ANALISIS METODE DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI DALAM OPTIMASI KARAKTERISTIK MUTU



JURUSAN MATEMATIKA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG MALANG 2009

ANALISIS METODE DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI DALAM OPTIMASI KARAKTERISTIK MUTU

SKRIPSI

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:

NANA FITRIA NIM. 05510002

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
MALANG
2009

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nana Fitria

NIM : 05510002

Fakultas / Jurusan : Matematika

Judul Penelitian : Analisis Metode Desain Eksperimen Taguchi dalam Optimasi

Karakteristik Mutu

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 6 Oktober 2009 Yang membuat pernyataan,

Nana Fitria NIM. 05510002

ANALISIS METODE DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI DALAM OPTIMASI KARAKTERISTIK MUTU

SKRIPSI

Oleh:

NANA FITRIA NIM: 05510002

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

<u>Sri Harini, M.Si</u> NIP. 19731014 200112 2 <mark>002</mark> Abdul Aziz NIP. 19760318 200604 1 002

Tanggal: 6 Oktober 2009

Mengetahui Ketua Jurusan Matematika <u>Abdussakir, M.Pd</u> NIP. 19751006 200312 1 001

ANALISIS METODE DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI DALAM OPTIMASI KARAKTERISTIK MUTU

SKRIPSI

Oleh:

NANA FITRIA NIM. 05510002

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal: 10 Oktober 2009

Susunan Dewan Penguji		Tanda Tangan		
1. Penguji Utama	: Drs. H. Turmudi, M.Si)	
2. Ketua	: Evawati Alisah, M.Pd	()	
3. Sekretaris	: Sri Harini, M. Si	()	
4. Anggota	: Abdul Aziz, M. Si)	

Mengetahui dan Mengesahkan Ketua Jurusan Matematika

<u>Abdussakir, M.Pd</u> NIP. 19751006 200312 1 001

MOTTO

Gantungkan azam dan semangatmu setinggi bintang di langit,

dan rendahkan hatimu serendah mutiara di lautan.



PERSEMBAHAN



Tak kala langkah semakin tak terarah

Kau berikan sinar cerah yang ku sebut anugrah

Segala kerendahan dan ketulusan hati

Ku persembahkan karya ini kepada yang terhormat:

Bapak Hadji dan Ibu Jamiatin tersayang yang senantiasa mendoakan, mendidik dan menyayangiku. Kakakku Lailatul Muniroh dan Adikku Moh. Nashir yang selalu memberi motivasi dan semangat. Ustad, Guru dan Dosen yang ikhlas memberikan ilmunya dan selalu memberi motivasi. Sahabat Sejatiku Muhammad yang selalu dihatiku, yang tulus dan ikhlas mencurahkan cinta dan kasih sayang. Teman seperjuanganku Ifa, Husna dan Denok yang selalu mendukung, menemani, dan memberikan semangat serta membuat hari-hari penulis begitu menyenangkan. Teman-teman pengurus BSM-7 Saintek Tahun 2007 dan 2008. Teman-teman angkatan 2005 yang selalu mendampingi, mendukung hingga perjuangan akhirnya.



DAFTAR ISI

HALAM	AN SAMPUL	
HALAM	AN JUDUL	
HALAMA	AN PERNYATAAN ORISINALITAS	
HALAM	AN PERSETUJUAN	
HALAMA	AN PENGESAHAN	
HALALA	AMAN MOTTO	
HALAMA	AN PERSEMSEMBAHAN	
KATA PI	ENGANTAR	i
DAFTAR	a isi	iii
DAFTAR	TABEL	v
DAFTAR	LAMPIRAN	vi
ABSTRA	K	vii
BAB I PE	ENDAHULUAN	
1.1	Latar Belakang Masalah	1
1.2	Rumusan Masalah	4
1.3	Tujuan Penulisan	4
1.4	Manfaat Penulisan	4
1.5	Batasan Masalah	5
1.6	Metode Penelitia	5
1.7	Sistematika Penulisan	6

BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Pengertian Desain Eksperimen	8			
2.2 Desain Eksperimen Taguchi.	13			
2.3 Analysis of Varians (ANOVA)	28			
2.4 Nilai Rata-rata (Mean)	30			
2.5 Derajat Bebas (Degree of Freedom, DOF)	30			
2.6 Jumlah Kuadrat (Sum of Square, SS)	31			
2.7 Kuadrat Jumlah Rata-rata (Mean Sum Square of Defiation)	32			
2.8 Kajian Desain Eksperimen dalam Al-Qur'an	33			
BAB III PEMBAHA <mark>S</mark> AN				
3.1 Proses Metode Eksperimen Taguchi	42			
3.2 Proses perancangan Eksperimen pada Data Penelitian	53			
BAB IV PENUTUP				
4.1 Kesimpulan.	71			
4.2 Saran				
DAFTAR PUSTAKA				

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ortogonal Array $L_4(2^3)$	17
Tabel 2.2 Ortogonal Array $L_8(2^7)$	18
Tabel 2.3 Ortogonal Array $L_9(3^4)$	18
Tabel 2.4 Ortogonal Array	19
Tabel 3.1 Data Hasil Eksperimen	55
Tabel 3.2 Kode Level Nilai Variabel	55
Tabel 3.3 Data Desain Eksperimen	56
Tabel 3.4 Rata-rata (\bar{y}) dan SNR	58
Tabel 3.5 Efek dari Mean	59
Tabel 3.6 Efek dari SNR	61
Tabel 3.7 Respon <mark>Tiap Faktor Untuk Tiap Replikasi</mark>	63
Tabel 3.8 Efek Tiap F <mark>aktor Untuk Tiap R</mark> eplikasi	63
Tabel 3.9 Analisa Varian	64
Tabel 3.10 Ranking Pengaruh tiap Faktor	65
Tabel 3.11 Hasil Eksperimen Verifikasi	66



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.Hasil Analisis dengan Menggunakan Minitab 14	74
Lampiran 2.Gambar Grafik Efek pada Rata-rata dan SNR	76
Lampiran 3.Analisis Perhitungan data Penelitian	77



ABSTRAK

Fitria, Nana. 2009. Analisis Metode Desain Eksperimen Taguchi dalam Optimasi Karakteristik Mutu. Skripsi, Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.

Pembimbing: Sri Harini, M.Si

Kata Kunci: Taguchi, Optimasi.

Konsep matematika banyak diterapkan dalam kehidupan masyarakat, khususnya peran statistik dalam desain eksperimen. Teori desain eksperimen merupakan salah satu cabang ilmu statistik yang banyak digunakan dalam bidang teknik industri, karena teori-teorinya dapat diterapkan pada cabang-cabang ilmu matematika yang lain atau untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari seperti perbaikan karakteristik mutu suatu produk, mengoptimasi fator-faktor yang tidak terkendali dalam proses produksi dan lain-lain. Salah satu pembahasan dalam desain eksperimen yang masih jarang dibahas adalah metode desain eksperimen Taguchi.

Metode desain eksperimen Taguchi adalah metodologi teknik untuk merekayasa atau memperbaiki produktivitas selama tahap pengembangan supaya produ-produk berkualitas tinggi dapat dihasilkan dengan cepat dan dengan biaya yang rendah. Metode tersebut berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Kemudian dalam skripsi ini penulis mengembangkannya dengan membahas optimasi karakteristik mutu suatu produk dengan metode Taguchi. Dalam kajian ini, desain eksperimen yang digunakan adalah desain eksperimen Taguchi dengan rancangan desain orthogonal Array, analisis Signal to Noise Ratio SNR untuk mengetahui faktor yang sangat berpengaruh pada optimasi karakteristik mutu produk, analisis varian, dan analisis Taguchi Loss Function

Hasil pembahasan pada analisis metode desain eksperimen Taguchi dalam optimasi karakteristik mutu yaitu diperoleh langkah-langkah menentukan matriks ortogonal, analisi rancangan usulan karakteristik mutu jenis *larger-the-better* dengan menentukan nilai MSD dan SNR, menentukan nilai efek tiap replikasi pada masingmasing faktor yang mempengaruhi kualitas mutu, melakukan analisis varian untuk menginterpretasikan data hasil percobaan serta analisis Taguchi Loss Function untuk mengetahui besar kerugian sebelum dan sesudah dilakukan eksperimen.

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semua yang ada di alam ini ada ukuran, hitungan, rumus atau persamaannya. Ahli matematika atau fisika tidak membuat suatu rumus sedikitpun, tetapi mereka hanya menemukan rumus atau persamaan tersebut. Apabila dalam kehidupan terdapat suatu permasalahan, manusia harus berusaha untuk menemukan selesaian atau solusinya. Ukuran atau persamaan tersebut dijelaskan dalam al-Qur'an surat Al Furqan ayat 2:

Artinya: "Yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagiNya dalam kekuasaan(Nya), dan dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya".

Alam semesta memuat bentuk dan konsep matematika, meskipun alam semesta tercipta sebelum matematika itu ada. Alam semesta serta segala isinya diciptakan oleh Allah dengan ukuran-ukuran yang cermat dan teliti, dengan perhitungan-perhitungan yang mapan, dan dengan rumus-rumus serta persamaan yang seimbang dan rapi. Sungguh tidak salah jika dinyatakan bahwa Allah adalah Maha matematis,

(Abdusysyakir, 2007: 79-80). Dalam ayat lain Allah SWT berfirman dalam al-Qur'an surat Al Qamar : 49

Artinya: "Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut <u>ukuran</u>". (Q,S Al- Qamar : 49).

Matematika merupakan salah satu bagian dari ilmu dasar (basic science) yang memiliki peran penting di era kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Peranan matematika dalam menyelesaikan masalah di dunia nyata sudah tidak di ragukan lagi. Dengan matematika diharapkan akan diperoleh solusi akhir yang tepat, valid dan dapat diterima secara ilmiah oleh dunia pengetahuan.

Perkembangan matematika tidak hanya dalam tataran analisis tetapi juga pada bidang statistika. Salah satu bidang ilmu yang dikembangkan dalam statistika adalah desain eksperimen. Pada umumnya desain eksperimen digunakan oleh perusahaan/industri yang bergerak dibidang produktivitas produk, sehingga untuk memperbaiki kualitas produk atau proses perusahaan tersebut melakukan eksperimen untuk mencari fakto-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas produk atau proses. Untuk memperoleh kualitas produk yang baik suatu perusahaan melakukan rekayasa kualitas dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk atau proses. Rekayasa kualitas mencakup seluruh aktivitas pengendalian kualitas dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses produksi, dan kepuasan konsumen.

Desain eksperimen dewasa ini mendapat perhatian yang meningkat sebagai alat manajemen dengan mengamati, menilai, membanding sifat-sifat penting suatu produk dengan suatu bentuk baku. Berbagai prosedur dalam optimasi karakteristik mutu suatu produk yang banyak melibatkan cara sampling dan prinsip statistika, Pengguna utama desain eksperimen tentunya ialah perusahaan industri. Jelaslah sudah bahwa desain eksperimen adalah metode yang tepat guna meningkatkan mutu produk yang sedang dikerjakan dan menaikkan keuntungan. Khususnya hal ini benar karena pada saat ini produk dibuat dalam jumlah besar.

Pada dasamya terdapat tiga macam desain eksperimen untuk memperbaiki kualitas mutu, yaitu desain faktorial, desain Taguchi dan desain response surface. Pada penelitian ini penulis mengkaji analisis Metode desain eksperimen Taguchi karena desain tersebut sering dipakai oleh perisahaan industri untuk memperbaiki kualitas mutu dari suatu proses produksi. Desain eksperimen *Taguchi* merupakan salah satu metode statistik yang digunakan sebagai salah satu alat untuk meningkatkan dan melakukan perbaikan kualitas, sehingga perubahan-perubahan terhadap variabel suatu proses atau sistem diharapkan akan memberi hasil (respons) yang optimal dengan cukup memuaskan.

Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taghuci (1940) yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dalam dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode *Taguchi* adalah menjadikan produk robust terhadap noise, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*.

Dalam metode *Taguchi* digunakan matrik yang disebut *Orthogonal Array* (OA) untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *orthogonal array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari variable-variabel input untuk masing-masing eksperimen. Menurut *Taguchi* ada 2 (dua) segi umum kualitas yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja, sedangkan kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan.

Dari latar belakang di atas maka penulis dalam skripsi ini mengambil judul tentang: Aplikasi Metode Desain Eksperimen Taguchi dalam Optimasi Karakteristik Mutu.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana metode analisis desain eksperimen Taguchi dalam mengoptimasi karakteristik mutu?

1.3. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui langkah-langkah metode analisis desain eksperimen Taguchi dalam mengoptimasi karakteristik mutu.

1.4. Manfaat Penelitian

a. Bagi peneliti

Kegunaan bagi peneliti adalah dapat memperdalam pemahaman peneliti mengenai desain eksperimen Taguchi dalam mengoptimasi suatu produk.

b. Bagi Pembaca

Sebagai bahan tambahan referensi mengenai statistik Matematika khususnya yaitu desain Eksperimen. Dalam hal ini peneliti memfokuskan pada prosedur perancangan eksperimen dan hasil eksperimen dengan menggunakan metode eksperimen Taguchi.

1.5. Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan agar sesuai dengan yang dimaksudkan dan tidak menimbulkan permasalahan yang baru, maka peneliti melakukan analisis lanjutan dari data rancangan eksperimen *Taguchi* yang telah didesain oleh peneliti sebelumnya. Oleh karena itu, peneliti memberikan batasan pada desain Eksperimen Taguchi dengan *Ortogonal Array* (OA) atau matriks ortogonal dengan *Signal Noise to Rasio* (SNR) untuk karakteristik mutu *larger-the-better*, analisis hasil desain eksperimen Taguchi menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dan *Taguchi loss function*.

1.6. Metode Penelitian

1.6.1 Pendekatan dan Jenis Penelitian

Jenis penulisan ini merupakan penelitian kepustakaan atau penelitian literatur yang bertujuan untuk mengumpulkan data atau informasi dengan bantuan berbagai macam materi yang ada dalam kepustakaan seperti buku-buku, artikel-artike dan jurnal-jurnal yang relevan dengan desain eksperimen khususnya metode desain eksperimen khususnya metode eksperimen Taguchi dan analisis ragam.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kepustakaan (*library research*) atau kajian pustaka. Kemudian dilakukan Analisa metode desain eksperimen Taguchi untuk mengoptimasi karakteristik mutu.

1.6.2 Teknik Analisis

- 1. Menentukan *Ortogonal Array* (OA) dengan menggunakan db(level), db(OA) dan menentukan banyaknya percobaan sesuai dengan *Ortogonal Array* (OA) tersebut.
- 2. Melakukan analisis *Signal to Noise Ratio* (SNR) karaktristik mutu *larger-the-better* dengan menentukan nilai *Mean Square of Deviation* (MSD) sesuai dengan karakteristik mutu yang ditentukan.
- 3. Melakukan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menginterpretasikan hasil analisis dari data percobaan.
- 5. Melakukan uji verifikasi untuk pengambilan keputusan terhadap keberhasilan eksperimen.
- 6. Analisis *Taguchi Loss Function* pada karateristik mutu *larger-the-better*.

I.7. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembahasan dalam skripsi ini penulis membagi ke dalam empat bab yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN TEORI

Berisi tentang pengertian desain eksperimen, desain eksperimen Taguchi, Ortogonal Array, *Signal to Noise Rasio* (SNR), *Analysis of Variance* (ANOVA), *Taguchi Loss Function* dan kajian keagamaan.

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang langkah-langkah analisis metode desain eksperimen dalam mengoptimasi karakteristik mutu suatu produk dengan menganalisa perubahan-perubahan terhadap variabel suatu proses atau sistem diharapkan akan memberi hasil (respons) yang optimal.

BAB IV PENUTUP

Pada bab penutup ini berisi kesimpulan dari hasil analisis yang sudah dilakukan. Selain itu berisi saran yang perlu bagi orang-orang yang bergelut di bidang tersebut.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Desain Eksperimen

2.1.1. Pengertian Desain Eksperimen

Dalam ilmu matematika khisusnya dalam bidang statistika terdapat beberapa metode untuk melakukan suatu percobaan salah satunya dengan melakukan eksperimen. Pada umumnya eksperimen dilakukan untuk mengetahui apakah rancangan percobaan yang dilakukan memenuhi standar atau tidak. Eksperimen juga digunakan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan rancangan percobaan.

Eksperimen merupakan serangkaian percobaan atau pengujian yang dilakukan dengan mengendalikan beberapa faktor untuk menghasilkan hasil percobaan/ pengujian yang terukur (karakteristik yang sedang diteliti). Eksperimen adalah penyelidikan terencana untuk mendapatkan fakta baru, untuk memperkuat atau menolak hasil-hasil percobaan terdahulu. Penyelidikan demikian ini akan membantu pengambilan keputusan, misalkan merekomendasikan suatu varietas, prosedur ataupun pestisida. Terdapat tiga kategori dalam eksperimen, yaitu pendahuluan, kritis dan demonstrasi. Dalam eksperimen pendahuluan, peneliti mencoba sebuah perlakuan untuk mendapatkan petunjuk bagi eksperimen mendatang. Kebanyakan eksperimen ini dilakukan hanya satu kali. Dalam eksperimen kritis, peneliti membandingkan respons terhadap beberapa perlakuan yang berbeda dengan

menggunakan pengamatan yang cukup jumlahnya untuk lebih memastikan dapat mendeteksi variansi yang bermakna. Dalam *eksperimen demonstrasi* sering dilakukan oleh petugas penyuluhan, misalnya ketika membandingkan respon terhadap suatu perlakuan baru dengan yang sudah baku (Robert, 1987:150).

Desain eksperimen berperan penting dalam mengembangkan proses dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permaslahan dalam proses agar kinerja proses meningkat. Desain eksperimen dapat didefinisikan sebagai suatu uji dengan mengubah-ubah variabel input (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan output (respons) (Iriawan, 2006: 243).

2.1.2. Tujuan Desain Eksperimen

Dalam merancang suatu percobaan (eksperimen), percobaan tersebut harus diketahui dengan jelas dalam bentuk pertanyaan yang harus diperoleh jawabannya, hipotesis yang akan diuji, dan pengaruh yang hendak diduga, Disarankan pengelompokan tujuan percobaan ke dalam mayor dan minor, karena beberapa rancangan percobaan menghasilkan ketepatan yang lebih tinggi pada pembandingan pengaruh perlakuan yang satu daripada yang lain. Ketepatan (precision), kepekaan (sensitivity), dan banyaknya informasi diukur sebagai kebalikan dari ragam nilaitengah. Bila I menyatakan informasi, maka $I = \frac{1}{\sigma_y^2} = \frac{n}{\sigma^2}$. Jika σ^2 meningkat, maka banyaknya informasi menurun, juga bila n bertambah besar, banyaknya informasi menigkat. Dengan demikian, pembandingan dua nilai tengah menjadi lebih peka

dalam mendeteksi beda yang kecil antara dua nilai tengah populasi, bila ukuran contohnya bertambah besar (Robert, 1987:151).

Secara umum tujuan desain ekaperimen adalah:

- 1. Menentukan variabel input (faktor) yang berpengaruh terhadap respons.
- 2. Menentukan variabel input yang membuat respons mendekati nilai yang diinginkan.
- 3. Menentukan variabel input yang menyebabkan variasi respon kecil.

Ada tiga prinsip dasar desain eksperimen, yaitu:

Prinsip pertama adalah replikasi. *Replikasi* adalah perulangan perlakuan yang sama pada unit eksperimen yang berbeda. Dengan melakukan replikasi ini dapat diketahui variabilitas alami dan kesalahan pengukuran. Replikasi memiliki dua properti (perlengkapan) penting. Properti yang pertama adalah penyimpangan taksiran dalam desain eksperimen. Penyimpangan taksiran merupakan unit pengukuran dasar untuk menentukan waktu terjadi perbedaan pengamatan dalam data secara statistik yang berbeda secara nyata. Properti yang kedua adalah rata-rata sampel yang digunakan untuk menaksir pengaruh suatu faktor dalam eksperimen. Dengan melakukan replikasi, ada kemungkinan akan diperoleh taksiran pengaruh yang lebih tepat.

Prinsip kedua adalah randomisasi. *Randomisasi* adalah perlakuan yang harus diberikan secara acak pada unit-unit eksperimen. Secara umum, metode statistik mengharapkan bahwa pengamatan atau eror adalah variabel independen, random, dan berdistribusi tertentu.

Prinsip ketiga adalah *kontrol lokal*. *Kontrol lokal* adalah sembarang metode yang dapat menjelaskan dan mengurangi variabilitas alami. Prinsip dilakukan dengan mengelompokkan satuan unit eksperimen yang mirip ke dalam kelompok (blok) tertentu. Pengelompokan (blocking) bertujuan menigkatkan ketetapan eksperimen (Iriawan, 2006: 244).

Hasil eksperimen akan memungkinkan pemodelan hubungan antara faktor dengan karakteristik yang sedang diteliti. Pengetahuan hubungan antara faktor dengan karakteristik yang sedang diteliti digunakan untuk memperbaiki mutu produk dan proses dengan:

- Optimalisasi nilai rata-rata karakteristik produk/proses.
- Minimasi variasi karakteristik produk/ proses.
- Minimasi dampak dari variasi yang tidak dapat dikendalikan (Vandenbrande, 2005: 23).

2.1.3 Langkah-langkah dalam desain Eksperimen

Desain eksperimen memerlukan tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah melakukan desain eksperimen:

1. Mengenali Permasalahan

Tahap awal desain eksperimen adalah mengenali permasalahan. Tahap ini merupakan tahap penting sebagai permulaan suatu eksperimen. Dengan melakukan identifikasi permasalahan. dapat diperoleh suatu kesimpulan yang menjawab segala

permasalahan. Dari permasalahan yang ada, dapat dibuat suatu pernyataan yang tepat mewakili permasalahan. Agar memperoleh penyelesaian yang tepat.

2. Memilih Variabel Respons

Tahap kedua adalah menetapkan variabel respons. Variabel respons adalah variabel dependen, yaitu variabel dipengaruhi oleh level faktor atau kombinasi level faktor. Untuk mengukur variabel respons, dapat digunakan statistik rata-rata dan standar deviasi.

3. Memilih Metode Desain Eksperimen

Salah satu tahap terpenting adalah memilih metode yang akan digunakan. Metode desain eksperimen seharusnya disesuaikan dengan tujuan penelitian dan permasalahan yang ada. Beberapa metode desain eksperimen antara lain desain acak sederhana, desain blok, desain faktorial, desain latin, desain nested, desain Taguchi, dan masih banyak metode yang lain yang dapat digunakan untuk desain eksperimen.

4. Melaksanakan Eksperimen

Dalam melaksanakan eksperimen diperlukan pengamatan terhadap proses supaya berjalan sesuai dengan rencana.

5. Analisis Data

Analisis data pada desain eksperimen dilakukan sesuai dengan metode yang dibuat. Salah satu tahap dalam desain eksperimen adalah melakukan analisis residual dan uji kecukupan model. Analisis data merupakan tahap penting dalam desain eksperimen dan dapat digunakan sebagai dasar membuat suatu keputusan dan pernyataan yang tepat.

6. Membuat Suatu Keputusan

Setelah melakukan analisis data, dapat dibuat keputusan berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan (Iriawan, 2006: 245).

2.2. Desain Eksperimen Taguchi

Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taghuci (1940) yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk robust terhadap noise, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design* (Ishak, 2002: 10).

Metode Taguchi adalah suatu metodologi untuk merekayasa atau memperbaiki produktivitas selama penelitian dan pengembangan supaya produk-produk berkualitas tinggi dapat dihasilkan dengan cepat dan dengan biaya rendah. Metode Taguchi merupakan metode perancangan yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dapat diperoleh melalui optimasi produk dan perancangan proses untuk membuat unjuk kerja kebal terhadap berbagai penyebab variasi suatu proses yang disebut perancangan parameter (Pramono, 2001: 25).

Metode Taguchi didasarkan pada sebuah pendekatan dengan perbedaan yang sama sekali berasal dari praktisi teknik kualitas. Metodologinya menekankan pada desain kualitas dalam produk dan proses. Dimana biasanya praktisi yakin pada pemeriksaan. Dalam perbaikan kualitasnya Taguchi pada dasarnya memanfaatkan

perangkat statistik biasa, tetapi secara sederhana mereka mendefinisikan sebuah himpunan garis pedoman yang keras untuk tampilan eksperimen dan analisis kesimpulan/keputusan. Taguchi melakukan pendekatan secara ekstrim yang efektif dalam memperbaiki kualitas produk di Jepang. Baru-baru ini industri barat mulai memperkenalkan metode taguchi yang sederhana tapi dengan pendekatan keefektifan yang tinggi untuk memperbaiki kualitas produk dan proses.

Pengendalian kualitas pada metode Taguchi dapat dibagi ke dalam dua tahap yaitu :

- a). Pengendalian kualitas "off line" terkait dengan aktivitas selama pengembangan produk dan disain proses. Aktivitas yang dilakukan adalah :
 - 1) Mengidentifikasikan kebutuhan konsumen dan apa saja yang diharapkan oleh konsumen.
 - 2) Mendesain produk yang sesuai dengan harapan konsumen.
 - 3) Mendesain produk secara konsisten dan secara ekonomi menguntungkan.
 - Mengembangkan secara jelas dan spesifik dari standar, prosedur dan peralatan.
- b). Pengendalian kualitas "On-line" terkait dengan proses selama produksi.

Pengendalian kualitas "*On-line*" berarti memelihara kekonsistenan produk dan proses sehingga meminimumkan variasi antar unit (Musabbikah, 2002: 60-61).

Taguchi membedakan tiga desain proses yang terkait dengan proses selama produksi, yaitu: desain sistem, desain parameter dan desain toleransi. Tahap *desain sistem* membutuhkan pengetahuan mendalam mengenai sistem yang akan dirancang.

Desain terkait dengan upaya mengembangkan suatu produk. Tujuan *desain* parameter adalah menentukan nilai nominal parameter produk atau proses optimal. Desain toleransi bertujuan menentukan toleransi nilai nominal yang telah ditentukan dalam desain parameter. Dalam hal ini, toleransi diartikan sebagai variasi nilai nominal yang diperbolehkan. Desain toleransi sangat dipengaruhi oleh taguchi loss function (Ranjit, 1990: 10).

2.2.1. Strategi kualitas Taguchi

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 *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
- 3. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem (Ishak, 2002: 10).

2.2.2. Perancangan Eksperimen Taguchi

Perancangan eksperimen merupakan evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuan mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karaketeristik produk atu proses tertentu. Ada beberapa langkah yang diusulkan Taguchi untuk melakukan eksperimen secara sistematis, yaitu :

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan.

Mendefinisikan dengan jelas permasalahan yang akan dihadapi untuk kemudian dilakukan usaha untuk perbaikan kualitas.

2. Menentukan tujuan penelitian.

Mengidentifikasi karakterisitik kualitas dan tingkat performansi dari ekperimen.

3. Menentukan metode pengukuran.

Menentukan bagaimana parameter-parameter yang diamati akan diukur dan bagaimana cara pengukurannya, serta peralatan apa saja yang diperlukan untuk mengukur.

4. Identifikasi faktor.

Melakukan pendekatan yang sistematis guna menemukan penyebab permasalahan, hindari aktivitas yang meloncat-loncat karena akan menyebabkan perolehan kesimpulan yang salah.

5. Memisahkan faktor kontrol dan faktor noise.

Menentukan jenis-jenis faktor yang mempengaruhi karakteristik produk/proses, kemudian dibedakan antara faktor terkendali dan faktor noise.

6. Menentukan level setiap faktor dan nilai faktor.

Berguna untuk menentukan jumlah derajat kebebasan yang akan digunakan dalam pemilihan Orthogonal Array. *Orthogonal Array (Matriks Ortogonal)* adalah matriks dari sejumlah baris dan kolom. Setiap kolom merepresentasikan

faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya, Masing-masing kolom mewakili faktor-faktor yang dari percobaan yang dilakukan. *Array* disebut *orthogonal* karena setiap level dari masing-masing faktor adalah seimbang (*balance*) dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam percobaan.

Orthogonal array merupakan suatu matriks faktor dan level yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau level yang lain (Ishak, 2002: 14).

Ortognal array adalah matriks faktor dan level yang disusun sedemikian rupa sehingga pengaruh suatu faktor dan level tidak berbaur dengan faktor dan level lainnya. Elemen-elemen matriks disusun menurut baris dan kolom. Baris merupakan keadaan suatu faktor, sedangkan kolom adalah faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Notasi ortogonal array adalah:

```
L_n(l^f)
dimana : f = banyaknya faktor (kolom)
l = banyaknya level
```

n = banyaknya pengamatan (baris)

L = rancangan bujur sangkar latin (Iriawan, 2006: 282).

Berikut ini adalah beberapa contoh tabel Ortogonal Array pada desain eksperimen Taguchi:

Tabel 2.1. Ortogonal Array $L_4(2^3)$

	Faktor		
EXP	Α	В	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Tabel 2.2. Ortogonal Array $L_8(2^7)$

		X		Faktor	71 4		. []]
EXP	Α	В	С	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	1	1	2

Tabel 2.3. Ortogonal Array $L_9(3^4)$

		Fa	ktor	DI 15
EXP	Α	В	С	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Dari matrik diatas dapat disajikan sebuah table orthogonal Array untuk jumlah faktor dan level tertentu yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.4 Ortogonal Array

Matrik Ortogonal	Jumlah faktor	Jumlah level
$L_4(2^3)$	3	2
$L_8(2^7)$	7	2
$L_{12}(2^{11})$	11	2
$L_{16}(2^{15})$	15	2
$L_{32}(2^{31})$	31	2
$L_9(3^4)$	4	3
$L_{18}(2^1,3^7)$	1 dan 7	2 dan 3
$L_{27}(3^{13})$	13	3
$L_{16}(4^5)$	5	4
$L_{32}(2^1,4^9)$	1 dan 9	2 dan 4
$L_{64}(4^{21})$	21	4

(Ranjit, 1990: 211-212)

Untuk dua level, tabel OA terdiri dari L4, L8, L12, L16, dan L32, sedangkan untuk tiga level tabel OA terdiri dari L9, L18 dan L27. Pemilihan jenis *orthogonal array* yang akan digunakan pada percobaan didasarkan pada jumlah derajat bebas total (Ishak, 2002: 14-15).

7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi.

Interaksi terjadi jika suatu faktor dipengaruhi oleh level dari faktor lain atau interaksi akan terjadi apabila kumpulan pengaruh dari dua atau lebih faktor berbeda dari jumlah masing-masing faktor secara individu. Adanya interaksi ini juga ikut mempengaruhi jumlah derajat kebebasan.

8. Menggambarkan *linier graph* yang diperlukan untuk faktor kontrol dan interaksi.

Taguchi telah menetapkan beberapa linier graph untuk mempermudah mengatur faktor-faktor dan interaksi yang tejadi kedalam suatu kolom, Penggambaran linier graph berguna untuk menentukan penempatan faktor-faktor serta interaksi pada kolom-kolom dalam orthogonal array.

9. Memilih Orthogonal Array.

Pemilihan orthogonal array yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan serta nilai level dari tiap faktor. Penentuan ini akan mempengaruhi total jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan orthogonal array yang akan dipilih.

10. Memasukkan faktor atau interaksi ke dalam kolom.

Untuk membantu memasukkan faktor dan interaksi ke dalam kolom orthogonal array dipakai *linier graph* dan *triangular tables, Linier graph* menunjukkan variasi kolom dimana faktor dapat dimasukkan dan megevaluasi interaksi faktor. *Triangular tables* berisi semua kemungkinan interaksi antara faktor/kolom.

11. Melakukan eksperimen.

Dalam melakukan eksperimen, sejumlah percobaan (trial) disusun untuk meminimalkan kesempatan terjadinya kesalahan dalam menyusun level yang tepat untuk percobaan tersebut.

12. Analisa hasil eksperimen.

Dalam menganalisa hasil eksperimen. Taguhi juga menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA), dimana ada hasil perhitungan mengenai jumlah kuadrat total, jumlah kuadrat rata-rata, jumlah kuadrat faktor, dan jumlah kuadrat *error*.

Hal-hal yang dilakukan dalam analisa hasil eksperimen adalah:

Koefesien Keragaman

Bagian dari total variasi yang menunjukkan kekuatan relatif dari suatu faktor dan atau interaksi yang signifikan untuk mengurangi variasi.

• Signal to Noise Ratio (SNR)

Taguchi memperkenalkan pendekatan SNR guna meneliti pengaruh faktor noise terhadap variasi yang timbul. Taguchi memperkenalkan transformasi dari pengulangan data kepada nilai yang lain yang mengukur variabilitas yang ada. SNR menggabungkan beberapa pengulangan pada satu point data yang mencerminkan julah variasi yang ada.

13. Interpretasi hasil.

Mengevaluasi faktor-faktor mana yang berpengaruh dan tidak berpengaruh terhadap karakterisitik kualitas yang dikehendaki.

14. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal.

Apabila dalam percobaan ada beberapa faktor dan setiap faktor terdiri dari beberapa level, maka untuk menentukan kombinasi level yang optimal adalah dengan membandingkan nilai perbedaan rata-rata eksperimen dari level-level yang ada. Faktor dengan perbedaan rata-rata percobaan dari levelnya besar, maka faktor tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan.

15. Perkiraan rata-rata proses pada kondisi optimal.

Setelah kondisi optimal dari ekperimen orthogonal array didapat, maka dapat diperkirakan rata-rata proses μ prediksi pada kondisi yang optimal. Hal ini didapat dengan menjumlahkan pengaruh dari ranking faktor yang lebih tinggi.

16. Menjalankan eksperimen konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dimaksudkan bahwa faktor dan level yang dimaksud memberikan hasil seperti yang diharapkan. Untuk menguji apakah hasil yang didapat sesuai dengan yang diharapkan, maka harus diuji dengan interval keyakinan. Hasil yang didapat harus berada pada interval keyakinan yang ditentukan (Ishak, 2002: 12-13).

2.2.3. Efektifitas Penggunaan SNR dalam Metode Taguchi

Signal to Noise Ratio (SNR) adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadratik dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. SNR mengukur tingkat unjuk kerja dan efek dari faktor noise dari unjuk kerja tersebut dan juga mengevaluasi stabilitas unjuk kerja dari karakteristik mutu *output*. Semakin tinggi unjuk kerja yang diukur dengan tingginya SNR sama dengan kerugian yang mengecil. Seperti fungsi kerugian mutu. SNR adalah ukuran obyektif dari kualitas yang memuat baik mean dan varian dalam perhitungan (Pramono, 2001: 25).

Signal to Noise Ratio (SNR) adalah kontribusi original taguchi pada rancangan eksperimen yang penting dan sekaligus kontroversial. Taguchi mendefinisikan SN dengan rasio sebagai berikut:

$$SN = \frac{(rata - rata)^2}{Varians} = \frac{\mu^2}{\sigma^2}$$
 (2.1)

Taguchi menciptakan *new performance measure* untuk kriteria pemilihan rancangan yang robust (kriteria uji hipotesa) dengan melakukan perbandingan analisis variansi yang menggunakan rasio F untuk kriteria uji hipotesa (Vandenbrande, 2005: 48).

Secara umum SN rasio diperoleh dari persamaan berikut yaitu:

$$SN = -10\log(MSD) \tag{2.2}$$

dimana nilai MSD pada masing-masing karakteristik mutu ditentukan oleh persamaan berikut:

1. Nilai MSD untuk nominal the better.

$$MSD = \frac{((Y_1 - Y_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2 + \dots + (Y_n - Y_0)^2)}{n}$$
 (2.3)

2. Nilai MSD untuk larger the better.

$$MSD = \frac{\left(\frac{1}{Y_1^2} + \frac{1}{Y_2^2} + \dots + \frac{1}{Y_n^2}\right)}{n}$$
 (2.4)

3. Nilai MSD untuk smaller the better.

$$MSD = \frac{Y_1^2 + Y_2^2 + \dots + Y_n^2}{n}$$
 (2.5)

(Ranjit, 1990: 46)

Dalam Taguchi, *Signal to Noise Ratio* (SNR) digunakan sebagai ukuran performa karakteristik kualitas. SNR diturunkan dari loss function sehingga ada 3 SNR, yaitu:

1. Jenis Nominal terbaik atau *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk *nominal the better* (n.t.b):

Digunakan bila karakteristik mutu mempunyai nilai target tertentu, biasanya bukan nol, dan kerugian mutunya simetris pada kedua sisi target.

$$SNR_{ntb} = 10\log\left(\frac{\bar{y}^2}{S^2}\right) \tag{2.6}$$

dimana: $SNR_{ntb} = Rasio SN untuk nominal the better$

$$\bar{y} = rata-rata$$

$$S^2 = varians$$

Jenis semakin besar semakin baik atau *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk *larger the better* (l.t.b):

Digunakan bilamana karakteristik mutu yang dikehendaki semakin besar nilainya semakin baik.

$$SNR_{ltb} = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{y_i^2}\right)$$
 (2.7)

dimana : $SNR_{ltb} = Rasio SN untuk larger the better$

n = jumlah data

$$y_i = data \ ke-i,$$
 $i=1,2,3,...,n$

3. Jenis semakin besar semakin baik *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk smaller the better (n.t.b):

Digunakan bilamana karakteristik mutunya tidak negatif, idealnya nol.

$$SNR_{stb} = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}y_{i}^{2}\right)$$
 (2.8)

dimana : $SNR_{stb} = Rasio SN untuk smaller the better$

$$n = jumlah data$$

$$y_i = \frac{data \ ke-i}{}$$
 $i=1,2,3,...,n$

(Pramono, 2001: 25)

2.2.4. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Desain Eksperimen Taguchi

Parameter-parameter yang berpengaruh dalam suatu proses produksi adalah:

- a. Faktor Sinyal. *Faktor sinyal* adalah parameter yang diatur untuk menentukan nilai respon produk yang diinginkan.
- b. Faktor Noise (Uncontrollable Factor). Faktor ini termasuk faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh perancang, atau bobotnya dalam lingkungan sulit atau mahal untuk dikendalikan.
- c. Faktor Kendali (Controllable Factor). Faktor ini termasuk parameter yang dapat ditentukan secara bebas oleh perancang dalam nilai terbaik parameter

tersebut. Bila nilai tiap faktor terkendali tertentu diubah maka karakteristik mutu dapat pula berbah (Wahjudi, 2001: 71).

Taguchi mengembangkan faktor perancangan dan pengembangan produk/proses ke dalam dua kelompok yaitu faktor terkendali dan faktor noise. Faktor terkendali adalah faktor yang ditetapkan (atau dapat dikendalikan) oleh produsen selama tahap perancangan produk/proses dan tidak dapat diubah oleh konsumen. Sedangkan faktor noise adalah faktor yang tidak dapat dikendalikan langsung oleh produsen (Ishak, 2002: 11).

Dalam desain Taguchi, adakalanya terjadi suatu produk atau proses yang tidak sensitif terhadap pengaruh faktor-faktor yang dapat mempengaruhi produk atau proses. Fakor noise merupakan sumber variasi yang tidak bisa atau sulit dikendalikan dan mempengaruhi karakteristik produk. Dalam hal ini ada tiga tipe faktor noise, yaitu:

1. Unit to unit noise factor

Unit to unit noise factor adalah faktor yang melekat dalam variasi acak dan disebabkan adanya variabilitas bahan, mesin dan manusia.

2. Internal noise factor

Internal noise factor adalah variasi yang bersumber dari dalam produk.

Contohnya adalah kesalahan operasional.

3. Eksternal noise factor

Eksternal noise factor adalah variasi yang bersumber dari luar produk dan sulit dikendalikan. Contohnya adalah suhu (Iriawan, 2006:280).

Dalam perancangan eksperimen Taguchi, penanganan faktor noise melalui 3 (tiga) cara, yaitu :

- 1. Dengan melakukan pengulangan terhadap masing-masing percobaan.
- 2. Dengan memasukkan faktor noise tersebut kedalam percobaan dengan menempatkannya diluar faktor terkendali.
- 3. Dengan menganggap faktor terkendali bervariasi (Ishak, 2002: 11).

2.2.5. Taguchi Loss Function

Taguchi mendefinisikan kualitas sebagai kerugian dalam dalam suatu masyarakt mulai dari pengiriman suatu produk. Kerugian mencakup pengeluaran, limbah dan kesempatan yang hilang karena ketidaktepatan produk terhadap nilai target. Taguchi membuat fungsi kerugian (loss function) sebagai persamaan:

$$L(Y) = k(y - y_0)^2 (2.9)$$

Jika $E(Y) = Y_0$, maka $E(L(Y)) = k\sigma^2$, dimana $\sigma^2 = var(Y)$,

dimana: L(Y) = rata-rata kerugian tiap unit (Average Loss per Unit)

Y = karakteristik kualitas,

Y₀ = nilai target untuk karakteristik kualitas

k = konstanta yang bebas pada struktur harga proses produk atau organisasi

Perlu ditekankan bahwa istilah $(Y-Y_0)$ menjelaskan deviasi karakteristik kualitas Y dari nilai target Y_0 dan persamaan untuk loss function adalah order kedua dalam istilah deviasi karakteristik kualitas (Ranjit, 1990: 156).

2.3. Pengertian Analysis of Varians (ANOVA)

Analysis of Varians biasa disebut dengan analisis ragam, analisis ragam adalah suatu metode untuk menguraikan keragaman total menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber keragaman. Di dalam analisis ini kita selalu mengasumskan bahwa contoh acak yang dipilih bserasal dari populasi yang normal dengan ragam yang sama, kecuali bila contoh yang dipilih cukup besar, asumsi tentang distribusi normal tidak diperlukan lagi. Analisis ragam (Analysis of Variance, ANOVA) memperluas pengujian kesamaan dari dua nilai rata-rata menjadi kesamaan beberapa nilai rata-rat secara simultan (Wibisono, 2005: 479).

Menurut Ritonaga (1987:216) analisis ragam adalah suatu metode yang membagibagi eksperimen ke dalam beberapa bagian, bagian mana yang dapat dibagi berdasarkan sumber, sebab atau faktor. Penggunaan ragam ini pertama kali dikembangkan oleh R.A Fisher dalam laporannya tahun 1923, bila ragam dipahami sebagai kuadrat disimpangan baku dari suatu variabel X, σ^2 , analisis ragam dalam kenyataannya tidak membagi ragam ini kedalam bagian-bagian, tetapi membagi jumlah kuadrat simpangan, dalam bagian-bagian tertentu. Bagian bagian inilah yang digunakan dalam tes signifikansi data dalam penelitian (Mashitoh, 2005: 8).

Analisis ragam adalah suatu metode untuk menguraikan keragaman total data menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber keragaman. Analisis ragam merupakan alat yang ampuh bagi pengujian kehomogenan nilai tengah. Akan tetapi bila hipotesis nol kita tolak dan hipotesis alternatif nya kita terima, bahwa nilai itu tidak semuanya sama (Walpole: 1993:382).

Moh Nazir (1988:489) menyimpulkan Analilsis ragam pada dasarnya tidak lain adalah merupakan teknik matematik untuk memisahkan komponen-komponen dalam suatu kumpulan penelitian (Mashitoh, 2005: 8).

Analisis Varians pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. Analisis Varians adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasikan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasikan kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan (ishak, 2002: 15).

Untuk menguji ada tidaknya perbedaan nilai rata-rata contoh, perlulah menguji validitas hipotesis nol denngan memanfaatkan seluruh data yang ada.

 H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_r$ yang menyatakan bahwa beberapa nilai rata-rata contoh memiliki nilai parameter populasi yang sama. Bila asumsi ini dipenuhi, maka rata-rata populasi untuk berbagai macam contoh berasal dari satu macam populasi atau dari populasi yang sama pula.

 H_0 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq ... \neq \mu_r$ yang menyatakan bahwa setidaknya ada nilai rata-rata contoh yang diperoleh dari populasi tertentu memiliki rata-rata yang berbeda untuk suatu i \neq j, Dengan demikian menurut hipotesis alternatifnya, perbedaan antara beberapa contoh sangat signifikan (Wibisono, 2005: 479).

2.4. Nilai Rata-rata (Mean)

Rata-rata lengkapnya rata-rata hitung, untuk rata-rata kuantitatif yang terdapat dalam sebuah sampel dihitung dengan jalan membagi jumlah nilai data oleh banyaknya data. Misalkan ada sebaran data $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$. Maka rata-rata adalah:

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n}$$
 (2.10)

(Walpole, 1995: 384)

2.5. Derajat Bebas (Dgree of Freedom, DOF)

Derajat bebas merupakan banyaknya perbandingan yang harus dilakukan antar level-level faktor (efek utama) atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan agar diperoleh suatu pemahaman mengenai hubungan antara suatu faktor dengan level yang berbeda-beda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini sendiri akan memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas (Ishak, 2002: 14).

Konsep DOF bisa diperluas untuk eksperimen. Eksperimen dengan n banyak percobaan dan r ulangan percobaan yang lain mempunyai n x r percobaan. Jumlah DOF menjadi:

$$db = n \times r - 1 \tag{2.11}$$

Dimana : db = derajat bebas

n = banyaknya percobaan

r = banyaknya ulangan

(Ranjit, 1990: 101)

2.6. Jumlah Kuadrat (Sum of Square, SS)

Sum of Square adalah ukuran simpangan eksperimen data dari nilai mean suatu data. Sum of square diberikan sebagai berikut:

$$SS = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^2$$
 (2.12)

dimana: SS = jumlah kuadrat

$$Y_i = data \ ke-i$$

 \overline{Y} = nilai rata-rata dari Y_i

Sum of square dari simpangan SS, dari nilai target Y_o , adalah diberikan oleh:

$$SS = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^2 + n(\overline{Y} - Y_0)^2$$
 (2.13)

dimana variansi data diperoleh dari:

$$V = \frac{SS}{db} \tag{2.14}$$

dengan: SS = jumlah kuadrat

db = derajat bebas

Pada umumnya variansi (σ) didefinisikan sebagai:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^2$$
 (2.15)

2.7. Kuadrat Jumlah Rata-rata (Mean Sum Squared of Deviation))

Misalkan $T = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - Y_0)$ jumlah semua simpangan dari nilai target. Sehingga

diperoleh kuadrat jumlah mean simpangannya yaitu:

$$SS_m = \frac{T^2}{n} = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_0)\right]^2}{n}$$
 (2.16)

 ${\rm dimana:}\ SS_m=jumlah\ kuadrat\ rata-ratas impangan$

T = simpangan dari nilai target

n = banyaknya data

varians simpngan data diperoleh dari:

$$\sigma_m^2 = \frac{SS_m}{dh} \tag{2.17}$$

Dimana : $\sigma_m^2 = varians \ jumlah \ kuadrat \ rata-rata \ simpangan$

 $SS_m = jumlah kuadrat rata-rata simpangan$

db = derajat bebas

Maka dapat diperoleh jumlah kuadrat error dengan persamaan sebagai berikut:

$$SS_a = SS - SS_m \tag{2.18}$$

Karena variansi σ^2 adalah:

$$\sigma^2 = \frac{SS_e}{dh}$$

Maka variansi untuk jumlah kuadrat eror yaitu:

$$\sigma_e^2 = \frac{(SS - SS_m)}{dh} \tag{2.19}$$

Dimana : $\sigma_e^2 = varians untuk jumlah kuadrat rata-rata$

 $SS_m = jumlah kuadrat$

db = derajat bebas (Ranjit, 1990: 102)

2.8. Kajian Desain Eksperimen dalam Al-Qur'an

Matematika disebut sebagai ilmu hitung karena pada hakikatnya matematika berkaitan dengan bilangan-bilangan dan masalah hitung menghitung. Mempelajari bilangan dan angka-angka mendapat dorongan kuat dari Al Qur'an yang membuka cakrawala baru dalam bidang matematika.

Matematika pada dasarnya berkaitan dengan pekerjaan menghitung, sehingga tidak salah jika kemudian ada yang menyebut ilmu hitung atau *ilmu Al-hisab*. Dalam urusan hitung menghitung ini, Allah adalah rajanya. Allah sangat cepat dalam menghitung dan sangat teliti. Dalam desain eksperimen digunakan suatu metode untuk merekayasa atau usaha memperbaiki produktivitas selama penelitian dan pengembangan supaya produk-produk berkualitas tinggi dapat dihasilkan dengan menggunakan perhitungan persamaan karakteristik mutu yang cepat. Dalam hal ini, usaha manusia dengan perhitungan yang cepat tersebut dijelaskan pada firman Allah dalam surat Al-Baqarah ayat 202:

Artinya: "Mereka itulah orang-orang yang mendapat bagian daripada yang mereka usahakan; dan Allah sangat cepat perhitungan-Nya".

Allah juga menyebutkan <u>kecepatan perhitungan</u> dan ketelitian-Nya dalam surat Ali Imran ayat 199:

Artinya: "Dan sesungguhnya diantara ahli kitab ada orang yang beriman kepada
Allah dan kepada apa yang diturunkan kepada kamu dan yang diturunkan
kepada mereka sedang mereka berendah hati kepada Allah dan mereka

tidak menukarkan ayat-ayat Allah dengan harga yang sedikit. Mereka memperoleh pahala di sisi Tuhannya, Sesungguhnya Allah amat <u>cepat</u> perhitungan-Nya".

Pada bagian sebelumnya, telah dijelaskan Allah maha matematis. Bukti-bukti bahwa Allah maha matematis tertampang begitu jelas dalam alam semesta, dalam masalah pemberian pahala dan dalam masalah shalat. Bahkan Al-Qur'an menjelaskan tentang perkalian dan perhitungan bilangan dalam berbagai peristiwa.

Alam semesta memuat bentuk-bentuk dan konsep matematika, meskipun alam semesta tercipta sebelum matematika itu ada. Alam semesta serta segala isinya diciptakan oleh Allah dengan ukuran-ukuran yang cermat dan teliti, dengan perhitungan-perhitungan yang mapan, dan dengan rumus-rumus serta persamaan yang seimbang dan rapi. (Abdussakir, 2007: 79). Dalam desain eksperiman perusahaan mempunyai ukuran karakteristik tertentu untuk menigkatkan kualitas produk yaitu dengan menentukan level bahan yang mempengaruhi kualitas atau proses produksi. <u>Ukuran</u> dalam Al-Qur'an juga dijelaskan dalam surat Al Qamar: 49 sebagai berikut:

Artinya: "Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut <u>ukuran</u>". Selain itu juga terdapat dalam Al-Qur'an surat Al Furqan ayat 2:

ٱلَّذِى لَهُ مُلُكُ ٱلسَّمَنوَتِ وَٱلْأَرُضِ وَلَمُ يَتَّخِذُ وَلَدًا وَلَمُ يَكُن لَّهُ مَرِيكُ فَرِيكُ فِي اللهِ عَلَى اللهُ مَلِكُ اللهِ مَلَا اللهُ اللّهُ اللهُ اللهُ اللهُ اللهُ اللهُ اللهُ اللهُ اللهُ اللهُ ال

Artinya: "Yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagiNya dalam kekuasaan(Nya), dan dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan <u>ukuran-ukurannya</u> dengan serapi-rapinya".

Oleh karena itu, sangat penting sekali bagi manusia untuk belajar matematika karena matematika memang ada dalam Al Quran, misalnya tentang penjumlahan, pengurangan, persamaan, ilmu faraidh, dan lain sebagainya. Dengan belajar matematika, selain untuk melatih dan menumbuhkan cara berpikir secara sistematis, logis, analitis, kritis, kreatif dan konsisten, juga diharapkan dapat menumbuhkan sikap teliti. Dalam hal ini, Allah berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-Mu'minuun avat 112-114:

قَالُواْ لَبِثُنَا يَوُمًّا أَوُ بَعُضَ يَوُمٍ فَسُئَلِ ٱلْعَآدِّينَ ﴿ ﴿ فَاللَّهُ اللَّهُ اللَّهُ اللَّهُ اللّ قَدلَ كَمُ لَبِثُتُمُ فِى ٱلْأَرُضِ عَدَدَ سِنِينَ ﴿ ﴾ قَدلَ إِن لَّبِثُتُمُ إِلَّا قَلِيلًا لَّ وُ أَنَّكُمُ كُنتُمُ تَعُلَمُونَ ﴿ ﴾

Artinya: "Allah bertanya: "Berapa tahunkah lamanya kamu tinggal di bumi?

Mereka menjawab: "Kami tinggal (di bumi) sehari atau setengah hari,

maka tanyakanlah kepada orang-orang yang menghitung."

Allah berfirman: "Kamu tidak tinggal (di bumi) melainkan sebentar saja,

kalau kamu sesungguhnya mengetahui."

Eksperimen erat kaitannya dengan kehidupan manusia di dunia. Sebagai makhluk ciptaan Allah SWT, setiap manusia di dunia pasti mengharapkan kehidupan yang sempuna serta kebahagiaan di dunia dan akhirat. Akan tetapi kebahagiaan tersebut dapat diraih seseorang melalui proses kehidupan dan ujian serta cobaan dari Allah SWT. Kebahagiaan tersebut akan sangat mendukung kehidupan manusia jika seseorang mensyukuri segala nikmat yang diberikan Allah SWT dan tidak kufur kepada-Nya.

Cobaan adalah salah satu ketentuan Allah SWT bagi Makhluk-Nya. Cobaan ada karena tabiat kehidupan dunia dan hasrat manusia yang tidak akan pernah terlepas dari bencana dan kekejaman yang menimpanya. Selain itu, Allah juga menciptakan langit dan bumi serta hidup dan mati. Itu semua adalah ujian dan cobaan bagi manusia, agar Dia mengetahui siapakah yang benar-benar menginginkan-Nya dan siapakah yang hanya mengharapkan sesuatu dari-Nya, yaitu dunia beserta perhiasannya. Ujian dan cobaan tersebut dijelaskan dalam al-Qur'an surat Hudd ayat 7:

وَهُوَ ٱلَّذِى خَلَقَ ٱلسَّمَنوَ تِ وَٱلْأَرُضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ وَكَانَ عَرُشُهُ عَلَى ٱلْمَآءِ لِيَبُلُو كُمُ أَيُّكُمُ أَحُسَنُ عَمَلًا وَلَيِن قُلْتَ إِنَّكُم مَّبُعُوثُونَ مِنْ بَعُدِ ٱلْمَوُتِ لَيَقُولَنَّ ٱلَّذِينَ كَفَرُوٓا إِنْ هَدِذَآ إِلَّا سِحُرٌ مُّيِينٌ ۞

Artinya: Dan Dia-lah yang menciptakan langit dan bumi dalam enam masa, dan adalah singgasana-Nya (sebelum itu) di atas air, agar Dia menguji siapakah di antara kamu yang lebih baik amalnya, dan jika kamu berkata

(kepada penduduk Mekah): "Sesungguhnya kamu akan dibangkitkan sesudah mati", niscaya orang-orang yang kafir itu akan berkata: "Ini tidak lain hanyalah sihir yang nyata".

Allah SWT juga menjelaskan ujian seperti hidup dan mati manusia pada al-Qur'an surat Mulk: 1-2:

Artinya: "Maha Suci Allah Yang di tangan-Nyalah segala kerajaan, dan Dia Maha

Kuasa atas segala sesuat. Yang menjadikan mati dan hidup, supaya Dia

menguji kamu, siapa di antara kamu yang lebih baik amalnya, Dan Dia

Maha Perkasa lagi Maha Pengampun".

Imam Asy-Syaukani memberikan komentar pada firman Allah (اليَبَلُو كُمْ أَيْكُمْ أَخْتَنْ عَمَلًا), Huruf lâm pada ayat ini berhubungan dengan kata kerja "khalaqa" yang artinya Dialah telah menciptakan hidup dan mati supaya Dia bisa menguji manusia, siapakah diantara mereka yang lebih baik amalnya. Kemudian Allah SWT akan memberikan balasan kepada manusia atas perbuatan itu. Adapun maksud dari lafadz yang berbentuk lafdlîl (komparatif superlatif) adalah untuk menjelaskan bahwa yang dimaksud disini adalah perbuatannya sendiri. Dan tujuan utama dari cobaan adalah menampakkan kebaikan orang-orang yang berbuat baik. Padahal cobaan itu mencakuo seluruh aspek perbuatan manusia, baik pekerjaan yang baik maupun yang

buruk, dan bukan hanya mencakup pekerjaan baik dan yang lebih baik saja (Jazuli, 2005: 255-257).

Termasuk tanda kebahagiaan adalah seorang hamba bila bertambah ilmunya akan bertambah tawadhu', dan belas kasih. Selama ia bisa meningkatkan dalam segi alamiah, maka akan bertambah takut kepada-Nya. Setiap usianya bertambah maka kesenangan dunianya akan berkurang. Selama ia bertambah hartanya maka kelomanannya bertambah. Apabila pangkat mereka bertambah tinggi maka bertambah dekat kepada manusia dan selalu memenuhi kebutuhan mereka dan bertawadhu' kepada mereka.

Beberapa nikmat adalah ujian dari Allah untuk menampakkan apakah seseorang mau bersyukur atau ingkar kepada-Nya. Sebagaimana beberapa cobaan juga ujian bagi seseorang. Jadi Allah terkadang mengujinya dengan beberapa kenikmatan atau bencana. Dalam menguji hambanya didunia. Allah berfirman dalam surat Al-Fajr ayat 15:

فَأَمَّا ٱلَّإِنسَن اإِذَا مَا ٱبُتَلَنهُ رَبُّهُ وفَأَكُرَمَهُ وَنَعَّمَهُ وفَيَقُولُ رَبِّيٓ أَكُرَمَن



Artinya: "Adapun manusia apabila Tuhannya <u>mengujiny</u>a lalu dia dimuliakan-Nya dan diberi-Nya kesenangan, maka dia akan berkata: Tuhanku telah memuliakanku."

Tanda celaka adalah bila ilmu bertambah seseorang bertambah sombong, bertambah bangga diri, meremehkan orang lain, dan kurang baik sangka kepada mereka bahkan berbaik sangka pada dirinya sendiri. Apabila pangkatnya bertambah tinggi maka kesombongannya bertambah. Ini beberapa perkara yang merupakan cobaan Allah kepada hamba-Nya dimana mereka akan celaka atau bahagia karenanya. Dalam hal ini, ujian yang diberikan Allah SWT kepada manusia dijelaskan dalam surat Al-Fajr ayat 15:

Artinya: Adapun bila Tuhannya mengujinya lalu membatasi rizkinya maka dia berkata: "Tuhanku menghinakanku".

Dari ayat di atas dapat disimpulkan bahwa tiada seseorang yang telah Ku-beri kemuliaan, kenikmatan yang merupakan kemuliaan dari-Ku untuknya dan bukan pula setiap orang kubuat rizkinya, lalu kuberi cobaan merupakan penghinaan dari-Ku kepadanya (Abdurraziq, dkk, 2000: 237).

Dari penjelasan diatas, jelaslah bahwa seluruh manusia, baik secara individual maupun secara sosial, dalam segala tingkatan kondisi kehidupannya yang berbedabeda dan dalam kurun waktu yang panjang, tidak pernah sepi dari cobaan dan ujian. Allah SWT menciptakan manusia sesungguhnya memang untuk menguji mereka. Hal ini sangat erat kaitannya dengan tujuan pada desain eksperimen untuk menguji faktor-faktor yang sangat berpengaruh pada optimasi karakteristik mutu produk. Dalam hal ini, tujuan dari penciptaan manusia di dunia dijelaskan dalam surat Al-Insan ayat 2:

Artinya: "Sesungguhnya Kami telah <u>menciptakan manusia</u> dari setetes mani y**ang**bercampur yang Kami hendak <u>mengujinya</u> (dengan perintah dan larangan), karena itu Kami jadikan dia mendengar dan melihat".

Salah satu contoh ujian atau cobaan yang ada didalam Al-Quran adalah masalah perekonomian yang tersurat dalam surat Yusuf ayat 47- 48, ujian atau cobaan tersebut diberikan agar manusia bisa memperbaiki keimanan dan ketakwaannya kepada Allah SWT.

Usaha yang dilakukan manusia adalah upaya untuk mencari pegangan dalam pengambilan suatu keputusan, akan tetapi hasil dari rencana manusia dapat berubah bergantung pada upaya-upaya yang mereka lakukan untuk menjadi manusia yang lebih baik, sebagai mana firman Allah dalam surat Ar Ra'd ayat 11:

Artinya: "Allah tidak akan merubah nasib seseorang jika ia tidak <u>berusaha</u> mengubah nasibnya".

Dalam hal ini eksperimen dikaitkan dengan usaha manusia untuk memperbaiki kualitas keimanan dan ketakwaannya serta ibadahnya selama hidup di dunia dihadapan Allah SWT. Cobaan yang diberikan Allah SWT adalah untuk menguji keimanan seseorang, dari ujian dan cobaan tersebut manusia berusaha untuk mencari keridhaan dari-Nya untuk menjadi manusia yang lebih baik. <u>Usaha-usaha</u> manusia hanya semata-mata untuk mencari keridhaan Allah disebutkan dalam al-Qur'an surat Al-Baqarah Ayat 264:

يَكَأَيُّهَا ٱلَّذِينَ ءَامَنُواْ لَا تُبُطِلُواْ صَدَقَىتِكُم بِٱلْمَنِّ وَٱلْأَذَىٰ كَٱلَّذِى يُنفِقُ مَالَهُ ورِحَّآءَ ٱلنَّاسِ وَلَا يُؤُمِنُ بِٱللَّهِ وَٱلْيَوْمِ ٱلْآخِرِ فَمَثَلُهُ وكَمَثَلِ صَفُوانٍ عَلَيْهِ تُرَابُ فَأَصَابَهُ وَابِلُّ فَتَرَكَهُ صَلُدًا لَا يَقُدِرُونَ عَلَىٰ شَيْءٍ مِّمَّا كَسَبُواً وَٱللَّهُ لَا يَهْدِى ٱلْقَوْمَ ٱلْكَنفِرِينَ عَلَىٰ

Artinya: "Hai orang-orang yang beriman, janganlah kamu menghilangkan (pahala) sedekahmu dengan menyebut-nyebutnya dan menyakiti perasaan si penerima), seperti orang yang menafkahkan hartanya karena riya kepada manusia dan dia tidak beriman kepada Allah dan hari kemudian. Maka perumpamaan orang itu seperti batu licin yang di atasnya ada tanah, kemudian batu itu ditimpa hujan lebat, lalu menjadilah dia bersih (tidak bertanah). Mereka tidak menguasai sesuatupun dari apa yang mereka usahakan; dan Allah tidak memberi petunjuk kepada orang-orang yang kafir".

BAB III

PEMBAHASAN

3.1. Proses Metode Eksperimen Taguchi

Terdapat beberapa langkah pada desain eksperimen Taguchi yang digunakan dalam mengoptimasi karakteristik mutu suatu produk diantaranya adalah:

1. Langkah pertama adalah menentukan Ortogonal Array

Metode Taguchi digunakan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, Perbaikan produk dihasilkan ketika menunjukkan sebuah level paling tinggi yang hasilnya konsisten. Level yang paling tinggi kemungkinan adalah dihasilkan oleh penentuan kombinasi optimum dari desain faktor. Desain tersebut dihasilkan dengan membuat pengaruh proses untuk mempengaruhi faktor yang tidak terkontrol. Dalam metode Taguchi, desain optimum ditentukan dengan menggunakan prinsip-prinsip desain eksperimen.

Dalam desain eksperimen Taguchi sebisa mungkin digunakan orthogonal Array terkecil yang masih dapat memberikan informasi yang cukup untuk dilakukan percobaan secara komprehenshif dan penarikan kesimpulan yang valid. Untuk menentukan ortogional Array yang diperlukan adalah perhitungan derajat bebas (Degree of Freedom) dengan persamaan:

$$db (level) = l - 1 \tag{3.1}$$

dimana *l* adalah jumlah level yang ditentukan pada desain eksperimen. Kemudian ditentukan db orthogonal array dengan persamaan:

$$db(OA) = fx \ db(level) \tag{3.2}$$



dimana : db(OA) = derajat bebas orthogonal Array

f = jumlah faktor

db(level) = derajat bebas pada level

Selanjutnya ditentukan jumlah baris baris pada eksperimen dengan dengan persamaan:

$$n = db(OA) + 1 \tag{3.3}$$

dimana : n = jumlah baris pada eksperimen

db(OA) = derajat bebas Orthogonal Array

Dari persamaan (3.1), (3.2), dan (3.3) diperoleh matriks orthogonal desain eksperimen taguchi yaitu $L_n(l^f)$.

Dimana matriks ortogonal disimbolkan dengan L, jumlah baris dalam percobaan disimbolkan dengan n, level pada percobaan disimbolkan dengan l dan jumlah faktor yang mempengaruhi pada percobaan disimbolkan dengan f.

2. Menentukan SN rasio untuk menentukan karakteristik mutu suatu produk.

Dalam menentukan karakteristik mutu pada desain ekspermen Taguchi digunaka Signal to Noise Ratio (SNR) yang dilakukan dengan dua tahap yaitu, yang pertama adalah Signal to Noise Ratio (SNR) di hitung dari persamaan (2.4) dan kedua menentukan MSD dari percobaan, karena data pada eksperimen bernilai positif dan karakteristik mutunya tidak negatif maka pada analisis karakteristik mutu pada data penelitian menggunakan persamaan larger-the-better sebagai berikut:

$$SNR_{stb} = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=n}^{n}\frac{1}{y_{i}^{2}}\right)$$
 (3.4)

Untuk karakteristik mutu larger-the-better nilai MSD diperoleh dari persammaan:

$$MSD = \frac{\left(\frac{1}{y_1^2} + \frac{1}{y_2^2} + \dots + \frac{1}{y_i^2}\right)}{n}$$

$$= \frac{1}{n} \left(\frac{1}{y_1^2} + \frac{1}{y_2^2} + \dots + \frac{1}{y_i^2}\right)$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{y_i^2}$$
(3.5)

Persamaan (3.5) dan (3.6) diperoleh persamaan karakteristik mutu untuk *larger-the-better yaitu sebagai berikut:*

 $SNR_{ltb} = -10\log(MSD)$

$$=-10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{y_{i}^{2}}\right) \tag{3.6}$$

Setelah menentukan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk mengoptimasi karakteristik mutu pada metode Taguchi harus menentukan perhitungan efek dari mean, perhitungan efek dari SNR dan perhitungan efek tiap replikasi. Sehingga diperoleh rangkinga dari tiap-tiap faktor yang mempengaruhi preoses eksperimen tersebut. Perhitungan efek tersebut diperoleh dari pengrangan antara rata-rata respons terbesar dengan rata-rata respons terkecil.

3. Melakukan Analysis of Varians (ANOVA)

Pada analisis selanjutnya yaitu ditunjukkan pada tabel respons untuk mean. Manfaat tabel respons seperti ANOVA adalah mencari faktor-faktor yang secara signifikan berpengaruh terhadap respons.

Simpangan kuadrat rata-rata tersebut adalah kuantitas statistik yang menggambarkan deviasi target. Dari nilai target tersebut pernyataan untuk MSD adalh untuk membedakan perbedaan karakteristik mutu pada desain eksperimen Taguchi. Untuk karakteristik mutu *larger-the-better* digunakan bila karakteristik mutunya adalah positif, dan untuk idealnya karakteristik mutu tidak sama dengan nol.

Pada desain Taguchi analisis varian yang digunakan adalah analisis varian dua arah karena pada desain eksperimen taguchi terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih. Analisis varian terdiri dari perhitungan derajat bebas (db), jumlah kuadrat (SS), rata-rata jumlah kuadrat dan F-rasio. Pada analisis varian jumlah rata-rata diberikan sebagai berikut:

$$SS = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^2$$
 (3.7)

dimana \overline{Y} adalah nilai rata-rata dari Y_i .

Jumlah kuadrat dari simpangan SS, dari nilai target Y_o , adalah diberikan oleh:

$$SS = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^2 + n(\overline{Y} - Y_0)^2$$
(3.8)

$$\begin{split} &= \sum_{i=1}^{n} (Y_{i} - \overline{Y} + \overline{Y} - Y_{0})^{2} \\ &= \sum_{i=1}^{n} [(Y_{i} - \overline{Y}) + (\overline{Y} - Y_{0})]^{2} \\ &= \sum_{i=1}^{n} [(Y_{i} - \overline{Y})^{2} + 2(Y_{i} - \overline{Y})(\overline{Y} - Y_{0}) + (\overline{Y} - Y_{0})^{2}] \\ &= \sum_{i=1}^{n} (Y_{i} - \overline{Y})^{2} + \sum_{i=1}^{n} 2(Y_{i} - \overline{Y})(\overline{Y} - Y_{0}) + \sum_{i=1}^{n} (\overline{Y} - Y_{0})^{2} \\ &= \sum_{i=1}^{n} (Y_{i} - \overline{Y})^{2} + \sum_{i=1}^{n} (\overline{Y} - Y_{0})^{2} \\ &= \sum_{i=1}^{n} (Y_{i} - \overline{Y})^{2} + n(\overline{Y} - Y_{0})^{2} \end{split}$$

Sehingga
$$\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y}) = \sum_{i=1}^{n} Y_i - \sum_{i=1}^{n} \overline{Y} = n\overline{Y} - n\overline{Y} = 0$$

$$\operatorname{dan} \sum_{i=1}^{n} (\overline{Y} - Y_0)^2 = n(\overline{Y} - Y_0)^2$$

Dari persamaan diatas diatas diperoleh:

$$SS = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^2 + n(\overline{Y} - Y_0)^2$$

dimana variansi data diperoleh dari:

$$\sigma^2 = \frac{SS}{dh} \tag{3.9}$$

dengan: SS = jumlah kuadrat

db = derajat bebas

Pada umumnya variansi (σ^2) didefinisikan sebagai:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^2$$
 (3.10)

Pada Analisis jumlah kuadrat rata-rata dapat Dimisalkan $T^2 = \left[\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_0)\right]^2$

adalah jumlah semua simpangan dari nilai target. Sehingga diperoleh kuadrat jumlah mean simpangannya yaitu:

$$SS_{m} = \frac{T^{2}}{n} = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n} (Y_{i} - Y_{0})\right]^{2}}{n}$$

$$SS_{m} = \frac{1}{n} [(Y_{i} - Y_{0}) + ... + (Y_{n} - Y_{0})]^{2}$$

$$= \frac{1}{n} [(Y_{1} - Y_{0}) + (Y_{2} - Y_{0}) + ... + (Y_{n} - Y_{0})]^{2}$$

$$= \frac{1}{n} [(Y_{1} + Y_{2} + ... + Y_{n}) - nY_{0})]^{2}$$

$$= \frac{1}{n} [(n\overline{Y} - nY_{0})]^{2}$$

$$= \frac{1}{n} [(n^{2}\overline{Y}^{2} - 2n^{2}\overline{Y}Y_{0} + n^{2}Y_{0}^{2})$$

$$= \frac{1}{n} [(n^{2}\overline{Y}^{2} - n^{2}(2\overline{Y}Y_{0} + Y_{0}^{2})]$$

$$= \frac{1}{n} (n^{2}\overline{Y}^{2} - n^{2}Y_{0}^{2})$$

$$= \frac{1}{n} [(\overline{Y} - Y_{0})]^{2}$$

$$= \frac{1}{n} [(\overline{Y} - Y_{0})]^{2}$$

Dimana nilai SS_m dalam estimasi statistik atau nilai ekspektasi termasuk dalam bagian variansi pada umumnya. Sehingga dapat dituliskan dalam ekspektasi statistik oleh $E(SS_m)$ sebagai berikut:

$$E(SS_m) = SS_m (3.12)$$

 $(SS - SS_m)$ biasanya ditunjukan untuk jumlah kuadrat error dan bisa dimasukan kedalam persamaan (3.13) dan (3.16).

$$SS_e = SS - SS_m \tag{3.13}$$

Sehingga diperoleh persamaan:

$$SS = SS_e + SS_m$$

Karena variansi σ^2 adalah:

$$\sigma^2 = \frac{SS}{db} \tag{3.14}$$

Maka dari persamaan (3.13), (3.16) dan (3.17) diperoleh variansi dari masingmasing standar deviasi tersebut, yaitu sebagai berikut:

$$\sigma^{2} = \frac{SS}{db}$$

$$\sigma^{2}_{m} = \frac{SS_{m}}{db}$$

$$\sigma^{2}_{e} = \frac{(S_{r} - S_{m})}{db}$$

Dari hasil analisa varians di atas diperoleh analisis varians secara umum pada optimasi karakteristi dengan Langkah-langkah perhitungan dalam ANOVA adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Jumlah Kuadrat dari rata-rata (SS_m) dengan rumus:

$$SS_m = n \times \bar{y}^2$$

2. Menghitung Jumlah Kuadrat (SS) suatu faktor dengan rumus:

$$SS = \left(\sum \left(n_{xi} \times \overline{y}_i^2\right)\right) - SS_m$$

3. Menghitung Jumlah Kuadrat Total (SS_T) dengan rumus:

$$SS_T = \sum y^2 - SS_m$$

4. Menghitung Jumlah Kuadrat Error (SS_e) dengan rumus:

$$SS_e = SS_T - SS_m$$

5. Menghitung Kuadrat Rata-rata (MS) dengan rumus:

$$MS = \frac{SS}{df}$$

6. Menghitung F-Ratio dengan rumus:

$$F - Ratio = \frac{MS}{MS_e}$$

7. Menghitung Jumlah Kuadrat Bersih (SS') dengan rumus:

$$SS' = SS - (df \times MS_e)$$

8. Menghitung Jumlah Kuadrat Bersih Error (SS_e) dengan rumus:

$$SS_e = SS_T - SS_e$$

9. Menghitung Koefisien Keragaman (r) dengan rumus:

$$KK = \frac{SS'}{SS_T} \times 100\%$$
 (Wahjudi, 2001: 72)

4. Melakukan Uji Verifikasi

Secara intuisi, dapat dibayangkan bahwa rumus untuk s^2 mempunyai bentuk yang sama dengan rumus untuk σ^2 , kecuali bahwa penjumlahan dilakukan untuk semua pengamatan dalam contoh dan μ diganti dengan \overline{y} . Agar tidak bias maka n dapat diganti dengan n-1 Sehingga diperoleh ragam contoh untuk sebuah contoh acak $y_1, y_2, ..., y_n$ didefinisikan sebagai berikut:

$$s^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (y_{i} - \bar{y})^{2}}{n-1}$$
(3.15)

Dimana : $s^2 = \text{ragam contoh}$

 $\overline{y} = \text{Rata-rata}$

$$y_i = \text{data ke-}i, i = 1,2,...,n$$

n =banyaknya data

Dari persamaan diatas dapat diperoleh nilai standar deviasi untuk ragam contoh vaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \overline{y})^2}{n-1}}$$
 (3.16)

Pengujian hipotesa secara statistik merupakan suatu pernyataan mengenai faktor yang mengikuti suatu distribusi probabilitas tertentu. Faktor yang diuji dibandingkan

dengan suatu nilai yang tertentu atau faktor yang sama pada level yang berbeda. Pada desain eksperimen Taguchi dapat dilakukan perbandingan hasil eksperimen verifikasi dengan prediksi respon dengan menggunakan uji hipotesis sebagai berikut:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Pengujian hipotesis dapat juga menggunakan hipotesis alternatif satu sisi yang bertujuan untuk menguji hipotesis seperti:

$$H_1: \mu_1 < \mu_2 \text{ atau } H_1: \mu_1 > \mu_2$$

Dari pengujian hipotesis ini dilakukan uji statistik sehingga dapat ditarik kesimpulan untuk menolak atau gagal menolak H_0 . Untuk membandingkan hasil eksperimen verifikasi dengan prediksi respon, dilakukan uji hipotesis sebagai berikut:

$$H_0: \mu = \mu_0$$

$$H_1: \mu \neq \mu_0$$

Dengan syarat penolakan $\left| H_0 \right|$ adalah $\left| t_{\it hittung} \right| > t_{\it tabel}$ dimana:

$$t_{hitung} = \left| \frac{\overline{y} - \mu_0}{s / \sqrt{n}} \right| \tag{3.17}$$

dimana: $t_{hitung} = t$ -hitung

 $\overline{y} = \text{rata-rata}$

s = Standar deviasi

n = banyaknya data

 $y_0 = \text{rata-rata proses}$

5. Menghitung Taguchi Loss Function

Dalam Taguchi Loss Function istilah Taguchi didefinisikan sebagai kerugian yang disebabkan oleh produk dalam penyampainnya kepada masyarakat dalam hitungan waktu. Kerugian (loss) dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu, biaya operasi, kerusakan fungsi, biaya produksi yang tidak memenuhi standar dan desain yang kurang bagus. Dengan kata lain produk yang dihasilkan oleh perusahaan bisa lebih spesifik dan efesien.

Dalam proses produksi yang jumlahnya cukup banyak rata kerugian dalam Taguchi loss function di tunjukkan oleh:

$$L(Y) = \frac{\left[k(Y_1 - Y_0)^2 + k(Y_2 - Y_0)^2 + \dots + k(Y_n - Y_0)^2\right]}{n}$$
(3.18)

dimana *n* adalah juml<mark>ah unit sampel yang diberikan.</mark>

Pada persamaan diatas k adalah konstanta, sehingga persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$L(Y) = k \times \frac{1}{n} [(Y_1 - Y_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2 + \dots + (Y_n - Y_0)^2]$$
(3.19)

Sehingga dari persamaan tersebut diperoleh persamaan *Taguchi Loss Function* untuk karakteristik mutu *Larger-the-better* yaitu sebagai berikut:

$$L(Y) = k(MSD)$$

atau dapat ditulis juga dengan:

$$L(Y) = k \frac{1}{n} \times \frac{1}{\left[(Y_1 - Y_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2 + \dots + (Y_n - Y_0)^2 \right]}$$
(3.20)

Dalam aplikasinya nilai MSD yang digunakan dibedakan menjadi dua macam yaitu:

$$L(Y) = k(Y - Y_0)^2 \text{ (untuk sampel tunggal)}$$
(3.21)

dan

$$L(Y) = k(MSD)$$
 (untuk jumlah sampel banyak) (3.22)

Konstanta *k* ditentukan oleh:

$$L(Y) = k(Y - Y_0)^2 (3.23)$$

Sehingga diperoleh:

$$L(Y) = k(Y \pm Tolerance - Y_0)^2$$
 (3.24)

3.2. Contoh Proses Perancangan Eksperimen Taguchi Pada Produk Aki

Pada penelitian analisis metode desain eksperimen ini, peneliti mengambil data sekunder tentang Produksi aki di P.T. "X" dari Jurnal (Wahjudi, 2001). Kemudian peneliti melanjutkan analisis dari perancangan atau desain eksperimen sebelumnya. Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa Produk aki di P.T. "X" memiliki cranking ampere 221 CA yang belum memenuhi standar kualitas produk aki pada perusahaan tersebut, sehingga tidak bisa memenuhi permintaan pasar Jepang, Eropa dan Amerika yang mempersyaratkan produk aki tersebut mempunyai cranking ampere minimal 275 CA.

Dari peneliti terdahulu (Wahjudi, 2001) maka peneliti tertarik untuk melanjutkan penelitian tersebut pada penggunaan standar kualitas aki dimana Standar pengukuran

kualitas aki yang biasa digunakan adalah *cranking ampere*, yaitu banyaknya arus yang dapat diberikan oleh aki dalam 30 detik pada 32°C hingga voltase aki turun menjadi +7,20 Volt. Hal ini merupakan standar Eropa untuk jenis aki 12 Volt. Untuk memenuhi permintaan pasar di dalam negeri dan sebagian negara Asia kecuali Jepang, P.T. "X" telah dapat memenuhi kualifikasi *cranking ampere* untuk aki yang dipersyaratkan. Tetapi, *cranking ampere* yang dihasilkan masih sangat bervariasi dan kadang-kadang di bawah standar Eropa, Jepang dan Amerika, sehingga tidak bisa menembus pasar di sana. Dimana metode Taguchi ini dapat digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi *cranking ampere* serta dapat digunakan untuk menguji faktor-faktor yang mempengaruhi *cranking ampere*.

Dari faktor-faktor terkontrol yang diperoleh melalui *fishbone* diagram dan analisanya, serta pertimbangan berdasarkan pengalaman dari pihak perusahaan, dapat diambil beberapa variabel, yaitu:

- Variabel respon, yaitu: cranking ampere, yang bisa didapatkan dari mengukur produk aki dengan cranking meter untuk setiap kombinasi produk sampel.
- Variabel bebas/faktor yang terpilih adalah:
 - a. Interval Waktu Charging (menit):
 Standar pabrik: 60 menit, jumlah level: 3 Yang diuji: 30 menit, 60 menit (1 jam), dan 90 menit (1,5 jam).
 - b. Tebal plat sel (mm):

Standar pabrik: 60 menit, jumlah level: 3 Yang diuji: 30 menit, 60 menit (1 jam), dan 90 menit (1,5 jam).

c, Persentase kemurnian bahan (%):

Standar pabrik: 96%, jumlah level: 3 Yang diuji: 96%, 97%, dan 98%.

d, Kuat arus *charging* (A):

Standar pabrik: 160A, jumlah level: 3 Yang diuji: 160 A, 170 A, dan
180 A.

Dari uraian diatas dapat dintentukan dengan simbol untuk variabel bebas berupa interval waktu *charging* (T), tebal plat sel (W), persentase kemurnian bahan (P), dan arus *charging* (I), serta respon berupa *cranking ampere* (R), data hasil eksperimen disajikan pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1. Data Hasil Eksperimen

Exp. No.	Faktor				R1(CA)	R2(CA)	R3(CA)
	T (min)	W (mm)	P (%)	I (A)	KI(CA)	RZ(CA)	N3(CA)
1	30	1,2	96	160	194	195	192
2	30	1,4	97	170	221	221	220
3	30	1,6	98	180	255	256	259
4	60	1,2	97	180	228	224	225
5	60	1,4	98	160	272	269	270
6	60	1,6	96	170	230	232	232
7	90	1,2	98	170	239	237	237
8	90	1,4	96	180	219	218	219
9	90	1,6	97	160	210	208	211

(Wahjudi, 2001)

Jumlah baris menunjukkan jumlah percobaan yang dilakuka., *Run* ini direplikasi (diulang percobaannya) sebanyak 3 kali, sehingga total eksperimen yang akan

dilakukan adalah 27. Kode level beserta nilai-nilai dari kode level tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Kode Level Nilai Variabel

Faktor	Kode	1	2	3
Interval Waktu Charging (menit)	A	30	60	90
Tabel plat sel (mm)	В	1,2	1,4	1,6
Presentase Kemurnian Bahan (%)	С	96	97	98
Besar arus Charging (A)	D	160	170	180

(Wahjudi, 2001)

Dalam eksperimen ini digunakan 4 faktor dengan rancangan 3 level. Dari jumlah level dan faktor yang ada, dapat ditentukan jumlah kolom untuk matriks orthogonal. Dengan menggunakan analisa matriks ortogonal Array diperoleh perhitungan untuk menentukan ortogonal Array sebagai berikut:

$$f(Jumlah faktor) = 4$$

$$l(Jumlah level) = 3$$

$$db(level) = l - 1$$

$$= 3 - 1$$

$$= 2$$

$$db(OA) = f \times df(level)$$

$$= 4 \times 2$$

$$= 8$$

$$n = db(OA) + 1$$

$$= 8 + 1$$

Dari Taguchi Array Design di atas dapat diketahui bahwa desain eksperimen Taguchi menggunakan matriks ortogonal $L_9(3^4)$ dan diperoleh tabel desain hasil eksperimen Taguchi setelah diberi kode level nilai variabel sebagai berikut:

Tabel 3.3. Data Desain Eksperimen

Exp.		Faktor	IAM A	-1/\	D1/CA)	D2(CA)	D2(CA)
No.	T (min)	W (mm)	P (%)	I (A)	R1(CA)	R2(CA)	R3(CA)
1	1	1	1	1	194	195	192
2	1	2	2	2	221	221	220
3	1	3	3	3	255	256	259
4	2	1	2	3	228	224	225
5	2	2	3	1	272	269	270
6	2	3	1	2	230	232	232
7	3	/ 1	3	2	239	237	237
8	3	2	1	3	219	218	219
9	3	3	2	1	210	208	211

Dalam melakukan analisa hasil, terlebih dahulu dihitung rata-rata, standard deviasi (σ) serta SNR dari data percobaan. Untuk mencari nilai rata dari data tersebut kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\overline{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_{i}}{n}$$

Karena dilakukan replikasi sebanyak tiga kali maka Perhitungan rata-rata dari data ke-1 sampai data ke-9 menggunakan persamaan berikut:

$$\overline{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Untuk mencari nilai SNR dari data tersebut dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SNR = -10\log(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{y_i^2})$$

Karena dilakukan replikasi sebanyak tiga kali maka Perhitungan SNR dari data ke-1 sampai data ke-9 menggunakan persamaan berikut:

$$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$$

Dari perhitungan menggunakan persamaan diperoleh tabel rata-rata (\bar{y}) dan SNR dari data ke-1 sampai ke-9 yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.4. Rata-rata (\bar{y}) dan SNR

Exp.No.	R1	R2	R3	$\overline{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$	$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$
1	194	195	192	193,67	45,741
2	221	221	220	220,67	46,875
3	255	256	259	256,67	48,187
4	228	224	225	225,67	47,069
5	272	269	270	270,33	48,638
6	230	232	232	231,33	47,285
7	239	237	237	237,67	47,519
8	219	218	219	218,67	46,796
9	210	208	211	209,67	46,430

Data di atas akan di analisa dengan empat cara yaitu, dengan perhitungan efek dari mean, perhitungan efek dari SNR dan perhitungan untuk tiap replikasi, dan perhitungan analisa varian (ANOVA).

3.3. Perhitungan Efek dari Mean

Dari data tabel 3.4 dapat dicari nilai efek dari mean pada tiap faktor dengan menggunakan persamaan berikut:

Rata-rata efek mean pada faktor A:

$$\overline{A}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Rata-rata efek mean pada faktor B:

$$\overline{B}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Rata-rata efek mean pada faktor C:

$$\overline{C}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Rata-rata efek mean pada faktor D:

$$\overline{D}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Dari perhitungan tersebut dapat dilakukan perhitungan untuk masing-masing respon pada tiap faktor untuk memperoleh efek dari masing-masing respon tersebut.

Perhitungan efek dari mean pada faktor-faktor tersebut dilakukan dengan mengurangi rata-rata respon terbesar dengan rata-rata respon terkecil, sehingga

diperoleh hasil perhitungan nilai efek mean dan nilai efek pada tiap faktor pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Efek dari Mean

	Α	В	С	D
Level 1	223,67	219,00	214,56	224,56
Level 2	242,44	236,56	218,67	229,89
Level 3	222,00	232,56	254,89	233,67
Efek	20,44	17,56	40,33	9,11
Rank	2	3	1	4
Optimum	A_2	B_2	C_3	D_3

Dari rata-rata respon tiap faktor dipilih yang nilainya paling besar untuk disarankan sebagai rancangan usulan karena karakteristik mutu cranking ampere adalah jenis larger-the-better. Dari table 3.4 didapat rancangan usulan A_2 , B_2 , C_3 , dan D_3 .

Tabel respons untuk rata-rata (mean) memperlihatkan urutan faktor yang memiliki pengaruh terbesar hingga terkecil terhadap karakteristik mutu *cranking ampere*, yaitu persentase kemurnian bahan dengan nilai 40,33 pada ranking ke-1, waktu charging dengan nilai 20,44 pada ranking ke-2, tabel palat sel dengan nilai 17,56 pada ranking ke-3 dan besar arus charging dengan nilai 9,11 pada ranking ke-4.

Perhitungan rata-rata SNR pada faktor-faktor tersebut dapat menggunakan persamaan sebagai berkut:

Perhitungan rata-rata SNR pada faktor A:

$$\overline{A}_{SNR} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Perhitungan rata-rata SNR pada faktor B:

$$\overline{B}_{SNR} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Perhitungan rata-rata SNR pada faktor C:

$$\overline{C}_{SNR} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Perhitungan rata-rata SNR pada faktor D:

$$\overline{D}_{SNR} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Perhitungan efek dari SNR pada faktor-faktor di lakukan dengan mengurangi nilai rata-rata respon terbesar dengan nilai rata-rat respon terkecil, sehingga diperoleh nilai rata-rata respons dan nilai efek SNR pada tabel 3.6:

Tabel 3.6. Efek dari SNR

	Α	В	С	D
Level 1	46,93	46,78	46,61	46,94
Level 2	47,66	47,44	46,79	47,23
Level 3	46,91	47,30	48,11	47,35
Efek	0,75	0,66	1,50	0,41
Rank	2	3	1	4
Optimum	A_2	B_2	C_3	D_3

Dari efek NSR tiap-tiap faktor dapt dilihat urutan-urutan pengaruh dari tiap-tiap faktor mulai yang terkecil sampai yang besar. Dari efek SNR tiap faktor dipilih mulai yang terbesar untuk disarankan sebagai rancangan usulan sesuai dengan karakteristik mutu larger-the-better, dari tabel 3.6 diperoleh rancangan usulan yang sama dengan tabel 3.5, yaitu A_2 , B_2 , C_3 , dan D_3 .

Pada analisis selanjutnya yaitu ditunjukkan pada tabel respons untuk *SNR*. Manfaat tabel respons seperti ANOVA adalah mencari faktor-faktor yang secara signifikan berpengaruh terhadap respons.

Tabel respons untuk rasio S/N memperlihatkan urutan faktor yang memiliki pengaruh terbesar hingga terkecil terhadap karakteristik mutu *cranking ampere*, yaitu persentase kemurnian bahan dengan nilai 1,50 pada ranking ke-1, waktu charging dengan nilai 0,75 pada ranking ke-2, tabel palat sel dengan nilai 0,66 pada ranking ke-3 dan besar arus charging dengan nilai 0,4 pada ranking ke-4, Berdasarkan hasil analisa dapat diketahui bahwa faktor *presentase kemurnian bahan* dan *waktu charging* memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap karakteristik mutu *cranking ampere*. Kesimpulan yang sama diperoleh dari tabel respons untuk rata-rata. Berdasarkan tabel respons, kita megetahui bahwa faktor *presentase kemurnian bahan* dan *waktu charging* memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap karakteristik mutu *cranking ampere*.

3.4. Perhitungan Efek Tiap Faktor untuk Tiap Replikasi

Langkah pertama dari perhitungan ini adalah mencari rata-rata respon dari tiap level faktor untuk tiap replikasi. Perhitungan respon untuk masing-masing level tiap faktor menggunakan persamaan yaitu sebagai berikut:

Perhitungan rata-rata respon replikasi pada faktor A:

$$\overline{A}_{|R|} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Perhitungan rata-rata respon replikasi pada faktor B:

$$\overline{B}_{|R|} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Perhitungan rata-rata respon replikasi pada faktor C:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Perhitungan rata-rata respon replikasi pada faktor D:

$$\overline{D}_{|R|} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{3}$$

Dari perhitungan dengan menggunakan persamaan diatas maka diperoleh tabel respon tiap faktor untuk tiap replikasi yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.7. Respon Tiap Faktor Untuk Tiap Replikasi

=	Kelas				
Faktor	R_1	R_2	R_3	Level	
	223,33	224,00	223,67	1	
Α	243,33	241,67	242,33	2	$\Rightarrow A_2$
	222,67	221,00	222,33	3	
	220,33	218,67	218,00	1	1
В	237,33	236,00	236,33	2	$\Rightarrow B_2$
	231,67	232,00	234,00	3	
	214,33	215,00	214,33	1	10.
С	219,67	217,67	218,67	2	70
	255,33	254,00	255,33	3	$\Rightarrow C_3$
D	225,33	224,00	224,33	1	
	230,00	230,00	229,67	2	
	234,00	232,67	234,33	3	$\Rightarrow D_3$

Dari perhitungan rata-rata respon pada replikasi tersebut kita dapat menentukan efek tiap faktor untuk tiap replikasi yaitu dengan mengurangi nilai rata-rata respon terbesar dengan nilai rata-rata respon terkecil, sehingga diperoleh hasil perhitungan pada tabel 3.8 sebagai berikut:

Dari perhitungan diatas maka diperoleh tabel efek tiap faktor untuk tiap replikasi yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.8. Efek Tiap Faktor untuk Tiap Replikasi

Faktor	R_1	R_2	R_3	Ranking
Α	20,67	20,67	20,00	2
В	17,00	17,33	18,33	3
С	41,00	39,00	41,00	1
D	8,6	8,67	10,00	4

Dari tabel efek tiap faktor untuk tiap replikasi dipilih nilai efek paling besar untuk disarankan sebagai rancangan usulan karena karakteristik mutu *cranking* ampere adalah jenis larger-the-better. Dari table 3.8 didapat rancangan usulan A_2 , B_2 , C_3 , dan D_3 .

Tabel efek tiap faktor untuk tiap replikasi memperlihatkan urutan faktor yang memiliki pengaruh terbesar hingga terkecil terhadap karakteristik mutu *cranking ampere*, yaitu persentase kemurnian bahan denagn nilai efek 41,00, waktu charging denagn nilai efek 20,67, tabel palat sel denagn nilai efek 18,33 dan besar arus charging denagn nilai efek 10,00. Berdasarkan hasil kita mengetahui bahwa faktor *presentase kemurnian bahan* dan *waktu charging* memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap karakteristik mutu *cranking ampere*.

3.5. Perhitungan Analisa Varian (ANOVA)

Dari perhitungan diatas dapat diperoleh hasil analisis varian sebagai berikut:

Tabel 3.9. Analisa Varian

Faktor	SS	Db	MS	F-ratio	SS'	(%)
Α	2.320,0741	2	1.160,0370	5.494,912	2.315,8519	17,6428
В	1.523,8519	2	7.619,259	3.609,123	1.519,6296	11,5770
С	8.867,1852	2	4.433,5926	2.100,1228	8.862,9630	67,5207
D	377,1852	2	188,5926	893,333	372,9630	2,8413
Error	38	18	21,111		548,889	0,4182
Total	13.126,2963	26	5.048,575		13.126,2963	100

Dari hasil Tabel 3.9 diatas dapat dilihat bahwa semua faktor yang dipilih memang secara signifikan mempengaruhi charging ampere. Hal ini dapat dilihat sdengan

membandingkan F-ratio dari tabel dengan menggunakan $\alpha=5\%$. Dari tabel F untuk $F_{0.05,2,18}=3.55$ angka ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan F-ratio hitung masing-masing faktor.

Rangking koefesien keragaman dari tiap faktor menunjukkan tingkat pengaruh yang sama dengan hasil-hasil perhitungan sebelumnya. Tabel 3.9 memberikan ringkasan perbandingan dari ke-empat cara perhitungan yang telah dilakukan. Sehingga dapat diperoleh tabel ranking pengaruh tiap faktor sebagai berikut:

Tabel 3.10. Rangking Pengaruh tiap Faktor

Rangking	Mean	SNR	Replikasi	ANOVA
1	С	С	С	С
2	Α	Α	А	Α
3	В	В	В	В
4	D	D	D	D

Dari tabel rangking pengaruh tiap faktor terdapat keseragaman rancangan usulan untuk karakteristik mutu cranking ampere yaitu jenis larger-the-better. Dari tabel 3.9 dapat diketahui bahwa rancangan usulan untuk eksperimen Taguchi adalah A_2 , B_2 , C_3 , dan D_3 . Tabel tersebut juga memperlihatkan urutan faktor yang memiliki pengaruh terbesar hingga terkecil terhadap karakteristik mutu cranking ampere, yaitu persentase kemurnian bahan (%) pada ranking ke-1, waktu charging (menit) pada rangking ke-2, tabel palat sel (mm) pada rangking ke-3 dan besar arus charging (A) pada rangking ke-4. Berdasarkan hasil kita mengetahui bahwa faktor presentase presentase

dengan presentase kontribusi sebesar 17,6428% memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap karakteristik mutu *cranking ampere*.

3.6. Uji Verifikasi

Setelah rancangan optimal ditentukan maka harus diketahui pula prediksi respon dari rancangan optimal tersebut. Kemudian barulah eksperimen verifikasi dilakukan untuk membandingkan hasilnya dengan prediksi respon. Jika prediksi respon dan hasil eksperimen verifikasi cukup dekat satu sama lain maka kita dapat menyimpulkan rancangan cukup memadai. Sebaliknya jika hasil eksperimen verifikasi berbeda jauh dari hasil prediksi maka dapat dikatakan rancangan belum memadai.

Untuk rancangan usulan $(A_2, B_2, C_3, dan D_3)$, besar prediksi proses adalah:

$$\begin{split} \mu_{prediksi} &= \overline{A}_2 + \overline{B}_2 + \overline{C}_3 + \overline{D}_3 - 3 \times \overline{y} \\ &= 242,44 + 236,556 + 254,889 + 233,667 - (3x229,37037) \\ &= 279,444 \end{split}$$

Setelah diketahui hasil prediksinya, eksperimen verifikasi dilakukan untuk membuktikan apakah prediksi hasil tersebut bisa tercapai. Hasil uji verifikasi diberikan pada tabel 3.11.

Tabel 3.11. Hasil Eksperimen Verifikasi

Dari perhitungan diatas diperoleh hasil eksperimen verifikasi yang disajikan pada tabel 3.11 yaitu sebagai berikut:

	Hasil
N0	Eksperimen
1	279
2	277
3	278
Rata-rata	278
Standar deviasi	0,8165

Untuk membandingkan hasil eksperimen verifikasi dengan prediksi respon,

dilakukan uji hipotesa sebagai berikut:

$$H_0: \mu = \mu_0$$

$$H_1: \mu \neq \mu_0$$

Dimana:

$$H_0: \mu = \mu_{verifikasi}$$

$$H_0: \mu_0 = \mu_{prediksi} = 279,4444$$

Syarat penolakan H_0 adalah $\left|t_{hit}\right| > t_{\frac{\alpha}{2},db}$

$$t_{hit} = \left| \frac{\overline{y} - \mu_0}{s / \sqrt{n}} \right|$$

$$t_{hit} = \frac{278 - 279,4444}{0,8165/\sqrt{3}}$$

$$\left|t_{hit}\right| = 3.064$$

Untuk
$$\alpha = 5\%$$
, dan $db = 3-1=2$

$$t_{0.025,2} = 4,303$$

$$\left|3.064\right| < t_{\frac{\alpha}{2},db} \; \left(\, t_{hit} < t_{tabel} \, \right)$$

Dari hasil uji hipotesis diatas menunjukkan bahwa hasil eksperimen menerima H_0 dimana diketahui bahwa prediksi respon dan hasil verifikasi tidak berbeda nyata.

3.7 Analisis Taguchi Loss Function

Pada data penelitian diperoleh nilai target untuk cranking ampere 278 CA ±98% kemurnian bahan. Jika Harga aki 12V 100Ah, sekitar 1 juta, atau penurunan nilai aki sekitar Rp 42,000/bulan maka hasil analisa Taguchi loss functionnya adalah sebabai berikut:

Untuk menentukan keruguan (loss) harus dicari nilai MSD sebelum dan sesudah eksperimen terlebih dahulu. Karena pada eksperimen dilakukan replikasi sebanyak tiga kali maka diperoleh analisis Taguchi loss Function dengan nilai MSD pada replikasi pertama sampai ke tiga sebelum Ekperimen dengan menggunakan persamaan berikut:

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{(y_i - y_0)^2}$$

Dengan menggunakan persamaan diatas diperoleh nilai MSD sebelum eksperimen pada replikasi pertama yaitu $2,225\times10^{-5}$, pada replikasi ke dua $2,251\times10^{-5}$ pada replikasi ke tiga $2,143\times10^{-5}$ dan nilai MSD setelah eksperimen yaitu $5,297\times10^{-6}$

Konstanta k diperoleh dari perhitungan antara biaya produksi yaitu sebagai berikut:

$$1.000.000 = k(0.98)^2$$

$$k = \frac{1.000.000}{(0.98)^2}$$

$$=\frac{1.000.000}{0.9604}$$

=1.041.232,82

Dari analisis MSD dan konstanta *k* diatas diperoleh perhitungan kerugian selama produksi yaitu sebagai berikut:

$$L(Y) = k(MSD)$$

Kerugian pada replikasi pertama Sebelum eksperimen:

$$L(Y) = 1.041.232,82(MSD)$$

$$= 1.041.232,82 \times 2,225.10^{-5}$$

$$= 23,16945 \approx 23 \text{ (dalam Rupiah)}$$

Kerugian pada replikasi kedua Sebelum eksperimen:

$$L(Y) = 1.041.232,82(MSD)$$

$$=1.041.232,82\times2,251.10^{-5}$$

$$= 23,43815 \approx 23$$
 (dalam Rupiah)

Kerugian pada replikasi ketiga Sebelum eksperimen:

$$L(Y) = 1.041.232,82(MSD)$$

```
= 1.041.232,82 \times 2,143.10^{-5}
```

 $= 22,31361 \approx 22 \text{ (dalam Rupiah)}$

Nilai keruguan setelah eksperimen:

$$L(Y) = 1.041.232,82(MSD)$$

 $=1.041.232,82\times5,297.10^{-6}$

= $5,51541 \approx 5,5$ (dalam Rupiah)

Dari hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa kerugian perusahaan sebelum eksperimen yaitu Rp 22,- sampai Rp 23,- per unit dan setelah dilakukan eksperimen mencapai Rp 5,5,-. Dari proses Taguchi Loss Function tersebut produksi yang dilakukan perusahaan dalam memperbaiki kualitas suatu produk. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa denagan menggunakan metode Taguchi Loss Function kerugian biaya produksi dapat diminimalkan dari Rp 22,- menjadi Rp 5,5,-. Atau dengan kata lain metode Taguchi Loss Function cukup memadai sebagai alatuntuk memperbaiki kualitas dan menurunkan kerugian biaya produksi.

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan data dan analisa data penelitian maka hal pertama yang harus dilakukan dalam desain eksperimen Taguchi dalam mengoptimasi karakteristik mutu produk adalah:

- 1) menentukan desain ortogonal Array.
- 2) mencari nilai rata-rata NSR dan nilai efek dari tiap factor.
- 3) Melakukan Analysis of Varians (ANOVA)
- 4) uji verifikasi data.
- 5) Analisis Taguchi Loss Function

Dari Analisis Metode desain eksperimen Taguchi tersebut dapat disimpulkan bahwa metode tersebut dapat memperbaiki kualitas dalam mengoptimasi karakteristik mutu dan dengan menggunakan metode Taguchi Loss Function pada metode desain Eksperimen Taguchi dapat meminimalkan biaya produksi. Atau dengan kata lain metode Taguchi Loss Function cukup memadai sebagai alat untuk memperbaiki kualitas produk aki dan menurunkan atau meminimalkan biaya produksi.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas maka dapat diajukan dua saran yaitu :

- Diharapkan hasil penelitian ini dapat diaplikasikan untuk mengoptimasi karakteristik mutu suatu produk di bidang teknik industri pada khususnya.
- 2) Bagi para peneliti lain yang tertarik pada permasalahan yang sama yaitu desain ekperimen Taguchi diharapkan untuk dapat meneliti lebih lanjut faktor–faktor yang mempengaruhi karakteristik mutu produk dengan menggunakan jenis karakteristik untuk rancangan usulan *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk *smaller the better* (s.t.b) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk *nominal the better* (n.t.b) dengan tiga level orthogonal Array (OA) L18 dan L27.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdusysyakir. 2007. Ketika Kiai Mengajar Matematika. Malang: UIN Malang Press.
- Al-Jauziah, Ibn Qayyim. *Memetik manfaat Al-Qur'an*. Jakarta: Cendekia Centra Muslim.
- Ghaffar, M Abdul. 2007. Tafsir Ibnu Katsir. Jakarta: Pustaka Imam Syafi'i.
- Ishak, Aulia. 2002. Rekayasa Kualitas. Universitas Sumatra Utara, 2: 1-24.
- Mussabikah dan Putro, Sartono. 2002. Variansi Komposisis Bahan Genteng Soka Untuk Mendapatkan Daya Serap Air yang Optimal. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Vol.8: 59-64.
- Roy, Ranjit K. 1990. A Primer on The Taguchy Method. New York: Van Nostrand Reinhold
- Sami'un Jazuli, Ahzami. 2005. *Menjelajah Kehidupan dalam Al-Qur'an*. Jakarta: Al-'Itishom Cahaya Umat.
- Steel, Robert G.D, and Torry, James H. 1989. Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik. Jakarta: Gramedia.
- Sudjana. 2005. Metoda Statistika. Bandung: Tarsito.
- Vandenbrande, Willy. 2005. *Perbaikan Kualitas Pada Perancangan*. Bandung: ITB Bandung.
- Wahjudi, Didik. 2001. *Optimasi Charging Ampere Aki di P.T.* "X". (Online): (http://www.puslit.petra.ac.id. Diakses tanggal 15 Juli 2009).
- Wahjudi, Didik dan Pramono, Yohan. 2001. *Optimasi Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi*. (Online): (http://www.puslit.petra.ac.id. Diakses tanggal 15 Juli 2009).
- Walpole, Ronald E. 1990. Pengantar Statistika. Jakarta: Gramedia.
- Wibisono, Yusuf. 2005. Metode Statistik. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Lampiran 1:

Hasil Analisis dengan Menggunakan Minitab 14

Tabel 1.1 Ortogonal Array

Taguchi Design

Taguchi Orthogonal Array Design

L9(3**4)

Factors: 4

Columns of L9(3**4) Array

1234

Tabel 1.2 Tabel Efek Rata-rata

Response Table for Means

		tebal		besar
	waktu	plat	persentase	arus
	charging	sel	kemurnian	charging
Level	(menit)	(mm)	bahan (%)	(A)
1	223,7	219,0	214,6	224,6
2	242,4	236,6	218,7	229,9
3	222,0	232,6	254,9	233,7
Delta	20,4	17,6	40,3	9,1
Rank	2	3	1	4

Tabel 1.3. Tabel Efek SNR

Response Table for Signal to Noise Ratios Larger is better

		tebal		besar
	waktu	plat	persentase	arus
	charging	sel	kemurnian	charging
Level	(menit)	(mm)	bahan (%)	(A)
1	46,93	46,78	46,61	46,94
2	47,66	47,44	46,79	47,23
3	46,91	47,30	48,11	47,35
Delta	0,75	0,66	1,50	0,41
Rank	2	3	1	4

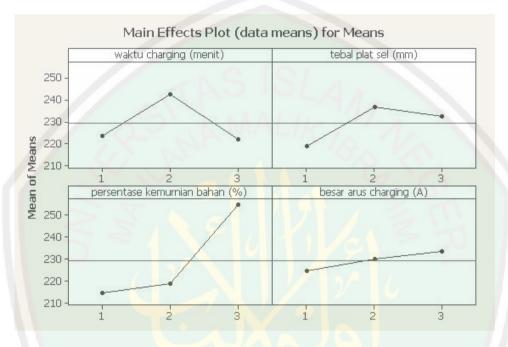
Tabel 1.4. Tabel Analis Varian (ANOVA)

Analysis of Variance for SN rat	ios				
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F P
waktu charging (menit)	2	2,320.0741	2,315.8519	1,160.0370	549.4912 0.176428
tebal plat sel (mm)	2	1,523.8519	1,519.6269	761.9259	360.9123 0.115770
persentase kemurnian bahan (%)	2	8,867.1852	8,862.9630	4,433.5926	2,100.1228 0.675207
besar arus charging (A)	2	377.1852	372.9630	188.5926	89.3333 0.028413
Residual Error	18	38	54.8889	2.1111	
Total	26	13,126.2963	13,126.2963	504.8575	

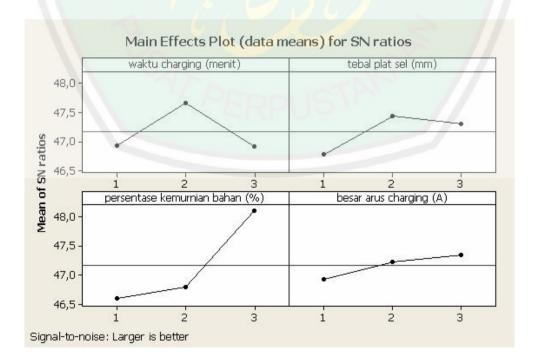


Lampiran 2:

2.1. Gambar Grafik efek untuk rata-rata



2.2. Gambar Grafik efek untuk SNR



Lampiran 3:

Analisis Perhitungan pada data penelitian:

3.1. Perhitungan rata-rata dari data ke-1 sampai data ke-9:

1.
$$\bar{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{n}$$

$$= \frac{194 + 195 + 192}{3}$$

$$= 193,67$$

2.
$$\bar{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{n}$$

$$= \frac{221 + 221 + 220}{3}$$

$$= 220,67$$

3.
$$\bar{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{n}$$

$$= \frac{255 + 256 + 259}{3}$$

$$= 256,67$$

4,
$$\overline{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{n}$$

$$= \frac{228 + 224 + 225}{3}$$

$$= 225,67$$

5.
$$\overline{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{n}$$

$$= \frac{272 + 269 + 270}{3}$$

$$= 270,33$$

6.
$$\overline{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{n}$$

$$= \frac{230 + 232 + 232}{3}$$

$$= 231,33$$

7.
$$\overline{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{n}$$

$$= \frac{239 + 237 + 237}{3}$$

$$= 237,67$$

$$= 237,67$$
8. $\bar{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{n}$

$$= \frac{219 + 218 + 219}{3}$$

$$= 218,67$$

9.
$$\overline{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{3} y_i}{n}$$

$$= \frac{210 + 208 + 211}{3}$$

$$= 209,67$$

3.2. Perhitungan SNR dari data ke-1 sampai data ke-9:

1.
$$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$$

= $-10\log(\frac{1}{3}x(\frac{1}{194^2} + \frac{1}{195^2} + \frac{1}{192^2}))$
= 45.741

2.
$$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$$

= $-10\log(\frac{1}{3}x(\frac{1}{221^2} + \frac{1}{221^2} + \frac{1}{220^2}))$
= $46,875$

3.
$$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$$

= $-10\log(\frac{1}{3}x(\frac{1}{255^2} + \frac{1}{226^2} + \frac{1}{259^2}))$
= $48,187$

4.
$$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$$

= $-10\log(\frac{1}{3}x(\frac{1}{228^2} + \frac{1}{224^2} + \frac{1}{255^2}))$
= $47,069$

5.
$$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$$

= $-10\log(\frac{1}{3}x(\frac{1}{272^2} + \frac{1}{269^2} + \frac{1}{270^2}))$
= $48,638$

6.
$$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$$

= $-10\log(\frac{1}{3}x(\frac{1}{230^2} + \frac{1}{232^2} + \frac{1}{232^2}))$
= $47,285$

7.
$$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$$

= $-10\log(\frac{1}{3}x(\frac{1}{239^2} + \frac{1}{237^2} + \frac{1}{237^2}))$
= $47,519$

8.
$$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$$

= $-10\log(\frac{1}{3}x(\frac{1}{219^2} + \frac{1}{218^2} + \frac{1}{219^2}))$
= $46,796$

9.
$$SNR_{Exp} = -10\log(\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{y_i^2})$$

= $-10\log(\frac{1}{3}x(\frac{1}{210^2} + \frac{1}{208^2} + \frac{1}{211^2}))$
= $46,430$

Perhitungan rata-rata respon dari tiap faktor-faktor tersebut yaitu sebagai berkut:

$$\overline{A}_1 = \frac{193,67 + 220,67 + 256,67}{3}$$

$$= 223,67$$

$$\overline{A}_2 = \frac{225,67 + 270,33 + 231,33}{3}$$

$$\overline{A}_3 = \frac{237,67 + 218,67 + 209,67}{3}$$

$$= 222,00$$

$$\overline{B}_1 = \frac{193,67 + 225,67 + 237,67}{3}$$

$$=219,00$$

$$\overline{B}_2 = \frac{220,67 + 270,33 + 218,67}{3}$$

$$= 223,56$$

$$\overline{B}_3 = \frac{256,67 + 231,33 + 209,67}{3}$$

$$= 223,56$$

$$\overline{C}_1 = \frac{193,67 + 231,33 + 218,67}{3}$$

$$\overline{C}_2 = \frac{220,67 + 225,67 + 209,67}{3}$$

$$= 218,67$$

$$\overline{C}_3 = \frac{256,67 + 270,33 + 237,67}{3}$$

$$= 254,89$$

$$\overline{D}_{1} = \frac{193,67 + 270,33 + 209,67}{3}$$

$$= 224,56$$

$$\overline{D}_{2} = \frac{220,67 + 231,33 + 237,67}{3}$$

$$= 229,89$$

$$\overline{D}_{3} = \frac{256,67 + 225,67 + 218,67}{3}$$

= 233,67

3.3. Perhitungan nilai efek pada tiap-tiap faktor:

Efek Faktor A = rata-rata respons terbesar – rata-rata respons terkecil

$$= 242,444 - 222,00$$

$$= 20,44$$

Efek Faktor B= rata-rata respons terbesar – rata-rata respons terkecil

$$= 236,56 - 219,00$$

$$= 17.56$$

Efek Faktor C = rata-rata respons terbesar – rata-rata respons terkecil

$$= 254.89 - 214.56$$

$$=40,33$$

Efek Faktor D = rata-rata respons terbesar – rata-rata respons terkecil

$$= 9,11$$

Perhitungan rata-rata SNR pada tiap faktor:

$$\overline{A}_1 = \frac{45,741 + 46,875 + 48,187}{3}$$

$$=46,93$$

$$\overline{A}_2 = \frac{47,069 + 48,638 + 47,285}{3}$$

$$=47,66$$

$$\overline{A}_3 = \frac{47,519 + 46,796 + 46,430}{3}$$

$$\overline{B}_1 = \frac{45,751 + 47,069 + 47,519}{3}$$

$$=47,78$$

$$\overline{B}_2 = \frac{46,875 + 48,638 + 46,796}{3}$$

$$=47,44$$

$$\overline{B}_3 = \frac{48,187 + 47,285 + 46,430}{3}$$

$$=47,30$$

$$\overline{C}_1 = \frac{45,741 + 47,285 + 46,796}{3}$$

$$= 46,61$$

$$\overline{C}_2 = \frac{46,875 + 47,069 + 46,430}{3}$$

$$= 46,79$$

$$\overline{C}_3 = \frac{24,187 + 48,638 + 47,519}{3}$$

$$= 48,11$$

$$\overline{D}_1 = \frac{45,471 + 48,638 + 46,430}{3}$$

$$= 46,94$$

$$\overline{D}_2 = \frac{46,875 + 47,285 + 47,519}{3}$$

$$= 47,23$$

$$\overline{D}_3 = \frac{48,178 + 47,069 + 46,796}{3}$$

=47.35

3.4. Perhitungan nilai efek SNR pada tiap faktor:

Efek SNR untuk Faktor A = rata-rata respons terbesar – rata-rata respons terkecil

$$=47,66-46,93$$

$$=0,75$$

Efek SNR untuk Faktor B = rata-rata respons terbesar – rata-rata respons terkecil

$$=47,44-46,78$$

= 0.66

Efek SNR untuk Faktor C = rata-rata respons terbesar – rata-rata respons terkecil

$$= 48,11 - 46,61$$

 $= 1,50$

3.4. Perhitungan rata-rata respon tiap replikasi pada tiap faktor:

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor A pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{A}_{|R|} = \frac{(194 + 221 + 255)}{3}$$
$$= 223,33$$

Rata-rata respon untuk level 2 dari faktor A pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{A}_{|R|} = \frac{(228 + 272 + 230)}{3}$$
$$= 243,33$$

Rata-rata respon untuk level 3 dari faktor A pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{A}_{|R|} = \frac{(239 + 219 + 210)}{3}$$

$$= 222,67$$

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor A pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{A}_{|R|} = \frac{(195 + 221 + 256)}{3}$$

$$= 224,00$$



Rata-rata repon untuk level 2 dari faktor A pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{A}_{|R|} = \frac{(224 + 269 + 232)}{3}$$

$$= 241,67$$

Rata-rata repon untuk level 3 dari faktor A pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{A}_{|R|} = \frac{(237 + 218 + 208)}{3}$$
$$= 221.00$$

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor A pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{A}_{|R|} = \frac{(192 + 220 + 256)}{3}$$
$$= 223,67$$

Rata-rata repon untuk level 2 dari faktor A pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{A}_{|R|} = \frac{(225 + 270 + 232)}{3}$$

$$= 242,33$$

Rata-rata repon untuk level 3 dari faktor A pada replikasi 3 adalah

$$\overline{A}_{|R|} = \frac{(237 + 219 + 211)}{3}$$

$$= 222,33$$

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor B pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{B}_{|R|} = \frac{(194 + 228 + 239)}{3}$$
$$= 220,33$$

Rata-rata repon untuk level 2 dari faktor B pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{B}_{|R|} = \frac{(221 + 272 + 219)}{3}$$
$$= 237,33$$

Rata-rata repon untuk level 3 dari faktor A pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{B}_{|R|} = \frac{(225 + 230 + 210)}{3}$$

$$= 231,67$$

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor B pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{B}_{|R|} = \frac{(195 + 224 + 237)}{3}$$
$$= 218,67$$

Rata-rata respon untuk level 2 dari faktor B pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{B}_{|R|} = \frac{(221 + 269 + 218)}{3}$$
$$= 236,00$$

Rata-rata respon untuk level 3 dari faktor A pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{B}_{|R|} = \frac{(256 + 232 + 208)}{3}$$
$$= 232,00$$

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor B pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{B}_{|R|} = \frac{(192 + 225 + 237)}{3}$$
$$= 218,00$$

Rata-rata respon untuk level 2 dari faktor B pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{B}_{|R|} = \frac{(220 + 270 + 219)}{3}$$

$$= 236,33$$

Rata-rata respon untuk level 3 dari faktor A pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{B}_{|R|} = \frac{(259 + 232 + 221)}{3}$$
$$= 234,00$$

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor C pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{(194 + 230 + 219)}{3}$$
$$= 214.33$$

Rata-rata respon untuk level 2 dari faktor C pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{(221 + 228 + 210)}{3}$$
$$= 219,67$$

Rata-rata respon untuk level 3 dari faktor C pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{(255 + 272 + 239)}{3}$$

$$= 255,33$$

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor C pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{(195 + 232 + 218)}{3}$$
$$= 215.00$$

Rata-rata respon untuk level 2 dari faktor C pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{(221 + 224 + 208)}{3}$$
= 217,67

Rata-rata respon untuk level 3 dari faktor C pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{(256 + 269 + 237)}{3}$$
$$= 254.00$$

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor C pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{(192 + 232 + 219)}{3}$$

$$= 214,33$$

Rata-rata respon untuk level 2 dari faktor C pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{(220 + 225 + 211)}{3}$$
$$= 218,67$$

Rata-rata respon untuk level 3 dari faktor C pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{(259 + 270 + 237)}{3}$$

$$= 255,33$$

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor D pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{D}_{|R|} = \frac{(194 + 272 + 210)}{3}$$
$$= 255,33$$

Rata-rata respon untuk level 2 dari faktor D pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{D}_{|R|} = \frac{(221 + 230 + 239)}{3}$$
$$= 230,00$$

Rata-rata respon untuk level 3 dari faktor D pada replikasi 1 adalah:

$$\overline{C}_{|R|} = \frac{(255 + 228 + 219)}{3}$$
$$= 234,00$$

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor D pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{D}_{|R|} = \frac{(195 + 269 + 208)}{3}$$
$$= 224.00$$

Rata-rata respon untuk level 2 dari faktor D pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{D}_{|R|} = \frac{(221 + 232 + 237)}{3}$$

$$= 230,00$$

Rata-rata respon untuk level 3 dari faktor D pada replikasi 2 adalah:

$$\overline{D}_{|R|} = \frac{(256 + 224 + 218)}{3}$$
= 232,67

Rata-rata respon untuk level 1 dari faktor D pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{D}_{|R|} = \frac{(192 + 270 + 211)}{3}$$
$$= 224,33$$

Rata-rata respon untuk level 2 dari faktor D pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{D}_{|R|} = \frac{(220 + 232 + 237)}{3}$$
$$= 229,67$$

Rata-rata respon untuk level 3 dari faktor D pada replikasi 3 adalah:

$$\overline{D}_{|R|} = \frac{(259 + 225 + 219)}{3}$$
$$= 234,33$$

3.5. Perhitungan efek pada tiap factor:

Efek faktor A pada replikasi ke-1:

$$A(R_1)$$
 = nilai rata-rata respon terbesar – nilai rata-rata respon terkecil
= 243,33 – 222,67
= 20,67

Efek faktor A pada replikasi ke-2:

$$A(R_2)$$
 = nilai rata-rata respon terbesar – nilai rata-rata respon terkecil = $241,67 - 221,00$ = $20,67$

Efek faktor A pada replikasi ke-3:

$$A(R_3)$$
 = nilai rata-rata respon terbesar – nilai rata-rata respon terkecil
= $242,33 - 222,33$
= $20,00$

Efek faktor B pada replikasi ke-1:

$$B(R_1)$$
 = nilai rata-rata respon terbesar – nilai rata-rata respon terkecil

$$= 237,33 - 231,67$$

$$= 17.00$$

Efek faktor B pada replikasi ke-2:

 $B(R_2)$ = nilai rata-rata respon terbesar – nilai rata-rata respon terkecil

$$= 236,00 - 218,67$$

$$= 17,33$$

Efek faktor B pada replikasi ke-3:

 $B(R_3)$ = nilai rata-rata respon terbesar – nilai rata-rata respon terkecil

$$= 236,33 - 218,00$$

$$= 18,33$$

Efek faktor C pada replikasi ke-1:

 $C(R_1)$ = nilai rata-rata respon terbesar – nilai rata-rata respon terkecil

$$= 255,33 - 214,33$$

$$=41,00$$

Efek faktor C pada replikasi ke-2:

 $C(R_2)$ = nilai rata-rata respon terbesar – nilai rata-rata respon terkecil

$$= 254,00 - 215,00$$

$$= 39,00$$

Efek faktor C pada replikasi ke-3:

$$C(R_3)$$
 = nilai rata-rata respon terbesar – nilai rata-rata respon terkecil = $255,33 - 214,33$ = $41,00$

3.6. Perhitungan besar koefesien keragaman (ρ) yaitu sebagai berikut:

$$\rho = (SS'/SS_T)x100\%$$

$$\rho A = \frac{2.315,8519}{13.126,2963}x100\%$$

$$\rho B = \frac{1.519,6296}{13,126,2963} x 100\%$$

$$\rho C = \frac{8.862,9630}{13.126,2963} \times 100\%$$

$$\rho D = \frac{372,9630}{13.126,2963} x100\%$$

3.7. Perhitungan nilai MSD sebelum dan sesudah eksperimen:

$$MSD = \frac{1}{9} \times \left[\frac{1}{(194 - 221)^2 + (221 - 221)^2 + ... + (210 - 221)^2} \right]$$

$$= \frac{1}{9} \times \left[\frac{1}{4992} \right]$$
$$= \frac{1}{44928}$$
$$= 2,225 \times 10^{-5}$$

Nilai MSD pada replikasi kedua sebelum Ekperimen:

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{y_i^2}$$

$$MSD = \frac{1}{9} \times \left[\frac{1}{(195 - 221)^2 + (221 - 221)^2 + ... + (208 - 221)^2} \right]$$

$$= \frac{1}{9} \times \left[\frac{1}{4934} \right]$$
$$= \frac{1}{44406}$$
$$= 2,251 \times 10^{-5}$$

Nilai MSD pada replikasi ketiga sebelum Ekperimen:

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{y_i^2}$$

$$MSD = \frac{1}{9} \times \left[\frac{1}{(192 - 221)^2 + (220 - 221)^2 + ... + (211 - 221)^2} \right]$$

$$= \frac{1}{9} \times \left[\frac{1}{5184} \right]$$
$$= \frac{1}{46656}$$
$$= 2,143 \times 10^{-5}$$

Nilai MSD setelah eksperimen:

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{y_i^2}$$

$$MSD = \frac{1}{9} \times \left[\frac{1}{(193,67 - 278)^2 + (220 - 278)^2 + ... + (209 - 278)^2} \right]$$

$$= \frac{1}{9} \times \left[\frac{1}{20975,1512} \right]$$
$$= \frac{1}{188776,3608}$$
$$= 5,297 \times 10^{-6}$$

DEPARTEMEN AGAMA RI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341)551345Fax. (0341)572533

BUKTI KONSULTASI

Nama : Nana Fitria NIM : 05510002

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika

Judul skripsi : Analisis Metode Desain Eksperimen Taguchi dalam

Optimasi Karakteristik Mutu

Pembimbing I : Sri Harini, M.Si Pembimbing II : Abdul Aziz, M.Si

No	Tanggal	Hal yang	Tanda Tangan	
		Dikonsultasikan		
1	18 Januari <mark>2009</mark>	Konsultasi judul	1.	
2	16 Juli 2009	Konsultasi Bab I & II		2.
3	20 Juli 2009	Konsultasi Bab I & II	3.	
4	29 Juli 2009	Konsultasi Bab I, II & III		4.
5	31 Juli 2009	Konsultasi Keagamaan	5.	
6	11 Agustus 2009	Konsultasi Bab I, II & III		6.
7	24 Agustus 2009	Konsultasi Keagamaan	7.	
8	25 Agustus 2009	Konsultasi Bab II & III		8.
9	1 September 2009	Konsultasi Bab II & III	9.	
10	13 September 2009	Konsultasi Bab II & III		10.
11	14 September 2009	Konsultasi Bab II & III	11.	
12	5 Oktober 2009	Konsultasi (Bab III & IV)		12.
13	6 Oktober 2009	Konsultasi III & IV	13.	
14	6 Oktober 2009	Konsultasi Kagamaan		14.
15	12 Oktober 2009	Konsultasi Keseluruhan	15.	
16	14 Oktober 2009	Revisi Keagamaan		16.
17	14 Oktober 2009	ACC Keseluruhan	17.	

Malang, 14 Oktober 2009 Mengetahui,

