

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan di UMKM AR Genteng KTL yang dibutuhkan untuk proses pengolahan data sesuai metode yang akan digunakan. Pengumpulan data terdiri dari data primer dan data sekunder. Data yang diperoleh pada penelitian ini berasal dari data yang diberikan langsung oleh pihak UMKM produk genteng. Berikut data primer dan data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung saat observasi lapangan, wawancara, dan pengisian kuesioner. Data primer yang diperoleh pada penelitian ini yaitu mengetahui faktor penyebab dari akar permasalahan yang terjadi pada produk cacat genteng melalui wawancara dengan pekerja di UMKM AR Genteng KTL, mengetahui nilai *Risk Priority Number* (RPN) melalui kuesioner *Failure Mode* dan *Effect Analysis* (FMEA), serta mengetahui *Critical to Quality* (CTQ) yang didapatkan dari hasil analisa visual produk genteng.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh berdasarkan data histori yang dimiliki oleh pihak UMKM. Data sekunder pada penelitian ini berupa data produksi dan data jumlah cacat produk genteng periode bulan Januari 2024 hingga Februari 2024.

4.1.1 Data Umum UMKM AR Genteng KTL

Data umum UMKM AR Genteng KTL didapatkan dari hasil penelitian langsung dan wawancara oleh pemilik dan pekerja UMKM tersebut. Berikut merupakan penjelasan mengenai sejarah UMKM dan aktivitas UMKM.

4.1.1.1 Sejarah UMKM

UMKM AR Genteng KTL didirikan pada tahun 2006 oleh Bapak Damin. UMKM ini merupakan bisnis keluarga dan dikelola sendiri oleh keluarga tersebut yang berlokasi di Jalan Pagebangan, Kel. Ketileng, Kec. Cilegon, Banten 42416. Pekerja UMKM genteng terkait dengan pemilik sekaligus sebagai pekerja sehari-hari. UMKM ini memproduksi produk genteng yang berbahan dasar tanah liat. Genteng yang diproduksi oleh UMKM AR Genteng KTL yaitu genteng *press*. Ukuran genteng yang diproduksi sebesar 30×10 cm. Harga jual genteng tersebut sebesar Rp700 per buah dengan minimal pembelian 1000 buah genteng. Genteng tersebut sudah termasuk sertifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI).

Dalam perjalanan 18 tahun, UMKM ini berhasil menjangkau pemasaran mulai dari daerah Banten hingga Jawa Barat. Akan tetapi, beberapa tahun terakhir ini usaha genteng mengalami penurunan penjualan dikarenakan terdapat pesaing lain genteng dari Lampung yang sangat diminatkan oleh konsumen. Oleh karena itu, saat ini pelanggan yang membeli genteng kepada UMKM AR Genteng KTL berada di daerah sekitar Banten, seperti masyarakat, siswa sekolah dasar, dan toko material bangunan.

4.1.1.2 Aturan Waktu Kerja

Pekerja yang ada di UMKM AR Genteng KTL sebanyak 5 orang yaitu selaku pemilik usaha tersebut, serta pekerja untuk operator mesin molen. Masing-masing pekerja dapat melakukan semua proses produksi kecuali pekerja operator mesin molen hanya melakukan proses penggilingan bahan baku. Produksi dilakukan setiap hari mulai pukul 08.00 – 17.00 WIB. Akan tetapi, UMKM AR Genteng KTL jika ada konsumen yang akan membeli genteng selalu menerima pelanggan sampai pukul 22.00 WIB.

4.1.2 Data Produksi

Data jumlah produksi pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari UMKM AR Genteng KTL yang memproduksi genteng tanah liat setiap minggunya pada periode bulan Januari 2024 hingga bulan Februari 2024. Data produksi ini terdiri dari data jumlah produksi, data jumlah cacat produk genteng, dan persentase cacat produk yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Jumlah Produksi Genteng

Minggu ke-	Jumlah Produksi (buah)	Jumlah Cacat Produk (buah)	Persentase Cacat Produk
1	1250	10	0,80%
2	2500	15	0,60%
3	1070	15	1,40%
4	2955	19	0,64%
5	2650	12	0,45%
6	2050	12	0,59%
7	3000	11	0,37%
8	2800	10	0,36%
Total	18275	104	5,21%
Rata-rata	2284	13	0,65%

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui bahwa pengamatan yang dilakukan pada UMKM AR Genteng KTL diperoleh 8 data jumlah produksi dan jumlah produk cacat per buah. Data total jumlah produksi genteng yang diperoleh selama periode bulan Januari 2024 hingga Februari 2024 sebanyak 18275 buah dan total jumlah cacat produk genteng sebanyak 104 buah dengan total persentase cacat produk didapatkan sebesar 5,21% dari jumlah produksi yang berarti 913 buah termasuk cacat produk dari 18275 buah genteng yang diproduksi selama 2 bulan.

4.1.3 Data Cacat Produk

Berikut merupakan data kontrol cacat produksi dari masing-masing jumlah cacat produk selama periode bulan Januari 2024 hingga Februari 2024 pada UMKM AR Genteng KTL dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Cacat Produk Genteng

Minggu ke-	Jumlah Produk Genteng yang <i>Defect</i> (buah)				Total
	Pecah	Retak	Gompal	Warna Gosong	
1	3	5	2	0	10
2	4	6	3	2	15
3	7	5	0	3	15
4	7	6	4	2	19
5	5	3	1	3	12
6	8	4	0	0	12
7	7	1	3	0	11
8	5	0	2	3	10
Total	46	30	15	13	104

Berdasarkan Tabel 10 dapat diketahui bahwa UMKM AR Genteng KTL saat memproduksi genteng masih terdapat produk yang gagal dengan total setiap

minggunya sebanyak 10 hingga 20 buah genteng yang *reject*. Data total cacat produk genteng tertinggi berada di periode minggu ke-4 sebanyak 19 buah.

4.2 Pengolahan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan agar tujuan dari penelitian dapat tercapai dengan tepat. Adapun pengolahan data yang dilakukan meliputi metode *Six Sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)* dan tahap *improve* pada *six sigma* menggunakan metode Taguchi.

4.2.1 Tahap Define

Pada tahap *define* permasalahan yang terkait oleh UMKM AR Genteng KTL akan didefinisikan berdasarkan data yang sudah dikumpulkan saat observasi dan wawancara oleh pemilik usaha tersebut. UMKM AR Genteng KTL merupakan industri kecil dan menengah yang termasuk ke dalam kategori industri pengolahan tanah liat dengan produk yang dihasilkan berupa genteng. Permasalahan yang dialami oleh UMKM yaitu karakteristik kualitas yang diinginkan oleh konsumen masih belum optimal karena masih banyak produk yang cacat berdasarkan data historis bulan Januari 2024 hingga Februari 2024 dengan total produk cacat sebanyak 104 buah. Ketidaksiuaian dari karakteristik kualitas disebabkan oleh proses produksinya. Produk yang mengalami cacat akan dilakukan proses *rework* (perbaikan), sehingga menimbulkan biaya dan waktu tambahan. Produk yang baik dapat langsung dikirim ke konsumen. Pada tahap *define* akan dilakukan pembuatan *project charter*, diagram SIPOC, penentuan *Critical to Quality (CTQ)*.

4.2.1.1 Project Charter

Project Charter merupakan penentuan tujuan dan ruang lingkup proyek dan mengumpulkan informasi tentang proses dan pelanggan. Pada penelitian ini membuat *project charter* guna mengetahui ringkasan penelitian yang dilakukan dengan tujuan yang jelas. Berikut hasil *project charter* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 11.

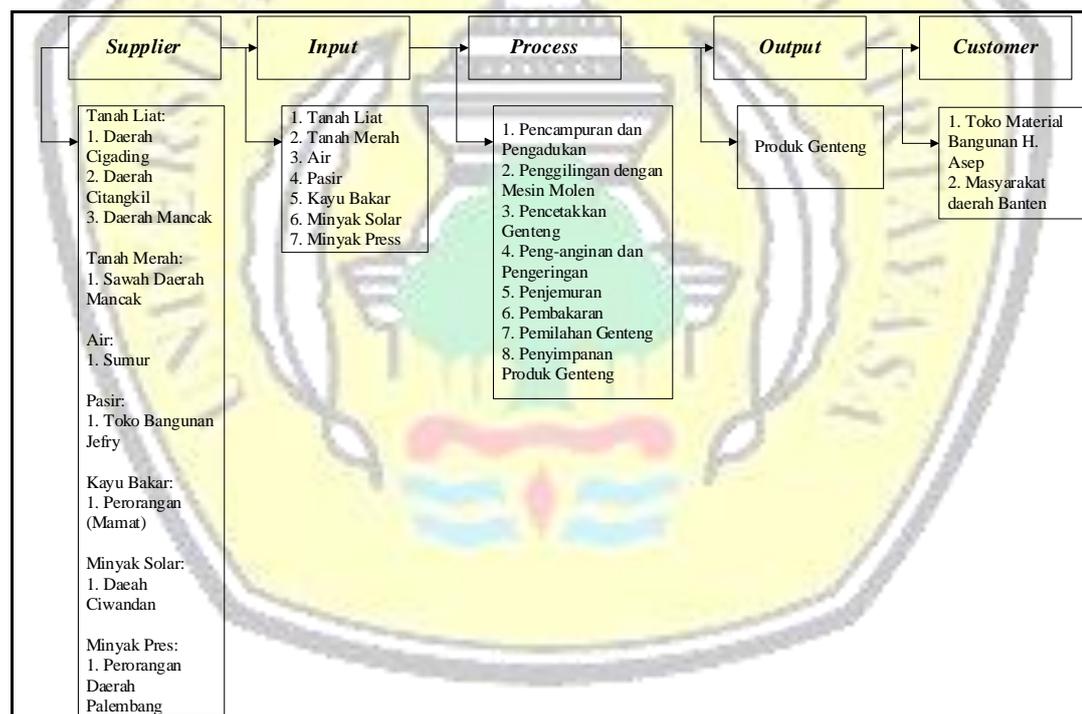
Tabel 11. *Project Charter*

Informasi Penelitian			
Institusi	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	Judul Penelitian	: Peningkatan Kualitas Pada Produk Genteng Menggunakan Six <i>Sigma</i> dan Metode Taguchi (Studi Kasus di UMKM AR Genteng KTL)
		Peneliti	: Dian Elnia Kusuma Ningrum
Tanggal Mulai	: 07 Januari 2024	Pembimbing Produksi	: Damin
Tanggal Selesai	: 01 Maret 2024	Inspektor	: Wartiah
Permasalahan		Tujuan dan Lingkup Penelitian	
Berdasarkan data jumlah produksi dan jumlah cacat pada periode bulan Januari 2024 hingga Februari 2024 masih terdapat produk yang <i>reject</i> pada genteng. Cacat produk ini menimbulkan waktu tambahan dalam memperbaiki produk yang mengalami cacat tersebut. Sehingga dibutuhkan metode perbaikan kualitas yang mendukung permasalahan tersebut.		Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kemampuan <i>sigma</i> yang telah dicapai oleh UMKM dengan adanya permasalahan cacat produk., sehingga dapat diberikan usulan perbaikan dalam kondisi optimal pada faktor dan level yang mempengaruhi terjadinya cacat produk dominan tersebut. Lingkup penelitian ini adalah pada perbaikan kualitas produk tanpa melakukan perhitungan biaya produksi.	

Berdasarkan Tabel 11 dapat diketahui bahwa permasalahan yang terjadi pada UMKM AR Genteng KTL karena produk yang cacat masih sering terjadi setiap kali produksi. Cacat produk tersebut dianggap tidak dapat memenuhi keinginan konsumen. Kemudian permasalahan tersebut diidentifikasi dengan menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produk cacat tersebut apa saja dan memberikan usulan perbaikan kualitas dalam kondisi optimal pada faktor dan level yang mempengaruhinya.

4.2.1.2 Diagram SIPOC

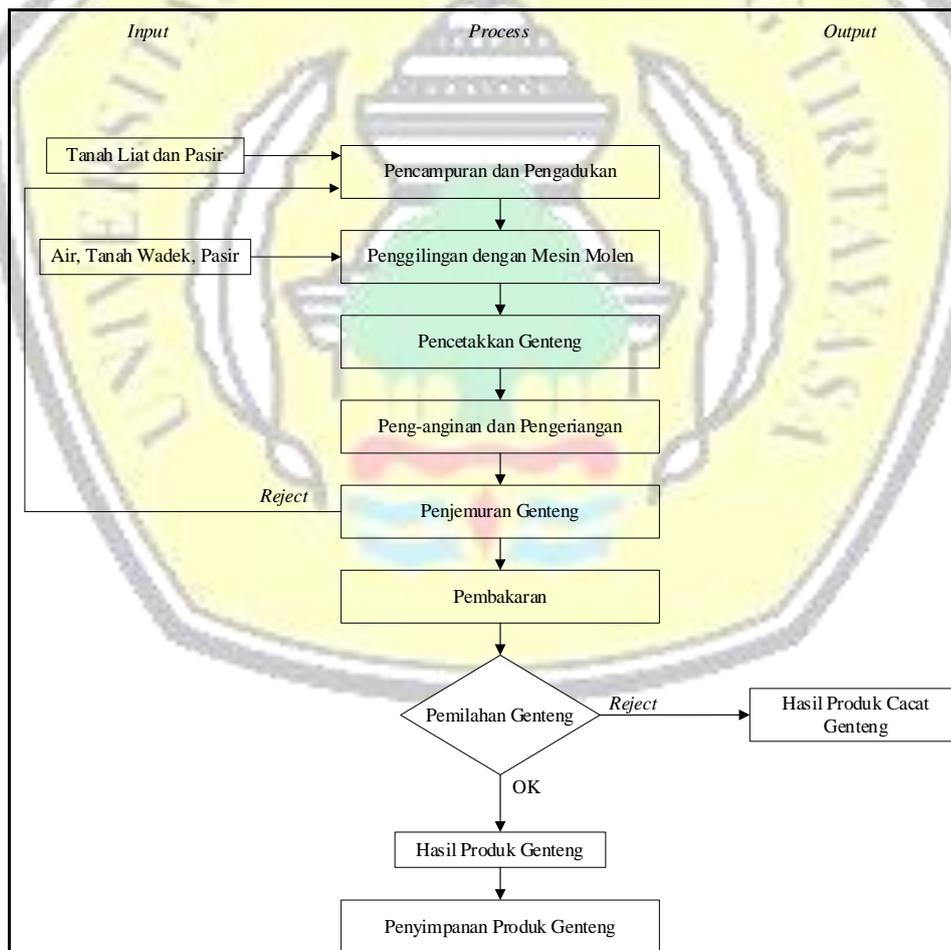
Diagram SIPOC merupakan diagram yang mendeskripsikan alur dari produk genteng mulai dari bahan baku yang dikirimkan oleh *supplier* sampai dengan produk dipasarkan ke konsumen. Adapun diagram SIPOC pada UMKM AR Genteng KTL disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram SIPOC Produk Genteng

Berdasarkan Gambar 12 dapat diketahui bahwa alur produksi genteng dimulai dari *supplier* yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku produk genteng pada UMKM AR Genteng KTL berasal dari Daerah Cigading, Daerah Citangkil, dan Daerah Mancak. Input merupakan bahan baku utama yang akan digunakan pada proses produksi yaitu tanah liat, tanah merah, air, pasir, kayu

bakar, minyak solar, dan minyak pres. *Process* merupakan tahapan-tahapan proses yang dilalui bahan baku utama untuk menjadi sebuah genteng, seperti pencampuran dan pengadukan bahan baku seperti tanah liat, tanah merah, air, dan pasir, penggilingan dengan mesin molen, pencetakan genteng dengan mesin cetak genteng, peng-anginan dan pengeringan produk genteng pada rak-rak yang tersedia, penjemuran selama 1-3 hari, pembakaran selama 10 jam, pemilahan produk genteng, dan penyimpanan produk jadi genteng. *Output* merupakan hasil yang didapat setelah dilakukan proses produksi yaitu produk genteng. Hasil produksi setiap minggunya mencapai 1000 hingga 3000 buah genteng. *Customer* yang bekerja sama dengan UMKM AR Genteng KTL yaitu toko material dan masyarakat yang berada di Daerah Banten. Selain itu, terdapat alur proses pembuatan produk genteng UMKM AR Genteng KTL dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Alur Proses Pembuatan Produk Genteng

Berdasarkan Gambar 13 dapat diketahui alur proses pembuatan genteng yang dimulai proses pencampuran dan pengadukan bahan menggunakan bahan baku tanah liat, tanah merah, pasir, air dan diaduk dengan menggunakan alat bantu cangkul dan sekop. Kemudian proses penggilingan tanah liat yang sudah dicampur dengan bahan lainnya menggunakan mesin penggilingan (mesin molen) oleh pengrajin genteng di UMKM AR Genteng KTL. Tanah liat dimasukkan sedikit demi sedikit dari bagian atas, lalu akan terbentuk tanah liat yang lebih padat dan lebih kenyal. Kemudian proses pencetakan genteng oleh pengrajin genteng dengan menggunakan mesin cetak, adonan tersebut dibentuk seperti balok-balok dan dicetak pada mesin cetak. Setelah terbentuk genteng dalam keadaan basah, maka selanjutnya dilakukan proses peng-anginan dan pengeringan genteng yang masih basah tersebut diletakkan pada rak-rak yang tersedia dengan tujuan agar genteng menjadi setengah kering dan tidak berubah bentuk. Kemudian proses penjemuran genteng yang sudah setengah kering tersebut dijemur dibawah sinar matahari selama 1-3 hari. Proses tersebut bertujuan agar genteng menjadi lebih kering dan keras. Akan tetapi, jika ada hasil yang *reject* pada saat proses penjemuran akan dilakukan pengulangan kembali untuk membuat genteng tersebut dengan cara menghancurkan genteng yang cacat tersebut kemudian diulang pada tahapan pencampuran dan pengadukan. Selanjutnya proses pembakaran genteng yang telah kering dan keras dibawa ke tempat pembakaran dengan meletakkan genteng-genteng tersebut didalamnya kemudian dibakar. Pembakarannya masih menggunakan tungku pembakaran berbentuk balok yang dikelilingi oleh batu bata merah dan proses ini memakan waktu selama 10 jam. Genteng yang telah selesai dibakar tetap dibiarkan terlebih dahulu didalam tungku pembakaran sampai agak dingin, kemudian dilakukan *quality control* dengan tujuan memisahkan genteng yang tidak cacat dan genteng cacat (pecah, retak, gompal, warna gosong). Setelah tahapan pemilahan genteng dilakukan, jika terdapat genteng yang cacat akan disimpan tetapi tidak dijual belikan ke konsumen dan genteng yang berada dalam kondisi dinyatakan baik maka akan dilakukan penyimpanan ke gudang untuk disimpan.

4.2.1.3 Penentuan *Critical to Quality* (CTQ)

Critical to Quality (CTQ) merupakan parameter karakteristik kualitas produk yang menyebabkan cacat pada genteng sehingga tidak memenuhi harapan pelanggan atau konsumen. CTQ pada penelitian ini termasuk pada jenis *physical*, karena kriteria cacat produk dapat dilihat dari tampilan fisik genteng. Berikut identifikasi CTQ untuk mengetahui jenis cacat yang terjadi dalam proses produksi genteng dapat dilihat pada

Tabel 12.

Tabel 12. Identifikasi *Critical to Quality* (CTQ)

No.	CTQ	Keterangan
1	Pecah	Genteng yang terpisah menjadi dua atau lebih bagian. Hal tersebut disebabkan oleh kualitas bahan baku yang digunakan kurang baik dan pengeringan yang tidak merata
2	Retak	Adanya garis retakan pada permukaan genteng yang diakibatkan proses pembakaran dengan suhu yang tidak merata
3	Gompal	Adanya lubang atau rongga yang besar, terutama pada bagian tengah atau pangkah genteng yang diakibatkan oleh kualitas bahan baku yang digunakan kurang baik dan tekanan yang tidak merata selama pembentukan genteng
4	Warna Gosong	Warna pada permukaan genteng yang tidak merata atau terlihat seperti terbakar atau gosong yang diakibatkan oleh suhu dan waktu pembakaran yang tidak optimal

Berdasarkan

Tabel 12 dapat diketahui bahwa *Critical to Quality* (CTQ) pada proses produksi genteng di UMKM AR Genteng KTL terdiri dari 4 CTQ, yaitu pecah, retak, gompal, dan warna gosong. Cacat produk genteng ini biasanya disebabkan oleh faktor-faktor, seperti kualitas bahan baku, suhu, waktu, dan lain-lain. Berikut ini merupakan penjelasan terkait dengan karakteristik jenis cacat pada produk genteng.

1. Cacat pecah

Pada UMKM AR Genteng KTL yang memproduksi genteng masih terdapat produk yang cacat. Salah satu jenis cacat yang teridentifikasi yaitu cacat pecah. Kriteria cacat pecah pada genteng yakni terbagi atau terbelah menjadi dua bagian atau lebih. Penyebab dari cacat pecah pada genteng

disebabkan oleh kualitas bahan baku yang kurang baik dan pengeringan genteng yang tidak merata. Berikut contoh dari cacat pecah pada genteng dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Cacat Pecah Genteng

2. Cacat retak

Jenis cacat selanjutnya yang terjadi pada produksi genteng yakni cacat retak. Cacat ini terjadi jika terdapat garis retakan pada permukaan genteng. Hal tersebut disebabkan oleh proses penjemuran yang tidak maksimal dan pembakaran yang tidak merata. Berikut contoh dari cacat retak yang dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Cacat Retak Genteng

3. Cacat gompal

Pada produk genteng juga terdapat cacat gompal. Cacat gompal terjadi jika terdapat lubang kecil atau rongga yang menyebabkan ketidaksempurnaan bentuk pada genteng. Hal tersebut disebabkan oleh ketidaksesuaian proporsi bahan baku saat proses pencampuran dan rak untuk proses pengeringan genteng tidak dibersihkan secara rutin. Berikut contoh cacat gompal yang dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Cacat Gompal

4. Cacat warna gosong

Jenis cacat selanjutnya yang terjadi pada produksi produk genteng yaitu cacat warna gosong. Cacat tersebut terjadi ketika timbul warna hitam atau gosong pada permukaan genteng. Hal ini disebabkan oleh tata letak genteng yang tidak sesuai saat proses pembakaran dan waktu pembakaran yang tidak merata. Berikut contoh cacat warna gosong yang dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Cacat Warna Gosong

Dalam meningkatkan kualitas produk genteng, UMKM AR Genteng KTL harus memastikan bahwa *Critical to Quality* (CTQ) yang terkait dengan proses produksi genteng dapat memenuhi standar kualitas genteng yang diinginkan. Standar kualitas yang diinginkan oleh UMKM tersebut yaitu memenuhi standar SNI 03-2095-1998 (Pujiyanto *et al.*, 2022). Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2095-1998 merupakan salah satu persyaratan dalam menentukan kualitas produk genteng tanah liat. Syarat-syarat tersebut meliputi mutu tampak, ketetapan ukuran

genteng, ketahanan terhadap kondisi cuaca eksternal, dan penyerapan air (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2024).

1) Mutu tampak

Pada syarat kualitas mutu tampak bahwa genteng tanah liat harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, lekukan, dan warna genteng yang homogen.

2) Ketetapan ukuran genteng

Pada syarat ketetapan ukuran dilakukan pengukuran panjang, lebar, dan tinggi bagian genteng yang berukuran $30 \times 10 \times 3$ cm.

3) Kekuatan struktural

Kekuatan genteng terhadap kondisi cuaca yang berubah-ubah dapat menahan gaya tekan yang diberikan terhadap genteng agar tidak patah atau lainnya.

4) Penyerapan air

Pada syarat penyerapan air bahwa genteng harus memiliki penyerap air yang rendah guna menghindari masalah kebocoran dan kerusakan terkait kelembapan dengan daya penyerapan air maksimum, yaitu tingkat I sebesar 12%, tingkat II sebesar 15%, dan tingkat III sebesar 20%.

Berdasarkan standar kualitas produk genteng dapat diketahui bahwa produk genteng di UMKM AR Genteng KTL sudah memenuhi standar kualitas mutu tampak dan ketetapan ukuran genteng. Standar mutu tampak genteng dapat dilihat dari bentuk fisik pada produk tersebut yang memiliki penampilan seragam dan menarik, serta ketetapan ukuran genteng hanya satu ukuran yang di cetak oleh mesin cetak genteng secara manual dikarenakan tidak ada berbagai macam ukuran lainnya yang bisa menyebabkan terjadinya cacat pada genteng. Standar kekuatan genteng terhadap kondisi cuaca berubah-ubah dan penyerapan air yang rendah belum diterapkan karena UMKM tersebut memiliki keterbatasan dalam hal teknologi, peralatan, dan sumber daya manusia untuk melakukan pengujian yang kompleks.

4.2.2 Tahap *Measure*

Pada tahapan *six sigma* sebelumnya yaitu tahap *define* telah mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada penelitian ini. Maka tahapan selanjutnya yaitu *measure* untuk mengetahui pengendalian statistik pada proses produksi genteng menggunakan peta kendali p, menghitung nilai DPMO dan tingkat kemampuan *sigma* yang telah dicapai oleh UMKM.

4.2.2.1 Peta Kendali p

Pengukuran performa yang paling utama yaitu melakukan pengendalian kualitas secara statistik untuk data atribut. Pada penelitian ini menggunakan peta kendali p (*p-chart*) yang bertujuan untuk mengetahui proporsi kesalahan apakah cacat produk yang dihasilkan masih dalam batas yang ditetapkan. Sampel yang diambil oleh penelitian ini bervariasi untuk setiap kali melakukan pengamatan di UMKM AR Genteng KTL sehingga penelitian ini menggunakan peta kendali p model individu. Adapun hasil perhitungan menggunakan peta kendali p untuk produk genteng di UMKM AR Genteng KTL dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan Peta Kendali p

Minggu ke-	Jumlah Produksi	Jumlah Cacat	Proporsi	P	UCL	LCL
1	1250	10	0,008	0,006	0,012	-0,001
2	2500	15	0,006	0,006	0,010	0,001
3	1070	15	0,014	0,006	0,013	-0,001
4	2955	19	0,006	0,006	0,010	0,002
5	2650	12	0,005	0,006	0,010	0,001
6	2050	12	0,006	0,006	0,011	0,001
7	3000	11	0,004	0,006	0,010	0,002
8	2800	10	0,004	0,006	0,010	0,001
Total	18275	104				

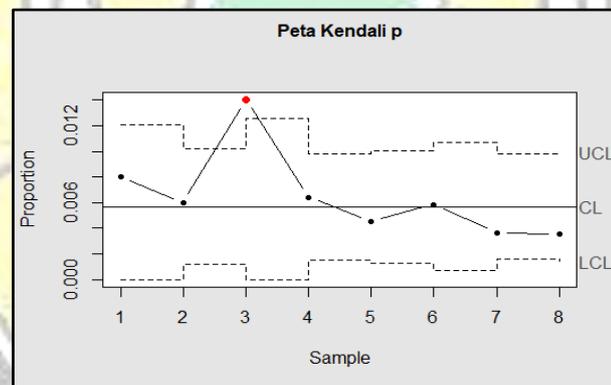
Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Proporsi } (\hat{p}) &= \frac{\text{Jumlah Cacat (Di)}}{\text{Jumlah Produksi (ni)}} \\ &= \frac{10}{1250} \\ &= 0,008 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \frac{\sum_{i=1}^m ni}{\sum_{i=1}^m Di} \\ &= \frac{104}{18275} \\ &= 0,006 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{UCL} &= \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n_i}} \\
 &= 0,006 + 3 \sqrt{\frac{0,006(1-0,006)}{1250}} \\
 &= 0,012 \\
 \text{LCL} &= \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n_i}} \\
 &= 0,006 - 3 \sqrt{\frac{0,006(1-0,006)}{1250}} \\
 &= -0,001
 \end{aligned}$$

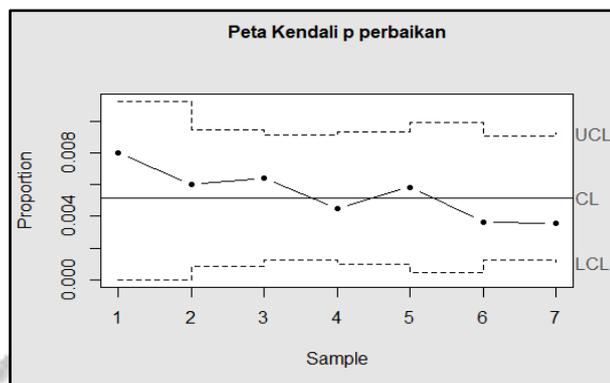
Berdasarkan Tabel 13 dapat diperoleh hasil perhitungan peta kendali p dengan nilai *center line* sebesar 0,006, UCL data ke-1 sebesar 0,012, dan LCL data ke-1 sebesar -0,001 atau 0. Dalam hal ini, *Lower Control Limit* (LCL) untuk peta kendali p (*p-chart*) harus dinyatakan dalam nilai yang positif. Apabila ditemukan nilai negatif dalam perhitungan LCL, maka ditetapkan sama dengan nol (M Derajat dan Kristiyono, 2011). Setelah memperoleh nilai-nilai perhitungan tersebut, maka selanjutnya nilai tersebut digambarkan ke dalam grafik peta kendali p. Berikut merupakan hasil pengolahan data menggunakan peta kendali p pada proses produksi genteng dengan bantuan *software* Rstudio.



Gambar 18. Grafik Peta Kendali p

Berdasarkan Gambar 18 dapat dilihat bahwa pengendalian kualitas secara statistik pada produksi genteng di UMKM AR Genteng KTL dinyatakan tidak terkendali dikarenakan terdapat 1 data yang keluar dari batas kendali (*out of control*). Data yang diluar batas kendali atas (UCL) yaitu data ke-3 yang bernilai proporsi sebesar 0,014 dengan nilai UCL sebesar 0,013, sehingga perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan kualitas produksi genteng. Kegiatan perbaikan yang

perlu dilakukan yaitu merevisi dengan menghapus data ke-3 pada periode minggu ke-3. Berikut merupakan hasil pengolahan data perbaikan menggunakan peta kendali p dengan bantuan *software* Rstudio.



Gambar 19. Grafik Peta Kendali p Perbaikan

Berdasarkan Gambar 19 dapat dilihat bahwa kondisi peta kendali p setelah perbaikan pada data *out of control* menghasilkan nilai proporsi berada dalam batas kendali atas dan batas kendali bawah. Pengendalian kualitas perlu dilakukan secara terus menerus di setiap tahapan proses produksi agar produk cacat dapat dikendalikan dan dapat mengurangi variabilitas dalam proses. Analisis lebih lanjut dilakukan dengan faktor-faktor penyebab terjadinya cacat pada produk genteng dan memberikan usulan perbaikan dengan mengetahui faktor dan level yang berpengaruh.

4.2.2.3 Pengukuran Tingkat Kemampuan *Sigma*

Pengukuran tingkat kemampuan *sigma* di UMKM perlu dilakukan untuk mengetahui pencapaian dari usaha tersebut dan dapat mengetahui klasifikasi yang sesuai dari UMKM. Pengukuran performa *six sigma* dalam penelitian ini dilakukan dengan perhitungan menggunakan satuan pengukuran DPMO (*Defect per Million Opportunity*) dan tingkat kapabilitas *sigma* (*sigma level*). Pengukuran ini berdasarkan data historis pada bulan Januari 2024 hingga Februari 2024. Berikut hasil perhitungan nilai DPMO dan *sigma level* dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Perhitungan Nilai DPMO dan Tingkat Kemampuan *Sigma*

Minggu ke-	Jumlah Produksi	Jumlah Cacat Produk	CTQ	DPU	DPO	DPMO	<i>Sigma</i>
1	1250	10	4	0,008	0,002	2000	4,378
2	2500	15	4	0,006	0,002	1500	4,468
3	1070	15	4	0,014	0,004	3504,673	4,196
4	2955	19	4	0,006	0,002	1607,445	4,446
5	2650	12	4	0,005	0,001	1132,075	4,553
6	2050	12	4	0,006	0,001	1463,415	4,475
7	3000	11	4	0,004	0,001	916,667	4,616
8	2800	10	4	0,004	0,001	892,857	4,624
Rata-rata						1627	4,470

Contoh Perhitungan:

DPU

$$= \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Produksi}}$$

$$= \frac{10}{1250}$$

$$= 0,008$$

DPO

$$= \frac{\text{DPU}}{\text{CTQ}}$$

$$= \frac{0,008}{4}$$

$$= 0,002$$

DPMO

$$= \text{DPO} \times 1000000$$

$$= 0,002 \times 1000000$$

$$= 2000$$

Tingkat *Sigma*

$$= \text{NORMSINV} \left(1 - \left(\frac{\text{DPMO}}{1000000} \right) \right) + 1,5$$

$$= \text{NORMSINV} \left(1 - \left(\frac{2000}{1000000} \right) \right) + 1,5$$

$$= 4,378$$

Rata-Rata Tingkat *Sigma* = $\frac{4,378+4,468+4,196+\dots+4,624}{8}$

$$= 4,470$$

Berdasarkan Tabel 14 dapat diperoleh hasil perhitungan nilai DPMO dan tingkat *sigma* pada proses produksi genteng di UMKM AR Genteng KTL yaitu nilai rata-rata DPMO sebesar 1627, artinya dalam setiap satu juta produk genteng yang diproduksi terdapat sekitar 1627 buah yang dinyatakan sebagai produk *reject* dan rata-rata nilai tingkat *sigma* sebesar 4,470. Tingkat pencapaian *sigma* yang

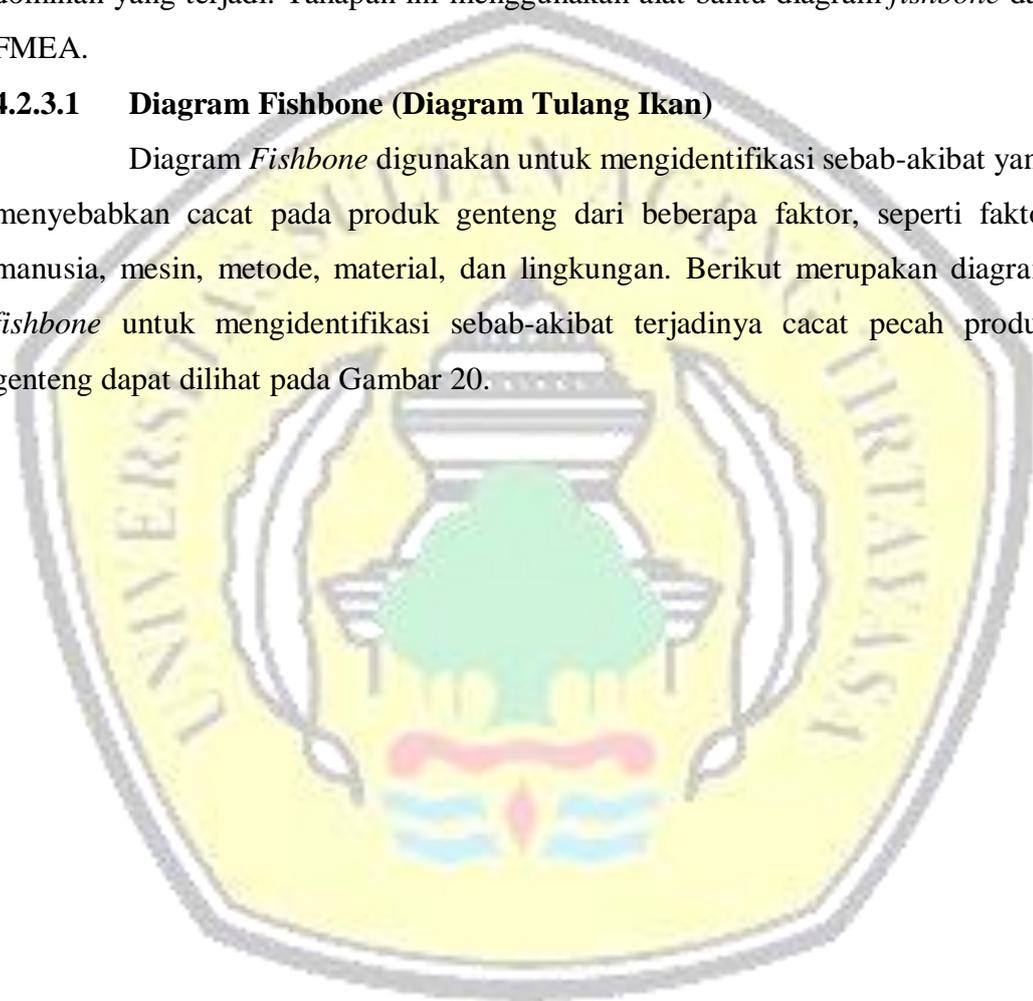
diperoleh pada UMKM AR Genteng KTL termasuk klasifikasi kemampuan rata-rata industri USA.

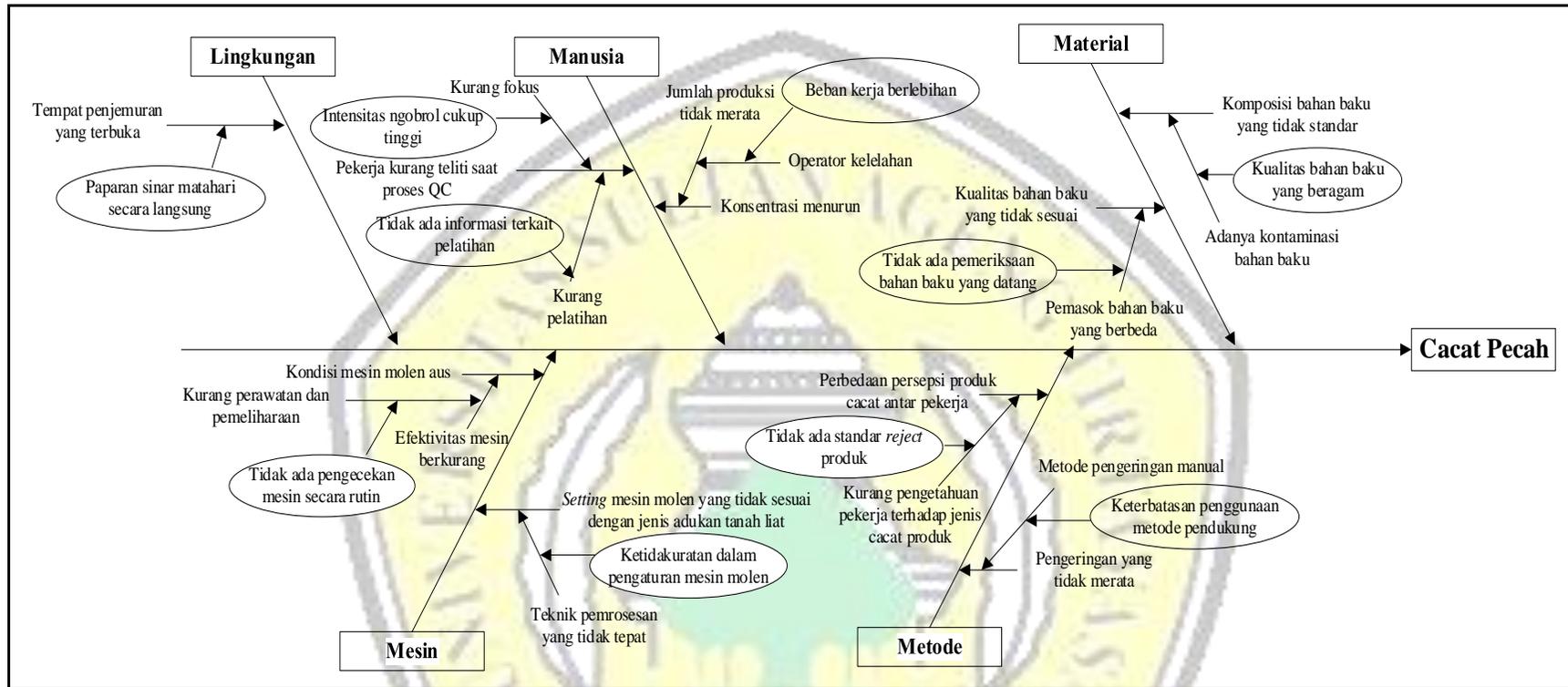
4.2.3 Tahap *Analyze*

Tahap *analyze* merupakan tahapan ketiga dalam metode *six sigma*. Pada tahapan ini dilakukan analisis dengan menentukan akar penyebab masalah terjadinya kecacatan produk genteng dan menentukan penyebab kegagalan dominan yang terjadi. Tahapan ini menggunakan alat bantu diagram *fishbone* dan FMEA.

4.2.3.1 Diagram Fishbone (Diagram Tulang Ikan)

Diagram *Fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi sebab-akibat yang menyebabkan cacat pada produk genteng dari beberapa faktor, seperti faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Berikut merupakan diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi sebab-akibat terjadinya cacat pecah produk genteng dapat dilihat pada Gambar 20.





Gambar 20. Diagram Fishbone Cacat Pecah Produk Genteng

Berdasarkan Gambar 20 dapat diketahui bahwa kegagalan cacat pecah produk genteng pada UMKM AR Genteng KTL disebabkan oleh beberapa faktor-faktor yang berpengaruh, seperti faktor mesin, metode, manusia, material, dan lingkungan. Berikut merupakan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya cacat pecah pada produk genteng:

a. *Environment* (Lingkungan)

Pada faktor lingkungan yang menyebabkan cacat pecah adalah tempat penjemuran yang terbuka menyebabkan paparan sinar matahari secara langsung ke arah genteng.

b. *Man* (Manusia)

Pada faktor manusia cacat pecah adalah pekerja kurang teliti saat proses QC diakibatkan kurang fokus dan kurang terampil karena mengobrol dan kurang pelatihan, operator kurang pelatihan disebabkan tidak ada informasi untuk mengikuti pelatihan terkait proses QC, penyebab lainnya yaitu konsentrasi menurun akibat jumlah produksi tidak merata karena operator kelelahan dikarenakan beban kerja berlebihan.

c. *Material* (Bahan baku)

Pada faktor material yang menyebabkan cacat pecah adalah kualitas bahan baku yang tidak sesuai dikarenakan pemasok bahan baku yang berbeda menyebabkan tidak ada pemeriksaan bahan baku yang datang dan disebabkan oleh komposisi bahan baku yang tidak standar diakibatkan bahan baku terkontaminasi karena kualitas bahan baku yang beragam.

d. *Machine* (Mesin)

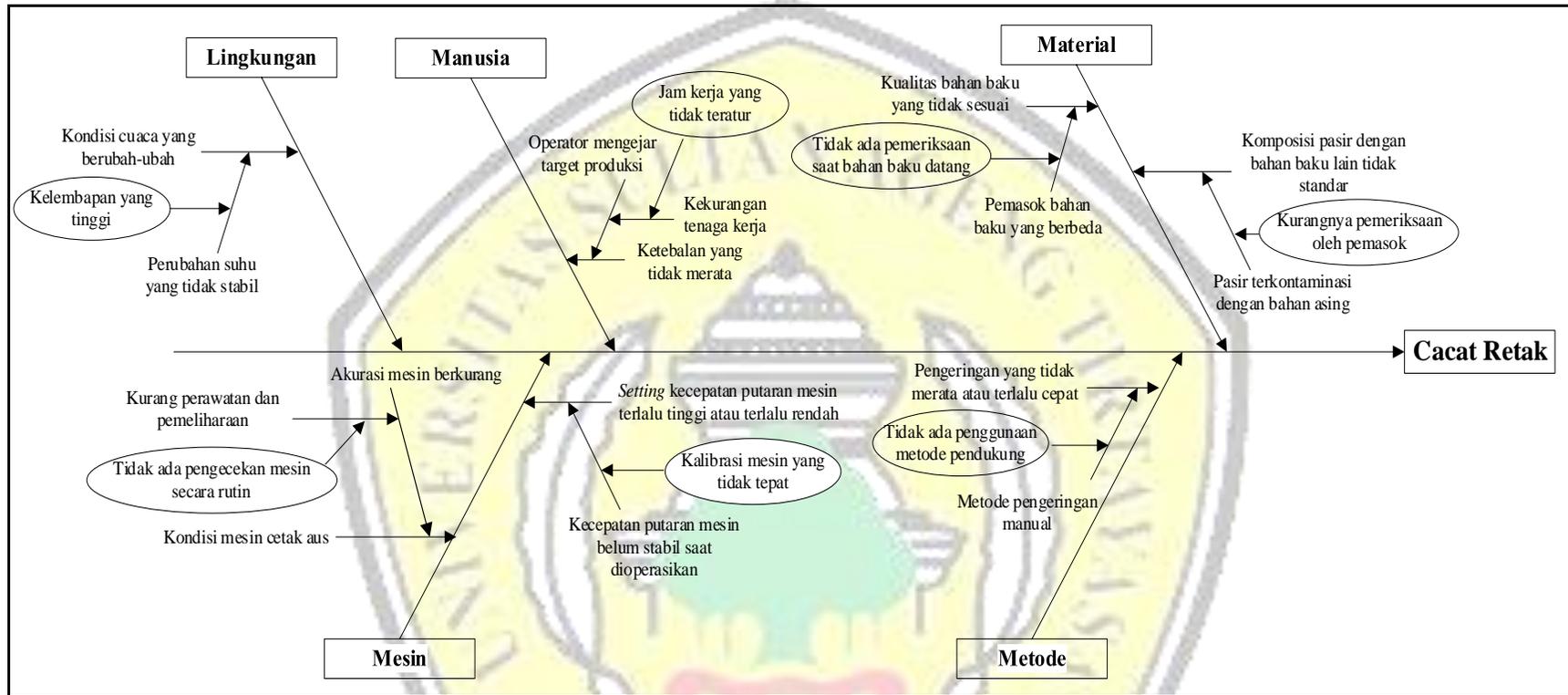
Pada faktor mesin yang menyebabkan cacat pecah adalah kondisi mesin molen aus disebabkan efektivitas mesin berkurang akibat kurang perawatan dan pemeliharaan yang disebabkan tidak ada pengecekan mesin secara rutin dan disebabkan juga oleh *setting* mesin molen tidak sesuai dengan adukan jenis tanah liat disebabkan oleh teknik pemrosesan yang tidak tepat karena ketidakuratan dalam pengaturan mesin molen.

e. *Method* (Metode)

Pada faktor metode yang menyebabkan cacat pecah adalah pengeringan yang tidak merata pada rak penyimpanan saat proses pengeringan disebabkan metode pengeringan masih manual karena keterbatasan penggunaan metode pendukung dan perbedaan persepsi produk cacat antar pekerja diakibatkan kurang pengetahuan pekerja terhadap jenis produk cacat akibat belum adanya standar *reject* produk.

Diagram *fishbone* selanjutnya untuk mengetahui sebab dan akibat terjadinya cacat retak produk genteng yang dapat dilihat pada Gambar 21.





Gambar 21. Diagram *Fishbone* Cacat Retak Produk Genteng

Berdasarkan Gambar 21 dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya cacat retak pada produk genteng:

a. *Environment* (Lingkungan)

Pada faktor lingkungan yang menyebabkan cacat retak adalah kondisi cuaca yang berubah-ubah diakibatkan perubahan suhu yang tidak stabil menyebabkan kelembapan tinggi.

b. *Man* (Manusia)

Pada faktor manusia adalah ketebalan yang tidak merata diakibatkan pekerjaan yang terburu-buru karena operator kurang waktu istirahat disebabkan operator mengejar target produksi dikarenakan jam kerja yang tidak teratur.

c. *Material* (Bahan baku)

Pada faktor material adalah kualitas bahan baku yang tidak sesuai dikarenakan pemasok bahan baku yang berbeda akibat tidak ada pemeriksaan dan komposisi pasir dengan bahan baku tidak standar diakibatkan pasir terkontaminasi dengan bahan asing karena kurangnya pemeriksaan oleh pemasok.

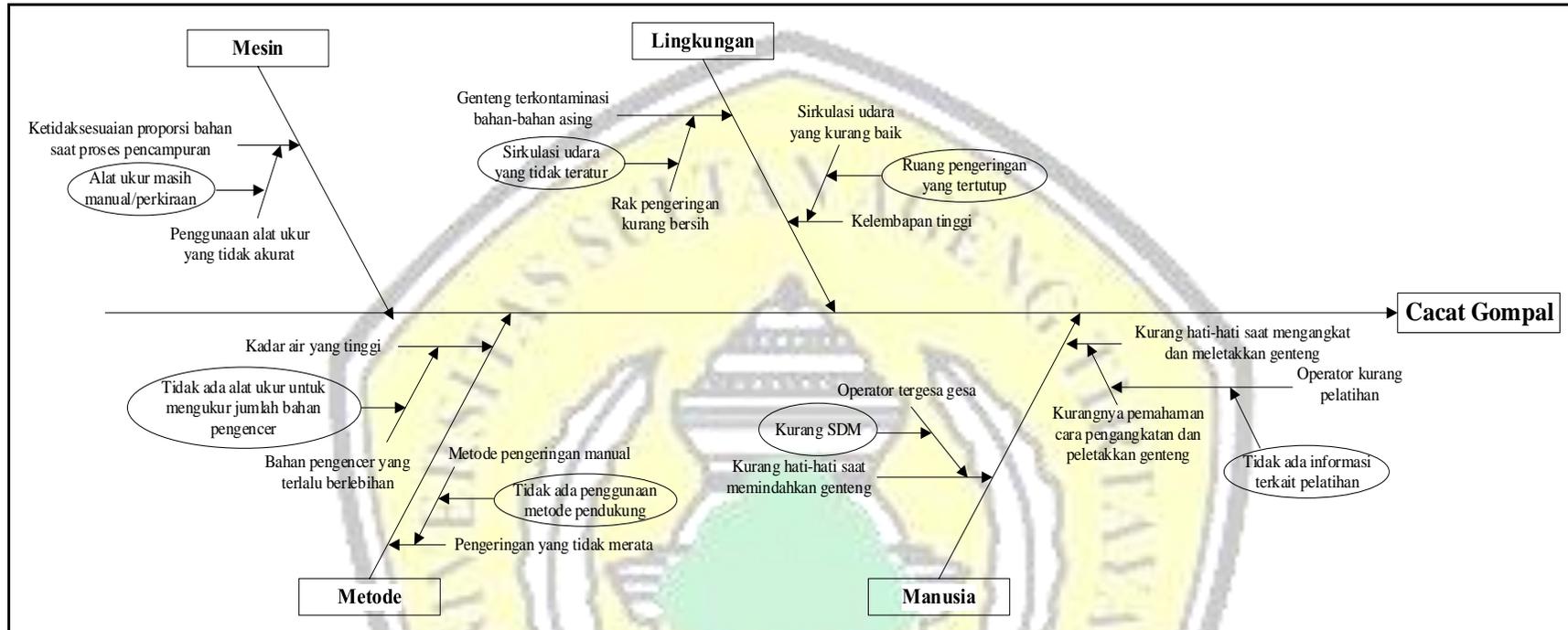
d. *Machine* (Mesin)

Pada faktor mesin yaitu akurasi mesin berkurang dikarenakan kondisi mesin cetak aus yang disebabkan tidak adanya pengecekan mesin cetak secara rutin dan disebabkan oleh *setting* kecepatan putaran mesin terlalu tinggi atau terlalu rendah disebabkan oleh kecepatan mesin belum stabil saat dioperasikan karena kalibrasi mesin yang tidak tepat.

e. *Method* (Metode)

Pada faktor metode adalah pengeringan yang tidak merata atau terlalu cepat diakibatkan metode pengeringan masih manual karena tidak ada penggunaan metode pendukung.

Diagram *fishbone* selanjutnya untuk mengetahui sebab dan akibat terjadinya cacat gompal produk genteng yang dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Diagram Fishbone Cacat Gompal Produk Genteng

Berdasarkan Gambar 22 dapat diketahui bahwa faktor-faktor penyebab cacat gompal pada produk genteng dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu faktor metode, manusia, dan lingkungan. Berikut merupakan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya cacat gompal pada produk genteng:

a. *Environment* (Lingkungan)

Pada faktor lingkungan yang menyebabkan cacat gompal adalah genteng terkontaminasi bahan-bahan asing diakibatkan rak pengeringan kurang bersih karena ruang pengeringan tidak dibersihkan secara rutin karena sirkulasi udara yang tidak teratur dan kelembapan tinggi diakibatkan sirkulasi udara yang kurang baik akibat ruang pengeringan yang tertutup.

b. *Machine* (Mesin)

Pada faktor mesin yang menyebabkan cacat gompal adalah ketidaksesuaian proporsi bahan saat proses pencampuran diakibatkan penggunaan alat ukur yang tidak akurat karena alat ukur yang digunakan masih manual atau perkiraan.

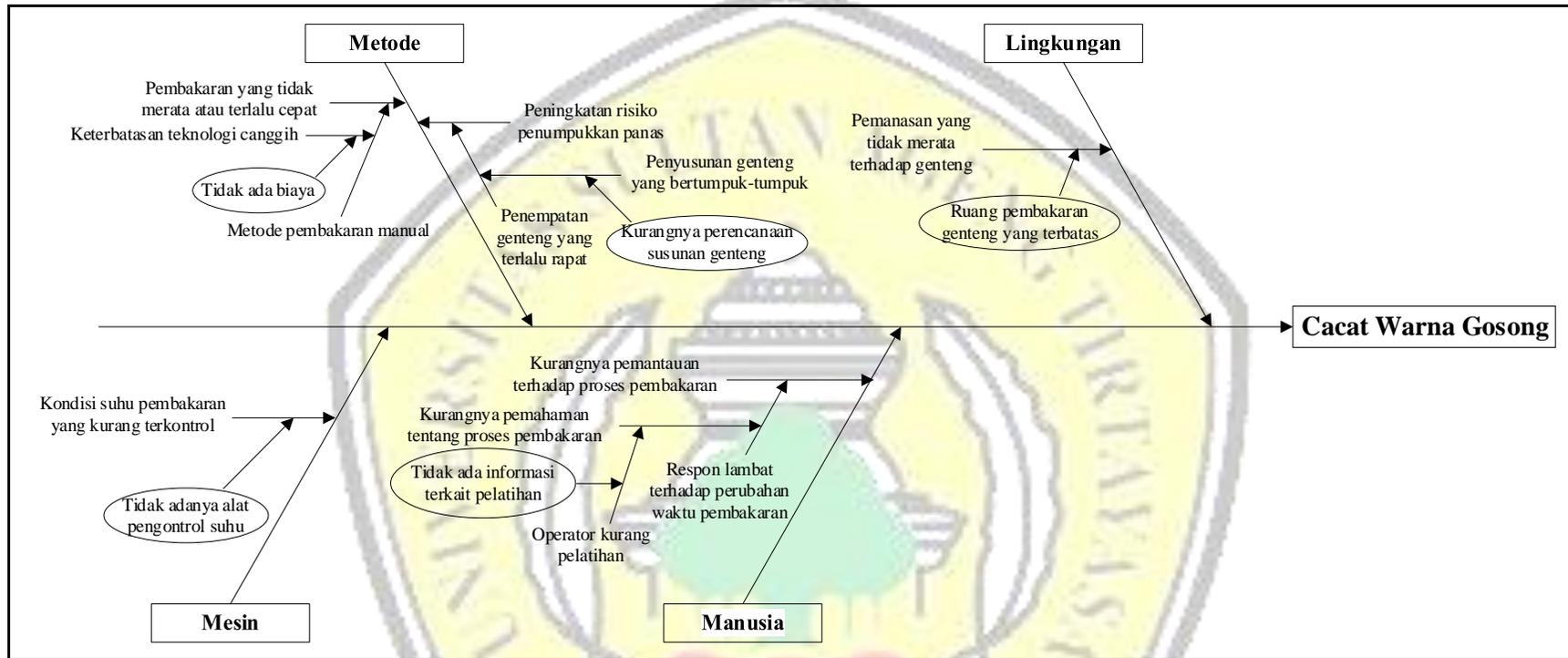
c. *Method* (Metode)

Pada faktor metode yang menyebabkan cacat gompal adalah kadar air yang tinggi diakibatkan bahan pengencer yang terlalu berlebihan karena tidak ada alat ukur untuk mengukur jumlah bahan pengencer dan pengeringan yang tidak merata dikarenakan metode pengeringan manual akibat tidak ada penggunaan metode pendukung.

d. *Man* (Manusia)

Pada faktor manusia yang menyebabkan cacat gompal adalah kurang hati-hati saat memindahkan genteng diakibatkan operator tergesa-gesa karena kurangnya sumber daya manusia dan kurang hati-hati saat mengangkat dan meletakkan genteng diakibatkan kurangnya pemahaman cara pegangkatan dan peletakkan genteng karena operator kurang pelatihan sebab tidak ada informasi mengenai pelatihan

Diagram *fishbone* selanjutnya untuk mengetahui sebab dan akibat terjadinya cacat warna gosong produk genteng yang dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Diagram Fishbone Cacat Warna Gosong Produk Genteng

Berdasarkan Gambar 23 dapat diketahui bahwa kegagalan cacat warna gosong produk genteng disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu faktor mesin, manusia, lingkungan, dan metode. Berikut merupakan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya cacat warna gosong pada produk genteng:

a. *Environment* (Lingkungan)

Pada faktor lingkungan yang menyebabkan cacat warna gosong adalah pemanasan yang tidak merata terhadap genteng diakibatkan ruang pembakaran genteng yang terbatas.

b. *Method* (Metode)

Pada faktor metode yang menyebabkan cacat warna gosong adalah pembakaran yang tidak merata atau terlalu cepat diakibatkan metode pembakaran masih manual karena keterbatasan teknologi canggih sebab tidak ada biaya untuk memperbaiki metode pembakaran dan peningkatan risiko penumpukkan panas terhadap genteng diakibatkan penempatan genteng yang terlalu rapat karena penyusunan genteng yang bertumpuk-tumpuk dikarenakan kurangnya perencanaan penyusunan genteng yang tepat.

c. *Machine* (Mesin)

Pada faktor mesin yang menyebabkan cacat warna gosong adalah kondisi suhu pembakaran yang kurang terkontrol diakibatkan tidak adanya alat pengontrol suhu saat proses pembakaran.

d. *Man* (Manusia)

Pada faktor manusia yang menyebabkan cacat warna gosong adalah kurangnya pemantauan terhadap proses pembakaran dikarenakan respon lambat terhadap perubahan waktu pembakaran akibat kurangnya pemahaman tentang proses pembakaran karena operator kurang pelatihan sebab tidak ada informasi mengenai pelatihan.

4.2.3.2 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah kegagalan produk sehingga *output* dari suatu produksi dapat sesuai dengan standar keinginan perusahaan

(Mayangsari, Adiarto dan Yuniati, 2015). Hasil analisis menggunakan FMEA berupa nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang digunakan untuk menentukan prioritas dilakukannya perbaikan menggunakan metode Taguchi pada tahap *improve*. Penilaian prioritas kegagalan ini dilakukan oleh pemilik UMKM AR Genteng KTL. Berikut merupakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk jenis cacat pecah produk genteng dapat dilihat pada Tabel 15.



Tabel 15. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Cacat Pecah*

No	Mode of Failure (Mode Kegagalan)	Effect of Failure (Efek Kegagalan)	Cause of Failure (Penyebab Kegagalan)	Skor			Risk Priority Number (RPN)	Rank
				S	O	D		
1	Kondisi mesin molen aus	Tanah liat dan pasir menggumpal	Tidak ada pengecekan mesin secara rutin	6	5	2	60	7
2	Setting mesin molen tidak sesuai dengan adukan jenis tanah liat	Adonan susah dibentuk	Ketidakuratan dalam pengaturan mesin molen	9	7	2	126	3
3	Perbedaan persepsi produk cacat antar pekerja	Produk yang diproduksi menjadi <i>defect</i>	Tidak ada standar <i>reject</i> produk	5	4	4	80	5
4	Pengeringan yang tidak merata	Kekerasan produk yang tidak konsisten	Keterbatasan penggunaan metode pendukung	5	9	2	90	4
5	Komposisi bahan baku yang tidak standar	Genteng mudah pecah	Kualitas bahan baku yang beragam	6	6	4	144	1
6	Kualitas bahan baku yang tidak sesuai	Genteng mudah pecah	Tidak ada pemeriksaan saat bahan baku datang	5	7	4	140	2
7	Pekerja kurang teliti saat proses QC	Pecah tidak terdeteksi	Mengobrol	6	2	3	36	8
8	Pekerja kurang teliti saat proses QC	Produk yang diproduksi menjadi <i>defect</i>	Tidak ada informasi mengenai pelatihan	5	2	2	20	10
9	Konsentrasi menurun	Pecah tidak terdeteksi	Beban kerja yang berlebihan	5	2	3	30	9
10	Tempat penjemuran yang terbuka	Tanah liat menggumpal dengan debu, kerikil	Paparan sinar matahari secara langsung	6	3	4	72	6

(Sumber: Pekerja UMKM AR Genteng KTL, 2024)

Keterangan:

S = *Severity* (Tingkat Keparahan) (1-10)

O = *Occurence* (Tingkat Kejadian) (1-10)

D = *Detective* (Tingkat Deteksi) (1-10)

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \textit{Severity} \times \textit{Occurence} \times \textit{Detection} \\ &= 6 \times 5 \times 2 \\ &= 60 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 15 dapat diketahui mode kegagalan yang menyebabkan terjadinya cacat pecah pada genteng yang menimbulkan efek kegagalan pada proses maupun produk yang dihasilkan dan mengetahui penyebab terjadinya kegagalan tersebut. Urutan prioritas didahulukannya perbaikan pada penyebab kegagalan yang terjadi pada produk genteng dari peringkat tertinggi hingga terendah adalah kualitas bahan baku yang beragam sehingga menyebabkan komposisi bahan baku tidak standar yang menimbulkan efek kegagalan genteng mudah pecah dengan nilai RPN tertinggi sebesar 144, tidak ada pemeriksaan saat bahan baku datang sehingga menyebabkan kualitas bahan baku tidak sesuai dengan nilai RPN sebesar 140, ketidakuratan dalam pengaturan mesin molen sehingga menyebabkan *setting* mesin molen tidak sesuai adukan jenis tanah liat dengan nilai RPN sebesar 126, keterbatasan penggunaan metode pendukung sehingga menyebabkan pengeringan yang tidak merata dengan nilai RPN sebesar 90, tidak ada standar *reject* produk sehingga menyebabkan perbedaan persepsi produk cacat antar pekerja dengan nilai RPN sebesar 80.

Selanjutnya paparan sinar matahari secara langsung sehingga menyebabkan tempat penjemuran yang terbuka dengan nilai RPN sebesar 72, tidak ada pengecekan mesin secara rutin sehingga menyebabkan kondisi mesin molen aus dengan nilai RPN sebesar 60, operator mengobrol sehingga menyebabkan kurang teliti saat proses QC dengan nilai RPN sebesar 36, beban kerja yang berlebihan sehingga menyebabkan konsentrasi operator menurun dengan nilai RPN sebesar 30. Kemudian nilai RPN terendah dari cacat pecah genteng sebesar 20 yaitu operator tidak dapat informasi terkait pelatihan sehingga menyebabkan pekerja kurang teliti saat proses QC yang menimbulkan efek kegagalan produk yang diproduksi menjadi *defect*. FMEA selanjutnya untuk mengetahui mode kegagalan berdasarkan urutan prioritas nilai RPN dari cacat retak genteng dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Cacat Retak*

No	Mode of Failure (Mode Kegagalan)	Effect of Failure (Efek Kegagalan)	Cause of Failure (Penyebab Kegagalan)	Rating			Risk Priority Number (RPN)	Rank
				S	O	D		
1	Kondisi mesin cetak aus	Cetakan genteng yang tidak rata	Tidak ada pengecekan mesin secara rutin	7	3	3	63	4
2	Setting kecepatan putaran mesin terlalu tinggi atau terlalu rendah	Adonan susah dibentuk	Kalibrasi mesin yang tidak tepat	6	3	2	36	7
3	Pengeringan yang tidak merata	Kekerasan produk yang tidak konsisten	Tidak ada penggunaan metode pendukung	6	5	3	90	3
4	Komposisi pasir dengan bahan baku tidak standar	Genteng mudah retak	Kurangnya pemeriksaan oleh pemasok	5	3	4	60	5
5	Kualitas bahan baku yang tidak sesuai	Genteng mudah retak	Tidak ada pemeriksaan saat bahan baku datang	5	5	4	100	2
6	Ketebalan yang tidak merata	Retak tidak terdeteksi	Jam kerja yang tidak teratur	5	2	4	40	6
7	Kondisi cuaca yang berubah-ubah	Genteng mudah retak	Kelembapan yang tinggi	7	8	2	112	1

(Sumber: Pekerja UMKM AR Genteng KTL, 2024)

Keterangan:

S = *Severity* (Tingkat Keparahan) (1-10)

O = *Occurence* (Tingkat Kejadian) (1-10)

D = *Detective* (Tingkat Deteksi) (1-10)

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \textit{Severity} \times \textit{Occurence} \times \textit{Detection} \\ &= 7 \times 3 \times 3 \\ &= 63 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 16 dapat diketahui bahwa nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk cacat retak pada genteng yang tertinggi sebesar 112 yaitu kelembapan yang tinggi dengan efek kegagalan produk genteng mudah retak, tidak ada pemeriksaan saat bahan baku datang sehingga menyebabkan kualitas bahan baku tidak sesuai yang menimbulkan efek kegagalan produk genteng mudah retak dengan nilai RPN sebesar 100, tidak ada penggunaan metode pendukung sehingga menyebabkan proses pengeringan menjadi tidak rata yang menimbulkan efek kegagalan kekerasan produk yang tidak konsisten dengan nilai RPN sebesar 90, tidak ada pengecekan mesin secara rutin sehingga menyebabkan kondisi mesin cetak aus yang menimbulkan efek kegagalan cetakan genteng yang tidak rata dengan nilai RPN sebesar 63, kurangnya pemeriksaan oleh pemasok sehingga menyebabkan komposisi pasir dengan bahan baku lainnya tidak standar yang menimbulkan efek produk genteng mudah retak dengan nilai RPN sebesar 60, jam kerja yang tidak teratur sehingga menyebabkan ketebalan produk tidak merata yang menimbulkan efek cacat retak tidak terdeteksi dengan nilai RPN sebesar 40, dan nilai RPN terendah sebesar 36 yaitu kalibrasi mesin yang tidak tepat sehingga menyebabkan *setting* kecepatan gulungan mesin molen terlalu tinggi atau terlalu rendah yang menimbulkan efek kegagalan adonan susah dibentuk. FMEA selanjutnya untuk mengetahui mode kegagalan berdasarkan urutan prioritas nilai RPN dari cacat gompal genteng dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Cacat Gompal*

No	Mode of Failure (Mode Kegagalan)	Effect of Failure (Efek Kegagalan)	Cause of Failure (Penyebab Kegagalan)	Rating			Risk Priority Number (RPN)	Rank
				S	O	D		
1	Kadar air yang tinggi	Genteng tidak rata	Tidak ada alat ukur untuk mengukur jumlah bahan pengencer	6	3	3	54	7
2	Ketidaksesuaian proporsi bahan saat proses pencampuran	Genteng mudah gompal	Alat ukur masih manual atau perkiraan	6	7	2	84	5
3	Pengeringan yang tidak merata	Kekerasan produk yang tidak konsisten	Kurangnya penggunaan metode pendukung	5	6	3	90	4
4	Kurang hati-hati saat memindahkan genteng	Gompal tidak terdeteksi	Kurang Sumber Daya Manusia (SDM)	4	5	4	80	6
5	Kurang hati-hati saat mengangkat dan meletakkan genteng	Gompal tidak terdeteksi	Tidak ada informasi terkait pelatihan	4	5	5	100	2
6	Genteng terkontaminasi bahan-bahan asing	Genteng tercampur dengan material lain	Sirkulasi udara yang tidak teratur	6	9	2	108	1
7	Kelembapan tinggi	Gompal tidak terdeteksi	Ruang pengeringan yang tertutup	6	8	2	96	3

(Sumber: Pekerja UMKM AR Genteng KTL, 2024)

Keterangan:

S = *Severity* (Tingkat Keparahan) (1-10)

O = *Occurence* (Tingkat Kejadian) (1-10)

D = *Detective* (Tingkat Deteksi) (1-10)

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \textit{Severity} \times \textit{Occurence} \times \textit{Detection} \\ &= 6 \times 3 \times 3 \\ &= 54 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 17 dapat diketahui bahwa nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk cacat gompal pada genteng yang tertinggi sebesar 108 yaitu sirkulasi udara yang tidak teratur sehingga menyebabkan genteng terkontaminasi bahan-bahan asing yang menimbulkan efek genteng tercampur dengan material lain, operator tidak ada informasi mengenai pelatihan sehingga menyebabkan kurang hati-hati saat mengangkat dan meletakkan genteng yang menimbulkan efek cacat gompal tidak terdeteksi dengan nilai RPN sebesar 100, ruang pengeringan yang tertutup sehingga menyebabkan kelembapan tinggi yang menimbulkan efek cacat gompal tidak terdeteksi dengan nilai RPN sebesar 96, tidak ada penggunaan metode pendukung sehingga menyebabkan pengeringan genteng tidak merata yang menimbulkan efek kekerasan produk yang tidak konsisten dengan nilai RPN sebesar 90.

Selanjutnya alat ukur masih manual atau menggunakan perkiraan sehingga menyebabkan ketidaksesuaian proporsi bahan saat proses pencampuran yang menimbulkan efek genteng mudah gompal dengan nilai RPN sebesar 84, kurang Sumber Daya Manusia (SDM) sehingga menyebabkan kurang hati-hati saat memindahkan genteng yang menimbulkan efek gompal tidak terdeteksi dengan nilai RPN sebesar 80, dan nilai RPN terendah sebesar 54 yaitu tidak ada alat ukur untuk mengukur jumlah bahan pengencer sehingga menyebabkan kadar air tinggi yang menimbulkan efek kegagalan produk genteng tidak rata. FMEA selanjutnya untuk mengetahui mode kegagalan berdasarkan urutan prioritas nilai RPN dari cacat gosong genteng dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Cacat Warna Gosong*

No	Mode of Failure (Mode Kegagalan)	Effect of Failure (Efek Kegagalan)	Cause of Failure (Penyebab Kegagalan)	Rating			Risk Priority Number (RPN)	Rank
				S	O	D		
1	Kondisi suhu pembakaran yang kurang terkontrol	Warna genteng hitam	Tidak adanya alat pengontrol suhu	6	3	3	54	3
2	Kurangnya pemantauan terhadap proses pembakaran	Warna gosong tidak terdeteksi	Tidak ada informasi terkait pelatihan	5	2	4	40	4
3	Pembakaran yang tidak merata atau terlalu cepat	Warna yang tidak merata pada genteng	Tidak ada biaya	6	4	3	72	2
4	Peningkatan risiko penumpukkan panas	Warna genteng hitam	Kurangnya perencanaan susunan genteng	6	9	3	162	1
5	Pemanasan yang tidak merata	Warna yang tidak merata pada genteng	Ruang pembakaran genteng yang terbatas	6	3	2	36	5

(Sumber: Pekerja UMKM AR Genteng KTL, 2024)

Keterangan:

S = *Severity* (Tingkat Keparahan) (1-10)

O = *Occurence* (Tingkat Kejadian) (1-10)

D = *Detective* (Tingkat Deteksi) (1-10)

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection} \\ &= 6 \times 3 \times 3 \\ &= 60 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 18 dapat diketahui bahwa nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk cacat gosong pada genteng yang tertinggi sebesar 162 yaitu kurangnya perencanaan susunan genteng sehingga menyebabkan peningkatan risiko penumpukkan panas yang menimbulkan efek warna genteng menjadi hitam, tidak ada biaya untuk memperbarui teknologi dalam pembuatan genteng sehingga menyebabkan pembakaran yang tidak merata atau terlalu cepat yang menimbulkan warna tidak merata dengan nilai RPN sebesar 72, tidak adanya alat pengontrol suhu sehingga menyebabkan kondisi suhu pembakaran yang kurang terkontrol menimbulkan efek warna genteng menjadi hitam dengan nilai RPN sebesar 54, operator tidak ada informasi terkait pelatihan sehingga menyebabkan kurangnya pemantauan terhadap proses pembakaran menimbulkan efek warna gosong tidak terdeteksi dengan nilai RPN sebesar 40, dan nilai RPN terendah sebesar 36 yaitu ruang pembakaran genteng yang terbatas sehingga menyebabkan pemanasan yang tidak merata menimbulkan warna tidak merata pada genteng.

4.2.4 Tahap *Improve*

Tahap *improve* merupakan tahapan keempat dalam metode *six sigma*. Pada tahap ini dilakukan rekomendasi perbaikan yang diharapkan dapat meningkatkan performansi dari *sigma*. Langkah ini dapat dilakukan dengan menggunakan *action planning* FMEA berdasarkan nilai RPN tertinggi dari setiap jenis cacat pada produk genteng dan eksperimen Taguchi dilakukan dengan desain *orthogonal array*.

4.2.4.1 Action Planning FMEA

Action planning merupakan tahapan lanjutan pada proses FMEA setelah melakukan perhitungan nilai RPN untuk rencana tindakan perbaikan. Berdasarkan tahapan FMEA, setelah diperoleh nilai *ranking* yang dilihat dari nilai RPN sehingga rekomendasi perbaikan diprioritaskan berdasarkan *ranking* tertinggi. Berikut ini *action planning* FMEA dari masing-masing cacat produk genteng.

Tabel 19. Action Planning FMEA Cacat Pecah Produk Genteng

Rank	Mode of Failure	Potential Effect of Failure	Potential Cause of Failure	Action Planning
1	Komposisi bahan baku yang tidak standar	Genteng mudah pecah	Kualitas bahan baku yang beragam	1. Menetapkan standar spesifikasi bahan baku yang jelas dan rinci 2. Mengukur kebutuhan tiap bahan baku dengan alat ukur
2	Kualitas bahan baku yang tidak sesuai	Genteng mudah pecah	Tidak ada pemeriksaan saat bahan baku datang	1. Membuat SOP mengenai kontrol kualitas setelah bahan baku datang 2. Menjalin kerja sama yang erat dengan pemasok bahan baku terkait spesifikasi yang diinginkan
3	Setting mesin molen tidak sesuai dengan adukan jenis tanah liat	Adonan susah dibentuk	Ketidakuran dalam pengaturan mesin molen	1. Membuat SOP untuk pengaturan <i>setting</i> mesin molen 2. Mengadakan pelatihan pekerja terkait pengaturan mesin
4	Pengeringan yang tidak merata	Kekerasan produk yang tidak konsisten	Keterbatasan penggunaan metode pendukung	1. Menjalin kerja sama dengan pemasok teknologi canggih untuk mendapatkan saran penggunaan teknologi canggih
5	Perbedaan persepsi produk cacat antar pekerja	Produk yang diproduksi menjadi <i>defect</i>	Tidak ada standar <i>reject</i> produk	1. Membuat standar kriteria produk yang spesifik untuk menentukan kapan suatu produk ditolak 2. Memberikan pelatihan pekerja terkait standar <i>reject</i> produk dan proses penolakan produk cacat
6	Tempat penjemuran yang terbuka	Tanah liat menggumpal dengan debu, kerikil	Paparan sinar matahari secara langsung	1. Membuat struktur bangunan peneduh atap untuk genteng saat proses penjemuran
7	Kondisi mesin molen aus	Tanah liat dan pasir menggumpal	Tidak ada pengecekan mesin secara rutin	1. Melakukan pengecekan pada mesin molen secara berkala
8	Pekerja kurang teliti saat proses QC	Pecah tidak terdeteksi	Intensitas ngobrol yang cukup tinggi	1. Meningkatkan pengawasan langsung terhadap operator saat proses QC 2. Memberikan pelatihan tentang QC kepada pekerja
9	Pekerja kurang teliti saat proses QC	Produk yang diproduksi menjadi <i>defect</i>	Tidak ada informasi terkait pelatihan	1. Meningkatkan pengawasan langsung terhadap operator saat proses QC 2. Memberikan pelatihan tentang QC kepada pekerja
10	Konsentrasi menurun	Pecah tidak terdeteksi	Beban kerja yang berlebihan	1. Merekrut pekerja untuk membantu produksi genteng 2. Melakukan pemantauan dan peninjauan berkala untuk kepatuhan terhadap kebijakan produksi

Tabel 20. Action Planning FMEA Cacat Retak Produk Genteng

<i>Rank</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause of Failure</i>	<i>Rekomendasi Perbaikan</i>
1	Kondisi cuaca yang berubah-ubah	Genteng mudah retak	Kelembapan yang tinggi	1. Meminimalkan waktu antara proses produksi dan penjemuran genteng
2	Kualitas bahan baku yang tidak sesuai	Genteng mudah retak	Tidak ada pemeriksaan saat bahan baku datang	1. Membuat SOP mengenai kontrol kualitas setelah bahan baku datang 2. Menjalin kerja sama yang erat dengan pemasok bahan baku terkait spesifikasi yang diinginkan
3	Pengeringan yang tidak merata	Kekerasan produk yang tidak konsisten	Tidak ada penggunaan metode pendukung	1. Menjalin kerja sama dengan pemasok teknologi canggih untuk mendapatkan saran penggunaan teknologi canggih
4	Kondisi mesin cetak aus	Cetakan genteng yang tidak rata	Tidak ada pengecekan mesin secara rutin	1. Melakukan pengecekan pada mesin cetak secara berkala 2. Membuat SOP jadwal perawatan mesin cetak secara rutin
5	Komposisi pasir dengan bahan baku lain tidak standar	Genteng mudah retak	Kurangnya pemeriksaan oleh pemasok	1. Menetapkan syarat kualitas untuk bahan baku yang dibeli 2. Memberikan pelatihan kepada pemasok tentang pemeriksaan kualitas
6	Ketebalan yang tidak merata	Retak tidak terdeteksi	Jam kerja yang tidak teratur	1. Menetapkan jadwal produksi yang sesuai dengan kapasitas tenaga kerja dan mesin 2. Menambahkan pekerja atau Sumber Daya Manusia (SDM)
7	<i>Setting</i> kecepatan putara mesin terlalu tinggi atau terlalu rendah	Adonan susah dibentuk	Kalibrasi mesin yang tidak tepat	1. Membuat SOP untuk pengaturan <i>setting</i> mesin molen 2. Memberikan pelatihan kepada teknisi dan pekerja terkait pengaturan mesin

Tabel 21. Action Planning FMEA Cacat Gompal Produk Genteng

Rank	Mode of Failure	Potential Effect of Failure	Potential Cause of Failure	Rekomendasi Perbaikan
1	Genteng terkontaminasi bahan-bahan asing	Genteng tercampur dengan material lain	Sirkulasi udara yang tidak teratur	1. Membuat jadwal pembersihan secara rutin pada rak pengeringan genteng
2	Kurang hati-hati saat mengangkat dan meletakkan genteng	Gompal tidak terdeteksi	Tidak ada informasi terkait pelatihan	1. Mencari informasi pelatihan atau <i>workshop</i> gratis dari industri genteng lainnya 2. Mencari pelatihan <i>online</i> dari Youtube dan lain-lain
3	Kelembapan tinggi	Gompal tidak terdeteksi	Ruang pengeringan yang tertutup	1. Mengatur rak-rak genteng di dalam ruang pengeringan
4	Pengeringan yang tidak merata	Kekerasan produk yang tidak konsisten	Kurangnya penggunaan metode pendukung	1. Menjalin kerja sama dengan pemasok teknologi canggih untuk mendapatkan saran penggunaan teknologi canggih
5	Ketidaksesuaian proporsi bahan saat proses pencampuran	Genteng mudah gompal	Alat ukur masih manual atau perkiraan	1. Menggunakan alat timbangan digital untuk menentukan proporsi bahan baku
6	Kurang hati-hati saat memindahkan genteng	Gompal tidak terdeteksi	Kurang SDM (Sumber Daya Manusia)	1. Menambahkan pekerja atau Sumber Daya Manusia (SDM)
7	Kadar air yang tinggi	Genteng tidak rata	Tidak ada alat ukur untuk mengukur jumlah bahan pengencer	1. Membuat SOP mengenai standar komposisi kadar air yang digunakan dalam pencampuran bahan

Tabel 22. Action Planning FMEA Cacat Warna Gosong Produk Genteng

<i>Rank</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause of Failure</i>	Rekomendasi Perbaikan
1	Peningkatan risiko penumpukkan panas	Warna genteng hitam	Kurangnya perencanaan susunan genteng	1. Menyusun genteng dengan jarak yang cukup antar genteng
2	Pembakaran yang tidak merata atau terlalu cepat	Warna yang tidak merata pada genteng	Tidak ada biaya	1. Melakukan rotasi penyusunan genteng di dalam tungku selama proses pembakaran
3	Kondisi suhu pembakaran yang kurang terkontrol	Warna genteng hitam	Tidak adanya alat pengontrol suhu	1. Memasang sensor suhu di berbagai titik dalam tungku
4	Kurangnya pemantauan terhadap proses pembakaran	Warna gosong tidak terdeteksi	Tidak ada informasi terkait pelatihan	1. Membuat SOP terhadap proses pembakaran untuk memantau 2. Mencari pelatihan <i>online</i> dari Youtube dan lain-lain
5	Pemanasan yang tidak merata	Warna yang tidak merata pada genteng	Ruang pembakaran yang terbatas	1. Menyusun genteng dengan menetapkan batasan tumpukan agar suhu panasnya rata

Action planning tersebut dibuat berdasarkan penyebab terjadinya kegagalan pada produk genteng berdasarkan tabel FMEA yang telah dibuat sebelumnya. Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa terdapat beberapa rekomendasi perbaikan dari masing-masing cacat produk genteng yang perlu dipertimbangkan oleh UMKM AR Genteng KTL untuk diterapkan agar UMKM tersebut semakin berkembang dan bisa bersaing di industri kecil dan menengah. Rekomendasi perbaikan tersebut telah diurutkan berdasarkan prioritas nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang tertinggi hingga terendah.

4.2.4.2 Metode Taguchi

Setelah faktor-faktor penyebab cacat dari produk genteng telah diketahui, maka selanjutnya dilakukan perbaikan proses dengan menggunakan metode Taguchi untuk meminimalisir jumlah cacat yang terjadi dengan mencari *setting level optimal* untuk memproduksi genteng. Berikut ini merupakan tahapan pengolahan data dengan menggunakan metode Taguchi pada produk genteng di UMKM AR Genteng KTL.

a. Penentuan karakteristik kualitas

Pada tahapan ini, karakteristik kualitas yang diukur untuk produk genteng adalah jumlah cacat (buah). Karena karakteristik kualitas yang diamati berupa cacat atau tidak cacat pada produk tersebut dengan tujuan meminimasi kategori cacat. Oleh karena itu, karakteristik kualitas pada produk tersebut termasuk ke dalam klasifikasi *smaller the better*. *Smaller the better* merupakan fungsi objektif dimana pencapaian karakteristik semakin baik apabila nilainya semakin kecil, artinya jika jumlah cacat semakin rendah maka kualitas yang dihasilkan semakin baik.

b. Penentuan variabel bebas dan variabel tak bebas

Variabel bebas (faktor) merupakan variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Variabel tak bebas (respon) merupakan variabel yang perubahannya tergantung pada variabel bebas. Variabel tak bebas (*dependent*) pada penelitian ini yaitu jumlah produk genteng yang tidak sesuai (*reject*) sedangkan variabel bebas pada penelitian ini yaitu:

1. Tanah liat (Faktor A)

2. Lama penjemuran (Faktor B)
 3. Lama pengeringan (Faktor C)
 4. Lama pembakaran (Faktor D)
- c. Penentuan faktor dan level yang berpengaruh

Penentuan faktor-faktor yang berpengaruh berdasarkan diagram *fishbone*, dimana terdapat penyebab-penyebab terjadinya cacat produk genteng. Penentuan faktor tersebut didapatkan dari wawancara, *survey*, dan studi literatur. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap cacat produk tersebut merupakan faktor kontrol yang dapat dikendalikan nilainya oleh pihak UMKM. Berikut faktor dan level yang digunakan untuk eksperimen produk genteng dapat dilihat pada Tabel 23.

Tabel 23. Faktor dan Level yang Berpengaruh

Kode	Faktor yang berpengaruh	Level Faktor		
		1	2	3
A	Tanah Liat	0,50 Kg	1 Kg	1,5 Kg
B	Lama Pengeringan	6 jam	8 jam	10 jam
C	Lama Penjemuran	24 jam	48 jam	72 jam
D	Lama Pembakaran	8 jam	9 jam	10 jam

- d. Penentuan derajat kebebasan (*degree of freedom*)

Pada tahap ini melakukan perhitungan nilai derajat kebebasan dari faktor-faktor yang akan digunakan dalam eksperimen. Berikut merupakan perhitungan derajat kebebasan untuk faktor yang terkontrol dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Perhitungan Derajat Kebebasan

Faktor Kontrol		Df
Kode	Penjelasan	
A	Tanah Liat	(3-1)
B	Lama Pengeringan	(3-1)
C	Lama Penjemuran	(3-1)
D	Lama Pembakaran	(3-1)
Total		8

- e. Penentuan matriks ortogonal (*orthogonal array*)

Selanjutnya menentukan matriks ortogonal yang sesuai dengan hasil perhitungan derajat kebebasan. Derajat kebebasan diketahui sebesar 8,

Oleh karena itu matriks ortogonal yang cocok atau sesuai dengan eksperimen kali ini yaitu $L_9(3^4)$. Pada Tabel 25 merupakan susunan matriks ortogonal yang terdiri dari 9 eksperimen, 4 faktor, dan 3 level.

Tabel 25. Matriks Ortogonal $L_9(3^4)$

Matriks Ortogonal ($L_9(3^4)$)				
Eksperimen	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	2
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

f. Penentuan jumlah replikasi

Replikasi digunakan untuk menghasilkan taksiran yang lebih akurat terhadap efek rata-rata suatu faktor ataupun terhadap kekeliruan eksperimen. Derajat kebebasan (dk) yang digunakan sebesar 15, karena kehomogenan antar blok belum diketahui. Penentuan jumlah replikasi ini menggunakan rumus Federer untuk menghindari sekecil mungkin kesalahan dalam pengulangan terhadap eksperimen (Ulfah, Ekawati dan Ferdinant, 2018).

Derajat kebebasan (dk) = 15

Jumlah *treatment* (t) = $3^4 = 81$

Sehingga:

$$(t - 1)(r - 1) \geq dk$$

$$(81 - 1)(r - 1) \geq 15$$

$$80r - 80 \geq 15 + 80$$

$$80r \geq 95$$

$$r \geq \frac{95}{80}$$

$$r \geq 1,19$$

$$r \approx 2$$

g. Data hasil eksperimen Taguchi

Pada pelaksanaan eksperimen Taguchi ini menggunakan 2 replikasi dari setiap kali eksperimen. Penentuan replikasi dilakukan untuk menghasilkan ketelitian yang lebih tinggi dan akurat. Eksperimen dilakukan dengan mengkombinasikan tiga level faktor. Berikut merupakan hasil eksperimen Taguchi yang dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26. Data Hasil Eksperimen Taguchi

Eksperimen	A	B	C	D	Hasil Jumlah Cacat	
					R1	R2
1	1	1	1	1	3	6
2	1	2	2	2	5	4
3	1	3	3	3	9	5
4	2	1	2	3	6	7
5	2	2	3	1	3	5
6	2	3	1	2	4	6
7	3	1	3	2	9	8
8	3	2	1	3	2	3
9	3	3	2	1	6	8

h. Perhitungan nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) dan rata-rata

Pada tahapan selanjutnya yakni menghitung nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) dan nilai rata-rata yang digunakan untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen. Karakteristik kualitas yang digunakan yaitu *smaller the better* (semakin kecil, semakin baik). Berikut merupakan perhitungan nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) dan nilai rata-rata dengan bantuan *software* Minitab dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27. Perhitungan Nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) dan Rata-rata

Eksperimen	A	B	C	D	Hasil		SNR	Rata-rata
					R1	R2		
1	1	1	1	1	3	6	-13,522	4,5
2	1	2	2	2	5	4	-13,118	4,5
3	1	3	3	3	9	5	-17,243	7
4	2	1	2	3	6	7	-16,284	6,5
5	2	2	3	1	3	5	-12,304	4
6	2	3	1	2	4	6	-14,150	5
7	3	1	3	2	9	8	-18,603	8,5
8	3	2	1	3	2	3	-8,129	2,5
9	3	3	2	1	6	8	-16,990	7

Contoh perhitungan:

1. Nilai rata-rata hasil eksperimen ke-1

$$\begin{aligned}\mu_1 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \\ &= \frac{1}{2} (3 + 6) \\ &= 4,5\end{aligned}$$

2. Nilai SNR hasil eksperimen ke-1

$$\begin{aligned}SNR &= -10 \log_{10} [\sigma + \bar{y}^2] \\ &= -10 \log_{10} [4,5 + 2,25] \\ &= -13,522\end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 27 dapat diketahui nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) dan nilai rata-rata dari setiap eksperimen yang digunakan sebagai *input* untuk menghitung *Analysis of Variance* (ANOVA) pada tahapan selanjutnya dan menentukan faktor-faktor yang optimal. Faktor-faktor yang optimum dengan karakteristik respon *smaller the better* dapat dilihat pada Gambar 24.

Response Table for Signal to Noise Ratios				
Smaller is better				
Level	A	B	C	D
1	-14,63	-16,14	-11,93	-14,27
2	-14,25	-11,18	-15,46	-15,29
3	-14,57	-16,13	-16,05	-13,89
Delta	0,38	4,95	4,12	1,40
Rank	4	1	2	3

Gambar 24. Tabel Respon Nilai SNR

Contoh perhitungan:

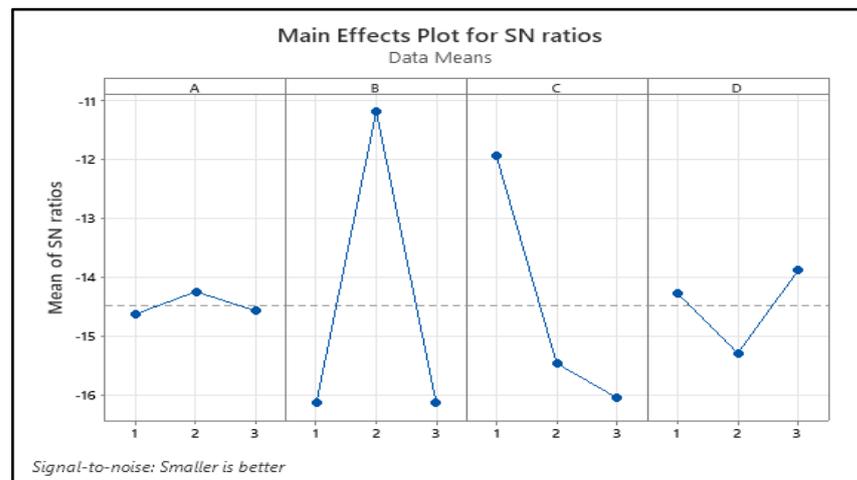
1. Faktor A level 1

$$\begin{aligned}\bar{A1} &= \frac{1}{n_{A1}} \sum_{i=1}^r A1 \\ &= \frac{13,522+13,118+17,243}{3} \\ &= 14,63\end{aligned}$$

2. Delta (selisih)

$$\begin{aligned}\text{Selisih} &= \max - \min \\ &= 14,63 - 14,57 \\ &= 0,38\end{aligned}$$

Berdasarkan Gambar 24 dapat diketahui bahwa perhitungan nilai SNR respon kombinasi faktor-faktor optimum untuk meminimalisir cacat produk genteng adalah B2C1D3A2. Pada tabel respon diketahui faktor B (lama pengeringan) dengan level 2 (8 jam), faktor C (lama penjemuran) dengan level 1 (24 jam), faktor D (lama pembakaran) dengan level 3 (10 jam), dan faktor A (tanah liat) dengan level 2 (1 Kg). Selain itu terdapat juga *main effect plot* yang digunakan untuk menguji perbedaan antara rata-rata tingkat untuk satu atau lebih faktor. Berikut merupakan *main effect plot* dari setiap faktor kontrol produk genteng terhadap nilai SNR dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Main Effect Plot Level Terhadap Nilai SNR

Berdasarkan Gambar 25 dapat diketahui bahwa grafik efek utama untuk setiap faktor yang tidak membentuk garis horizontal berarti mempunyai efek utama terhadap level faktor. Jika grafik efek utama tersebut membentuk garis horizontal maka tidak ada efek utama. Semakin curam kemiringannya, maka semakin besar efek utamanya untuk meminimalisir jumlah cacat genteng. Pada faktor A (tanah liat) yang optimal terjadi pada saat penggunaan tanah liat sebesar 1 Kg. Kondisi optimum faktor B (lama pengeringan) terjadi pada saat 8 jam. Kondisi optimum faktor C (lama penjemuran) terjadi pada saat 24 jam. Kondisi optimum faktor D (lama pembakaran) terjadi pada saat 10 jam. Selain itu terdapat tabel respon dari nilai rata-rata yang menunjukkan kondisi optimum dapat dilihat pada Gambar 26.

Response Table for Means				
Level	A	B	C	D
1	5,333	6,500	4,000	5,167
2	5,167	3,667	6,000	6,000
3	6,000	6,333	6,500	5,333
Delta	0,833	2,833	2,500	0,833
Rank	3,5	1	2	3,5

Gambar 26. Tabel Respon Nilai Rata-rata

Contoh perhitungan:

1. Faktor A level 1

$$\begin{aligned}\bar{A1} &= \frac{1}{n_{A1}} \sum_{i=1}^r A1 \\ &= \frac{4,5+4,5+7}{3} \\ &= 5,333\end{aligned}$$

2. Delta (selisih)

$$\begin{aligned}\text{Selisih} &= \text{max} - \text{min} \\ &= 6 - 5,167 \\ &= 0,833\end{aligned}$$

Berdasarkan Gambar 26 dapat diketahui bahwa perhitungan nilai rata-rata respon kombinasi faktor-faktor optimum untuk meminimalisir cacat produk genteng adalah B2C1D3A2. Pada tabel respon diketahui faktor B (lama pengeringan) dengan level 2 (8 jam), faktor C (lama penjemuran) dengan level 1 (24 jam), faktor D (lama pembakaran) dengan level 3 (10 jam), dan faktor A (tanah liat) dengan level 2 (1 Kg). Selain itu terdapat juga *main effect plot* dari setiap faktor kontrol produk genteng terhadap nilai rata-rata dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27. Main Effect Plot Level Terhadap Nilai Rata-rata

Berdasarkan Gambar 27 dapat diketahui bahwa *main effect plot* untuk nilai rata-rata dari setiap faktor tidak membentuk garis horizontal, artinya terdapat efek utama terhadap level faktor yang berbeda. Semakin curam kemiringannya, maka semakin besar efek utamanya berpengaruh. Pada faktor A kondisi optimal terjadi saat berada di level 2. Kondisi optimum

faktor B terjadi pada saat level 2. Kondisi optimum faktor C terjadi pada saat level 1. Kondisi optimum faktor D terjadi pada saat level 3.

- i. Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) rata-rata dan *Signal Noise to Ratio* (SNR)

Dalam perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) ini dilakukan pada data eksperimen yang terdiri dari empat faktor dan tiga level. Analisis variansi bertujuan untuk mengidentifikasi kontribusi faktor, sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan. Setiap faktor dan level pada eksperimen menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% yang artinya bahwa peneliti memiliki keputusan untuk menolak atau menerima hipotesis dengan probabilitas kesalahan sebesar 5%. Adapun hasil perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) rata-rata dapat dilihat pada Gambar 28.

Analysis of Variance						
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value P-Value
B	2	15,167	54,17%	15,167	7,5833	13,00 0,018
C	2	10,500	37,50%	10,500	5,2500	9,00 0,033
Error	4	2,333	8,33%	2,333	0,5833	
Total	8	28,000	100,00%			

Gambar 28. *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-rata

Contoh perhitungan:

1. Jumlah kuadrat total (SS_{total})

$$\begin{aligned}
 SS_{total} &= \sum y^2 \\
 &= 3^2 + 5^2 + 9^2 + \dots + 3^2 + 8^2 \\
 &= 621
 \end{aligned}$$

2. Jumlah rata-rata kuadrat (SS_{mean})

$$\begin{aligned}
 SS_{mean} &= n \times \bar{y}^2 \\
 &= 9 \times \left(\frac{\text{Total cacat}}{n} \right)^2 \\
 &= 9 \times \left(\frac{3+5+9+\dots+3+8}{9} \right)^2 \\
 &= 272,5
 \end{aligned}$$

3. Jumlah kuadrat masing-masing faktor

$$\begin{aligned}
 SS_B &= ((\bar{B}_1)^2 \times n_1) + ((\bar{B}_2)^2 \times n_2) + ((\bar{B}_3)^2 \times n_3) \\
 &= ((6,5)^2 \times 3) + ((3,667)^2 \times 3) + ((6,333)^2 \times 3) \\
 &= 15,167
 \end{aligned}$$

4. Derajat kebebasan faktor (D_f)

$$\begin{aligned}
 Df_B &= (\text{Number of level} - 1) \\
 &= (3 - 1) \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

5. Derajat kebebasan total

$$\begin{aligned}
 Df_{SS_t} &= (\text{Number of experiment} - 1) \\
 &= (9 - 1) \\
 &= 8
 \end{aligned}$$

6. Rata-rata jumlah kuadrat (MS)

$$\begin{aligned}
 MS_B &= \frac{SS_B}{Df_B} \\
 &= \frac{15,167}{2} \\
 &= 7,583
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 7. \text{ Fratio} &= \frac{MS_B}{MS_{error}} \\
 &= \frac{7,583}{0,583} \\
 &= 13
 \end{aligned}$$

8. Pure Sum of Square faktor (SS')

$$\begin{aligned}
 SS'_B &= SS_B - (Df_B \times MS_{error}) \\
 &= 15,167 - (2 \times 7,583) \\
 &= 14
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_{error} &= SS_t - (SS'_B + SS'_C) \\
 &= 28 - (14 + 9,333) \\
 &= 4,667
 \end{aligned}$$

9. Persentase *ratio* akhir masing-masing faktor ($\rho\%$)

$$\begin{aligned}
 \rho\% B &= \frac{SS'_B}{SS_t} \times 100\% \\
 &= \frac{14}{28} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 54,17\%$$

$$\begin{aligned} 10. F_{\text{tabel}} &= \alpha_{0,05(2;4)} \\ &= 6,94 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) didapatkan nilai F hitung dari masing-masing faktor. Selanjutnya penarikan kesimpulan dengan menentukan H_0 dan H_1 sebagai berikut:

H_0 = Tidak ada pengaruh perlakuan dari faktor eksperimen terhadap jumlah cacat genteng

H_1 = Terdapat pengaruh perlakuan dari faktor eksperimen terhadap jumlah cacat genteng

Setelah menentukan hipotesis didapatkan kesimpulan bahwa $F_{\text{hitung B}} > F_{\text{tabel}}$ sebesar $13 > 6,94$, maka H_0 ditolak dan H_1 gagal tolak yang artinya terdapat pengaruh perlakuan dari faktor B (lama pengeringan) terhadap jumlah cacat genteng dan $F_{\text{hitung C}} > F_{\text{tabel}}$ sebesar $9 > 6,94$, maka H_0 ditolak dan H_1 gagal tolak yang artinya terdapat pengaruh perlakuan dari faktor C (lama penjemuran) terhadap jumlah cacat genteng. Kemudian untuk faktor A (tanah liat) didapatkan hasil $F_{\text{hitung A}} < F_{\text{tabel}}$ sebesar $1 < 6,94$, maka H_0 gagal tolak dan H_1 ditolak yang artinya tidak ada pengaruh perlakuan dari faktor A (tanah liat) terhadap jumlah cacat genteng. Kemudian faktor D (lama pembakaran) didapatkan hasil $F_{\text{hitung D}} < F_{\text{tabel}}$ sebesar $1 < 6,94$, maka H_0 gagal tolak dan H_1 ditolak yang artinya tidak ada pengaruh perlakuan dari faktor D (lama pembakaran) terhadap jumlah cacat genteng. Selain itu didapatkan juga hasil perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) terhadap nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) pada Gambar 29.

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
B	2	48,9687	59,62%	48,9687	24,4844	191,38	0,005
C	2	29,7527	36,22%	29,7527	14,8763	116,28	0,009
D	2	3,1602	3,85%	3,1602	1,5801	12,35	0,075
Error	2	0,2559	0,31%	0,2559	0,1279		
Total	8	82,1375	100,00%				

Gambar 29. Analysis of Variance (ANOVA) Nilai SNR

Contoh perhitungan:

1. Jumlah kuadrat total (SS_{total})

$$\begin{aligned} SS_{total} &= \sum y^2 \\ &= (-13,522)^2 + (-13,118)^2 + (-17,243)^2 + \dots + (-16,990)^2 \\ &= 1969,821 \end{aligned}$$

2. Jumlah rata-rata kuadrat (SS_{mean})

$$\begin{aligned} SS_{mean} &= n \times \bar{y}^2 \\ &= 9 \times \left(\frac{\text{Total SNR}}{n} \right)^2 \\ &= 9 \times \left(\frac{(-13,522) + (-13,118) + (-17,243) + \dots + (-16,990)}{9} \right)^2 \\ &= 1887,684 \end{aligned}$$

3. Jumlah kuadrat masing-masing faktor

$$\begin{aligned} SS_B &= ((\bar{B1})^2 \times n_1) + ((\bar{B2})^2 \times n_2) + ((\bar{B3})^2 \times n_3) \\ &= ((-16,14)^2 \times 3) + ((-11,18)^2 \times 3) + ((-16,13)^2 \times 3) \\ &= 48,9687 \end{aligned}$$

4. Derajat kebebasan faktor (D_f)

$$\begin{aligned} Df_B &= (\text{Number of level} - 1) \\ &= (3 - 1) \\ &= 2 \end{aligned}$$

5. Derajat kebebasan total

$$\begin{aligned} Df_{SS_t} &= (\text{Number of experiment} - 1) \\ &= (9 - 1) \\ &= 8 \end{aligned}$$

11. Rata-rata jumlah kuadrat (MS)

$$\begin{aligned} MS_B &= \frac{SS_B}{Df_B} \\ &= \frac{48,9687}{2} \\ &= 24,484 \end{aligned}$$

12. Fratio
- $$\begin{aligned} &= \frac{MS_B}{MS_{error}} \\ &= \frac{24,484}{0,1279} \end{aligned}$$

$$= 191,385$$

13. *Pure Sum of Square* faktor (SS')

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - (Df_B \times MS_{error}) \\ &= 48,9687 - (2 \times 24,484) \\ &= 48,713 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_{error} &= SS_t - (SS'_B + SS'_C + SS'_D) \\ &= 82,3933 - (48,713 + 29,497 + 2,904) \\ &= 1,279 \end{aligned}$$

14. Persentase *ratio* akhir masing-masing faktor ($\rho\%$)

$$\begin{aligned} \rho\% B &= \frac{SS'_B}{SS_t} \times 100\% \\ &= \frac{48,713}{82,3933} \times 100\% \\ &= 59,12\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 15. F_{tabel} &= \alpha_{0,05(2;2)} \\ &= 19 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) terhadap nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) diketahui bahwa faktor-faktor yang berpengaruh yaitu faktor B (lama pengeringan) dan faktor C (lama penjemuran). Penentuan hipotesis pada ANOVA SNR dapat ditarik kesimpulan bahwa $F_{hitung B} > F_{tabel}$ sebesar $191,38 > 19$, maka H_0 ditolak dan H_1 gagal tolak yang artinya terdapat pengaruh perlakuan dari faktor B (lama pengeringan) terhadap jumlah cacat genteng, $F_{hitung C} > F_{tabel}$ sebesar $116,28 > 19$, maka H_0 ditolak dan H_1 gagal tolak yang artinya terdapat pengaruh perlakuan dari faktor C (lama penjemuran) terhadap jumlah cacat genteng, $F_{hitung D} < F_{tabel}$ sebesar $12,35 < 19$, maka H_0 gagal tolak dan H_1 ditolak yang artinya tidak adanya pengaruh perlakuan dari faktor D (lama pembakaran) terhadap jumlah cacat genteng.

j. Strategi *pooling up*

Strategi *pooling up* ANOVA terhadap nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) yang dilakukan untuk mengestimasi variansi *error* pada analisis variansi dengan mengumpulkan faktor-faktor yang tidak signifikan sebagai *error*.

Berikut merupakan hasil perhitungan *pooling up* faktor B (lama pengeringan) dapat dilihat pada Tabel 28.

Tabel 28. Analysis of Variance (ANOVA) Nilai SNR Pooling Up

Sumber	SS	Df	MS	Fratio	SS'	Rasio%
B	48,969	2	24,484	28,669	47,261	57,54%
C	29,753	2	14,876	17,419	28,045	34,14%
Pooled e	3,416	4	0,854	1,000	6,832	8,32%
SSt	82,1375	6				100,00%
Mean	1887,684	2				
Sstotal	1969,821	8				

Contoh perhitungan:

1. Jumlah kuadrat *pooled e* ($SS_{pooled e}$)

$$\begin{aligned} SS_{pooled e} &= SS_{error} + SS_D \\ &= 0,2559 + 3,1602 \\ &= 3,416 \end{aligned}$$

2. Degree of Freedom *pooled e* ($Df_{pooled e}$)

$$\begin{aligned} Df_{(pooled e)} &= Df_{error} + Df_D \\ &= 2 + 2 \\ &= 4 \end{aligned}$$

3. Rata-rata jumlah kuadrat *pooled e* ($MS_{pooled e}$)

$$\begin{aligned} MS_{pooled e} &= \frac{SS_{pooled e}}{Df_{pooled e}} \\ &= \frac{3,416}{4} \\ &= 0,854 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 28 dapat diketahui bahwa faktor B dan faktor C telah di *pooling up* dan dapat ditarik kesimpulan hipotesis dari masing-masing faktor yaitu nilai $F_{hitung B} > F_{tabel}$ sebesar $28,669 > 6,94$, maka H_0 ditolak dan H_1 gagal tolak yang artinya terdapat pengaruh perlakuan dari faktor B (lama pengeringan) terhadap jumlah cacat genteng dan $F_{hitung C} > F_{tabel}$ sebesar $17,419 > 6,94$, maka H_0 ditolak dan H_1 gagal tolak yang artinya terdapat pengaruh perlakuan dari faktor C (lama penjemuran) terhadap jumlah cacat genteng.

k. Penentuan *setting* level optimal

Pada tahapan ini menentukan *setting* level optimal sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas produk genteng dengan mencari kombinasi pengaturan level agar produk tersebut sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Berikut merupakan tabel kombinasi level faktor yang optimal dalam peningkata kualitas produk genteng dapat dilihat pada Tabel 29.

Tabel 29. *Setting* Level Optimal

Faktor	Pengaruh	<i>Setting</i> Level	Keterangan
A	Tidak signifikan dan pengaruh kecil	A2	Tanah Liat (1 kg)
B	Signifikan dan pengaruh besar	B2	Lama Pengeringan (8 jam)
C	Signifikan dan pengaruh besar	C1	Lama Penjemuran (24 jam)
D	Tidak signifikan dan pengaruh kecil	D3	Lama Pembakaran (10 jam)

Berdasarkan Tabel 29 dapat diketahui bahwa kondisi level optimal yang mampu meningkatkan kualitas produk genteng pada UMKM AR Genteng KTL yaitu faktor B dengan level 2 (lama pengeringan 8 jam) dan faktor C dengan level 1 (lama penjemuran 24 jam).

l. Penentuan nilai prediksi dan selang kepercayaan

Setelah mendapatkan *setting* level optimum, kemudian dilakukan perhitungan nilai prediksi dan selang kepercayaan terhadap kondisi optimal tersebut. Jika nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hampir sama atau mendekati, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi sudah memenuhi syarat eksperimen Taguchi. Interval kepercayaan bertujuan untuk menentukan nilai toleransi yang mampu dicapai pada eksperimen dengan kombinasi level parameter yang optimum. Tingkat kepercayaan yang digunakan pada eksperimen ini sebesar 95% dengan α 0,05 atau 5%. Berikut hasil perhitungan selang kepercayaan untuk nilai rata-rata dan rasio S/N:

1. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai rata-rata

- a. Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$$\begin{aligned}\mu_{predicted} &= \bar{y} + (\bar{B2} - \bar{y}) + (\bar{C1} - \bar{y}) \\ &= 5,5 + (3,667 - 5,5) + (4 - 5,5) \\ &= 2,167\end{aligned}$$

- b. Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$\begin{aligned}Cl_{mean} &= \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSe \times \frac{1}{n_{eff}} \right)} \\ &= \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,4} \times 0,583 \times \frac{1}{7,2} \right)} \\ &= \pm 0,75\end{aligned}$$

Sehingga selang kepercayaan nilai rata-rata pada kondisi optimal yaitu:

$$\begin{aligned}\mu_{predicted} - Cl_{mean} &\leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + Cl_{mean} \\ 2,167 - 0,75 &\leq \mu_{predicted} \leq 2,167 + 0,75 \\ 1,417 &\leq \mu_{predicted} \leq 2,917\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai prediksi kondisi optimum nilai rata-rata diperoleh bahwa nilai $\mu_{predicted}$ sebesar 2,167 maka didapatkan rentang nilai selang kepercayaan yaitu $1,417 \leq \mu_{predicted} \leq 2,917$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas selang kepercayaan tersebut, maka hasil eksperimen Taguchi dapat diterima.

2. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR)

- a. Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$$\begin{aligned}\mu_{predicted} &= \bar{\eta} + (\bar{B2} - \bar{\eta}) + (\bar{C1} - \bar{\eta}) \\ &= (-14,482) + (3,667 - (-14,482)) + (4 - (-14,482)) \\ &= -8,635\end{aligned}$$

- b. Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$\begin{aligned}Cl_{mean} &= \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{pooled\ e} \times \frac{1}{n_{eff}} \right)} \\ &= \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,4} \times 0,854 \times \frac{1}{7,2} \right)}\end{aligned}$$

$$= \pm 0,91$$

Sehingga selang kepercayaan nilai rata-rata pada kondisi optimal yaitu:

$$\begin{aligned} \mu_{predicted} - CI_{mean} &\leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI_{mean} \\ -8,635 - 0,91 &\leq \mu_{predicted} \leq -8,635 + 0,91 \\ -9,542 &\leq \mu_{predicted} \leq -7,727 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai prediksi kondisi optimum nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) diperoleh bahwa nilai $\mu_{predicted}$ sebesar -8,635 maka didapatkan rentang nilai selang kepercayaan yaitu $-9,542 \leq \mu_{predicted} \leq -7,727$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas selang kepercayaan tersebut, maka hasil eksperimen Taguchi dapat diterima.

n. Eksperimen konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya untuk membuktikan data tersebut sebagai penentuan kesimpulan. Pada tahap ini eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak 8 kali pada kondisi optimal dari masing-masing faktor dan level, yaitu faktor B (lama pengeringan) level 2 (8 jam), faktor C (lama penjemuran) level 1 (24 jam), faktor D (lama pembakaran) level 3 (10 jam), dan faktor A (tanah liat) level 2 (1 kg). Berikut merupakan data hasil eksperimen konfirmasi dapat dilihat pada Tabel 30.

Tabel 30. Data Hasil Eksperimen Konfirmasi

Percobaan ke-	Hasil Eksperimen Jumlah Cacat
1	2
2	4
3	1
4	2
5	1
6	1
7	2
8	3
9	4
10	2
Rata-rata	2,2
Standar Deviasi	1,14
Signal Noise to Ratio	-7,87

Berdasarkan Tabel 30 dapat diketahui nilai rata-rata dan *Signal Noise to Ratio* (SNR) dari data hasil eksperimen konfirmasi sebesar 2,2 dan -7,87. Selanjutnya melakukan perhitungan interval kepercayaan untuk eksperimen konfirmasi dari nilai rata-rata dan rasio S/N. Berikut merupakan perhitungan interval kepercayaan untuk eksperimen konfirmasi:

1. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan nilai rata-rata untuk eksperimen konfirmasi
 - a. Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$\begin{aligned}
 Cl_{mean} &= \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSe \times \left(\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right) \right)} \\
 &= \pm \sqrt{\left(F_{0,05, 2, 4} \times 0,583 \times \left(\frac{1}{7,2} + \frac{1}{10} \right) \right)} \\
 &= \pm 0,98
 \end{aligned}$$

Sehingga selang kepercayaan nilai rata-rata pada kondisi optimal yaitu:

$$\begin{aligned}
 \mu_{konfirmasi} - Cl_{mean} &\leq \mu_{konfirmasi} \leq \mu_{konfirmasi} + Cl_{mean} \\
 2,22 - 0,98 &\leq \mu_{konfirmasi} \leq 2,22 + 0,98 \\
 1,22 &\leq \mu_{konfirmasi} \leq 2,88
 \end{aligned}$$

2. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) untuk eksperimen konfirmasi

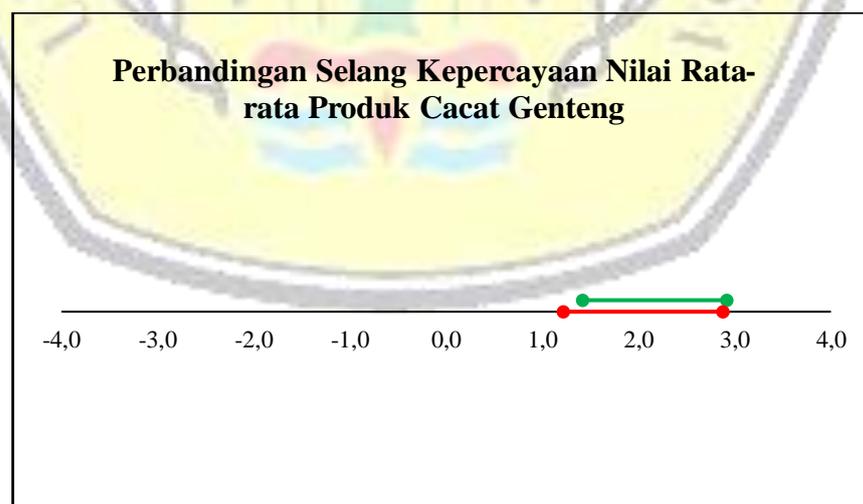
a. Perhitungan interval kepercayaan nilai rasio S/N

$$\begin{aligned} Cl_{mean} &= \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{pooled\ e} \times \left(\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right) \right)} \\ &= \pm \sqrt{\left(F_{0,05, 2,4} \times 0,854 \times \left(\frac{1}{7,2} + \frac{1}{10} \right) \right)} \\ &= \pm 1,19 \end{aligned}$$

Sehingga selang kepercayaan nilai SNR pada kondisi optimal yaitu:

$$\begin{aligned} \mu_{konfirmasi} - Cl_{mean} &\leq \mu_{konfirmasi} \leq \mu_{konfirmasi} + Cl_{mean} \\ -7,87 - 1,19 &\leq \mu_{konfirmasi} \leq -7,87 + 1,19 \\ -9,06 &\leq \mu_{konfirmasi} \leq -6,68 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan hasil perhitungan selang kepercayaan nilai rata-rata dan nilai SNR pada eksperimen Taguchi serta perhitungan selang kepercayaan untuk eksperimen konfirmasi, lalu dibandingkan hasil keduanya tersebut untuk mengetahui bahwa eksperimen Taguchi dapat diterima atau tidak. Perbandingan nilai selang kepercayaan eksperimen Taguchi dan eksperimen konfirmasi dapat dilihat pada Gambar 30.



Gambar 30. Perbandingan Selang Kepercayaan Nilai Rata-rata

Berdasarkan Gambar 30 dapat diketahui bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan

selang kepercayaan antara eksperimen Taguchi yang berwarna hijau dan eksperimen konfirmasi yang berwarna merah. Hasil yang dapat disimpulkan bahwa nilai eksperimen konfirmasi rata-rata masih berada dalam selang kepercayaan hasil optimal. Oleh karena itu, keputusan eksperimen metode Taguchi diterima berarti hasil *setting* level optimal pada eksperimen Taguchi dapat dijadikan acuan dalam proses produksi genteng di UMKM AR Genteng KTL. Selain itu terdapat pula perbandingan selang kepercayaan untuk nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) dari eksperimen Taguchi dengan eksperimen konfirmasi dapat dilihat pada Gambar 31.



Gambar 31. Perbandingan Selang Kepercayaan Nilai SNR

Berdasarkan Gambar 31 menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) dapat diterima karena hasil eksperimen konfirmasi masih berada didalam selang kepercayaan hasil optimal. Oleh karena itu, keputusan eksperimen metode Taguchi diterima berarti hasil *setting* level optimal pada eksperimen tersebut dapat dijadikan acuan dalam proses produksi genteng di UMKM AR Genteng KTL.

4.2.5 Tahap *Control*

Tahap *control* merupakan tahap terakhir dalam siklus DMAIC peningkatan kualitas dengan *Six Sigma*. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa perbaikan pada proses produksi genteng. Pada tahap ini dilakukan penerapan hasil eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya. Berdasarkan hasil *setting* level

optimal menggunakan eksperimen Taguchi, yaitu faktor B (lama pengeringan) dengan level 2 (8 jam) dan faktor C (lama penjemuran) dengan level 1 (24 jam) untuk meminimalisir cacat produk genteng di UMKM AR Genteng KTL. Berdasarkan hasil usulan tersebut, maka dilakukan implementasi pada proses produksi genteng selama 4 kali pengamatan. Berikut merupakan hasil pengamatan setelah menerapkan eksperimen Taguchi dapat dilihat pada Tabel 31.

Tabel 31. Data Produksi Genteng Setelah Implementasi

No.	Jumlah Produksi	Jumlah Cacat	Persentase Cacat	CTQ	DPU	DPO	DPMO	<i>Sigma</i>
1	1300	4	0,31%	4	0,003	0,0008	769,23	4,67
2	2000	6	0,30%	4	0,003	0,0008	750,00	4,67
3	2500	12	0,48%	4	0,005	0,0012	1200,00	4,54
4	1500	9	0,60%	4	0,006	0,0015	1500,00	4,47
Total	7300	31	1,69%				4219	18,35
Rata-rata	1825	7,75	0,42%				1055	4,59

Berdasarkan Tabel 31 dapat diketahui hasil rancangan eksperimen Taguchi yang diimplementasikan pada proses produksi genteng diperoleh nilai rata-rata persentase cacat produk sebesar 0,42%, nilai rata-rata DPMO sebesar 1055, dan nilai *sigma* sebesar 4,59. Nilai rata-rata DPMO menjelaskan bahwa dalam memproduksi genteng terdapat 1055 buah genteng yang cacat per satu juta kesempatan. Adapun perbandingan sebelum dan setelah dilakukannya perbaikan pada proses produksi genteng di UMKM AR Genteng KTL sebagai berikut.

Tabel 32. Hasil Perbandingan Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Parameter	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
Persentase cacat	0,65%	0,42%
Nilai DPMO	1627	1055
Nilai <i>Sigma</i>	4,47	4,59

Berdasarkan Tabel 32 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan persentase cacat produk genteng sebesar 0,23% setelah melakukan perbaikan dengan menerapkan *setting* level optimal eksperimen Taguchi. Nilai DPMO juga mengalami penurunan menjadi 1055, artinya dalam memproduksi genteng akan terdapat 1055 buah genteng yang cacat per satu juta kesempatan. Kemudian nilai *sigma* terjadi peningkatan menjadi 4,59 yang berarti UMKM AR Genteng KTL termasuk rata-rata industri kelas dunia. Tahap pengendalian ini diterapkan agar kualitas produk menjadi lebih baik dan mencapai target yang diinginkan. Jika

pengendalian kualitas tidak dilakukan dengan baik, maka UMKM tersebut rugi serta mengalami peningkatan inflasi dari biaya yang dihasilkan oleh produk cacat. Oleh karena itu, UMKM AR Genteng KTL harus mengurangi pemborosan dari segi biaya produksi maupun material lainnya. Berikut hasil perhitungan *Cost of Poor Quality* (COPQ) dari nilai DPMO yang memberikan gambaran tentang biaya kualitas buruk berdasarkan tingkat cacat dalam proses produksi.

Tabel 33. Kerugian Produk Genteng per Produksi Sebelum Perbaikan

No.	Jumlah Cacat	Harga Jual per Produk	<i>Cost of Poor Quality</i> (COPQ)	
1	10	Rp 700	Rp	7.000
2	15	Rp 700	Rp	10.500
3	15	Rp 700	Rp	10.500
4	19	Rp 700	Rp	13.300
5	12	Rp 700	Rp	8.400
6	12	Rp 700	Rp	8.400
7	11	Rp 700	Rp	7.700
8	10	Rp 700	Rp	7.000
Total			Rp	72.800
Rata-rata			Rp	9.100

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{COPQ} &= \text{Jumlah Produk Cacat} \times \text{Harga Jual per Produk} \\ &= 10 \times \text{Rp}700 \\ &= \text{Rp}7000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata COPQ} &= \sum \frac{\text{Total Kerugian per Minggu}}{n} \\ &= \sum \frac{\text{Rp}7000 + \text{Rp}10500 + \text{Rp}10500 + \dots + \text{Rp}7000}{8} \\ &= \text{Rp}9100 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 33 dapat diketahui bahwa total kerugian produk genteng yang dialami oleh UMKM AR Genteng KTL setiap kali produksi sebelum perbaikan sebesar Rp72.800 dengan rata-rata kerugian setiap kali produksi sebesar Rp9.100. Biaya kerugian tersebut terkait dengan produk atau proses produksi genteng yang tidak memenuhi standar kualitas yang diinginkan. Adapun biaya kerugian produk genteng setelah perbaikan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 34.

Tabel 34. Kerugian Produk Genteng per Produksi Setelah Perbaikan

No.	Jumlah Cacat	Harga Jual per Produk	<i>Cost of Poor Quality (COPQ)</i>		
1	4	Rp 700	Rp		2.800
2	6	Rp 700	Rp		4.200
3	12	Rp 700	Rp		8.400
4	9	Rp 700	Rp		6.300
Total			Rp		21.700
Rata-rata			Rp		5.425

Berdasarkan Tabel 34 dapat diketahui bahwa total kerugian produk genteng yang dialami oleh UMKM AR Genteng KTL setiap kali produksi setelah perbaikan sebesar Rp21.700 dengan rata-rata kerugian setiap kali produksi sebesar Rp5.425. Biaya kerugian tersebut terkait dengan produk atau proses produksi genteng yang tidak memenuhi standar kualitas yang diinginkan. Adapun perbandingan biaya kerugian produk genteng sebelum perbaikan dan setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 35.

Tabel 35. Perbandingan Rata-rata COPQ Produk Genteng per Minggu

Rata-rata COPQ Produk Genteng	Rata-rata COPQ Produk Genteng	
	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
	Rp 9.100	Rp 5.425

Berdasarkan Tabel 35 dapat diketahui rata-rata kerugian produk genteng per minggu sebelum dan setelah perbaikan mengalami penurunan biaya kerugian produk genteng sebesar Rp3.675 yang menunjukkan bahwa tindakan perbaikan yang diimplementasikan dari tahap *improve* berhasil mengurangi jumlah cacat dan kualitas produk yang dihasilkan meningkat serta UMKM ini dapat menghemat biaya yang cukup besar untuk menangani jumlah cacat.