (barang atau jasa) yang bertujuan untuk memuaskan kebutuhan pelanggan. Suatu kualitas yang baik dimana memiliki tujuan dan manfaat yang sejalan. Kualitas suatu produk (barang atau jasa) sangat penting sekali, karena itu merupakan kepuasan untuk konsumen dan juga produsen. Dengan memberikan kualitas yang terjamin kepada konsumen maka produsen akan mendapat kepercayaan dari konsumen dan memiliki hubungan bisnis yang baik pula. Konsumen dan produsen sama-sama mendapat keuntungan yang baik dari suatu kualitas produk atau jasa yang terjamin, terjaga, dan bermutu. Maka dari itu peranan suatu kualitas sangatlah penting untuk suatu produk atau jasa agar mampu berkompetisi secara efektif dengan pesaing serta dapat memahami mengenai kepuasan pelanggan lebih dalam dan juga memahami konsep untuk meningkatkan kualitas produk atau jasa yang dihasilkan.

Produk yang dihasilkan perusahaan manufaktur dalam sebuah proses produksi seringkali tidak semuanya dapat mencapai standar kualitas yang sudah ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi produk cacat yang dapat menyebabkan tidak tercapainya target produksi sesuai jadwal yang sudah ditentukan. Salah satu cara mempertahankan dan meningkatkan mutu produk adalah dengan memperbaiki proses produksi tersebut. Adapun usaha perbaikan proses ini antara lain perbaikan tenaga kerja, perubahan sistem kerja, penggantian mesin yang rusak. Bahkan mencari faktor-faktor yang menimbulkan kerusakan atau kecacatan dari produk tersebut, baik itu faktor luar ataupun faktor dari dalam.

Sentra industri bata tanah liat di Desa Pancur memproduksi bata tanah liat. Proses produksi bata tanah liat meliputi pencampuran bahan baku, penggilingan, pencetakan, pemeraman, penjemuran, dan pembakaran. Pembuatan bata tanah liat di Desa Pancur merupakan bata tanah liat konvensional yang hampir semua proses produksinya dilakukan secara manual kecuali proses penggilingan. Namun di dalam proses produksinya masih terjadi produk cacat yang mengakibatkan kerugian bagi pengrajin bata. Adanya produk cacat dikarenakan belum mempunyai standar kualitas melainkan menggunakan ilmu warisan.

Metode Six Sigma adalah program peningkatan kualitas sekaligus strategi bisnis yang diperkenalkan oleh Motorola diakhir tahun 80-an dengan tujuan untuk tidak menghasilkan cacat melebihi 3,4 per sejuta kesempatan (*Defect per million opportunities*). Six Sigma sebagai program kualitas juga sebagai *tool* untuk pemecahan masalah. Six sigma menekankan aplikasi *tool* ini secara metodis dan sistematis yang akan dapat menghasilkan terobosan dalam peningkatan kualitas. Metodologi yang sistematis ini bersifat generik sehingga dapat diterapkan baik dalam industri manufaktur maupun jasa (Syukron & Kholil, 2013).

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan, serta menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan dengan menggunakan desain eksperimen. Perusahaan manufaktur Jepang banyak mengaplikasikan metode Taguchi dalam rangka memperbaiki kualitas produk dan proses. Penekanan lebih diutamakan pada rancangan kualitas pada produk dan proses. Jadi Taguchi disini menekankan pentingnya perencanaan produk yang kokoh (*Robust*) sehingga mampu berfungsi dengan baik pada taraf produksi maupun operasi produk (Soejanto, 2009).

Metode Taguchi bertujuan untuk meningkatkan kualitas suatu produk. Langkah yang diambil, yaitu perhitungan derajat kebebasan, pemilihan susunan ortogonal untuk mengurangi *run*, maka *run*, maka perhitungan S/NR digunakan untuk mengetahui komposisi optimal faktor-faktor yang akan mempengaruhi daya tahan aspal (Yuliandari, Srinadi, & Sumarjaya, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi yang terbaik sehingga menghasilkan produk dengan cacat seminimal mungkin. Batasan penelitian ini

adalah penelitian dilakukan pada proses produksi bata tanah liat dengan karakteristik kualitas dengan eksperimen sesuai dengan pertimbangan perusahaan.

TINJAUAN PUSTAKA

Six Sigma

Six Sigma merupakan usaha peningkatan berkelanjutan perusahaan sebagai respon atas kebutuhan organisasi manufaktur untuk tetap kompetitif dengan cara meningkatkan kualitas mereka, mengurangi variabilitas proses, dan mengurangi biaya dari permasalahan kualitas (Papic, Mladjenovic, Garcia, & Aggrawal, 2017). Ide dasar Six Sigma adalah bahwa jika kinerja ditingkatkan maka kualitas, kapasitas, waktu siklus, tingkat persediaan, dan faktor-faktor kunci lainnya sebagai pengurangan *waste*, sumber energi dan lingkungan juga akan meningkat (Khawale, Jagdale, Jambhalekar, Kale, & Patil, 2017). Dengan demikian, ketika faktor-faktor ini ditingkatkan, baik penyedia dan pelanggan mengalami kepuasan yang lebih besar dalam melakukan transaksi bisnis.

Strategi penerapan Six Sigma menggunakan pengumpulan data dan analisis statistik untuk menentukan sumber-sumber variasi dan cara-cara untuk menghilangkannya (Harry & Schroeder, 2000). Six sigma diterapkan untuk memperkecil variasi (sigma). Six sigma sebagai sistem pengukuran menggunakan *Defect per Million Oppurtunities* (DPMO) sebagai satuan pengukuran. DPMO merupakan ukuran yang baik bagi kualitas produk ataupun proses, sebab berkorelasi langsung dengan cacat, biaya dan waktu yang terbuang.

Kunci sukses dalam melaksanakan program Six Sigma adalah dengan mengimplementasikan langkah-langkah tahapan *Six Sigma* yaitu *Define, Measure, Analysis, Improve* dan *Control* (DMAIC). Keuntungan dari penerapan Six Sigma berbeda untuk tiap perusahaan yang bersangkutan, tergantung pada usaha yang dijalankannya. Secara garis besar dapat dikatakan sasaran Six Sigma adalah melakukan perbaikan produktivitas, pertumbuhan pangsa pasar, pengurangan waktu siklus, retensi pelanggan, pengurangan cacat, perubahan budaya kerja dan pengembangan produk jasa.

Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan metode yang efektif untuk mengendalikan kualitas yang dimulai dari perancangan sampai pemrosesan produk (Soejanto, 2009). Konsep Taguchi dibuat dari penelitian W.E. Deming yang menyatakan bahwa 85% kualitas yang buruk diakibatkan oleh proses manufaktur dan hanya 15% dari pekerja. Kemudian ia mengembangkan sistem manufaktur yang “kuat” atau tidak sensitif terhadap variasi harian dan musiman dari lingkungan, mesin, dan faktor-faktor luar lainnya.

Taguchi membedakan tiga desain proses yang terkait dengan proses selama produksi, yaitu desain sistem, desain parameter, dan desain toleransi. Tahap desain sistem membutuhkan pengetahuan mendalam mengenai sistem yang akan dirancang. Desain terkait dengan upaya mengembangkan suatu produk. Tujuan desain parameter adalah menentukan nilai nominal parameter produk atau proses optimal. Desain toleransi bertujuan menentukan toleransi nilai nominal yang telah ditentukan dalam desain parameter. Dalam hal ini, toleransi diartikan sebagai variasi nilai nominal yang diperbolehkan. Desain toleransi sangat dipengaruhi oleh *taguchi loss function*.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam pemecahan permasalahan adalah dengan metode six sigma dengan perbaikan menggunakan metode taguchi. Pada tahap *define* ini terdiri dari

beberapa langkah yaitu pertama dengan mengidentifikasi pengelompokkan jenis dan jumlah cacat yang terjadi pada tiap bulannya serta merekapnya kedalam tabel. Kedua dengan membuat diagram SIPOC.

Setelah dilakukan pendefinisian kemudian dilakukan pengukuran. Pada tahap ini akan menentukan nilai CTQ sari setiap karakteristik keterangan cacat menurut jenisnya selanjutnya dihitung DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan Nilai Sigma untuk dapat mengetahui performansi kinerja perusahaan saat ini. Sebelum menghitung nilai DPMO terlebih dahulu diperlukan nilai *Defect Per Opportunities* (DPO) yang merupakan ukuran kegagalan yang dihitung dalam program peningkatan kualitas six sigma yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan persatu

Pada tahap ini dilakukan analisis data dengan diagram pareto dan dilakukan identifikasi penyebab masalah produk *reject* dengan menggunakan fishbone diagram sebagai alat memaksimalkan tingkat kualitas produk serta memperkecil resiko-resiko kegagalan yang sering terjadi.

Pada tahap ini dilakukan seleksi solusi dan tindakan yang diharapkan dapat meningkatkan performansi dari sigma. Langkah ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode taguchi, rekomendasi usulan perbaikan, dan menganalisis kemudian tindakan perbaikan. termasuk metode analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode Six Sigma dengan siklus DMAIC dengan pendekatan metode Taguchi untuk *improve* proses produksi bata merah sehingga dapat menurunkan produk cacat dan meningkatkan kualitas dari bata merah tersebut. Penggunaan analisis Six Sigma pada penelitian ini hanya sampai fase *improve* (tidak sampai fase control).

Define

Berdasarkan latar belakang dan studi lapangan yang dilakukan peneliti, permasalahan yang dihadapi oleh industri bata tanah liat Desa Pancur yaitu tingginya *defect* pada produk bata merah. Berikut data jumlah produk bata merah yang diproduksi dan jumlah produk cacat pada proses produksi bata merah di Desa Spring pada Bulan April – Juni 2017. Dalam manajemen dan perbaikan proses diagram SIPOC merupakan salah satu teknik yang paling berguna dan sering digunakan menyajikan sekilas dari aliran kerja. Diagram SIPOC juga digunakan untuk mendefinisikan proses kunci beserta pelanggan yang terlibat dalam proses tersebut

Measure

Setelah dilakukan pendefinisian masalah yang akan dianalisis selanjutnya pada tahap ini akan dihitung DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan Nilai Sigma untuk dapat mengetahui performansi kinerja perusahaan saat ini. Namun sebelum melakukan pengukuran terlebih dahulu menetapkan CTQ berdasarkan jenis cacat kritis pada produk bata.

Penentuan CTQ (*Critical to Quality*) digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan spesifik konsumen. CTQ dapat diartikan sebagai elemen dari proses yang berpengaruh langsung terhadap pencapaian kualitas yang diinginkan. Berdasarkan hasil pengamatan langsung dan wawancara dengan pihak terkait karakteristik kualitas untuk produk bata terdapat 4 CTQ.

Tabel 1. Keterangan Jenis CTQ Produk Bata

No	Jenis CTQ	Keterangan
1	Retak	Terdapat garis retakan pada produk
2	Pecah	Terbelah dua atau lebih pada produk
3	Gopel	Ketidaksempurnaan bentuk produk
4	Gosong	Ketidaksesuaian kematangan produk

Baseline performa dalam Six Sigma yaitu melakukan perhitungan analisa kapabilitas proses yang ditetapkan menggunakan satuan pengukuran DPMO (*Defect per Million Opportunity*) dan tingkat kapabilitas sigma (*sigma level*) berdasarkan Six Sigma Motorola. Hasil perhitungan DPMO dan level sigma pada setiap CTQ dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Nilai DPO, DPMO, dan Level Sigma

Jenis CTQ	Jumlah Cacat	DPO	DPMO	Level Sigma
Retak	3875	0,0096875	9687,5	3,83
Pecah	3545	0,0088625	8862,5	3,87
Gopel	1180	0,00295	2950	4,25
Gosong	1000	0,0025	2500	4,30
Jumlah	9600	0,024	2400	16,25
Rata-rata	2400	0,006188	6000	4,05

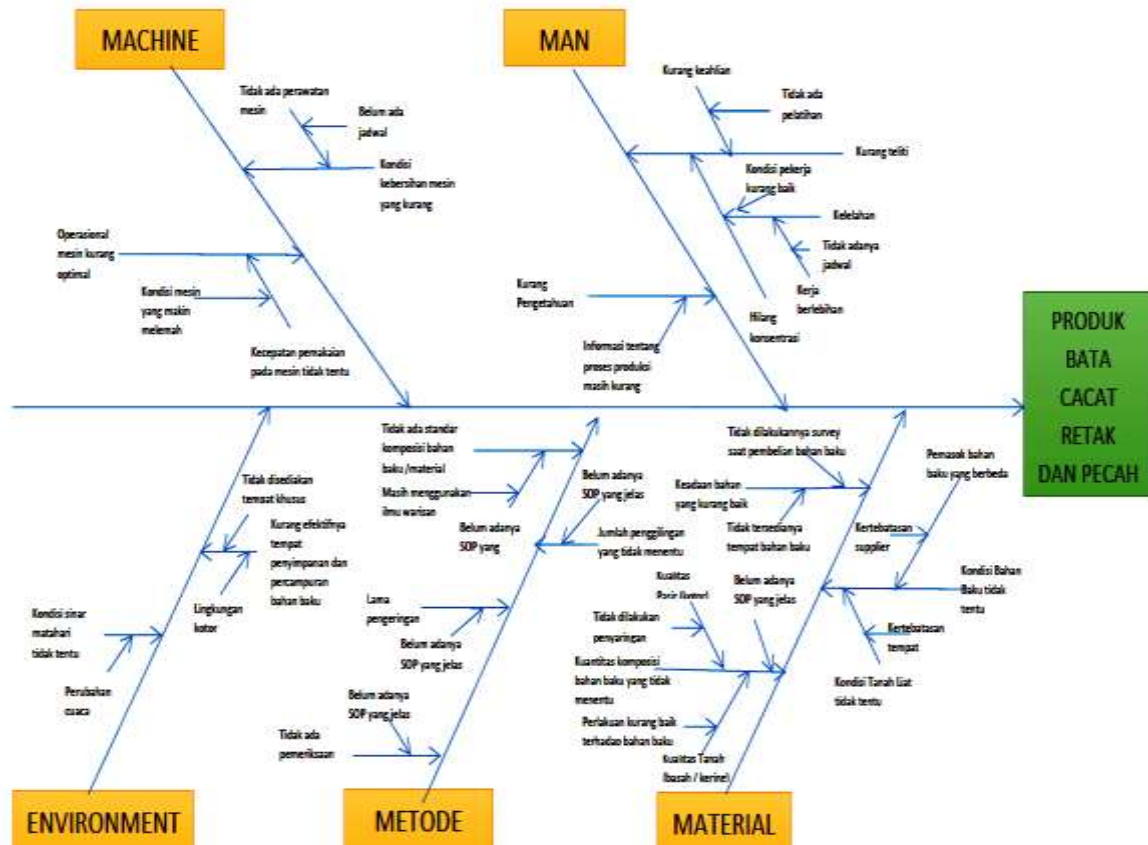
Analyze

Fase *analyze* bertujuan untuk menguji data yang dikumpulkan pada fase *measure* untuk menentukan daftar prioritas dari sumber variasi dan akar penyebab kegagalan atau cacat. Berdasarkan Tabel 4, CTQ potensial yang paling besar yaitu diakibatkan oleh cacat yang retak sebesar 3875 dengan presentase 40,36% dan cacat yang pecah 3545 dengan presentase 36,92%.

Tabel 3. Rekapitulasi Cacat

Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Persen (%)	Kumulatif
Retak	3875	40,36458	40,36458
Pecah	3545	36,92708	77,29167
Gopel	1180	12,29167	89,58333
Gosong	1000	10,41667	100

Langkah selanjutnya yaitu menemukan sumber dan akar penyebab dengan menggunakan diagram sebab akibat (*Cause and Effect Diagram*) atau Fishbone diagram. Dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam penelitian ini menggunakan diagram fishbone hanya satu dikarenakan akar penyebab dari produk cacat bata retak dan pecah cenderung memiliki penyebab yang sama.



Gambar 1. Fishbone Diagram

Improve

Fase *improve* menggunakan eksperimen Taguchi dilakukan dengan desain orthogonal array yang telah didesain oleh Taguchi. Eksperimen Taguchi menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) data atribut bertujuan untuk mencari faktor – faktor yang mempengaruhi nilai respon dan digunakan untuk mencari *setting level optimal* guna meminimalkan penyimpangan variansi.

Eksperimen Taguchi dilakukan dengan desain *orthogonal array* yang telah didesain oleh Taguchi. Eksperimen Taguchi menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) data atribut bertujuan untuk mencari faktor – faktor yang mempengaruhi nilai respon dan digunakan untuk mencari *setting level optimal* guna meminimalkan penyimpangan variansi. *Orthogonal array* memiliki tata letak eksperimen yang mampu melakukan evaluasi beberapa faktor secara bersamaan dengan jumlah percobaan yang minimum. Keterbatasan sumber daya menjadi alasan utama dipilihnya desain *orthogonal array* ini. Keterbatasan ini terutama dalam hal biaya dan waktu untuk eksperimen.

Hasil eksperimen Taguchi menunjukkan bahwa semua faktor memiliki pengaruh yang signifikan yaitu Faktor A (Rasio Tanah Merah : Pasir : Air), Faktor B (Jumlah Penggilingan), Faktor C (Lama Penjemuran) dan Faktor D (Posisi Pembakaran) terhadap presentase cacat guna peningkatan kualitas produk bata merah. Pengaruh dari setiap faktor dapat dilihat dari perbandingan antara nilai F-ratio dengan nilai F tabel ($F_{0,05;2;171}=3,0488$ pada tabel *analysis of variance (mean)*). Nilai F-ratio lebih besar dari nilai F-tabel maka dapat disimpulkan bahwa semua faktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik kualitas produk bata merah. Penggunaan taraf nyata dalam eksperimen ini yaitu sebesar 5% merupakan besar batas kesalahan yang akan ditolerir.

Pertimbangan menggunakan α 0,05 pada eksperimen ini yaitu dirasa cukup karena penelitian ini hanya memiliki waktu yang singkat serta biaya yang terbatas.

Polling up dilakukan pada faktor – faktor yang memiliki nilai variansi terkecil (Mq) yang bertujuan untuk menghindari kesalahan pada eksperimen. Dalam eksperimen ini untuk faktor C dan faktor D memiliki nilai variansi yang lebih rendah dari faktor lainnya, maka dilakukan *polling up*. Perhitungan *signal to noise ratio* (SNR) dapat digunakan untuk pemilihan setting level optimal dari level faktor yang digunakan dalam eksperimen serta bertujuan untuk mengetahui faktor – faktor mana saja yang mempengaruhi nilai variansi Taguchi menyarankan penggunaan SNR sebagai kriteria pemilihan parameter yang meminimumkan *error of variance*, adalah variansi yang disebabkan oleh faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi yang disebabkan oleh faktor-faktor tidak terkendali. Pemilihan level dari masing-masing faktor didasarkan pada nilai SNR yang lebih tinggi karena nilai SNR yang lebih tinggi dapat meminimumkan nilai variansi, sehingga *noise* yang dihasilkan lebih kecil. Pada eksperimen ini, SNR yang digunakan pada penelitian ini yaitu *SNR fraction defect* atau dinamakan *omega transformation* (Ω) karena karakteristik kualitas yang diamati yaitu presentase cacat.

Berdasarkan hasil respon *Signal Noise to Ratio* diatas dapat dipilih dengan melihat nilai dalam tabel, maka level faktor yang berpengaruh adalah Faktor A Level 2 (Komposisi 70% Tanah Liat Merah : 15% pasir : 15% Air), Faktor B Level 3 (Jumlah penggilingan 3 kali), Faktor C Level 2 (Lama Pengeringan 7 Hari), dan Faktor D Level (Posisi Pembakaran di depan).

Untuk perkiraan kondisi optimal menggunakan faktor yang berpengaruh dan mempunyai kontribusi terbesar untuk meminimasi kelompok cacat. Dalam eksperimen ini yaitu faktor A2 dan B3. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai perkiraan kondisi optimal (Ω *predicted*) = 8,60 dengan μ *prediksi* = 0,12104985, dan nilai *confident interval* = 0,10002025. Maka selang kepercayaan untuk proses optimal adalah $0,0210296 \leq \mu$ *prediksi* $\leq 0,2210701$. Berdasarkan uji kekerasan bata yang telah dilakukan dengan metode *Rockwell* didapatkan hasil kondisi aktual dengan nilai kekerasan rata-rata 63,5, dan didapatkan hasil setelah eksperimen taguchi dengan nilai rata-rata 89,1.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan yang sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai yaitu faktor penyebab produk cacat diantaranya operator yang kurang ketelitian dan pengetahuan yang lebih efektif dalam pembuatan proses produksi bata merah yang benar, mesin dengan kondisi yang kurang efektif dalam hal perawatan dan kebersihan, metode proses produksi yang kurang diperhatikan untuk setiap prosesnya, dan perawatan serta pengontrolan yang belum efektif untuk proses produksi, keadaan bahan baku yang tidak tentu dan tidak ada standar komposisi dalam setiap kali produksi khususnya percampuran bahan baku dan lingkungan tempat percampuran bahan baku yang kurang efektif dan kondisi cuaca yang tidak tentu.

Berdasarkan penelitian dengan metode six sigma didapatkan hasil perhitungan nilai *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) dan nilai level sigma masing-masing CTQ dari proses produksi bata tanah liat yaitu 9687,5 (3,83sigma) untuk CTQ retak, 8862,5 (3,87sigma) untuk CTQ pecah, 2950 (4,25sigma) untuk CTQ gopel, 2500 (4,30sigma) untuk CTQ gosong. Berdasarkan hasil dari tabel respon dan ANOVA untuk data atribut didapatkan *setting* level optimal dari faktor-faktor terkontrol, faktor yang memiliki tingkat signifikan tinggi dan kontribusi besar terhadap penurunan presentase cacat pada eksperimen ini yaitu

komposisi bahan baku tanah liat : pasir : air (70%;15%;15%) dengan kontribusi 4,83% dan jumlah penggilingan (3 kali) dengan kontribusi 2,90%. Berdasarkan analisa dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produk cacat agar menghasilkan kualitas produk bata yang baik, maka dapat diusulkan berupa pembuatan *Standard Operating Procedure* (SOP)

Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah penanganan dan perhatian penuh terhadap pengawasan lebih terhadap operator dalam melakukan pekerjaannya dengan memberikan SOP (*Standard Operating Procedure*), serta perawatan mesin yang lebih terjadwal sehingga mesin terjaga produktivitasnya dan kebersihannya. Selain itu dapat dilakukan eksperimen-eksperimen yang lain dengan menggunakan metoda Taguchi lainnya, seperti level-level campuran atau yang lainnya untuk mendapatkan lebih banyak kesimpulan dan bukti-bukti yang dapat memperkuat dukungan atau bantahan mengenai metoda Taguchi.

DAFTAR PUSTAKA

- Harry, M., & Schroeder, R. 2000. *Six Sigma : The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Corporations*. New York : Currency Doubleday.
- Khawale M. Y. S., Jagdale M. S. C., Jambhalekar M. S. S., Kale M. S. S. & Patil V. H. 2017. Implementation of Six Sigma Methodology for Piston Rod Manufacturing. *GRD Journals- Global Research and Development Journal for Engineering*, 2(3), 14–18.
- Papic L., Mladjenovic M., Garcia A. C. & Aggrawal D. 2017. Significant Factors of the Successful Lean Six-Sigma Implementation. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 2(2), 85–109.
- Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Syukron, A., & Kholil, M. 2013. *Six Sigma Quality For Business Improvement*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Yuliandari G. A. P., Srinadi I. G. A. M. & Sumarjaya I. W. 2013. Menentukan Komposisi Optimal dari Faktor-Faktor yang Memengaruhi Ketahanan Aspal dengan Metode Taguchi. *E-Jurnal Matematika*, 2(1), 37–41.