

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisikan pustaka-pustaka atau teori-teori yang digunakan untuk membantu pengerjaan penelitian. Tujuan dari tinjauan pustaka adalah memberikan pondasi atau penguatan dasar dalam penelitian. Pada penelitian ini, pembahasan tinjauan pustaka meliputi penelitian terdahulu yang berhubungan.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Sulastiningsih dkk. (2006) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel bambu. Bambu yang digunakan adalah bambu betung (*dendrocalamus asper*), sedangkan perekatnya adalah urea formaldehida (UF) cair. Bentuk partikel bambu yang digunakan adalah untai. Papan partikel bambu skala laboratorium dibuat dengan target kerapatan 0,70 g/cm³ dengan kadar perekat bervariasi yaitu 8%, 9%, 10%, 11% dan 12% dari berat kering partikel bambu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat fisis dan mekanis papan partikel bambu sangat dipengaruhi oleh kadar perekat yang digunakan. Semakin tinggi kadar perekat semakin baik sifat papan partikel bambu yang dihasilkan. Penggunaan kadar perekat minimum 11% dari berat kering partikel bambu menghasilkan papan partikel bambu yang cukup kuat dan stabil serta memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia.
2. Iswanto dkk. (2007) melakukan penelitian efek dari perendaman fisik partikel dan sifat mekanik partikel yang dihasilkan. Hasil terbaik dari partikel adalah partikel dengan melakukan perendaman air panas. Dari hasil ini diperoleh rata-rata sifat fisik partikel (*density*, kadar air, daya serap air, dan pembengkakan ketebalan) adalah 0,7 g / cm³; 9,58%; 52,27%; 10,05%. Sedangkan hasil rata-rata sifat mekanik partikel (*modulus patah*, *modulus elastisitas*, *internal bond* dan *screw power*) adalah 118,79 kg / cm²; 8,909 kg / cm²; 1,85 kg / cm²; 28,40 kg. Tujuan penelitian ini adalah untuk meneliti efek dari perendaman fisik dan mekanik partikel berdasarkan sifat yang dihasilkan.

Hasil terbaik dari partikel adalah partikel dengan perendaman air panas. Dari hasil ini diperoleh rata-rata sifat fisik partikel (density, kadar air, daya serap air, dan pembengkakan ketebalan) adalah 0,7 g / cm³; 9,58%; 52,27%; 10,05%. Sedangkan hasil rata-rata sifat mekanik partikel (modulus patah, modulus elastisitas, *internal bond* dan *screw power*) adalah 118,79 kg / cm²; 8,909 kg / cm²; 1,85 kg / cm²; 28,40 kg.

3. Sudarsono dkk. (2010) melakukan penelitian dengan objek sabut kelapa. Selama ini sabut kelapa hanya dimanfaatkan untuk produk-produk seperti keset, sapu dan lain sebagainya. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu penelitian untuk meningkatkan nilai tambah dari sabut kelapa ini, dimana selama ini sabut kelapa hasil sampingan perkebunan di ekspor ke manca negara untuk dimanfaatkan oleh bangsa lain menjadi papan partikel atau produk-produk lain. Untuk meningkatkan nilai tambah sabut kelapa, dirasa perlu untuk dilakukan penelitian pembuatan papan partikel berbahan baku sabut kelapa dengan menggunakan lem kopal sebagai pengikat. Dalam penelitian ini, digunakan campuran (berat) antara sabut kelapa : lem kopal sebesar 1 : 5 dan 1 : 6, dengan perbandingan kompresi 4 : 1. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis dari papan partikel ini, adalah berat jenis (*density*), serta pengujian bending statis (Static Bending Test) untuk mendapatkan *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR). Hasil pengujian berat jenis (*density*), terlihat bahwa papan partikel dengan perbandingan serat 1 : 6 mempunyai berat jenis terkecil, sedangkan hasil pengujian bending test untuk MOE adalah 1 : 5 = 64,2672 kg/mm²; 1 : 6 = 89,2009 kg/mm², dan hasil bending test untuk MOR adalah 1 : 5 = 2,4555 kg/mm²; 1 : 6 = 1,7513 kg/mm².

4. Perusahaan penggergajian banyak menghasilkan limbah yang berupa serbuk kayu. Selama ini belum ada kegiatan yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan limbah tersebut adalah dengan mengolahnya menjadi papan partikel. Papan partikel adalah serbuk kayu yang dipadatkan dengan cara pengempaan. Dari hasil penelitian diharapkan mendapat hasil yang baik serta dapat membuktikan bahwa penggunaan serbuk kayu dengan perekat jenis urea formaldehida mampu mempunyai sifat mekanik yang paling baik.

Perbandingan metode yang digunakan antara penelitian terdahulu dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian Ini

No.	Penulis	Judul	Objek	Metode
1	Sulastiningsih dkk. (2006)	Pengaruh Kadar Perekat terhadap Sifat Papan Partikel Bambu	Bambu	Partikel bambu dikeringkan dalam oven hingga kadar airnya mencapai $\pm 4\%$. kadar perekat yang terdiri dari 5 tingkat (8%, 9%, 10%, 11% dan 12%). Banyaknya ulangan adalah 3 buah
2	Iswanto dkk. (2007)	Pengaruh Perendaman Partikel terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Dari Ampas Tebu (<i>Saccharum Officinarum</i>)	Ampas Tebu	Partikel berupa ampas tebu diberikan perlakuan pendahuluan yaitu tanpa perendaman (kontrol), perendaman dalam air panas selama 2 jam serta perendaman dalam air dingin selama 24 jam. Setelah direndam partikel dikeringkan menggunakan oven hingga mencapai kadar air 10%.
3	Sudarsono dkk. (2010)	Pembuatan Papan Partikel Berbahan Baku Sabut Kelapa dengan Bahan Pengikat Alami (Lem Kopal)	Sabut Kelapa	Perbandingan campuran (berat) yang digunakan antara sabut kelapa dan lem
4	Penelitian ini (2015)	Desain Eksperimen Pemanfaatan Limbah Kayu sebagai Bahan Dasar Pembuatan Papan Partikel dengan Perekat Urea Formaldehida	Serbuk Kayu	Metode Taguchi

2.2 Serbuk Kayu

Serbuk gergaji atau serbuk kayu merupakan limbah industri penggergajian kayu. Selama ini limbah serbuk kayu banyak menimbulkan masalah dalam penanganannya yang selama ini dibiarkan membusuk, ditumpuk dan dibakar yang kesemuanya berdampak negatif terhadap lingkungan sehingga penanggulangannya perlu dipikirkan. Salah satu jalan yang dapat ditempuh adalah memanfaatkannya menjadi produk yang bernilai tambah dengan teknologi aplikatif dan kerakyatan sehingga hasilnya mudah disosialisasikan kepada masyarakat.

2.3 Papan Partikel

Papan partikel adalah salah satu jenis kayu pabrikan. Papan partikel terbuat dari campuran keping kayu (*wood chips*) yang dicampur dengan lem resin sintetis dan dipres atau ditekan menjadi lembaran-lembaran keras dalam ketebalan tertentu (Maloney 1977).

Papan partikel cenderung lebih berat dari kebanyakan material kayu lainnya karena konten lemnya cenderung lebih banyak, lebih jauh lagi, papan partikel memiliki serat yang panjang dan karenanya memiliki kekuatan pengikat yang lemah dan cenderung mudah remuk di ujungnya apabila diperlakukan dengan kasar. Penelitian saat ini masih banyak dilakukan untuk membuat papan partikel yang lebih ringan, kuat, kaku, dan murah.

Papan partikel cenderung stabil dan tidak mudah berubah bentuknya (menyusut dan membelok). Papan partikel juga dapat dipotong, dibentuk, dan dibor dengan mudah menggunakan peralatan standar. Papan partikel tidak dapat digunakan untuk bagian eksterior karena ujung-ujungnya mudah menyerap embun dan mudah lembap. Meskipun demikian, beberapa produsen kini menyertakan emulsi lilin di lemnya untuk melindungi papan dari kelembapan pada tingkat tertentu. Papan partikel lebih banyak digunakan untuk peti mati, laci, panel, partisi, dan lain-lain.

2.4 SNI

Standar Nasional Indonesia (SNI) memang adalah satu satunya standar yang berlaku secara nasional di Indonesia. SNI dirumuskan oleh Panitia Teknis dan ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Agar SNI memperoleh keberterimaan yang luas antara para stakeholder, maka SNI dirumuskan dengan memenuhi *WTO Code of good practice* yaitu keterbukaan, transparansi, konsensus dan tidak memihak, koheren dengan pengembangan standar internasional, berdimensi pembangunan.

2.4.1 SNI 03-2105-2006

Standar ini merupakan revisi dari SNI 03-2105-1996, Mutu papan partikel. Standar ini disusun dan diusulkan melalui Panitia Teknis 79-01 Hasil Hutan Kayu yang telah dibahas dan disepakati dalam rapat teknis dan rapat konsensus nasional yang pada tanggal 22 Desember 2004 di Bogor. Beberapa syarat dalam SNI 03-2105-2006 adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan macam perekat
 - a. Tipe U :
Memakai urea formaldehida atau setara mutunya. Dapat digunakan untuk furniture dan lemari.

- b. Tipe M :
Memakai urea melamin formaldehida atau yang setara mutunya. Dapat digunakan untuk lantai substrat, atap substrat, dinding dalam dan luar substrat.
- c. Tipe P :
Memakai fenol formaldehida atau yang setara mutunya. Dapat digunakan untuk lantai substrat, atap substrat, dinding dalam dan luar substrat.

2. Ukuran dan kesikuan

- a. Toleransi panjang dan lebar ± 3 mm.
- b. Toleransi kesikuan: perbedaan dari garis siku maksimum 2 mm.
- c. Toleransi tebal disajikan pada tabel.

Tabel 2.2 Toleransi tebal papan partikel

No	Macam papan partikel	Tebal (mm)	Toleransi tebal (mm)		
			Tidak diampelas	Diampelas	Dekoratif
1	Papan partikel biasa	< 15	$\pm 1,0$	$\pm 0,3$	-
		≥ 15			
2	Papan partikel berlapis venir	< 20	$\pm 1,2$	$\pm 0,3$	-
		≥ 20			
3	Papan partikel dekoratif	< 18	-	-	$\pm 0,5$
		≥ 18	-	-	$\pm 0,6$

Sumber: SNI 03-2105-2006

3. Mutu penampilan

Syarat umum:

- a. Tidak diperkenankan adanya keropos, lapuk, lekang dan goresan pada papan partikel.
- b. Untuk papan partikel berlapis venir ditambah dengan syarat umum sesuai SNI 01-5008.2-2000: Kayu lapis penggunaan umum.
- c. Untuk papan partikel dekoratif ditambah dengan syarat umum sesuai SNI 01-2025-1996, Kayu lapis indah dan papan blok indah dan SNI 01-7201-2006, Kayu lapis dan papan blok bermuka kertas indah

Syarat Khusus

- a. Untuk papan partikel berlapis venir, syarat khusus sesuai dengan SNI 01-5008-2-2000, Kayu lapis penggunaan umum.
- b. Untuk papan partikel dekoratif dilapisi venir indah, syarat khusus sesuai dengan SNI 01-2025-1996, Kayu lapis indah dan papan blok indah.
- c. Untuk papan partikel dekoratif lainnya, syarat khusus sesuai dengan 01-7201-2006, Kayu lapis dan papan blok bermuka kertas indah.
- d. Untuk papan partikel biasa, syarat khusus disajikan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Jenis cacat papan partikel biasa

No	Jenis Cacat	A	B	C	D
1	Partikel kasar di permukaan panel	Maksimum 10 buah, tidak berkelompok	Maksimum 15 buah, tidak berkelompok	Maksimum 20 buah, tidak berkelompok	Maksimal 50 buah, tidak berkelompok
2	Noda serbuk	Maksimum diameter 0,5 cm, 1 buah	Maksimum diameter 2,0 cm, 1 buah	Maksimum diameter 4,0 cm, 2 buah	Maksimum diameter 6,0 cm, 5 buah
3	Noda minyak	Tidak ada	Tidak ada	Maksimum diameter 1 cm, 1 buah	Maksimum diameter 2 cm, 2 buah
4	Noda perekat	Maksimum diameter 1,0 cm, 1 buah	Maksimum diameter 1,0 cm, 2 buah	Maksimum diameter 2,0 cm, 2 buah	Maksimum diameter 4 cm, 4 buah
5	Rusak tepi	Tidak ada	Tidak ada	Maksimum lebar 5,0 mm, panjang maks 100 mm	Maksimum lebar 10,0 mm, panjang maksimum 200 mm

Sumber: SNI 03-2105-2006

4. Kadar air
 - a. Kadar air papan partikel tidak diperkenankan lebih dari 14%.
5. Kerapatan
 - a. Kerapatan papan partikel antara $0,40 \text{ g/cm}^3 - 0,90 \text{ g/cm}^3$.
6. Pengembangan tebal setelah direndam air
 - a. Untuk papan partikel tipe 8 dengan perekat tipe U tidak dipersyaratkan.
 - b. Untuk papan partikel tipe 24 – 10 dan 17,5 – 10,5 bila tebalnya $\leq 12,7 \text{ mm}$, maksimum 25% dan bila tebalnya $> 12,7 \text{ mm}$, maksimum 20%
 - c. Untuk papan partikel lainnya maksimum 12%.
7. Syarat mekanis

Tabel 2.4 Syarat sifat mekanis papan partikel struktural

No.	Jenis Papan Partikel	Tipe	Keteguhan Lentur Minimum (kgf/cm^2)				Modulus elastisitas lentur (kering) minimum (10^4 kgf/cm^2)	Keteguhan tarik tegak lurus permukaan minimum (kgf/cm^2)	Keteguhan cabut sekrup minimum (kgf)*
			Kering		Basah				
			Panjang	Lebar	Panjang	Lebar			
1	Papan partikel biasa	18	184	92		3,06 (arah lebar)	3,1	51	

	dan papan partikel dekoratif	13	133	66		2,55 (arah lebar)	2,0	41	
		8	82	-		2,04 (arah lebar)	1,5	31	
2	Papan partikel berlapis venir	30 – 15	306	153	153	77	4,59 (arah panjang) 2,86 (arah lebar)	3,1	51
3	Papan partikel biasa struktural	24 – 10	245	102	122	51	4,08 (arah panjang) 1,33 (arah lebar)	3,1	51
		17,5-10,5	178	107	90	54	3,06 (arah panjang) 2,04 (arah lebar)		
*Hanya berlaku bagi papan partikel tebal minimum 15 mm.									

Sumber: SNI 03-2105-2006

Tipe 18 : Kekuatan lentur harus 184 kgf/cm² atau lebih, pada panjang papan dan lebar papan

Tipe 13 : Kekuatan lentur harus 133 kgf/cm² atau lebih, pada panjang papan dan lebar papan

Tipe 8 : Kekuatan lentur harus 82 kgf/cm² atau lebih, pada panjang papan dan lebar papan

Tipe 30-15 : Kekuatan lentur harus 306 kgf/cm² atau lebih pada panjang papan dan Kekuatan lentur harus 153 kgf/cm² pada lebar papan

Tipe 24-10 : Kekuatan lentur harus 245 kgf/cm² atau lebih pada panjang papan dan Kekuatan lentur harus 102 kgf/cm² pada lebar papan

Tipe 17,5 – 10,5 : Kekuatan lentur harus 178 kgf/cm² atau lebih pada panjang papan dan Kekuatan lentur harus 107 kgf/cm² pada lebar papan

8. Emisi formaldehida

Tabel 2.5 Syarat emisi formaldehida

No.	Tipe Nilai rata-	Tipe Nilai rata-rata (mg/l)	Nilai maksimum (mg/l)
1	F****		Maksimum 0,5
2	F***		Maksimum 1,5
3	F**		Maksimum 5,0

Sumber: SNI 03-2105-2006

9. Ketahanan permukaan papan partikel dekoratif
 - a. Keteguhan tarik lapisan dekoratif papan partikel minimum 4,0 kgf/cm²
10. Ketahanan pukul
 - a. Tidak diperkenankan adanya retak dan terkelupas pada lapisan dekoratif.
 - b. Diameter lekuk maksimum 20 mm.
11. Ketahanan terhadap asam, basa, noda dan perubahan warna
 - a. Tidak berlaku bagi papan partikel dekoratif yang dilapisi veneer indah.
 - b. Tidak terjadi perubahan warna akibat larutan asam maupun basa.
 - c. Tidak ada bekas warna atau noda yang tertinggal
 - d. Tidak terjadi perubahan warna dan pemudaran kilap

2.5 Adhesive

Adhesive atau lem atau juga sering disebut perekat merupakan suatu bahan yang digunakan untuk menyatukan dua benda yang sejenis, maupun yang tidak sejenis. Wake (1976) & Ruhendi (1986) mendefinisikan perekat sebagai bahan yang mampu menyatukan benda sejenis atau tidak sejenis melalui ikatan atau sentuhan permukaan dan menjadikan benda tersebut memiliki sifat tahan terhadap usaha pemisahan. Salah satu jenis *adhesive* yang digunakan pada penelitian ini adalah urea formaldehida.

2.5.1 Urea Formaldehida

Resin urea formaldehida adalah salah satu contoh polimer yang merupakan hasil kondensasi urea dengan formaldehida. Urea formaldehida (dikenal juga sebagai urea-metanal) adalah suatu resin atau plastik thermosetting yang terbuat dari urea dan formaldehida yang dipanaskan. Resin urea formaldehida, dapat dicetak tekan dan memiliki permukaan yang keras. Urea formaldehida salah satu jenis resin yang digunakan sebagai bahan perekat dan pelapis kayu (Putri 2011). Resin urea formlahdehida memiliki sifat tahan terhadap asam dan basa, permukaan yang keras, absorpsi air yang rendah, dapat dicetak tekan dan dapat diberi berbagai jenis warna.

2.6 Kuat Lentur

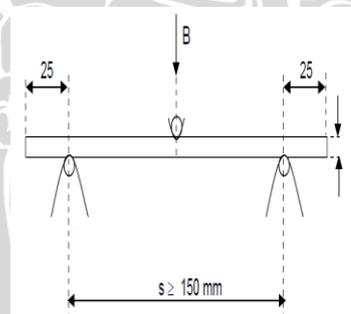
Kuat lentur merupakan proses pembebanan terhadap bahan pada sebuah titik ditengah-tengah dari bahan yang ditahan diatas dua tumpuan. Dengan pembebanan ini bahan akan mengalami deformasi. Menurut Haygreen dan Bowyer (1993) kekuatan lentur adalah suatu nilai yang konstan dan merupakan perbandingan antara tegangan dan

regangan dibawah batas proporsi. Tegangan didefinisikan sebagai distribusi gaya per unit luas, sedangkan renggangan adalah perubahan panjang per unit panjang bahan. Kekuatan lentur berkaitan dengan regangan, defleksi dan perubahan bentuk yang terjadi. Besarnya defleksi dipengaruhi oleh besar dan lokasi pembebanan, panjang dan ukuran spesimen. Semakin tinggi kuat lentur maka semakin kurang defleksi pada spesimen uji (Haygreen dan Bowyer, 1993). Pengujian lentur merupakan salah satu pengujian sifat mekanik yang dilakukan terhadap spesimen dari bahan material, baik bahan material yang akan digunakan sebagai konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan maupun proses pelengkungan dalam pembentukan.

2.7 Prosedur pengujian kuat lentur papan partikel

Dalam pengujian kuat lentur prinsip yang digunakan adalah kemampuan papan partikel menahan beban terpusat dalam keadaan kering, peralatan yang digunakan meliputi mesin uji kuat lentur, load cell, load indicator, dua buah penyangga spesimen uji, jangka sorong dan penggaris. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian papan partikel:

1. Contoh uji diukur panjang, lebar, dan tebalnya
2. Contoh diletakan secara mendatar pada penyangga
3. Beban diberikan pada bagian terpusat kemudian dicatat sampai beban maksimum yang mampu diterima papan partikel



Gambar2.1 Uji kuat lentur papan partikel
Sumber: SNI 03-2105-2006

Keterangan gambar:

B adalah beban (kgf)

S adalah jarak sangga (mm)

T adalah tebal papan partikel

2.8 Kualitas

Kualitas adalah ukuran seberapa mampu suatu barang atau jasa memenuhi kebutuhan konsumen sesuai dengan standar tertentu. Standar tersebut mungkin berkaitan dengan waktu, bahan, kinerja, keandalan, atau karakteristik yang dapat dikuantitaskan. (Soejanto 2009). Pengertian kualitas menurut Juran adalah kesesuaian antara tujuan dan manfaatnya.

2.8.1 Kualitas menurut Taguchi

Kualitas yang memenuhi spesifikasi dianggap lebih sempurna oleh pabrik di Amerika. Padahal analisis menunjukkan bahwa dengan merekayasa proses untuk memfokuskan pada target akan dihasilkan kualitas produk yang lebih sempurna. Melihat fenomena diatas, Taguchi melihat definisi kualitas dari sisi yang berbeda yaitu dengan melihat hubungan antara kualitas dengan biaya dan kerugian (*loss*) dalam satuan moneter. Definisi ini tidak hanya memperhatikan segi manufaktur tetapi juga sisi konsumen dan masyarakat. Secara lebih lengkap definisi Taguchi adalah *The quality of a product is the minimum loss impqrled by the product society from the time the product is shipped*. Dengan definisi ini, tujuan dari industri manufaktur adalah membuat produk yang sesuai harapan konsumen selama produksi itu digunakan oleh konsumen. Filosofi Taguchi dalam perbaikan kualitas secara terperinci menekankan pada reduksi variasi. Desain parameter dimaksudkan sebagai pendekatan biaya efektif (*cost-effective*) pada reduksi variasi dalam proses dan produk (Nair 1992).

Taguchi mendefinisikan kualitas dalam cara yang negatif, yaitu kerugian pada masyarakat sejak produk dikirimkan. Kerugian ini termasuk biaya ketidakpuasan konsumen, yang akan mengakibatkan kerugian reputasi dan niat baik perusahaan. Menurut Taguchi, sebuah produk menimbulkan kerugian bukan hanya ketika berada di luar spesifikasi, tetapi juga ketika produk tersebut menyimpang dari nilai targetnya, kerugian ini sebanding dengan kuadrat penyimpangan dari target. Kualitas suatu produk adalah minimasi kerugian yang diberikan oleh produk pada masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan.

Untuk mengatasi kerugian (*loss*) karena kualitas yang tidak baik dari suatu produk, ada dua kemungkinan kerugian yang terjadi setelah produk sampai kepada konsumen itu :

1. Jika produk tersebut mendapat garansi maka kerugian tersebut ditanggung perusahaan.
2. Jika produk tersebut tidak bergaransi, konsumen harus mengeluarkan biaya untuk memperbaiki.

Ukuran yang diusulkan Taguchi untuk menghitung kerugian (*loss*) secara kuantitatif adalah *quality loss function*. Dengan demikian pendekatan kualitas menurut Taguchi ini merupakan inovasi baru dalam bidang kualitas.

2.9 Quality Engineering

Seiring dengan meningkatnya volume dan kompleksitas manufaktur, kualitas juga menjadi hal yang makin sulit. Volume dan kompleksitas mendorong timbulnya *quality engineering* pada tahun 1920-an. *Quality engineering* sendiri mendorong timbulnya penggunaan metode-metode statistik dalam pengendalian kualitas, yang akhirnya mengarah pada konsep *control charts* dan *statistical process control*.

Quality Engineering dapat diartikan sebagai proses perbaikan kualitas secara terus menerus dalam perancangan produk dan proses. Dengan penerapan *tools* yang tepat, diharapkan produk yang dihasilkan juga akan sesuai dengan harapan konsumen dan spesifikasi yang telah disyaratkan perusahaan. Selain itu, terdapat sumber yang menyebutkan bahwa *Quality Engineering* dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk atau proses. *Quality Engineering* mencakup seluruh aktivitas pengendalian kualitas dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses produksi, dan kepuasan konsumen. Menurut Taguchi (1978), terdapat dua jenis rekayasa kualitas, yaitu *off-line* dan *on-line*.

2.9.1. Rekayasa Kualitas Secara Off-Line

Pada bagian ini perancangan eksperimen merupakan peralatan yang sangat fundamental, dimana teknik ini mengidentifikasi sumber dari variasi dan menentukan perancangan dan proses yang optimal. Pengendalian kualitas secara *off-line quality control* adalah usaha-usaha yang bertujuan mengoptimalkan desain proses dan produk, sebagai pendukung usaha *on-line quality control*. Usaha ini dilakukan baik sebelum maupun setelah proses. Metodologi rekayasa kualitas secara *off-line* terbagi dalam tiga tahapan yaitu perancangan konsep, perancangan parameter, perancangan toleransi (Soejanto 2009).

2.9.2. Rekayasa Kualitas Secara On-Line

Rekayasa kualitas secara *on-line* merupakan suatu aktivitas untuk mengamati dan mengendalikan kualitas pada setiap proses produksi secara langsung. Aktivitas ini sangat penting dalam menjaga agar biaya produksi menjadi rendah dan secara langsung pula dapat meningkatkan kualitas produk. Rekayasa kualitas secara *on-line* ini juga dapat mengontrol

mesin-mesin produksi sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada mesin-mesin produksi tersebut. Usaha-usaha yang tercakup dalam *on-line quality control* adalah pengdiagnosaan dan penyesuaian proses, pengontrolan proses, dan inspeksi hasil proses. Usaha-usaha ini adalah pengendalian kualitas yang berlangsung saat proses produksi sedang berjalan (Soejanto 2009).

2.10 Eksperimen

Eksperimen atau disebut juga percobaan adalah suatu tindakan dan pengamatan, yang dilakukan untuk mengecek atau menyalahkan hipotesis atau mengenali hubungan sebab akibat antara gejala. Selain itu eksperimen adalah meneliti pengaruh perlakuan terhadap perilaku yang timbul sebagai akibat perlakuan. Menurut Hadi (1985) penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui akibat yang ditimbulkan dari suatu perlakuan yang diberikan secara sengaja oleh peneliti. Sejalan dengan hal tersebut, Latipun (2002) mengemukakan bahwa penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dilakukan dengan melakukan manipulasi yang bertujuan untuk mengetahui akibat manipulasi terhadap perilaku yang diamati. Penelitian eksperimen pada prinsipnya dapat didefinisikan sebagai metode sistematis guna membangun hubungan yang mengandung fenomena sebab akibat (*causal-effect relationship*). Selanjutnya, metode eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Berdasarkan definisi dari beberapa ahli tersebut bahwa penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian suatu perlakuan terhadap subjek penelitian.

2.11 Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan untuk memperoleh informasi yang berhubungan atau yang diperlukan dalam membahas permasalahan yang sedang dihadapi. Artinya, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil sebelum eksperimen dilakukan agar data yang diperlukan dapat diperoleh sehingga diperoleh analisa yang objektif dan kesimpulan yang tepat atas permasalahan yang sedang dibahas. Suatu desain eksperimen bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang perlu dan bermanfaat dalam penyelidikan permasalahan yang akan dibahas. Namun dalam mengumpulkan informasi, desain harus dibuat sesederhana mungkin. Hal ini didukung oleh kenyataan bahwa desain

yang sedemikian akan cepat dianalisa selain ekonomis. Beberapa istilah yang biasa dipakai dalam disain eksperimen adalah :

- a. Perlakuan merupakan dari kondisi-kondisi eksperimen yang akan digunakan terhadap unit eksperimen yang akan digunakan terhadap unit eksperimen dalam ruang lingkup desain yang dipilih.
- b. Unit eksperimen merupakan unit terhadap mana perlakuan tunggal (yang mungkin merupakan gabungan dari beberapa faktor) dikenakan dalam sebuah replikasi eksperimen dasar
- c. Kekeliruan eksperimen menyatakan kegagalan dari dua unit eksperimen identik yang dikenai perlakuan untuk memberikan hasil yang sama . Prinsip –prinsip desain eksperimen yaitu:

- a) Replikasi , merupakan pengulangan dari eksperimen dasar yang bertujuan untuk :
 - 1) Memberikan taksiran kekeliruan eksperimen yang dapat dipakai untuk menentukan panjang interval konfidensi atau sebagai satuan dasar pengukuran untuk menetapkan taraf signifikansi dari perbedaan-perbedaan yang diamati .
 - 2) Menghasilkan taksiran yang lebih akurat untuk kekeliruan eksperimen.
 - 3) Memungkinkan diperolehnya taksiran yang lebih baik mengenai efek rata-rata dari suatu faktor.

- b) Pengacakan atau Redemisasi.

Pengacakan menyebabkan pengujian berlaku yang menyebabkan memungkinkannya data dianalisa, dengan anggapan seolah –olah asumsi independen pengamatan terpenuhi . Pengacakan memungkinkan dilanjutkannya langkah-langkah berikutnya dalam eksperimen artinya pengacakan bukan untuk menjamin tidak terjadinya independensi , melainkan hanya memperkecil adanya koreksi antar pengamatan . Manfaat lain dari pengacakan adalah menghilangkan bias dari data .

- c) Kontrol Lokal

Merupakan langkah –langkah yang terbentuk penyeimbangan , pengkotakan , dan pengelompokkan unit-unit eksperimen yang digunakan dalam desain . Jika replikasi dan pengacakan pada dasarnya akan memungkinkan berlakunya uji signifikansi , maka peta control local menyebabkan local menyebabkan desain lebih efisien .

Pengelompokkan merupakan penempatan sekelompok unit eksperimen yang homogen ke dalam kelompok-kelompok yang berbeda mendapat perlakuan yang sama . Pemblokkan merupakan pengalokasian unit-unit eksperimen ke dalam blok, sehingga unit-unit dalam

blok secara relative bersifat homogen sedangkan besar variasi yang dapat diduga menjadi bagian dari kekeliruan eksperimen sehingga desain lebih efisien. Penyeimbangan merupakan usaha memperoleh unit-unit eksperimen, usaha pengelompokkan, pemblokkan, dan penggunaan perlakuan terhadap unit-unit eksperimen sehingga dihasilkan konfigurasi yang seimbang. Langkah-langkah membuat desain eksperimen tergantung pada permasalahan yang sedang dihadapi, tetapi semua desain eksperimen mengandung hal-hal pokok, antara lain:

- 1) Pernyataan mengenai masalah atau persoalan yang dibahas
- 2) Perumusan hipotesa
- 3) Penentuan teknik dan desain eksperimen yang diperlukan
- 4) Pemeriksaan semua hasil yang mungkin dan latar belakang atau alasan-alasan agar eksperimen menghasilkan informasi yang diperlukan
- 5) Mempertimbangkan semua hasil yang mungkin ditinjau dari prosedur statistic yang diharapkan berlaku
- 6) Melakukan eksperimen
- 7) Penggunaan teknik statistika terhadap hasil
- 8) Mengambil kesimpulan dengan mempergunakan derajat kepercayaan terhadap hal-hal yang diuji
- 9) Penelitian seluruh penelitian, dibandingkan dengan penelitian –penelitian lain mengenai masalah yang sama

Untuk menyelidiki kombinasi tertentu dari faktor maka dilakukan kombinasi perlakuan. Apabila desain eksperimen hanya membahas satu faktor saja, analisa faktorial membahas tentang semua kombinasi antar taraf setiap faktor. Dengan kata lain, eksperimen faktorial adalah eksperimen dimana semua taraf sebuah faktor tertentu dikombinasikan dengan semua taraf faktor lainnya yang terdapat dalam eksperimen tersebut. Berdasarkan adanya banyak taraf dalam tiap faktor, eksperimen ini sering diberi nama dengan menambahkan perkalian antara banyak taraf faktor yang satu dengan banyaknya taraf faktor lainnya.

2.12 Metode Taguchi

Metode Taguchi dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapatkan tugas untuk memperbaiki sistem telekomunikasi di Jepang. Metode ini merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki

kualitas produk dan proses serta dalam dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin.

Tujuan sebuah perancangan dalam pembuatan produk adalah untuk membuat cara-cara meminimalkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya. Hal ini dapat dilakukan dengan melalui identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dengan cara mengubah level-level dari faktor-faktor yang sesuai sehingga penyimpangannya dapat dibuat sekecil mungkin dan karakteristik kualitas dapat mencapai target.

Daur hidup produk mempunyai 4 tahap yaitu *product design*, *production process design*, *manufacturing* dan *costumer usage*. Kegiatan pengendalian kualitas dilakukan pada tiap tahapnya. Aktifitas pengendalian kualitas dalam proses dan perancangan produk sebelum produk dibuat disebut *off-line quality control*. *Off-line quality control* adalah suatu metode yang berprinsip pada peningkatan mutu dengan meminimalkan pengaruh dari penyebab-penyebab perubahan tanpa menghilangkan penyebab-penyebab itu sendiri. Tiga tahap penting dalam perancangan proses *off-line quality control*, yaitu:

a. *System design (primary design)*,

Tahap ini adalah tahap yang berkaitan dengan pengembangan teknologi. Tahap ini memerlukan pengetahuan teknis yang luas dan mendalam untuk menilai pengembangan produk atau proses (tidak memerlukan perancangan eksperimen).

b. *Parameter design (secondary design)*,

Dalam tahap perancangan parameter berkaitan dengan penekanan biaya dan meningkatkan kualitas dengan menggunakan metode perancangan eksperimen yang efektif. Hal ini termasuk penentuan nilai parameter yang kurang sensitif terhadap faktor *noise* dan mencari kombinasi level parameter yang dapat mengurangi faktor *noise*. Tahap ini adalah tahap utama dalam perancangan kokoh agar produk atau proses mempunyai kehandalan yang tinggi, walaupun material yang digunakan tidak mahal, mempunyai keragaman tinggi dan mudah rusak (aus).

c. *Tolerance design (tertiary design)*,

Tahap ini berkaitan dengan pengendalian faktor-faktor yang mempengaruhi nilai target dengan menggunakan komponen mutu tinggi dan biaya tinggi yang tidak dapat dielakkan. Setelah sistem dirancang (melalui *system design*) dan nilai tengah parameternya ditentukan (melalui *parameter design*), langkah berikutnya membuat toleransi parameter (melalui *tolerance design*). Faktor *noise*, termasuk juga parameter sistem dimasukkan dalam rancangan eksperimen untuk menentukan dampaknya pada

karakteristik keluaran. Toleransi yang lebih sempit harus diberikan pada faktor *noise* yang mempunyai pengaruh terbesar pada karakteristik keluaran.

Karena faktor *noise* tidak dapat dihilangkan, karakteristik kualitas dari produk tidak akan mencapai nilai target. Prinsip kekokohan berusaha untuk mengurangi kerugian dengan melakukan pengendalian faktor terhadap faktor *noise*, sehingga spesifikasi produk dapat diidentifikasi dan membuat karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap *noise* (Soejanto 2009).

2.12.1 Desain Eksperimen Taguchi

Desain eksperimen taguchi termasuk dalam kelompok *fractional factorial experiment*. Taguchi menggunakan *orthogonal array* untuk tata letak eksperimennya. Dibandingkan dengan metode lain, metode Taguchi memiliki beberapa kelebihan diantaranya sebagai berikut:

1. Rancangan eksperimen Taguchi memisahkan antara faktor terkendali dengan faktor tidak terkendali.
2. Rancangan eksperimen Taguchi memungkinkan eksperimen dengan banyak faktor dengan jumlah eksperimen yang sedikit sehingga menghemat waktu dan biaya.
3. Rancangan eksperimen Taguchi memperhatikan pengaruh terhadap rata-rata dan variansi atau performansi, ini memungkinkan diperolehnya suatu rancangan proses yang akan menghasilkan produk-produk yang konsisten.
4. Hasil yang diperoleh bukan hanya mengenai faktor-faktor yang berpengaruh akan tetapi juga mengenai level-level yang optimal.

Eksperimen menggunakan metode Taguchi, harus memperhatikan beberapa langkah yang merupakan kunci pokok keberhasilan eksperimen. Langkah-langkah desain eksperimen metode Taguchi sebagai berikut:

1. Perumusan masalah

Pada tahap ini perlu didefinisikan masalah yang akan diteliti dengan tepat. Perumusan masalah harus spesifik dan jelas batasannya dan juga secara teknis harus dapat dilaksanakan dalam eksperimen.

2. Tujuan eksperimen

Tujuan yang diterapkan harus dapat menjawab masalah yang telah dirumuskan

3. Tentukan respon (karakteristik kualitas) yang akan diukur dan metode pengukuran

Data respon yang didapatkan dari eksperimen harus diukur dengan alat ukur dengan alat ukur yang valid dan dengan pengukuran yang benar.

4. Identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh

Pada tahap ini akan diselidiki faktor mana saja yang akan di selidiki pengaruhnya. Dalam eksperimen tidak seluruh faktor yang diperkirakan mempengaruhi respon diselidiki. Hanya faktor yang dianggap penting saja yang diselidiki. Beberapa metode yang digunakan yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh adalah *brainstorming*, *flowcharting*, *cause effect diagram*, *pareto analisis* dan *metode delphi*.

5. Pemisahan faktor terkendali dan faktor tidak terkendali

Hal yang perlu diperhatikan faktor tidak terkendali perlu dipisahkan antara yang dapat diukur dan yang tidak dapat terukur.

6. Penentuan jumlah level dan nilai level faktor

Pemilihan jumlah level sangat penting karena berkaitan dengan ketelitian eksperimen dan ongkos eksperimen. Level faktor dapat dinyatakan secara kuantitatif seperti halnya temperature 40°C dan juga dapat dinyatakan secara kualitatif seperti rendah-tinggi.

7. Identifikasi interaksi antar faktor

interaksi muncul ketika dua faktor atau lebih memiliki perlakuan secara bersama dalam memberikan hasil yang berbeda pada respon dibandingkan jika faktor mengalami perlakuan sendiri, akan tetapi Taguchi lebih mementingkan *engineering approach* dengan cara mengamati pada penyebab utama (*main effect*), karena seringkali interaksi sulit untuk dijelaskan.

8. Perhitungan derajat kebebasan

Perhitungan derajat kebebasan digunakan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan.

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. Penugasan faktor pada *orthogonal array*

Penugasan faktor pada *orthogonal array* yang dipilih berdasarkan pada grafik linear dan tabel *tringuler*. Kedua hal tersebut merupakan alat bantu yang dirancang oleh Taguchi.

11. Persiapan pelaksanaan eksperimen

Persiapan eksperimen meliputi penentuan jumlah replikasi dan randomisasi. Replikasi dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan percobaan dan meningkatkan ketelitian eksperimen. Sedangkan randomisasi dimaksudkan untuk meratakan pengaruh *error*, memberi kesempatan yang sama pada semua unit eksperimen sehingga ada kehomogenan pengaruh dan mendapatkan hasil pengamatan yang *independent* satu sama lain.

12. Analisis data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan, pengaturan, perhitungan, perhitungan, dan penyajian data dalam suatu *layout* tertentu sesuai dengan desain yang dipilih. Beberapa *tool* yang dipilih adalah analisis variansi, *F-test*, *pooling up* dan *signal to noise ratio*.

13. Interpretasi hasil

Dapat dilakukan dengan menggunakan persentase kontribusi dan selang kepercayaan faktor.

14. 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.

15. 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.

16. Menjalankan eksperimen konfirmasi

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

2.12.2 Orthogonal Array

Orthogonal array adalah suatu matrik yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor atau kondisi yang dapat diubah dalam eksperimen (Soejanto, 2008). Baris merupakan keadaan dari faktor. *Array* disebut *orthogonal* karena level-level dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam eksperimen. Jadi *orthogonal array* adalah matrik seimbang dari faktor dan level, sedemikian sehingga pengaruh suatu faktor atau level tidak baur

(*counfounded*) dengan pengaruh faktor atau level yang lain. Derajat bebas *orthogonal array* (V_{OA}) selalu kurang satu dari banyak eksperimen. 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 maka menggunakan rumus pada persamaan (2-1) s.d (2-3) (Soejanto,2008)

$$V_{OA} = (\text{banyaknya eksperimen} - 1) \quad (2-1)$$

$$V_{FI} = (\text{banyaknya faktor}) \times (\text{banyaknya level} - 1) \quad (2-2)$$

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 *orthogonal* adalah (Soejanto, 2008) :

$$L_a(b^c) \quad (2-3)$$

Sumber: Soejanto (2008)

Dimana :

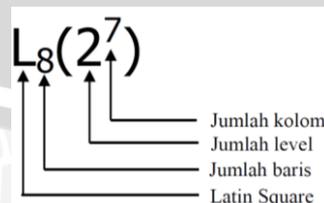
L = rancangan bujur sangkar latin

a = banyak baris / eksperimen

b = banyak level faktor

c = banyak faktor

Sebuah *orthogonal array* biasanya dilambangkan seperti pada Gambar 2.1 dibawah ini dan informasi yang bisa diperoleh dari *orthogonal array* sebagai berikut:



Gambar 2.2 Notasi *orthogonal array*
Sumber: Soejanto (2009)

Uraian untuk Gambar 2.2 di atas sebagai berikut:

1. Notasi L, merupakan informasi yang berdasarkan pada penyusunan faktor *latin square*. Penyusunan latin square adalah penyusunan *square* matriks dengan pemisahan faktor-faktor yang berpengaruh. Sehingga notasi L menggambarkan informasi *orthogonal array*.
2. Jumlah baris, merupakan jumlah eksperimen yang dibutuhkan pada saat menggunakan *orthogonal array*.
3. Jumlah kolom, merupakan jumlah faktor yang dapat dipelajari dalam *orthogonal array* yang dipilih.
4. Jumlah level, merupakan jumlah level dari faktor faktor yang digunakan dalam eksperimen.

Orthogonal array $L_8(2^7)$ diartikan sebagai *orthogonal array* yang mempunyai 7 faktor dengan 2 level dan eksperimen dilakukan 8 kali. Bentuk standar *orthogonal array* dari Taguchi dijelaskan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 *Orthogonal array* standar dari Taguchi

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Level Gabungan
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{23}(5^6)$	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$		$L_{32}(2^1 \times 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$			$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$				$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$				$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$

Sumber : Belavendram (1995)

2.12.3 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas (*variabel respons*) adalah obyek yang menarik dari produk atau proses. Karakteristik kualitas dapat dikelompokkan menurut nilai targetnya sebagai berikut:

1. *SN Ratio Nominal The Best*

Nilai yang dituju adalah nilai nominal tertentu yang didekati dari dua arah. Semakin mendekati nilai nominal kualitasnya semakin baik. Fungsi ini formulasinya sebagai berikut.

$$\eta = 10 \log_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (2-4)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2-5)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum (y_i + \mu)^2 \quad (2-6)$$

2. SN Ratio Smaller The Better

Nilai yang dituju adalah suatu nilai yang mengecil. Semakin kecil nilainya, maka semakin baik kualitasnya. Fungsi ini formulasinya sebagai berikut

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\sigma^2 + \bar{y}^2 \right] \quad (2-7)$$

3. SN Ratio Larger The Better

Nilai yang dituju adalah suatu nilai yang membesar. Semakin besar nilainya, maka semakin baik kualitasnya. Fungsi ini formulasinya sebagai berikut.

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2-8)$$

4. Signed target

Karakteristik kualitas *signed target* adalah karakteristik terukur yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target 0 (nol). Ini berbeda dengan *smaller the better* dimana karakteristik kualitas *signed target* dapat mempunyai nilai negatif.

5. Classified attribute.

Karakteristik kualitas *classified attribute* bukan merupakan variabel kontinu, tetapi dapat diklasifikasikan menjadi skala diskret. Karakteristik ini sering berdasarkan penilaian subyektif misalnya baik atau jelek.

Masing-masing karakteristik kualitas di atas diterangkan dengan nilai target dan contohnya pada tabel 2.7 dibawah ini.

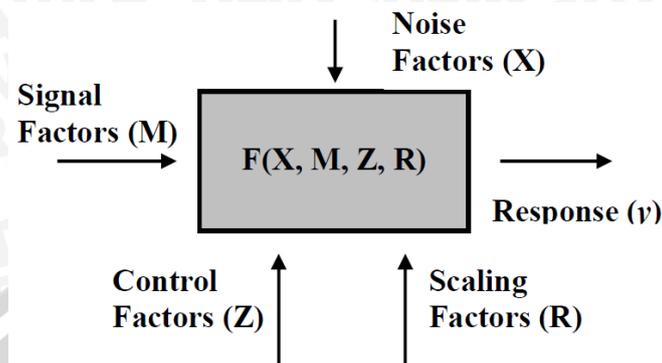
Tabel 2.7 Klasifikasi karakteristik kualitas

Karakteristik Kualitas	Target	Contoh
<i>Nominal the best</i>	Terpusat pada nilai tertentu	Voltase TV
<i>Smaller the better</i>	Sekecil mungkin (nol)	Keausan alat, kekasaran permukaan
<i>Larger the better</i>	Sebesar mungkin (~)	Kekuatan las, keiritan bahan baku
<i>Signed target</i>	Nol	Residual carrant
<i>Classified attribute</i>	-	Rendah, menengah, tinggi

Sumber: Belavendram (1995)

2.12.4 Klasifikasi Parameter

Beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dijelaskan pada gambar 2.2. Faktor-faktor ini diklasifikasikan menjadi faktor noise, faktor kontrol, faktor signal dan faktor skala.



Gambar 2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas
Sumber: Soejanto (2009)

Penjelasan lebih lanjut mengenai gambar 2.8 di atas, sebagai berikut:

- Faktor *noise*, suatu parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya disebut faktor *noise*. Faktor *noise* dapat mempengaruhi karakteristik kualitas secara tidak terkendali dan sulit diprediksi. Faktor *noise* biasanya sulit, mahal dan tidak menjadi sasaran pengendalian. Tetapi untuk tujuan eksperimen, faktor *noise* perlu dikendalikan dalam skala kecil.
- Faktor terkendali, parameter-parameter yang nilai-nilainya ditentukan oleh ahli teknik. Faktor kontrol dapat mempunyai nilai satu atau lebih yang disebut level. Pada akhir eksperimen, level yang sesuai dalam faktor terkendali akan dipilih. Salah satu aspek dari perancangan kokoh adalah mencari kondisi level optimal untuk faktor terkendali sehingga karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap *noise*.
- Faktor *signal*, faktor-faktor yang mengubah nilai-nilai karakteristik kualitas yang akan diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen dimana faktor *signal* mempunyai nilai konstan (dalam hal ini tidak dimasukkan sebagai faktor) disebut karakteristik statis. Jika faktor *signal* dapat mengambil banyak nilai, maka karakteristik mempunyai sifat dinamik. Faktor *signal* tidak ditentukan oleh ahli teknik, tetapi oleh konsumen berdasarkan hasil yang diinginkan.
- Faktor skala, faktor yang digunakan untuk mengubah rata-rata level karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor *signal* dengan karakteristik kualitas. Faktor *scaling* disebut juga faktor penyesuaian.

Penentuan faktor-faktor yang berpengaruh dalam eksperimen beserta *setting level* ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan, yaitu:

1. *Factor levels*, merupakan jumlah level atau atribut yang diberikan oleh faktor-faktor yang berpengaruh dalam eksperimen, baik faktor terkendali, faktor *noise*, faktor *signal*, atau faktor skala.
2. *Number of factor levels*, jumlah level dan *seting level* yang dipilih tergantung pada sejauh mana kita mengetahui proses atau produk yang akan diteliti.
3. *Range of factor levels*, semakin luas jarak yang digunakan dalam eksperimen, maka kemungkinan ditemukannya efek dari faktor yang ada dalam penentuan karakteristik kualitas akan semakin baik
4. *Feasibility of factor levels*, dalam pemilihan level untuk tiap faktornya perlu mempertimbangkan apakah *level* yang dipilih memungkinkan atau dapat dijalankan dalam membuat kombinasi eksperimen.

2.12.5 Analisis Variansi (ANOVA)

Analisis Variansi adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varian yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor Sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan.

Analisis variansi diperkenalkan pertama kali oleh Sir Ronald Fisher, ahli statistik dari Inggris (Belavendram, 1995). ANOVA adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon (Soejanto, 2008). Penggunaan ANOVA pada metode Taguchi adalah digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data – data hasil eksperimen. Dalam perhitungan analisis variansi metode Taguchi langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Membuat tabel data variabel.

Berikut ini adalah Tabel Data Variabel yang ditampilkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Tabel Data Variabel

Exp	A	B	...	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	...	Total
1								
2								
K								

Sumber: Belavendram (1995)

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

$$SST = \sum y^2 \quad (2-9)$$

Sumber: Soejanto (2009)

dengan:

y adalah data pada setiap replikasi

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

$$Ss_{mean} = n \cdot \bar{y}^2 \quad (2-10)$$

Sumber: Soejanto (2009)

dengan:

n adalah total seluruh data replikasi.

4. Jumlah Kuadrat Faktor (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 2.9.

Tabel 2.9 *Response Table of Factor Effects*

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

Sumber: Belavendram (1995)

$$SS_A = ((\bar{A}_1)^2 \times n_1) + ((\bar{A}_2)^2 \times n_2) + \dots + ((\bar{A}_i)^2 \times n_i) - SS_{mean} \quad (2-11)$$

Sumber: Belavendram (1995)

5. Jumlah Kuadrat *Error* (SE)

$$SSE = SST - Ss_{mean} - SS_A - SS_B - SS_n \quad (2-12)$$

Sumber: Soejanto (2009)

6. Membuat Tabel ANOVA.

Tabel 2.10 Contoh Tabel ANOVA

Source	Sq	V	Mq	F-Ratio
Mean				
Factor A				
Factor n				
error				
Total				

Sumber: Belavendram (1995)

7. Menghitung derajat Kebebasan Faktor

$$v = (\text{number of levels} - 1) \quad (2-13)$$

Sumber: Belavendram (1995)

8. Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$v_T = (\text{number of eksperiment} - 1) \quad (2-14)$$

Sumber: Belavendram (1995)

9. Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat (MS)

$$MS = \frac{SS}{v} \quad (2-15)$$

Sumber: Soejanto (2009)

Perhitungan MS tidak dilakukan pada Jumlah kuadrat total pada tabel ANOVA.

10. Menghitung Rasio (*F-Ratio*)

$$F \text{ ratio} = \frac{\text{Ms pada masing-masing faktor}}{\text{Ms Error}} \quad (2-16)$$

Sumber: Soejanto (2009)

11. Mengitung SS' Pada masing-masing faktor

$$SSA' = SSA - (VA \times MSA) \quad (2-17)$$

Sumber: Soejanto (2009)

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

$$\text{Rho\% A} = \frac{SSA'}{SST} \quad (2-18)$$

Sumber: Soejanto (2009)

2.12.6 *Signal To Noise Ratio (SNR)*

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 megoptimalkan 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 rasio S/N yang digunakan yaitu *larger the better* yaitu lebih besar lebih baik, *signal to noise ratio* dapat dihitung dengan rumus:

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2-19)$$

Dengan,

n = jumlah replikasi

y_i^2 = replikasi ke-i

2.12.7 *Interval Kepercayaan (Confidence Interval)*

Interval kepercayaan adalah interval antara dua nilai statistik dengan tingkat probabilitas tertentu dimana nilai yang sebenarnya dari parameter berada didalamnya.

Dalam perancangan kualitas suatu produk interval kepercayaan dibagi menjadi tiga macam ketentuan yaitu:

1. Interval kepercayaan untuk level faktor, untuk menghitung interval kepercayaan dari masing-masing faktor level digunakan rumus sebagai berikut:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot Ve. \left[\frac{1}{n} \right]} \quad (2-20)$$

Sehingga interval kepercayaan untuk masing-masing level faktor dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\overline{XY} - CI \leq \mu_{\overline{XY}} \leq \overline{XY} + CI \quad (2-21)$$

2. Interval kepercayaan untuk prediksi, sehingga menghitung interval kepercayaan untuk prediksi. Untuk *menghitung the predicted process mean* maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot Ve. \left[\frac{1}{neff} \right]} \quad (2-22)$$

$$neff = \frac{\text{total jumlah eksperimen}}{\text{jumlah derajat kebebasan dalam perkiraan rata-rata}} \quad (2-23)$$

3. Interval kepercayaan untuk konfirmasi, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CI = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot Ve. \left[\frac{1}{neff} + \frac{1}{r} \right]} \quad (2-24)$$

Sehingga interval kepercayaan dapat diperoleh dengan selang sebagai berikut:

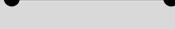
$$\mu \text{ konfirmasi} - CI \leq \mu \text{ konfirmasi} \leq \mu \text{ konfirmasi} + CI \leq \mu \text{ konfirmasi} + Ci \quad (2-25)$$

2.12.8 Eksperimen Konfirmasi

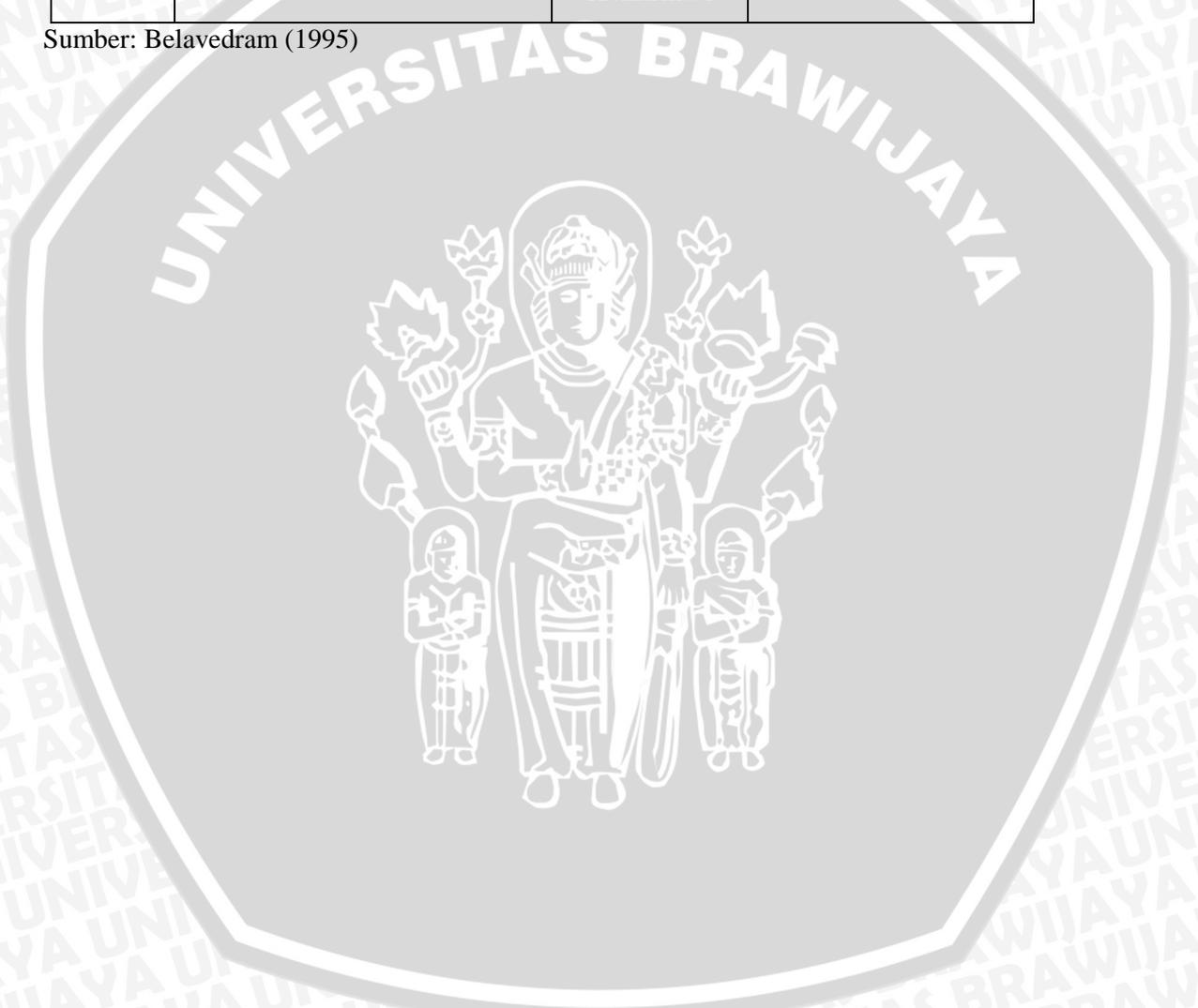
Tahap ini dilakukan dengan eksperimen konfirmasi. Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk membuktikan performansi yang diramalkan yaitu kondisi optimal untuk level faktor-faktor dalam eksperimen. Jika hasil eksperimen konfirmasi membuktikan performansi yang diramalkan, maka kondisi optimum dapat diterapkan dalam proses. Jika sebaliknya, maka desain eksperimen seharusnya dievaluasi lagi dan eksperimen tambahan yang diperlukan. Jumlah sampel atau replikasi dalam eksperimen konfirmasi yaitu r diambil sejumlah 10 sampel. Keputusan kondisi optimal dapat diterima atau tidak yaitu membandingkan rata-rata nilai estimasi dan rata-rata hasil eksperimen konfirmasi dengan

masing-masing level kepercayaan (Soejanto 2009). Penjelasan lebih lanjut diuraikan pada Tabel 2.11 berikut ini.

Tabel 2.11 Perbandingan interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi

Kondisi	Perbandingan	Keterangan	Keputusan
A		Prediksi	Diterima
		Konfirmasi	
B		Prediksi	Diterima
		Konfirmasi	
C		Prediksi	Ditolak
		Konfirmasi	

Sumber: Belavedram (1995)



(halaman ini sengaja di kosongkan)

