

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Batu Bata

Batu bata merah merupakan suatu unsur yang berperan penting dalam bidang konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah liat/tanah lempung dicampur dengan air atau tanpa bahan campuran lain dengan melalui beberapa tahap proses pembuatan seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan serta dibakar pada suhu tinggi hingga matang dan berubah warna yang nantinya akan mengeras (Ramli, 2007).

Arti batu bata menurut SNI 15-2094-2000, SII-0021-78 adalah salah satu unsur bangunan yang terbuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain serta dibakar dengan suhu tinggi hingga tidak dapat hancur lagi jika direndam dengan air dan diperuntukkan dalam pembuatan konstruksi bangunan. Berikut merupakan jenis-jenis batu bata yang biasa digunakan:

1. Batu bata merah.
2. Batu bata batako.
3. Batu bata hebel.
4. Batu bata berlubang.
5. Batu bata *purpose-made*.

2.1.1 Standar Pembuatan Batu Bata

Pembuatan batu bata merah tentunya harus memiliki standarisasi, karena hal tersebut merupakan syarat mutlak yang menjadi acuan dari sebuah industri disuatu negara. Salah satu bahan utama dalam memproduksi batu bata merah yaitu tanah lempung/liat yang tidak mengandung kapur sehingga ketika dibakar dapat berubah warna menjadi kemerahan. Ketebalan lempung yang baik yaitu sekitar 0,25 sampai 0,5 m.

Menurut *International Organization for Standardization (ISO)*, standarisasi merupakan suatu proses penyusunan serta penerapan aturan-aturan dalam rangka pelaksanaan suatu kegiatan secara teratur guna untuk meningkatkan nilai tambah dan kerjasama terhadap berbagai pihak yang bersangkutan, khususnya dalam

peningkatan perekonomian semaksimal mungkin dengan memperhatikan kondisi fungsional serta persyaratan keamanan (Suwardono, 2002).

Terdapat beberapa kriteria atau syarat-syarat yang harus diperhatikan sesuai dengan SNI 15-2094-2000 dan SII-0021-78, yaitu sebagai berikut:

a. Sifat tampak

Batu bata merah harus memiliki bentuk segi empat/prisma dengan rusuk-rusuk yang tajam serta meyiku serta harus memiliki bidang yang datar dan tidak menunjukkan keretakan.

b. Ukuran dan toleransi

Standar ukuran dan toleransi batu bata merah telah ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional yang ditunjukkan di nomor 15-2094-2000. Pada Tabel 2.1 ditunjukkan standar tersebut.

Tabel 2.1 Ukuran dan toleransi batu bata merah pasangan dinding

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65 ± 2	90 ± 3	190 ± 4
M-5b	65 ± 2	100 ± 3	190 ± 4
M-6a	52 ± 3	110 ± 4	230 ± 4
M-6b	55 ± 3	110 ± 6	230 ± 5
M-6c	70 ± 3	110 ± 6	230 ± 5
M-6d	80 ± 3	110 ± 6	230 ± 5

Sumber: SNI 15-2094-2000

c. Kuat tekan

Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diijinkan untuk batu bata merah dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi kuat tekan batu bata

Kelas	Kekuatan Tekan Rata-rata Batu Bata		Koefisien Variasi Izin
	Kg/cm ²	N/mm ²	
50	50	5,0	22%
100	100	10	15%
150	150	15	15%

Sumber: SNI 15-2094-2000

d. Garam yang membahayakan

Terdapat kadar garam dalam proses pembuatan batu bata merah, garam tersebut mudah larut dan membahayakan seperti Magnesium Sulfat ($MgSO_4$), Natrium Sulfat (Na_2SO_4) dan Kalium Sulfat (K_2SO_4), zat-zat kimia tersebut tidak boleh terjadi pengkristalan garam yang akan menyebabkan permukaan batu bata merah tertutup dengan tebal.

e. Kerapatan semu

Batu bata merah pasangan dinding memiliki batas kerapatan semu yaitu sebesar 1,2 gram/cm³.

f. Peyerapan air

Batas maksimum penyerapan air batu bata merah pasangan dinding adalah sebesar 20%.

2.1.2 Proses Pembakaran Batu Bata

Pembakaran merupakan tahap akhir dalam pembuatan batu bata merah serta yang menentukan berhasil tidaknya proses produksi. Jika kegagalan terjadi pada tahapan tersebut maka kegiatan produksi batu bata merah akan mengalami kerugian total, karena tahap pembakaran merupakan tahapan yang tidak dapat diulang dalam hal perbaikan hasil, artinya batu bata merah yang belum matang tidak dapat diproses pembakaran ulang.

Pembakaran batu bata merah dilakukan dengan cara menyusun secara bertingkat serta dibuat terowongan dibawah tumpukan untuk menyimpan kayu bakar. Untuk bagian atasnya ditutup dengan lumpur tanah liat dan batang padi. Setelah menyalakan kayu bakar, bagian lubang pembakaran ditutup dengan lumpur tanah lempung, tujuannya supaya suhu api selalu mengangah dalam tumpukan batu bata merah tersebut. Lamanya proses pembakaran memakan waktu hingga satu sampai dua hari.

Proses penjemuran batu bata merah hanya memerlukan waktu sekitar dua hari pada saat musim kemarau, berbedaa saat musim hujan memerlukan waktu hingga sepekan lebih.

2.2 Pengertian Kualitas

Definisi kualitas suatu produk merupakan keadaan fisik, fungsi serta sifat suatu produk yang dapat memenuhi kepuasan, selera serta kebutuhan konsumen

yang bertujuan untuk memenuhi kepuasan terhadap nilai uang yang telah dikeluarkan (Prawirosentono, 2007). Kualitas merupakan salah satu alasan perusahaan dalam mempertahankan pasarnya.

Terdapat beberapa persamaan cakupan mengenai definisi kualitas, yaitu dalam elemen-elemen sebagai berikut (Nasution, 2015):

- a. Kualitas merupakan cakupan dalam usaha memenuhi atau melebihi harapan pelanggan terhadap keinginannya.
- b. Kualitas mencakup lingkungan, proses, tenaga kerja serta produk yang telah dihasilkan oleh suatu produsen.
- c. Kualitas merupakan suatu kondisi yang dapat berubah-ubah, bisa dikatakan saat ini berkualitas namun pada masa yang akan datang bisa dianggap kurang berkualitas, hal ini menunjukkan kualitas mencakup sistem pengendalian yang berubah-ubah tergantung kondisi sistem yang sedang berjalan.

Berdasarkan tujuan-tujuan pengendalian kualitas yang telah dijelaskan diatas maka dapat dikatakan bahwa tujuan utama pengendalian kualitas adalah untuk meraih jaminan bahwa suatu kualitas produk atau jasa yang telah dihasilkan harus sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan dengan pengeluaran biaya yang minimum atau serendah mungkin.

2.2.1 Dimensi Kualitas

Dalam pengklasifikasian faktor-faktor kualitas produk di perlukan teori mengenai dimensi kualitas, yang dimana dimensi kualitas ini akan membantu pengelompokan karakteristik suatu kualitas. Dalam menganalisis karakteristik kualitas suatu produk dapat digunakan delapan dimensi kualitas (Garvin, 2012). Berikut merupakan delapan dimensi kualitas menurut Garvin, 2012:

1. *Performance*

Performance berkaitan dengan aspek fungsional dari produk dan merupakan karakteristik utama yang dipertimbangkan pelanggan ketika ingin membeli suatu produk.

2. *Features*

Feature merupakan aspek kedua dari performansi yang menambah fungsi dasar, berkaitan dengan pilihan-pilihan dan pengembangannya.

3. *Reliability*

Reliability berkaitan dengan kemungkinan suatu produk berfungsi secara berhasil dalam periode waktu tertentu dibawah kondisi tertentu dan merupakan peluang suatu produk benas dari kegagalan saat menjalankan fungsinya.

4. *Conformance*

Conformance berkaitan dengan tingkat kesesuaian produk terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan keinginan pelanggan. Konformansi merefleksikan derajat dimana karakteristik desain produk dan karakteristik operasi memenuhi standar yang telah ditetapkan, serta sering didefinisikan sebagai konformansi terhadap kebutuhan (*conformance to requirements*). Karakteristik ini mengukur banyaknya atau persentase produk yang gagal memenuhi standar yang telah ditetapkan dan karena itu perlu dikerjakan ulang atau diperbaiki.

5. *Durability*

Durability merupakan ukuran masa pakai suatu produk. Karakteristik ini berkaitan dengan daya tahan dari suatu produk.

6. *Service Ability*

Service ability merupakan karakteristik yang berkaitan dengan kecepatan/kesopanan, kompetensi, kemudahan, serta akurasi dalam perbaikan.

7. *Aesthetics*

Aesthetics merupakan karakteristik mengenai keindahan yang bersifat subjektif sehingga berkaitan dengan pertimbangan pribadi dan refleksi dari prefensi atau pilihan individual. Dengan demikian, estetika dari suatu produk lebih banyak berkaitan dengan perasaan pribadi dan mencakup karakteristik tertentu, seperti keelokan, kemulusan, suara yang merdu, selera, dan lain-lain.

8. *Perceived Quality*

Perceived quality ini bersifat subjektif dan berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengkonsumsi produk, seperti meningkatkan harga diri. Hal ini dapat juga berupa karakteristik yang berkaitan dengan reputasi (*brand name-image*).

2.2.2 **Rekayasa Kualitas**

Rekayasa kualitas merupakan suatu saha dalam mempertahankan kualitas atau mutu dari produk yang dihasilkan supaya sesuai terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan berdasarkan kebijakan pimpinan suatu organisasi atau perusahaan (Assauri, 2008). Adapun tujuan dari pengendalian kualitas menurut Assauri (2008) adalah:

- Supaya produk yang dihasilkan dapat sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan.
- Meminimumkan ongkos inspeksi sekecil mungkin.
- Mengusahakan supaya biaya proses dan desain dari produk dengan menggunakan kualitas produksi tertentu dapat menjadi minimum.
- Berupaya meminimumkan ongkos produksi serendah mungkin.

Sedangkan menurut Soejanto (2009), rekayasa kualitas merupakan suatu proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk dan proses. Teknik perancangan dan teknik manufaktur merupakan kedua disiplin ilmu yang saling berhubungan dalam membentuk kerangka dasar rekayasa kualitas, kedua hal tersebut mencakup seluruh aktifitas pengendalian kualitas. Metodologi rekayasa kualitas dapat dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu sebagai berikut:

a. Rekayasa Kualitas *Off-line*

Rekayasa kualitas secara *off-line* merupakan perancangan eksperimen yang sangat fundamental terutama pada kegiatan penelitian dan pengembangan produk. Teknik perancangan eksperimen pada dasarnya melalui dua hal yaitu mengidentifikasi sumber dari variasi dan menentukan perancangan proses yang optimal. Metodologi rekayasa kualitas secara *off-line* terbagi dalam tiga tahap yaitu:

- Perancangan konsep

Fungsi dalam perancangan konsep yaitu untuk dapat berhubungan dengan konsumen, hal ini bertujuan untuk mendapatkan suara konsumen dengan kemampuan daya cipta serta kemampuan teknis untuk dilakukan perancangan terhadap konsep produk yang lebih unggul. Tahap ini bisa dikatakan tahapan pemunculan ide.

- Perancangan parameter

Tahapan ini berguna untuk mengoptimalkan level dari suatu faktor pengendali terhadap efek yang ditimbulkan oleh faktor lain, sehingga produk dapat kokoh terhadap gangguan efek faktor lain, karena itulah perancangan parameter dapat juga sebagai perancangan kokoh.

- Perancangan toleransi

Perancangan toleransi merupakan tahapan akhir dari rekayasa kualitas secara *off-line*. Dalam tahapan ini digunakan matriks orthogonal, fungsi kerugian serta analisis variansi untuk menyeimbangkan antara mutu dengan biaya suatu barang jadi.

b. Rekayasa Kualitas *On-line*

Rekayasa kualitas secara *On-line* merupakan suatu aktifitas untuk mengamati dan mengendalikan kualitas pada setiap proses produksi secara langsung. Aktifitas ini sangat penting dalam menjaga agar biaya produksi menjadi rendah dan secara langsung dapat meningkatkan kualitas produk. Rekayasa kualitas *on-line* juga dapat mengontrol mesin-mesin produksi sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada mesin-mesin tersebut.

2.3 Desain Eksperimen

Desain eksperimen (percobaan) merupakan evaluasi serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) dengan kemampuannya untuk mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu (Soejanto, 2009). Dalam pencapaian hal tersebut secara efektif dan sesuai secara statistik, level dari faktor kontrol dibuat bervariasi, hasil dari kombinasi pengujian tertentu diamati dan kesimpulan hasil selengkapnya dianalisa untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh dan tingkatan yang baik serta apakah terdapat

peningkatan atau pengurangan tingkatan-tingkatan tersebut akan menghasilkan perbaikan lebih lanjut.

Tujuan dari desain eksperimen adalah untuk memahami bagaimana mengurangi dan mengendalikan variasi suatu produk atau proses, berikutnya harus diambil keputusan berkaitan dengan parameter-parameter yang mempengaruhi performansi suatu produk atau proses. Tujuan pengembangan produk atau proses adalah untuk memperbaiki karakteristik performansi suatu produk atau proses yang relative terhadap kebutuhan dan harapan pelanggan sehingga dengan dilakukannya penyesuaian terhadap rata-rata dan mengurangi variasi secara tepat maka kerugian-kerugian/kehilangan-kehilangan produk atau proses akan dapat diminimumkan. (Soejanto, 2009).

2.3.1 Replikasi Eksperimen

Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu eksperimen, dengan kondisi eksperimen yang sama pula (Triyanto, 2012). Sedangkan perlakuan adalah sekumpulan kondisi-kondisi eksperimen yang akan digunakan terhadap unit eksperimen dalam ruang lingkup yang dipilih. Perlakuan ini bisa berbentuk tunggal atau terjadi dalam bentuk kombinasi. Tujuan utama dari replikasi adalah untuk meperkokoh dari hasil eksperimen. Replikasi berguna untuk:

1. Memberikan suatu error estimasi.
2. Memberikan estimasi yang lebih tepat terhadap error percobaan.
3. Memperoleh estimasi yang lebih baik terhadap pengaruh rata-rata (*mean effect*) dari tiap faktor.

Unit percobaan adalah sebuah unit dimana percobaan dilaksanakan. Misalnya 40 plot singkong atau 50 siswa adalah unit percobaan. Dalam melakukan percobaan, maka akan terlihat adanya kegagalan untuk memberikan hasil yang serupa walaupun kedua percobaan tersebut memperoleh perlakuan yang sama. Kegagalan ini disebut error percobaan.

Jumlah replikasi dalam suatu eksperimen dibatasi oleh sumber daya yang tersedia seperti waktu, tenaga dan ongkos. Derajat kebebasan adalah salah satu ukuran yang dapat dipakai untuk menentukan jumlah replikasi. Derajat kebebasan didefinisikan sebagai 'Jumlah parameter independent yang dibutuhkan untuk

menggambarkan suatu masalah kedalam suatu model'. Derajat kebebasan yang kecil, akan mengakibatkan suatu test menjadi tidak sensitif. Jika kehomogenan antar blok eksperimen belum diketahui, maka jumlah replikasi sudah dianggap cukup apabila derajat kebebasan dari kesalahan eksperimen paling sedikit sama dengan 15 (Triyanto, 2012).

Menurut Supranto J (2000) yang dikutip oleh Hidayat (2012) menyatakan bahwa untuk penelitian eksperimen dengan rancangan acak lengkap, acak kelompok atau faktorial, secara sederhana dapat dirumuskan:

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

Dimana: t = banyaknya kelompok perlakuan

j = jumlah replikasi

2.4 Rancangan Fraksional Faktorial

Jika suatu percobaan diselidiki k faktor yang masing-masing mempunyai dua level, maka terdapat 2^k kombinasi perlakuan dan jika masing-masing terdiri dari tiga level maka terdapat 3^k kombinasi perlakuan. Terkadang dalam percobaan yang melibatkan banyak faktor, tidak semua perlakuan dicobakan sekaligus karena keterbatasan waktu, biaya maupun materi percobaan. Jika tidak semua perlakuan dijalankan atau dengan kata lain hanya sebagian saja, maka percobaannya disebut fraksional faktorial. Dengan fraksional faktorial, dapat hanya menjalankan sepertiganya, sepersembilannya ataupun seperduapuluh tujuhnya. Salah satu penggunaan fraksional faktorial dijumpai pada metode Taguchi (Wuryandari, 2009).

2.5 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan salah satu metodologi baru yang bertujuan untuk merekayasa kualitas produk dan proses menjadi lebih baik serta dapat menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Dr. Genichi Taguchi mengungkapkan gagasannya mengenai *quality engineering* bawasannya pada tahun 1980-an ide mengenai desain percobaan telah diperkenalkan di dunia barat dengan tujuan untuk merancang kualitas kedalam setiap produk serta proses yang sesuai (Wuryandari, 2009). Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust*

terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design* (Fitria, 2009). Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan. (Soejanto, 2009) menjelaskan filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu:

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

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

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

Metode Taguchi menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor-faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum sedangkan rancangan faktorial hanya menghasilkan kesimpulan tentang faktor yang berpengaruh dan yang tidak berpengaruh. Taguchi yakin bahwa cara paling baik untuk mengembangkan kualitas adalah mendesain dan membentuknya kedalam produk. Pengembangan kualitas dimulai pada saat awal dan saat mendesain produk atau proses sampai melanjutkan pada fase produksi. Taguchi mengamati bahwa kualitas yang buruk tidak dapat dieliminasi melalui pengembangan dengan proses inspeksi, *screening* dan pertolongan. Tidak ada keseluruhan inspeksi yang dapat meletakkan kualitas kembali ke dalam produk. Taguchi memperhatikan gejala-gejala yang mempengaruhi kualitas secara sungguh-sungguh. Selanjutnya konsep

kualitas dan pengembangannya didasarkan pada falsafah pencegahan. Desain produk dibuat dengan robust agar kebal terhadap faktor lingkungan yang tidak terkontrol. Dalam proses manufaktur Taguchi menekankan bahwa kualitas apa yang didesain ke dalam suatu produk. Konsep kedua Taguchi mengkaitkan dengan menyatakan bahwa kualitas berkaitan langsung dengan simpangan parameter desain dari nilai target, bukan pada penampilan beberapa spesifikasi yang ditetapkan. Selanjutnya konsep ini dikembangkan dalam suatu besaran yang disebut *signal to noise ratio* (S/N). Sedangkan konsep ketiga menyatakan pengukuran simpangan dari parameter desain dalam batas-batas keseluruhan biaya daur hidup produk. Biaya-biaya ini meliputi biaya sisa bahan, pemeriksaan, pengembangan produk. Konsep ketiga ini disebut sebagai konsep kerugian (*loss function*). Taguchi membedakan tiga desain proses yang terkait selama produksi diantaranya yaitu desain sistem, desain parameter dan desain toleransi (Fitria, 2009).

Metode Taguchi memiliki langkah-langkah sebagai berikut (Soejanto, 2009):

- a. Tahap Perencanaan Eksperimen
 1. Merumuskan masalah.
 2. Penetapan tujuan eksperimen.
 3. Menentukan variabel tak bebas.
 - Karakteristik yang dapat diukur
 - Karakteristik atribut
 - Karakteristik dinamik
 4. Mengidentifikasi faktor-faktor variabel bebas.
 - *Brainstroming*.
 - *Flowchart*.
 - Diagram *fishbone*.
 5. Pengklasifikasian faktor kontrol dan faktor gangguan.
 6. Penentuan jumlah level dan nilai level dari setiap faktor.
 7. Perhitungan derajat kebebasan.
 8. Penentuan matriks orthogonal.
 9. Penetapan kolom untuk faktor dan interaksi ke dalam matriks ortogonal.
 - Grafik linear.

- Tabel triangular.
- b. Tahap pelaksanaan eksperimen
 1. Jumlah replikasi.
 2. Randomisasi.
- c. Tahap analisa
 1. Analisis varians Taguchi.
 2. Uji F.
 3. Strategi *pooling up*.
 4. Rasio S/N.
- d. Interpretasi hasil eksperimen
 1. Persen kontribusi.
 2. Interval kepercayaan.
 - Interval kepercayaan untuk level faktor.
 - Interval kepercayaan pada kondisi perlakuan yang diprediksi.
 - Interval kepercayaan untuk memprediksi eksperimen konfirmasi.
- e. Eksperimen Konfirmasi.

2.5.1 Matriks Orthogonal (*Orthogonal Array*)

Matriks ortogonal merupakan suatu matriks yang elemen-elemennya disusun sesuai baris dan kolom. Baris merupakan kombinasi level dari faktor dalam eksperimen sedangkan kolom merupakan faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Matriks disebut ortogonal karena level-level dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor lain dalam eksperimen. Jadi dapat disimpulkan bahwa matriks ortogonal adalah matriks seimbang dari faktor dan level sedemikian hingga pengaruh suatu faktor atau level tidak baur dengan pengaruh atau level yang lain (Soejanto, 2009). Dalam metode Taguchi digunakan matriks ortogonal yang bisa disimbolkan sebagai (Soejanto, 2009):

$$L_a(b^c) \dots\dots\dots (II-1)$$

dengan:

L = rancangan bujursangkar latin/jumlah percobaan yang dilakukan.

a = banyak baris/eksperimen

b = banyak level

c = banyak kolom/faktor

Misalkan $L_9(3^4)$ merupakan matriks yang menunjukkan suatu percobaan yang dilakukan sebanyak sembilan kali dengan masing-masing level dari setiap faktor sebanyak tiga dan banyaknya kolom sebanyak empat, sehingga derajat bebas dari matriks ortogonal dapat diperoleh dengan cara (Soejanto, 2009):

Derajat Bebas Matriks Orthogonal = $r \times (q - 1)$ (II-2)
dengan:

q = jumlah level tiap faktor

r = jumlah faktor

2.5.2 Jenis-jenis Matriks Orthogonal

Jenis-jenis matriks orthogonal dibagi berdasarkan banyaknya level dari faktor sebagai berikut:

- Matriks Orthogonal Standar dengan 2 Level

Matriks orthogonal standar dengan 2 level memiliki beberapa pilihan matriks orthogonal seperti pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Matriks orthogonal standar dengan 2 Level

Matriks Orthogonal 2 Level					
$L_4(2^3)$	$L_8(2^7)$	$L_{12}(2^{11})$	$L_{16}(2^{15})$	$L_{32}(2^{31})$	$L_{64}(2^{63})$

Berdasarkan pembagian matriks tersebut jika kita ingin mengujicobakan beberapa faktor dengan 2 level, maka opsi matriks-matriks orthogonal tersebut yang dapat dipilih oleh peneliti dengan banyaknya eksperimen maksimal sebanyak 64 kali eksperimen dengan 63 faktor.

- Matriks Orthogonal Standar dengan 3 Level

Matriks orthogonal standar dengan 3 level mempunyai beberapa pilihan matriks orthogonal seperti pada Tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Matriks orthogonal standar dengan 3 Level

Matriks Orthogonal 3 Level					
$L_9(3^4)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{18}(3^{40})$	-	-	-

Berdasarkan pembagian matriks tersebut jika kita ingin mengujicobakan beberapa faktor dengan 3 level, maka opsi matriks-matriks orthogonal tersebut yang dapat dipilih oleh peneliti dengan banyaknya eksperimen maksimal sebanyak 18 kali eksperimen dengan 40 faktor.

- Matriks Orthogonal Standar dengan 4 Level

Matriks orthogonal standar dengan 4 level memiliki beberapa pilihan matriks orthogonal seperti pada Tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5 Matriks orthogonal standar dengan 4 level

Matriks Orthogonal 4 Level					
$L_{16}(4^5)$	$L_{64}(4^{21})$	-	-	-	-

Berdasarkan pembagian matriks tersebut jika kita ingin mengujicobakan beberapa faktor dengan 4 level, maka opsi matriks-matriks orthogonal tersebut yang dapat dipilih oleh peneliti dengan banyaknya eksperimen maksimal sebanyak 64 kali eksperimen dengan 21 faktor.

- Matriks Orthogonal Standar dengan 5 Level

Matriks orthogonal standar dengan 5 level mempunyai beberapa pilihan matriks orthogonal seperti pada Tabel 2.6 dibawah ini.

Tabel 2.6 Matriks orthogonal standar dengan 5 level

Matriks Orthogonal 5 Level					
$L_{25}(5^6)$	-	-	-	-	-

Berdasarkan pembagian matriks tersebut jika kita ingin mengujicobakan beberapa faktor dengan 5 level, maka opsi matriks-matriks orthogonal tersebut yang dapat dipilih oleh peneliti dengan banyaknya eksperimen maksimal sebanyak 25 kali eksperimen dengan 6 faktor.

2.5.3 Pemilihan dan Penggunaan Matriks Ortogonal

Pemilihan matriks orthogonal yang cocok dan sesuai memerlukan suatu persamaan dari matriks orthogonal tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level dan pengamatan yang akan dilakukan. Berikut ini merupakan contoh dalam penentuan matriks orthogonal dengan standar 2 level. Matriks orthogonal standar dengan 2 level mempunyai beberapa pilihan matriks orthogonal seperti pada Tabel 2.7 dibawah ini.

Tabel 2.7 Matriks orthogonal

Matriks Orthogonal 2 Level					
$L_4(2^3)$	$L_8(2^7)$	$L_{12}(2^{11})$	$L_{16}(2^{15})$	$L_{32}(2^{31})$	$L_{64}(2^{63})$

(Sumber: Soejanto, 2009)

Contoh :

Suatu eksperimen mempunyai 5 faktor control yaitu faktor A,B,C,D dan E serta masing-masing faktor mempunyai 2 level.

Dalam perhitungan derajat kebebasan faktor dan level adalah :

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

$$= 5 \times (2-1) = 5 \text{ Derajat kebebasan}$$

Maka untuk memilih matriks orthogonal yang cocok atau sesuai dengan eksperimen yaitu :

- Perhitungan $L_4(2^3)$

$$\text{Derajat kebebasan} = (\text{banyaknya faktor}) \times (\text{banyaknya level} - 1)$$

$$= 3 \times (2 - 1)$$

$$= 3 \text{ Derajat kebebasan}$$

- Perhitungan $L_8(2^7)$

$$\text{Derajat kebebasan} = (\text{banyaknya faktor}) \times (\text{banyaknya level} - 1)$$

$$= 7 \times (2 - 1)$$

$$= 7 \text{ Derajat kebebasan}$$

Berdasarkan hasil perhitungan derajat kebebasan diperoleh 5 derajat kebebasan yang berada diantara 3 derajat kebebasan dan 7 derajat kebebasan. Pemilihan matriks orthogonal yang cocok atau sesuai dengan eksperimen adalah derajat kebebasan pada matriks orthogonal standar harus lebih besar atau sama dengan perhitungan derajat kebebasan pada eksperimen (5 derajat kebebasan) sehingga matriks orthogonal yang dipilih adalah $L_8(2^7)$ seperti pada Tabel 2.8. (Soejanto, 2009)

Tabel 2.8 Matriks orthogonal $L_8(2^7)$

Eksperimen	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	2	1	2

(Sumber: Soejanto, 2009)

2.5.4 Rasio S/N

Metode Taguchi telah mengembangkan konsep rasio S/N (rasio *Signal-to-Noise*) untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor. Eksperimen yang demikian sering disebut eksperimen faktor ganda. Rasio S/N diformulasikan sedemikian hingga peneliti selalu dapat memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Berdasarkan hal tersebut, metode perhitungan rasio S/N tergantung pada karakteristik kualitas, apakah responnya semakin kecil semakin baik, semakin besar semakin baik atau tertuju pada nilai tertentu.

Tujuan eksperimen faktor ganda dalam bentuk perancangan kokoh adalah untuk meminimalkan sensitivitas karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan. Tujuan demikian dapat berdasarkan simpangan kuadrat rata-rata (*Mean Squared Deviation/MSD*).

$$MSD = \sigma^2 + (\bar{y}-m)^2 \dots\dots\dots (II-3)$$

dengan :

MSD = *Mean Squared Deviation*

σ^2 = Variansi

\bar{y} = rata-rata hasil percobaan

m = nilai target percobaan

Terdapat kelebihan mengenai rasio S/N jika dibandingkan dengan simpangan kuadrat rata-rata, yaitu akan tetap valid jika nilai target diubah dengan memaksimalkan rasio S/N. Tetapi hasil tidak sama menggunakan simpangan kuadrat rata-rata dari target sebagai fungsi obyektif sehingga harus dilakukan optimasi kembali. Terdapat 3 jenis rasio S/N yaitu *smaller is better*, *larger is better* dan *nominal is the best*. (Soejanto, 2009)

2.5.4.1 *Smaller is Better* (Semakin Kecil, Semakin Baik)

Rasio S/N *Smaller is Better* bersifat kontinyu, tidak bernilai negatif dan nilai yang diinginkan adalah bernilai 0. Contoh dari permasalahan semakin kecil, semakin baik adalah minimasi jumlah cacat, jumlah polusi, pengeluaran biaya, dan lain-lain. Berdasarkan contoh-contoh diatas, variable-variabel tersebut tentunya harus diminimalkan sehingga didapatkanlah Rasio S/N seperti berikut ini. (Soejanto, 2009)

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots(\text{II-4})$$

dengan :

- η = rasio S/N
- n = banyaknya percobaan
- i = percobaan ke-i
- y_i = hasil percobaan ke-i

2.5.4.2 Larger is Better (Semakin Besar, Semakin Baik)

Rasio S/N *Larger is Better* karakteristik kualitas adalah kontinyu, non-negatif dan dapat mengambil nilai dari nol sampai tak terhingga. Salah satu contoh dari jenis rasio S/N ini adalah terdapat nilai target yang ingin dicapai ketika dilakukan percobaan penelitian seperti kekuatan tegangan, efisiensi bahan bakar. Jenis Rasio S/N ini dapat dihitung dengan melakukan invers pada persamaan rasio S/N *smaller is better* sehingga dapat didefinisikan dengan fungsi sebagai berikut.

$$\eta = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots\dots\dots(\text{II-5})$$

dengan :

- η = rasio S/N
- n = banyaknya percobaan
- i = percobaan ke-i
- y_i = hasil percobaan ke-i

2.5.4.3 Nominal Is the Best (Nominal adalah yang Terbaik)

Rasio S/N *Nominal Is the Best* memiliki karakteristik tertuju pada nilai tertentu, kontinyu, non-negatif dan bernilai 0 sampai dengan tak terhingga, selain itu nilai targetnya tidak nol dan terbatas. Berikut ini adalah bentuk persamaan rasio S/N *nominal is the best*. (Soejanto, 2009)

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \dots\dots\dots(\text{II-6})$$

dengan :

- η = rasio S/N
- n = banyaknya percobaan
- i = percobaan ke-i
- y_i = hasil percobaan ke-i

2.6 Estimasi Efek Faktor Terhadap Rata-rata

Kondisi optimum suatu nilai respon diperoleh dari kombinasi faktor-faktor yang memberikan hasil optimum pada pengamatan dimana tiap-tiap faktor pada level tertentu memberikan nilai rata-rata hasil percobaan sesuai dengan tingkat karakteristiknya. Hasil yang didapat dari perhitungan estimasi ini yaitu peneliti dapat mengetahui faktor mana saja yang berpengaruh terhadap suatu kejadian sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut (Soejanto, 2009) :

- **Jumlah untuk faktor A**

$$A_{\text{level}} = \sum_{i=1}^{y=1} y_i \dots \dots \dots (II-7)$$

dengan :

A_{level} = jumlah hasil percobaan faktor A pada masing-masing level

y_i = hasil percobaan ke-i

- **Perhitungan rata-rata faktor A :**

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{y=1} y_i}{n} \dots \dots \dots (II-8)$$

dengan :

n = banyaknya level

perhitungan rata-rata faktor A dilakukan sebanyak level yang ada.

- **Perhitungan efek faktor**

$$\text{Efek faktor} = \bar{y}_{\text{max}} - \bar{y}_{\text{min}} \dots \dots \dots (II-9)$$

dengan :

\bar{y}_{max} = nilai rata-rata terbesar

\bar{y}_{min} = nilai rata-rata terkecil

- **Prediksi Rata-rata Produk Cacat**

Perhitungan prediksi rata-rata produk cacat yang dihasilkan dari hasil rancangan faktor optimal berdasarkan percobaan Taguchi bertujuan untuk mengetahui sejauh mana percobaan yang dilakukan dapat meminimasi cacat yang dihasilkan oleh produksi. Berikut ini merupakan rumus perhitungan prediksi rata-rata dari percobaan Taguchi :

$$\mu_{\text{rata-rata}} = \bar{y} + (\bar{y}_{A_n} - \bar{y}) + (\bar{y}_{B_n} - \bar{y}) + (\bar{y}_{C_n} - \bar{y}) + \dots + (\bar{y}_{k_n} - \bar{y}) \dots \dots \dots (II-10)$$

dengan :

\bar{y} = rata-rata hasil percobaan Taguchi

\bar{y}_{kn} = rata-rata hasil percobaan Taguchi pada faktor k level-n

Perhitungan estimasi ini berpedoman pada hasil percobaan berdasarkan matriks orthogonal yang telah dibuat sehingga perhitungan untuk faktor-faktor lainnya akan sesuai dengan level faktor yang ada di matriks Orthogonal dan sama dengan contoh perhitungan pada faktor A. Setelah didapatkan efek faktor dari masing-masing faktor percobaan maka langkah selanjutnya adalah mengurutkan nilai efek faktor dari yang terbesar ke yang terkecil sehingga didapatkan faktor yang paling berpengaruh pada suatu kejadian. (Soejanto, 2009)

2.7 Estimasi Efek Faktor dari *Signal to Noise Ratio* (Rasio S/N)

Selain menggunakan rata-rata, perhitungan efek faktor dapat dilakukan dengan menggunakan hasil *Signal to Noise Ratio* (Rasio S/N) sehingga memungkinkan peneliti untuk membandingkan dan menyelaraskan urutan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap suatu kejadian diantara dua hasil perhitungan efek faktor. Berikut ini merupakan perhitungan efek faktor menggunakan *Signal to Noise Ratio* (Rasio S/N):

- **Jumlah untuk faktor A**

$$A_{\text{level}} = \sum_{i=1}^{S/N_i=0} S/N_i \dots\dots\dots(\text{II-11})$$

dengan :

A_{level} = jumlah hasil percobaan faktor A pada masing-masing level

S/N_i = hasil perhitungan *Signal Noise Ratio* (Rasio S/N) faktor A pada masing-masing level.

- **Perhitungan rata-rata faktor A :**

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{S/N_i=0} S/N_i}{n} \dots\dots\dots(\text{II-12})$$

dengan :

n = banyaknya level

- **Perhitungan efek faktor**

$$\text{Efek faktor} = S/N_{\text{max}} - S/N_{\text{min}} \dots\dots\dots(\text{II-13})$$

dengan :

S/N_{max} = nilai rata-rata terbesar

S/N_{min} = nilai rata-rata terkecil

• **Prediksi Variabilitas (S/N Ratio) Produk Cacat**

Perhitungan prediksi rata-rata produk cacat yang dihasilkan dari hasil rancangan faktor optimal berdasarkan percobaan Taguchi bertujuan untuk mengetahui sejauh mana percobaan yang dilakukan dapat meminimasi cacat yang dihasilkan oleh produksi. Berikut ini merupakan rumus perhitungan prediksi rata-rata dari percobaan Taguchi :

$$\mu_{S/N} = S/N_{rata-rata} + (S/N_{A_n} - S/N_{rata-rata}) + (S/N_{B_n} - S/N_{rata-rata}) + (S/N_{C_n} - S/N_{rata-rata}) + \dots + (S/N_{k_n} - S/N_{rata-rata}) \dots \dots \dots (II-14)$$

dengan :

$S/N_{rata-rata}$ = rata-rata variabilitas hasil percobaan Taguchi

S/N_{k_n} = rata-rata variabilitas hasil percobaan Taguchi pada faktor k level-n

Perhitungan estimasi ini berpedoman pada hasil percobaan berdasarkan matriks orthogonal yang telah dibuat sehingga perhitungan untuk faktor-faktor lainnya akan sesuai dengan level faktor yang ada di matriks Orthogonal dan sama dengan contoh perhitungan pada faktor A. Setelah didapatkan efek faktor dari masing-masing faktor percobaan maka langkah selanjutnya adalah mengurutkan nilai efek faktor dari yang terbesar ke yang terkecil sehingga didapatkan faktor yang paling berpengaruh pada suatu kejadian (Soejanto, 2009).

2.8 Analysis of Varians (ANOVA)

Analisis varians adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif untuk memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians yang digunakan pada desain parameter berguna untuk mengidentifikasi kontribusi faktor, sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan. (Soejanto, 2009)

2.8.1 Analisis Varians Satu Arah

Analisis varians satu arah dilakukan untuk menentukan varian hasil terhadap rata-rata dan tingkat *error*. Ketika faktor spesifik dibandingkan (2 level) maka analisis varians satu arah digunakan untuk menentukan varian yang disebabkan rata-rata, faktor dan *error*. Berikut ini merupakan elemen-elemen perhitungan yang digunakan dalam analisis varians satu arah (Soejanto, 2009).

1. JK(T) – Jumlah Kuadrat Total

$$JK(T) = \sum y^2 \dots \dots \dots (II-15)$$

dengan :

y = hasil percobaan

2. JK(m) – Jumlah Kuadrat Rata-rata (mean)

$$JK(m) = n\bar{y}^2 \dots\dots\dots(II-16)$$

dengan :

n = banyaknya percobaan

\bar{y} = rata-rata hasil percobaan

3. JK(A) – Jumlah Kuadrat Faktor A

Berikut ini merupakan contoh rumus perhitungan untuk faktor A dengan 2 level :

$$JK(A) = \frac{[TOTAL A_1]^2}{n_1} + \frac{[TOTAL A_2]^2}{n_2} - \frac{[TOTAL A]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(II-17)$$

dengan :

n = banyaknya percobaan

Total A₁ = Total hasil A₁ pada percobaan Taguchi

Total A₂ = Total hasil A₂ pada percobaan Taguchi

Total A = Total hasil faktor A pada percobaan Taguchi

4. JK(e) – Jumlah Kuadrat Error

$$JK(e) = JK(T) - JK(m) - JK(A) \dots\dots\dots(II-18)$$

Tujuan dari perhitungan jumlah kuadrat diatas adalah untuk menentukan nilai F-ratio sehingga kita bisa mengetahui pengaruh sebuah faktor. Berikut ini merupakan tabel analisis varians pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Analisis varians satu arah

Sumber	JK	v	Kuadrat Tengah	F-ratio
Mean	JK(m)	1	-	-
Faktor A	JK(A)	Level - 1	KT(A)	F(A)
Error	JK(e)	n- v _A + v _m	KT(e)	1
Total	JK(T)	N	-	-

(Sumber: Soejanto, 2009)

dengan :

$$KT \text{ (Kuadrat Tengah)} = \frac{JK}{v}$$

$$F\text{-ratio} = \frac{V_{\text{faktor}}}{V(e)}$$

n = banyaknya percobaan / observasi

2.8.2 Analisis Varians Dua Arah

Analisis varians dua arah pada metode Taguchi merupakan sebuah data eksperimen yang terdiri dari lebih dari dua faktor dan memiliki dua level atau lebih. Tabel analisis varians dua arah terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat dan F-ratio. Berikut ini merupakan rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan analisis varians dua arah.

1. JK(T) – Jumlah Kuadrat Total

$$JK(T) = \sum y^2 \dots\dots\dots (II-19)$$

dengan :

y = hasil percobaan

2. JK(m) – Jumlah Kuadrat Rata-rata (*mean*)

$$JK(m) = n\bar{y}^2 \dots\dots\dots (II-20)$$

dengan :

n = banyaknya percobaan

\bar{y} = rata-rata hasil percobaan

3. JK(A) – Jumlah Kuadrat Faktor A

Berikut ini merupakan contoh rumus perhitungan untuk faktor A dengan 2 level :

$$JK(A) = \frac{[TOTAL A_1]^2}{n_1} + \frac{[TOTAL A_2]^2}{n_2} - \frac{[TOTAL A]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots (II-21)$$

dengan :

n = banyaknya percobaan

Total A₁ = Total hasil A₁ pada percobaan Taguchi

Total A₂ = Total hasil A₂ pada percobaan Taguchi

Total A = Total hasil A pada percobaan Taguchi

4. JK(B) – Jumlah Kuadrat Faktor B

Berikut ini merupakan contoh rumus perhitungan untuk faktor B dengan 2 level.

$$JK(B) = \frac{[TOTAL B_1]^2}{n_1} + \frac{[TOTAL B_2]^2}{n_2} - \frac{[TOTAL B]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots (II-22)$$

dengan :

n = banyaknya percobaan

Total B₁ = Total hasil B₁ pada percobaan Taguchi

Total B₂ = Total hasil B₂ pada percobaan Taguchi

Total B = Total hasil B pada percobaan Taguchi

5. JK(C) Jumlah Kuadrat Faktor C

Melalui cara yang sama, jumlah kuadrat interaksi Ax₂B sebagai :

$$JK(C) = \frac{[TOTAL C_1]^2}{n_1} + \frac{[TOTAL C_2]^2}{n_2} - \frac{[TOTAL C]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots (II-23)$$

dengan :

n = banyaknya percobaan

Total C₁ = Total hasil C₁ pada percobaan Taguchi

Total C₂ = Total hasil C₂ pada percobaan Taguchi

Total C = Total hasil C pada percobaan Taguchi

6. JK(e) – Jumlah Kuadrat Error

$$JK(e) = JK(T) - JK(m) - JK(A) - JK(B) - JK(C) \dots\dots\dots (II-24)$$

Tujuan dari perhitungan jumlah kuadrat diatas adalah untuk menentukan nilai F-ratio sehingga kita bisa mengetahui pengaruh sebuah faktor. Berikut ini merupakan tabel analisis varians pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Analisis varians dua arah

Sumber	V	JK	KT	F-ratio	JK'	P
Faktor A	Level – 1	JK(A)	KT(A)	F(A)	JK'(A)	p(A)
Faktor B	Level – 1	JK(B)	KT(B)	F(B)	JK'(B)	p(B)
Faktor C	Level – 1	JK(C)	KT(C)	F(C)	JK'(C)	p(C)
Error	n-v _A + v _B + v _C + v _m	JK(e)	KT(e)	1	JK'(e)	p(e)
Mean	1	JK(m)	-	-		
Total	N	JK(T)	-	-		

(Sumber: Soejanto, 2009)

dengan :

$$KT \text{ (Kuadrat Tengah)} = \frac{JK}{v}$$

$$F\text{-ratio} = \frac{KT(fak)}{v(e)}$$

$$JK' \text{ (Jumlah Kuadrat bersih)} = JK - (KT(e) \times v)$$

$$p \text{ (Persen Kontribusi)} = \frac{JK'}{\sum JK_{faktor}} \times 100$$

$$n = \text{banyaknya percobaan / observasi}$$

2.9 Percobaan Konfirmasi

Tujuan percobaan konfirmasi yaitu untuk memvalidasi hasil yang telah dilakukan selama tahap analisa. Hal tersebut disebabkan pada saat percobaan menggunakan metode Taguchi, hasil yang didapat masih terjadi percampuran diantara masing-masing kolom sehingga hasil percobaan belum benar-benar menggambarkan kesimpulan yang sesungguhnya. Oleh karena itu, percobaan konfirmasi dilakukan untuk membandingkan apakah terdapat perbedaan yang sangat mencolok diantara hasil percobaan sebelum dan sesudah percobaan konfirmasi. (Soejanto, 2009)

2.9.1 Perhitungan Selang Kepercayaan Sebelum Percobaan Konfirmasi

Perhitungan selang kepercayaan dilakukan untuk mengetahui rentang hasil percobaan Taguchi sehingga dapat dilakukan perbandingan hasil diantara percobaan Taguchi (sebelum percobaan konfirmasi) dan hasil percobaan konfirmasi. berikut ini merupakan rumus perhitungan dari perhitungan selang kepercayaan sebelum percobaan konfirmasi untuk rata-rata hasil percobaan dan variabilitas percobaan. (Soejanto, 2009)

$$CI = \pm \sqrt{F(\alpha; v_1; v_2) \times KT(e) \times \frac{1}{n_{eff}}} \dots \dots \dots (II-25)$$

dengan :

F = Nilai F-ratio dari tabel distribusi F

α = Tingkat Ketelitian

v_1 = Derajat kebebasan untuk pembilang yang berhubungan dengan suatu rata-rata-rata (*mean*) dan selalu sama dengan 1 untuk suatu interval kepercayaan

v_2 = Derajat kebebasan untuk penyebut yang berhubungan dengan derajat kebebasan dari Kuadrat Tengah *error*

KT(e) = Kuadrat Tengah *error*

n_{eff} = Jumlah Pengamatan Efektif

$$= \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan faktor}}$$

2.9.2 Perhitungan Selang Kepercayaan Setelah Percobaan Konfirmasi

Perhitungan selang kepercayaan dilakukan untuk mengetahui rentang hasil percobaan Taguchi sehingga dapat dilakukan perbandingan hasil diantara percobaan Taguchi (sebelum percobaan konfirmasi) dan hasil percobaan konfirmasi. berikut ini merupakan rumus perhitungan dari perhitungan selang kepercayaan setelah percobaan konfirmasi untuk rata-rata hasil percobaan dan variabilitas percobaan. (Soejanto, 2009)

$$CI = \pm \sqrt{F(\alpha; v_1; v_2) \times KT(e) \times \left(\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r}\right)} \dots \dots \dots (II-26)$$

dengan :

F = Nilai F-ratio dari tabel distribusi F

α = Tingkat Ketelitian

v_1 = Derajat kebebasan untuk pembilang yang berhubungan dengan suatu rata-rata-rata (*mean*) dan selalu sama dengan 1 untuk suatu interval kepercayaan

v_2 = Derajat kebebasan untuk penyebut yang berhubungan dengan derajat kebebasan dari Kuadrat Tengah *error*

KT(e) = Kuadrat Tengah *error*

n_{eff} = Jumlah Pengamatan Efektif
 $= \frac{juml \quad total \quad eksperimen}{1 + jumlah \quad derajat \quad kebebasan \quad faktor}$

r = Banyaknya percobaan konfirmasi

2.10 Fungsi Kerugian Taguchi

Taguchi mendefinisikan fungsi kerugian sebagai penyimpangan kualitas nilai target, jika penyimpangan bernilai nol maka karakteristik kualitas berada pada target dan fungsi kerugian bernilai nol. Fungsi kerugian Taguchi ini juga dikenal dengan istilah *Taguchi Loss Function*. Jika nilai fungsi kerugian Taguchi pada percobaan awal lebih besar daripada nilai fungsi kerugian Taguchi pada percobaan konfirmasi, maka fungsi kerugian Taguchi cukup memadai untuk menurunkan kerugian biaya produksi (Fitria, 2009).

- a) Fungsi kerugian Taguchi *Nominal is The Best* Fungsi kerugian berasal dari fungsi kerugian kuadratik, seperti pada persamaan dibawah ini :

$$L(y) = K (y - y_0)^2 \dots \dots \dots (II-27)$$

dengan :

K = koefisien kerugian = A (Total penerimaan) $\times \Delta^2$ (Tingkat ketelitian)

y = hasil percobaan

y_0 = nilai target percobaan

b) Fungsi kerugian Taguchi *Smaller is Better*

Fungsi kerugian dirumuskan sebagai :

$$L(y) = K(y - 0)^2 = Ky^2 \dots \dots \dots (II-28)$$

dengan :

K = koefisien kerugian = A (Total penerimaan) $\times \Delta^2$ (Tingkat ketelitian)

y = hasil percobaan

c) Fungsi kerugian Taguchi *Larger is Better*

Fungsi kerugian Taguchi *larger is better* berasal dari invers fungsi kerugian Taguchi *smaller is better*, sehingga fungsi kerugian Taguchi *larger is better* yaitu:

$$L(y) = K \frac{1}{y^2} \dots \dots \dots (II-29)$$

dengan :

K = koefisien kerugian = A (Total penerimaan) $\times \Delta^2$ (Tingkat ketelitian)

y = hasil percobaan

Ketiga bentuk fungsi kerugian Taguchi diatas jika disusun ke dalam tabel akan terlihat seperti pada Tabel 2.11 :

Tabel 2.11 Fungsi kerugian Taguchi

Tipe Karakteristik	Fungsi Kerugian Taguchi	
	Untuk per unit produk	Untuk sampel produk
<i>Nominal is the Best</i>	$L(y) = K (y - y_0)^2$	$L(y) = \frac{K}{N} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^N (y_{ijk} - y_0)^2$
<i>Smaller is Better</i>	$L(y) = Ky^2$	$L(y) = \frac{K}{N} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^N y_{ijk}^2$
<i>Larger is Better</i>	$L(y) = K \frac{1}{y^2}$	$L(y) = \frac{K}{N} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^N \frac{1}{y_{ijk}^2}$

(Sumber: Soejanto, 2009)

dengan :

K = koefisien kerugian = A (Total penerimaan) $\times \Delta^2$ (Tingkat ketelitian)

y = hasil percobaan

q = faktor q
p = faktor p
N = banyaknya faktor

