

SKRIPSI
ANALISIS TINGKAT KECACATAN BATU BATA
BERDASARKAN KOMPOSISI MATERIAL



Disusun oleh:

Imam Agus Faisal Wardani
NPM.16.0501.0018

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI (S1)
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
TAHUN AKADEMIK
2022

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di zaman semakin modern ini dunia bisnis sudah semakin maju. Persaingan antar pelaku bisnis sudah semakin ketat dan strategi yang ditetapkan dalam dunia bisnis sudah semakin berkembang. Menurut (Render, 2014) kualitas merupakan kemampuan suatu produk atau jasa dalam memenuhi kebutuhan pelanggan. Kualitas atau mutu suatu produk merupakan hal yang sangat penting dan harus selalu diperhatikan oleh setiap produk merupakan hal yang sangat penting dan harus selalu diperhatikan oleh setiap industry manufaktur. Produk yang baik ialah produk yang memiliki kualitas yang tinggi dan tahan lama. Oleh karena itu, banyak industri manufaktur berlomba-lomba untuk memproduksi suatu barang yang berkualitas akan memberikan dampak positif kepada bisnis melalui dua acara, yaitu: dampak terhadap biaya produksi dan dampak terhadap pendapatan (George R, 2009).

Batu bata merupakan suatu produk yang sangat dibutuhkan dalam proses pembuatan suatu bangunan. Harga batu bata yang murah membuat para pembuat batu bata ini sering kali hanya menggunakan bahan yang didapat dari alam seperti tanah liat dan air. Terkadang pembuatan batu bata juga dicampur dengan bahan- bahan lainnya yaitu pasir dan Serbuk gergaji. Dengan proses pembuatan yang sederhana dan belum adanya takaran komposisi bahan yang pasti, batu bata yang di produksi UKM Batu Bata Muh Zaeni terletak Didesa

Ringinanom Kecamatan Tempuran, Kabupaten Magelang terkadang hasil produksinya tidak sesuai dengan kualitas yang diinginkan. Dalam menilai kualitas yang baik, pembuat batu bata biasanya hanya melihat penampilan fisik dari batu bata setelah proses pembakaran, yaitu batu bata yang permukaannya tidak retak yang dianggap sebagai batu bata dengan kualitas baik.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kualitas batu bata, yaitu sumber daya manusia, lingkungan produksi, alat-alat produksi serta komposisi dan proses pengolahan bahan baku. Terdapat faktor yang paling berpengaruh terhadap kualitas batu bata, yaitu komposisi dan proses pengolahan bahan baku. Semakin baik kualitas komposisi dan proses pengolahan bahan baku maka akan semakin baik pula kualitas batu bata.

Persaingan pasar yang ketat membuat produsen UKM Batu Bata Muh Zaeni terletak Didesa Ringinanom Kecamatan Tempuran, Kabupaten Magelang berupaya untuk meningkatkan kualitas batu bata untuk memperoleh kualitas batu bata yang terbaik, yaitu batu bata yang tidak mudah retak. Komposisi batu bata yang diproduksi terdiri dari air, tanah, pasir dan serbuk gergaji. Namun terkadang komposisi bahan yang digunakan hanya terdiri dari air, tanah dan pasir atau hanya terdiri dari air dan tanah. Menurut pengalaman, batu bata yang mengandung Serbuk gergaji memiliki kualitas yang baik yaitu permukaan tidak gampang retak. Untuk melihat apakah batu bata yang dihasilkan memenuhi kualitas maka diperlukan pengukuran terhadap kuat tekan batu bata. Oleh karena itu diperlukan suatu rancangan percobaan untuk

memperoleh batu bata dengan komposisi yang optimal sehingga dapat meningkatkan kualitas batu bata. Dalam penelitian ini, rancangan percobaan yang digunakan adalah Metode Taguchi.

Metode Taguchi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam desain eksperimen yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas suatu produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi berupaya mencapai tujuan itu dengan menjadikan produk atau proses tidak sensitif (bersifat kokoh atau robust) terhadap berbagai faktor. Oleh karena itu metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh (robust design) (Soejanto I. , 2009). Alasan memilih *Desain of Eksperimen* (DOE) Taguchi dikarenakan desain ini lebih sederhana dalam proses pelaksanaan eksperimennya dibandingkan rancangan faktorial karena desain ini tidak melakukan trial sebanyak kombinasi faktor tetapi hanya sebagian saja. Metode Taguchi menggunakan fraksional faktorial dan juga *Orthogonal Array* (OA) untuk tata letak percobaannya. Pada percobaan faktorial yang menggunakan empat faktor dan tiga taraf maka percobaan dilakukan sebanyak 81 kali percobaan, tetapi dengan menggunakan metode Taguchi percobaan hanya dilakukan sebanyak Sembilan kali percobaan (Wulandaryi, 2009). Hal ini dapat mengefisiensi waktu dan biaya dalam melakukan percobaan karena percobaan hanya dilakukan sepertiga dari percobaan faktorial.

Berdasarkan data yang diperoleh, jumlah produk batu bata yang dihasilkan setiap minggunya adalah 2500, tingkat kesalahan tertinggi adalah 3,92% pada

bulan Februari dan tingkat kesalahan terendah 2,72% pada bulan Maret. Proporsi produk cacat yang tinggi 3,92% harus ditekan, terbukti dengan proporsi produk cacat terendah 2,72%. dalam proses pembuatannya. UKM Batu Bata Muh Zaeni menerapkan pengendalian kualitas dengan menetapkan batas toleransi kerusakan maksimal 3,0% Berdasarkan data jumlah produk cacat, peneliti menampilkan data apa yang menjadi penyebab kerusakan produk yang dapat dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1. 1
Jumlah Kerusakan Produk Batu Bata Periode Januari s.d Maret 2022

Periode	Jumlah Produk Cacat	Jenis Produk Cacat			Total
		Retak	Sompel/Cuil	Pecah	
Januari I	78	27	20	31	78
II	85	25	25	35	85
III	75	35	15	25	75
IV	81	29	12	40	81
Total	319	110	62	131	319
Februari I	72	22	20	30	72
II	98	18	35	45	98
III	87	40	27	20	87
IV	88	24	14	50	88
Total	345	104	96	145	345
Maret I	92	32	26	34	92
II	87	28	27	32	87
III	79	29	21	29	79
IV	68	17	11	40	68
Total	326	106	85	135	326

Masalah yang sering terjadi pada proses produksi batu bata yaitu masih adanya produk yang mudah pecah karena kuat tekan dari batu bata yang tidak sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan oleh perusahaan. Kecacatan yang terdapat pada produk batu bata berupa retak, sompel atau cuil, dan pecah. Maka dengan demikian akan dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas batu bata dan hal yang menjadi penyebab

kecacatan produk batu bata dan kombinasi komposisi bahan baku pembuatan batu bata yaitu tanah liat (lempung), pasir, abu kapur, serbuk gergaji dan air dengan melakukan desain eksperimen Taguchi dalam pembuatan batu bata dengan campuran yang ditentukan, sehingga memperoleh kekuatan yang melebihi kekuatan tekan yang telah jadi acuan UKM Batu Bata Muh Zaeni.

Bahan baku utama pembuatan batu bata adalah tanah liat, pasir, abu kapur, serbuk gergaji dan air. Salah satu bahan untuk membuat batu bata merah adalah tanah liat (lempung). Tanah liat sebagai bahan baku batu bata memiliki sifat plastis dan susut kering. Sifat plastis pada tanah liat berperan penting dalam proses awal pembuatan batu bata, yakni pada saat pembuatan adonan dan pencetakan. Sifat plastis tanah liat juga berhubungan dengan susut kering pada saat bata dikeringkan. Oleh karena itu, sifat pada tanah liat tersebut berpengaruh pada kekuatan, penyusutan, dan kualitas batu bata hasil pembakaran. Sebagaimana yang biasa digunakan untuk bangunan umum yang tidak memiliki persyaratan khusus dalam pencampuran bahan baku. Pasir yang digunakan berasal dari pasir kali. Selain tanah liat dan pasir, pembuatan batu bata juga menggunakan abu kapur yang berfungsi sebagai tambahan campuran pembuatan batu bata. Penggunaan tanah liat lebih banyak dari pasir dikarenakan tanah liat dapat menguatkan batu bata.

Dengan melakukan desain eksperimen Taguchi ini, diharapkan dapat mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan batu bata menghasilkan kombinasi dan komposisi bahan baku yang tepat memberikan kuat tekan batu bata maksimal yang diinginkan oleh konsumen serta

memberikan peningkatan kualitas terhadap produk yang dihasilkan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Faktor apa saja yang berpengaruh terhadap kecacatan produk batu bata?
2. Bagaimana kombinasi dan komposisi bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan kuat tekan batu bata yang dapat mengurangi kecacatan produk dalam meningkatkan kualitas batu bata ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh penyebab kecacatan produk batu bata.
2. Menentukan setting parameter bahan baku batu bata untuk menghasilkan kuat tekan batu bata yang optimum dengan pendekatan Taguchi untuk meningkatkan kualitas produk batu bata.

D. Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Untuk mengurangi tingkat kecacatan produk batu bata.
2. Untuk meningkatkan kualitas produk batu bata.
3. Untuk meningkatkan kepuasan konsumen

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung penelitian ini, maka peneliti gambaran penelitian yang relevan, yaitu:

Fadhilah S. A. Haryono, Yulianto P. Prihatmaji (2021). Batu bata adalah salah satu material yang telah banyak digunakan dalam pembangunan sekarang ini. Meski begitu, hal ini tentunya juga bergantung pada kualitas batu bata tersebut, yang ditentukan berdasarkan komposisi dan bahan pembakarnya. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini akan memetakan kualitas batu bata berdasarkan komposisi dan bahan pembakar di Bantul yang tanah dari Bantul dan Klaten, guna mepedalam pengetahuan material batu bata di Bantul serta pengujiannya, agar mempermudah dalam memilih batu bata yang berkualitas. Metode penelitian dilakukan dengan observasi langsung di lima kecamatan Bantul guna mengambil data dan sampel. Kemudian sampel dikelompokkan menjadi beberapa tipe dan dilakukan pengujian terhadap sampel berdasarkan standar. Pengelompokkan tersebut menghasilkan tujuh tipe batu bata berdasarkan komposisi dan bahan pembakar, dan didapatkan bahwa, batu bata terbaik adalah tipe 7 yang memiliki komposisi tanah, lempung, abu dan dibakar menggunakan Serbuk gergaji, kayu. Sedangkan pemetaan menunjukkan bahwa, batu bata yang baik kebanyakan berada di sisi timur peta.

Dian Anggraini, dkk (2015) melakukan penelitian Home Industry Putih Jaya merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan paving blok yang ingin meminimasi adanya kecacatan produk dalam proses produksinya. Paving mudah retak merupakan jenis kecacatan yang sering terjadi. Tahapan pertama dalam usaha menurunkan tingkat kecacatan adalah dengan melakukan identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas produk. Metode yang digunakan adalah *fishbone* diagram, kemudian dilanjutkan dengan Taguchi untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh dan meningkatkan kualitas produk sehingga tingkat kecacatan menurun. Dari hasil pengolahan data dengan *fishbone* diagram terdapat enam faktor yang berpengaruh. Diantara ke enam faktor tersebut dicari faktor dengan pengaruh terbesar yang mengakibatkan kualitas produk menyimpang terhadap standar kualitas. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan besarnya persentase kecacatan yang terjadi pada perusahaan awalnya berkisar 4% sedangkan persentase hasil aplikasi dengan menggunakan metode Taguchi menurun menjadi 2%. Penurunan persentase kecacatan berarti menyatakan adanya peningkatan kualitas produk. Adapun faktor yang paling mempengaruhi kualitas produk tersebut adalah waktu proses pengeringan dengan nilai persen kontribusi terbesar yaitu sebesar 34,5%.

Aries Susanty, Dkk. (Tahun 2020) Setiap tahun kebutuhan rumah bertambah menyebabkan permintaan batu bata meningkat. Salah satu penghasil batu bata yaitu Sentra Industri Blancir yang terletak di Pedurungan Kidul, Semarang. Proses produksi di Sentra Industri Blancir masih

menghasilkan batu bata patah. Saat ini belum ada standar teknis baik dari segi material maupun metode dalam proses produksi batu bata di Sentra Industri Blancir. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimalisasi parameter proses produksi menggunakan desain eksperimen Taguchi dengan karakteristik kualitas *smaller the better*. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh level optimal parameter proses produksi untuk meminimalkan jumlah batu bata patah. Variabel penelitian terdiri dari enam parameter proses yaitu air, Serbuk gergaji padi, pengadukan, pendiaman, pengeringan, dan pembakaran. Rasio S/N, analisis variansi, dan uji T digunakan untuk menentukan level optimal dan menganalisis efek parameter proses. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi level optimal yaitu air 20%, Serbuk gergaji padi 4%, pengadukan bahan 7 kali, pendiaman campuran 6 jam, pengeringan 12 jam, dan pembakaran 5 hari. Urutan parameter proses yang berpengaruh signifikan untuk meminimalkan batu bata patah yaitu jumlah pengadukan bahan, lama pembakaran, jumlah air, jumlah Serbuk gergaji padi, dan lama pengeringan. Sedangkan lama pendiaman campuran tidak berpengaruh signifikan. Berdasarkan eksperimen konfirmasi menggunakan level optimal, jumlah batu bata patah dapat berkurang sebanyak 2,25%

Putri Halimah , Yurida Ekawati. (Tahun 2020) Kuat tekan bata ringan yang dihasilkan UD. XY memiliki variasi yang sangat tinggi karena belum adanya standar komposisi bahan baku. Penelitian ini dilakukan untuk merancang suatu perbaikan atau peningkatan kualitas terhadap produk bata ringan di UD. XY. Peningkatan kualitas adalah pada peningkatan kuat tekan dari bata ringan

dengan komposisi optimal. Peningkatan kualitas dilakukan dengan menggunakan desain eksperimen metode Taguchi untuk mendapatkan kombinasi komposisi yang optimal. Adapun notasi *Orthogonal Array* yang digunakan adalah L9(3⁴) dengan faktor kontrol material berupa air (A), semen (B), dan pasir (C). Pengolahan data dilakukan dengan melakukan perhitungan ANOVA terhadap nilai rata-rata dan SNR dengan klasifikasi *larger the better*. Klasifikasi tersebut dipilih karena semakin besar kuat tekan dari bata ringan semakin tinggi kualitas bata ringan tersebut. Perhitungan ANOVA ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui faktor mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan bata ringan. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kualitas bata ringan adalah uji kuat tekan beton yang dilakukan dengan menggunakan Compression Machine. Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan perbandingan kombinasi komposisi air:semen:pasir optimal sebesar 1:2,5:4. Eksperimen konfirmasi membuktikan bahwa kuat tekan dari komposisi tersebut bersifat robust.

Gina Ramayanti, Lailatul Fitriyeni, dan Eka Indah Yulistiyari (Tahun 2019) 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 didapatkan 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.

Dari penelitian-penelitian diatas, membahas mengenai identifikasi penyebab jumlah produk cacat menggunakan berbagai metode sebagai acuan terutama penelitian yang berkaitan dengan batu bata. Sedangkan penelitian ini penulis mengambil referensi dari banyak penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pada penelitian ini penulis memfokuskan pada meningkatkan kualitas produk batu bata dengan menggunakan metode Taguchi terhadap faktor yang menyebabkan produk cacat dan penambahan serbuk gergaji sebagai bahan baku batu bata terhadap faktor penyebab produk cacat, sehingga produk cacat dapat dikurangi hingga titik terendah.

B. Kualitas Batu Bata

Adapun syarat-syarat batu bata merah dalam (Umum, Mutu dan Uji Bata Merah Pejal (SII-0021-1978), 1987) dan (Umum, Bata Merah Sebagai Bahan Bangunan (NI-10-1978), 1978) adalah sebagai berikut:

a. Pandangan Luar.

Batu bata harus mempunyai rusuk- rusuk yang tajam dan siku, bidang sisinya harus datar, tidak menunjukkan retak-retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warnanya seragam, dan berbunyi nyaring bila dipukul.

b. Ukuran-ukuran

Ukuran-ukuran batu bata merah ditentukan dan dinyatakan dalam perjanjian antara pembeli dan penjual (pembuat). Sedangkan ukuran batu bata merah yang standar menurut NI-10, 1978: 6 yaitu batu bata merah dengan panjang 240 mm; lebar 115 mm; tebal 52 mm, dan batu bata merah dengan panjang 230 mm; lebar 110 mm; tebal 50 mm. Sedangkan standar ukuran batu bata merah menurut SII-0021-78 yang terlihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1
Modul Standar Ukuran Batu Bata Merah sesuai dengan SII-0021-78

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65	90	190
M-5b	65	140	190
M-6	50	110	220

Sumber: SII-0021-78

Penyimpangan ukuran maksimum batu bata merah yang diperbolehkan dalam SII-0021-78, adalah sebagai berikut

Tabel 2.2
Daftar Penyimpangan Ukuran Maksimum Batu Bata Merah sesuai dengan
SII-0021- 78

Penyimpangan Ukuran Maksimum (mm)						
Kelas	M-5a dan M-5b			M-6		
	Tebal	Lebar	Panjang	Tebal	Lebar	Panjang
25	2	3	5	2	3	5
50	2	3	5	2	3	5
100	2	3	4	2	3	4
150	2	2	4	2	2	4
200	2	2	4	2	2	4
250	2	2	4	2	2	4

Sumber: SII-0021-78

Penyimpangan ukuran standar batu bata merah terbesar yang diperbolehkan dalam NI-10-78, yaitu 3% untuk panjang maksimum; lebar maksimum 4%; dan tebal maksimum 5%. Sedangkan selisih antara batu bata merah berukuran maksimum dengan batu bata merah berukuran minimum yang diperbolehkan, yaitu untuk panjang 10 mm, lebar 5 mm, dan tebal 4 mm

c. Daya Serap Air dan Bobot Isi

Daya serap air adalah kemampuan bahan dalam menyerap air (daya hisap). Bobot isi adalah perbandingan berat dalam keadaan kering dengan bobot dalam kondisi jenuh air. Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh pada pemasangan batu bata dan adukan karena air pada adukan akan diserap oleh batu bata sehingga pengeras adukan tidak berfungsi dan dapat mengakibatkan kuat adukan menjadi lemah. Daya serap yang tinggi disebabkan oleh besarnya kadar pori pada batu bata (batu bata tidak padat).

d. Kuat Tekan

Kualitas batu bata merah dapat dibagi atas tiga tingkatan dalam hal kuat tekan dan penyimpangan ukuran menurut NI-10, 1978:6, yaitu

- 1) Batu bata merah mutu tingkat I dengan kuat tekan rata-rata lebih besar dari 100 kg/cm^2 dan ukurannya tidak ada yang menyimpang.
- 2) Batu bata merah mutu tingkat II dengan kuat tekan rata-rata antara 100 kg/cm^2 sampai 80 kg/cm^2 dan ukurannya yang menyimpang satu buah dari sepuluh benda percobaan.
- 3) Batu bata merah mutu tingkat III dengan kuat tekan rata-rata antara 80 kg/cm^2 sampai 60 kg/cm^2 dan ukurannya menyimpang dua buah dari sepuluh benda percobaan.

Sedangkan kuat tekan menurut Standar Industri Indonesia (SII) tahun 1978 terlihat pada tabel 4, sebagai berikut;

Tabel 2.3
Kuat Tekan dan Koefisien Variasi Batu Bata Merah yang Diijinkan SII-0021-78.

Kelas	Kuat tekan rata-rata minimum dari 30 buah batu bata yang diuji		Koefisien variasi yang diijinkan dari rata-rata kuat tekan (%)
	Kg/cm^2	N/mm^2	
25	25	2,5	25
50	50	5,0	22
100	100	10,0	22
150	150	15,0	15
200	200	20,0	15
250	250	25,0	15

Sumber: SII-0021-78

e. Kadar Garam

Kualitas kadar garam yang kurang dari 50% permukaan batu bata merah tertutup oleh lapisan tipis berwarna putih karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut, tidak membahayakan dan 50% atau lebih dari permukaan batu bata merah tertutup oleh lapisan putih yang agak tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut, tetapi dalam permukaan batu bata merah tidak menjadi bubuk atau terlepas, ada kemungkinan membahayakan serta bila lebih dari 50% permukaan batu bata merah tertutup oleh lapisan putih yang tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut dan bagian-bagian dari permukaan batu bata merah menjadi bubuk atau terlepas, hal ini membahayakan.

C. Rancangan Fraksional Faktorial

Jika suatu percobaan diselidiki k faktor yang masing-masing mempunyai dua taraf, maka terdapat kombinasi perlakuan dan jika masing-masing terdiri dari tiga taraf maka terdapat kombinasi perlakuan. Terkadang dalam percobaan yang melibatkan banyak faktor, tidak semua perlakuan dicobakan sekaligus karena keterbatasan waktu, biaya maupun materi percobaan. Jika tidak semua perlakuan dijalankan atau dengan kata lain hanya sebagian saja, maka percobaannya disebut fraksional faktorial. Dengan fraksional faktorial, dapat hanya menjalankan sepertiganya, sepersembilannya ataupun seperduapuluh tujuhnya. Salah satu penggunaan fraksional faktorial dijumpai pada metode Taguchi (Wulandaryi, 2009).

D. Metode Taguchi

Dr. Genichi Taguchi mengumumkan ide dan gagasannya mengenai *quality engineering* yang telah digunakan selama beberapa tahun di Jepang. Pada tahun 1980-an ide mengenai desain percobaan ini telah diperkenalkan di dunia barat. Sasaran *quality engineering* adalah merancang kualitas kedalam tiap-tiap produk dan proses yang sesuai (Wulandaryi, 2009). Metode Taguchi merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design* (Fitria, 2009).

Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan. (Soejanto I. , 2009) menjelaskan filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target. Produk harus didesain sehingga kokoh (*robust*) terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
3. Kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Metode Taguchi mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode rancangan faktorial seperti :

1. Desain percobaan Taguchi lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan taraf dengan hanya melakukan sebagian dari percobaan sedangkan rancangan faktorial jumlah percobaan banyak, sehingga tidak hemat waktu dan biaya.
2. Desain percobaan Taguchi memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol (faktor gangguan) sedangkan rancangan faktorial semua faktor, baik terkontrol ataupun tidak terkontrol dimasukkan kedalam percobaan.
3. Metode Taguchi menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan taraf dari faktor-faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum sedangkan rancangan faktorial hanya menghasilkan kesimpulan tentang faktor yang berpengaruh dan yang tidak berpengaruh.

Taguchi yakin bahwa cara paling baik untuk mengembangkan kualitas adalah mendesain dan membentuknya kedalam produk. Pengembangan kualitas dimulai pada saat awal dan saat mendesain produk atau proses sampai melanjutkan pada fase produksi. Taguchi mengamati bahwa kualitas yang buruk tidak dapat dieliminasi melalui pengembangan dengan proses inspeksi, screening dan pertolongan. Tidak ada keseluruhan inspeksi yang dapat meletakkan kualitas kembali ke dalam produk. Taguchi memperhatikan gejala-gejala yang mempengaruhi kualitas secara

sungguh-sungguh. Selanjutnya konsep kualitas dan pengembangannya didasarkan pada falsafah pencegahan. Desain produk dibuat dengan robust agar kebal terhadap faktor lingkungan yang tidak terkontrol. Dalam proses manufaktur Taguchi menekankan bahwa kualitas apa yang didesain ke dalam suatu produk.

Konsep kedua Taguchi mengkaitkan dengan menyatakan bahwa kualitas berkaitan langsung dengan simpangan parameter desain dari nilai target, bukan pada penampilan beberapa spesifikasi yang ditetapkan. Selanjutnya konsep ini di kembangkan dalam suatu besaran yang disebut *signal to noise ratio* (S/N). Sedangkan konsep ketiga menyatakan pengukuran simpangan dari parameter desain dalam batas-batas keseluruhan biaya daur hidup produk. Biaya-biaya ini meliputi biaya sisa bahan, pemeriksaan, pengembangan produk. Konsep ketiga ini disebut sebagai konsep kerugian (*loss function*).

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 system yang akan dirancang. Desain terkait dengan upaya mengembangkan suatu produk. Tujuan desain parameter adalah menentukan nilai nominal parameter produk atau proses yang optimal. Desain toleransi bertujuan menentukan toleransi nominal yang telah ditentukan dalam desain parameter. Dalam hal ini, toleransi diartikan

sebagai variasi nilai nominal yang diperbolehkan. Desain toleransi sangat dipengaruhi oleh fungsi kerugian Taguchi (Fitria, 2009).

1. Matriks Ortogonal (*Orthogonal Array*)

Matriks Ortogonal (*Orthogonal Array*) adalah matriks fraksional faktorial yang memiliki perbandingan taraf dari faktor yang seimbang. Elemen-elemen matriks ortogonal disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor dalam percobaan. Baris merupakan kombinasi dari taraf faktor dalam percobaan. Matriks disebut ortogonal karena semua kolom dapat dievaluasi secara independen satu sama lain. Dalam metode Taguchi matriks ortogonal yang digunakan adalah matriks ortogonal yang bisa disimbolkan sebagai (Soejanto I., 2009) :

$$L_p(q^r)$$

dengan:

p = jumlah percobaan yang

dilakukan. q = jumlah taraf

tiap faktor

r = jumlah faktor

Misalkan $L_9(3^4)$ merupakan matriks yang menggambarkan suatu percobaan yang dijalankan sebanyak sembilan kali dengan taraf masing-masing faktor sebanyak tiga dan jumlah kolom matrik ortogonal sebanyak empat. Sehingga derajat bebas dari matriks ortogonal dapat diperoleh dengan cara:

$$\text{Derajat bebas matriks orthogonal} = r \times (q-1)$$

2. Pemilihan dan Penggunaan Matriks Ortogonal

Keuntungan matriks ortogonal adalah kemampuan untuk mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah run sedikit. Matriks ortogonal telah menyediakan berbagai matriks untuk pengujian faktor-faktor dengan dua dan tiga taraf dengan kemungkinan pengembangan untuk pengujian multiple taraf (Wulandaryi, 2009). Rancangan tersebut mengambil fraksional percobaan yang dibentuk dalam kolom-kolom matriks ortogonal. Kolom-kolom matriks ortogonal digunakan untuk mengestimasi semua efek faktor utama dan beberapa (tidak semuanya) efek interaksi. Kondisi perlakuan dipilih sedemikian hingga tetap menjaga ortogonalitas di antara beragam faktor utama dan interaksi. Matriks ortogonal memerlukan pengujian yang lebih sedikit dalam mengevaluasi beberapa faktor sehingga memberikan percobaan yang lebih efisien dengan tetap tidak kehilangan informasi dari percobaan yang diamati.

Matriks ortogonal dirumuskan dalam bermacam-macam tabel matriks ortogonal yang diberi simbol L_k . Huruf-k menyatakan banyaknya baris yang sama dengan banyaknya percobaan yang dilakukan. Pemilihan matriks ortogonal untuk sebuah percobaan bergantung pada dua hal sebagai berikut:

1. Banyaknya faktor utama dan atau interaksi antar faktor utama yang diamati.
2. Banyaknya taraf faktor yang diamati.

Pemilihan matriks ortogonal yang sesuai yaitu jika derajat bebas dalam matriks ortogonal lebih besar atau sama dengan dari jumlah derajat bebas total (Soejanto I. , 2009). Derajat bebas total yang dibutuhkan dalam percobaan merupakan jumlah dari seluruh derajat bebas faktor utama dan atau beberapa interaksi yang diamati. Sedangkan taraf faktor pengamatan digunakan sebagai rancangan percobaan. Andaikan faktor A, B, C dan D mempunyai masing-masing a, b, c dan d taraf, maka derajat bebas dari faktor A = a-1, derajat bebas faktor B = b-1, derajat bebas faktor C = c-1, derajat bebas faktor D = d-1

Dengan demikian jumlah total derajat bebasnya adalah :

$$= (a - 1) + (b - 1) + (c - 1) + (d - 1)$$

Apabila dilakukan pengamatan terhadap empat faktor utama yang masing-masing mempunyai tiga taraf pengamatan maka perhitungan derajat bebas pada percobaan adalah sebagai berikut :

Derajat bebas = (banyaknya faktor) x (banyaknya taraf - 1) = 4 x (3 - 1) = 8 sehingga digunakan matriks ortogonal $L_9(3^4)$. Bentuk dari matriks orthogonal $L_9(3^4)$ adalah sebagai berikut:

Tabel 2 4
Matriks Orthogonal $L_9(3^4)$

Percobaan	Faktor			
	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	0	1	1	1
3	0	2	2	2
4	1	0	1	2
5	1	1	2	0
6	1	2	0	1
7	2	0	2	1
8	2	1	0	2
9	2	2	1	0

Keterangan :

1. Angka 0 merupakan taraf pertama dari faktor.
2. Angka 1 merupakan taraf kedua dari faktor.
3. Angka 2 merupakan taraf ketiga dari faktor.

Aturan yang digunakan untuk mengisi kolom-kolom pada matriks ortogonal $L_9(3^4)$ adalah sebagai berikut (Park, 2009)

4. Kolom 1 dan 2 merupakan kolom pokok yang berisi:

$$(0\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 2\ 2\ 2)^t \text{ dan } (0\ 1\ 2\ 0\ 1\ 2\ 0\ 1\ 2)^t$$

5. Kolom 3 berisi: $(\text{kolom } 1 + \text{kolom } 2) \pmod{3}$
6. Kolom 4 berisi: $(2 \times \text{kolom } 1 + \text{kolom } 2) \pmod{3}$

Pada matriks ortogonal $L_9(3^4)$ tersedia empat kolom dan percobaan yang dilakukan menggunakan empat faktor. Semua kolom pada matriks ortogonal $L_9(3^4)$ telah terisi oleh keempat faktor sehingga dalam percobaan ini tidak menggunakan interaksi

3. Pengertian *Analysis of Varians* (ANOVA)

Analisis varians atau analisis ragam sering digunakan dalam percobaan yang dilakukan oleh peneliti dalam berbagai disiplin ilmu. Prosedur analisis varians ini diperkenalkan oleh Sir Ronald A. Fisher. Analisis varians atau analisis ragam adalah suatu metode untuk menganalisis keragaman (variasi) dari suatu respon dan membagi menjadi komponen-komponen yang mengukur sumber variasi yang diketahui dan sisanya dikaitkan dengan error random. Sumber variasi tersebut dikaitkan dengan variabel-variabel bebasnya, yaitu faktor-faktor yang dicobakan.

Analisis Varian Dua Arah

Analisis varians dua arah pada metode Taguchi adalah data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dengan dua taraf atau lebih (Soejanto I. , 2009). Segugus pengamatan dapat diklasifikasikan menurut dua kriteria yang disusun menurut r baris dan c kolom.

Tabel 2.5
Analisis Varian Dua Arah

		Taraf dari Faktor B				Sum	Mean	
		B_0	B_1	\dots	B_m			
Taraf Dari Factor A	A_0	y_{000}	y_{010}		y_{0m0}	$T_{0..}$	$\bar{y}_{0..}$	
		\vdots	\vdots	\dots	\vdots			
		y_{00r}	y_{01r}		y_{0mr}			
	A_1	y_{100}	y_{110}		y_{1m0}	$T_{1..}$	$\bar{y}_{1..}$	
		\vdots	\vdots	\dots	\vdots			
		y_{10r}	y_{11r}		y_{1mr}			
	\vdots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots			
	A_l	y_{l00}	y_{l10}		y_{lm0}	$T_{l..}$	$\bar{y}_{l..}$	
		\vdots	\vdots	\dots	\vdots			
		y_{l0r}	y_{l1r}		y_{lmr}			
	Sum		$T_{.0.}$	$T_{.1.}$		$T_{.m.}$	T	
	Mean		$\bar{y}_{.0.}$	$\bar{y}_{.1.}$		$\bar{y}_{.m.}$		Y

Tabel diatas merupakan contoh dari desain faktorial dengan dua faktor dan replikasinya (pengulangan). Model pengamatan yang mewakili keadaan pengamatan adalah :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

dengan:

$$j = 0, 1, \dots, m$$

$$k = 0, 1, \dots, r$$

μ = rata-rata keseluruhan

α_i = efek faktor A taraf ke i

β_j = efek faktor B taraf ke j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efek interaksi faktor A dan B taraf ke- ij

ϵ_{ijk} . IID $N(0, \sigma^2)$

Sedangkan model pengamatan pada rancangan percobaan dengan empat faktor tanpa interaksi antar faktor adalah :

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \epsilon_{ijklm}$$

$$i = 0, 1, \dots, l$$

$$j = 1, 2, \dots, o$$

$$k = 1, 2, \dots, p$$

$$l = 0, 1, \dots, q$$

μ = rata-rata keseluruhan

α_i = efek faktor A taraf ke i

β_j = efek faktor B taraf ke j

Y_k = efek factor B taraf ke k

δ_I = efek factor D taraf ke I

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efek interaksi faktor A dan B taraf ke- ij

ε_{ijklm} . IID $N(0, \sigma^2)$

Di dalam ANOVA, besaran seperti derajat bebas, jumlah kuadrat, rata-rata kuadrat, dan sebagainya dihitung dan diorganisasi dalam format tabel standar. Tabel anova dua arah objek tetap dapat ditunjukkan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.6
Tabel anova dua arah objek tetap

Sumber Variasi	Db	SS	MS	F-hitung
Faktor A	V_A	SS_A	MS_A	MS_A / MS_{error}
Faktor B	V_B	SS_B	MS_B	MS_B / MS_{error}
Faktor C	V_C	SS_C	MS_C	MS_C / MS_{error}
Faktor D	V_D	SS_D	MS_D	MS_D / MS_{error}
Error	V_{error}	SS_{error}	MS_{error}	
Total	V_T	SS_T		

dengan:

jumlah taraf faktor A = a

jumlah taraf faktor B = b

jumlah taraf faktor C = c

jumlah taraf faktor D = d

banyaknya keseluruhan pengamatan = N

derajat bebas faktor A = $V_A = a-1$

derajat bebas faktor B = $V_B = b-1$

derajat bebas faktor C = $V_C = c-1$

derajat bebas faktor D = $V_D = d-1$

derajat bebas total = $V_T = N-1$

derajat bebas error = $V_{error} = V_T - V_A - V_B - V_C - V_D$

Faktor koreksi = $\frac{T^2}{N}$

jumlah keseluruhan pengamatan = $T = \sum_i^N = 1 Y_i$

jumlah kuadrat total = $SS_T = \sum_i^N = 1 y_i^2 - CF$

derajat bebas error = $V_{error} = V_T - V_A - V_B - V_C - V_D$

faktor koreksi = $CF = \frac{T^2}{N}$

jumlah keseluruhan pengamatan = $T \sum_i^N = 1 y_i$

jumlah kuadrat total = $SS_T = \sum_i^N = 1 y_i^2 - CF$

jumlah kuadrat faktor A = $SS_A = \sum_i^a = 1 \left(\frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) - CF$

jumlah kuadrat faktor B = $SS_B = \sum_j^b = 1 \left(\frac{B_j^2}{n_{B_j}} \right) - CF$

jumlah kuadrat faktor C = $SS_C = \sum_k^c = 1 \left(\frac{C_k^2}{n_{C_k}} \right) - CF$

jumlah kuadrat faktor D = $SS_D = \sum_l^d = 1 \left(\frac{D_l^2}{n_{D_l}} \right) - CF$

jumlah kuadrat error = $SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D$

rata-rata jumlah kuadrat faktor A = $MS_A = \frac{SS_A}{v_A}$

rata-rata jumlah kuadrat faktor B = $MS_B = \frac{SS_B}{v_B}$

rata-rata jumlah kuadrat faktor C = $MS_C = \frac{SS_C}{v_C}$

$$\text{rata-rata jumlah kuadrat faktor D} = MS_D = \frac{SS_D}{v_D}$$

$$\text{rata-rata jumlah kuadrat error} = MS_{\text{error}} = \frac{SS_{\text{error}}}{v_{\text{error}}}$$

Dengan tabel anova diatas maka dapat dilakukan pengujian terhadap perbedaan taraf dengan hipotesa sebagai berikut :

- Untuk faktor A

$$H_0 : \alpha_1 = \dots = \alpha_\alpha = 0 \text{ (tidak ada pengaruh perlakuan faktor A)}$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \alpha_i \neq 0$$

- Untuk faktor B

$$H_0 : \beta_1 = \dots = \beta_b = 0 \text{ (tidak ada pengaruh perlakuan faktor B)}$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_j \neq 0$$

- Untuk faktor C

$$H_0 : \gamma_1 = \dots = \gamma_c = 0 \text{ (tidak ada pengaruh perlakuan faktor C)}$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \gamma_k \neq 0$$

- Untuk faktor D

$$H_0 : \delta_1 = \dots = \delta_d = 0 \text{ (tidak ada pengaruh perlakuan faktor D)}$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \delta_l \neq 0$$

Statistika Uji :

- Untuk taraf faktor A : $F_{\text{hitung}} = \frac{MS_A}{MS_{\text{error}}}$

- Untuk taraf faktor B : $F_{\text{hitung}} = \frac{MS_B}{MS_{\text{error}}}$

- Untuk taraf faktor C : $F_{\text{hitung}} = \frac{MS_C}{MS_{\text{error}}}$

- Untuk taraf faktor D : $F_{hitung} = \frac{MS_D}{MS_{error}}$

Kriteria penolakan

Taraf faktor A = Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{\alpha}(v_A, v_{error})$

Taraf faktor B = Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{\alpha}(v_B, v_{error})$

Taraf faktor C = Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{\alpha}(v_C, v_{error})$

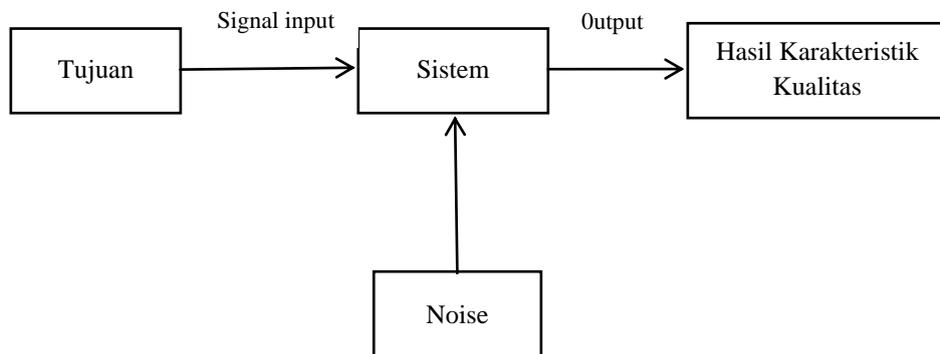
Taraf faktor D = Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{\alpha}(v_D, v_{error})$

4. *Ratio Signal Noise (S/N)*

Signal to Noise Ratio (S/N) digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi suatu respon. Taguchi menciptakan transformasi dari pengulangan data kenilai lain yang merupakan ukuran variasi yang ada. Transformasinya adalah *signal to noise ratio* atau rasio S/N (**Wuryandari, 2009**). Karakteristik kualitas adalah sesuatu yang menjadi obyek dan perhatian dari suatu produk dan proses. Taguchi mendefinisikan

$$S/N \text{ rasio} = \frac{\text{power of signal } \mu^2}{\text{power of noise } \sigma^2}$$

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, maka signal masuk ke dalam sistem dan output sesuai hasil, namun terdapat gangguan (*noise*) yang mengganggu sistem sehingga tujuan tidak selalu tercapai dan menghasilkan karakteristik kualitas. Hal ini dapat digambarkan sesuai dengan diagram alir dibawah ini.



Gambar 2.1
Diagram Alir Ratio Signal Noise

Karakteristik kualitas dapat diklasifikasikan menurut nilai target yaitu :

- a. *Nominal is the best*

$$S/N \text{ rasio} = \frac{\mu^2}{\sigma^2}$$

Agar dapat dipakai dalam konsep statistika, maka signal dan noise digantikan dengan estimasi μ^2 dan σ^2 , dapat diketahui :

$$\sigma^2 = V = S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{(n-1)}$$

$$\mu^2 = \frac{1}{n} (S_m - V), S_m = \frac{(\sum y_i^2)}{n} = ny^2$$

$$\text{Sehingga } S/N = \frac{\frac{1}{n}(S_m - V)}{V}$$

Jika noise (V) semakin kecil dan $(\frac{1}{n} (S_m - V))$ semakin besar, maka nilai S/N akan naik. Jika nilai $S_m = \frac{(\sum y_i^2)}{n} = ny^2$ maka persamaan

2.1 akan menjadi

$$S/N = \frac{y^2 - \frac{V}{n}}{V}$$

Jika n cukup besar maka nilai $\frac{v}{n}$ dapat diabaikan, sehingga persamaan

2.2 menjadi :

$$S/N = \frac{y^2}{v}$$

Taguchi merekomendasikan untuk menggunakan logaritma S/N dikalikan 10 sebagai bentuk ratio dalam desibel (dB).

Definisi :

Desibel mengekspresikan suatu perbandingan, perbandingan tersebut dapat berupa daya (level diukur dalam watts atau milliwatts), tekanan suara, tegangan atau hal- hal lainnya. Nilai desibel adalah 10 x logaritma perbandingan.

Sehingga bentuk persamaan signal to noise menjadi :

$$S/N \text{ rasio} = 10 \log\left(\frac{y^2}{v}\right)$$

Signal noise dalam ratio desibel (dB) dimaksudkan untuk mempermudah perhitungan jika nilai dalam persamaan 2.1 relatif besar dan penggunaan signal noise dalam ratio desibel (dB) tidak mempengaruhi pada analisis hasil yang dihasilkan.

b. Smaller is better

Untuk *smaller is better* nilai target yang diharapkan mendekati nol, sehingga diasumsikan $y_0 = 0$ maka dalam kasus ini tidak dapat menggunakan $S/N \text{ rasio} = 10 \log \frac{1}{n} \frac{(S_m - v)}{v}$ dengan alasan jika nilai y_i tidak selalu bernilai positif (bisa positif maupun negatif), maka akan memungkinkan nilai yang mengakibatkan nilai $S_m < V$ pada persamaan

2.1 bisa bernilai negatif sehingga tidak bisa dilogartimkan, alasan yang kedua jika nilai rata-rata lebih besar daripada nilai target maka akan mengakibatkan S/N tidak dapat menggambarkan keadaan yang baik. Sehingga untuk kasus ini Taguchi merekomendasikan untuk menggunakan pendekatan fungsi kerugian untuk karakteristik kualitas the smaller is better dengan alasan dalam fungsi kerugian tidak terdapat perhitungan nilai rata-rata, hanya nilai dari karakteristik kualitas (y) dan nilai dari target (y_0), sehingga bentuk persamaanya :

$$L(y) = k (y - y_0^2)$$

$$E(y) = y_0 \text{ maka}$$

$$\begin{aligned} E(L(y)) &= k E((y - y_0^2)) = k [E(y^2 - 2yy_0 + y_0^2)] \\ &= k [E(y^2) - 2y_0 E(y) + E(y_0^2)] = k [E(y^2) - 2y_0^2 + y_0^2] \\ &= k [E(y^2) - y_0^2] \end{aligned}$$

Karena karakteristik kualitasnya adalah adalah *smaller the better* nilai target yang diharapkan mendekati nol, sehingga diasumsikan (y_0), = 0 sehingga persamaan 2.5 menjadi : $L(y) = kE(y^2)$

$$L = kE(y^2), \text{ jika } y_{111}, y_{112}, \dots, y_{pqN} \text{ maka } E(y^2) = \frac{1}{n} \sum_i^q = 1 \sum_j^p = 1 \sum_k^n = 1 (y_{ijk}^2)$$

Nilai S/N yang diharapkan adalah yang lebih besar lebih baik sehingga nilai S/N untuk karakteristik the smaller is better dalam ratio desibel yaitu :

$$S/N = -10 \log \frac{1}{n} \sum_i^q = 1 \sum_j^p = 1 \sum_k^n = 1 (y_{ijk}^2)$$

c. *Larger is better*

Sejalan dengan karakteristik smaller is better, dalam kasus ini nilai target y_0 juga diasumsikan nol, karena untuk karakteristik larger is better nilai target yang diharapkan adalah semakin besar (bisa menuju ∞), karena dalam larger is better berasal dari invers karakteristik smaller is better.

Invers $y = \frac{1}{y}$, sehingga $y_0 = \frac{1}{\infty} = 0$ maka $L = kE\left(\frac{1}{y^2}\right)$, , jika

$$\frac{1}{y_{111}}, \frac{1}{y_{112}}, \frac{1}{y_{113}}, \dots, \frac{1}{y_{ijk}} \text{ maka } E\left(\frac{1}{y^2}\right) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^n \frac{1}{y_{ijk}^2}$$

Sehingga nilai S/N untuk karakteristik the larger is better dalam satuan desibel yaitu :

$$S/N_{\text{rasio}} = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^n \frac{1}{y_{ijk}^2}$$

5. Prosedur Penggabungan (Polling) Efek Faktor

Metode yang dianjurkan apabila faktor yang diamati ternyata tidak signifikan secara statistik setelah melalui uji signifikansi adalah metode Pooling. Apabila kontribusi suatu faktor sangat kecil, maka jumlah kuadrat dari faktor tersebut digabungkan dengan jumlah kuadrat error. Kemudian jumlah kuadrat setiap faktor lainnya yang signifikan disesuaikan. Taguchi menganjurkan prosedur penggabungan ini dilakukan sampai derajat bebas error mendekati setengah dari total derajat bebas pengamatan (Soejanto, 2009)

6. Persen Kontribusi

Persen kontribusi adalah merupakan porsi masing-masing faktor atau interaksi faktor yang signifikan terhadap total variansi yang diamati.

Persen kontribusi merupakan fungsi dari jumlah kuadrat (SS) dari masing-masing faktor yang signifikan, yang merupakan indikasi kekuatan relatif dalam mereduksi variansinya. Pada analisis varians nilai MS untuk suatu faktor (misalkan faktor A) sesungguhnya adalah

$$MS_A = MS'_A + MS_{\text{error}}$$

$$MS_A = SS_A/V_A$$

$$MS_A' = MS_A - MS_{\text{error}}$$

$$\frac{SS'_A}{V_A} = \frac{SS_A}{V_A} - MS_{\text{error}} \text{ atau } SS'_A = SS_A - MS_{\text{error}} (V_A)$$

Dengan :

MS'_A = rata-rata jumlah kuadrat faktor A sesungguhnya

SS'_A = jumlah kuadrat faktor A sesungguhnya

Sehingga persen kontribusi faktor A terhadap variasi total adalah

$$\rho_A = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\%$$

7. Estimasi Nilai Untuk Kondisi Respon Optimum

Kondisi optimum suatu nilai respon diperoleh dari kombinasi faktor-faktor yang memberikan hasil optimum pada pengamatan dimana tiap-tiap faktor pada taraf tertentu memberikan nilai rata-rata S/N sesuai dengan tingkat karakteristiknya. Andaikan dari analisis variasi suatu percobaan dihasilkan model sebagai berikut (Soejanto, 2009):

$$y_{ijk} = \bar{y} + A_i + B_j$$

maka nilai estimasi optimum dicapai dari percobaan adalah :

$$y_{ijk} = \mu_{\text{prediksi}} = \bar{y} + (\bar{A}_i - \bar{y}) + (\bar{B}_j - \bar{y})$$

Dimana A dan B merupakan faktor-faktor pengamatan yang signifikan, sedangkan i dan j merupakan taraf faktor yang menghasilkan respon optimum.

8. Interval Kepercayaan (Confidence Interval)

Interval kepercayaan (CI) untuk hasil yang dicapai pada kondisi optimum (pada kondisi yang diprediksi) dihitung dengan cara dibawah ini

(Soejanto,2009):

$$CI = \sqrt{\frac{F_{\alpha, v1, v2}(MS_{\text{error}})}{neff}}$$

$$\mu_{\text{prediksi}} - CI \leq \mu_{\text{optimum}} \leq \mu_{\text{prediksi}} + CI$$

dengan :

MS_{error} = rata-rata kuadrat error

$F_{\alpha, v1, v2}$ = nilai F-ratio dari table

$$neff = \frac{\text{jumlah seluruh percobaan}}{1 + \text{jumlah derajat bebas dari estimasi respon yang optimum}}$$

9. Percobaan Konfirmasi

Percobaan konfirmasi atau percobaan konfirmasi adalah percobaan yang dilakukan untuk memeriksa kesimpulan yang didapat yang bertujuan untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa (Soejanto, 2009).

Selang kepercayaan untuk menaksir hasil percobaan konfirmasi dalam S/N adalah sebagai berikut :

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, v1, v2}(MS_{\text{error}}) \left(\frac{1}{neff} + \frac{1}{s} \right)}$$

$$S/N_{\text{konfirmasi}} - CI \leq S/N_{\text{konfirmasi optimum}} \leq S/N_{\text{konfirmasi}} + CI$$

Sedangkan selang kepercayaan percobaan konfirmasi untuk rata-rata :

$$\mu_{konfirmasi} - CI \leq S/N_{konfirmasi optimum} \leq \mu_{konfirmasi} + CI$$

dengan :

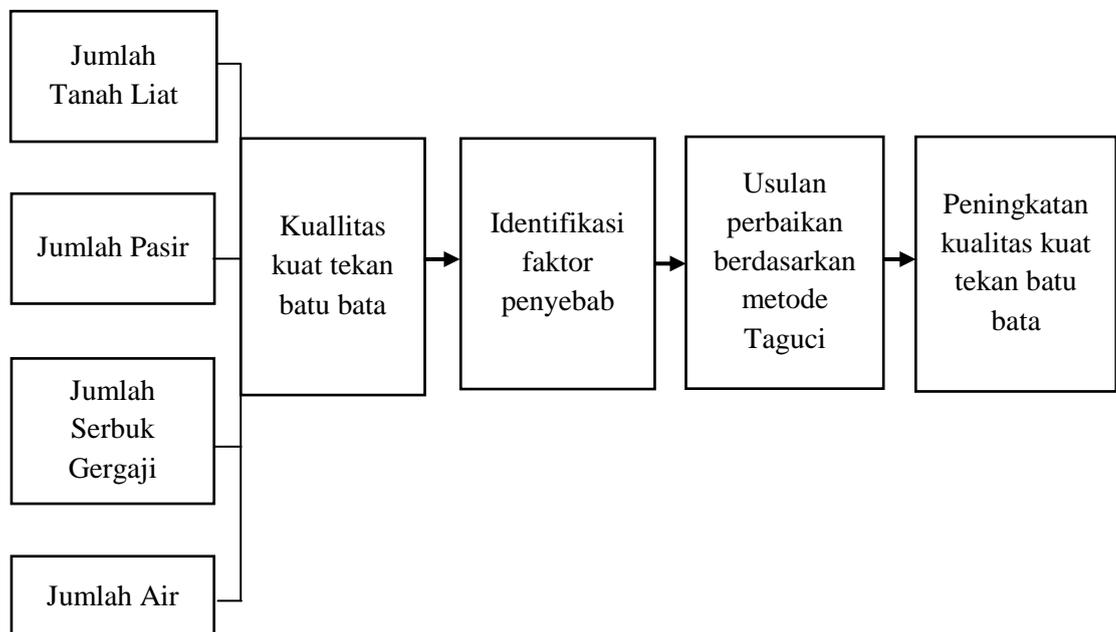
S = jumlah percobaan konfirmasi

E. Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir dari peningkatan kualitas produk untuk meningkatkan kualitas dengan metode Taguchi pada UKM Batu Bata Muh Zaeni adalah sebagai berikut. Dalam sebuah perusahaan merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan dan diterapkan, sebab tujuan dari manajemen kualitas pada hakikatnya untuk membangun kesuksesan, memenuhi keinginan pelanggan serta melakukan seluruh kegiatan bisnis dengan biaya rendah. Dalam perusahaan tidak lepas dari upaya pengendalian mutu merupakan satu kesatuan yang tidak dapat terpisahkan. Peningkatan kualitas dalam suatu bisnis adalah sebagai upaya perusahaan untuk mempertahankan kualitas yang diinginkan dari sisi pelanggan maupun perusahaan. Tujuan utama peningkatan kualitas adalah untuk mendapatkan jaminan bahwa kualitas produk atau jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan dengan mengeluarkan biaya yang ekonomis atau serendah mungkin. Proses peningkatan kualitas dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu menentukan kualitas yang diinginkan dan menetapkan standar serta pengujian terhadap produk yang dihasilkan oleh perusahaan. Dalam menetapkan suatu standar terdapat beberapa pendekatan

yang dilakukan yaitu pertama pendekatan bahan baku, kedua pendekatan proses dan ketiga pendekatan produk akhir. Untuk itu, peneliti lebih fokus pada meningkatkan kualitas. Kerangka berfikir yang dibentuk oleh hubungan-hubungan antar variabel dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.2

Gambar 2.2 Kerangka Berfikir



BAB III

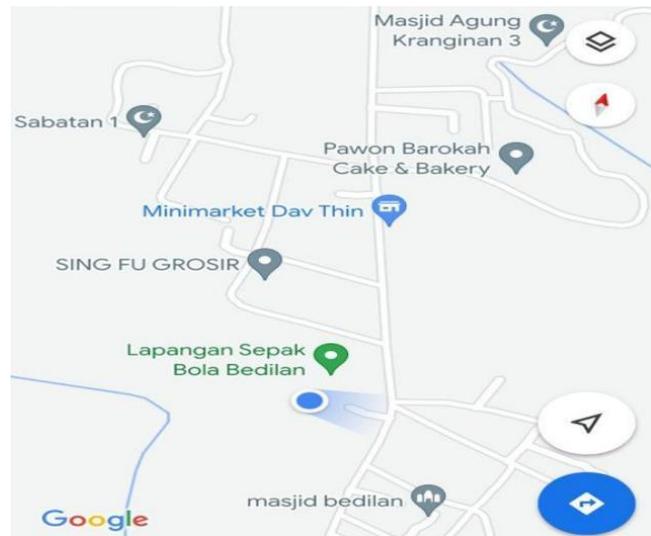
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian Desain Eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kegagalan terbesar pada proses pembuatan batu bata dan melakukan perbaikan dengan menentukan komposisi batu bata yang memiliki kekuatan tekan yang terbaik. Dimana faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan batu bata adalah jumlah tanah liat, pasir, abu kapur, serbuk gergaji dan air. komposisi yang terbaik dapat digunakan sebagai komposisi batu bata sehingga meningkatkan kualitas kekuatan.

B. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Tempat kegiatan penelitian dilakukan pada usaha kecil dan menengah (UKM) Batu Bata Muh Zaeni yang berlokasi di Desa Ringinanom terletak di Kecamatan Tempuran, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, pada bulan Januari sampai dengan Maret 2022.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

C. Variabel Penelitian

Menurut hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain, variabel-variabel penelitian dibagi :

a. Variabel *Independen* (*predictor variabel*)

Variabel bebas merupakan variabel penelitian yang mempengaruhi dan menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel akibat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah jumlah tanah liat, jumlah pasir, jumlah abu kapur, jumlah serbuk gergaji dan jumlah air.

b. Variabel *Dependen* (*variabel tergantung, terpengaruh*)

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan tekan dari produk Batu Bata. Dan karakteristik kualitasnya adalah semakin kuat, semakin baik (*larger- the-better*)

D. Definisi Operasional

Definisi operasional variabel penelitian adalah suatu atau sifat atau objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu dengan cara memberikan arti, menspesifikasi kegiatan ataupun memberikan suatu operasional yang diperlukan untuk mengukur variabel tersebut yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

1. Tanah Liat adalah bahan yang digunakan untuk membuat batu bata, genteng maupun bahan bangunan lainnya. Tanah liat juga dapat menjadi bahan dasar bahan bangunan. Jumlah tanah liat dalam komposisi batu bata merupakan bahan utama yang perlu diperhatikan.
2. Pasir adalah butiran halus yang terdiri dari butiran berukuran 0,15-5 mm yang didapat dari hasil diintegrasi batuan alam atau juga dari pecahan batuan alam (Tjokrodimulyo,1996). Pasir yang digunakan dalam pembuatan batu bata merupakan pasir darat.
3. Abu Kapur adalah tepung atau zat berjenis bubuk halus yang memang diperuntukan khusus untuk industri batu bata dan bentuknya hampir sama seperti tepung tapioka bahan pembuat kue.
4. Air adalah senyawa yang penting bagi kehidupan sama seperti pentingnya saat air dibutuhkan sebagai pencampur atau pelumas seluruh bahan baku utama pembuatan batu bata agar tercampur dengan rata saat di mixer.

5. Serbuk gergaji adalah limbah penggerjajian kayu yang dapat dimanfaatkan untuk bahan campuran dalam pembuatan batu bata dengan prosentase campuran sebesar 10%.
6. Kualitas batu bata dapat dinilai dari besarnya kuat tekan batu bata. Kuat tekan batu bata adalah besarnya beban persatuan luas.
7. Identifikasi faktor penyebab adalah mencari, menemukan, mengumpulkan, meneliti, mencatat beberapa hal atau faktor yang dapat menyebabkan kekuatan batu bata.
8. Usulan perbaikan berdasarkan metode Taguchi adalah setelah diketemukannya beberapa faktor penyebab kualitas batu bata maka akan diusulkan perbaikan dengan metode Taguchi.
9. Peningkatan kualitas batu bata merupakan hasil akhir dan merupakan tujuan dari penelitian ini dengan adanya peningkatan kualitas batu bata setelah di usulkan perbaikan dengan menggunakan metode Taguchi.

E. Rancangan Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Penentuan alat dan bahan Alat :
 - a) Timbangan
 - b) Gelas ukur
 - c) Cangkul
 - d) Pisau

e) Cetakan batu bata

Bahan :

a) Tanah (5 Kg, 8 Kg, 10 Kg)

b) Pasir (0 kg, 2 Kg, 5 Kg)

c) Serbuk gergaji (0 Kg, 1 Kg, 2 Kg)

d) Air (0,3 Liter, 0,6 Liter, 0,9 Liter)

e) Abu Serbuk gergaji

f) Kayu

g) Korek api

Data yang digunakan adalah data primer yang berasal dari pengamatan dan observasi lapangan langsung pada proses pembuatan batubata. Pengumpulan data awal dilakukan dengan mengukur kuat tekan batu bata dengan menggunakan mesin tekan yang berada Di DPUPR Kab. Magelang yang kemudian dicatat hasil pengukurannya beserta pengukuran replikasinya. Pengumpulan data yang kedua, yaitu hasil dari percobaan konfirmasi, juga dilakukan dengan mengukur kuat tekan batu bata dengan menggunakan mesin tekan yang berada Di DPUPR Kab. Magelang yang kemudian dicatat hasil pengukurannya beserta pengukuran replikasinya

F. Diagram Alir Penelitian (*Flow Chart*)

Langkah-langkah prosedur penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Langkah-langkah prosedur penelitian

G. Sumber Data

Berdasarkan sumber diperolehnya data pada penelitian ini, maka data dibagi kedalam dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer adalah informasi atau data orisinal yang dikumpulkan dan berhubungan dengan objek yang akan diteliti. Mengumpulkan data primer dengan pengamatan langsung dan melakukan wawancara dengan pihak perusahaan untuk mendapat data yang dibutuhkan. Instrumen dari pengumpulan data adalah wawancara. Adapun data yang dibutuhkan adalah data hasil pengamatan yang di analisis dengan metode Taguchi.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung yang biasanya berbentuk dokumen, file, arsip, atau catatan-catatan perusahaan. Data ini diperoleh melalui dokumentasi perusahaan, literatur dan buku bacaan lainya yang berhubungan dengan penelitian. Adapun data sekunder adalah struktur organisasi perusahaan dan manajemen perusahaan.

H. Metode Analisis Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara

1. Observasi yaitu metode pengumpulan data dengan menggunakan pengamatan langsung pada objek yang diteliti untuk memperoleh data yang relevan.

2. Melakukan wawancara terhadap pimpinan maupun pekerja yang bertujuan untuk mendapatkan data yang lebih akurat dan aktual.
3. Studi literatur yaitu melakukan studi literatur dari berbagai buku yang sesuai dengan permasalahan yang diamati dalam perusahaan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menyimpulkan bahwa:

1. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap tingkat kecacatan produk batu bata adalah lama penjemuran batu bata, penggunaan alat-alat yang masih tradisional, suhu pembakaran, cuaca, permukaan batu bata yang kurang rata dan komposisi batu bata.
2. Komposisi bahan baku yang menghasilkan kuat tekan batu bata yang optimal yaitu tanah liat sejumlah 8 kg dan serbuk gergaji sejumlah 1 kg.

B. Saran

Saran yang diberikan berdasarkan penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian terhadap kuat tekan batu bata, di uji laboratorium dengan pengujian yang ditetapkan adalah kekuatan tarik (kuat lentur), dan ketahanan terhadap rembesan serta ketahanan terhadap sinar matahari.
2. Bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk meneliti kuat tekan batu bata dengan bahan baku alternatif lainnya.
3. Saran untuk perusahaan melakukan pengarahan terhadap operator agar lebih berhati-hati dalam melakukan penumpukan batu bata siap pakai untuk menghindari keretakan atau pecah pada batu bata.

4. Saran untuk perusahaan melakukan pengarahan terhadap operator agar berhati-hati dalam melakukan proses pengangkutan batu bata ke konsumen, mulai dari penyusunan, penumpukan hingga pengangkutan dalam distribusi ke konsumen agar benturan dan gangguan-gangguan lainnya dapat dihindari agar kecacatan produk dapat terminimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, V. (2010). *Usulan Perbaikan Kualitas pada Mesin Getar Di PT Gandum Mas Kencana Untuk Mengetahui Tingkat Kehalusan Gula Menggunakan Metode Taguchi*. Depok: Universitas Gunadarma.
- Amri. (2008). *Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode Taguchi Pada CV Setia Kawan*. Aceh: Universitas Malikussaleh.
- Fitria, N. (2009). *Analisis Metode Desain Eksperimen Taguchi dalam Optimasi Karakteristik Mutu*. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi Univeritas Islam Negri Maulana Malik Ibrahim.
- George R, T. (2009). *Prinsip-Prinsip Manajemen*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Render, H. d. (2014). *Manajemen Oprasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Selvia Aprilyanti, F. S. (2020). Penerapan Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Produksi Batu Bata Dari Sekam Padi . *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 15.
- Singh, K. K. (2012). Optimal Material Removal and Effect Of Process parameters of Cylindrical Grinding Machine By Taguchi Method.
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi* . Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sudjana. (1994). *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Umum, D. P. (1978). *Bata Merah Sebagai Bahan Bangunan (NI-10-1978)*. Bandung: Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan.
- Umum, D. P. (1987). *Mutu dan Uji Bata Merah Pejal (SII-0021-1978)*. Bandung: Yayasan lembaga Pendidikan Masalah Bangunan.
- Vincen, G. (2012). *All In One Intergrated Total Quality Talent Manajemen*. Jakarta.
- Wulandaryi, T. d. (2009). Metode Taguchi untuk Optimalisasi Produk Pada Rancangan Faktorial. *FMIPA UNDIP*, Vol. 2 No. 2.