

BAB I

PENDAHULUAN

Dalam melaksanakan penelitian diperlukan hal-hal penting yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaannya. Bab ini akan menjelaskan mengenai latar belakang mengapa permasalahan ini diangkat, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian yang dilakukan.

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Era perdagangan bebas telah dimulai, babak baru dunia perindustrian sebagai Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) yang kian menghadapi tantangan yang semakin ketat dalam perdagangan akan segera berlangsung. Setiap perusahaan dituntut untuk dapat memberikan yang terbaik kepada para pelanggan demi mempertahankan atau bahkan meningkatkan kualitas yang dimiliki oleh perusahaannya. Tantangan ini harus ditindak lanjuti oleh setiap perusahaan apabila ingin tetap bersaing.

Perusahaan akan mampu bertahan apabila produk atau jasanya masih dapat diterima oleh pasar. Namun tak cukup hanya sampai di situ saja, perusahaan juga dituntut harus jeli dalam membidik pasar potensial dengan terus melakukan peningkatan terhadap produk atau jasanya sesuai dengan permintaan konsumennya. Kualitas merupakan hal penting yang harus diberikan dan dipenuhi oleh perusahaan untuk memenuhi kepuasan pelanggan, baik dari input, proses produksi hingga *output* produk yang sampai ditangan konsumen. Hal ini dikarenakan, kualitas suatu produk merupakan salah satu tolak ukur pertimbangan bagi pelanggan dalam memilih dan mengkonsumsi produk dalam jangka waktu yang lama. Salah satu strategi yang dapat dilakukan oleh perusahaan untuk menjamin kualitas adalah dengan pengendalian kualitas secara terus-menerus baik dari standar yang telah ditetapkan perusahaan yang diimbangi dengan kebutuhan spesifik konsumen. Keseimbangan antara keduanya akan meningkatkan kualitas produk yang secara langsung akan meningkatkan profit untuk perusahaan pula.

Industri genteng merupakan salah satu industri yang paling banyak di Indonesia. Komoditi genteng merupakan salah satu komoditi yang dapat diandalkan karena masih banyaknya masyarakat di Indonesia terutama masyarakat pedesaan yang masih membutuhkan genteng karena harganya yang sangat terjangkau. Namun karena banyaknya

produk inovasi atap bangunan berbahan ringan yang diproduksi oleh perusahaan-perusahaan multinasional saat ini membuat industri genteng sudah mulai ditinggalkan oleh para pengerajin genteng. Industri genteng merupakan salah satu industri yang berpotensi untuk terus melakukan perkembangan seiring dengan kemajuan teknologi, sehingga dituntut untuk dapat memberikan yang terbaik bagi pelanggan.

Berdasarkan data pemetaan wilayah industri Dinas Perindustrian Kota Malang pada tahun 2015, salah satu daerah industri genteng terletak di Desa Talangsuko, Kecamatan Turen, Kabupaten Malang. Dalam tingkat ekspansi pasar, para pengerajin genteng mengatakan bahwa industri genteng di Kabupaten Malang kurang berkembang seperti sentra industri keramik ataupun sentra industri sanitair di Kota Malang. Hal ini dikarenakan, industri genteng lebih sering diproduksi di desa-desa di sekitar pinggiran Kota Malang. Walaupun kurang terkenalnya industri Genteng Desa Talangsuko di Kota Malang, tetapi permintaan Genteng Talangsuko ini cukup banyak, terutama di daerah Kabupaten Malang.

Dari perkiraan kurang lebih 10.000 genteng yang diproduksi setiap bulannya, terdapat beberapa produk cacat yang dihasilkan. Adanya *defect* pada hasil produksi dikarenakan industri genteng masih belum memiliki dan menggunakan standar kualitas yang jelas. Standar kualitas genteng yang digunakan oleh produsen masih bersifat subyektif atau perkiraan. Kualitas yang ditekankan pada industri genteng yaitu kualitas secara atribut (*atribut defect*) yang ditentukan secara visual pada genteng seperti tidak retak, tidak gosong, dan tidak patah pada ujung genteng, tetapi para pengrajin melupakan betapa pentingnya kualitas secara variabel (*variabel defect*), seperti kuat lentur genteng dan daya serap air genteng. Disisi lain, kualitas secara variabel dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas produk bukan hanya secara fisik tapi secara keseluruhan produk. Menurut Sholahuddin (2015), salah satu produsen genteng di Talangsuko mengatakan bahwa faktor yang menyebabkan produk *defect* pada genteng antara lain adalah kurangnya pengetahuan mengenai Standar Industri Indonesia mengenai Standar Nasional Indonesia Kuat Lentur Genteng (SNI 03-6861.1-2002), kurangnya kontrol terhadap bahan baku (tanah liat dan tanah berpasir) yang biasanya tanah liat terlalu liat atau tidak dan perlakuan terhadap tanah liat, tidak adanya takaran pasti untuk bahan baku, tidak adanya ukuran pasti lamanya proses penggilingan adonan bahan baku yang biasanya hanya sebanyak 1 atau 2 kali penggilingan, tidak adanya ukuran waktu proses pengeringan yang hanya kurang lebih 2 hari, lamanya proses pembakaran yang masih belum menentu karena hanya mengandalkan intuisi dengan melihat asap pembakaran, dan posisi pembakaran genteng.

Pemilihan abu sekam padi yang digunakan sebagai bahan campuran bahan baku genteng tanah liat juga didasari dengan adanya penelitian yang dilakukan oleh Sudjiono (2011) yang membahas mengenai manfaat limbah sekam padi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran bahan baku genteng tanah liat untuk peningkatan kuat lentur pada pembuatan genteng tanah liat. Menurut Karolina (2011), abu sekam padi kaya akan silika (SiO_2) yang dalam oksidanya dikenal dengan *silica dioxide*. Silica dari abu sekam padi tidak kalah dengan *silica fume* yang harganya cukup tinggi. *Silica Fume* atau *Micro Silica* adalah mineral *admixture* yang ditambahkan ke dalam beton untuk meningkatkan durabilitas dan menurunkan permeabilitas beton. *Silica fume* merupakan bahan hasil produksi *Silicon Metal* atau *Ferrosilicon Alloy*. *Silica fume* yang sesuai dengan standar internasional seperti ASTM, JIS, EN, dll harus memiliki kandungan SiO_2 diatas 85%. Sebenarnya penggunaan silika dalam dunia konstruksi khususnya teknologi beton sudah mulai dipakai sebagai bahan tambah. Indra (2012) telah melakukan penelitian tentang pembuatan genteng tanah liat dengan campuran abu sekam padi sebagai bahan tambah dalam pembuatannya dengan komposisi campuran sebesar 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5%, kekuatan lenturnya berturut-turut 158.393 *kgf*, 169.984 *kgf*, 161.118 *kgf*, dan 170.702 *kgf*. Sedangkan porositasnya (daya serap air) berturut-turut 21,91%, 21,69%, 20,15%, dan 21,53%. Berdasarkan uraian tersebut diatas dan untuk meningkatkan kualitas produk genteng tanah liat penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan baku tambahan dalam proses pembuatan genteng tanah liat di Desa Talangsuko.

Terdapat hal yang paling penting mengenai standar mutu genteng tanah liat, yaitu berdasarkan kuat lentur genteng tanah liat. Kuat lentur merupakan kemampuan genteng untuk menerima beban maksimum sampai genteng pecah. Berdasarkan kuat lentur rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan untuk genteng dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Standar Kuat Lentur Genteng (SNI 03-6861.1-2002)

Tingkat Mutu	Beban Lentur Rerata Dari 6 Buah Genteng Yang Diuji	Beban Lentur Minimal Masing- Masing Genteng Yang Diuji
	<i>Kgf</i>	<i>Kgf</i>
I	150	110
II	120	90
III	80	60
IV	50	35
V	30	25

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (BSN) Indonesia (2015)

Genteng tanah liat yang memiliki kualitas yang baik harus memenuhi syarat klasifikasi genteng tingkat I. Pada Tabel 1.1, ditampilkan bahwa rata kuat lentur yang harus dimiliki oleh sebuah genteng tanah liat dengan tingkat mutu I adalah sebesar 150 *kgf* atau dengan beban lentur minimal sebesar 110 *kgf*. Berikut data jumlah produk genteng tanah liat yang dihasilkan dan jumlah produk genteng yang cacat, serta rata-rata kuat lentur genteng tanah liat yang di produksi oleh industri genteng tanah liat Talangsuko yang dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Jumlah Produk Genteng Tanah Liat, Jumlah *Defect*, dan Rata-Rata Kuat Lentur Bulan Oktober – November 2015

Bulan	Hari	Jumlah Produk Genteng (buah)	Jumlah Produk Genteng yang Cacat (buah)	Persentase <i>Defect</i>	Rata-Rata Kuat Lentur (<i>kgf</i>)
Oktober	1	300	14	4,67%	84,5
	2	350	19	5,43%	79,5
	3	300	12	4,00%	78,5
	4	350	17	4,85%	82,5
	5	350	18	5,14%	87,5
	6	350	16	4,57%	70,5
	7	325	14	4,30%	90,5
	8	300	12	4,00%	81,0
	9	300	13	4,33%	59,5
	10	325	15	4,61%	84,0
	11	300	12	4,00%	100,5
	12	350	17	4,85%	81,5
	13	350	19	5,42%	73,0
	14	300	14	4,67%	84,5
	15	350	18	5,14%	89,5
	16	350	16	4,57%	67,5
	17	350	20	5,71%	75,5
November	18	300	12	4,00%	76,0
	19	300	14	4,67%	89,5
	20	300	12	4,00%	92,5
	21	350	17	4,85%	64,5
	22	300	13	4,33%	80,0
	23	300	12	4,00%	78,5
	24	350	18	5,14%	100,5
	25	350	17	4,85%	77,0
	26	350	17	4,85%	93,5
	27	300	13	4,33%	89,5
	28	350	18	5,14%	83,0
	29	350	19	5,43%	100,0
	30	350	17	4,85%	86,5
	TOTAL	9850	465		2481
	Rata-rata	328,33	15,5	4,69%	82,7

Sumber: Data Primer Peneliti dari Industri Genteng Talangsuko (2015)

Berdasarkan data pada Tabel 1.2 diketahui bahwa rata-rata genteng tanah liat yang dihasilkan per bulan Oktober hingga November 2015 adalah sebanyak 328,33 genteng setiap harinya dan rata-rata genteng tanah liat yang cacat per bulan Oktober hingga November 2015 adalah sebanyak 15,5 buah genteng tanah liat. Dari uraian ini diketahui bahwa persentase genteng tanah liat yang mempunyai kualitas bagus sekitar 95,31%,

sedangkan sisanya sebesar 4,69% merupakan persentase cacat produk genteng tanah liat yang akan dibuang atau di daur ulang menjadi genteng tanah liat mentah kembali. Dari hasil persentase tersebut, diketahui bahwa keseluruhan genteng yang diproduksi masih belum memenuhi syarat standar kuat lentur Standar Nasional Indonesia. Hal ini mengakibatkan kerugian yang cukup besar yang diterima oleh pengrajin genteng tanah liat di Talangsuko. Menurut Bapak Sholahuddin (2015), kerugian yang diterima akibat produk *defect* sebesar Rp 200.000,00 – Rp 500.000,00 per 14 hari (1 bulan produksi dengan tidak memperhitungkan lama waktu pengeringan) atau mengalami kerugian dalam proses produksi genteng tanah liat dalam dua sampai tiga hari. Selain itu, dari hasil kuat lentur genteng didapatkan rata-rata kuat tekan sebesar 82,7 *kgf*, yaitu berada pada tingkat mutu III dengan kuat tekan minimum 80 *kgf*. Hasil ini terpaut 27,3 *kgf* dari minimum kuat lentur standar kuat lentur SNI 03-6861.1-2002. Sedangkan menurut Standar Nasional Indonesia bahwa genteng tanah liat yang memiliki kualitas yang baik adalah genteng yang memenuhi klasifikasi tingkat I dengan kuat lentur genteng sebesar 150 *kgf* atau dengan kuat lentur minimal sebesar 110 *kgf*. Oleh sebab itu perlu dilakukan perbaikan terhadap kuat lentur genteng tanah liat di Desa Talangsuko agar kualitas genteng tanah liat dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia.

Desain eksperimen yang digunakan adalah metode *Taguchi* yang memiliki karakteristik memperbaiki kualitas produk dan proses, menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin, serta metode *Taguchi* melakukan lebih sedikit eksperimen dibandingkan eksperimen lain. Metode *Taguchi* dalam penerapan metode *Six Sigma* dirasa sangat sesuai, hal ini dikarenakan metode *Taguchi* merupakan sebuah metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin dikarenakan metode *Taguchi* melakukan lebih sedikit eksperimen dibandingkan eksperimen lain. Sasaran metode *Taguchi* adalah *Robust Design*, sehingga rancangan eksperimen yang dilakukan tidak sensitif terhadap variasi yang disebabkan oleh gangguan faktor lain. Penggunaan matriks orthogonal yang membuat metode *Taguchi* menjadi lebih efisien daripada desain eksperimen sejenis yang lain seperti desain faktorial. Matriks orthogonal berfungsi untuk menentukan jumlah minimal eksperimen yang harus dilakukan dengan penggunaan faktor yang lebih banyak sehingga kita dapat memperoleh informasi yang lebih maksimal.

Penggunaan Metode *Taguchi* yang dilakukan terhadap faktor yang berpengaruh diharapkan mampu menghasilkan level faktor yang optimal. Sehingga dapat mengetahui apakah kuat lentur yang dihasilkan dari adanya penambahan abu sekam padi ini dapat sesuai dengan standar yang telah dimiliki oleh Indonesia, serta membantu untuk

mengurangi kerugian yang didapatkan industri genteng di Desa Talangsuko, Kabupaten Malang.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Para pengrajin masih belum memiliki pengetahuan mengenai pentingnya kuat lentur pada genteng tanah liat.
2. Adanya limbah sekam padi di sekitar rumah pengrajin yang tidak pernah dimanfaatkan sebelumnya.
3. Belum diketahui faktor-faktor yang berpengaruh untuk meningkatkan kuat lentur genteng tanah liat sesuai dengan Standar Kuat Lentur Genteng SNI 03-6861.1-2002.
4. Belum adanya suatu sistem perbaikan yang tepat untuk memperbaiki proses produksi yang dapat menyebabkan lemahnya kuat lentur genteng.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan dan identifikasi masalah yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Faktor apa saja yang mempengaruhi kualitas kuat lentur genteng tanah liat dengan penambahan abu sekam padi di Desa Talangsuko?
2. Bagaimana kombinasi level faktor yang optimal untuk meningkatkan kuat lentur genteng tanah liat di Desa Talangsuko dengan adanya penambahan abu sekam padi?
3. Berapa nilai kuat lentur genteng tanah liat di Desa Talangsuko sebelum dan sesudah dilakukan desain eksperimen dengan menggunakan Metode *Taguchi*?

1.4 Batasan Masalah

Agar hasil penelitian sesuai dengan permasalahan yang ada, maka diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Pengendalian kualitas proses produksi dan karakteristik kualitas pada Metode *Taguchi* yang digunakan adalah variabel kuat lentur genteng tanah liat.
2. Tidak memperhatikan kandungan air dari bahan baku tanah liat.

3. Jenis genteng yang dibuat adalah genteng mantili.

1.5 Asumsi

Berikut merupakan asumsi pada penelitian ini.

1. Proses pengambilan data untuk penelitian dilakukan pada saat proses produksi berjalan dalam keadaan normal
2. *Signal factor* dan *Control factor* diasumsikan seragam pada saat analisis *noise factor* dalam metode *Taguchi*.

1.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui faktor yang mempengaruhi kualitas kuat lentur genteng tanah liat dengan penambahan abu sekam padi di Desa Talangsuko.
2. Mengetahui *setting level* optimal dari faktor yang berpengaruh, sehingga dapat meningkatkan kuat lentur genteng tanah liat di Desa Talangsuko dengan menggunakan tambahan abu sekam dengan metode *Taguchi*.
3. Mengetahui nilai kuat lentur genteng tanah liat di Desa Talangsuko sebelum dan sesudah dilakukan desain eksperimen dengan Metode *Taguchi*.

1.7 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan dari penelitian, maka manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui penyebab tidak sesuainya kuat lentur genteng tanah liat dengan Standar Industri Indonesia Standar Kuat Lentur Genteng SNI 03-6861.1-2002.
2. Dapat mengetahui peningkatan kualitas kuat lentur genteng di Desa Talangsuko sebelum dan sesudah dilakukan desain eksperimen dengan Metode *Taguchi*.
3. Mengetahui *setting level* optimal dari faktor – faktor terbaik yang berpengaruh sebagai landasan proses yang dapat digunakan pengrajin dalam peningkatan kualitas kuat lentur genteng.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang diperlukan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan yang berhubungan dengan metode *Six Sigma* dan metode *Taguchi* yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian ini. Berikut ini merupakan *review* dari beberapa penelitian sebelumnya:

1. Xiao (2014) dalam penelitiannya menjabarkan mengenai penggabungan metode antara *Computational Fluid Dynamics* (CFD), *Taguchi*, dan ANOVA. Tujuannya adalah mengidentifikasi efek gabungan dari EGR (*Exhaust Gas Recirculation*), kuantitas bahan bakar, dan waktu yang digunakan untuk melakukan injeksi utama. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan kombinasi faktor optimum dan hasil dari penggabungan ketiga metode tersebut khususnya *Taguchi* disertai ANOVA menjadi metode yang baik untuk menghemat waktu dan biaya secara signifikan.
2. Pratiwi (2014) dalam penelitiannya dengan objek batu bata merah di daerah Cemorokandang, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang mengukur kuat tekan batu bata dengan penambahan sebuah gergaji. Metode penelitian yang digunakan adalah siklus DMAIC dengan pendekatan metode *Taguchi* (ANOVA untuk data variabel, S/N Ratio). Hasil penelitian ini menyatakan bahwa berdasarkan hasil analisis DMAIC, permasalahan kualitas kuat tekan adalah terdapat beberapa hari produksi yang memiliki kuat tekan diluar batas spesifikasi menurut standar kuat tekan. Dari analisa *fishbone chart*, penyebab permasalahan yang digunakan untuk mencari solusi masalah kualitas yaitu penyebab yang dapat dikendalikan meliputi lama penggilingan, lama pengeringan, posisi pembakaran, dan komposisi bahan baku (tanah liat:abu hasil pembakaran tebu:serbuk kayu). *Setting Level* optimal dari hasil eksperimen *Taguchi*, yaitu komposisi tanah liat : Abu hasil pembakaran tebu : serbuk kayu (75%:20%:5%), lama penggilingan 1,5 jam, lama pengeringan 3 hari, dan posisi pembakaran ditengah.

Dengan menggunakan *setting level* optimal tersebut, terjadi penurunan nilai DPMO, kenaikan level sigma, dan kenaikan kapabilitas proses dan *output*.

- Putra (2014) dalam penelitiannya mengenai penggunaan *silica Fume* Limbah *Sandblasting* yang dianggap limbah perusahaan untuk dijadikan bahan baku tambahan yang digunakan untuk meningkatkan kuat tekan batako pejal. Penelitian ini menggunakan Metode Taguchi dengan ANOVA data Variabel dan S/N Rasio. Hasil dari penelitian ini adalah faktor yang memiliki tingkat signifikan lebih terhadap kuat tekan batako pada eksperimen ini yaitu rasio air semen (f.a.s) dan agregat (40%:60%), rasio faktor air semen (f.a.s) (45%:55%), rasio agregat kasar (kerikil) 10 dan agregat halus (pasir) dengan (25%:75%), rasio *silica fume* dan semen (30%:70%). Dengan nilai kuat tekan sebesar 10,72 Mpa.
- Permatasari (2010) dalam penelitiannya untuk mengidentifikasi dan menurunkan produk cacat pada proses produksi genteng menggunakan metode *Six Sigma* yang didukung oleh penerapan fase *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control* (DMAIC) dan menggunakan pendekatan metode *Taguchi*. Berdasarkan hasil analisis DMAIC, didapatkan 5 CTQ (*Critical To Quality*) yaitu genteng retak, pecah, gopel, gosong dan keropos. *Setting level* optimal dari hasil eksperimen *Taguchi*, yaitu waktu proses pengeringan selama 8 jam, waktu pembakaran selama 9 jam, komposisi tanah liat:pasir (80%:20%) dan jumlah penggilingan sebanyak 3 kali. Dengan menggunakan *setting level* optimal tersebut, nilai level sigma meningkat pada setiap CTQ, terjadi penurunan persentase cacat dari 11,96% menjadi 6,88%, dan nilai QLF mengalami penurunan dari kondisi aktual.

Dari keempat penelitian di atas, yang menjadi dasar perbedaan antara penelitian ini adalah pada penelitian ini menggunakan metode *Taguchi* dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui faktor mana yang memberikan pengaruh terbesar dalam meningkatkan kualitas kuat lentur genteng tanah liat dengan melakukan penambahan abu sekam padi dan pemberian perlakuan yang berbeda terhadap bahan-bahan utama untuk membuat genteng tanah liat. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah mendapatkan *setting level* faktor optimal yang berpengaruh terhadap kualitas kuat lentur genteng tanah liat. Dari keempat penelitian di atas yang menjadi dasar perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu

Karakteristik Penelitian	Peneliti				
	Xiao (2014)	Pratiwi (2014)	Putra (2014)	Permatasari (2013)	Penelitian Ini
Objek Penelitian	<i>Light Duty Diesel Engine</i>	Batu Bata Merah	Batako Pejal	Genteng Tanah Liat	Genteng Tanah Liat
Parameter Yang Diamati	Persentase penggunaan bahan bakar dan waktu	Kuat Tekan Batu Bata dengan penambahan serbuk gergaji	Kuat Tekan <i>Batako Pejal dengan Penambahan Silica Fume Limbah Sandblasting</i>	Persentase cacat	Kuat Lentur Genteng Tanah Liat dengan penambahan sisa pembakaran Abu Sekam Padi
Metode Penelitian	CFD (<i>Computational Fluid Dynamics</i>), Metode <i>Taguchi</i> (ANOVA untuk data variabel, S/N Ratio)	<i>Siklus DMAIC</i> dengan pendekatan metode <i>Taguchi</i> (ANOVA untuk data variabel, S/N Ratio)	Metode <i>Taguchi</i> (ANOVA untuk data variabel, S/N Ratio)	<i>Six Sigma</i> (DMAIC) dengan pendekatan metode <i>Taguchi</i> (ANOVA untuk data atribut, S/N Ratio <i>fraction defective</i>), dan Quality Loss Function	Metode <i>Taguchi</i> (ANOVA untuk data variabel, S/N Ratio)

2.2 Klasifikasi Genteng

Suatu atap berfungsi melindungi terutama terhadap hujan. Tergantung atas sifat alami bangunan, atap itu bisa juga melindungi dari panas, cahaya matahari, dingin dan angin. Jenis-jenis lain dari struktur, sebagai contoh suatu bangunan untuk kebun, akan melindungi dari dingin, angin dan hujan tetapi bisa tembus cahaya. Suatu rumah bisa diatapi dengan material yang melindungi dari cahaya matahari tetapi tidak menghalangi unsur-unsur yang lain. Ada beberapa jenis penutup atap salah satunya adalah genteng yang pada saat ini masih banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia karena mudah didapat dan biaya yang murah. Berikut adalah beberapa jenis genteng yang paling populer saat ini, antara lain:

1. Genteng Tanah Liat Tradisional

Material ini banyak dipergunakan pada rumah umumnya. Genteng terbuat dari tanah liat yang dipress dan dibakar dan kekuatannya cukup bagus. Genteng tanah liat membutuhkan rangka untuk pemasangannya. Genteng dipasang pada atap miring. Warna dan penampilan genteng ini akan berubah seiring waktu yang berjalan. Biasanya

akan tumbuh jamur di bagian badan genteng. Bagi sebagian orang dengan gaya rumah tertentu mungkin ini bisa membuat tampilan tampak lebih alami, namun sebagian besar orang tidak menyukai tampilan ini.

2. Genteng Keramik

Bahan dasarnya tetap keramik yang berasal dari tanah liat. Namun genteng ini telah mengalami proses finishing yaitu lapisan glazur pada permukaannya. Lapisan ini dapat diberi warna yang beragam dan melindungi genteng dari lumut. Umurnya bisa 20 – 50 tahun dapat ditanyakan ke distributor. Aplikasinya sangat cocok untuk hunian modern di perkotaan.

3. Genteng Beton

Bentuk dan ukurannya hampir sama dengan genteng tanah tradisional, hanya bahan dasarnya adalah campuran semen PC (Portland Cement) adalah semen yang paling banyak terdapat di pasaran, masyarakat Indonesia biasa menyebut semen abu-abu untuk membedakan dengan semen warna (semen pengisi nat). Bahan baku semen PC adalah batu kapur/gamping berkadar kalsium tinggi yang dimasak dalam tanur bertekanan tinggi dan pasir kasar, kemudian diberi lapisan tipis yang berfungsi sebagai pewarna dan kedap air. Sebenarnya atap ini bisa bertahan hampir selamanya, tetapi lapisan pelindungnya hanya akan bertahan antara 30 tahun hingga 40 tahun.

4. Genteng Metal

Bentuknya lembaran, mirip seng. Genteng ini ditaman pada balok gording rangka atap, menggunakan sekrup. Bentuk lain berupa genteng lembaran. Pemasangannya tidak jauh berbeda dengan genteng tanah liat hanya ukurannya saja yang lebih besar. Ukuran yang tersedia bervariasi, 60-120cm (lebar), dengan ketebalan 0.3mm dan panjang antara 1.2-12m. (Rumah Ide, 2009).

5. Genteng Polimer

Genteng berbasis polimer merupakan suatu alternatif pengganti genteng yang kita kenal selama ini, dibuat dengan mencampur polimer sebagai matriks dan pengisi (filler) dari bahan alam. Genteng komposit polimer dibuat secara partikel komposit dengan terlebih dahulu mengubah bentuk bahan pengisi menjadi partikel, partikel ini kemudian dicampur dengan matrik polimer pada suhu titik leleh polimer tersebut. Matrik yang digunakan adalah polietilen, polipropilen, dan paduan polietilen – karet alam. Mutu genteng komposit polimer yang dihasilkan bergantung pada bahan matriks, pengisi dan perbandingan antara matrik dan pengisi. Terhadap komposit yang diperoleh dilakukan uji fisik, mekanik, dan termal. Komposit polimer yang memberikan sifat yang

diinginkan lalu dicetak dengan bentuk genteng sehingga diperoleh genteng komposit polimer. Secara keseluruhan genteng komposit polimer mempunyai beberapa keunggulan seperti ringan, kuat, ekonomis dan elastis serta menggunakan bahan alam yang berlimpah sebagai bahan pengisi (Batan,2009).

2.3 Kuat Lentur Genteng Keramik atau Genteng Tanah Liat

Kuat lentur adalah besarnya muatan (P) yang dikenai pada tengah-tengah benda pada kedua tepi ujung benda tersebut, maka benda tersebut melentur kebawah. Besarnya momen lentur pada sembarang penampang dari sebuah struktur adalah merupakan jumlah aljabar dari semua momen dari satu pihak saja dari penampang yang ditinjau terhadap penampang tersebut. Nilai maksimum dari momen lentur terjadi pada titik dimana gaya geser adalah nol (Smith dan Ismoyo : 2002).

Kekuatan sampel terhadap beban lentur selain tergantung dari bahan penyusunnya juga dipengaruhi oleh lebar permukaan yang menerima beban tersebut. Semakin luas permukaan sampel maka semakin kecil kemampuan menahan beban lentur dan sebaliknya jika semakin sempit permukaan sampel maka kemampuan menahan beban lentur semakin besar.

2.4 Kriteria Mutu Genteng Tanah Liat Dan Cara Pengujian Kuat Lentur Genteng Tanah Liat

Terdapat hal yang paling penting mengenai standar mutu genteng tanah liat, yaitu berdasarkan kuat lentur genteng tanah liat. Kuat lentur merupakan kemampuan genteng untuk menerima beban maksimum sampai genteng pecah seperti yang telah tercantum dalam Standar Nasional Indonesia SNI 03-6861.1-2002. Berdasarkan kuat lentur rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan untuk genteng dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Kuat Lentur Genteng (SNI 03-6861.1-2002)

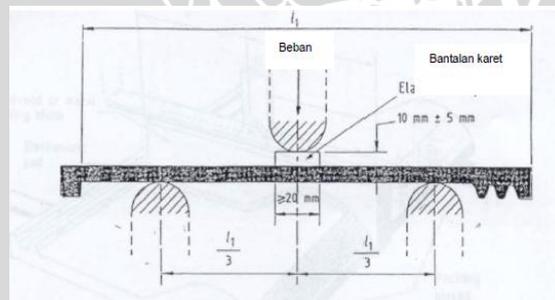
Tingkat Mutu	Beban Lentur Rerata Dari 6 Buah Genteng Yang Diuji	Beban Lentur Minimal Masing-Masing Genteng Yang Diuji
	<i>kgf</i>	<i>Kgf</i>
I	150	110
II	120	90
III	80	60
IV	50	35
V	30	25

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (BSN) Indonesia (2015)

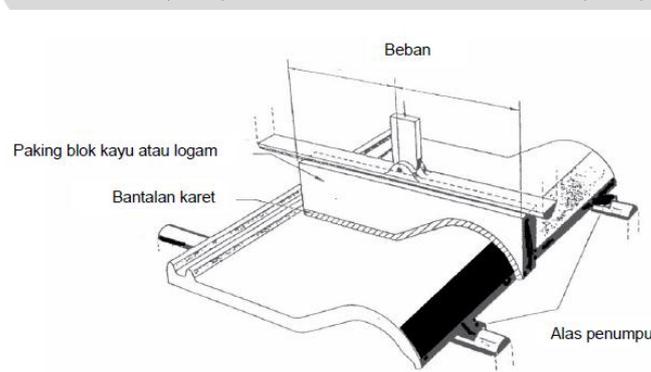
Genteng tanah liat yang memiliki kualitas yang baik harus memenuhi syarat klasifikasi genteng tingkat I. Pada Tabel 1.1, ditampilkan bahwa rata kuat lentur yang harus dimiliki oleh sebuah genteng tanah liat dengan tingkat mutu I adalah sebesar 150 *kgf* atau dengan beban lentur minimal sebesar 110 *kgf*. Apabila genteng tanah liat tidak memenuhi klasifikasi tingkat mutu I maka genteng dianggap *reject*. Berikut merupakan cara dalam melakukan pengujian kuat lentur untuk genteng tanah liat berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI 03-6861.1-2002.

1. Cara Kerja

- a. Kondisikan benda uji dalam ruangan bersuhu antara 15°C - 30°C dan kelembaban relative minimum 40%.
- b. Letakkan benda uji diatas pisau penumpu pada mesin uji, sehingga pisau pembebanan berada ditengah-tengah pisau penumpu dengan jarak tumpu 2/3 panjang genteng.
- c. Letakkan bantalan karet diantara pisau pembebanan dengan genteng untuk genteng datar dan rata, dan letakkan bantalan karet diantara papan penekan dengan genteng untuk genteng profil.
- d. Lakukan pembebanan dengan penambahan beban yang tetap dengan kecepatan pembebanan maksimum 108 N/detik hingga genteng patah.
- e. Catat beban maksimum setiap genteng dengan ketelitian 10 N.



Gambar 2.1 Cara Uji Beban Lentur Untuk Genteng Rata
Sumber: Badan Standarisasi Nasional (BSN) Indonesia SNI 03-6861.1-2002 (2015)



Gambar 2.2 Cara Uji Beban Lentur Untuk Genteng Profil
Sumber: Badan Standarisasi Nasional (BSN) Indonesia SNI 03-6861.1-2002 (2015)

2.5 Kualitas

Hal pertama yang harus diperhatikan untuk memenuhi kepuasan pelanggan yaitu kualitas. Kualitas yang diperhatikan bukan hanya bagaimana akhir dari produk tersebut, tetapi dari seluruh komponen didalamnya, baik bahan baku, proses produksi, distribusi, penjaminan produk, dan lainnya. Kualitas adalah kata yang sering didengar oleh banyak orang dan kualitas memiliki banyak sekali definisi yang berbeda – beda. Berikut ini adalah beberapa definisi kualitas yang muncul dari para ahli, yaitu (Ariani, 2004) :

1. Juran (1962) : “Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya”.
2. Feigenbaum (1991) : “Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture, dan maintenance*, dalam mana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan”.
3. Goetch dan Davis (1995) : “Kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan”.
4. Perbendaharaan istilah *ISO 8402* dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991) : “Kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria – kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu.”

Selain itu, definisi kualitas menurut Taguchi adalah terdapat dua segi umum, yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan (Soejanto, 2003). Sedangkan definisi kualitas suatu produk menurut Taguchi adalah kerugian minimum yang diperoleh masyarakat dari suatu produk sejak produk tersebut dikirim (Belavendram, 1995).

2.6 Kualitas Rancangan

Kualitas menurut Taguchi ada dua segi umum, yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja. Kualitas kecocokan adalah seberapa baik prouk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang diisyaratkan oleh banyak factor termasuk pemilihan proses pembuatan, latihan dan pengawasan kerja, jenis sistem jaminan kualitas (pengendalian proses, uji, aktivitas pemeriksaan, dan sebagainya) yang digunakan, seberapa jauh prosedur jaminan kualitas ini diikuti dan motivasi kerja untuk mencapai kualitas.

2.7 Rekayasa Kualitas

Sebagian besar usaha rekayasa kualitas digunakan untuk melakukan eksperimen untuk menghasilkan informasi yang diperlukan dalam menarik kesimpulan. Menghasilkan informasi demikian secara efisien adalah kunci untuk memsuki pasar, pengambilan keputusan, pengembangan produk dan penekanan biaya, juga menghasilkan produk yang berkualitas tinggi, rekayasa kualitas adalah salah satu metodologi rekayasa yang dapat digunakan.

Rekayasa kualitas dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk atau proses. Kerangka dasar dari rekayasa kualitas merupakan satu hubungan antara dua disiplin ilmu, yakni teknik perancangan dan manufaktur, dimana mencakup seluruh aktivitas pengendalian kualitas dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses, perancangan produksi, dan kepuasan konsumen. Target dari metodologi rekayasa kualitas ini adalah untuk mencapai seluruh target dari perbaikan terus-menerus, penemuan yang dipercepat, penyelesaian masalah dengan cepat, dan efektivitas biaya dalam meningkatkan kualitas produk.

2.8 Desain Eksperimen

Menurut Sudjana (1995:1), desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul – betul terdefiniskan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang diteliti atau dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah – langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar supaya data yang semestinya diperlukan dapat diperoleh, sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas. Desain eksperimen terdiri atas berbagai macam metode, diantaranya adalah sebagai berikut (Sudjana, 1995):

1. Desain Acak Sempurna
2. Desain Blok Lengkap Acak
3. Desain Blok Tak Lengkap Acak
4. Desain Bujursangkar Latin
5. Desain Bujursangkar Graeco-Latin
6. Desain Bujursangkar Youden
7. Desain Faktorial 2k dan 3k
8. Metode Taguchi

Berikut merupakan tabel perbandingan metode Desain Eksperimen menurut Ariani (2004):

Tabel 2.3 Perbandingan Metode Desain Eksperimen

Desain Eksperimen	Karakteristik
Desain Acak Sempurna (DAS)	Perlakuan diterapkan pada semua eksperimen atau sebaliknya dan tidak ada batasan pengacakan atau pemblokkan
Desain Blok Lengkap Acak (DBLA)	Pemblokkan terhadap eksperimen sehingga eksperimen bersifat <i>homogeny</i> dan jumlah blok eksperimen sama dengan banyak perlakuan
Desain Blok Tak Lengkap Acak (DBTLA)	Tidak ada batasan pemblokkan, dikarenakan perlakuan terhadap eksperimen diletakkan didalam dan diluar blok eksperimen
Desain Bujursangkar Latin (DBLS)	Tiap perlakuan terdapat satu dan hanya satu kali dalam setiap baris dan kolom, sehingga memiliki kolom dan baris sama
Desain Bujursangkar <i>Greco</i> Latin (DBSGL)	Sama seperti DBLS, tetapi ada tambahan huruf latin dan huruf greek
Desain Bujursangkar Younden (DBSY)	Memiliki jumlah kolom dan baris yang berbeda dan memiliki nilai dalam nilai setiap kolom atau baris
Desain Faktorial 2^k dan 3^k	Terdapat kombinasi dari semua atau hamper semua factor terhadap faktor lain yang ada dalam eksperimen itu, sehingga melakukan eksperimen jauh lebih banyak
<i>Taguchi</i>	Memperbaiki kualitas produk dan proses, menekan biaya dan <i>resources</i> seminimal mungkin, serta metode <i>Taguchi</i> melakukan lebih sedikit eksperimen dibandingkan eksperimen lain

2.8.1 Metode Taguchi

Metode Taguchi dikembangkan oleh Genichi Taguchi, yang digunakan untuk memperbaiki penerapan *Total Quality Control* di Jepang. Metode Taguchi merupakan suatu metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi menjadikan produk atau proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor pengganggu (*noise*), karenanya metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh (*robust design*) (Soejanto, 2008).

Metode Taguchi adalah metode atau teknik pengendalian kualitas yang bersifat *offline* atau bersifat suatu usaha perbaikan kualitas yang dimulai sejak saat melakukan perancangan hingga pemrosesan. Menurut Ariani (2004;67) penggunaan Taguchi *offline* tersebut efektif untuk mengadakan perbaikan kualitas dan pengurangan biaya, perbaikan

dalam pembuatan produk, serta pengurangan biaya pengembangan produk. Tujuan ini akan dapat tercapai jika organisasi manufaktur mampu mengidentifikasi adanya faktor – faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dengan menyesuaikan faktor – faktor tersebut pada tingkat atau level yang sesuai (Belavendram, 1995). Berikut ini adalah langkah – langkah desain eksperimen *Taguchi*, yaitu (Soejanto, 2008):

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan
Mendefinisikan permasalahan yang akan dihadapi dengan sejelas mungkin agar dapat dilakukan suatu upaya perbaikan dari masalah yang dihadapi.
2. Menentukan tujuan penelitian
Untuk menentukan tujuan penelitian diperlukan mengidentifikasi karakteristik kualitas serta tingkat performansi dari suatu eksperimen.
3. Menentukan metode pengukuran
Menentukan parameter – parameter yang akan diamati, bagaimana cara pengukurannya, dan peralatan apa saja yang diperlukan dalam eksperimen.
4. Identifikasi faktor
Untuk mengidentifikasi faktor yaitu melakukan pendekatan yang sistematis dengan tujuan menemukan suatu penyebab permasalahan yang dihadapi.
5. Memisahkan faktor *control* dan faktor *noise*
Untuk memulai melakukan desain eksperimen *Taguchi*, seharusnya mengetahui faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi produk menjadi dua jenis faktor yaitu faktor control dan faktor noise.
6. Menentukan level dari faktor dan nilai faktor
Dalam penentuan level dari faktor menentukan jumlah derajat kebebasan yang akan digunakan sebagai pemilihan *Orthogonal Array* yang akan digunakan dalam eksperimen.
7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi
Suatu interaksi terjadi apabila pengaruh dari suatu faktor tergantung dari level faktor yang lainnya.
8. Menggambar linier graf yang diperlukan untuk faktor *control* dan interaksi
Menentukan penempatan faktor serta interaksi yang mungkin digunakan pada kolom – kolom *Orthogonal Array*. Taguchi sudah menentukan linier graf yang digunakan untuk mempermudah pengaturan faktor – faktor dan interaksi.

9. Pemilihan *Orthogonal Array*

Dalam pemilihan *Orthogonal Array* yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dan nilai level dari tiap faktor. Untuk menentukan jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan *Orthogonal Array* mana yang akan dipakai pada eksperimen.

10. Memasukkan faktor dan atau interaksi ke dalam kolom

Untuk memasukkan faktor dalam kolom, Taguchi menyediakan dua alat bantu yaitu dapat menggunakan linier graf atau triangular *tables*.

11. Melakukan eksperimen

Sejumlah percobaan akan disusun untuk meminimasi kesalahan yang mungkin terjadi pada penyusunan level yang tepat untuk eksperimen.

12. Analisa hasil eksperimen

Menganalisa hasil eksperimen yang telah dilakukan Taguchi menggunakan ANOVA. Ada beberapa hal yang dilakukan pada tahapan ini, yaitu :

a. *Pooling* faktor

Metode yang dilakukan apabila faktor yang diamati tidak signifikan secara statistik setelah pengujian signifikansi.

b. Persen Kontribusi

Bagian dari total variasi yang diamati pada eksperimen dari masing – masing faktor yang signifikan pada metode Taguchi dinyatakan dalam persen kontribusi. Menandakan kekuatan relatif dari suatu faktor untuk mereduksi variasi.

c. *Signal to Noise Ratio (S/N Ratio)*

Taguchi memperkenalkan pendekatan S/N untuk meneliti pengaruh faktor *noise* terhadap variasi yang timbul.

13. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal

Jika eksperimen terdiri dari beberapa faktor dan juga tiap – tiap faktor terdiri dari beberapa level faktor, maka pemilihan kombinasi level yang optimal adalah dengan membandingkan nilai perbedaan rata – rata eksperimen dari level yang ada.

14. Perkiraan rata – rata pada kondisi optimal

Setelah mendapatkan kondisi yang optimal dari eksperimen dengan *orthogonal array* maka dapat diperkirakan rata – rata proses untuk prediksi kondisi yang optimal.

15. Menjalankan eksperimen konfirmasi

Dimaksudkan agar faktor dan level yang diinginkan memberikan hasil yang diharapkan.

2.8.2 Orthogonal Array

Matriks ortogonal yaitu suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris (kombinasi level dari faktor dalam eksperimen) dan kolom (faktor yang dapat diubah dalam eksperimen) (Soejanto, 2008). Penentuan matriks ortogonal yang sesuai dengan eksperimen, perlu dilakukan prosedur sebagai berikut (Soejanto, 2008) :

1. Definisikan jumlah faktor dan levelnya
2. Tentukan derajat kebebasannya

Derajat kebebasan adalah sebuah konsep yang mendeskripsikan seberapa besar eksperimen yang mesti dilakukan dan seberapa banyak informasi yang didapatkan dari eksperimen tersebut (Soejanto, 2008). Dalam menentukan jumlah eksperimen yang akan diamati adalah sebagai berikut (Soejanto, 2008):

$$V_{OA} = (\text{banyaknya eksperimen} - 1)$$

$$V_{fl} = (\text{banyaknya faktor}) \times (\text{banyaknya level} - 1)$$

$$V_{OA} \geq V_{fl} \quad (2-1)$$

Sumber: Soejanto (2008)

3. Memilih matriks ortogonal

Dalam memilih matriks ortogonal yang cocok atau sesuai diperlukan suatu persamaan dari matriks ortogonal tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level, dan jumlah pengamatan yang akan dilakukan. Bentuk umum dari model matriks ortogonal adalah (Soejanto, 2008):

$$La = (b^c) \quad (2-2)$$

Sumber: Soejanto (2008)

Dimana :

L = rancangan bujur sangkar latin

a = banyak baris / eksperimen

b = banyak level faktor

c = banyak faktor

Taguchi telah menyediakan beberapa matriks ortogonal sesuai dengan kebutuhan eksperimen yang akan dilakukan. Pada Tabel 2.3 berikut ini merupakan bentuk standar matriks ortogonal menurut Taguchi.

Tabel 2.4 *Orthogonal Array* Standar

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Level Gabungan
$L_4 = (2^3)$	$L_9 = (3^4)$	$L_{16} = (2^5)$	$L_{25} = (5^6)$	$L_{18}(2^1x3^7)$
$L_5 = (2^7)$	$L_{27} = (3^{11})$	$L_{64} = (4^{21})$	-	$L_{32}(2^1x4^9)$
$L_{12} = (2^{11})$	$L_{81} = (3^{40})$	-	-	$L_{36}(2^{11}x3^{12})$
$L_{16} = (2^{15})$	-	-	-	$L_{36}(2^3x3^{13})$
$L_{32} = (2^{31})$	-	-	-	$L_{54}(2^1x3^{25})$

Sumber: Soejanto (2008)

2.8.3 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas (variabel respon) adalah obyek yang menarik dari produk atau proses, terkadang disebut sebagai karakteristik fungsional (Belavendram, 1995). Pada dasarnya karakteristik kualitas memiliki target. Berikut ini adalah tiga tipe target pada karakteristik kualitas menurut Belavendram (1995) yang ditampilkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik	Target
<i>Nominal the best</i>	Terukur dengan nilai target yang ditentukan secara spesifik
<i>Smaller the best</i>	Terukur non-negatif yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target adalah nol (0)
<i>Larger the best</i>	Terukur non-negatif yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target <i>infinite</i> atau

2.8.4 Klasifikasi Parameter

Banyak faktor lain yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas (variabel respon) dari suatu produk. Faktor – faktor tersebut dapat diklasifikasikan menjadi (Soejanto, 2008):

1. Faktor Gangguan, merupakan suatu parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari targetnya. Faktor ini menyebabkan pengaruh pada karakteristik secara tidak terkendali dan sulit terprediksi serta bersifat biasanya sulit, mahal, dan tidak jadi sasaran pengendalian, tetapi untuk tujuan eksperimen, maka perlu dikendalikan dalam skala kecil.
2. Faktor Kontrol, merupakan parameter yang nilainya ditentukan oleh ahli teknik. Faktor ini mempunyai satu atau lebih nilai yang disebut level faktor. Salah satu aspek dari perancangan kokoh adalah mencari kondisi level optimal untuk faktor kontrol sehingga karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap gangguan.
3. Faktor Sinyal, faktor yang mengubah nilai karakteristik kualitas yang sebenarnya akan diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen dimana faktor sinyal mempunyai nilai konstan disebut karakteristik statis dan dinamis saat dimasukkan ke banyak nilai.
4. Faktor Skala, faktor ini sering disebut sebagai faktor penyelesaian. Faktor ini digunakan untuk mengubah rata-rata level karakteristik kualitas untuk mencapai

hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor sinyal dengan karakteristik kualitas.

2.8.5 Signal Noise to Ratio (S/N Ratio)

Metode *Taguchi* telah mengembangkan konsep *S/N Ratio* untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor dan eksperimen ini disebut dengan eksperimen faktor ganda. *S/N Ratio* diformulasikan sedemikian rupa agar peneliti selalu dapat memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Tujuan dari *S/N Ratio* ini adalah untuk meminimalkan sensitivitas karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan (Soejanto, 2008).

Karakteristik kualitas adalah hasil dari proses yang berkaitan dengan kualitas. Pada penelitian ini karakteristik dari *S/N Ratio* yang digunakan yaitu *larger the better*. *S/N Ratio-larger the better* digunakan ketika karakteristik kualitas adalah kontinyu, non negatif dan dapat mengambil nilai dari nol sampai tak hingga.. Sehingga untuk produk yang memiliki kuat tekan semakin besar atau setidaknya lebih dari standar kuat tekan tingkat III (60) maka semakin baik produk tersebut. Nilai *S/N Ratio* untuk *larger the better* yaitu:

$$\eta = -10 \log_{10}(MSD) \quad (2-4)$$

Sumber: Belavendram (1995)

$$MSD \text{ (Mean Square Deviation)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \quad (2-5)$$

Sumber : Belavendram (1995)

Dimana :

n : jumlah sampel

y : nilai sampel

2.8.6 Analysis of Variance (ANOVA) Untuk Data Variabel

ANOVA (*Analysis of Variance*) pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher, yaitu seorang Ahli statistik British (Belavendram, 1995). ANOVA adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon (Soejanto, 2008).

Menurut Ritonaga (1987:216) analisis ragam adalah suatu metode yang membagi-bagi eksperimen ke dalam beberapa bagian, bagian mana yang dapat dibagi berdasarkan sumber, sebab atau faktor. Penggunaan ragam ini pertama kali dikembangkan oleh R.A Fisher dalam laporannya tahun 1923, bila ragam dipahami sebagai kuadrat disimpangan baku dari suatu variabel X, s², analisis ragam dalam kenyataannya tidak membagi ragam

ini kedalam bagian-bagian, tetapi membagi jumlah kuadrat simpangan, dalam bagian-bagian tertentu. Bagian bagian inilah yang digunakan dalam tes signifikansi data dalam penelitian (Mashitoh, 2005:8).

Sedangkan menurut Belavendram (1995), analisis variansi (ANOVA) merupakan suatu metode pengambilan keputusan berdasarkan informasi statistik untuk mengetahui perbedaan hasil dari suatu perlakuan. Jenis data atribut presentasi cacat dapat dianalisis dengan menggunakan Analisis of Variance for Attribute Data. Penggunaan ANOVA pada metode *Taguchi* adalah digunakan sebagai metode statistik untuk mengintrepretasikan data – data hasil eksperimen. Penggunaan ANOVA pada metode *Taguchi* adalah digunakan sebagai metode statistik untuk mengintrepretasikan data – data hasil eksperimen. Sedangkan untuk jenis data hasil pengukuran dapat dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance for Variabel Data*. Dalam perhitungan pengerjaannya adalah sebagai berikut (Belavendram, 1995):

1. Membuat table data variable.

Berikut ini adalah Tabel Data Variabel yang ditampilkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Tabel Data Variabel

Exp	A	B	...	Replikasi 1	Replikasi 2	Total
1							
2							
K							

Sumber: Belavendram (1995)

2. Jumlah Kuadrat Total (ST), dengan rumus sebagai berikut:

$$SST = \sum y^2 \quad (2-6)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana:

y adalah data pada setiap replikasi.

3. Jumlah kuadrat rata-rata (*SSmean*)

$$SSmean = n \cdot \bar{y}^2 \quad (2-7)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: n adalah total seluruh replikasi

4. Jumlah kuadrat factor (SS_A, SS_B, dst)

Sebelum menghitung Jumlah Kuadrat Faktor, langkah awal yaitu membuat tabel respon untuk faktor. Berikut ini adalah *Response Table of Factor Effects* yang ditampilkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 *Response Table of Factor Effects*

Class		A	B	C	N
(I)	Level 1				
	Level 2				
	Level 3				

Sumber: Belavendram (1995)

$$SS_A = [(\bar{A1})^2 \times n1] + [(\bar{A2})^2 \times n2] + \dots + [(\bar{Ai})^2 \times ni] - SS_{mean} \quad (2-8)$$

Sumber: Belavendram (1995)

5. Jumlah kuadrat error (SE)

$$SSE = SST - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_n \quad (2-9)$$

Sumber: Soejanto (2008)

6. Membuat Tabel ANOVA

7. Menghitung Derajat Kebebasan Faktor

$$v = (\text{number of levels} - 1) \quad (2-10)$$

Sumber: Belavendram (1995)

8. Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$v_r = (\text{number of eksperiment} - 1) \quad (2-11)$$

Sumber: Belavendram (1995)

9. Menghitung Rata-Rata Jumlah Kuadrat (MS)

$$MS = \frac{SS}{v} \quad (2-12)$$

Sumber: Belavendram (1995)

10. Menghitung Rasio (*F-Ratio*)

$$F \text{ ratio} = \frac{Ms \text{ pada masing-masing faktor}}{Ms \text{ error}} \quad (2-13)$$

Sumber: Soejanto (2008)

11. Menghitung SS Pada Masing-Masing Faktor

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (v \text{ faktor} \times MS \text{ error}) \quad (2-14)$$

Sumber: Soejanto (2008)

12. Menghitung Rho% (Persentase Rasio Akhir) pada masing-masing faktor

$$Rho\% A = \frac{SSA'}{SST} \quad (2-15)$$

Sumber: Soejanto (2008)

2.8.7 Derajat Bebas (*Degree Of Freedom*)

Derajat bebas merupakan banyaknya perbandingan yang harus dilakukan antar level-level faktor (efek utama) atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimal yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan agar diperoleh suatu pemahaman mengenai hubungan antara suatu faktor dengan level yang berbedabeda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini sendiri akan memberikan

informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas (Ishak, 2002: 14).

$$db = n \times r - 1 \quad (2-16)$$

dengan:

db = derajat bebas

n = banyaknya percobaan

r = banyaknya replikasi

2.8.8 Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tetap tercakup dengan beberapa presentase kepercayaan tertentu. Berikut ini interval kepercayaan untuk data variabel pada rata-rata yang diprediksi (*predicted mean*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (\text{faktor terpilih } 1 - \bar{y}) + \dots + (\text{faktor terpilih } n - \bar{y}) \quad (2-17)$$

Sumber:Belavendram (1995)

Dimana :

\bar{y} = rata – rata nilai hasil dari faktor yang terpilih setelah *pooled*

$$Cl_{mean} = \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times Ve \times \frac{1}{neff} \right)} \quad (2-18)$$

$$neff = \frac{\text{total number of degree of freedom}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

Sumber:Belavendram (1995)

Dimana :

$F_{\alpha, v1, v2}$ = Nilai *F-ratio* dari tabel

$\alpha = 0,05$

$v1$ = Derajat kebebasan untuk pembilang yang berhubungan dengan suatu rata-rata.

$v2$ = Derajat kebebasan untuk penyebut yang berhubungan dengan variasi *pooled error*.

ve = variansi *pooled error*.

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap *predicted mean*.

$$\mu_{predicted} - CI \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI \quad (2-19)$$

Sumber:Belavendram (1995)

Berikut ini adalah perhitungan *confidence interval – for a confirmation experiment*.

Perhitungan ini dilakukan setelah dilakukan uji konfirmasi.

$$Cl_{mean} = \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times Ve \times \left[\frac{1}{neff} + \frac{1}{r} \right] \right)} \quad (2-20)$$

Sumber:Belavendram (1995)

Dimana :

$\frac{1}{r}$ = jumlah replikasi yang dilakukan saat uji konfirmasi

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap uji konfirmasi.

$$\mu_{predicted} - CI \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI \quad (2-21)$$

Sumber: Belavendram (1995)

2.8.9 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen Konfirmasi dilaksanakan dengan melakukan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu dari faktor – faktor dan level – level hasil evaluasi sebelumnya dengan tujuan untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa (Soejanto, 2008). Tujuan eksperimen konfirmasi adalah untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa. Hal ini perlu dilakukan bila digunakan percobaan pemeriksaan dengan resolusi rendah dan berbentuk faktorial fraksional. Karena adanya pencampuran di dalam kolom, kesimpulan yang diperoleh harus dianggap sebagai kesimpulan yang diperoleh harus dianggap sebagai kesimpulan awal hingga dilakukannya validasi oleh eksperimen konfirmasi. Ketika eksperimen yang digunakan berbentuk fraksional-fraksional dan beberapa faktor memiliki kontribusi terhadap variasi, terdapat kemungkinan bahwa kombinasi terbaik dari faktor dan level tidak nampak pada kombinasi pengujian matriks *orthogonal*. Pada percobaan ini, ukuran sampel yang digunakan lebih besar daripada percobaan sebelumnya. Berikut ini adalah penjelasan dari tujuan eksperimen konfirmasi yang berfungsi sebagai perbandingan nilai interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan konfirmasi ditampilkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Perbandingan Interval Kepercayaan Untuk Kondisi Optimal dan Konfirmasi

Kondisi	Perbandingan	Keterangan	Keputusan
A		<i>Predicted</i>	Diterima
		Konfirmasi	
B		<i>Predicted</i>	Diterima
		Konfirmasi	
C		<i>Predicted</i>	Diterima
		Konfirmasi	

Sumber: Belavendram (1995)

2.9 Karakteristik Abu Sekam Padi

Abu sekam padi yang digunakan pada penelitian ini adalah abu sekam padi hasil pembakaran sekam padi yang mempunyai butiran kecil, sehingga mudah untuk diolah dan mudah didapat. Abu sekam padi sekarang ini belum banyak dimanfaatkan sebagai bahan bangunan karena dianggap limbah atau sampah. Sisa sekam padi hasil panen sawah masyarakat sekitar tidak dimanfaatkan oleh warga sekitar dan langsung dibuang begitu saja.

Menurut Kuncoro (2013) dalam penelitiannya yang membahas tentang pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kekuatan genteng tanah liat kabupaten pringsewu, setelah melakukan penelitian dan pengolahan data, dapat disimpulkan bahwa penambahan abu sekam padi sebesar 5% meningkatkan kekuatan tekan dan porositas genteng tanah liat.

Abu sekam padi kaya akan silika (SiO_2) yang dalam oksidanya dikenal dengan *silica dioxide*. Sebenarnya penggunaan silika dalam dunia konstruksi khususnya teknologi beton sudah mulai dipakai sebagai bahan tambah. Hebatnya silika yang dari abu sekam padi ini tidak kalah dengan *silica fume* yang harganya cukup tinggi. *Silica Fume* atau *Micro Silica* adalah mineral admixture yang ditambahkan kedalam beton untuk meningkatkan durabilitas dan menurunkan permeabilitas beton. *Silica fume* merupakan bahan hasil produksi *Silicon Metal* atau *Ferrosilicon Alloy*. *Silica fume* secara kimia terdiri dari Silicon Dioksida (SiO_2). *Silica fume* yang sesuai dengan standar internasional seperti ASTM, JIS, EN, dll harus memiliki kandungan SiO_2 diatas 85%.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian, tempat dan waktu penelitian, juga tentang tahapan-tahapan dilakukannya penelitian agar proses penelitian dapat terarah, terstruktur, dan sistematis.

3.1 Jenis Penelitian

Menurut Sugiyono (2009:3), terdapat beberapa jenis metode penelitian yang dikelompokkan sebagai metode untuk karya ilmiah, yaitu:

1. Metode Penelitian Eksperimental
2. Metode Deskriptif
3. Metode Evaluatif

Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental, dimana peneliti menggunakan data primer yang diambil dari penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen adalah penelitian dengan pemberian perlakuan atau *treatment* pada suatu objek yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan.

Objek penelitian ini adalah genteng tanah liat di Desa Talangsuko Kabupaten Malang, dimana eksperimen dilakukan untuk meningkatkan kualitas kuat lentur genteng tanah liat dengan penambahan abu sekam padi menggunakan desain eksperimen *Taguchi* yang memberikan perbedaan faktor dan level faktor pada masing-masing perlakuan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di industri genteng tanah liat Desa Talangsuko, Kecamatan Turen, Kabupaten Malang Selatan. Untuk pengujian kuat lentur dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, alat dan bahan yang diperlukan untuk mendukung berjalannya eksperimen penelitian ini, antara lain:

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

- a. Mesip *slap*, untuk mencampurkan adonan tanah liat dan tanah berpasir yang sudah di campur dengan abu sekam padi.
- b. Ember, untuk wadah air.
- c. Cangkul, untuk mencampur tanah liat dan tanah berpasir.
- d. Mesin cetak manual, untuk mencetak genteng.
- e. *Pallet*, untuk meletakkan genteng yang telah di cetak.
- f. Alat pengukur kuat lentur genteng, yaitu mesin *Control Milano Italy* dengan kapasitas 2000KN dan ketelitian 0,1kg.

2. Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Tanah liat yang berasal dari area sawah di daerah Kepanjen, satuan (m^3).
- b. Air, digunakan untuk proses pengairan tanah liat, satuan (m^3).
- c. Abu hasil pembakaran sekam padi, digunakan sebagai campuran adonan dengan tanah liat, satuan (m^3).
- d. Kayu bakar, untuk proses pembakaran genteng tanah liat.
- e. Solar.

Untuk mempermudah dalam menjalankan eksperimen ini, semua bahan baku menggunakan satuan kilogram (kg). bahan baku seperti tanah liat, abu sekam padi, dan air maka dikonversikan satuannya menjadi koligram (kg) dengan mengalikan massa jenisnya masing-masing. Massa jenis air $1 \text{ kg}/m^3$, massa jenis abu $1125 \text{ kg}/m^3$, dan tanah liat $1800 \text{ kg}/m^3$.

3.4 Tahap Penelitian

Tahap penelitian meliputi tahap penelitian pendahuluan, tahap perencanaan eksperimen, tahap pelaksanaan dan analisis eksperimen dan tahap kesimpulan.

3.4.1 Tahap Penelitian Pendahuluan

Pada tahap penelitian pendahuluan meliputi beberapa metode yaitu metode studi kepustakaan dan metode penelitian lapangan. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing metode dalam penelitian pendahuluan.

1. Metode Studi Kepustakaan

Metode studi kepustakaan adalah suatu cara yang digunakan untuk mendapatkan referensi mengenai permasalahan yang dikaji dan dianalisis berdasarkan literatur dari sumber pustaka dan jurnal penelitian sebelumnya.

2. Metode Penelitian Lapangan

Metode penelitian lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan secara langsung dari permasalahan yang diteliti. Dalam melakukan penelitian lapangan terdapat beberapa cara yang digunakan untuk mengetahui kondisi permasalahan yang diteliti yaitu sebagai berikut:

a. *Interview*

Pada tahap ini dilakukan wawancara terhadap pengrajin genteng tanah liat untuk mengetahui faktor-faktor yang dianggap berpengaruh dalam peningkatan kualitas kuat lentur genteng tanah liat.

b. *Brainstorming*

Suatu metode yang digunakan untuk memperoleh pengetahuan tambahan atau informasi dengan berdiskusi dan bertukar pikiran. *Brainstorming* pada penelitian ini dilakukan dengan salah satu ahli dalam pembuatan genteng tanah liat dan dikombinasikan dengan teori untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap peningkatan kualitas kuat lentur genteng tanah liat.

c. Observasi

Suatu metode yang digunakan untuk memperoleh data dengan cara mengadakan pengamatan langsung terhadap keadaan yang sebenarnya. Data yang diperoleh dari teknik observasi ini adalah data kuat lentur genteng tanah liat di Desa Talangsuko Kabupaten Malang

d. Dokumentasi

Suatu metode yang digunakan untuk memperoleh data dengan cara menelusuri arsip-arsip atau catatan yang ada yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Data yang diperoleh dari teknik dokumentasi ini adalah data kriteria mutu kuat lentur genteng tanah liat berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI 03-6861.1-2002.

e. Eksperimen

Eksperimen merupakan metode penelitian lapangan yang dilakukan dengan cara melakukan penelitian secara langsung yaitu dengan cara mengolah air sungai menjadi air yang layak digunakan dengan penambahan bahan-bahan tertentu.

3.4.2 Tahap Perencanaan Eksperimen

Pada tahap perencanaan eksperimen terdapat beberapa langkah yang akan dilakukan yaitu melakukan identifikasi masalah, merumuskan masalah dan menentukan tujuan penelitian. Berikut merupakan penjelasan dari setiap langkah yang akan dilakukan.

1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap ini dilakukan identifikasi masalah berdasarkan pengamatan yang dilakukan berdasarkan landasan teori yang berkaitan dengan pengamatan yang dilakukan masalah yang timbul adalah belum diketahuinya standar pembuatan genteng tanah liat oleh para pengrajin genteng di Desa Talangsuko terutama untuk standar kuat lentur genteng. Setelah identifikasi masalah telah diperoleh, selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam menentukan rumusan masalah yang menjadi fokus dalam penelitian ini.

2. Penetapan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian didapatkan dari hasil perumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, sehingga dapat menjadi acuan dalam menentukan tingkat keberhasilan suatu penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor yang mempengaruhi kualitas kuat lentur yang berpengaruh terhadap kualitas genteng tanah liat dengan adanya bahan tambahan abu sekam padi.

3. Pengukuran Kondisi Aktual

Pengukuran kondisi aktual bertujuan untuk meningkatkan kualitas kuat lentur genteng tanah liat. Data yang didapatkan dari hasil pengujian digunakan sebagai perbandingan kualitas kuat lentur genteng tanah liat sebelum dan sesudah diterapkan metode eksperimen *Taguchi*.

4. Desain Penelitian

Pada desain penelitian dibagi menjadi beberapa bagian seperti penentuan respon, identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh, penentuan jumlah faktor dan level faktor, perhitungan derajat kebebasan, penentuan *Orthogonal Array* dan jumlah eksperimen.

Berikut merupakan penjelasan dari desain penelitian.

a. Identifikasi Faktor

Hasil Studi kepustakaan, studi lapangan, penelitian terdahulu, *brainstroming*, wawancara dengan pihak pengrajin dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas kuat lentur genteng tanah liat. Faktor-faktor yang akan diidentifikasi dalam penelitian ini adalah faktor-faktor yang dianggap berpengaruh terhadap kualitas kuat lentur genteng tanah liat. Sedangkan faktor yang dianggap tidak berpengaruh tidak diperhatikan.

b. Penetapan Jumlah Faktor dan Level Faktor

Pada penetapan level faktor berpengaruh didapatkan dari studi literatur dan penelitian terdahulu. Level faktor yang digunakan dalam eksperimen air sungai ini menggunakan dua *setting level* faktor. Berikut ini merupakan faktor dan level yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas kuat lentur genteng tanah liat.

c. Perhitungan Derajat Kebebasan

Pada perhitungan derajat kebebasan berguna untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang dilakukan.

d. Pemilihan *Orthogonal Array*

Sebelum menetapkan desain *orthogonal array* yang sesuai maka dibutuhkan nilai *degree of freedom* dari faktor-faktor yang akan digunakan. Selanjutnya *degree of freedom orthogonal array* yang digunakan minimal sama dengan *degree of freedom* faktor utama tersebut.

3.4.3 Tahap Pelaksanaan dan Analisis Eksperimen

Berikut merupakan penjelasan tahap pelaksanaan dan analisis eksperimen, yaitu:

1. Pengumpulan Data

Untuk melakukan pengumpulan data maka akan dilakukan uji laboratorium tingkat kekeruhan air sungai, pelaksanaan eksperimen *Taguchi*, dan uji laboratorium tingkat kekeruhan air setelah eksperimen

a. Uji Laboratorium Kuat Lentur Genteng

Genteng tanah liat yang telah diproduksi dijadikan sebagai sampel untuk diuji kuat lentur genteng untuk mengetahui kondisi awal kuat lentur genteng.

b. Pelaksanaan Eksperimen *Taguchi*

Eksperimen dilakukan sesuai dengan kombinasi faktor dan level faktor terpilih serta jumlah perlakuan yang sesuai dengan *Orthogonal Array* yang telah ditentukan, dimana untuk masing-masing perlakuan terdapat 4 replikasi.

c. Uji Laboratorium Kuat Lentur Genteng Setelah Eksperimen

Genteng tanah liat hasil dari eksperimen *Taguchi* selanjutnya diuji kekuatan lenturnya untuk mengetahui perubahan kuat lentur genteng tanah liat setelah dilakukan eksperimen dengan menggunakan metode *Taguchi*.

2. Pengolahan Data

a. Pengolahan Data Dengan Metode *Taguchi*

1) Perhitungan rata-rata uji kuat lentur genteng setiap percobaan

Dari data hasil uji kuat lentur yang didapat, dilakukan perhitungan rata-rata kuat lentur genteng tanah liat.

2) Perhitungan ANOVA

Perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata digunakan untuk mencari faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata (respon).

3) Perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Tujuan dari perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR) adalah untuk meminimalkan sensitivitas karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan.

4) Perhitungan *setting* level optimal dari masing-masing faktor

Optimasi dilakukan dengan memaksimalkan nilai rata-rata dan meminimalkan nilai variansi. Sehingga hasil optimal berupa *setting* level optimal dari masing-masing faktor dan level yang ada pada eksperimen *Taguchi* dapat diketahui.

5) Perhitungan interval kepercayaan untuk nilai rata-rata dan SNR

Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tetap tercakup dengan beberapa presentase kepercayaan tertentu.

3. Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen Konfirmasi dilaksanakan dengan melakukan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu dari faktor – faktor dan level – level hasil evaluasi sebelumnya dengan tujuan untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa.

4. Perbandingan Kondisi Aktual dan Konfirmasi

Seperti pada kondisi optimal, tujuan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi yaitu untuk membuat suatu perkiraan dari level-level faktor. Untuk selang kepercayaan sendiri akan dibandingkan antara selang kepercayaan optimal dengan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi. Dengan membandingkan antara selang kepercayaan optimal dengan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi, akan didapatkan suatu gambaran apakah percobaan ini diterima atau ditolak kevalidannya dengan cara membandingkan dalam bentuk grafik.

5. Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pembahasan terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan.

3.4.4 Tahap Kesimpulan

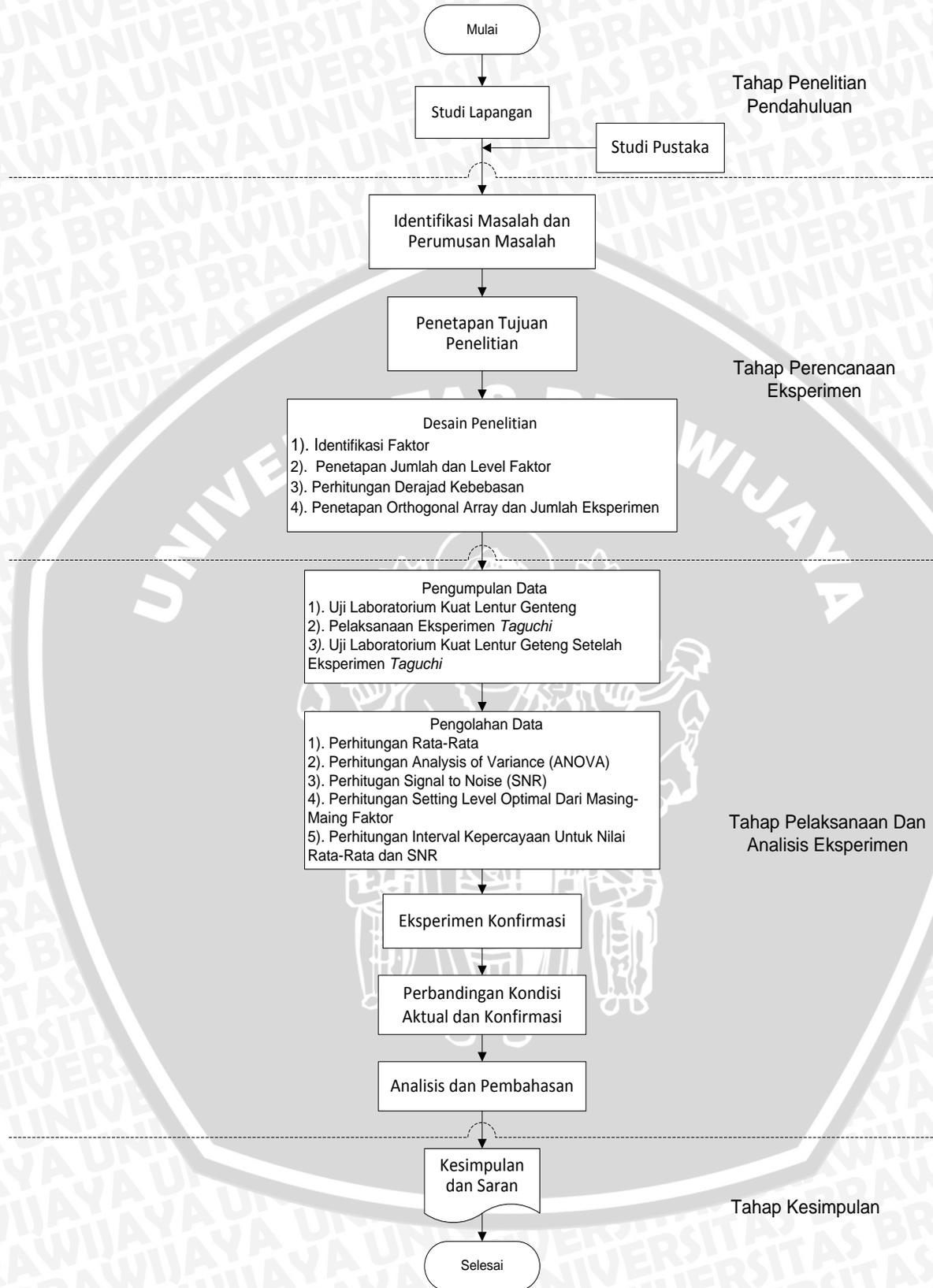
Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian yang menjawab tentang tujuan pada uraian sebelumnya dan menyimpulkan hasil dari pengumpulan, pengolahan dan analisa dari data

3.5 Langkah-langkah Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan prosedur yang telah ditetapkan oleh *Taguchi*, yaitu dengan melakukan perhitungan *Analisis of Variance* sesuai langkah-langkah yang telah ditentukan serta melakukan uji *after* ANOVA untuk mengetahui faktor mana yang paling memberikan pengaruh sehingga diketahui *setting* faktor optimal yang dapat mempengaruhi kadar minimal Residu tersuspensi dalam air.

3.6 Diagram Alir Penelitian

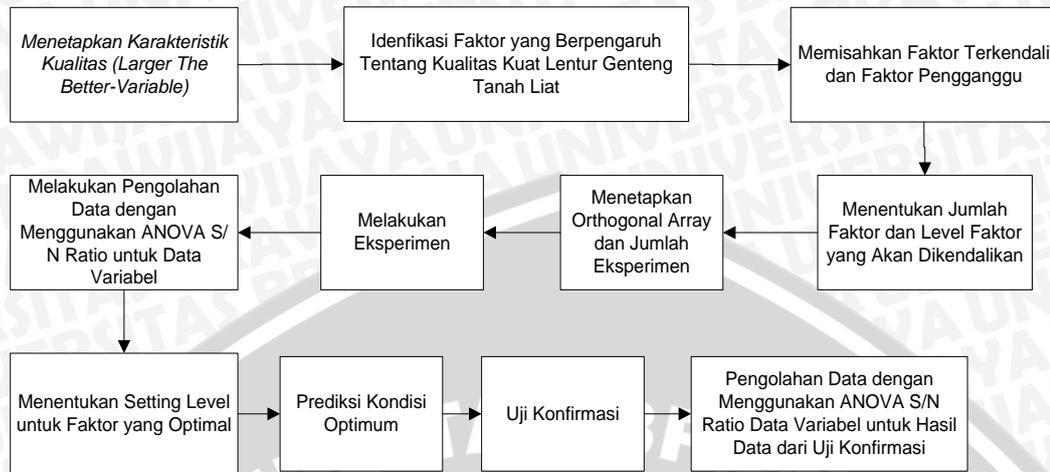
Langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini digambarkan oleh diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah langkah-langkah penelitian metode *Taguchi* yang ditampilkan pada

Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Metode *Taguchi*



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pembahasan dari rumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Setelah data-data yang dibutuhkan diperoleh, maka selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *Taguchi* agar diperoleh suatu perbaikan pada kualitas kuat lentur genteng tanah liat yang di anggap masih kurang atau belum mencapai target yang telah ditetapkan oleh Standar Industri Indonesia Standar Kuat Lentur Genteng (SNI 03-6861.1-2002), sehingga dapat menurunkan produk cacat yang dihasilkan dan dapat meningkatkan kualitas genteng tanah liat yang di produksi.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Industri genteng merupakan salah satu industri yang paling banyak di Indonesia. Komoditi genteng merupakan salah satu komoditi yang dapat diandalkan karena masih banyaknya masyarakat di Indonesia terutama masyarakat pedesaan yang masih membutuhkan genteng karena harganya yang sangat terjangkau.

Industri genteng tanah liat Talangsuko adalah salah satu pusat industri genteng tanah liat yang berada Desa Talangsuko, Kecamatan Turen, Kabupaten Malang. Industri genteng tanah liat ini terdiri atas beberapa pengrajin genteng didaerah sekitar, salah satunya yaitu Bapak Edy Sholahuddin. Bapak Edy memulai usaha pembuatan genteng tanah liat sejak tahun 1990-an, dimana usaha ini Beliau teruskan dari orang tuanya yang merupakan usaha turun-temurun. Bapak Edy memiliki 3 orang pegawai, antara lain 2 orang pada proses pencampuran bahan baku dan penggilingan manual adonan genteng tanah liat, 1 orang pada proses pencetak manual genteng tanah liat sekaligus merangkap proses pengeringan genteng, dan ketiga orang tersebut melaksanakan tugas pada proses pembakaran genteng tanah liat, untuk kegiatan yang berada di luar proses produksi dilakukan secara bersamaan dan dibantu juga oleh Bapak Edy. Sampai saat ini, proses pembuatan genteng tanah liat hampir seluruh prosesnya masih bersifat konvensional.

4.2 Penentuan Respon

Data respon yang didapatkan dari eksperimen harus diukur dengan alat ukur yang valid dengan pengukuran yang benar. Dalam penentuan respon ini terdiri dari dua karakteristik kualitas yaitu memilih karakteristik kualitas (variabel tak bebas) dan memilih faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas (variabel bebas). Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya bergantung pada variabel-variabel lainnya. Dalam suatu percobaan harus ditentukan variabel tak bebas yang akan diteliti. Dalam penelitian ini variabel tak bebas atau pemilihan karakteristik kualitas yaitu *Larger the Better* untuk tingkat kuat lentur genteng. *Larger the better* berarti semakin besar nilai target yang diperoleh maka semakin baik. Variabel bebas adalah variabel-variabel yang perubahannya tidak bergantung pada variabel lainnya. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu komposisi genteng tanah liat.

4.3 Identifikasi Faktor dan Penentuan Level Faktor

Penentuan faktor dan level faktor merupakan hal terpenting pada eksperimen *Taguchi*, dimana faktor dan level faktor inilah yang nantinya digunakan sebagai kombinasi perlakuan yang dapat mempengaruhi respon atau hasil.

4.3.1 Identifikasi Faktor

Hasil studi kepustakaan, studi lapangan, penelitian terdahulu, diskusi, dan wawancara dengan pengrajin dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas dari genteng tanah liat. Faktor-faktor yang akan diidentifikasi dalam penelitian ini adalah faktor-faktor yang diasumsikan dapat mempengaruhi kualitas kuat lentur genteng. Untuk faktor-faktor yang diasumsikan tidak berpengaruh tidak diperhatikan. Berikut ini merupakan faktor-faktor yang diasumsikan berpengaruh terhadap karakteristik kualitas kuat lentur genteng tanah liat yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Faktor Yang Berpengaruh Pada Kuat Lentur Genteng

No.	Faktor Yang Dianggap Berpengaruh
1.	Rasio Tanah Liat : Tanah Berpasir : Abu Sekam Padi
2.	Jumlah Penggilingan
3.	Lama Pengerangan
4.	Posisi Pembakaran
5.	Kadar Air
6.	Intensitas Sinar Matahari
7.	Peletakan Genteng Pada Rak Penyimpanan

Dalam penelitian ini tidak semua faktor mempengaruhi respon sehingga hanya akan menggunakan beberapa faktor yang dianggap penting dan memiliki pengaruh besar saja. Berikut ini merupakan faktor yang dipertimbangkan berpengaruh terhadap karakteristik kualitas kuat lentur genteng tanah liat.

Tabel 4.2 Faktor Yang Dipertimbangkan Terhadap Kuat Lentur Genteng

No.	Faktor Yang Dianggap Berpengaruh
1.	Rasio Tanah Liat : Tanah Berpasir : Abu Sekam Padi
2.	Jumlah Penggilingan
3.	Lama Pengeringan
4.	Posisi Pembakaran

Penentuan faktor pada penelitian ini didapatkan dari hasil penelitian terdahulu serta diskusi dengan beberapa ahli dan pengrajin genteng tanah liat di Desa Talangsuko. Dari tujuh faktor yang dianggap berpengaruh, dipilih hanya empat faktor saja yang benar-benar memiliki pengaruh yang paling besar yaitu rasio tanah liat : tanah berpasir : abu sekam padi, jumlah penggilingan, lama pengeringan, dan posisi pembakaran. Sedangkan untuk kadar air, intensitas sinar matahari, dan peletakan genteng pada rak penyimpanan tidak dipilih karena berdasarkan hasil diskusi dengan pengrajin, faktor-faktor tersebut yang dianggap paling berpengaruh terhadap kualitas genteng, khususnya kuat lentur genteng, dan tidak terdapat dasar yang cukup kuat untuk menjadikannya sebagai faktor yang berpengaruh

4.4 Penetapan Jumlah dan Level Faktor

Dari hasil penjabaran hasil studi kepustakaan, studi lapangan, penelitian terdahulu, diskusi, dan wawancara dengan pengrajin, diputuskan bahwa penelitian ini menggunakan tiga level untuk masing-masing faktornya. Berikut merupakan faktor dan level faktor yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 4.3 Faktor dan Level Faktor Yang Dgunakan Dalam Penelitian

Faktor Yang Berpengaruh	Level Faktor		
	1	2	3
Rasio tanah liat : tanah berpasir : abu sekam padi	75% : 25% : 0%	75% : 20% : 5%	75% : 15% : 10%
Jumlah penggilingan	2 kali	3 kali	4 kali
Lama pengeringan	5 hari	6 hari	7 hari
Posisi pembakaran	Lapisan Atas	Lapisan Tengah	Lapisan Bawah

Berikut merupakan beberapa literature dan penelitian terdahulu yang mendukung terpilihnya faktor dan level faktor pada penelitian ini.

1. Perbandingan Rasio Tanah Liat, Tanah Berpasir, dan Abu Sekam Padi.

Penentuan rasio tanah liat dan aggregate yang digunakan seperti abu hasil pembakaran padi pada genteng tanah liat, yaitu dengan perbandingan tanah liat (75%) dan untuk agregat tanah berpasir memiliki rasio yang bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan. Dikhususkan untuk penggunaan rasio abu sekam padi hanya berkisar 0% sampai dengan 10% (Handayani, 2010), dengan demikian pada penelitian ini menggunakan rasio abu sekam padi yaitu 0%, 5%, dan 10%. Pada penelitian ini rasio yang digunakan untuk perbandingan tanah liat : tanah berpasir : abu sekam padi adalah 70% : 25% : 0%, 75% : 20% : 5%, dan 75% : 15% : 10%.

2. Jumlah Penggilingan.

Penentuan lama penggilingan dikombinasikan dari pengalaman pengrajin dan hasil penelitian Handayani (2010), yaitu sebanyak 2 sampai dengan 4 kali penggilingan. Maka dari itu, untuk penelitian ini lama penggilingan yang digunakan yaitu 2 kali, 3 kali, dan 4 kali penggilingan.

3. Lama Waktu Proses Pengeringan.

Lama waktu proses pengeringan genteng berpengaruh terhadap kandungan kadar air yang terdapat dalam genteng. Menurut Sholahuddin (2015), genteng yang baik memiliki kandungan kadar air tidak lebih dari 15% karena nantinya akan berpengaruh pada saat proses pembakaran genteng. Penentuan lama waktu proses pengeringan didapatkan dari hasil kombinasi pengalaman pengrajin dengan hasil penelitian Huda (2012), yaitu waktu pengeringan terbaik genteng tanah liat selama musim kemarau adalah sekitar 3 hingga 4 hari dan waktu terbaik untuk musim penghujan adalah 5 sampai dengan 7 hari. Dengan adanya kombinasi tersebut dan faktor pembuatan genteng tanah liat pada musim penghujan, maka pada penelitian ini menggunakan faktor 5 hari, 6 hari, dan 7 hari.

4. Posisi Pembakaran.

Posisi genteng dalam lapisan pembakaran (lapisan bawah, lapisan tengah, dan lapisan atas) mempengaruhi sifat fisis dan mekanis genteng, yaitu densitas, warna, ukuran, kuat lentur, dan daya serap air genteng tanah liat. Genteng yang telah dikeringkan kemudian dimasukkan ke dalam tungku pembakaran, setelah itu pembakaran di mulai dengan api kecil yang disebut dengan pangasapan (proses ubub) dengan suhu dibawah 600° C selama 1,5 jam sampai 2 jam, setelah itu dibiarkan kurang lebih 10 jam dan dilanjutkan

pembakaran dengan api besar yang disebut dengan pembakaran *biscuit* yang suhunya 800° sampai 1000° selama 12 jam (Febriansyah, 2013). Oleh sebab itu, penelitian ini melakukan pembakaran pada keseluruhan posisi pembakaran, yaitu posisi bawah, tengah, dan atas dengan 2 kali pembakaran yaitu pembakaran dengan api kecil dan pembakaran dengan api besar.

4.5 Penetapan *Orthogonal Array* dan Jumlah Eksperimen

Untuk mendapatkan desain *orthogonal array* yang sesuai maka diperlukan nilai *degree of freedom* dari faktor-faktor yang akan digunakan dalam eksperimen. Setelah *degree of freedom* dari faktor diketahui, maka *degree of freedom orthogonal array* yang digunakan minimal sama dengan *degree of freedom* faktor utama tersebut. Pada Tabel 4.4 berikut ini adalah perhitungan *degree of freedom* untuk faktor yang terkontrol dalam penelitian ini.

Tabel 4.4 Perhitungan *Degree of Freedom*

Faktor		Df
Kode	Penjelasan	
A	Rasio tanah liat : tanah berpasir : abu sekam padi	(3-1)
B	Jumlah penggilingan	(3-1)
C	Lama pengeringan	(3-1)
D	Posisi pembakaran	(3-1)
Total		8

Pada Tabel 4.4 diketahui bahwa *degree of freedom* dari faktor pada penelitian ini adalah delapan (8). Untuk mengetahui *degree of freedom orthogonal array* didapatkan dengan cara mengalikan derajat kebebasan per kolom dengan jumlah kolom. Berikut ini adalah perhitungan *degree of freedom orthogonal array*:

$$\text{DF Faktor A} = (3 - 1) = 2$$

$$\text{DF Faktor B} = (3 - 1) = 2$$

$$\text{DF Faktor C} = (3 - 1) = 2$$

$$\text{DF Faktor D} = (3 - 1) = 2$$

$$L_9(3^4) = (3 - 1) * 4 = 8$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa desain *orthogonal array* sesuai dengan *degree of freedom* dari faktor-faktor pada eksperimen. Dalam penelitian ini terdapat 4 faktor terkontrol dengan masing-masing faktor memiliki 3 level faktor dan tidak ada faktor interaksi. Pada Tabel 4.5 adalah tabel matriks *orthogonal array* yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 4.5 Matriks *Orthogonal Array* $L_9(3^4)$

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

Sumber: Soejanto (2009)

Jumlah eksperimen yang harus dibuat sesuai dengan *orthogonal array* $L_9(3^4)$ adalah 9 kali eksperimen dan setiap eksperimen memiliki beberapa kali replikasi. Replikasi juga bertujuan untuk mengurangi tingkat kesalahan dan meningkatkan ketelitian. Menurut Montgomery (2009 : 231), jumlah *trial* yang digunakan dalam setiap subgroup yaitu antara 3 hingga 5, sehingga dalam penelitian ini diputuskan untuk melakukan 4 kali *trial* dalam setiap eksperimennya dengan total keseluruhan data berjumlah 36.

4.6 Pelaksanaan Eksperimen *Taguchi*

Pada tahapan pelaksanaan eksperimen *Taguchi* akan dibuat sampel genteng tanah liat yang terdiri dari faktor-faktor terkendali dengan acuan campuran adonan yang akan digunakan yaitu penugasan pada table *orthogonal array*, sehingga campuran adonan sudah terperinci dari bahan mana saja yang digunakan dan juga berapa banyak bahan tersebut digunakan. Untuk mempermudah dalam pembuatan sampel genteng maka jumlah bahan yang ada dihitung dalam berat kilogram (Kg). Begitu pula faktor-faktor berpengaruh lain pada proses produksi sampel genteng akan mengikuti penugasan pada table *orthogonal array*.

Berikut merupakan langkah-langkah eksperimen mulai dari persiapan awal hingga pengujian laboratorium pada penelitian ini.

1. Persiapan.

Dalam tahap ini dilakukan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam eksperimen, yaitu tanah liat, tanah berpasir, dan sekam padi yang harus melalui proses pembakaran terlenih dahulu untuk diambil abu sekam padinya. Jumlah komposisi bahan yang ada dihitung dalam berat kilogram (Kg). Berikut adalah perhitungan komposisi bahan baku pembuatan genteng tanah liat di Desa Talangsuko yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Komposisi Bahan Baku Genteng

Level	Bahan Baku	Rasio	Bahan Baku (Kg)
1	Tanah Liat	75%	3,44
	Tanah Berpasir	25%	1,42
	Abu Sekam Padi	0%	0
2	Tanah Liat	75%	3,44
	Tanah Berpasir	20%	1,33
	Abu Sekam Padi	5%	0,07
3	Tanah Liat	75%	3,44
	Tanah Berpasir	15%	1,10
	Abu Sekam Padi	10%	0,27

Tahap persiapan bahan ditunjukkan dalam Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Tahap Persiapan Bahan Baku Genteng

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)

2. Proses pembakaran sekam padi.

Sekam padi yang telah disiapkan sebelumnya selanjutnya dibakar hingga menjadi abu yang nantinya akan dicampurkan ke dalam adonan genteng dalam proses penggilingan.



Gambar 4.2 Proses Pembakaran Sekam Padi

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)



Gambar 4.3 Abu Sekam Padi

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)

3. Penggilingan bahan baku dengan menggunakan mesin penggiling.

Melakukan proses penggilingan bahan baku genteng tanah liat menggunakan mesin slap sesuai dengan *setting* faktor dan level faktor yang telah ditentukan.



Gambar 4.4 Proses Penggilingan Bahan Baku Genteng
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)

4. Proses pencetakan adonan hasil penggilingan.

Setelah semua bahan baku digiling menggunakan mesin slap dan menjadi adonan genteng, proses selanjutnya adalah pencetakan adonan genteng menggunakan alat cetak genteng.



Gambar 4.5 Proses Pencetakan Genteng
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)



Gambar 4.6 Hasil Proses Pencetakan Genteng
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)

5. Penyusunan genteng yang baru dicetak pada rak penyimpanan.

Adonan genteng yang sudah dicetak selanjutnya disimpan dalam rak penyimpanan selama kurang lebih dua hari yang bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terdapat dalam genteng sebelum dilanjutkan ke proses berikutnya.



Gambar 4.7 Penyusunan Genteng Pada Rak Penyimpanan
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)



Gambar 4.8 Posisi Genteng Pada Rak Penyimpanan
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)

6. Proses pengeringan genteng.

Genteng yang disimpan dalam rak penyimpanan selama dua hari selanjutnya akan dilakukan proses pengeringan genteng dibawah sinar matahari untuk mengurangi kembali kadar air yang terkandung dalam genteng selama 5 – 7 hari.



Gambar 4.9 Proses Pengeringan Genteng
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)

7. Penyusunan genteng pada tungku pembakaran.

Semua genteng yang telah dikeringkan lalu di susun ke dalam tungku pembakaran untuk selanjutnya dilakukan proses pembakaran genteng.



Gambar 4.10 Penyusunan Genteng Dalam Tungku Pembakaran
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)

8. Pembakaran genteng.

Pembakaran pertama dimulai dengan api kecil yang disebut dengan pengasapan (proses ubub) dengan suhu dibawah 600°C selama 1,5 jam sampai 2 jam, setelah itu dibiarkan kurang lebih 10 jam dan dilanjutkan pembakaran dengan api besar yang disebut dengan pembakaran *biscuit* yang suhunya 800° sampai 1000° selama 12 jam. Penelitian ini melakukan pembakaran pada keseluruhan posisi pembakaran, yaitu posisi bawah, tengah, dan atas dengan 2 kali pembakaran, yaitu pembakaran dengan api kecil dan pembakaran dengan api besar.

9. Pengujian kuat lentur genteng.

Genteng yang sudah jadi selanjutnya diuji kualitas kuat lenturnya di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya menggunakan mesin uji kuat lentur, yaitu mesin *Control Milano Italy* dengan kapasitas 2000KN dan ketelitian 0,1kg beserta pembebanan dan penumpu yang terbuat dari kayu.



Gambar 4.11 Tahap Uji Laboratorium
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)

Hasil rekap data pengujian kuat lentur genteng tanah liat yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya pada eksperimen ini ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Lentur Genteng Tanah Liat

Ekserimen	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4
1	134,5	132,5	134,5	134,0
2	131,0	130,5	132,5	132,5
3	134,5	134,5	135,5	134,0
4	136,0	133,5	133,5	133,5
5	135,5	134,5	134,0	134,5
6	134,5	134,0	133,5	133,5
7	132,0	131,0	130,5	130,0
8	131,5	129,0	131,5	130,5
9	128,0	130,5	130,0	131,0

Dari data yang ada tersebut selanjutnya akan dilakukan pengolahan data menggunakan menggunakan *Analysis of Variance (ANOVA)* prediksi rata-rata dan *Signal to Noise Ratio (SNR)*.

4.7 Pengolahan *Analysis Of Variance (ANOVA)* Prediksi Rata-Rata

Metode *Taguchi* menggunakan *Analysis of Variance (ANOVA)* prediksi rata-rata bertujuan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai respon. *Analysis of Variance (ANOVA)* merupakan metode yang digunakan untuk mencari *setting* level optimal guna meminimalkan penyimpangan variansi. Berikut ini langkah-langkah perhitungan *Analysis of Variance (ANOVA)* prediksi rata-rata.

1. Mengukur kuat lentur genteng tanah liat dari hasil eksperimen.

Berikut ini adalah hasil pengujian kuat lentur genteng tanah liat yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kuat Lentur Genteng Tanah Liatt

A	B	C	D	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4
1	1	1	1	134,5	132,5	134,5	134,0
1	2	2	2	131,0	130,5	132,5	132,5
1	3	3	3	134,5	134,5	135,5	134,0
2	1	2	3	136,0	133,5	133,5	133,5
2	2	3	1	135,5	134,5	134,0	134,5
2	3	1	2	134,5	134,0	133,5	133,5
3	1	3	2	132,0	131,0	130,5	130,0
3	2	1	3	131,5	129,0	131,5	130,5
3	3	2	1	128,0	130,5	130,0	131,0

2. Memasukkan data hasil eksperimen dan melakukan pengolahan data rata-rata kuat lentur.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Rata-Rata Kuat Lentur Eksperimen 1-4

A	B	C	D	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Rata-Rata
1	1	1	1	134,5	132,5	134,5	134,0	133,875
1	2	2	2	131,0	130,5	132,5	132,5	131,625
1	3	3	3	134,5	134,5	135,5	134,0	134,625
2	1	2	3	136,0	133,5	133,5	133,5	134,125

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Rata-Rata Kuat Lentur Replikasi 5-9

A	B	C	D	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Rata-Rata
2	2	3	1	135,5	134,5	134,0	134,5	134,625
2	3	1	2	134,5	134,0	133,5	133,5	133,875
3	1	3	2	132,0	131,0	130,5	130,0	130,875
3	2	1	3	131,5	129,0	131,5	130,5	130,625
3	3	2	1	128,0	130,5	130,0	131,0	129,875

3. Membuat tabel respon.

Berikut ini adalah contoh perhitungan pada Tabel Respon.

$$\text{Faktor A dengan level pertama } (\bar{A1}) = \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{3}$$

$$\text{Faktor A dengan level pertama } (\bar{A1}) = \frac{(134,5 + 131,0 + 134,5)}{3}$$

$$\text{Faktor A dengan level pertama } (\bar{A1}) = 133,375$$

Hasil perhitungan tabel respons disajikan dalam tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Tabel Respons

Faktor	A	B	C	D
1	133,375	132,958	132,792	132,792
2	134,208	132,292	131,875	132,125
3	130,458	132,792	133,375	133,125
Diff	3,750	0,667	1,500	1,000
Rank	1	4	2	3

Dari perhitungan table respons tersebut, didapatkan hasil bahwa level faktor yang berpengaruh adalah Faktor A Level 2 (komposisi 75% tanah liat : 20% tanah berpasir : 5% abu sekam padi), Faktor B Level 1 (jumlah penggilingan 2 kali), Faktor C Level 3 (lama pengeringan 7 hari), dan Faktor D Level 3 (posisi pembakaran di bawah).

4. Mengolah data ANOVA.

a. Menghitung jumlah kuadrat totat (ST)

$$SSTotal = \sum y^2$$

$$SSTotal = 133,375^2 + 132,958^2 + 132,792^2 + 132,792^2 + \dots + 130,458^2 + 132,792^2 + 133,375^2 + 133,125^2$$

$$SSTotal = 633889,75$$

b. Menghitung jumlah rata-rata kuadrat (SSmean)

$$1) \text{ Total kuat lentur keseluruhan} = 134,5 + 131,0 + 134,5 + 132,5 + 135,5 + 134,5 + 132,0 + 131,5 + 128,0 + 132,5 + 130,5 + \dots + 133,5 + 130,0 + 130,5 + 131,0$$

$$\text{Total kuat lentur keseluruhan} = 4777$$

$$\text{Rata-rata kuat lentur seluruhnya } (\bar{y}) = \frac{\text{Total Kuat Tekan}}{36}$$

$$\text{Rata-rata kuat lentur seluruhnya } (\bar{y}) = \frac{4777}{36} = 132,6805556$$

Setelah dilakukan perhitungan total kuat lentur keseluruhan maka dilakukan perhitungan terhadap jumlah kuadrat rata-rata.

$$2) SS_{mean} = n \cdot \bar{y}^2$$

$$SS_{mean} = 36 \cdot \left(\frac{4777}{36}\right)^2 = 633748,67$$

c. Menghitung jumlah kuadrat masing-masing faktor SS_A, SS_B, SS_C, SS_D ,

$$1) SS_A = ((\bar{A1})^2 \times n_1) + ((\bar{A2})^2 \times n_2) + ((\bar{A3})^2 \times n_3) - SS_{mean}$$

$$SS_A = (133,375^2 \times 12) + (134,208^2 \times 12) + (130,458^2 \times 12) - 633748,67 = 93,06$$

$$2) SS_B = ((\bar{B1})^2 \times n_1) + ((\bar{B2})^2 \times n_2) + ((\bar{B3})^2 \times n_3) - SS_{mean}$$

$$SS_B = (132,958^2 \times 12) + (132,292^2 \times 12) + (132,792^2 \times 12) - 633748,67 = 2,89$$

$$3) SS_C = ((\bar{C1})^2 \times n_1) + ((\bar{C2})^2 \times n_2) + ((\bar{C3})^2 \times n_3) - SS_{mean}$$

$$SS_C = (132,792^2 \times 12) + (131,875^2 \times 12) + (133,375^2 \times 12) - 633748,67 = 13,72$$

$$4) SS_D = ((\bar{D1})^2 \times n_1) + ((\bar{D2})^2 \times n_2) + ((\bar{D3})^2 \times n_3) - SS_{mean}$$

$$SS_D = (132,792^2 \times 12) + (132,125^2 \times 12) + (133,125^2 \times 12) - 633748,67 = 6,22$$

d. Menghitung SST

$$SST = SS_{total} - SS_{mean}$$

$$SST = 633889,75 - 633748,67$$

$$SST = 141,08$$

e. Menghitung jumlah kuadrat error (SS_e)

$$SS_e = SS_{total} - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D$$

$$SS_e = 633889,75 - 633748,67 - 93,06 - 2,89 - 13,72 - 6,22$$

$$SS_e = 25,19$$

f. Membuat tabel ANOVA

1) Menghitung derajat kebebasan faktor

$$V_A = (\text{number of levels} - 1)$$

$$V_A = (3 - 1) = 2$$

Begitupula dengan derajat kebebasan B, C, D.

2) Menghitung derajat kebebasan total

$$v_T = (\text{number of eksperiment} - 1)$$

$$v_T = (36 - 1) = 35$$

- 3) Menghitung rata-rata jumlah kuadrat (MS)

Berikut ini adalah contoh perhitungan rata-rata jumlah kuadrat A.

$$MSA = \frac{SSA}{v_A}$$

$$MSA = \frac{93,06}{2} = 46,5278$$

Begitupula dengan perhitungan rata-rata jumlah kuadrat pada faktor B, C, D, dan e.

- 4) Menghitung rasio (F-Ratio)

Berikut ini adalah contoh perhitungan Rasio (F-Ratio) A.

$$F \text{ ratio } A = \frac{Ms A}{Ms Error}$$

$$F \text{ ratio } A = \frac{46,5278}{0,93287} = 49,8759$$

Begitupula dengan perhitungan F-Ratio pada faktor B, C, D, dan e.

- 5) Menghitung SS' pada masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan SS'.

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (v \text{ faktor} \times MS \text{ Error})$$

$$SSA' = 93,06 - (2 \times 0,932870)$$

$$SSA' = 91,190$$

Begitupula dengan perhitungan SS' pada faktor B, C, dan D.

$$SSe' = SST - \text{jumlah semua faktor}$$

$$SSe' = 141,08 - (91,190 + 1,023 + 11,856 + 4,356)$$

$$SSe' = 32,650$$

- 6) Menghitung Rho% (persentase rasio akhir) pada masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan Rho% A.

$$Rho\% A = \frac{SSA'}{SST}$$

$$Rho\% A = \frac{91,190}{141,09} = 61,072$$

5. Tabel *Analysis of Variance* (ANOVA) rata-rata.Tabel 4.12 *Analysis of Variance* (ANOVA) Rata-Rata

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio%	F-tabel
A	93,06	2	46,5278	49,8759	91,190	64,6386	3,55
B	2,89	2	1,4444	1,5484	1,023	0,7252	3,55
C	13,72	2	6,8611	7,3548	11,856	8,4043	3,55
D	6,22	2	3,1111	3,3350	4,356	3,0880	3,55
e	25,19	27	0,932870	1	32,650	23,1438	3,55
SS _t	141,08	35	4,0308		141,08		
Mean	633748,67	1					
SS Total	633889,75	36					

Berdasarkan tabel *Analysis of Variance* prediksi rata-rata diketahui bahwa faktor A dan C memiliki nilai $F\text{-ratio} \geq F\text{-tabel}$ ($F_{0,05}(2; 18) = 3,55$) yang berarti bahwa faktor A dan C memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat lentur genteng tanah liat. Sedangkan untuk faktor B dan D dikarenakan nilai nilai $F\text{-ratio} \leq F\text{-tabel}$ maka faktor B dan D dianggap tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat lentur genteng tanah liat. Untuk nilai % *Ratio* (persen kontribusi) didapatkan hasil bahwa faktor yang memiliki persen kontribusi terbesar yaitu faktor A (komposisi tanah liat : tanah berpasir : abu sekam padi) sebesar 64,6386%, selanjutnya adalah faktor C (lama waktu pengeringan) sebesar 8,4043%, D (posisi pembakaran genteng) sebesar 3,0880%, dan faktor B (jumlah penggilingan) yang memiliki kontribusi paling rendah dibandingkan dengan tiga faktor yang lain, yaitu sebesar 0,7252%, maka dari itu total persen kontribusi seluruh faktor terhadap peningkatan kualitas kuat lentur genteng sebesar 76,8562%.

6. *Pooling Up*

Pada pengolahan data ANOVA diawal, didapatkan hasil bahwa keempat faktor seluruh faktor memiliki pengaruh yang signifikan, yaitu faktor A (komposisi tanah liat : tanah berpasir : abu sekam padi), faktor C (lama waktu pengeringan), faktor D (posisi pembakaran), dan faktor B (jumlah penggilingan) terhadap peningkatan kualitas kuat lentur genteng tanah liat, dimana memiliki perbandingan $F\text{-ratio} \geq F\text{-tabel}$ ($F_{0,05}(2; 18) = 3,55$). Untuk menghindari kesalahan, disarankan untuk menggunakan setengah derajat kebebasan dari matriks *orthogonal* yang digunakan dalam eksperimen (Belavendram, 1995:262). Oleh karena itu untuk faktor B dan faktor D dikarenakan memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan semua faktor, maka dilakukan *pooling up* untuk faktor ini. Hal ini dilakukan untuk mengetahui faktor mana yang paling signifikan dan berpengaruh paling besar terhadap kuat lentur genteng tanah liat. Pada

awalnya *pooling* dilakukan pada varian terkecil dengan memberikan tanda Y pada kolom *pooled* yang artinya sumber tersebut telah di *pool* kedalam *pooled e* (*pooled error*). Berikut ini adalah perhitungan untuk *pooling up* faktor B dan faktor D.

Berikut ini adalah perhitungan untuk *pooling up* faktor B.

$$a. SS (pooled e) = Se + SSB + SSD$$

$$SS (pooled e) = 25,19 + 2,89 + 6,22 = 34,30$$

$$b. DF (pooled e) = ve + vB + vD$$

$$DF (pooled e) = 27 + 2 + 2 = 31$$

$$c. MS_{pooled e} = \frac{SS_{pooled e}}{DF_{pooled e}}$$

$$MS_{pooled e} = \frac{34,30}{31} = 1,1064$$

Berikut ini merupakan hasil perhitungan ANOVA prediksi rata-rata setelah dilakukan *pooling*.

Tabel 4.13 Analysis of Variance (ANOVA) Rata-Rata *Pooling*

Sumber	POOLED	SS	DF	MS	F-ratio	SS'	Ratio%
A		93,06	2	46,53	42,05	90,84	64,39
B	Y	2,89	2	1,44	-	-	-
C		13,72	2	6,86	6,20125531	11,51	8,16
D	Y	6,22	2	3,11	-	-	-
Pooled e		34,30	31	1,1064	1	50,23	35,61
SSt		141,08	35	4,03		141,08	100
Mean		633748,67	1				
SS Total		633889,75	36				

Berdasarkan hasil *Analysis of Variance (ANOVA)* rata-rata eksperimen *Taguchi Pooling* yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang memiliki pengaruh secara signifikan dalam meminimalkan penyimpangan terhadap hasil eksperimen ($F\text{-ratio} \geq F\text{-tabel}$), atau bisa dikatakan faktor-faktor yang mampu memberikan kontribusi paling besar dalam meningkatkan kuat lentur genteng tanah liat adalah faktor A (komposisi tanah liat : tanah berpasir : abu sekam padi) dan faktor C (lama waktu pengeringan), namun sebenarnya untuk faktor B (jumlah penggilingan) dan faktor D (posisi pembakaran) juga memiliki pengaruh dan kontribusi terhadap peningkatan kualitas kuat lentur genteng tanah liat, akan tetapi lebih kecil dibandingkan dengan faktor A dan faktor C. Jika nilai persen kontribusi dari eror rendah ($\leq 50\%$), maka dapat diasumsikan bahwa tidak ada faktor penting yang dihilangkan dari eksperimen. Sedangkan apabila nilai persen kontribusi dari eror tinggi ($\geq 50\%$), dapat diasumsikan

bahwa ada faktor penting yang dihilangkan dari eksperimen, sehingga terdapat kesalahan besar pada perhitungan (Belavendram, 1995:255).

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.11 di atas dapat diketahui bahwa tidak ada faktor penting yang dihilangkan dari eksperimen karena nilai persen kontribusi dari eror kurang dari 50%, yaitu sebesar 35,61% dan jumlah nilai persen kontribusi dari faktor penting yaitu sebesar 64,39%.

4.8 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Perhitungan Nilai *Signal Noise To Ratio* (SNR)

Perhitungan nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor mana saja yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen ini. SNR yang digunakan pada penelitian ini yaitu SNR – *Larger the Better* yang memiliki karakteristik semakin besar semakin baik. Berikut ini adalah langkah-langkah pengujian ANOVA *Signal Noise to Ratio* (SNR).

1. Perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) Masing-Masing Eksperimen

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk eksperimen pertama pada *Signal Noise to Ratio* (SNR).

$$\eta_1 = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

$$\eta_1 = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{4} \times \left(\frac{1}{134,5^2} + \frac{1}{132,5^2} + \frac{1}{134,5^2} + \frac{1}{134^2} \right) \right) = 42,5334974$$

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR)

A	B	C	D	Replikasi	Replikasi	Replikasi	Replikasi 4	I/N	1/YI ²	SNR
1	1	1	1	134,5	132,5	134,5	134,0	0,25	0,000223208	42,5334974
1	2	2	2	131,0	130,5	132,5	132,5	0,25	0,000230910	42,3861678
1	3	3	3	134,5	134,5	135,5	134,0	0,25	0,000220714	42,5823017
2	1	3	3	136,0	133,5	133,5	133,5	0,25	0,000222395	42,5493564
2	2	2	1	135,5	134,5	134,0	134,5	0,25	0,000220714	42,5823017
2	3	1	2	134,5	134,0	133,5	133,5	0,25	0,000223189	42,5338650
3	1	3	2	132,0	131,0	130,5	130,0	0,25	0,000233554	42,3367192
3	2	1	3	131,5	129,0	131,5	130,5	0,25	0,000234470	42,3197209
3	3	2	1	128,0	130,5	130,0	131,0	0,25	0,000237197	42,2694996

2. Membuat Tabel Respon *Signal Noise to Ratio* (SNR)

Faktor A dengan level pertama ($\bar{A1}$) = $\frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{3}$

Faktor A dengan level pertama ($\bar{A1}$) = $\frac{(42,5334974+42,3861678+42,5823017)}{3}$

Faktor A dengan level pertama ($\bar{A1}$) = 42,500

Hasil dari perhitungan table respons disajikan dalam Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Tabel Respons *Signal Noise to Ratio (SNR)*

	A	B	C	D
1	42,5006556	42,4618887	42,4623611	42,4617662
2	42,5551743	42,4293968	42,4016746	42,4189173
3	42,3086466	42,4544742	42,5004409	42,4837930
Diff	0,2465278	0,0437942	0,0987663	0,0648756
Rank	1	4	2	3

Dari hasil Tabel Respons *Signal Noise to Ratio (SNR)* tersebut, dipilihlah nilai level faktor paling besar pada setiap faktor, hal ini digunakan sebagai penerapan *Signal Noise to Ratio (SNR)* pada *Larger The Better*. Maka dari pemilihan level faktor yang berpengaruh tersebut didapatkan level yang berpengaruh pada masing-masing faktor, yaitu Faktor A Level 2 (komposisi 75% tanah liat : 20% tanah berpasir : 5% abu sekam padi), Faktor B Level 1 (jumlah penggilingan 2 kali), Faktor C Level 3 (lama pengeringan 7 hari), dan Faktor D Level 3 (posisi pembakaran di bawah).

3. Perhitungan ANOVA *Signal to Noise Ratio (SNR) Pooled*

- a. Menghitung nilai total *Sum of Square* atau jumlah kuadrat total (SS_{total})

$$SS_{total} = \sum y^2$$

$$SS_{total} = (1809,10)^2 + (1796,59)^2 + (1810,45)^2 + (1810,25)^2 + \dots + (1792,40)^2 + (1790,96)^2 + (1786,71)^2$$

$$SS_{total} = 16221,84$$

- b. Menghitung *Sum of Square due to Mean* atau jumlah kuadrat karena rata-rata (SS_{mean})

$$SS_{mean} = n \cdot \bar{y}^2$$

$$n = \text{Jumlah eksperimen} = 9$$

$$\bar{y} = \frac{\text{Total Nilai SNR}}{n}$$

$$= \frac{42,5334974 + 42,3861678 + 42,5823017 + 42,5493564 + \dots + 42,3197209 + 42,2694996}{9}$$

$$= 42,4548255$$

$$SS_{mean} = 9 \times (42,4548255)^2$$

$$SS_{mean} = 16221,7098$$

- c. Menghitung *Sum of Square due to Factors* atau jumlah kuadrat karena faktor-faktor (SS_A)

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Sum of Square due to Factors A*

$$SS_A = ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) + ((\bar{A3})^2 \times n2) - SS_{mean}$$

$$SS_A = ((42,5006556)^2 \times 4) + ((42,5551743)^2 \times 4) + ((42,3086466)^2 \times 4) - 16221,7098$$

$$SS_A = 5407,3708$$

Begitu pula dengan perhitungan *Sum of Square due to Factors* pada faktor B, C, dan D.

- d. Menghitung *Sum of Square (pooled e)*

$$SS(\text{pooled } e) = SST - SS_B - SS_D$$

Untuk perhitungan SST adalah sebagai berikut:

$$SST = SS_{\text{total}} - SS_{\text{mean}}$$

$$SST = 16221,840 - 16221,7098 = 0,1251$$

Sehingga,

$$SS(\text{pooled } e) = 0,1251 - 5407,3708 - 5407,2565$$

$$SS(\text{pooled } e) = -10814,5021$$

- e. Membuat tabel ANOVA

- 1) Menentukan Derajat Kebebasan

Misal untuk faktor A:

$$DF_A = (\text{number of levels} - 1)$$

$$DF_A = (3 - 1) = 2$$

- 2) Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$DF_T = (\text{number of experiment} - 1)$$

$$DF_T = (9 - 1) = 8$$

- 3) Menghitung Derajat Kebebasan *Pooled e*

$$DF(\text{pooled } e) = DF_T - DF_B - DF_D$$

$$DF(\text{pooled } e) = 8 - 2 - 2 = 4$$

- 4) Menghitung *Mean Sum of Square* atau Rata-Rata Jumlah Kuadrat

Berikut ini adalah contoh perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat A

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A}$$

$$MS_A = \frac{5407,3708}{2} = 2703,6853$$

Begitu pula dengan perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat pada faktor B, C, D.

Untuk perhitungan *MS(Pooled e)* adalah sebagai berikut:

$$MS(\text{pooled } e) = \frac{SS(\text{pooled } e)}{DF(\text{pooled } e)} = \frac{-10814,5021}{4} = -2703,625530$$

- 5) Menghitung Nilai Rasio (*F-Ratio*) – *Pooled*

Berikut ini adalah contoh perhitungan *F-Ratio* A hasil *pooling* faktor.

$$F \text{ ratio } A = \frac{MS_A}{MS(\text{pooled } e)}$$

$$F \text{ ratio } A = \frac{2703,68539}{-2703,62555} = -1,00002$$

Begitu pula dengan perhitungan *F-Ratio* pada faktor B, C dan D.

- 6) Menghitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (SS') – *Pooled*

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (DF \text{ faktor} \times MS(\text{pooled } e))$$

$$SS'_A = SS_A - (DFA \times MS(\text{pooled } e))$$

$$SS'_A = 5407,3708 - (2 \times -2703,625530) = 10184,6218$$

Begitu pula dengan perhitungan *F-Ratio* pada faktor B dan C.

Sedangkan untuk perhitungan $SS'(\text{pooled } e)$ adalah sebagai berikut:

$$SS'(\text{pooled } e) = SST - SS'_A - SS'_C$$

$$SS'(\text{pooled } e) = 0,1251 - 10814,62184 - 10814,50754$$

$$SS'(\text{pooled } e) = -21629,00$$

- 7) Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Rho% A*

$$Rho \% A = \frac{SS'_A}{SST} \times 100\%$$

$$Rho \% A = \frac{10814,6218}{0,1251} \times 100\% = 864372,70\%$$

Begitu pula dengan perhitungan *Rho%* pada faktor B dan C dan *pooled e*

Tabel 4.16 dibawah ini merupakan hasil perhitungan ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)* setelah *pooling up*.

Tabel 4.16 Perhitungan ANOVA *SNR Pooling*

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Ratio %
A		5407,3708	2	2703,68539006	-1,00002	10814,62184	8642372,70
B	Y	5407,2408	2	2703,62038052	-	-	-
C		5407,2565	2	2703,62823805	-1,00000	10814,50754	8642281,35
D	Y	5407,2453	2	2703,6226662884	-	-	-
Pooled e		-10814,5021	4	-2703,62553034	1	-21629,00	-17284554,05
SST		0,1251	8	0,02		0,13	100
Mean		16221,7099	1				
SStotal		16221,8350	9				

Berdasarkan tabel *Analysis of Variance Signal to Noise Ratio Pooling* diketahui bahwa faktor A dan C memiliki nilai $F\text{-ratio} \leq F\text{-tabel}$ ($F_{0,05}(2; 18) = 3,55$) yang berarti bahwa faktor A dan C tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat lentur genteng tanah liat.

4.9 Penentuan *Setting Level* Optimal

Pada dasarnya, upaya dalam meningkatkan karakteristik kualitas menggunakan dua cara, yaitu mengurangi variansi dan mengatur target sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan (Belavendram, 1995:510). Tabel 4.17 berikut merupakan perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen *Taguchi* terhadap karakteristik kualitas yang diamati.

Tabel 4.17 Perbandingan Pengaruh Faktor Pada Eksperimen *Taguchi*

Faktor	Pengaruh	<i>Setting Level</i> yang Digunakan
A	Signifikan dan Kontribusi Besar	A2
B	Signifikan dan Kontribusi Kecil	B1
C	Signifikan dan Kontribusi Besar	C3
D	Signifikan dan Kontribusi Besar	D3

Berdasarkan Tabel 4.15 dapat diketahui bahwa kombinasi level yang optimal yaitu Faktor A Level 2 (komposisi 75% tanah liat : 20% tanah berpasir : 5% abu sekam padi), Faktor B Level 1 (jumlah penggilingan 2 kali), Faktor C Level 3 (lama pengeringan 7 hari), dan Faktor D Level 3 (posisi pembakaran di bawah).

4.10 Perkiraan Kondisi dan Selang Kepercayaan

Perhitungan *setting level* optimum telah ditentukan maka langkah selanjutnya yang ditempuh yaitu membuat perkiraan kondisi optimal untuk meminimalkan meningkatkan kualitas kuat lentur genteng tanah liat. Perkiraan *setting level* ini dilakukan dengan cara membandingkan pada hasil eksperimen konfirmasi kedepannya, dimana jika nilai perkiraan dari hasil eksperimen memiliki nilai hampir sama atau mendekati maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen *Taguchi* sudah memenuhi syarat yang ada. Sedangkan untuk perhitungan selang kepercayaan bertujuan untuk mengetahui perkiraan dari level-level faktor prediksi rata-rata proses pada kondisi optimal sesuai level-level optimal yang didapat

Berdasarkan hasil dari ANOVA untuk data variabel, faktor yang berpengaruh dan mempunyai kontribusi besar untuk meningkatkan kuat lentur genteng tanah liat yaitu $\bar{A2}$, dan $\bar{C3}$.

Berikut ini perhitungan perkiraan kondisi optimal dan selang kepercayaan untuk nilai prediksi rata-rata dan nilai prediksi *Signal to Noise Ratio* (SNR).

1. Perkiraan selang kepercayaan prediksi rata-rata

- a. Nilai rata-rata untuk seluruh data

$$\text{Rata-rata kuat lentur seluruhnya } (\bar{y}) = \frac{134,5+132,5+134,5+134,5+\dots+130,5+130,0+130,0}{36}$$

$$\text{Rata-rata kuat lentur seluruhnya } (\bar{y}) = 132,639\text{kgf}$$

- b. Perhitungan selang kepercayaan nilai prediksi rata-rata

$$\mu_{\text{prediksi}} = \bar{y} + (\overline{A2} - \bar{y}) + (\overline{C3} - \bar{y})$$

$$\mu_{\text{prediksi}} = 132,681 + (134,208 - 132,681) + (132,375 - 132,681)$$

$$\mu_{\text{prediksi}} = 134,90278\text{kgf}$$

- c. Berikut ini merupakan perhitungan selang kepercayaan nilai rata-rata.

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSE_e \times \left| \frac{1}{neff} \right| \right)}$$

Keterangan *neff*:

$$neff = \frac{\text{total number of experiment}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{9 \times 4}{DF_{\mu} + DFA + DFC}$$

$$neff = \frac{36}{1 + 2 + 2} = 7,20$$

Maka perhitungan selang kepercayaan sebagai berikut:

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSE_e \times \left| \frac{1}{neff} \right| \right)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,29} \times 0,932870 \times \left| \frac{1}{7,20} \right| \right)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(3,33 \times 0,932870 \times \left| \frac{1}{7,20} \right| \right)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm 0,6538849$$

Maka selang kepercayaan untuk proses optimal adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{prediksi}} - Cl \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq \mu_{\text{prediksi}} + Cl$$

$$134,90278 - 0,6538849 \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 134,90278 + 0,6538849$$

$$134,2488927 \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 135,5566627$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai μ_{prediksi} sebesar 134,90278, nilai tersebut berada pada rentang selang kepercayaan yaitu $134,2488927 \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 135,5566627$ yang artinya pengukuran kuat lentur tersebut berada pada batas rentang pengukuran kuat lentur yang optimal.

4.11 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan tahap validasi hasil dari *setting* faktor dan level yang telah dihasilkan pada perhitungan sebelumnya. Dalam eksperimen konfirmasi menentukan *setting* level terbaik dari faktor-faktor yang signifikan merupakan tugas utama dari eksperimen ini. Untuk faktor-faktor yang mempunyai kontribusi yang kecil tetap dimasukkan dalam eksperimen ini dengan mengambil level yang terbaik guna ditetapkan pada pengrajin genteng di Desa Talangsuko Kecamatan Turen. Berikut ini adalah Standar Operasional Prosedur (SOP) pembuatan genteng tanah liat setelah terpilihnya faktor dan level yang terbaik dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Taguchi*.

1. Persiapan Tempat, Alat, dan Bahan

a. Persiapan Tempat

- 1) Bersihkan tempat pengeringan dari debu..
- 2) Persiapkan lahan untuk pencampuran bahan baku.

b. Persiapan Alat

- 1) Bersihkan sisa adonan genteng sebelumnya dari mesin penggiling dan pencetak.
- 2) Pastikan mesin penggiling dalam kondisi yang dapat digunakan.
- 3) Pastikan semua alat sudah lengkap sesuai dengan kebutuhan.

c. Persiapan Bahan

- 1) Pastikan seluruh bahan dalam keadaan siap digunakan (tidak kehabisan).

2. Penggilingan Adonan

a. Pastikan posisi pekerja sudah berapa pada tempat kerjanya.

b. Pastikan mesin penggiling dalam keadaan baik, dapat digunakan, dan sudah terisi solar.

c. Campurkan tanah liat sebanyak 75% tanah liat, 20% tanah berpasir, dan 5% abu sekam padi ke dalam mesin penggiling adonan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan timbangan.

d. Pastikan campuran tanah liat, tanah berpasir, dan abu sekam padi dengan air secukupnya.

e. Jika semua persiapan sudah dilaksanakan, maka proses penggilingan dapat dimulai. Waktu penggilingan dengan mesin dilakukan sebanyak 3 kali penggilingan pada setiap campuran adonan.

3. Pencetakan Adonan

- a. Pastikan alat cetak dalam kondisi baik.
 - b. Oleskan solar pada alat cetak sebelum meletakkan adonan agar adonan tidak lengket pada saat dicetak.
 - c. Masukkan adonan genteng yang telah digiling ke dalam alat cetak.
 - d. Rapikan hasil cetakan dengan menghilangkan sisa adonan yang keluar dari alat cetak.
 - e. Letakkan genteng yang telah dicetak dan letakkan pada rak penyimpanan.
4. Pengeringan Adonan
- a. Pastikan lahan untuk pengeringan dalam keadaan bersih dan siap digunakan.
 - b. Posisikan genteng yang telah dicetak dan diletakkan diatas pallet.
 - c. Pengeringan dapat dilakukan selama 7 hari.
5. Pembakaran
- a. Pembakaran dapat dilakukan saat minimal genteng berjumlah kurang lebih 10.000 buah.
 - b. Persiapkan bahan yang digunakan untuk proses pembakaran.
 - c. Susun genteng dalam tungku pembakaran pada posisi bawah, tengah, dan atas.
 - d. Letakkan kayu bakar pada lorong tempat bahan bakar yang terletak dibawah tungku pembakaran.
 - e. Tuangkan minyak tanah pada kayu bakar yang telah disiapkan.
 - f. Bakarlah kayu bakar yang telah disiapkan.
 - g. Pembakaran awal yang disebut dengan proses ubub dengan suhu dibawah 600° C dilakukan selama 1,5 jam sampai 2 jam, setelah itu dibiarkan kurang lebih 10 jam dan dilanjutkan pembakaran dengan api besar yang disebut dengan pembakaran *biscuit* yang suhunya 800° sampai 1000° selama 12 jam.
6. Pengujian Kuat Lentur
- a. Pastikan pengrajin memiliki alat kuat lentur ataupun bekerja sama dengan pihak lain untuk melakukan uji kuat lentur.
 - b. Jika bekerjasama dengan pihak lain, persiapkan berkas perizinan yang diperlukan untuk pengujian kuat lentur.
 - c. Tentukan jumlah sampel yang akan diuji.
 - d. Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan uji kuat lentur seperti alat uji kuat lentur, genteng tanah liat yang akan di uji, lembar pengamatan, dan penampang genteng.
 - e. Ukurlah luas penampang sampel genteng tanah liat yang akan diukur.

- f. Setelah semua perlengkapan sudah siap dan sudah dilakukan pengukuran luas penampang, setelah itu lakukan pengujian kuat lentur dengan bantuan seorang operator.
- g. Catat semua hasil pengujian yang dilakukan.

Batas minimal sampel yang digunakan dalam eksperimen konfirmasi adalah sebanyak 20 sampel (Soejanto, 2009:195). Peneliti membuat 100 buah genteng tanah liat dengan menggunakan faktor dan level optimal, sehingga jumlah sampel genteng tanah liat yang akan digunakan dalam eksperimen konfirmasi, yaitu 25 buah genteng tanah liat. Berikut ini adalah hasil eksperimen konfirmasi dan perhitungan prediksi rata-rata serta perhitungan nilai *Signal Noise to Ratio (SNR) – Larger the Better* pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Eksperimen Konfirmasi dan *Signal Noise to Ratio (SNR)*

Eksperimen	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Rata-Rata	$1/Y^2$
1	133,0	132,5	135,0	138,0	134,6	0,00022087
2	136,0	134,0	133,5	132,0	133,9	0,00022326
3	133,0	136,0	132,5	133,0	133,6	0,00022409
4	135,5	131,0	130,5	140,0	134,3	0,00022248
5	135,5	134,0	134,5	134,5	134,6	0,00022071
6	137,5	137,0	137,3	137,5	137,3	0,00021211
7	134,5	133,0	133,5	134,0	133,8	0,00022361
8	135,5	135,0	136,0	139,0	136,4	0,00021516
9	134,5	133,5	134,0	133,5	133,9	0,00022319
10	135,5	134,5	134,0	134,5	134,6	0,00022071
11	135,5	137,0	137,0	135,5	136,3	0,00021549
12	138,0	136,5	135,5	136,0	136,5	0,00021471
13	135,0	134,5	134,5	134,0	134,5	0,00022112
14	133,5	132,0	133,0	133,5	133,0	0,00022614
15	134,5	132,5	134,5	134,0	133,9	0,00022321
16	136,5	137,0	137,5	137,0	137,0	0,00021312
17	136,5	137,0	136,5	137,5	136,9	0,00021351
18	135,5	133,5	133,5	133,5	134,0	0,00022279
19	136,0	137,5	137,0	136,5	136,8	0,00021391
20	134,5	133,5	134,5	134,5	134,3	0,00022194
21	137,5	131,0	130,5	139,5	134,6	0,00022127
22	133,5	134,0	135,0	134,5	134,3	0,00022195
23	133,5	134,0	134,5	134,5	134,1	0,00022236
24	135,5	135,0	136,5	135,5	135,6	0,00021747
25	134,5	133,0	139,0	134,0	135,1	0,00021926
Jumlah	3380,5	3358,5	3369,8	3386,0	3373,700	0,00549446
Rata-Rata					134,948	

Data kuat lentur genteng tanah liat yang didapatkan dari uji konfirmasi selanjutnya diolah untuk mengetahui interval kepercayaan eksperimen konfirmasi. Berikut ini adalah perhitungan dari masing-masing kondisi.

1. Perkiraan selang kepercayaan prediksi rata-rata eksperimen konfirmasi.

$$(\bar{y}) = \frac{133,0 + 132,5 + 135,0 + 133,0 + \dots + 134,5 + 133,0 + 139,0 + 134,0}{36}$$

$$(\bar{y}) = 134,948 \text{kgf}$$

$$\mu_{\text{prediksi}} = \bar{y}$$

$$neff = \frac{\text{total number of experiment}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{9 \times 4}{DF_{\mu} + DFA + DFC}$$

$$neff = \frac{36}{1 + 2 + 2} = 7,20$$

Maka perhitungan selang kepercayaan sebagai berikut:

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled \times \left| \frac{1}{neff} + \frac{1}{r} \right| \right)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,29} \times 1,1064 \times \left| \frac{1}{7,20} + \frac{1}{25} \right| \right)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm \sqrt{\left(3,33 \times 1,1064 \times \left| \frac{1}{7,20} + \frac{1}{25} \right| \right)}$$

$$Cl_{\text{mean}} = \pm 0,8081762$$

Maka selang kepercayaan untuk proses optimal adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{prediksi}} - Cl \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq \mu_{\text{prediksi}} + Cl$$

$$134,948 - 0,8081762 \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 134,948 + 0,8081762$$

$$134,1398238 \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 135,7561762$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai μ_{prediksi} sebesar 134,948, nilai tersebut berada pada rentang selang kepercayaan yaitu $134,1398238 \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 135,7561762$ yang artinya pengukuran kuat lentur tersebut berada pada batas rentang pengukuran kuat lentur yang optimal.

2. Perkiraan selang kepercayaan *SNR-Larger the Better* eksperimen konfirmasi.

$$\eta_1 = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

$$\eta_1 = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{100} \times (0,0002261 + 0,0002232 + 0,000224 + 0,0002348 + \dots + \right)$$

$$0,0002223 + 0,0002174 + 0,0002236))$$

$$\eta_1 = 42,60147012$$

$$\mu_{prediksi} = \eta_1$$

$$neff = \frac{\text{total number of experiment}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{9}{DF_{\mu} + DFA + DFC}$$

$$neff = \frac{36}{1 + 2 + 2} = 1,8$$

Maka perhitungan selang kepercayaan sebagai berikut:

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v_1, v_2} \times MSpooled \times \left| \frac{1}{neff} + \frac{1}{r} \right| \right)}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05,2,29} \times -2703,6255 \times \left| \frac{1}{1,8} + \frac{1}{25} \right| \right)}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{\left(3,33 \times -2703,6255 \times \left| \frac{1}{1,8} + \frac{1}{25} \right| \right)}$$

$$Cl_{mean} = \pm 0$$

Maka selang kepercayaan untuk proses optimal adalah sebagai berikut:

$$\mu_{prediksi} - Cl \leq \mu_{prediksi} \leq \mu_{prediksi} + Cl$$

$$42,60147012 - 0 \leq \mu_{prediksi} \leq 42,60147012 + 0$$

$$42,60147012 \leq \mu_{prediksi} \leq 42,60147012$$

Dikarenakan nilai *MSpooled* yang diperoleh dari perhitungan tabel ANOVA *SNR* negatif, sehingga membuat nilai *Cl_{mean}* selang kepercayaan menjadi 0 sehingga tidak terdapat rentang nilai pada perhitungan selang kepercayaan *SNR* eksperimen konfirmasi.

Setelah mendapatkan data diatas maka langkah selanjutnya adalah menganalisis hingga didapatkan nilai selang kepercayaan untuk dibandingkan dengan selang kepercayaan pada kondisi optimal, hal itu merupakan syarat dari eksperimen konfirmasi guna validasi diterima atau tidaknya percobaan ini.

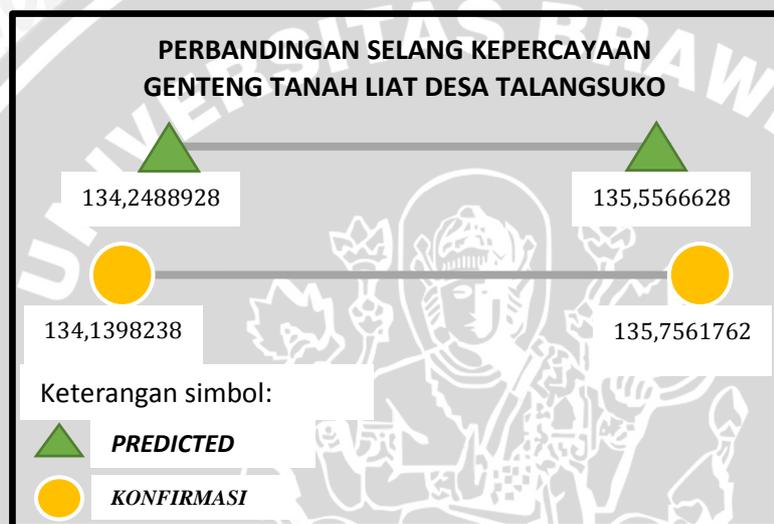
4.12 Perbandingan Kondisi Optimal dan Konfirmasi

Seperti pada kondisi optimal, tujuan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi yaitu untuk membuat suatu perkiraan dari level-level faktor. Untuk selang kepercayaan sendiri

akan dibandingkan antara selang kepercayaan optimal dengan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi. Dengan membandingkan anantara selang kepercayaan optimal dengan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi, akan didapatkan suatu gambaran apakah percobaan ini diterima atau ditolak kevalidaannya dengan cara membandingkan dalam bentuk grafik. Berikut ini adalah perbandingan selang kepercayaan prediksi rata-rata antara kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi.

1. Perbandingan selang kepercayaan prediksi rata-rata.

Perbandingan selang kepercayaan untuk nilai rata-rata prediksi dan eksperimen konfirmasi ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Perbandingan Selang Kepercayaan Genteng Tanah Liat

Berdasarkan Gambar 4.12 Menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan karena pada gambar diatas menjelaskan bahwa hasil dari eksperimen konfirmasi masih berada dalam interval hasil optimal. Hasil Gambar 4.12 di atas didapatkan dari Tabel 2.7 mengenai perbandingan interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan eksperimen metode *Taguchi* yang menunjukkan bahwa keputusan diterima. Keputusan diterima berarti hasil dari eksperimen *Taguchi* dapat direproduksi dan *setting* level optimal dapat dijadikan acuan dalam proses produksi genteng tanah liat Desa Talangsuko.

4.13 Analisis Dan Pembahasan

Masalah yang dihadapi oleh pengrajin genteng tanah liat di Desa Talangsuko adalah kurangnya perhatian pengrajin terhadap kuat lentur genteng tanah liat dikarenakan belum adanya standar dan ukuran pasti dalam proses pembuatan genteng. Dari hasil pengujian kuat lentur beberapa sampel genteng tanah liat didapatkan bahwa sampel genteng tanah liat

yang diambil memiliki kuat lentur dibawah batas spesifikasi menurut Standar Industri Indonesia Standar Kuat Lentur Genteng Tanah Liat SNI SNI 03-6861.1-2002, dimana dari keseluruhan genteng yang diuji memiliki beban lentur minimal yang ditentukan sebesar 110 kgf. Lalu selanjutnya dilakukan studi pustaka, studi lapangan, dan wawancara dengan pihak terkait untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dianggap berpengaruh terhadap kualitas kuat lebtur genteng tanah liat.

4.13.1 Analisis Penentuan *Setting Level* Berdasarkan Nilai Rata-Rata dan *Signal*

Noise to Rato (SNR)

Setelah penyebab masalah ditemukan, dengan menggunakan eksperimen *Taguchi* untuk menentukan *setting level* optimal dengan penggunaan *orthogonal array* $L_9(3^4)$. Pengolahan data awal yang dilakukan adalah dengan menghitung tabel respon nilai rata-rata. Dari tabel tersebut diperoleh hasil faktor-faktor mana saja yang memiliki tingkat *difference* tertinggi hingga terendah. Dari tabel respon tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan ANOVA, yang gunanya mencari faktor mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat lentur genteng tanah liat. Apabila terdapat faktor yang tidak berpengaruh secara signifikan (nilai $F\text{-ratio} \leq F\text{-Tabel}$) maka akan dilakukan *pooling up* dimana faktor-faktor tersebut dianggap tidak ada. Setelah dilakukan perhitungan ANOVA baik untuk nilai rata-rata maupun nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR), dapat diketahui bahwa terdapat 2 faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat lentur genteng tanah liat yaitu Faktor A (komposisi tanah liat : tanah berpasir : abu sekam padi) dan Faktor C (lama waktu pengeringan), untuk 2 faktor lainnya yaitu Faktor B (jumlah penggilingan) dan Faktor D (posisi pembakaran) juga memiliki pengaruh dan kontribusi terhadap peningkatan kualitas kuat lentur genteng tanah liat, akan tetapi lebih kecil dibandingkan dengan Faktor A dan Faktor C. Oleh karena itu, dilakukan *pooling* untuk dua faktor tersebut.

Dari perhitungan yang dilakukan, setelah semua proses selesai dari tahap awal sampai tahap validasi didapatkan *setting level* optimal didapatkan hasil faktor yang paling signifikan adalah Faktor A level 2 untuk komposisi 75% tanah liat : 20% tanah berpasir : 5% abu sekam padi, dan Faktor C level 3 untuk lama pengeringan selama 7 hari. Sedangkan faktor yang kurang berpengaruh secara signifikan adalah Faktor B level 1 yaitu jumlah penggilingan sebanyak 2 kali dan Faktor D level 7 untuk posisi pembakaran terbaik di bawah. Setelah didupatkannya faktor optimal, maka dilakukan pengujian konfirmasi sesuai dengan ketentuan faktor optimal, tetapi untuk fase pembakaran dikarenakan belum

adanya fasilitas yang memadai untuk proses pembakaran dalam posisi bawah saja, maka dilakukan pembakaran dengan penyusunan genteng dengan posisi awal, yaitu bawah, tengah, dan atas. Untuk uji kuat lentur yang dilaksanakan setelah semua proses produksi selesai, *output* genteng tanah liat yang digunakan hanya genteng yang sesuai dengan keempat faktor optimal tersebut.

4.13.2 Analisis Eksperimen Konfirmasi Terhadap Prediksi Kondisi Optimal

Pada hasil eksperimen konfirmasi didapatkan hasil bahwa terdapat peningkatan kualitas kuat lentur yang pada mulanya memiliki rata – rata 82,7 *kgf* dan setelah dilakukan eksperimen konfirmasi didapatkan hasil rata – rata kuat lentur sebesar 134.948 *kgf*. Dapat disimpulkan bahwa solusi perbaikan dengan eksperimen *Taguchi* untuk menyelesaikan masalah telah sesuai dan berhasil diterapkan. Penggunaan *setting* level optimal dapat diimplementasikan oleh Pengrajin Industri Genteng Tanah Liat Desa Talangsuko, Kecamatan Turen, Kabupaten Malang Selatan untuk menghasilkan genteng tanah liat yang memiliki kuat lentur genteng yang sesuai dengan yang disyaratkan oleh Standar Indonesia Standar Kuat Lentur Genteng Tanah Liat SNI 03-6861.1-2002.



BAB V PENUTUP

Pada bagian penutup akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran yang diperlukan baik bagi pihak terkait maupun bagi penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengolahan data dengan metode *Taguchi* dapat diartik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA, didapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas kuat lentur genteng tanah liat adalah komposisi bahan baku (tanah liat : tanah berpasir : abu sekam padi), jumlah penggilingan, lama waktu pengeringan, dan posisi pembakaran.
2. Berdasarkan hasil dari Tabel respon dan ANOVA prediksi rata-rata dan SNR didapatkan setting level optimal dari faktor-faktor terkendali, faktor yang memiliki tingkat signifikan tinggi terhadap peningkatan kuat lentur genteng tanah liat pada eksperimen ini yaitu komposisi bahan baku (75% tanah liat : 20% tanah berpasir : 5% abu sekam padi) dan lama pengeringan selama 7 hari. Sedangkan faktor yang kurang berpengaruh secara signifikan adalah Faktor B level 2 yaitu jumlah penggilingan sebanyak 2 kali penggilingan dan Faktor D yaitu posisi pembakaran yang berada dibawah. Faktor optimal tersebut adalah faktor yang digunakan dalam pengujian konfirmasi, tetapi dikhususkan untuk proses pembakaran, dikarenakan belum adanya alat pembakaran yang terfokus pada bagian tengah tungku saja, maka proses pembakaran tetap dilakukan dengan ketiga posisi awal, yaitu posisi bawah, tengah, dan atas. Akan tetapi untuk pengujian kuat lentur, output genteng yang diuji hanya pada posisi bawah saja.
3. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan hasil rata-rata nilai kuat lentur genteng tanah liat setelah dengan desain eksperimen menggunakan metode *Taguchi* adalah 134,948 *kgf*, hasil ini terpaut 52,248 *kgf* dari rata-rata nilai kuat lentur genteng tanah liat

sebelum dilakukan desain eksperimen menggunakan metode *Taguchi* yaitu sebesar 82,7 kgf. Dengan demikian, hasil kuat lentur genteng tanah liat setelah dilakukan desain eksperimen dapat memenuhi syarat Standar Industri Indonesia Standar Kuat Lentur Genteng Tanah Liat SNI 03-6861.1-2002 dengan minimal kuat lentur sebesar 110 kgf. Sehingga penggunaan *setting* level optimal dapat diimplementasikan oleh Pengrajin Industri Genteng Tanah Liat Desa Talangsuko, Kecamatan Turen, Kabupaten Malang Selatan untuk menghasilkan genteng tanah liat yang memiliki kuat lentur genteng yang sesuai dengan yang disyaratkan oleh Standar Industri Indonesia Standar Kuat Lentur Genteng Tanah Liat SNI 03-6861.1-2002.

5.2 Saran

Berikut ini saran yang bertujuan untuk pengembangan metode *Taguchi* serta untuk penelitian-penelitian sejenis kedepannya.

1. Untuk penelitian sejenis disarankan menggunakan objek penelitian yang mempunyai data variabel dan data atribut berdasarkan SNI. Sedangkan objek penelitian ini hanya menggunakan data variabel yang sudah berdasarkan batas spesifikasi menurut Standar Industri Indonesia Standar Kuat Lentur Genteng Tanah Liat SNI 03-6861.1-2002.
2. Untuk penelitian sejenis disarankan memperhitungkan kandungan air dalam tanah liat sebagai bentuk perlakuan yang berbeda pada setiap jenis tanah.
3. Untuk penelitian sejenis disarankan dalam pembuatan genteng menggunakan tungku pembakaran otomatis agar hasil pembakaran tidak dipengaruhi oleh cuaca agar hasil yang diinginkan lebih maksimal.