

**PENGARUH PENGGUNAAN SERAT *AGAVE CANTULA ROXB*  
TERHADAP KUAT DESAK GYPSUM INTERIOR  
MENGUNAKAN EKSPERIMEN TAGUCHI**

Skripsi



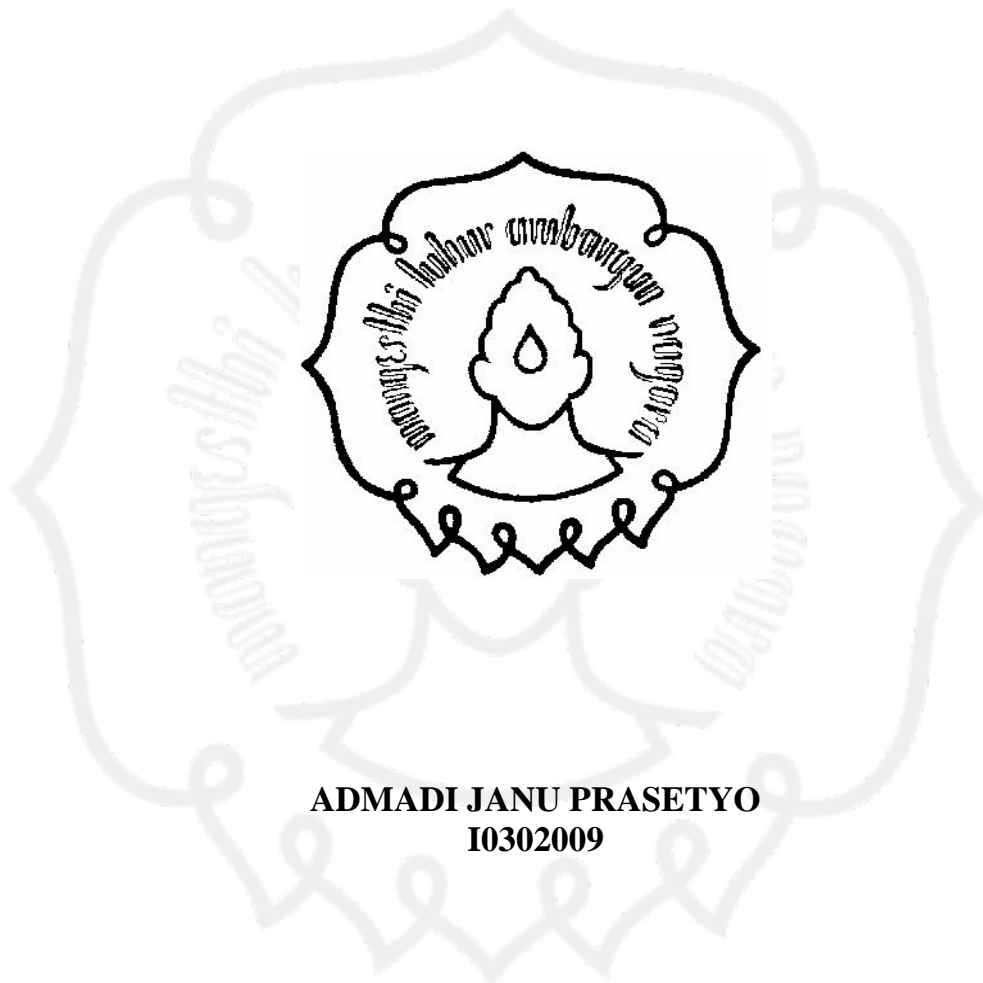
**ADMADI JANU PRASETYO  
I0302009**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2007**

**PENGARUH PENGGUNAAN SERAT *AGAVE CANTULA ROXB*  
TERHADAP KUAT DESAK GYPSUM INTERIOR  
MENGUNAKAN EKSPERIMEN TAGUCHI**

**Skripsi**

Sebagai Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**ADMADI JANU PRASETYO  
I0302009**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2007**

## ABSTRAK

**Admadi Janu Prasetyo, NIM : I 0302009. PENGARUH PENGGUNAAN SERAT AGAVE CANTULA ROXB TERHADAP KUAT DESAK GYPSUM INTERIOR MENGGUNAKAN EKSPERIMEN TAGUCHI. Skripsi. Surakarta : Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Januari 2007.**

Gypsum interior adalah produk gypsum yang digunakan dalam seni dekorasi untuk memberi nilai artistik sehingga sebuah rumah dapat tampak lebih menarik. Pada proses pembuatan gypsum interior ditambahkan bahan berupa serat penguat, yaitu serat rowing yang merupakan salah satu jenis serat buatan (*anorganik fiber*). Penggunaan serat penguat ini untuk memperkuat gypsum interior dari cacat patah ataupun retak saat proses produksi, dalam hal ini terjadi saat pelepasan cetakan dan juga saat pemasangan. Kondisi tersebut dapat diminimalkan, antara lain dengan cara meningkatkan kualitas kuat desak produk gypsum interior. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya (Dani Instika, *Penentuan Setting Optimal Dengan Menggunakan Metode Taguchi Dalam Proses Produksi Gypsum Interior Berdasarkan Pengujian Kuat Desak (Studi kasus pada UD. Mahkota Solo)*, 2005), didapatkan hasil bahwa serat rowing sebagai serat penguat tidak berpengaruh terhadap kuat desak gypsum interior.

Upaya pemanfaatan bahan alternatif sebagai serat penguat mendorong peneliti untuk mencoba menggunakan bahan penguat alternatif pengganti serat rowing. Bahan tersebut adalah serat alam (*natural fiber*) berupa serat *Agave Cantula Roxb*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* terhadap kekuatan desak gypsum interior yang dikombinasikan dengan faktor-faktor lainnya serta menentukan *setting level* optimal terhadap kekuatan desak gypsum interior menggunakan eksperimen Taguchi. Terdapat lima faktor terkendali yang diteliti yaitu fraksi volume serat, fraksi berat semen putih, merk gypsum, dan air dengan masing-masing faktor terdiri dari tiga level.

Berdasarkan pengolahan data diperoleh hasil penelitian yaitu, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas kuat desak gypsum interior pada kondisi optimal adalah fraksi volume serat dan air. *Setting level* optimal kualitas kuat desak gypsum interior adalah fraksi volume serat 0% dan komposisi air dengan matrik yaitu 6:10. Penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* memberikan peningkatan kuat desak dari kondisi aktual pada 2,5% fraksi volume serat. *Quality loss function* untuk perusahaan dan konsumen setelah *setting level* optimal lebih rendah dibandingkan dengan kondisi aktual. Penurunan fungsi kerugian untuk perusahaan sebesar Rp 181,12 dan penurunan fungsi kerugian untuk konsumen sebesar Rp 2102,19.

**Kata kunci:** serat agave cantula roxb, kuat desak, gypsum interior, metode taguchi, setting optimal

xxi + 84 halaman; 36 tabel; 24 gambar; 4 lampiran; Daftar Pustaka: 29 (1978-2007)

**ABSTRACT**

***Admadi Janu Prasetyo, NIM : I 0302009. THE INFLUENCE OF AGAVE CANTULA ROXB FIBRE USAGE TO THE INTERIOR GYPSUM COMPRESSIVE STRENGTH USING TAGUCHI EXPERIMENT. Thesis. Surakarta : Industrial Engineering Faculty of Engineering, Sebelas Maret University, January 2007.***

*Interior gypsum is gypsum product which is used in frieze art to give artistic value with the result that a house can be seen more interesting. On the manufacture process of interior gypsum, gypsum was added with an inorganic material in the form of lasing fibre, which is known as rowing fibre. Usage of this lasing fibre was to strengthen interior gypsum from fissure and fracture defects during production process, occasionally occurred at the moment of releasing printing mould as well as installation moment. These conditions can be minimized with several methods, among others by improving the compressive strength quality of the interior gypsum product. According to the previous study ( Dani Instika, DETERMINING OF OPTIMUM SETTING USING TAGUCHI METHODS IN THE PRODUCTION PROCESS OF INTERIOR GYPSUM BASED ON THE EXAMINATION OF COMPRESSIVE STRENGTH (A CASE STUDY AT UD. MAHKOTA SOLO), the obtained result was rowing fibre function as lasing fibre didn't have an effect on the compressive strength of interior gypsum.*

*Effort on exploiting other alternative materials as lasing fibre encourages the researcher to try using an alternative material as substitution of rowing fibre. This material is natural fibre in the form of Agave Cantula Roxb fibre. The aim of this research is to find out the influence of Agave Cantula Roxb fibre usage to the compressive strength of interior gypsum.*

*According to the data processing, the result obtained from this research is, the factors which have an effect to compressive strength quality on interior gypsum at optimal condition are water and fibre volume fraction. Optimum setting level of compressive strength quality on interior gypsum is obtained when fibre volume fraction is 0% and water with matrix composition is 6:10. Usage of Agave Cantula Roxb fibre gives improvement on compressive strength from actual condition at 2,5% fibre volume fraction. Quality loss function for the company and consumer after optimum setting level lower compared to the actual condition. Reduction of loss function for company equal to Rp 181,12 and reduction of loss function for consumer equal to Rp 2102,19.*

**Keywords:** *agave cantula roxb fibre, compressive strength, interior gypsum, taguchi experiment, optimum setting level*

*xxi + 84 pages; 36 tables; 24 pictures; 4 appendixes; bibliography: 29 (1978-2007)*

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur yang khidmad kehadirat Allah SWT. Karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya jualah penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini. Penyelesaian penulisan laporan skripsi ini tidak terlepas dari dorongan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang dalam kepada:

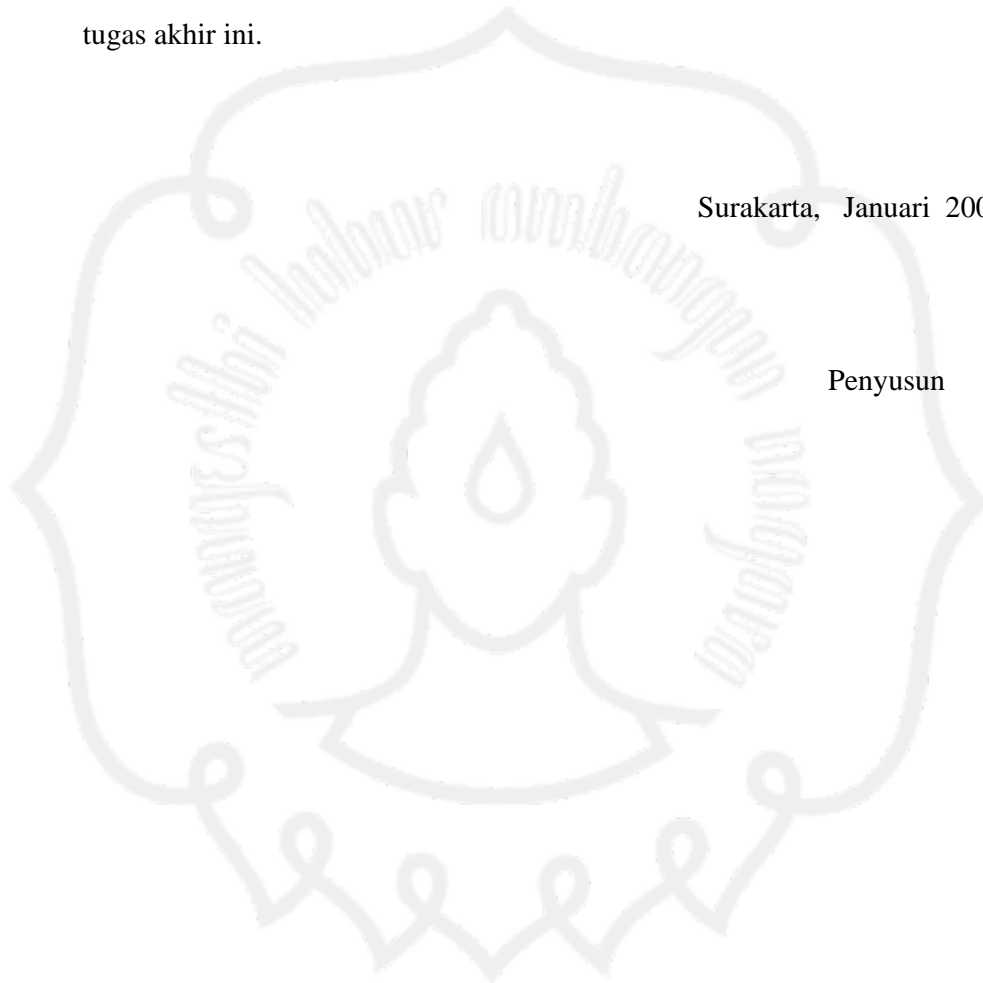
1. *Kedua orang tua tercinta*, Bapak dan Ibu, terima kasih untuk semua dukungan, kesabaran dan nasehat. Juga untuk kedua adikku yang manis dan lucu terima kasih untuk segala keceriaan yang kalian berdua berikan dalam hidupku.
2. Bapak Basir Erwanto, selaku pemilik UD. Mahkota Solo, terima kasih atas kesempatan yang diberikan untuk eksperimen tugas akhir kami.
3. Bapak Agus atas kesediaannya membantu dalam bereksperimen.
4. Pak Suyoko dan Pak Pardi, selaku operator pengujian kuat desak, terima kasih bantuannya selama ini.
5. Bapak I Wayan Suletra, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret.
6. Bapak Ir. Lobes Herdiman, MT dan Bapak Eko Pujiyanto, Ssi, MT selaku dosen pembimbing yang sangat membantu dalam penelitian serta pembuatan tugas akhir ini.
7. Ibu Retno Wulan Damayanti, ST, MT dan Ibu Azizah Aisyati, ST, MT selaku dosen penguji atas semua kritik dan saran bagi perbaikan tugas akhir ini.
8. Buat konco-konco spesialku TI 2002 yang super crazy, saya absen satu-satu: Hendra “JAMBRONG” Permana (CM-an teruuus...hey ingat sudah tua cepet kerjain TAny BRO!!!), Ian “KASOLO” (jangan kebanyakan ngeliat..., ntar viktor), Riyantono “MOMON” (futsal2 !!!), Febi “FYS” (makasih buat suplai film2nya, ojo molor wae !!!), Triyono “GEMBUL” (finally we are graduated, thanx buat diskusi TA and segalanya!), Yoga “ABIEZ” Permana (Keep on Nggitar !!!), Akung (makasih kameranya...), Keekee (met kerja, semoga kerasan disana), Illa “COCO” (I hope the best for you, tambah cantik yaa, jangan manja, makasih sudah bikin aku senyum, ngambek, kesel, tapi

akhirnya aku senyum lagi), Yanti, Muji, Ika T, Erna (touring yuuk!!), Amitya (makasih laptopnya...kembali ke...????)

9. Buat seluruh teman-teman Teknik Industri angkatan 2002 terima kasih persahabatan kalian selama ini, .....kisah manis untuk masa depan.
10. Mbak Yayuk, mbak Rina, dan Pak Agus, terima kasih untuk segala bantuan selama kuliah di TI.
11. Seluruh rekan dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan tugas akhir ini.

Surakarta, Januari 2007

Penyusun



## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>		iv
<b>ABSTRACT</b>		v
<b>KATA PENGANTAR</b>		vi
<b>DAFTAR ISI</b>		viii
<b>DAFTAR TABEL</b>		xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b>		xiii
<b>DAFTAR ISTILAH</b>		xiv
<b>BAB I</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	<b>Hal</b>
	1.1 Latar belakang Masalah .....	I-1
	1.2 Perumusan Masalah .....	I-3
	1.3 Tujuan Penelitian .....	I-3
	1.4 Manfaat Penelitian .....	I-3
	1.5 Batasan Masalah .....	I-3
	1.6 Asumsi .....	I-4
	1.7 Sistematika Penulisan.....	I-4
<b>BAB II</b>	<b>LANDASAN TEORI</b>	
	2.1 Gypsum .....	II-1
	2.2 Semen Putih .....	II-2
	2.3 Serat Cantula .....	II-6
	2.4 Uji Kuat Desak ( <i>compressive strength</i> ) .....	II-9
	2.5 Metode Taguchi .....	II-10
	2.5.1 Klasifikasi karakteristik kualitas .....	II-11
	2.5.2 Klasifikasi parameter .....	II-12
	2.5.3 Perancangan eksperimen .....	II-14
	2.5.4 <i>Orhtogonal array</i> dan matrik eksperimen .....	II-16
	2.5.5 Indeks kemampuan proses .....	II-18
	2.5.6 Kelebihan dan kekurangan metode Taguchi .....	II-18
	2.5.7 Analisis variansi (ANOVA) .....	II-19
	2.5.8 <i>Signal to Noise Ratio</i> .....	II-21
	2.5.9 <i>Quality Loss Function</i> .....	II-23
	2.5.10 Interval kepercayaan .....	II-25
	2.6 Penelitian Sebelumnya .....	II-28



**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Identifikasi Masalah .....	III-2
3.2	Perencanaan Eksperimen .....	III-3
3.3	Pelaksanaan Eksperimen .....	III-5
3.4	Pengolahan Data .....	III-8
3.5	Tahap Verifikasi .....	III-9
3.6	Analisis Dan Interpretasi Hasil .....	III-10
3.7	Kesimpulan Dan Saran .....	III-10

**BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

4.1	Pengumpulan Data .....	IV-1
4.1.1	Identifikasi karakteristik kualitas .....	IV-1
4.1.2	Pengumpulan data pada kondisi aktual .....	IV-1
4.1.3	Eksperimen Taguchi .....	IV-2
4.1.4	Eksperimen konfirmasi .....	IV-7
4.2	Pengolahan Data .....	IV-7
4.2.1	Menghitung nilai rata-rata dan variansi pada kondisi aktual.....	IV-7
4.2.2	Perhitungan indeks kemampuan proses .....	IV-9
4.2.3	Menghitung nilai rata-rata dan <i>SNR</i> hasil eksperimen Taguchi .....	IV-9
4.2.4	Melakukan analisis statistik terhadap nilai rata-rata .....	IV-11
4.2.5	Melakukan analisis statistik terhadap nilai <i>SNR</i> ....	IV-16
4.2.6	Menentukan <i>setting level</i> optimal .....	IV-20
4.2.7	Menentukan nilai prediksi respon dan selang kepercayaan .....	IV-20
4.2.8	Eksperimen konfirmasi .....	IV-22
4.2.9	Perhitungan <i>quality loss function</i> .....	IV-25



<b>BAB V</b>	<b>ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL</b>	
5.1	Analisis Terhadap Kondisi Aktual .....	V-1
5.2	Analisis Terhadap Eksperimen Taguchi .....	V-1
5.2.1	Analisis rata-rata .....	V-2
5.2.2	Analisis variansi .....	V-2
5.2.3	Setting level optimal .....	V-3
5.3	Analisis Terhadap Eksperimen Konfirmasi .....	V-4
5.4	Analisis Pengaruh Penggunaan Serat .....	V-5
5.4.1	Analisis terhadap kontribusi faktor serat .....	V-5
5.4.2	Analisis terhadap fungsi tujuan ( <i>response</i> ) .....	V-6
5.4.3	Analisis terhadap bentuk patahan .....	V-6
5.5	Analisis Terhadap <i>Quality Loss Function</i> .....	V-9
5.6	Interpretasi Hasil .....	V-9
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1	Kesimpulan .....	VI-1
6.2	Saran .....	VI-1
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		xx
<b>LAMPIRAN</b>		
	Lampiran 1: Surat Keterangan Pengujian Desak	L-1
	Lampiran 2: Hasil Pengujian Desak	L-2
	Lampiran 3: Tabel Nilai Kritik Sebaran F	L-3

## DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 2.1	Spesifikasi teknis semen putih .....	II-5
Tabel 2.2	Komposisi serat cantula .....	II-7
Tabel 2.3	Densitas dan kekuatan tarik serat cantula .....	II-9
Tabel 2.4	Klasifikasi karakteristik kualitas .....	II-12
Tabel 2.5	<i>Orthogonal array</i> standar dari Taguchi .....	II-17
Tabel 2.6	Tabel respon .....	II-20
Tabel 2.7	Perbandingan selang kepercayaan .....	II-28
Tabel 3.1	Orthogonal array $L_9(3^4)$ faktor terkendali .....	III-4
Tabel 4.1	Data hasil pengujian desak pada kondisi aktual .....	IV-1
Tabel 4.2	Faktor-faktor terkendali yang berpengaruh .....	IV-3
Tabel 4.3	Penugasan faktor terkendali .....	IV-5
Tabel 4.4	Orthogonal array faktor terkendali .....	IV-5
Tabel 4.5	Klasifikasi mesin yang digunakan .....	IV-6
Tabel 4.6	Hasil eksperimen Taguchi .....	IV-6
Tabel 4.7	Hasil pengujian kuat desak eksperimen konfirmasi .....	IV-7
Tabel 4.8	Pengukuran nilai rata-rata dan variansi hasil kondisi awal .....	IV-8
Tabel 4.9	Pengukuran nilai rata-rata dan <i>SNR</i> eksperimen Taguchi .....	IV-11
Tabel 4.10	Tabel respon untuk nilai rata-rata eksperimen optimasi .....	IV-12
Tabel 4.11	Analisis variansi ( <i>mean</i> ) sebelum <i>pooling up</i> .....	IV-15
Tabel 4.12	Analisis variansi ( <i>mean</i> ) setelah <i>pooling up</i> .....	IV-15
Tabel 4.13	Tabel respon untuk nilai <i>SNR</i> eksperimen optimasi .....	IV-16
Tabel 4.14	Analisis variansi ( <i>SNR</i> ).....	IV-19
Tabel 4.15	Analisis variansi ( <i>SNR</i> ) setelah <i>pooling up</i> .....	IV-19
Tabel 4.16	Perbandingan pengaruh faktor .....	IV-20
Tabel 4.17	Setting level kondisi optimal .....	IV-23
Tabel 4.18	Hasil eksperimen konfirmasi .....	IV-23
Tabel 4.19	Total kerugian untuk kondisi sebenarnya dan kondisi optimal	IV-26
Tabel 4.20	Perhitungan nilai $A_0$ aktual .....	IV-26
Tabel 4.21	Perhitungan nilai $A_0$ optimal .....	IV-27

Tabel 4.22	Nilai <i>QLF</i> perusahaan sebelum dan setelah optimasi .....	IV-28
Tabel 4.23	Nilai <i>QLF</i> konsumen sebelum dan setelah optimasi .....	IV-29
Tabel 5.1	Perbandingan kondisi aktual dengan spesifikasi .....	V-1
Tabel 5.2	Setting level optimal .....	V-3
Tabel 5.3	Nilai tabel respon mean untuk faktor serat .....	V-5
Tabel 5.4	Nilai tabel respon <i>SNR</i> untuk faktor serat .....	V-5
Tabel 5.5	Nilai tabel respon <i>mean</i> dan <i>SNR</i> untuk faktor serat dengan fungsi tujuan kuat lentur .....	V-6



## DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 2.1	Gypsum .....	II-1
Gambar 2.2	Contoh produk gypsum interior .....	II-2
Gambar 2.3	Semen putih .....	II-5
Gambar 2.4	(a) Serat Agave Cantula Roxb, (b) serat rowing .....	II-6
Gambar 2.5	NaOH flake .....	II-8
Gambar 2.6	Penampang alat uji kuat desak .....	II-9
Gambar 2.7	Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas ...	II-12
Gambar 2.8	Notasi orthogonal array .....	II-17
Gambar 2.9	Karakteristik nominal the best .....	II-24
Gambar 2.10	Karakteristik smaller the better .....	II-24
Gambar 2.11	Karakteristik larger the better .....	II-25
Gambar 3.1	Metodologi penelitian .....	III-1
Gambar 3.2	(a) Perlakuan Alkali serat, (b) pengeringan serat .....	III-6
Gambar 3.3	Pembuatan spesimen .....	III-7
Gambar 3.4	Bentuk dan dimensi spesimen berdasarkan ASTM C 472 .....	III-8
Gambar 4.1	Diagram fishbone faktor berpengaruh terhadap kuat desak gypsum interior .....	IV-3
Gambar 4.2	(a) Spesimen uji, (b) alat uji kuat desak, (c) pengujian kuat desak .....	IV-6
Gambar 4.3	Response graph untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi.....	IV-13
Gambar 4.4	Response graph untuk <i>SNR</i> eksperimen optimasi .....	IV-17
Gambar 4.5	Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk rata-rata .....	IV-24
Gambar 4.6	Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk <i>SNR</i> .....	IV-25
Gambar 5.1	Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk rata-rata .....	V-4
Gambar 5.2	Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk <i>SNR</i> .....	V-5
Gambar 5.3	Bentuk patahan akibat uji desak .....	V-7

## DAFTAR ISTILAH

### *Analysis of Variance (ANOVA)*

Pemisahan dari total variasi diperlihatkan dengan set pengamatan, diukur dengan penjumlahan kuadrat deviasi dari rata-rata, dalam komponen dengan menetapkan sumber dari variasi seperti faktor kontrol.

### *Agave cantula roxb*

Merupakan serat alam sebagai hasil dari ekstraksi daun tanaman *agave cantula roxb* yang termasuk dalam keluarga *Agavaceae* yang tidak memiliki batang jelas, dan memiliki daun yang kaku dengan panjang 100-175 cm dengan duri disepanjang tepi daunnya.

### *Array*

Sebuah aritmetika yang diambil dari matrik atau tabel dari baris dan kolom yang digunakan untuk menentukan urutan eksperimen. Baris berisi eksperimen individu. Kolom berisi faktor eksperimen dan tiap levelnya atau set data.

### *Column*

Bagian dari *array* eksperimen yang terdiri dari faktor eksperimen dan berbagai macam levelnya.

### *Definisi kualitas menurut Taguchi*

Taguchi mendefinisikan kualitas sebagai kualitas dari produk adalah untuk menyediakan produk dan pelayanan yang sesuai dengan keinginan konsumen dan harapan dari produk dan pelayanan, dengan biaya yang memperhatikan nilai dari konsumen.

### *Derajat Kebebasan*

Derajat kebebasan adalah angka hasil pengukuran yang didapat untuk menentukan sebagian informasi atau jumlah perbandingan independen yang mungkin ada dalam set data. Untuk faktor, derajat kebebasan adalah satu kurang dari jumlah level.

### *Derajat Kebebasan dari Interaksi*

Jumlah derajat kebebasan dari interaksi dua faktor adalah hasil dari derajat kebebasan tiap-tiap faktor.

### *Distribusi Interaksi*

Dalam beberapa *orthogonal array* efek interaksi antara kolom didistribusikan secara keseluruhan dalam kolom lain dalam sebuah *array*. Sebagai contoh,  $L_{12}(2^{11})$ , interaksi antara 2 kolom disatukan dengan menyisakan 9 kolom.

### *Eksperimen Konfirmasi*

Eksperimen konfirmasi adalah percobaan yang diadakan untuk membuktikan validitas dari hasil eksperimen. Biasanya, jika sebuah eksperimen dibuat dengan *setting* optimum level faktor untuk semua faktor terkendali yang

berhubungan dalam jumlah eksperimen dalam replikasi. Hasil dari eksperimen konfirmasi harus sebanding dengan kondisi optimum yang diprediksi.

### *Experiment*

Sebuah penafsiran atau serangkaian penafsiran yang menyelidiki, menentukan, mengukur, dan menghasilkan data yang digunakan untuk memodelkan atau menentukan fungsi performansi dari komponen, subsistem atau produk. Eksperimen dapat digunakan untuk membangun dasar pengetahuan untuk penelitian ilmiah, atau dapat digunakan untuk optimasi produk atau proses dalam konteks *engineering* untuk proses komersial tertentu.

### *F- ratio*

Perbandingan yang dibentuk dalam proses Anova dengan membagi rata-rata dari tiap-tiap efek faktor dengan kesalahan variansi. Merupakan bentuk SNR dilihat dari segi statistik. Noise disini adalah kesalahan *error* bukan variansi terhadap faktor tidak terkendali dalam noise *array*. *F-ratio* dapat dihitung menggunakan nilai S/N (pendekatan parameter desain) atau nilai dalam unit *engineering* yang teratur (pendekatan toleransi desain).

### *Factor Effect*

Pengukuran numerik dari kontribusi sebuah faktor eksperimen untuk perubahan karakteristik.

### *Faktor*

Parameter atau variabel yang memberikan pengaruh dalam performansi proses atau produk. Faktor dalam setiap kondisi eksperimen yang mungkin ditugaskan dari satu eksperimen ke yang lainnya. Contoh untuk faktor eksperimen termasuk suhu, waktu, tekanan, tegangan, operator, shift kerja, bahan baku, dll. Ada 4 tipe penting dari faktor yaitu: faktor terkendali, faktor tidak terkendali, faktor signal, faktor skala

### *Inner Array*

Matriks *orthogonal* yang digunakan untuk faktor terkendali dalam desain eksperimen dan yang disilangkan dengan beberapa bentuk dari *outer noise array*.

### *Interaction Graph*

Plot dari hubungan dua faktor eksperimen yang mempunyai respon. Ordinat (sumbu y) menggambarkan respon yang diukur dan absis (sumbu x) menggambarkan satu dan dua faktor yang diketahui. Nilai rata-rata respon diplot untuk mengkombinasikan dua faktor eksperimen. Titik-titik menggambarkan level yang sama untuk faktor kedua yang dihubungkan dengan garis.

### *Interaksi*

Ketika akibat dari satu faktor tergantung pada level dari faktor lain, sebuah interaksi dikatakan ada. Dengan kata lain, interaksi terjadi ketika dua atau lebih faktor bersama mempunyai akibat pada karakteristik kualitas yang berbeda dari faktor bila berdiri sendiri.

### *Jumlah Level*

Jika ada masalah baru yang akan diselidiki. Dapat dilakukan dengan menggunakan 3 level untuk sebagian variabel untuk mengevaluasi ketidaklinearan variabel tersebut. Jika telah mengetahui efek dari variabel tersebut dapat menggunakan dua level saja untuk memperoleh informasi yang diinginkan dari hasil analisa. Banyak sedikitnya level tergantung pada biaya eksperimen dan berapa banyak lingkup yang menyangkut eksperimen akan meningkat dengan menggunakan dua atau tidak level.

### *Karakteristik kualitas dan quality loss function*

Bisa dilihat bahwa karakteristik kualitas menentukan tipe *quality loss function* yang digunakan. Jika karakteristik kualitasnya *nominal the best*, maka *quality loss functionnya* harus menggunakan *nominal the best*. Jika karakteristik kualitasnya *smaller the better* maka *quality loss functionnya* menggunakan *smaller the better*. Demikian juga, jika karakteristik kualitasnya *larger the better* maka *quality loss functionnya* harus *larger the better*.

### *Kuat Desak*

Kuat desak adalah uji kekuatan bahan untuk menahan beban jika digunakan dalam konstruksi tertekan. Kuat desak adalah suatu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu. Kuat desak juga bisa didefinisikan sebagai daya tahan bahan terhadap gaya-gaya yang bekerja sejajar atau tegak lurus, yang sifatnya tekan.

### *Larger-the Better*

Keadaan dimana nilai respon terbesar menggambarkan tingkat tertinggi dari kualitas dan memberikan kerugian paling rendah.

### *Level*

Titik yang ditentukan pada faktor terkendali, faktor signal, atau faktor tidak terkendali yang ditempatkan selama eksperimen dibuat.

### *Level Faktor*

Nilai atau atribut dari level yang ditugaskan untuk tiap-tiap faktor seperti kekuatan, suhu atau arus, dapat ditampilkan sebagai berikut:

Level 1	Level 2	Level 3	
10	20	30	(N, °C, A, dll)
Low	Medium	High	



### *Linear Graph*

Grafik bantuan yang digunakan untuk menugaskan faktor eksperimen dalam kolom tertentu ketika menentukan atau menghindari interaksi tertentu.

### *Lower Specification Limit*

Fungsi performansi yang paling rendah yang menetapkan bahwa desain atau komponen dapat dicapai sebelum performansi fungsional dipertimbangkan untuk tidak dapat diterima.

### *Matrix Experiment*

Serangkaian evaluasi yang dibentuk menurut batasan dari sebuah matrik.

### *Nominal the Best*

Sebuah kasus dimana produk atau proses memiliki nominal tertentu atau target nilai.

### *Off line quality control*

Proses yang terdiri dari aktivitas sebelum melakukan produksi. Proses dari desain konsep, desain parameter, dan desain toleransi meningkatkan elemen dari *offline quality control*. Sering ditunjukkan sebagai area dimana kualitas didesain dalam produk atau proses.

### *On line quality control*

Proses yang terdiri dari tahap produksi. Proses dari proses pengendalian secara statistik (berdasarkan fungsi kerugian dan secara tradisional), pemeriksaan dan *evolutionary operation* (EVOP) sebagai contoh *on line quality control*.

### *Optimization*

Menemukan dan menyetting level faktor terkendali pada titik dimana SN ratio berada pada nilai maksimum. Performansi dioptimalkan artinya faktor terkendali ditentukan agar lebih sensitif pada efek atau noise.

### *Optimum Level*

Set point yang mempunyai nilai SN ratio paling besar dalam merespon/menanggapi faktor terkendali.

### *Orthogonal Array*

Matrik yang digunakan untuk merencanakan eksperimen untuk tujuan mendesain dalam sebuah produk atau proses sebelum diterapkan dalam proses yang sesungguhnya

### *Parameter design*

Faktor yang digunakan dalam proses optimasi. Parameter eksperimen adalah faktor signal, faktor terkendali, dan faktor tak terkendali.

### *Pooling* (derajat kebebasan)

Dalam sebuah analisis variansi yang mengkombinasikan total penjumlahan dan derajat kebebasan dari tiap-tiap faktor untuk menentukan apakah secara statistik tidak signifikan untuk memperoleh estimasi yang lebih baik dari kesalahan eksperimen.

### *Pooled error*

Penugasan pada sebagian faktor eksperimen yang secara signifikan memberikan efek yang sedikit untuk bisa menghasilkan atau mengestimasi *error* yang ada dalam eksperimen.

### *Quality*

Derajat atau nilai yang diunggulkan. Dalam konteks rancang-bangun kualitas, merupakan produk yang tahan lama, diharapkan konsisten sepanjang hidupnya. Dalam konteks ekonomi, meminimalkan biaya berhubungan dengan pembelian dan penggunaan produk atau proses.

### *Quality engineering*

Proses yang tercakup dalam pendekatan Taguchi baik secara *off line quality control* (konsep, parameter, dan desain toleransi) dan *on line quality control*.

### *Quality Loss Function*

Hubungan antara biaya yang hilang oleh konsumen karena produk yang berada diluar target dan penyimpangan produk yang diukur produk dari performansi yang ingin dicapai. Biasanya digambarkan dengan fungsi kerugian kuadrat.

### *Rentang level faktor*

Berhubungan dengan linear, makin luas digunakan dalam eksperimen, makin baik kesempatan untuk menemukan akibat yang sesungguhnya dari variabel itu pada mutu karakteristik. Pemilihan rentang tergantung apakah tujuan eksperimen adalah eksplorasi atas suatu daerah yang luas sehingga diperlukan penyetelan yang baik untuk mencapai jumlah maksimum. Tiga level lebih baik daripada dua level.

### *Replikasi*

Banyaknya pengulangan dalam eksperimen untuk kombinasi level (treatment yang sama).

### *Response*

Nilai yang diukur selama eksperimen berlangsung. Disebut juga dengan karakteristik kualitas.

### *Robust Design*

Proses dengan *quality engineering* dari pembuatan produk atau proses yang sangat sensitif terhadap akibat adanya variansi tanpa mengubah sumber dari variabilitas yang sebenarnya. Kadang mempertimbangkan desain eksperimennya.

### *Sample*

Data point tertentu yang diambil dari populasi data paling besar.

### *Signal to noise ratio*

Perbandingan atau nilai yang dibentuk dengan memindahkan respon data menggunakan logaritma untuk membantu membuat data memiliki nilai lebih. Dari dulu, *signal-to-noise* menggambarkan hubungan antara bagian yang berguna dalam respon menjadi variasi yang tidak berguna dalam respon.

### *Smaller the Better*

Karakteristik *smaller the better* adalah karakteristik pengukuran non-negatif yang mempunyai nilai target yaitu nol.

### *Standard Deviation*

Pengukuran variabilitas dari set data. Ditentukan dengan mengakarkuadrat kan variansi.

### *Tipe Karakteristik*

Terdapat lima tipe karakteristik, tergantung pada nilai target yang dibutuhkan dalam karakteristik kualitas.

### *Tolerance Design*

Merupakan tahap akhir dari *off line quality control*. *Orthogonal array* untuk eksperimen yang akan dilakukan, aplikasi dari fungsi kerugian, dan teknik data analisis, anova, yang digunakan untuk menyeimbangkan biaya dengan kualitas dari produk atau proses itu.

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah dari tugas akhir, perumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir, serta tujuan dan manfaat dari tugas akhir yang dilakukan. Berikutnya diuraikan mengenai batasan masalah, asumsi yang digunakan dalam permasalahan dan sistematika penulisan untuk menyelesaikan tugas akhir.

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Pengertian kualitas produk secara umum dapat dijelaskan sebagai suatu karakteristik tertentu yang menggambarkan kinerja produk sehubungan dengan persyaratan atau harapan konsumen. Kualitas didefinisikan sebagai keseluruhan gabungan karakteristik produk, mulai dari pemasaran, rekayasa, pembuatan, dan pemeliharaan yang membuat produk tersebut memenuhi harapan konsumen. Dengan demikian kualitas yang muncul dari suatu produk merupakan kompromi dari sekelompok karakteristik yang diinginkan konsumen yang berhasil diterjemahkan oleh produsen (Hartono, 2000).

Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) adalah semacam bubuk putih yang apabila dicampur dengan air akan berbentuk seperti pasta. Gypsum adalah bahan yang banyak digunakan sebagai bahan baku ataupun bahan pembantu dalam berbagai jenis industri. Selain digunakan dalam bidang industri, saat ini gypsum banyak digunakan sebagai bahan dalam pembuatan desain interior rumah. Desain interior yang dapat memperindah rumah banyak sekali jenisnya, salah satu diantaranya adalah seni untuk memperindah rumah yang disebut gypsum interior. Gypsum interior adalah produk gypsum yang digunakan dalam seni dekorasi untuk memberi nilai artistik sehingga sebuah rumah dapat tampak lebih menarik.

Pada proses pembuatan gypsum interior ditambahkan bahan berupa serat, yaitu serat rowing. Serat rowing ini merupakan salah satu jenis serat buatan (*anorganik fiber*). Rowing berwarna putih, bertekstur lembut dan tipis. Rowing digunakan sebagai serat penguat. Penggunaan serat penguat ini untuk memperkuat gypsum interior dari cacat patah ataupun retak saat proses produksi, dalam hal ini terjadi saat pelepasan cetakan dan juga saat pemasangan. Kondisi tersebut dapat

diminimalkan, antara lain dengan cara meningkatkan kualitas kuat desak produk gypsum interior. Kuat desak didefinisikan sebagai daya tahan bahan terhadap gaya-gaya yang bekerja sejajar atau tegak lurus yang sifatnya tekan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya (Dani Instika, *Penentuan Setting Optimal Dengan Menggunakan Metode Taguchi Dalam Proses Produksi Gypsum Interior Berdasarkan Pengujian Kuat Desak (Studi kasus pada UD. Mahkota Solo)*, 2005), didapatkan hasil bahwa serat rowing sebagai serat penguat tidak berpengaruh terhadap kuat desak gypsum interior.

Upaya pemanfaatan bahan alternatif sebagai serat penguat mendorong peneliti untuk mencoba menggunakan bahan penguat alternatif pengganti serat rowing. Bahan tersebut adalah serat alam (*natural fiber*) berupa serat *Agave Cantula Roxb*. Serat alam memiliki berbagai keunggulan antara lain kaku, kuat, ringan, banyak jumlahnya, tidak beracun, tidak mahal (Kurruvila Joseph dkk, 1995). Serat alam memiliki sifat *biodegradable*, sehingga bila digunakan sebagai material penguat tidak menyebabkan kerusakan lingkungan (Karmaker dkk, 1994). Berbagai keunggulan serat alam menyebabkan penggunaan serat alam mulai dikembangkan untuk industri skala besar, antara lain digunakan dalam pembuatan komponen interior mobil pada industri otomotif. Selain itu penggunaan serat alam dapat dijumpai pada pembuatan *casing* monitor yang berbahan dasar serat linen.

Serat *Agave Cantula Roxb* merupakan salah satu jenis serat alam yang potensial dikembangkan untuk serat penguat dengan harga murah dan ramah lingkungan. Hasil penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Departemen Perindustrian Yogyakarta, 1994, diketahui serat *Agave Cantula Roxb* memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yakni 64,23 %, hal ini menunjukkan bahwa serat ini berpotensi sebagai serat penguat. Penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* sebagai serat penguat gypsum interior bertujuan mengadopsi berbagai keunggulan serat alam ke dalam suatu varian produk gypsum interior yang berkualitas dan ekonomis. Berdasarkan pertimbangan di atas, pemanfaatan serat *Agave Cantula Roxb* sebagai serat penguat perlu dikembangkan lebih lanjut, dengan harapan dapat meningkatkan kualitas kuat desak gypsum interior.

## 1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka perumusan masalah adalah bagaimana mengukur kuat desak gypsum interior dengan penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* sebagai serat penguat dan menentukan *setting level optimal* terhadap kuat desak gypsum interior menggunakan eksperimen Taguchi dalam upaya peningkatan kualitas gypsum interior.

## 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan gypsum interior yang dihasilkan berdasarkan uji kuat desak (*compressive strength*).
2. Menentukan *setting level* terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan gypsum interior berdasarkan uji kuat desak.
3. Mempelajari pengaruh penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* sebagai serat penguat dalam pembuatan gypsum interior berdasarkan uji kuat desak.
4. Menghitung *quality loss function* untuk mengetahui kerugian yang diakibatkan adanya produk cacat.

## 1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian ini, yaitu:

1. Mengembangkan pemanfaatan serat alam sebagai serat penguat.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* sebagai serat penguat dalam pembuatan gypsum interior berdasarkan uji kuat desak.
3. Menghasilkan varian produk gypsum interior dengan serat penguat berupa serat *Agave Cantula Roxb*.
4. Menghasilkan *quality loss function* minimal terhadap produk gypsum interior.

## 1.5 BATASAN MASALAH

Dalam menyelesaikan permasalahan yang diteliti, perlu pembatasan masalah untuk menghindari permasalahan yang terlalu luas dan supaya hasil analisa yang didapatkan sesuai dengan tujuan. Batasan masalah yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini sebagai berikut:~

1. Data-data yang digunakan dalam perhitungan adalah data-data yang diperoleh dari penelitian yang dilaksanakan di UD. Mahkota Solo.

2. Pengujian kuat desak dilaksanakan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Alat uji kuat desak yang digunakan adalah "Shimadzu", *Universal Testing Machine*.
4. Spesifikasi gypsum yang diuji sesuai dengan standar ASTM C 472 dan alat uji.
5. Pengujian kuat desak dilaksanakan setelah gypsum mencapai umur minimal enam hari.
6. Karakteristik kualitas yang digunakan adalah *larger the better*.

### **1.6 ASUMSI**

Asumsi digunakan untuk menyederhanakan kompleksitas permasalahan yang diteliti. Asumsi yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Faktor lingkungan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pelaksanaan eksperimen dan pengujian.
2. Operator dan peralatan memenuhi persyaratan dalam pelaksanaan eksperimen.

### **1.7 SISTEMATIKA PENULISAN**

Penulisan laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis agar mempermudah dalam membaca dan memahami hasil penelitian dari tugas akhir ini, adapun sistematika penulisannya sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menguraikan berbagai hal mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, asumsi-asumsi dan sistematika penulisan. Uraian bab ini dimaksudkan untuk menjelaskan latar belakang penelitian.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai konsep atau teori yang menjadi landasan bagi penelitian, baik dari buku, jurnal, maupun berbagai sumber literatur lainnya.



### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam metodologi penelitian diuraikan mulai dari penentuan identifikasi permasalahan, penjelasan kerangka pemikiran dari penelitian yang dilakukan secara sistematis, pengukuran konsep Taguchi yang dimulai dari penetapan tujuan sampai dengan diperoleh kesimpulan dan saran.

### **BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini membahas mengenai proses pengumpulan dan pengolahan data hasil eksperimen untuk mencari *setting level* optimal faktor-faktor eksperimen. Data diolah menggunakan uji anova terhadap hasil percobaan. Keluaran yang diukur adalah hasil pengujian kuat desak.

### **BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL**

Bab ini membahas tentang analisis dan interpretasi hasil pengolahan data, yaitu analisis terhadap hasil kondisi awal, analisis terhadap eksperimen Taguchi, dan yang terakhir adalah analisis terhadap hasil eksperimen konfirmasi.

### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menguraikan target pencapaian dari tujuan penelitian dan kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan bab-bab sebelumnya, membahas kesimpulan hasil yang diperoleh serta usulan atau rekomendasi untuk implementasi hasil lebih lanjut, serta rekomendasi tema penelitian lain yang dapat dilakukan oleh peneliti lainnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan teori-teori yang mendukung penelitian, sehingga perhitungan dan analisis dilakukan secara teoritis. Teori-teori yang akan diuraikan antara lain mengenai gypsum, serat cantula, semen putih, uji kuat desak dan juga metode Taguchi. Uraian lebih lengkap akan dijelaskan dalam subbab berikut.

### 2.1 GYPSUM

Gypsum adalah mineral sulfat yang paling umum diatas bumi. Secara teknik, gypsum dikenal sebagai zat kapur *sulfate*. Dengan perlakuan panas, tekanan, percampuran dengan unsur-unsur yang lain dapat menghasilkan berbagai jenis gypsum.



**Gambar 2.1 Gypsum**

Sumber: UD. Mahkota, 2006

Gypsum banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku ataupun bahan pembantu dalam berbagai jenis industri. Adapun kegunaan gypsum dalam dunia industri sebagai berikut:

- a. Sebagai bahan pembantu pembuatan semen.
- b. Pada bidang kedokteran dan farmasi digunakan sebagai bahan plester.
- c. Pada industri cat digunakan sebagai bahan pengisi dan campuran cat putih.
- d. Pada industri keramik digunakan sebagai bahan pengisi.
- e. Pada industri elektronika digunakan sebagai bahan pembuatan komponen-komponen elektronika.

Selain banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku ataupun bahan pembantu dalam berbagai jenis industri, penggunaan bahan gypsum untuk keperluan dekorasi interior ruangan semakin berkembang. Gypsum interior adalah produk gypsum yang digunakan dalam seni dekorasi untuk memberi nilai artistik sehingga sebuah rumah dapat tampak lebih menarik.

Pemilihan bahan gypsum untuk keperluan dekorasi interior ruangan disebabkan bahan tersebut bisa diperoleh tanpa harus mengeluarkan biaya besar. Motif yang tersedia pun semakin bervariasi. Bahan gypsum bisa dibentuk dengan mudah, apakah itu model lengkung, arsir, maupun motif lainnya, sesuai dengan keinginan. Bahan gypsum juga mudah dan cepat dalam pemasangan serta praktis sehingga dapat menghemat waktu. Terkait dengan desain dan dekorasi sebuah ruangan, gypsum interior bisa dipadupadankan dengan berbagai macam model perumahan. Baik itu klasik, minimalis, modern, simpel, dan sebagainya.

Banyak kelebihan dari bahan gypsum interior dibanding dengan bahan kayu atau triplek. Gypsum mudah dibentuk sesuai keinginan dan selera, lebih tahan terhadap panas, jika hendak melakukan perbaikan bisa lebih mudah dan menghemat waktu pemasangan. Ketahanan bahan gypsum juga cukup baik. Bahkan, selama tidak terkena rembesan air, gypsum dapat tahan hingga puluhan tahun ([www.republika.co.id](http://www.republika.co.id)).



**Gambar 2.2 Contoh produk gypsum interior**

Sumber: BPPLSP, 2003

## 2.2 SEMEN PUTIH

Semen (*cement*) adalah hasil industri dari paduan bahan baku batu kapur atau gamping sebagai bahan utama dan lempung atau tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk atau *bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada

pencampuran dengan air. Batu kapur atau gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa *Calcium Oksida* (CaO), sedangkan lempung atau tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa *Silika Oksida* (SiO<sub>2</sub>), *Aluminium Oksida* (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), *Besi Oksida* (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan *Magnesium Oksida* (MgO). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk *clinkernya*, yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips (*gypsum*) dalam jumlah yang sesuai.

Jenis-jenis semen menurut Badan Pusat Statistik, yaitu:

1. Semen abu atau semen *portland*,  
Semen abu merupakan bubuk atau *bulk* berwarna abu kebiru-biruan, dibentuk dari bahan utama batu kapur atau gamping berkadar kalsium tinggi yang diolah dalam tanur yang bersuhu dan bertekanan tinggi. Semen ini biasa digunakan sebagai perekat untuk memplester. Semen ini berdasarkan prosentase kandungan penyusunannya terdiri dari 5 (lima) tipe, yaitu tipe I sampai dengan tipe V.
2. Semen putih (*gray cement*),  
Semen putih merupakan semen yang lebih murni dari semen abu dan digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (*finishing*), seperti sebagai *filler* atau pengisi. Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (*calcite*) *limestone* murni.
3. *Mil well cement*,  
Merupakan semen khusus yang digunakan dalam proses pengeboran minyak bumi atau gas alam, baik di darat maupun di lepas pantai.
4. *Mixed & fly ash cement*,  
Merupakan campuran semen abu dengan *Pozzolan* buatan (*fly ash*). *Pozzolan* buatan (*fly ash*) merupakan hasil sampingan dari pembakaran batubara yang mengandung *amorphous* silika, aluminium oksida, besi oksida dan oksida lainnya dalam berbagai variasi jumlah. Semen ini digunakan sebagai campuran untuk membuat beton, sehingga menjadi lebih keras.

Semakin baik mutu semen maka semakin lama mengeras atau membatunya jika dicampur dengan air, dengan angka-angka hidrolitas yang dapat dihitung dengan rumus:

$$(\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3) : (\% \text{CaO} + \% \text{MgO})$$

Angka hidrolitas ini berkisar antara  $<1/1,5$  (lemah) hingga  $>1/2$  (keras sekali). Namun demikian dalam industri semen angka hidrolitas ini harus dijaga secara teliti untuk mendapatkan mutu yang baik dan tetap, yaitu antara  $1/1,9$  dan  $1/2,15$ .

Pembuatan semen dapat dibedakan menurut prosesnya, yaitu:

1. Proses basah, semua bahan baku yang ada dicampur dengan air, dihancurkan dan diuapkan kemudian dibakar dengan menggunakan bahan bakar minyak, bakar (*bunker crude oil*). Proses ini jarang digunakan karena masalah keterbatasan energi BBM.
2. Proses kering, menggunakan teknik penggilingan dan *blending* kemudian dibakar dengan bahan bakar batubara. Proses ini meliputi lima tahap pengelolaan yaitu:
  - a. Proses pengeringan dan penggilingan bahan baku di *rotary dryer* dan *roller meal*.
  - b. Proses pencampuran (*homogenizing raw meal*) untuk mendapatkan campuran yang homogen.
  - c. Proses pembakaran *raw meal* untuk menghasilkan terak (*clinker*: bahan setengah jadi yang dibutuhkan untuk pembuatan semen).
  - d. Proses pendinginan terak.
  - e. Proses penggilingan akhir di mana *clinker* dan *gypsum* digiling dengan *cement mill*.

Proses pembuatan semen di atas akan menyebabkan terjadinya penguapan karena pembakaran dengan suhu mencapai 900 derajat celsius sehingga menghasilkan residu (sisa) yang tak larut, sulfur trioksida, silika yang larut, besi dan alumunium oksida, oksida besi, kalsium, magnesium, alkali, fosfor, dan kapur bebas.

Secara umum semen portland putih mempunyai sifat-sifat yang sama dengan semen portland biasa. Semen portland berwarna didapat dengan menambahkan zat warna yang sesuai pada semen portland biasa.



**Gambar 2.3 Semen putih**

Sumber: www.semen gresik.com, 2006

Semen putih umumnya digunakan untuk plamir tembok, pembutan traso, pemasangan keramik, tegel dan marmer. Semen jenis ini mudah diberi warna sesuai keinginan. Spesifikasi teknis dari semen putih disajikan dalam tabel 2.1 berikut ini.

**Tabel 2.1 Spesifikasi teknis semen putih**

Jenis Pengujian		SNI	Hasil uji Semen Putih
		15-2049-94	
<b>Komposisi Kimia :</b>			
Silikon Dioksida	(SiO <sub>2</sub> ),%	-	22.90
Aluminium Oksida	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ),%	-	4.49
Ferri Oksida	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ),%	-	0.23
Kalsium Oksida	(CaO),%	-	66.37
Magnesium Oksida	(MgO),%	≤ 6,00	1.04
Sulfur Trioksida	(SO <sub>3</sub> ),%	≤ 3.50	2.82
Hilang Pijar	(LOI),%	≤ 5.00	1.28
Kapur Bebas	,%	-	0.22
Bagian tidak Larut	,%	≤ 1.50	0.35
Alkali sebagai Na <sub>2</sub> O	,%	≤ 0.60	0.18
<b>Pengujian Fisika :</b>			
Kehalusan :			
- Dengan Alat Blaine	(m <sup>2</sup> /Kg)	≤ 280	396
Waktu Pengikatan dengan alat Vicat			
- Awal	(menit)	≥ 45	101
- Akhir	(menit)	≤ 375	198
Kekakuan dengan alat autoclave :			
- Pemuaiian	,%	≤ 0.80	0.016
- 3 hari	(Kg/cm <sup>2</sup> )		275
- 7 hari	(Kg/cm <sup>2</sup> )		396
- 28 hari	(Kg/cm <sup>2</sup> )		518

Sumber: www.semen gresik.com, 2006



### 2.3 SERAT CANTULA

Pemakaian serat alam untuk menggantikan serat buatan sebagai penguat semakin meningkat. Hal ini disebabkan berbagai keunggulan yang dimiliki oleh serat alam. Ciri-ciri yang menarik dari serat alam seperti Jute (Roe dkk, 1985) dan (Ray dkk, 2001), Sunhemp (Sanadi dkk, 1986), Sisal (Joseph dkk, 1994), Pineapple (George dkk, 1997), Flax (Panigrahi dkk, 2002) adalah mampu meredam suara, ramah lingkungan, mempunyai densitas rendah, jumlahnya melimpah, harga murah, kemampuan mekaniknya tinggi, kesemuanya itu sangat mendukung kebutuhan industri. Banyaknya keunggulan serat alam dibanding serat buatan telah mendorong banyak peneliti untuk secara intensif mempelajari pemakaian serat alam sebagai bahan penguat.

Serat *Agave Cantula Roxb* merupakan salah satu jenis serat alam yang potensial dikembangkan untuk material penguat berharga murah dan ramah lingkungan. Serat *Agave Cantula Roxb* merupakan serat alam sebagai hasil dari ekstraksi daun tanaman *Agave Cantula Roxb* yang termasuk dalam keluarga *agavaceae*. Tanaman *Agave Cantula Roxb* yang memiliki nama lain *Agave Candelabrum*, *Agave Rumphii*, maupun *Manila Maguey* ini banyak tumbuh di daerah tropis, baik di Asia, Afrika maupun Amerika. Sebagaimana tanaman sejenisnya dalam keluarga *Agavaceae*, *Agave Cantula Roxb* tidak memiliki batang yang jelas, dan memiliki daun yang kaku dengan panjang 100-175 cm dengan duri di sepanjang tepi daunnya. Kenampakan serat cantula secara fisik dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



(a) (b)  
**Gambar 2.4 (a) Serat agave cantula roxb, (b) serat rowing**

Sumber: UD. Mahkota, 2006



Saat ini pemanfaatan serat *Agave Cantula Roxb* masih terbatas sebagai bahan kerajinan, seperti: tas, tali, topi, keset, sapu serta hasil kerajinan lainnya. Dalam banyak hal serat *Agave Cantula Roxb* memiliki kemiripan dengan tanaman semarganya yaitu serat sisal (*Agave Sisalana*) yang kebanyakan dipilih sebagai serat penguat karena memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Hasil penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Departemen Perindustrian Yogyakarta diketahui kandungan atau komposisi serat *Agave Cantula Roxb* sebagaimana data dalam tabel 2.2 dibawah ini.

**Tabel 2.2 Komposisi serat cantula**

Kandungan	Komposisi
Kadar air (%)	13,13
Hemiselulosa (%)	9,45
(-selulosa (%)	64,23
Lignin (%)	5,91
Abu (%)	4,98
Ekstrakting Alkohol Benzena (%)	3,38
Kadar Air Alkohol Benzena (%)	11,95

Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Departemen Perindustrian Yogyakarta, 1994

Komposisi serat diketahui bahwa serat *Agave Cantula Roxb* memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yakni 64,23 %, hal ini menunjukkan bahwa serat ini berpotensi sebagai bahan penguat. Berdasarkan berbagai macam pertimbangan diatas, pemanfaatan serat *Agave Cantula Roxb* sebagai penguat perlu diteliti dan dikembangkan lebih lanjut.

Serat *Agave Cantula Roxb* melalui proses modifikasi serat dalam pemanfaatannya sebagai serat penguat. Modifikasi serat *Agave Cantula Roxb* berupa perlakuan kimia serat, dimana perlakuan yang paling sering dilaksanakan adalah perlakuan alkali. Selain peningkatan kekuatannya cukup baik, prosesnya sederhana dan relatif murah. Pada proses alkali ini larutan kimia yang sering digunakan adalah NaOH dan KOH.



**Gambar 2.5 NaOH flake**

Sumber: Brataco chemical, 2006

Selama perlakuan alkali sebagian unsur serat alam larut dalam larutan alkali, antara lain lignin dan lilin (*waxes*) akan terlepas dengan perlakuan tersebut. Adanya pelarutan unsur tersebut yakni *lignin* yang merupakan unsur lemah dalam serat, dan lilin yang bersifat mengurangi kemampuan ikatan serat diharapkan dapat meningkatkan kekuatan serat. Terlarutnya sebagian unsur permukaan serat menjadikan permukaan serat setelah perlakuan menjadi semakin kasar dan masing-masing helai serat dapat terlepas dari ikatannya menjadi serat dengan diameter yang lebih kecil. Transfer tegangan tiap unit volume serat pada daerah ikatan antarmuka antara serat dan matrik akan meningkat seiring dengan peningkatan perbandingan panjang dengan diameter serat (Gibson, 1994). Sehingga dengan diameter serat yang lebih kecil serta kekasaran permukaan serat, diharapkan dapat dihasilkan ikatan antarmuka yang lebih baik dan meningkatkan kekuatan bahan secara keseluruhan.

Sodium hidroksida (NaOH) adalah senyawa kimia yang berbentuk kristal putih yang rapuh dan tembus cahaya. Karena sifatnya yang sangat korosif dan dapat merusak kulit, senyawa ini disebut juga soda kaustik. NaOH sangat mudah larut dalam air dengan reaksi timbulnya panas selama pelarutan didalam air.

Hasil pengujian alkali serat *cantula* yang telah dilaksanakan, (Mubarak Zaki dalam Tugas Akhir, *Pengaruh Variasi Perlakuan Alkali Serat Cantula Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit Uprs-Cantula*, 2004) didapatkan hasil terbaik kekuatan serat *cantula* pada perlakuan alkali dengan konsentrasi NaOH

sebesar 2 % dengan lama perendaman serat cantula selama 6 jam. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini.

**Tabel 2.3 Densitas dan kekuatan tarik serat cantula**

Perlakuan Serat Cantula	Densitas Serat (gr/cm <sup>3</sup> )	Kekuatan tarik serat (Mpa)
Tanpa Perlakuan	1,175	301,7
1 % NaOH	1,265	315,7
2 % NaOH	1,285	322,9
4 % NaOH	1,327	315,7
6 % NaOH	1,373	279,4
10 % NaOH	1,384	274,2

Sumber: Mubarak, 2004

## 2.4 UJI KUAT DESAK

Kuat desak adalah uji kekuatan bahan untuk menahan beban jika digunakan dalam konstruksi tertekan. Kuat desak adalah suatu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu. Kuat desak juga bisa didefinisikan sebagai daya tahan bahan terhadap gaya-gaya yang bekerja sejajar atau tegak lurus, yang sifatnya tekan. Besarnya kuat tekan dari benda uji dapat dihitung dengan rumus:

$$F'c = \frac{Pmaks}{A} \dots\dots\dots persamaan 2.1$$

dengan;

$F'c$  = kuat tekan, kg/cm<sup>2</sup>.

$P maks$  = beban tekan maksimum, kg.

$A$  = Luas permukaan benda uji yang ditekan, cm<sup>2</sup>



**Gambar 2.6 Penampang alat uji kuat desak**

Sumber: Lab. Bahan Teknik Sipil UNS, 2006

## 2.5 METODE TAGUCHI

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

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

a. *System design (primary design)*,

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

b. *Parameter design (secondary design)*,

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

c. *Tolerance design (tertiary design)*,

Tahap ini berkaitan dengan pengendalian faktor-faktor yang mempengaruhi nilai target dengan menggunakan komponen mutu tinggi dan biaya tinggi yang

tidak dapat dielakkan. Setelah sistem dirancang (melalui *system design*) dan nilai tengah parameternya ditentukan (melalui *parameter design*), langkah berikutnya membuat toleransi parameter (melalui *tolerance design*). Faktor *noise*, termasuk juga parameter sistem dimasukkan dalam rancangan eksperimen untuk menentukan dampaknya pada karakteristik keluaran. Toleransi yang lebih sempit harus diberikan pada faktor *noise* yang mempunyai pengaruh terbesar pada karakteristik keluaran.

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

### 2.5.1 KLASIFIKASI KARAKTERISTIK KUALITAS

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

a. *Nominal the best*,

Karakteristik kualitas *nominal the best* adalah karakteristik terukur dengan nilai target yang ditentukan secara spesifik. Nilai tersebut dapat positif maupun negatif.

b. *Smaller the better*,

Karakteristik kualitas *smaller the better* adalah karakteristik terukur *non-negatif* yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target 0 (nol).

c. *Larger the better*,

Karakteristik kualitas *larger the better* adalah karakteristik terukur *non-negatif* yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target *infinitif* (tak terbatas).

d. *Signed target*,

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

e. *Classified attribute*,

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

Masing-masing karakteristik kualitas di atas diterangkan dengan nilai target dan contohnya pada tabel 2.4 dibawah ini.

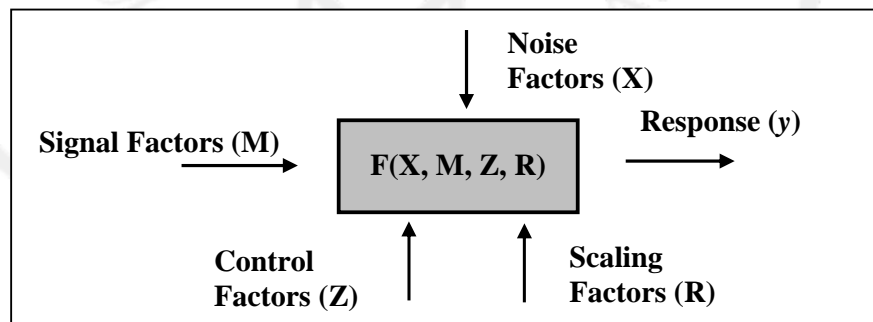
**Tabel 2.4 Klasifikasi karakteristik kualitas**

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

Sumber: Belavendram, 1995

### 2.5.2 KLASIFIKASI PARAMETER

Beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dijelaskan pada gambar 2.7. Faktor-faktor ini diklasifikasikan menjadi faktor *noise*, faktor kontrol, faktor *signal* dan faktor skala.



**Gambar 2.7 Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas**

Sumber: Belavendram, 1995

Penjelasan lebih lanjut mengenai gambar 2.7 di atas, sebagai berikut:

1. Faktor *noise*, suatu parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya disebut faktor *noise*. Faktor *noise* dapat mempengaruhi karakteristik kualitas secara tidak terkendali dan sulit diprediksi. Faktor *noise* biasanya sulit, mahal dan tidak menjadi sasaran

pengendalian. Tetapi untuk tujuan eksperimen, faktor *noise* perlu dikendalikan dalam skala kecil.

2. Faktor terkendali, parameter-parameter yang nilai-nilainya ditentukan oleh ahli teknik. Faktor kontrol dapat mempunyai nilai satu atau lebih yang disebut *level*. Pada akhir eksperimen, *level* yang sesuai dalam faktor terkendali akan dipilih. Salah satu aspek dari perancangan kokoh adalah mencari kondisi *level* optimal untuk faktor terkendali sehingga karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap *noise*.
3. Faktor *signal*, faktor-faktor yang mengubah nilai-nilai karakteristik kualitas yang akan diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen dimana faktor *signal* mempunyai nilai konstan (dalam hal ini tidak dimasukkan sebagai faktor) disebut karakteristik statis. Jika faktor *signal* dapat mengambil banyak nilai, maka karakteristik mempunyai sifat dinamik. Faktor *signal* tidak ditentukan oleh ahli teknik, tetapi oleh konsumen berdasarkan hasil yang diinginkan.
4. Faktor skala, faktor yang digunakan untuk mengubah rata-rata *level* karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor *signal* dengan karakteristik kualitas. Faktor scaling disebut juga faktor penyesuaian.

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

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



### 2.5.3 PERANCANGAN EKSPERIMEN

Perancangan eksperimen adalah proses yang penting yang akan menentukan kesuksesan atau kegagalan eksperimen, kunci pokok yang perlu diperhatikan adalah langkah-langkah dalam *robust design* berikut yang terdiri dari 8 langkah dan dikelompokkan dalam 4 kategori, yaitu:

- a. Perencanaan eksperimen,
  - Langkah 1 : mendefinisikan masalah
  - Langkah 2 : menentukan tujuan
  - Langkah 3 : mendefinisikan karakteristik kualitas
  - Langkah 4 : mendesain eksperimen
- b. Pembentukan eksperimen,
  - Langkah 5 : membentuk eksperimen
- c. Menganalisis hasil eksperimen,
  - Langkah 6 : menganalisis dan menginterpretasi hasil eksperimen
  - Langkah 7 : meramalkan rata-rata proses
- d. Menguji hasil eksperimen,
  - Langkah 8 : mengadakan eksperimen konfirmasi

Penjelasan dari langkah-langkah tersebut, sebagai berikut:

Langkah 1: mendefinisikan masalah, memastikan bahwa masalah selalu satu. Ide bagus untuk mendapatkan catatan dari proses yang berlangsung sekarang baik yang berhubungan dengan rata-rata maupun standar deviasi atau diagram proses kontrol.

Langkah 2: menentukan tujuan, langkah yang paling penting dalam eksperimen. Tujuan seharusnya ditentukan dengan hati-hati dan dengan tepat untuk mengurangi berbagai kemungkinan kesalahpahaman. Hal ini seharusnya dicapai dengan menggunakan beberapa ukuran jika mungkin.

Langkah 3: mendefinisikan karakteristik kualitas, karakteristik kualitas adalah sangat penting dalam eksperimen. Jika mungkin, karakteristik kualitas didefinisikan baik yang berhubungan dengan unit terukur (karakteristik ukuran) sebagai lawan dari klasifikasi (karakteristik atribut). Pokok-pokok persoalan yang dikumpulkan untuk

mendapatkan data karakteristik kualitas yang akurat dan handal meliputi unit ukuran, lingkungan yang terukur seperti suhu dan waktu, alat yang digunakan untuk mengukur, keakuratan alat, memerlukan keakuratan yang terbaca, siapa yang mengukur dan apakah data variabel atau data atribut.

- Langkah 4: mendesain eksperimen, mengidentifikasi faktor terkendali dan gangguan dan *levelnya*. Mengidentifikasi kondisi uji untuk mengevaluasi karakteristik kualitas. Faktor terkendali ditempatkan dalam faktor terkendali *array (inner)*. Faktor gangguan ditempatkan dalam faktor gangguan *array (outer)*. Faktor-faktor ditandai sebagai faktor gangguan harus dikontrol sampai eksperimentasi. Langkah selanjutnya yaitu mendesain matrik untuk memilih *orthogonal array* yang tepat dan menentukan faktor kontrol serta memilih *outer array* dan menentukan faktor gangguan.
- Langkah 5: membentuk eksperimen, meneruskan matrik eksperimen dan mengumpulkan data. Ketika pengumpulan data sudah lengkap, masih perlu lagi memasang variabel-variabel proses sebelum eksperimentasi sampai keputusan yang berhubungan tetap dalam faktor *level* optimal yang dibuat.
- Langkah 6: menganalisis dan menginterpretasi hasil eksperimen, analisis data dengan menggunakan tabel respon, grafik respon dan analisis varian. Hasil analisis mengidentifikasi *level* optimal untuk faktor-faktor terkendali.
- Langkah 7: meramalkan rata-rata proses, setelah *level* optimal diidentifikasi, kemudian memperkirakan performansi dari karakteristik kualitas dibawah *level* optimal dan membangun interval kepercayaan. Merupakan langkah kritis untuk menguji apakah hasil eksperimen termasuk tambahan dengan memperhatikan faktor-faktor terkendali yang diteliti.
- Langkah 8: mengadakan eksperimen konfirmasi, mengikuti dari hasil analisis eksperimen, perlu untuk meneruskan konfirmasi eksperimen. Eksperimen konfirmasi perlu untuk membuktikan performansi yang

diramalkan. Jika hasil eksperimen konfirmasi membuktikan performansi yang diramalkan, maka kondisi optimum dapat diterapkan dalam proses. Jika sebaliknya, maka desain eksperimen seharusnya dievaluasi lagi dan eksperimen tambahan yang diperlukan.

#### 2.5.4 ORTHOGONAL ARRAY DAN MATRIK EKSPERIMEN

Matrik eksperimen adalah matrik yang memuat sekelompok eksperimen dimana faktor dan *level* dapat ditukar sesama matrik. Melakukan eksperimen dengan menggunakan bentuk matrik khusus (*orthogonal array*) bertujuan agar dapat dilakukan pengujian terhadap pengaruh beberapa parameter secara efisien dan merupakan teknik penting dalam perancangan kokoh (*robust design*).

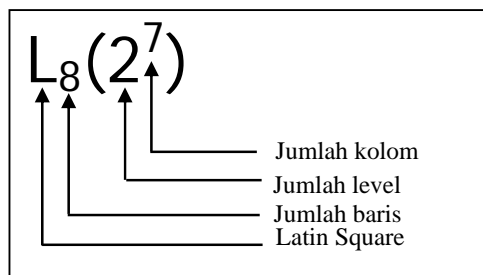
*Orthogonal array* adalah suatu matrik yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor atau kondisi yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris merupakan keadaan dari faktor. *Array* disebut *orthogonal* karena *level-level* dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam eksperimen. Jadi *orthogonal array* adalah matrik seimbang dari faktor dan *level*, sedemikian sehingga pengaruh suatu faktor atau *level* tidak baur (*counfounded*) dengan pengaruh faktor atau *level* yang lain. Derajat bebas *orthogonal array* ( $V_{OA}$ ) selalu kurang satu dari banyak eksperimen.

$$V_{OA} = \text{banyak eksperimen} - 1 \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.2}$$

Sedangkan derajat kebebasan sebuah interaksi yang terdiri dari 2 faktor adalah hasil dari derajat kebebasan tiap-tiap faktor. Misalnya jumlah dari *level* faktor A dan faktor B adalah  $n_A$  dan  $n_B$ . Sehingga terdapat  $n_A n_B$  kombinasi *level* dari faktor A dan faktor B. Maka dari itu, satu derajat kebebasan dikurangkan untuk keseluruhan rata-rata,  $(n_A - 1)$  untuk derajat kebebasan A, dan  $(n_B - 1)$  derajat kebebasan untuk faktor B. Secara matematika dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} v_{AxB} &= n_A n_B - 1 - (n_A - 1) - (n_B - 1) \\ &= n_A n_B - n_A - n_B + 1 \\ &= (n_A - 1) \times (n_B - 1) \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.3} \end{aligned}$$

Sebuah *orthogonal array* biasanya dilambangkan seperti pada gambar 2.8 dibawah ini dan informasi yang bisa diperoleh dari *orthogonal array* sebagai berikut:



**Gambar 2.8 Notasi orthogonal array**

Sumber: Belavendram, 1995

Uraian notasi menurut gambar 2.8 sebagai berikut:

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

*Orthogonal array*  $L_8(2^7)$  diartikan sebagai *orthogonal array* yang mempunyai 7 faktor dengan 2 level dan eksperimen dilakukan 8 kali. Bentuk standar *orthogonal array* dari Taguchi dijelaskan pada tabel 2.5 dibawah ini.

**Tabel 2.5 Orthogonal array standar dari Taguchi**

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

Sumber: Belavendram, 1995

Interaksi adalah suatu faktor bergantung pada *level* tertentu dari faktor lain. Interaksi terjadi bila pengaruh bersama 2 faktor atau lebih berbeda dari jumlah masing-masing faktor secara individu.

Teknik lain yang sering digunakan dalam *robust design* adalah *graph linear* (grafik linear). *Graph linear* menggambarkan faktor dan interaksi dalam bentuk diagram. *Graph linear* adalah serangkaian titik dan garis yang bersesuaian dengan kolom-kolom *orthogonal array* yang sesuai. Setiap *graph linear* berhubungan dengan satu *orthogonal array*. Tetapi, untuk satu *orthogonal array* dapat diperoleh beberapa *graph linear*. *Graph linear* memberikan gambaran informasi faktor dan interaksi serta memudahkan untuk memasukkan faktor dan interaksi ke berbagai kolom dari *orthogonal array*.

### 2.5.5 INDEKS KEMAMPUAN PROSES

Analisis kemampuan proses mendefinisikan kemampuan proses memenuhi spesifikasi atau mengukur kinerja proses. Perhitungan indeks kemampuan proses karakteristik kualitas kuat desak dapat diketahui sebagai berikut:

$$C_{pk} = \text{Minimum} \left[ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right] \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.4}$$

### 2.5.6 KELEBIHAN DAN KEKURANGAN METODE TAGUCHI

Kelebihan menggunakan metode Taguchi sebagai berikut:

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

Adapun kekurangan metode Taguchi adalah jika pemilihan rancangan eksperimen tidak sesuai maka beberapa rancangan akan mengorbankan interaksi

dan ada yang membaurkan pengaruh utama dengan pengaruh interaksi (Pujiyanto, Eko, 1998).

### 2.5.7 ANALISIS VARIANSI (ANOVA)

Analisis variansi diperkenalkan pertama kali oleh Sir Ronald Fisher, ahli statistik dari Inggris. Analisis variansi adalah suatu metode yang membagi variansi menjadi sumber variansi yang dapat diidentifikasi dan merupakan pengumpulan derajat kebebasan dalam eksperimen. Data-data yang diambil, baik data kondisi sebenarnya maupun data hasil eksperimen dalam *robust design* dapat dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu:

1. Variabel, yaitu data yang dapat dipertanggungjawabkan selama pengukuran dalam skala yang kontinu.
2. Atribut, yaitu data dari eksperimen yang mempunyai karakteristik yang bukan kontinu tetapi dapat diklasifikasikan dalam skala diskret.
3. Digital, yaitu suatu data yang memiliki nilai 0 atau 1.

Dalam perhitungan analisis variansi metode Taguchi langkah-langkah pengerjaannya, sebagai berikut:

Langkah 1 : menghitung rata-rata respon setiap eksperimen dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.5}$$

Langkah 2 : menghitung rata-rata total seluruh eksperimen dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{Y} = \frac{\sum y}{n} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.6}$$

Langkah 3 : membuat tabel respon, perbedaan dapat diketahui dengan cara melakukan pengurangan nilai tertinggi dengan nilai terendah dari tiap-tiap *level* kemudian dirangking dari nilai tertinggi sampai nilai terendah kemudian dimasukkan dalam tabel respon seperti dibawah ini

**Tabel 2.6 Respon table faktor**

	Faktor A	Faktor B	.....	Faktor X
Level 1	...	...		...
Level 2	...	...		...
.....				
Level Y	...	...		...
Different	...	...		...
Rank	...	...		...

Sumber: Belavendram,1995

Langkah 4 : menghitung *the total sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$ST = \sum y^2 \dots\dots\dots \text{persamaan 2.7}$$

Langkah 5 : menghitung *the sum of squares due to the mean* dengan rumus sebagai berikut:

$$Sm = n\bar{y}^2 \dots\dots\dots \text{persamaan 2.8}$$

Langkah 6 : menghitung *the sum of squares due to the factors* dengan rumus sebagai berikut:

$$S_i = \left( n_{i1} \times \bar{i1}^2 + n_{i2} \times \bar{i2}^2 + \dots + n_{ij} \times \bar{ij}^2 \right) - Sm \dots\dots\dots \text{persamaan 2.9}$$

Langkah 7 : menghitung *the sum of squares due to the error* dengan rumus sebagai berikut:

$$Se = ST - Sm - (SA + SB + \dots + S_i) \dots\dots\dots \text{persamaan 2.10}$$

Langkah 8 : menghitung *the mean sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$Mq_i = \frac{Sq_i}{v_i} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.11}$$

Langkah 9 : menghitung *F-ratio* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F_i = \frac{Mq_i}{Se} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.12}$$

Langkah 10 : menghitung *pure sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$Si' = Si - (vi \times Ve) \dots\dots\dots \text{persamaan 2.13}$$



Langkah 11 : menghitung *percent contribution* dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_i = \frac{Si'}{St} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.14}$$

Langkah 12 : membuat tabel analisa variansi hasil perhitungan

**2.5.8 SIGNAL TO NOISE RATIO (S/N RATIO)**

*Signal to noise ratio (S/N Ratio)* adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadrat. S/N Ratio bertindak sebagai indikator mutu selama perancangan untuk mengevaluasi akibat perubahan suatu perancangan parameter tertentu terhadap terhadap unjuk kerja produk. Maksimasi ukuran performansi ditunjukkan dengan tingginya nilai *signal* dan rendahnya *noise*, karena itu karakteristik kualitas perlu dikelompokkan terlebih dahulu agar diperoleh konsistensi dalam mengambil keputusan terhadap hasil eksperimen.

Penerapan S/N Ratio dalam memperbaiki dan merancang mutu suatu produk atau proses lebih menekankan pada reduksi derau daripada peningkatan *signal*nya. Peningkatan *signal* menekankan penambahan sumber daya tambahan, inspeksi pengendalian produk dan penggunaan bahan mentah yang lebih mahal sehingga biaya yang dikeluarkan lebih besar. Reduksi derau menekankan pada kendali proses statistik untuk mendeteksi adanya variasi dan kemudian dihilangkan penyebabnya (menekankan pada perancangan parameter).

Taguchi merekomendasikan karakteristik dari *Signal to noise ratio* sebagai berikut:

1. *Smaller the better* (s.t.b),

Memiliki karakteristik kualitas yang kontinu dan tidak negatif yang mempunyai nilai dari 0 sampai ~ dimana nilai defect yang diinginkan adalah 0. Sehingga *signal to noise ratio* dapat dihitung sebagai berikut:

$$SN_{STB} = -10Log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.15}$$

dengan;

- $n$  = jumlah pengulangan eksperimen
- $y_i$  = data pengamatan ke- $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

2. *Larger the better* (l.t.b),

Memiliki karakteristik kualitas yang kontinu dan tidak negatif yang mempunyai nilai 0 sampai ~ dimana nilai target yang diharapkan adalah selain 0 atau dengan kata lain mempunyai nilai sebesar mungkin. Sehingga *signal to noise ratio* dapat dihitung dengan rumus:

$$SN_{LTB} = -10 \text{Log} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots\dots\dots \text{persamaan 2.16}$$

dengan;

- $n$  = jumlah pengulangan eksperimen
- $y_i$  = data pengamatan ke- $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

3. *Nominal the best* (n.t.b),

Memiliki karakteristik kualitas yang kontinu dan non negatif yang mempunyai nilai dari 0 sampai ~ dimana nilai target yang diharapkan adalah selain 0 dan merupakan bilangan yang terbatas. Sehingga *signal to noise ratio* dapat dihitung dengan rumus:

$$SN_{NTB} = 10 \text{Log}_{10} \left[ \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \dots\dots\dots \text{persamaan 2.17}$$

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

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

dengan;

- $n$  = jumlah pengulangan eksperimen
- $y_i$  = data pengamatan ke- $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )
- $\mu$  = rata-rata
- $\sigma$  = standar deviasi

4. *Signed target*,

Memiliki karakteristik kualitas yang dapat digunakan, baik bernilai positif maupun negatif meskipun target nilai dari karakteristik kualitasnya adalah 0. Sehingga *signal to noise ratio* dapat dihitung dengan rumus:

$$SN_{ST} = -10 \text{Log}_{10} \sigma^2 \dots\dots\dots \text{persamaan 2.18}$$

### 5. Fraction defection,

Memiliki karakteristik kualitas yang sebanding dan dinyatakan dalam nilai pecahan antara 0 sampai 1. Sehingga *signal to noise ratio* dapat dihitung dengan rumus:

$$SN_{FD} = -10 \log_{10} \left( \frac{1}{p} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.19}$$

dengan;  $p$  = nilai kecacatan produk dalam pecahan

## 2.5.9 QUALITY LOSS FUNCTION

Tujuan dari fungsi kerugian (*quality loss function*) Taguchi adalah untuk mengevaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan oleh adanya variasi (Belavendram, 1995). Tiga tipe target karakteristik kualitas adalah *nominal the best*, *smaller the better* dan *larger the better*.

### a. Fungsi kerugian *nominal the best*,

Jika  $Y$  nilai-nilai karakteristik kualitas n.t.b, fungsi kerugian  $Y$ , ditulis  $L(Y)$ .

$L(Y)$  dapat diperderetkan menurut deret Taylor, diperoleh:

$$L(Y) = k \left[ \sigma^2 + (\bar{Y} - m)^2 \right]$$

$$L(Y) = \frac{A_0}{\Delta^2} \left[ \sigma^2 + (\bar{Y} - m)^2 \right] \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.20}$$

dengan,

$Y$  = nilai karakteristik kualitas

$L(Y)$  = kerugian dalam (Rp) untuk tiap produk bila karakteristik kualitas sama dengan  $Y$

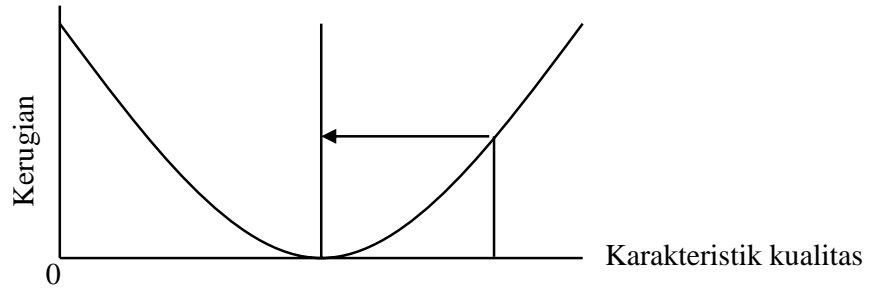
$m$  = nilai target dari  $Y$

$k$  = koefisien biaya

$\Delta$  = toleransi spesifikasi nilai karakteristik kualitas

$A_0$  = rata-rata biaya kerugian pada penyimpangan  $\Delta$

Berdasarkan gambar 2.9 *quality loss function* untuk *nominal the best* dari metode Taguchi:



**Gambar 2.9 Karakteristik nominal the best**

Sumber: Belavendram, 1995

b. Fungsi kerugian smaller *the better*,

Tipe karakteristik ini mempunyai target sama dengan 0, sehingga persamaan fungsi kerugian dengan  $m = 0$ , sehingga diperoleh:

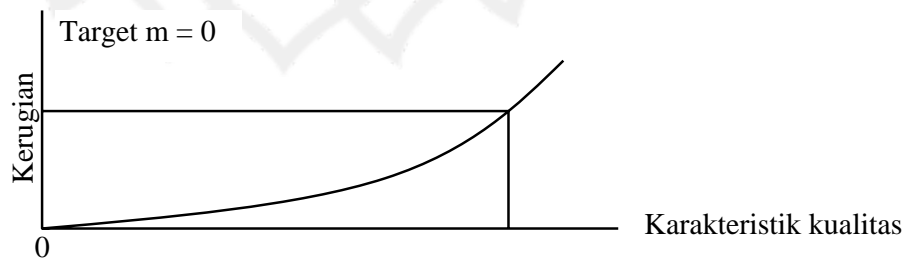
$$L(Y) = k \left[ \sigma^2 + \bar{Y}^2 \right]$$

$$L(Y) = \frac{A_0}{\Delta^2} \left[ \sigma^2 + \bar{Y}^2 \right] \dots\dots\dots \text{persamaan 2.21}$$

dengan,

- $Y$  = nilai karakteristik kualitas
- $L(Y)$  = kerugian dalam (Rp) untuk tiap produk bila karakteristik kualitas sama dengan  $Y$
- $k$  = koefisien biaya
- $\Delta$  = toleransi spesifikasi nilai karakteristik kualitas
- $A_0$  = rata-rata biaya kerugian pada penyimpangan  $\Delta$

Pada gambar 2.10 yang merupakan *quality loss function* untuk *smaller the better* dapat dilihat berikut ini.



**Gambar 2.10 Karakteristik smaller the better**

Sumber: Belavendram, 1995

c. Fungsi kerugian *larger the better*,

Tipe karakteristik ini mempunyai target dengan nilai tak terbatas, sehingga persamaan fungsi kerugian diperoleh:

$$L(Y) = k \left[ \frac{1}{\frac{\mu}{\mu}} \right] \left[ 1 + \left( 3 \frac{\sigma^2}{\mu} \right) \right]$$

$$L(Y) = A_0 \Delta^2 \left[ \frac{1}{\frac{\mu}{\mu}} \right] \left[ 1 + \left( 3 \frac{\sigma^2}{\mu} \right) \right] \dots\dots\dots \text{persamaan 2.22}$$

dengan,

$L(Y)$  = kerugian dalam (Rp) untuk tiap produk bila karakteristik kualitas sama dengan  $Y$

$k$  = koefisien biaya

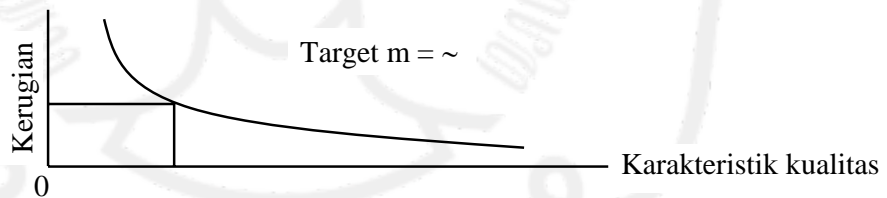
$\mu$  = mean

$\sigma$  = deviasi

$\Delta$  = toleransi spesifikasi nilai karakteristik kualitas

$A_0$  = rata-rata biaya kerugian pada penyimpangan  $\Delta$

Pada gambar 2.11 merupakan *quality loss function* untuk *larger the better* dari metode Taguchi.



**Gambar 2.11 Karakteristik larger the better**

Sumber: Belavendram, 1995

**2.5.10 CONFIDENCE INTERVAL**

Setelah suatu eksperimen dijalankan, maka tindakan selanjutnya adalah menghitung rata-rata proses pada kondisi yang diinginkan. *Confidence interval* (selang kepercayaan) adalah selang antara dua nilai statistik dengan tingkat probabilitas tertentu dimana nilai yang sebenarnya dari parameter berada di dalamnya. Sehingga tujuan penggunaan *confidence interval* adalah untuk membuat perkiraan dari level-level faktor dan prediksi rata-rata proses pada keadaan optimal. Adapun pembagian *confidence interval*, sebagai berikut:

1. *Confidence interval* level faktor, penghitungan *confidence interval* untuk level faktor menggunakan rumus:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, V_1, V_2} \times V_e \times \left[ \frac{1}{n} \right]} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.23}$$

dengan;

- $F_{\alpha, V_1, V_2}$  : *F ratio* dari tabel
- $\alpha$  : tingkat kesalahan
- $V_1$  : derajat kebebasan yang bernilai 1 untuk interval kepercayaan
- $V_2$  : derajat kebebasan dari *pooled error variance*
- $V_e$  : *error variance*
- $n$  : jumlah observasi

Misalnya suatu eksperimen yang melibatkan empat faktor dua level A, B, C dan D. Jika faktor A pada level 1 berpengaruh pada nilai respon, maka *confidence interval* untuk level faktor A1 dapat dihitung dengan rumus:

$$\bar{A1} - CI \leq \mu_{\bar{A1}} \leq \bar{A1} + CI \dots\dots\dots \text{persamaan 2.24}$$

2. *Confidence interval* nilai prediksi rata-rata, *confidence interval* nilai prediksi rata-rata dihitung berdasarkan nilai rata-rata faktor dan interaksi yang mempengaruhi nilai respon. Misalnya suatu eksperimen yang melibatkan empat faktor A, B, C dan D, ternyata dari keempat faktor tersebut, hanya faktor B pada level 1 dan D pada level 2 yang mempengaruhi nilai respon. Sehingga nilai prediksi rata-ratanya (*predicted process mean*) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Predicted}} = \bar{y} + (B1 - \bar{y}) + (D2 - \bar{y}) \dots\dots\dots \text{persamaan 2.25}$$

Sedangkan *confidence interval* untuk nilai prediksi rata-rata dapat dihitung dengan rumus:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, V_1, V_2} \times V_e \times \left[ \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right]} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.26}$$

dengan;

- $F_{\alpha, V_1, V_2}$  : *F ratio* dari tabel
- $\alpha$  : tingkat kesalahan
- $V_1$  : derajat kebebasan yang bernilai 1 untuk interval kepercayaan
- $V_2$  : derajat kebebasan dari *pooled error variance*
- $V_e$  : *error variance*
- $n_{eff}$  : jumlah observasi yang efektif

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}} \quad \text{persamaan 2.27}$$

Sehingga *confidence interval* untuk prediksi nilai rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\mu_{Predicted} - CI \leq \mu_{Predicted} \leq \mu_{Predicted} + CI \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.28}$$

3. *Confidence interval* eksperimen konfirmasi, *confidence interval* untuk eksperimen konfirmasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, V_1, V_2} \times V_e \times \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.29}$$

dengan;

- $F_{\alpha, V_1, V_2}$  : *F ratio* dari tabel
- $\alpha$  : tingkat kesalahan
- $V_1$  : derajat kebebasan yang bernilai 1 untuk interval kepercayaan
- $V_2$  : derajat kebebasan dari *pooled error variance*
- $V_e$  : *error variance*
- $n_{eff}$  : jumlah observasi yang efektif
- $r$  : jumlah pengulangan (replikasi)

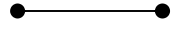

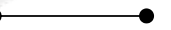



Sehingga *confidence interval* untuk eksperimen konfirmasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu_{Confirmation} - CI \leq \mu_{Confirmation} \leq \mu_{Confirmation} + CI \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 2.30}$$



Keputusan kondisi optimal dapat diterima atau tidak yaitu dengan membandingkan rata-rata nilai estimasi dan rata-rata hasil eksperimen konfirmasi dengan masing-masing selang kepercayaan. Penjelasan lebih lanjut diuraikan pada tabel 2.7 dibawah ini.

**Tabel 2.7 Perbandingan selang kepercayaan**

Kondisi	Perbandingan	Keterangan	Keputusan
A		Optimal	diterima
		Konfirmasi	
B		Optimal	diterima
		Konfirmasi	
C		Optimal	ditolak
		Konfirmasi	

Sumber: Belavendram, 1995

## 2.6 PENELITIAN SEBELUMNYA

Instika Dani (2005) dalam tugas akhir dengan judul “Penentuan *Setting* Optimal Dengan Menggunakan Metode Taguchi Dalam Proses Produksi Gypsum Interior Berdasarkan Pengujian Kuat Desak (Studi Kasus Pada UD. Mahkota Solo)” melakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kuat desak gypsum interior yang dihasilkan, menentukan *analysis of variance* (Anova) dan menghitung *signal to noise ratio* (SN ratio), menentukan *setting level* terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh, menghitung *quality loss function* untuk mengetahui kerugian yang diakibatkan adanya produk yang cacat. Hasil pengolahan data diketahui pada kondisi optimal ternyata serat rowing tidak berpengaruh terhadap kuat desak gypsum interior.

Zaki Mubarak (2004) dalam tugas akhir dengan judul “Pengaruh Variasi Perlakuan Alkali Serat *Cantula* Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit *UPRS-Cantula*” melakukan penelitian yang bertujuan mengetahui pengaruh perlakuan alkali serat cantula terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkannya. Serat cantula diperlakukan dengan larutan 1, 2, 4, 6, dan 10 % NaOH selama 6 jam. Selanjutnya dilakukan pengujian tarik serat cantula, pengujian tarik komposit dan pengujian bending komposit, baik untuk serat tanpa perlakuan maupun dengan

perlakuan alkali. Pengujian tarik serat tunggal dengan perlakuan alkali 2 % NaOH menunjukkan peningkatan kekuatan tarik sebesar 7 % dari serat tanpa perlakuan. Demikian juga kekuatan tarik dan modulus tarik komposit tertinggi didapatkan pada komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan 2 % NaOH dengan kenaikan sebesar 29 % dan 67,1 %, juga kekuatan bending dan modulus bendingnya mengalami kenaikan sebesar 20,7 % dan 38 % dibanding komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan. Dari pengamatan permukaan patah komposit menggunakan mikroskop terlihat bahwa perlakuan alkali serat dapat meningkatkan kekuatan ikatan antarmuka antara serat dan matriknya. Pada komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan cenderung terjadi *pull-out* dalam jumlah banyak, sedangkan pada komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan alkali, kecenderungan komposit patah secara melintang dengan *pull-out* yang terjadi lebih sedikit.

Erie Muhar Mas'adie (2006) dalam tugas akhir dengan judul "Pengaruh Fraksi Berat Serat *Cantula* Anyaman 3D Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit *UPRS-Cantula* 3D" melakukan penelitian yang bertujuan mengetahui pengaruh variasi fraksi berat anyaman serat cantula 3D (mats 3D) terhadap sifat mekanik komposit *UPRS-Cantula* 3D. Serat tanaman cantula dianyam dengan alat bantu tenun kearah sumbu X, Y, dan Z sehingga diperoleh mats kantula 3D. Komposit dibuat dengan cara menggabungkan mats dengan resin *unsaturated polyester* (UPRs). Penelitian dilakukan dengan cara memvariasikan fraksi berat anyaman serat pada nilai 30%, 40%, 50%, dan 60%. Kekuatan mekanik yang diuji meliputi kekuatan tarik, kekuatan bending, dan impak dari komposit mengalami peningkatan seiring bertambahnya fraksi berat anyaman serat yang digunakan.

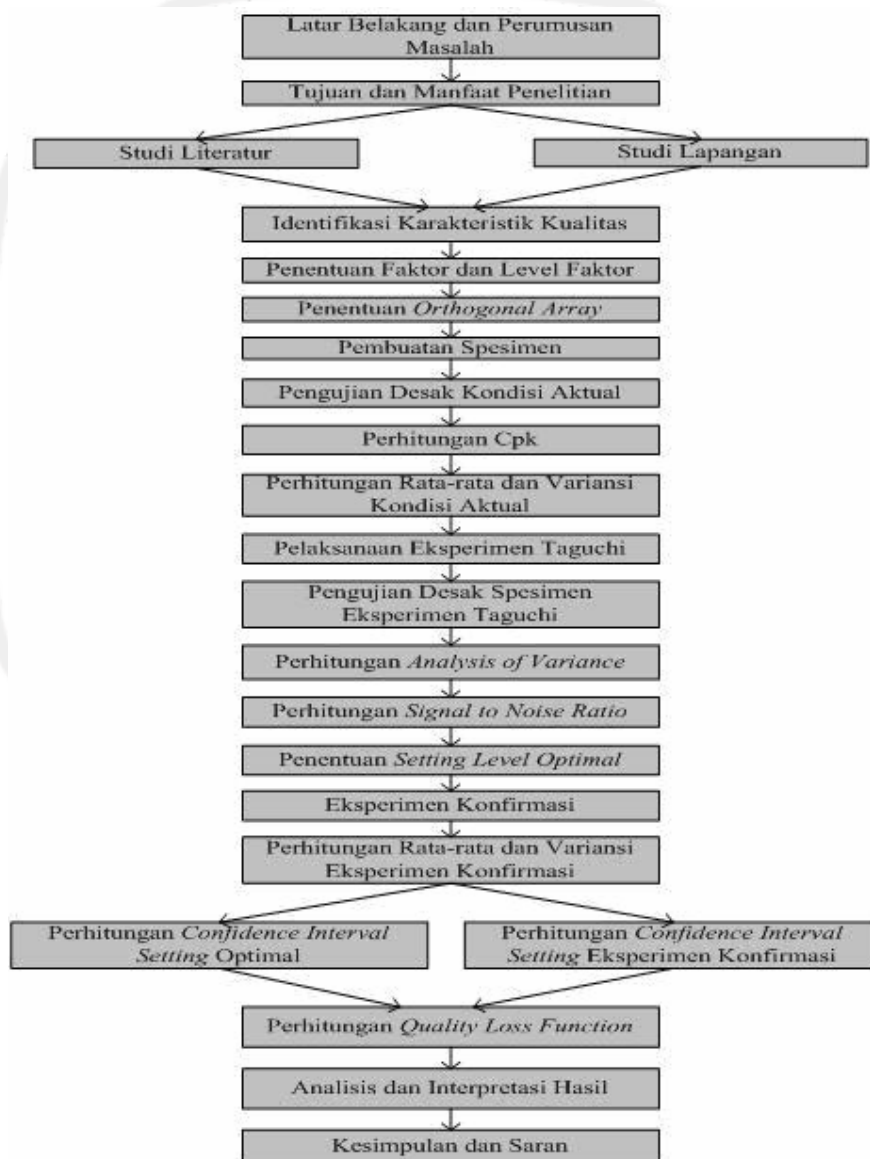
Sargiyono (2004) dalam tugas akhir dengan judul "Pengaruh Variasi Fraksi Volume Pada Kekuatan Tarik Komposit *Unsaturated Polyester Resin-Yukalac 15-7 BQTN-EX* Berpenguat Serat *Agave Cantula Roxb* Tanpa atau Dengan Perlakuan NaOH" melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik komposit *UPRs-Cantula* berdasarkan variasi fraksi volume dan perlakuan NaOH pada serat. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian tarik terhadap spesimen dengan alat uji tarik *gotech testing machine* sedangkan pengamatan permukaan patah spesimen dengan menggunakan

*stereozoom mikroskop*. Spesimen yang dibuat sebanyak 54 buah yang mengacu standar ASTM D 3039, pada penerapan fraksi volume serat 20%, 35% dan 50% dengan perlakuan NaOH 1%, 2%, 3%, 4%, 6% dan 10%. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik komposit berpenguat serat perlakuan NaOH akan meningkat mencapai puncaknya pada perlakuan 2% NaOH, kemudian menurun hingga mencapai minimum pada perlakuan 10% NaOH. Pada  $V_f = 50\%$  untuk komposit berpenguat serat perlakuan 2% NaOH mengalami peningkatan kekuatan tarik tertinggi sebesar 350.92% terhadap kekuatan tarik resin murni. Sedangkan modulus tariknya juga mengalami peningkatan tertinggi sebesar 353% terhadap modulus tarik resin murni.

Mascuk Susilo (2004) dalam tugas akhir dengan judul “Pengaruh Filler  $\text{CaCO}_3$  Terhadap Sifat Mekanis Komposit *UPRS-Cantula*” melakukan penelitian yang bertujuan untuk mempelajari efek penggunaan *filler*  $\text{CaCO}_3$  terhadap kekuatan tarik komposit *unsaturated polyester (resin)* dan komposit *unsaturated polyiester* yang diperkuat serat alam *Agave Cantula Roxb* serba searah. Komposit *unsaturated polyester* dibuat dari resin *polyester* dan mengandung persen berat *filler*  $\text{CaCO}_3$  sebesar 0%, 5%, 10%, 20%, 30%, sedangkan komposit *unsaturated polyester* yang diperkuat serat alam *Agave Cantula Roxb* serba searah menggunakan fraksi volume serat sebesar 0.3. Pembuatan komposit dilakukan dengan cara manual *hand layup* serta berdasarkan ASTM D638 dan ASTM D 3039. Kekuatan tarik komposit *unsaturated polyester* mengalami peningkatan sebesar 20.6%, 25.7%, 8.9%, pada saat kandungan *filler* sebesar 5%, 10%, 20%, tetapi kekuatan tarik menurun sebesar 14.5% dari kekuatan tarik komposit tanpa  $\text{CaCO}_3$  pada saat kandungan *filler* 30%. Kekuatan tarik komposit *unsaturated polyester* yang diperkuat serat alam *Agave Cantula Roxb* serba searah menurun sebesar 4.6%, 5.7%, 7.6%, dan 12% seiring dengan bertambahnya kandungan *filler*. Penurunan ini dikarenakan adanya lingkungan asam yang menyebabkan serat menjadi rusak dan semakin banyaknya  $\text{CaCO}_3$  pada serat sehingga ikatan antara resin dan serat menjadi semakin lemah.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* terhadap kekuatan desak gypsum interior yang dikombinasikan dengan faktor-faktor lainnya serta menentukan *setting level* optimal terhadap kekuatan desak gypsum interior. Tahapan pada metodologi penelitian digambarkan dalam bentuk *flow chart* seperti gambar 3.1 dibawah ini.



**Gambar 3.1** Metodologi penelitian

Metodologi penelitian di atas diuraikan dalam beberapa tahap dan tiap tahapnya akan dijelaskan melalui langkah-langkah yang dilakukan. Uraian lebih lengkap tiap tahapnya akan dijelaskan dalam subbab berikut ini.

### 3.1 TAHAP IDENTIFIKASI MASALAH

Tahap identifikasi masalah diawali dari menentukan area penelitian, latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian. Studi pustaka dan studi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi masalah lebih spesifik sehingga dapat ditentukan hipotesa penelitian. Tahap identifikasi masalah meliputi langkah-langkah, sebagai berikut:

1. Menentukan area penelitian,  
Penelitian dilakukan di UD. Mahkota yang merupakan salah satu penghasil produk gypsum interior yang berada di daerah Joyotakan, Surakarta.
2. Latar belakang dan perumusan masalah,  
Pada saat ini dalam memproduksi gypsum interior perusahaan masih menggunakan serat buatan berupa serat rowing sebagai serat penguat produk gypsum interior. Dilandasi oleh beberapa keunggulan yang dimiliki serat organik, melalui penelitian ini peneliti ingin mengetahui pengaruh penggunaan serat organik berupa serat *Agave Cantula Roxb* untuk dijadikan serat penguat alternatif yang dikombinasikan dengan faktor terkendali lainnya dalam suatu rangkaian percobaan menggunakan eksperimen Taguchi.
3. Tujuan dan manfaat penelitian,  
Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan gypsum interior yang dihasilkan berdasarkan uji kuat desak, menentukan *setting level* terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan gypsum interior berdasarkan uji kuat desak, serta mempelajari pengaruh penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* sebagai serat penguat dalam pembuatan gypsum interior berdasarkan uji kuat desak.
4. Studi Pustaka,  
Pada tahap ini dilakukan pendalaman materi untuk penyelesaian masalah yang dirumuskan. Materi yang dipelajari meliputi konsep-konsep metode Taguchi

yang nantinya akan dipakai dalam *merunning* eksperimen serta standar pengujian gypsum berdasarkan ASTM (*American Society For Testing and Material*) C 472.

5. Studi lapangan,

Studi lapangan dilakukan untuk mendalami materi pada area penelitian, sehingga penelitian dapat dilakukan sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan. Pendalaman materi di lapangan meliputi pengamatan proses produksi gypsum interior di perusahaan, kegiatan diskusi dengan operator perusahaan dan meneliti faktor-faktor yang berpengaruh pada proses produksi gypsum interior.

### 3.2 TAHAP PERENCANAAN EKSPERIMEN

Tahap perencanaan eksperimen dimulai dengan mengidentifikasi karakteristik kualitas yang terdiri dari penentuan karakteristik kualitas dan penentuan sistem pengukuran untuk masing-masing karakteristik kualitas untuk menghitung hasil eksperimen. Tahap ini dilakukan untuk menentukan faktor-faktor berpengaruh dan levelnya yang akan dilibatkan dalam eksperimen, kemudian dijelaskan dalam susunan *orthogonal array*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap ini yaitu:

1. Identifikasi karakteristik kualitas,

Karakteristik yang akan diteliti adalah *larger the better* untuk kualitas kuat desak (*compressive strength*) gypsum interior.

2. Penentuan faktor berpengaruh,

Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas diklasifikasikan menjadi faktor terkendali, faktor *noise* (tidak terkendali), faktor signal, dan faktor skala. Faktor yang akan diidentifikasi dalam penelitian ini adalah faktor terkendali. Faktor terkendali adalah faktor yang nilainya masih dapat dikendalikan.

3. Penentuan *setting level* faktor,

Penentuan *setting level* didasarkan teori-teori yang ada, pada batasan operasional yang dilakukan saat ini oleh perusahaan, dan juga hasil diskusi dengan operator. Sebelum ditentukan *setting levelnya*, terlebih dahulu harus



diketahui kondisi terkendali yang saat ini digunakan dalam perusahaan. Eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan tiga *setting level* faktor yang menunjukkan level tinggi (*high*), sedang (*medium*) dan rendah (*low*).

4. Penentuan *orthogonal array*,

Pemilihan *orthogonal array* dilakukan berdasarkan jumlah derajat bebas total dari seluruh faktor yang digunakan dalam eksperimen. Jumlah total derajat bebas menunjukkan jumlah baris minimal dalam percobaan.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penentuan *orthogonal array* sebagai berikut:

- a. Menghitung total jumlah derajat bebas yang diperlukan untuk eksperimen berdasarkan banyak faktor dan level dari faktor.
- b. Memilih suatu *orthogonal array* yang mempunyai derajat bebas minimal.
- c. Menggambarkan *graph linear* yang diperlukan.
- d. Memilih *graph linear* standar yang sesuai.
- e. Menyesuaikan *graph linear* yang diperlukan ke salah satu *graph linear* standar dari *orthogonal array* yang dipilih.
- f. Mengisikan faktor dan interaksi ke *orthogonal array*.

*Orthogonal array*  $L_9(3^4)$  diartikan sebagai *orthogonal array* yang mempunyai 4 faktor dengan 3 level dan eksperimen minimal sebanyak 9 kali. Dengan demikian *orthogonal array* untuk faktor terkendali yang merupakan *inner array* dalam penelitian ini seperti pada tabel 3.1 dibawah ini.

**Tabel 3.1 Orthogonal array  $L_9(3^4)$  faktor terkendali**

No Eksperimen	1	2	3	4
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

Sumber: Belavendram, 1995



### 3.3 TAHAP PELAKSANAAN EKPERIMEN

Eksperimen dilaksanakan berdasarkan *orthogonal array*. Tahap pelaksanaan eksperimen ini meliputi langkah-langkah, sebagai berikut:

1. Eksperimen pendahuluan,

Pelaksanaan eksperimen pendahuluan dimaksudkan untuk mendapatkan data rata-rata dan variansi kekuatan desak gypsum interior kondisi aktual. Eksperimen ini dilakukan berdasarkan proses yang berjalan di perusahaan. Perhitungan indeks kemampuan proses dilaksanakan pada tahap ini untuk mengetahui kemampuan proses pada kondisi aktual. Data pengujian spesimen yang diperoleh nantinya digunakan sebagai pembandingan terhadap kondisi optimal.

2. Eksperimen optimasi,

Pelaksanaan eksperimen optimasi ini bertujuan untuk menentukan *setting level* optimal faktor faktor yang digunakan dalam eksperimen. Hasil yang akan didapatkan dalam eksperimen optimasi ini adalah data pengukuran uji *compressive strength* untuk tiap-tiap kombinasi *level* beserta replikasinya. Perhitungan terhadap data yang diperoleh didapatkan *setting level* optimal dan selanjutnya diverifikasi melalui eksperimen konfirmasi.

3. Eksperimen konfirmasi,

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk membuktikan performansi yang diramalkan yaitu kondisi optimal untuk level faktor-faktor dalam eksperimen. Jika hasil eksperimen konfirmasi membuktikan performansi yang diramalkan, maka kondisi optimum dapat diterapkan dalam proses. Jika sebaliknya, maka desain eksperimen seharusnya dievaluasi lagi. Keputusan penerimaan terhadap kondisi optimal yaitu dengan membandingkan rata-rata nilai estimasi dan rata-rata hasil eksperimen konfirmasi dengan masing-masing level kepercayaan.

#### 3.3.1 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen diawali dengan penentuan standar untuk bahan, alat, spesifikasi spesimen dan standar pengujian yang sesuai agar memenuhi karakteristik kualitas yang telah ditentukan. Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan spesimen, yaitu:

## A. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Gypsum *plaster*, digunakan sebagai matrik pada spesimen dan juga sebagai bahan baku utama.
2. Serat *Agave Cantula Roxb*, digunakan sebagai penguat spesimen uji desak.
3. Semen putih, digunakan sebagai bahan tambahan matrik spesimen uji desak.
4. NaOH *flake*, digunakan sebagai pelarut pada saat perlakuan alkali serat sebelum digunakan sebagai penguat.
5. Air, digunakan sebagai pelarut NaOH dan juga sebagai pelarut gypsum *plaster*.

## B. Alat

Alat-alat yang digunakan sebagai berikut:

1. Neraca, digunakan untuk mengukur massa berat.
2. Oven atau pemanas listrik, digunakan untuk perlakuan awal serat sebelum digunakan sebagai penguat.
3. *Moulding* kayu, digunakan untuk membuat spesimen uji desak.
4. Gelas ukur 500 cc, digunakan untuk mengukur volume air.

## C. Proses pembuatan spesimen

Proses pembuatan spesimen terdiri dari dua tahap yang diuraikan dibawah ini:

1. Perlakuan serat,

Sebelum digunakan sebagai penguat, serat *cantula* terlebih dahulu dilakukan *treatment* dengan merendam kedalam larutan NaOH 2% selama 6 jam. Setelah perendaman, serat dikeluarkan dari larutan dan dicuci bersih untuk kemudian diangin-anginkan pada suhu kamar selama 3 hari. Selanjutnya serat dipanaskan pada suhu 110°C selama 45 menit.



(a)

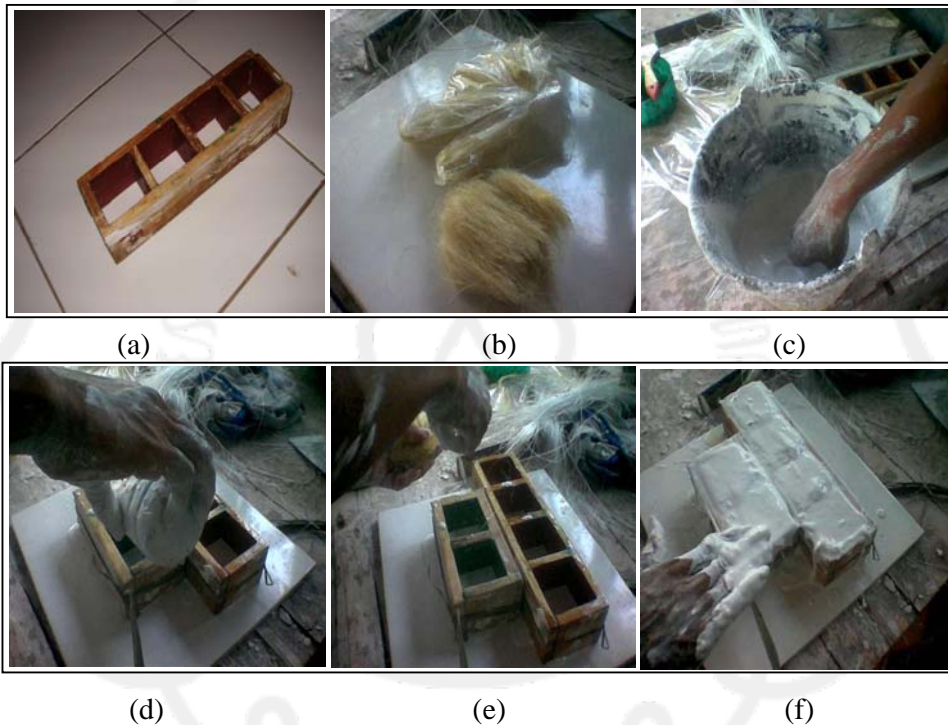
(b)

**Gambar 3.2 (a) Perlakuan alkali serat, (b) pengeringan serat**

Sumber: Laboratorium P3 Teknik Industri UNS, 2006

## 2. Pembuatan gypsum,

Gypsum dibuat dengan cara cetak menggunakan tangan atau *hand layup*. Pertama kali kita menyiapkan cetakan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan sebelumnya. Selanjutnya serat cantula yang telah disiapkan ditimbang sesuai dengan fraksi volume yang diinginkan. Setelah serat siap, pasta gypsum *plaster* dibuat dengan komposisi sesuai dengan *orthogonal array* dan kemudian dituangkan kedalam cetakan sambil menyisipkan serat. Selanjutnya spesimen dibiarkan sampai kering untuk kemudian diangkat dari cetakan.

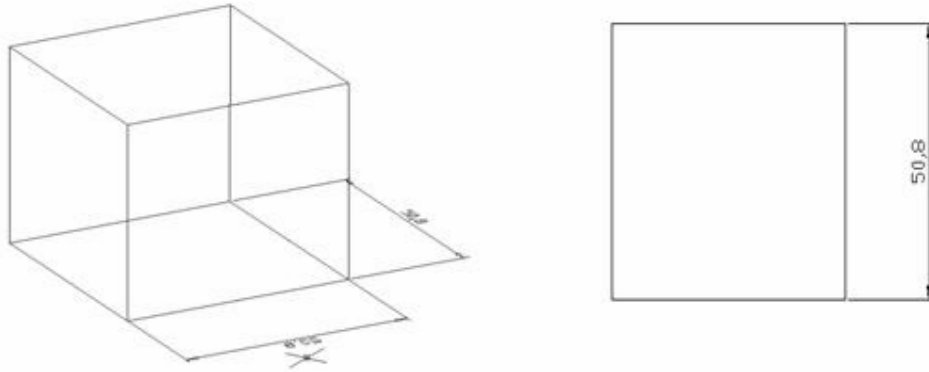


**Gambar 3.3 (a) Menyiapkan cetakan, (b) menyiapkan serat sesuai ukuran spesimen, (c) menyiapkan adonan, (d) menuangkan adonan ke dalam cetakan, (e) menyisipkan serat, (f) finishing**

Sumber: Laboratorium P3 Teknik Industri UNS, 2006

### D. Bentuk dan dimensi spesimen

Bentuk dan dimensi spesimen uji desak gypsum mengacu pada standar ASTM C 472. Bentuk dan dimensi spesimen berdasarkan standar ASTM yakni kubus dengan panjang sisi 50.8 mm. Bentuk dan dimensi cetakan dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini.



**Gambar 3.4 Bentuk dan dimensi spesimen berdasarkan ASTM C 472**

Sumber: Annual book of ASTM standar vol 04.01, 1997

### 3.4 PENGOLAHAN DATA

Pada tahap pengolahan data, data yang sudah diperoleh dari eksperimen diolah agar dapat dilakukan analisis. Langkah-langkah dalam proses pengolahan data sebagai berikut:

1. Perhitungan analisis variansi (Anova),

Analisa variansi dapat digunakan sebagai kriteria pemilihan faktor-faktor yang diperkirakan paling berpengaruh terhadap rata-rata dan variansi karakteristik kualitas. Selain itu dari perhitungan analisa variansi dapat diketahui apakah perancangan eksperimen Taguchi yang dilakukan diterima atau ditolak, dengan kata lain dapat digunakan sebagai salah satu jalan dalam mengambil keputusan.

2. Perhitungan *signal to noise ratio*,

Perhitungan *signal to noise ratio* bertujuan untuk meningkatkan kekuatan pada gypsum interior. Dengan berdasarkan karakteristik yang digunakan maka nilai yang dicari dari *signal to noise ratio* ini adalah *larger the better* (l.t.b). Memiliki karakteristik kualitas yang kontinu dan non negatif yang mempunyai nilai 0 sampai  $\infty$  dimana nilai target yang diharapkan adalah selain 0 atau dengan kata lain mempunyai nilai sebesar mungkin.

3. Penentuan *setting level* optimal,

Dalam optimasi karakteristik kualitas, sangat penting untuk menggunakan dua tahap proses optimasi yaitu mengurangi variansi dan mengatur target sesuai dengan yang diinginkan.

4. Perhitungan *confidence interval*,  
Setelah eksperimen dilakukan, kemudian menghitung rata-rata proses pada kondisi yang diramalkan. Perlu diketahui, bahwa 95 % (level kepercayaan) dari hasil eksperimen konfirmasi harus berada dalam  $\pm x$  (interval kepercayaan). Salah satu kegunaan perhitungan interval kepercayaan yaitu untuk eksperimen konfirmasi.
5. Perhitungan *quality loss function*,  
Tujuan dari fungsi kerugian (*quality loss function*) Taguchi adalah untuk mengevaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan oleh adanya variasi (Belavendram, 1995). Secara umum, setiap karakteristik kualitas mempunyai target. Sedangkan target yang digunakan dalam penelitian ini adalah *larger the better* (l.t.b).

### 3.5 TAHAP VERIFIKASI

Pada tahap ini akan dibahas mengenai eksperimen konfirmasi sebagai verifikasi dari hasil *setting level* optimal eksperimen Taguchi, adapun uraian untuk lebih jelasnya sebagai berikut:

1. Pelaksanaan eksperimen konfirmasi,  
Eksperimen konfirmasi dilakukan berdasarkan level kondisi optimal yang telah dihasilkan pada proses optimasi.
2. Pengujian kuat desak spesimen eksperimen konfirmasi,  
Pengujian desak spesimen eksperimen konfirmasi dimaksudkan untuk mengetahui besar kekuatan desak gypsum hasil eksperimen konfirmasi.
3. Perhitungan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi,  
Rumus yang digunakan untuk perhitungan selang kepercayaan untuk eksperimen konfirmasi hampir sama dengan selang kepercayaan prediksi respon pada kondisi optimal, tetapi ditambahkan jumlah replikasi yang digunakan untuk eksperimen konfirmasi.
4. Analisis selang kepercayaan kondisi optimal dan konfirmasi,  
Penilaian diterima atau tidaknya hasil eksperimen konfirmasi dilakukan dengan perbandingan selang kepercayaan antara hasil prediksi respon pada kondisi optimal dengan hasil eksperimen konfirmasi. Jika prediksi respon dan

hasil eksperimen konfirmasi cukup dekat satu sama lain maka dapat disimpulkan rancangan telah memenuhi persyaratan dalam eksperimen konfirmasi.

5. Perhitungan nilai rata-rata dan variansi eksperimen konfirmasi, Tujuan perhitungan nilai rata-rata dan variansi hasil eksperimen konfirmasi adalah untuk dibandingkan dengan hasil dari kondisi aktual.
6. Perhitungan *quality loss function*, Perhitungan *quality loss function* digunakan untuk mengetahui fungsi kerugian untuk perusahaan dan fungsi kerugian untuk konsumen.

### **3.6 ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL**

Pada bagian ini dijelaskan hasil perhitungan untuk kemudian dilakukan analisa terhadap hasil yang diperoleh dari pengolahan data.

### **3.7 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bagian ini menjelaskan tentang kesimpulan mengenai hasil dari pembahasan keseluruhan terhadap hasil penelitian. Sedangkan saran berisi tentang hal-hal yang harus dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya.



## BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini diuraikan proses pengumpulan dan pengolahan data dalam penelitian. Perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan analisa variansi, interval kepercayaan, *signal to noise ratio* yang akan dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

### 4.1 PENGUMPULAN DATA

Data data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi identifikasi karakteristik kualitas, persiapan spesimen, data kondisi aktual, data eksperimen optimasi dan data eksperimen konfirmasi.

#### 4.1.1 Identifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas yang diukur adalah *compressive strength* pada gypsum berdasarkan standar pengujian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) C 472 dengan karakteristik yang digunakan adalah *larger the better*.

#### 4.1.2 Pengumpulan Data Pada Kondisi Aktual

Data kondisi aktual berupa data kekuatan desak gypsum berpenguat serat *rowing*. Pada kondisi aktual, eksperimen dilakukan sesuai dengan *setting* perusahaan yakni menggunakan serat *rowing* dengan fraksi volume 2,5%, menggunakan merk Aplus, tidak menggunakan semen putih (fraksi berat semen putih 0%), komposisi air 7,5:10. Data kondisi aktual berguna untuk mengetahui performansi kualitas pada kondisi sebenarnya, berikut ini adalah data hasil pengujian desak spesimen pada kondisi aktual.

**Tabel 4.1 Hasil pengujian desak pada kondisi aktual**

No. Spesimen	<i>Compressive strength</i> (kg/cm <sup>2</sup> )
1	23,5
2	23,8
3	24,2
4	24,5

Sumber: Hasil pengujian Lab. Bahan T. Sipil UNS, 2006



Pengujian desak untuk spesimen pada kondisi aktual dilaksanakan pada tanggal 19 Oktober 2006 di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil UNS.

#### 4.1.3 Eksperimen Taguchi

Eksperimen Taguchi ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan serta besar pengaruh faktor-faktor yang diselidiki terhadap suatu hasil kerja tertentu dan mendapatkan kombinasi level-level faktor yang memberikan hasil optimal sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

##### A. Identifikasi faktor-faktor berpengaruh

Pada tahapan ini diidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas melalui studi pustaka dan *brainstorming* dengan pihak operator. Penelitian ini hanya dibatasi pada faktor-faktor berpengaruh terkendali, sehingga faktor-faktor lain dianggap tidak signifikan terhadap hasil uji desak. Faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap kuat desak pada proses pembuatan gypsum, yaitu:

1. Fraksi volume serat,

Penggunaan serat dalam pembuatan gypsum interior bertujuan untuk memperkuat gypsum interior (Balai Pengembangan Pendidikan Luar Sekolah dan Pemuda, seri bahan belajar gypsum, 2003). Beban yang dialami oleh matrik gypsum akan didistribusikan sepanjang permukaan serat. Kemampuan berikatan serat dengan gypsum akan menentukan kekuatan gypsum interior secara keseluruhan, dimana dalam hal ini serat dapat disebut sebagai penguat struktur dalam dari matrik gypsum. Penggunaan serat pada bahan gypsum dapat dilakukan hingga 15% fraksi volume (Brady, 1997).

2. Fraksi berat semen putih,

Berdasarkan studi pustaka ([www.semen.gresik.com](http://www.semen.gresik.com)) diketahui bahwa pada umur 7 hari, semen putih memiliki kuat desak mencapai  $396 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga diharapkan kekuatan desak gypsum interior akan mengalami peningkatan dengan penambahan bahan semen putih.

3. Merk gypsum *plaster*,

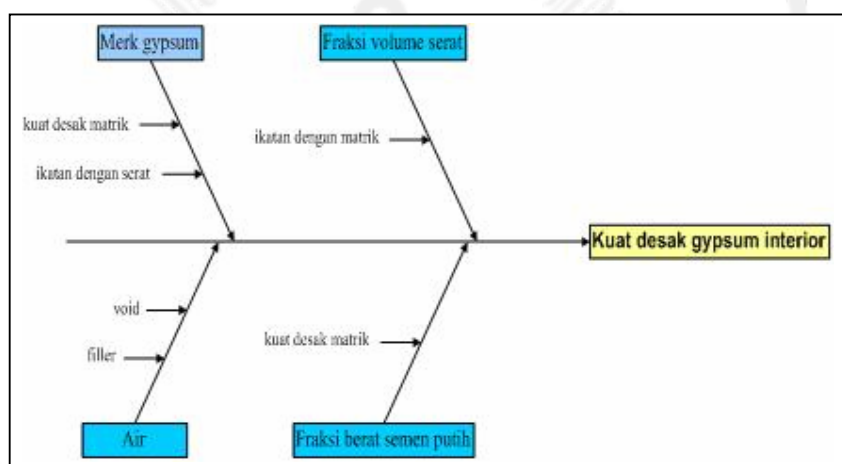
Setiap merk gypsum *plaster* memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Dengan melakukan variasi terhadap merk gypsum yang digunakan diharapkan

dapat dipilih merk gypsum yang dapat menghasilkan kekuatan desak tinggi. Pemilihan merk gypsum *plaster* didasarkan pada kesetaraan harga dengan merk yang digunakan pada kondisi aktual (UD Mahkota, 2006).

#### 4. Air,

Air digunakan sebagai pelarut gypsum plaster (BPPLSP, seri bahan belajar gypsum, 2003). Apabila pencampuran air terlalu banyak maka akan menimbulkan terjadinya *void* pada matrik sehingga menyebabkan matrik tidak terlalu kuat. Sebaliknya, jika pencampuran air terlalu sedikit, maka pasta terlalu kental sehingga susah untuk meresap ke sela-sela serat, hal ini menyebabkan ikatan antara matrik dan serat menjadi tidak sempurna.

Faktor-faktor berpengaruh yang diidentifikasi dapat digambarkan dalam diagram *fishbone*, seperti diuraikan pada gambar 4.1 berikut ini.



**Gambar 4.1 Diagram fishbone faktor berpengaruh terhadap kuat desak gypsum interior**

Sumber: Data diolah, 2006

Identifikasi faktor yang berpengaruh terhadap kuat desak gypsum interior dalam bentuk tabel dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

**Tabel 4.2 Faktor-faktor terkendali yang berpengaruh**

No	Faktor terkendali
1	Fraksi volume serat (A)
2	Fraksi berat semen putih (B)
3	Merk gypsum <i>plaster</i> (C)
4	Air (D)

Sumber: Data diolah, 2006

## B. Penentuan *setting level* faktor

Eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan tiga *setting level* faktor yang menunjukkan level tinggi (*high*), sedang (*medium*) dan rendah (*low*). *Setting level* untuk faktor-faktor yang dilibatkan dalam eksperimen diuraikan sebagai berikut:

1. Variasi fraksi volume serat terhadap spesimen adalah 0%, 2.5% dan 5%, dimana rentang fraksi volume serat ini merupakan batas maksimal yang masih dapat dilakukan dalam pembuatan spesimen. Apabila menggunakan fraksi volume yang lebih tinggi maka akan mengalami kesulitan dalam proses pencetakan karena pasta kesulitan untuk masuk ke sela-sela serat, hal ini terjadi karena pada kondisi level tinggi (fraksi volume serat sebesar 5% ), serat hampir memenuhi cetakan.
2. Variasi fraksi berat semen putih terhadap matrik adalah 0%, 5%, dan 10%, dimana pada level 5% dan pada level 10% diperkirakan akan terjadi peningkatan kekuatan desak pada spesimen.
3. Variasi merk gypsum *plaster* adalah Aplus, Indal, dan Star, pemilihan ketiga merk ini didasarkan pada kesetaraan harga dengan merk yang digunakan pada kondisi aktual (UD Mahkota, 2006).
4. Fraksi berat air terhadap matrik adalah 6:10, 7.5:10, dan 9:10, dimana level 7.5:10 merupakan setting perusahaan (UD Mahkota, 2006) sedangkan level 6:10 merupakan 20% lebih rendah dari setting level perusahaan sedangkan level 9:10 merupakan 20% lebih tinggi dari setting level perusahaan. Apabila menggunakan setting level yang lebih tinggi lagi maka matrik terlalu encer sehingga sulit untuk dicetak, demikian juga bila terlalu rendah maka matrik terlalu kental sehingga saat dicetak sulit untuk masuk ke sela-sela serat.

Berikut ini adalah tabel 4.3 penugasan *setting level* faktor untuk eksperimen Taguchi.

**Tabel 4.3 Penugasan faktor terkendali**

Faktor terkendali	Level 1	Level 2	Level 3
Fraksi volume serat	0%	2.5%	5%
Fraksi berat semen putih	0%	5%	10%
Merk gypsum	Aplus	Indal	Star
Air	6:10	7.5:10	9:10

Sumber: Data diolah, 2006

### C. Penentuan *orthogonal array* dan jumlah spesimen

Eksperimen ini melibatkan 4 faktor terkendali masing-masing memiliki 3 level. Jumlah level dan faktor yang ada dapat ditentukan jumlah baris untuk matriks *orthogonal array* yaitu 9, sehingga *orthogonal array* yang sesuai adalah  $L_9(3^4)$ , karena *orthogonal array* ini dapat mengakomodasi jumlah faktor dan level yang ada.

**Tabel 4.4 Orthogonal array faktor terkendali**

Eksperimen	A	B	C	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

Sumber: Belavendram, 1995

$$v_{oa} = 9 - 1 = 8$$

$$v_{fl} = 4 \times (3 - 1) = 8$$

Menggunakan *orthogonal array*  $L_9(3^4)$  ini maka jumlah eksperimen yang harus dijalankan adalah sembilan kali dengan replikasi masing-masing eksperimen empat kali. Replikasi dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan eksperimen serta meningkatkan ketelitian data percobaan. Sehingga jumlah spesimen yang dibutuhkan untuk eksperimen optimasi sebanyak 36.

#### D. Pengujian *compressive strength* spesimen

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui besar kekuatan desak gypsum. Alat yang digunakan untuk uji desak adalah *Universal Testing Machine* yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret oleh pihak laboran.

**Tabel 4.5** Klasifikasi mesin yang digunakan

<b>Nama Mesin</b>	Universal Testing Machine
<b>Merk</b>	Shimadzu, Japan
<b>Serial no.</b>	6543741 Y
<b>Type</b>	EELQ-57
<b>Kalibrasi</b>	27-02-2004



(a)

(b)

(c)

**Gambar 4.2** (a) Spesimen uji, (b) Alat uji kuat desak, (c) Pengujian kuat desak

Sumber: Lab. Bahan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, 2006

Data pengujian desak dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

**Tabel 4.6** Hasil eksperimen Taguchi

No	Faktor Terkendali				R1(kg/cm <sup>2</sup> )	R2(kg/cm <sup>2</sup> )	R3(kg/cm <sup>2</sup> )	R4(kg/cm <sup>2</sup> )
	A	B	C	D				
1	1	1	1	1	52,2	51,6	54,4	52,8
2	1	2	2	2	41,4	43,6	41	43,2
3	1	3	3	3	24,4	17,8	25,8	25,2
4	2	1	2	3	18,8	17,2	19,2	16,6
5	2	2	3	1	35,4	36,2	34,4	35,6
6	2	3	1	2	25,8	27,4	26,8	26,2
7	3	1	3	2	20	19,6	19,4	19
8	3	2	1	3	8	7	9	6
9	3	3	2	1	14	13,2	12	12,6

Sumber: Hasil pengujian eksperimen Taguchi Lab. Bahan T.Sipil UNS, 2006

Pengujian kuat desak untuk hasil eksperimen Taguchi dilaksanakan pada tanggal 19 Oktober 2006 di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik sipil UNS.

#### 4.1.4 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi adalah eksperimen yang dijalankan pada kombinasi level-level faktor terbaik yang terpilih berdasarkan hasil yang didapat dari eksperimen optimasi. Tujuan dari eksperimen konfirmasi adalah untuk memeriksa hasil dari eksperimen optimasi. Jika kombinasi level terbaiknya dan hasil eksperimen konfirmasi cukup dekat satu sama lain maka dapat disimpulkan rancangan telah memenuhi persyaratan dalam eksperimen. Hasil eksperimen konfirmasi dari hasil *setting level* optimal eksperimen optimasi dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

**Tabel 4.7 Hasil pengujian kuat desak eksperimen konfirmasi**

No. Spesimen	<i>Compressive strength</i> (kg/cm <sup>2</sup> )
1	54
2	54,8
3	54,4
4	51.6

Sumber: Data eksperimen konfirmasi Lab.Bahan T.Sipil UNS, 2006

Eksperimen konfirmasi dilaksanakan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta pada tanggal 4 November 2006.

## 4.2 PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data menggunakan dua analisis terdiri dari *analysis of mean* dan *analysis of signal to noise ratio*. Langkah-langkah pengolahan data diuraikan di bawah ini.

### 4.2.1 Menghitung Nilai Rata-Rata Dan Variansi Pada Kondisi Aktual

Pengambilan data kondisi aktual dimaksudkan untuk membandingkan hasil dari kondisi yang ada pada saat penelitian, mengetahui apakah faktor-faktor yang telah ditentukan berpengaruh signifikan terhadap kekuatan desak gypsum interior dan apakah *setting level* yang telah didapatkan benar-benar optimal.

**Tabel 4.8 Pengukuran nilai rata-rata dan variansi hasil kondisi aktual**

No. Spesimen	Compressive Strength (kg/cm <sup>2</sup> )
1	23,5
2	23,8
3	24,2
4	24,5
<b>Rata-rata</b>	24
<b>Variansi</b>	0,193333

Sumber: Data diolah, 2006

Rumus perhitungan nilai rata-rata:

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

dengan;

$\mu$  : nilai rata-rata.

$y_i$  : nilai sampel ke- $i$ .

$n$  : jumlah sampel.

Perhitungan nilai rata-rata, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \\ &= \frac{1}{4} (23.5 + 23.8 + \dots + 24.5) \\ &= 24 \end{aligned}$$

Rumus perhitungan nilai variansi:

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

dengan;

$\sigma^2$  : variansi

$\mu$  : nilai rata-rata.

$y_i$  : nilai sampel ke- $i$ .

$n$  : jumlah sampel



$$\begin{aligned}
 \sigma^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \\
 &= \frac{1}{4-1} \{(23.5-24)^2 + \dots + (24.5-24)^2\} \\
 &= 0.1933
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2 Perhitungan Indeks Kemampuan Proses

Analisis kemampuan proses mendefinisikan kemampuan proses memenuhi spesifikasi atau mengukur kinerja proses. Perhitungan indeks kemampuan proses karakteristik kualitas kuat desak dapat diketahui sebagai berikut:

$$C_{pk} = \text{Minimum} \left[ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right]$$

Karakteristik kualitas yang digunakan yaitu *larger the better*, maka perhitungan dilakukan dengan menggunakan batas bawah. Batas bawah sebesar 22.45 kg/cm<sup>2</sup> (ASTM C 28), sehingga indeks kemampuan proses, yaitu:

$$C_{pk} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} = \frac{24 - 22.45}{3 * 0.44} = 1.17$$

Hasil perhitungan di atas diperoleh bahwa  $C_{pk} > 1$ .  $C_{pk} > 1$  berarti bahwa proses *capable*.

#### 4.2.3 Menghitung Nilai Rata-Rata Dan SNR Hasil Eksperimen Taguchi

Perhitungan nilai rata-rata untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan nilai rata-rata, sedangkan *SNR* untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas. Berikut ini adalah perhitungan nilai rata-rata dan *SNR*.

- a. Perhitungan nilai rata-rata eksperimen Taguchi,

Rumus perhitungan nilai rata-rata:

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

dengan;

$\mu$  : nilai rata-rata

$y_i$  : nilai sampel ke- $i$

$n$  : jumlah sampel

Perhitungan nilai rata-rata untuk hasil ekperimen 1, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \\ &= \frac{1}{3} (52.2 + 51.6 + \dots + 52.8) \\ &= 52.75\end{aligned}$$

Eksperimen 2 sampai 9 langkah perhitungan yang digunakan sama dengan perhitungan di atas. Hasil perhitungan nilai rata-rata dengan bantuan *software* Microsoft Excel dapat dilihat pada tabel 4.9 berikutnya.

b. Perhitungan nilai *signal to noise ratio* (SNR),

SNR yang dipilih adalah *larger the better* karena jenis karakteristik kualitas untuk kekuatan desak semakin besar semakin baik. Rumus *SNR larger the better*, sebagai berikut:

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

dengan;

$n$  : jumlah pengulangan eksperimen

$y_i$  : data pengamatan ke- $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

Perhitungan SNR untuk hasil eksperimen 1, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\eta &= -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \\ &= -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{4} \left( \frac{1}{52.2^2} + \frac{1}{51.6^2} + \dots + \frac{1}{52.8^2} \right) \right] \\ &= 34.4394 \text{ dB}\end{aligned}$$

Hasil eksperimen 2 sampai 9 langkah perhitungan yang digunakan sama dengan perhitungan di atas. Hasil perhitungan SNR dengan bantuan *software* Microsoft Excel dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut ini.

**Tabel 4.9 Pengukuran nilai rata-rata dan SNR eksperimen Taguchi**

No	Faktor Terkendali				R1	R2	R3	R4	Rata-rata	SNR
	A	B	C	D						
1	1	1	1	1	52,2	51,6	54,4	52,8	52,75	34,43943682
2	1	2	2	2	41,4	43,6	41	43,2	42,3	32,51770301
3	1	3	3	3	24,4	17,8	25,8	25,2	23,3	27,0372757
4	2	1	2	3	18,8	17,2	19,2	16,6	17,95	25,03375178
5	2	2	3	1	35,4	36,2	34,4	35,6	35,4	30,97564888
6	2	3	1	2	25,8	27,4	26,8	26,2	26,55	28,47453221
7	3	1	3	2	20	19,6	19,4	19	19,5	25,79623551
8	3	2	1	3	8	7	9	6	7,5	17,2035233
9	3	3	2	1	14	13,2	12	12,6	12,95	22,20322152

Sumber: Data diolah, 2006

Nilai rata-rata dan SNR di atas kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan *analysis of mean* dan *analysis of signal to noise ratio* untuk mencari *setting level* optimal, yaitu kondisi dengan nilai target yang tinggi dan variansi yang rendah.

#### 4.2.4 Melakukan Analisis Statistik Terhadap Nilai Rata-Rata

Taguchi menggunakan *analysis of means* untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata respon. *Analysis of means* merupakan metode yang digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan nilai rata-rata. Langkah-langkah dalam perhitungan analisis variansi (*mean*) yaitu:

1. Menghitung nilai rata-rata seluruh percobaan,

Nilai rata-rata seluruh percobaan adalah rata-rata dari semua data percobaan.

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{\sum y}{n} \\ &= \frac{52.2 + 51.6 + 54.4 + \dots + 13.2 + 12 + 12.6}{36} \\ &= 26.46667 \end{aligned}$$

2. Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor,

Perhitungan nilai rata-rata setiap level faktor menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum \bar{y}_{ijk}}{n_{ijk}}$$

dengan;

$\bar{y}_{jk}$  : nilai rata-rata faktor  $j$  level  $k$

$\bar{y}_{ijk}$  : nilai rata-rata eksperimen ke- $i$  untuk faktor  $j$  level  $k$

$n_{ijk}$  : jumlah eksperimen faktor  $j$  level  $k$

Perhitungan nilai rata-rata faktor A level 1, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \bar{y}_{jk} &= \frac{\sum \bar{y}_{ijk}}{n_{ijk}} \\ &= \frac{52.75 + 42.3 + 23.3}{3} \\ &= 39.45 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai rata-rata setiap level faktor selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini.

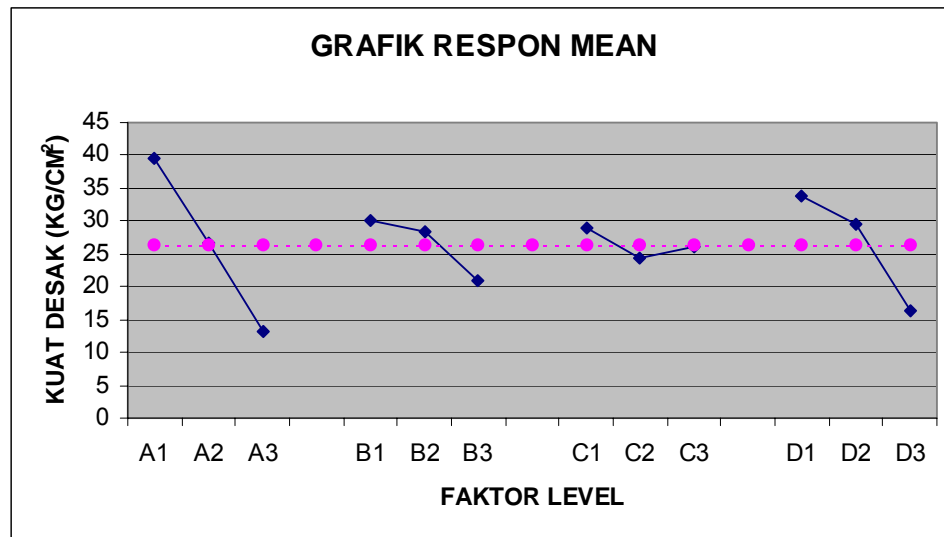
3. Membuat *response table* dan *response graph* untuk nilai rata-rata, Membuat *response table* dengan menghitung perbedaan nilai rata-rata respon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor-faktor dari yang terbesar sampai yang terkecil.

**Tabel 4.10 Tabel respon untuk nilai rata-rata eksperimen optimasi**

	A	B	C	D
Level 1	39,45	30,06667	28,93333	33,7
Level 2	26,63333	28,4	24,4	29,45
Level 3	13,31667	20,93333	26,06667	16,25
Selisih	26,13333	9,133333	4,533333	17,45
Ranking	1	3	4	2

Sumber: Data diolah, 2006

Berikut ini adalah gambar 4.3 yang merupakan *response graph* untuk nilai rata-rata:



**Gambar 4.3 Response graph untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi**

Berdasarkan gambar 4.3 dapat dilihat bahwa faktor A yang mempunyai rata-rata kuat desak yang lebih tinggi adalah level 1, faktor B yang mempunyai rata-rata kuat desak yang lebih tinggi adalah level 1, faktor C yang mempunyai rata-rata kuat desak tertinggi adalah level 1, sedangkan faktor D yang tertinggi adalah level 1.

4. Menghitung nilai *total sum of squares*,

$$\begin{aligned}
 ST &= \sum y^2 \\
 &= 52.2^2 + 51.6^2 + 54.4^2 + \dots + 12.6^2 \\
 &= 32063.04
 \end{aligned}$$

5. Menghitung *sum of squares due to mean*,

$$\begin{aligned}
 Sm &= n \bar{y}^{-2} \\
 &= 36 \times 26.46667^2 \\
 &= 25217.44
 \end{aligned}$$

6. Menghitung *sum of squares due to factors*,

*Sum of squares* deviasi dari target untuk faktor A, masing-masing A1, A2 dan A3 memiliki 12 percobaan.

$$\begin{aligned}
 SA &= n_{A1} \times \bar{A1}^2 + n_{A2} \times \bar{A2}^2 + n_{A3} \times \bar{A3}^2 - Sm \\
 &= 12 \times 39.45^2 + 12 \times 26.63^2 + 12 \times 13.316^2 - 25217.44 \\
 &= 4098.207
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai *sum of squares due to factors* B, C dan D sama dengan perhitungan di atas.

7. Menghitung *sum of squares due to error*,

$$\begin{aligned} Se &= ST - Sm - \sum S_j \\ &= ST - Sm - SA - SB - SC - SD \\ &= 32063.04 - 25217.44 - 4098.207 - 567.7867 - 126.1867 - 1987.22 \\ &= 66.2 \end{aligned}$$

8. Menentukan derajat bebas sumber-sumber variansi,

Misal, faktor A:

$$\begin{aligned} v_A &= \text{jumlah level} - 1 \\ &= 3 - 1 = 2 \end{aligned}$$

9. Menghitung *mean sum of squares*,

*Mean sum of squares* adalah pembagian antara *sum of squares* dengan derajat bebasnya. Misal, faktor A:

$$\begin{aligned} Mq_A &= \frac{Sq_A}{v_A} \\ &= \frac{4098.207}{2} \\ &= 2049.103 \end{aligned}$$

10. Menghitung nilai *F-ratio*,

Nilai *F-ratio* merupakan pembagian antara *mean sum of squares* dengan *error sum of squares*. Misal, faktor A:

$$\begin{aligned} F_A &= \frac{Mq_A}{Se} \\ &= \frac{2049.103}{2.451} \\ &= 835.737 \end{aligned}$$

11. Menghitung *pure sum of squares*,

Misal, faktor A:

$$\begin{aligned} SA' &= SA - v_A \times Ve \\ &= 4098.207 - 2 \times 2.451 \\ &= 4093.303 \end{aligned}$$

12. Menghitung *percent contribution*,

Misal, faktor A:

$$\begin{aligned}\rho A &= \frac{SA'}{St} \times 100\% \\ &= \frac{4093.303}{6845.6} \times 100\% \\ &= 59.79\%\end{aligned}$$

*Analysis of variance (mean)* dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut ini.

**Tabel 4.11 Analisis variansi (*mean*) sebelum *pooling up***

Source	Sq	v	Mq	F-ratio	Sq'	rho %	F tabel
A	4098,207	2	2049,103	835,737	4093,302963	59,79466	3,35
B	567,7867	2	283,8933	115,7873	562,882963	8,222551	3,35
C	126,1867	2	63,09333	25,73293	121,282963	1,771692	3,35
D	1987,22	2	993,61	405,2488	1982,316296	28,95752	3,35
e	66,2	27	2,451852	1	85,81481481	1,253576	
St	6845,6	35	3392,152		6845,6	100	
Mean	25217,44	1					
ST	32063,04	36					

Sumber: Data diolah, 2006

Berdasarkan tabel 4.11 di atas semua faktor signifikan, karena memiliki  $f_{hitung}$  lebih besar dari  $f_{tabel}$ . Disarankan menggunakan separuh dari derajat kebebasan *orthogonal array*, untuk menghindari *over-estimation*. Eksperimen ini menggunakan *orthogonal array*  $L_9(3^4)$ , maka hanya diambil satu (atau dua) faktor yang berpengaruh. Faktor dengan nilai *F-ratio* terkecil di-*pool* ke dalam *error* dalam melakukan *pooling* ini. Eksperimen ini faktor-faktor yang di-*pooling* ke dalam *error* adalah faktor B dan C.

13. *Pooling up of insignificant factors*,

Selanjutnya dilakukan *pooling up* terhadap faktor faktor yang memiliki *Mq* terkecil, dari anava diatas yang dapat *dipooling up* adalah faktor B dan C.

**Tabel 4.12 Analisis variansi (*mean*) setelah *pooling up***

Source	Sq	v	Mq	F-ratio	Sq'	rho %	F tabel
A	4098,207	2	2049,103	83,56279	4049,163226	59,14987	3,35
D	1987,22	2	993,61	40,51959	1938,176559	28,31273	3,35
Poolled e	760,1733	31	24,52172	1	858,2602151	12,5374	3,35
St	6845,6	35	195,5886		6845,6	100	3,35
Mean	25217,44	1					
ST	32063,04	36					

Sumber: Data diolah, 2006



#### 4.2.5 Melakukan Analisis Statistik Terhadap Nilai SNR

Taguchi menggunakan *analysis of signal to noise ratio* untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas (variabel respon). Karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuat desak, dimana semakin tinggi nilainya semakin baik, sehingga *SNR* yang digunakan adalah *larger the better*. Langkah-langkah perhitungan *signal to noise ratio (SNR)*, sebagai berikut:

1. Menghitung nilai rata-rata *signal to noise ratio* setiap level faktor,

Perhitungan nilai rata-rata *signal to noise ratio* setiap level faktor menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{\eta}_{jk} = \frac{\sum \bar{\eta}_{ijk}}{n_{ijk}}$$

Misal perhitungan untuk faktor A level 1:

$$\begin{aligned} \bar{\eta}_{A1} &= \frac{34.43 + 32.5 + 27.03}{3} \\ &= 31.33 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai rata-rata *SNR* setiap level faktor selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah ini.

2. Membuat *response table* dan *response graph* untuk *SNR*,

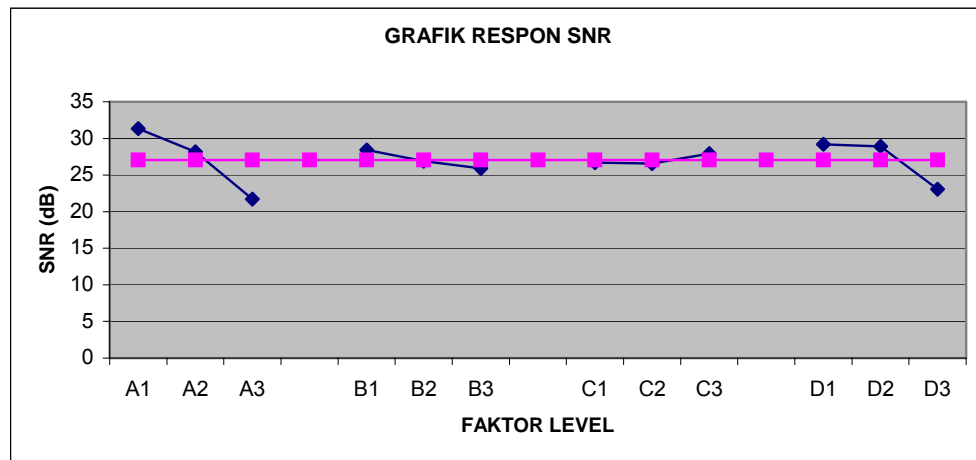
Membuat *response table* dengan menghitung perbedaan nilai rata-rata *SNR* respon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor-faktor dari yang terbesar sampai yang terkecil.

**Tabel 4.13 Tabel respon untuk nilai SNR eksperimen optimasi**

	A	B	C	D
Level 1	31,33147	28,42314	26,70583	29,20610241
Level 2	28,16131	26,89896	26,58489	28,92949025
Level 3	21,73433	25,90501	27,93639	23,09151693
Selisih	9,597145	2,518132	1,351495	6,11458548
Ranking	1	3	4	2

Sumber: Data diolah, 2006

Berikut ini adalah gambar 4.4 yang merupakan *response graph* untuk *SNR*:



**Gambar 4.4** Response graph untuk *SNR* eksperimen optimasi

Berdasarkan gambar 4.4 dapat dilihat bahwa untuk faktor A yang mempunyai *SNR* yang tertinggi adalah level 1, faktor B yang mempunyai *SNR* yang tertinggi adalah level 1, faktor C yang mempunyai *SNR* yang tertinggi adalah level 3 sedangkan faktor D yang mempunyai *SNR* tertinggi adalah level 1. *SNR* yang lebih tinggi menunjukkan bahwa variansi lebih kecil.

3. Menghitung nilai *total sum of squares*,

Perhitungan nilai *total sum of squares* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 ST &= \sum \eta^2 \\
 &= 9.232^2 + 6.803^2 + 5.420^2 + \dots + 21.230^2 \\
 &= 2996.514
 \end{aligned}$$

4. Menghitung *sum of squares due to the mean*,

Perhitungan nilai *sum of squares due to the mean* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Sm &= n \cdot \bar{\eta}^2 \\
 &= 9 \times \left( \frac{34.43 + 32.51 + \dots + 22.203}{9} \right)^2 \\
 &= 6597.843
 \end{aligned}$$

5. Menghitung *sum of square due to factors*,

Perhitungan nilai *sum of squares due to factors* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S_j = \left( \sum n_{jk} \cdot \overline{\eta_{ijk}}^2 \right) - Sm$$

Misal perhitungan *sum of squares due to factors* untuk faktor A:

$$\begin{aligned} S_A &= 3 \times 31.33^2 + 3 \times 28.16^2 + 3 \times 21.7^2 - 6597.843 \\ &= 143.46 \end{aligned}$$

6. Menentukan derajat bebas sumber-sumber variansi.

Misal, faktor A:

$$\begin{aligned} v_A &= \text{jumlah level} - 1 \\ &= 3 - 1 = 2 \end{aligned}$$

7. Menghitung *mean sum of squares*,

Perhitungan nilai *mean sum of squares* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M_{qj} = \frac{S_j}{V_j}$$

Misal, faktor A:

$$\begin{aligned} M_{qA} &= \frac{143.46}{2} \\ &= 71.73 \end{aligned}$$

8. Menghitung nilai *F-ratio*,

Perhitungan nilai *F-ratio* menggunakan rumus sebagai berikut:

Misal, faktor A:

$$\begin{aligned} F_A &= \frac{M_{qA}}{Se} \\ &= \frac{71.73}{3.25} \\ &= 22.058 \end{aligned}$$

9. Menghitung *pure sum of squares*.

Misal, faktor A:

$$\begin{aligned} SA' &= SA - v_A \times Ve \\ &= 143.46 - 2 \times 3.25 \\ &= 136.95 \end{aligned}$$

10. Menghitung *percent contribution*.

Misal, faktor A:

$$\begin{aligned}\rho_A &= \frac{SA'}{St} \times 100\% \\ &= \frac{136.95}{228.01} \times 100\% \\ &= 60.06\%\end{aligned}$$

Tabel *analysis of variance (SNR)* sebelum *pooling up* seperti pada tabel 4.14 berikut ini.

**Tabel 4.14 Analisis variansi (SNR)**

Source	Sq	v	Mq	F-ratio	Sq'	rho %
A	143,4612	2	71,73061959		143,4612	62,91737
B	9,652054	2	4,826027025		9,652054	4,233072
C	3,355432	2	1,677715838		3,355432	1,471582
D	71,5466	2	35,77330118		71,5466	31,37798
e	-	-	-	-	-	-
St	228,0153	8	28,50191591			100
Mean	6597,843	1				
ST	6825,859	9				

Sumber: Data diolah, 2006

Direkomendasikan untuk menggunakan hanya separuh dari jumlah derajat kebebasan *orthogonal array* yang digunakan dalam eksperimen agar tidak terjadi estimasi yang berlebihan. Eksperimen ini menggunakan *orthogonal array*  $L_9(3^4)$ , maka hanya diambil satu (atau dua) faktor yang berpengaruh. Faktor dengan nilai *Mq* terkecil di-*pool* ke dalam *error* dalam melakukan *pooling* ini. Eksperimen ini faktor-faktor yang di-*pooling* ke dalam *error* adalah faktor B dan C.

**Tabel 4.15 Analisis variansi (SNR) setelah *pooling up***

Source	Sq	v	Mq	F-ratio	Sq'	rho %
A	143,4612	2	71,73061959	22,05825818	136,9575	60,06504
D	71,5466	2	35,77330118	11,00083504	65,04286	28,52565
Pooled e	13,00749	4	3,251871432	1	26,01497	11,40931
St	228,0153	8	28,50191591		228,0153	100
Mean	6597,843	1				
ST	6825,859	9				

Sumber: Data diolah, 2006

#### 4.2.6 Menentukan *Setting Level Optimal*

Sangat penting untuk menggunakan dua tahap proses optimasi dalam mengoptimalkan karakteristik kualitas, yaitu mengurangi variansi dan mengatur target sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Berikut adalah tabel perbandingan pengaruh faktor.

**Tabel 4.16 Perbandingan pengaruh faktor**

Faktor	$\bar{y}$	$\sigma$	Pengaruh	Gunakan
A	$\sqrt{1}$	$\sqrt{1}$	Rata-rata dan variansi	A1
B	X	X	Tidak berpengaruh	B1
C	X	X	Tidak berpengaruh	C3
D	$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	Rata-rata dan variansi	D1

Keterangan:  $\sqrt{\quad}$  menunjukkan faktor tersebut penting dan X menunjukkan faktor tidak penting. Angka disebelah  $\sqrt{\quad}$  menunjukkan ranking (berdasarkan tabel respon).

Berdasarkan tabel perbandingan pengaruh faktor 4.16 di atas dihasilkan kombinasi level faktor yang optimal yaitu: A1, D1.

#### 4.2.7 Menentukan Nilai Prediksi Respon Dan Selang Kepercayaan

Setelah *setting level* faktor optimal ditentukan maka perlu diketahui nilai prediksi rata-rata dan *SNR* yang diharapkan pada kondisi optimum dan membandingkannya dengan eksperimen konfirmasi. Jika prediksi respon dan eksperimen konfirmasi cukup dekat satu sama lain maka dapat disimpulkan bahwa rancangan telah memenuhi persyaratan dalam eksperimen Taguchi. Sedangkan tujuan penggunaan selang kepercayaan adalah untuk membuat perkiraan dari level-level faktor dan prediksi rata-rata proses pada kondisi optimal.

1. Prediksi respon dan selang kepercayaan kondisi optimal untuk rata-rata,

Nilai rata-rata seluruh data percobaan adalah  $\bar{y} = 26.46667$ , maka perhitungan respon rata-rata prediksi, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{Predicted}} &= \bar{y} + (\bar{A1} - \bar{y}) + (\bar{D1} - \bar{y}) \\
 &= \bar{A1} + \bar{D1} - \bar{y} \\
 &= 39.45 + 33.7 - 26.46667 \\
 &= 46.6833 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Selang kepercayaan dari rata-rata prediksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$CI_{Mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[ \frac{1}{n_{eff}} \right]}$$

dengan  $n_{eff}$  adalah:

$$\begin{aligned} n_{eff} &= \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}} \\ &= \frac{9 \times 4}{v_{\mu} + v_A + v_D} \\ &= \frac{36}{1 + 2 + 2} \\ &= 7.2 \end{aligned}$$

Maka selang kepercayaan prediksinya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} CI_{Mean} &= \pm \sqrt{F_{0.05, 1, 31} \times 24.52 \times \left[ \frac{1}{7.2} \right]} \\ &= \pm \sqrt{4.16 \times 24.52 \times 0.138} \\ &= \pm 3.75 \end{aligned}$$

Sehingga selang kepercayaan untuk rata-rata proses yang optimal adalah:

$$\begin{aligned} \mu_{Predicted} - CI_{Mean} &\leq \mu_{Predicted} \leq \mu_{Predicted} + CI_{Mean} \\ 46.6833 - 3.75 &\leq \mu_{Predicted} \leq 46.6833 + 3.75 \\ 42.93 &\leq \mu_{Predicted} \leq 50.43 \end{aligned}$$

## 2. Prediksi respon dan selang kepercayaan kondisi optimal untuk SNR,

Menghitung rata-rata dari seluruh SNR dengan rumus:

$$\begin{aligned} \bar{\eta} &= \text{Overall SNR of the experimental data} \\ &= 27.07 \text{ dB} \end{aligned}$$

Menghitung SNR pada kondisi optimal prediksi dengan rumus:

$$\begin{aligned} \eta_{Predicted} &= \bar{\eta} + (\bar{A1} - \bar{\eta}) + (\bar{D1} - \bar{\eta}) \\ &= \bar{A1} + \bar{D1} - \bar{\eta} \\ &= 31.33 + 29.20 - 27.07 \\ &= 33.46 \text{ dB} \end{aligned}$$

Selang kepercayaan dari  $SNR$  prediksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[ \frac{1}{n_{eff}} \right]}$$

dengan  $n_{eff}$  adalah:

$$\begin{aligned} n_{eff} &= \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}} \\ &= \frac{9}{v_{\mu} + v_A + v_D} \\ &= \frac{9}{1 + 2 + 2} \\ &= 1.8 \end{aligned}$$

Maka selang kepercayaan prediksinya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} CI_{SNR} &= \pm \sqrt{F_{0.05, 1, 4} \times 0.647 \times \left[ \frac{1}{1.8} \right]} \\ &= \pm \sqrt{7.71 \times 3.25 \times 0.555} \\ &= \pm 3.73 \text{ dB} \end{aligned}$$

Sehingga selang kepercayaan  $SNR$  untuk proses yang optimal adalah:

$$\begin{aligned} \eta_{Predicted} - CI_{SNR} &\leq \eta_{Predicted} \leq \eta_{Predicted} + CI_{SNR} \\ 33.46 - 3.73 &\leq \eta_{Predicted} \leq 33.46 + 3.73 \\ 29.73 &\leq \eta_{Predicted} \leq 37.19 \end{aligned}$$

#### 4.2.8 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk menguji nilai prediksi *setting level* faktor pada kondisi optimal. Jika hasil eksperimen konfirmasi dapat menguji hasil prediksi, maka *setting level* untuk kondisi optimal dapat disimpulkan telah memenuhi persyaratan dalam eksperimen.

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan mengambil sampel sejumlah 4 spesimen dan dilakukan berdasarkan level kondisi optimal yang diuraikan pada tabel 4.17. *Setting level* yang diterapkan dalam eksperimen konfirmasi diuraikan pada tabel 4.17 dibawah ini.



**Tabel 4.17 Setting level kondisi optimal**

No	Kode Faktor	Level	Nilai
1	A	1	0%
2	B	1	0%
3	C	3	Star
4	D	1	6:10

Berikut ini adalah tabel 4.18 yang merupakan hasil eksperimen konfirmasi, seperti dijelaskan dibawah ini.

**Tabel 4.18 Hasil eksperimen konfirmasi**

No. Spesimen	Compressive Strength (kg/cm <sup>2</sup> )
1	54
2	54,8
3	54,4
4	51.6
<b>Rata-rata</b>	53.7
<b>Variansi</b>	2.0667
<b>SNR</b>	34.59

Sumber: Data diolah, 2006

Perhitungan nilai rata-rata, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \\ &= \frac{1}{4} (53.7 + 54.4 + 54.8 + 54) \\ &= 53.7\end{aligned}$$

Perhitungan nilai variansi, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \\ &= \frac{1}{4-1} \{(51.6 - 53.7)^2 + \dots + (54 - 53.7)^2\} \\ &= 2.0667\end{aligned}$$

Perhitungan *SNR* untuk hasil eksperimen konfirmasi, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\eta &= -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \\ &= -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{4} \left( \frac{1}{54^2} + \frac{1}{54.8^2} + \dots + \frac{1}{51.6^2} \right) \right] \\ &= 34.59 \text{ dB}\end{aligned}$$

Penilaian diterima atau tidaknya hasil eksperimen konfirmasi dilakukan dengan perbandingan selang kepercayaan antara hasil prediksi respon pada kondisi optimal dan hasil eksperimen konfirmasi. Perhitungan nilai selang kepercayaan untuk hasil eksperimen konfirmasi dengan replikasi empat kali, yaitu:

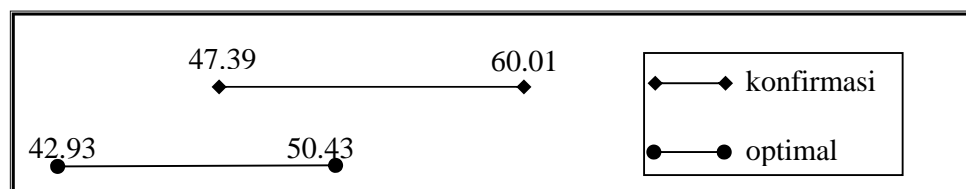
1. Selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi,

$$\begin{aligned}CI &= \pm \sqrt{F_{\alpha, v_1, v_2} \times V_e \times \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \\ &= \pm \sqrt{F_{0.05, 1, 31} \times 24.52 \times \left[ \frac{1}{7.2} + \frac{1}{4} \right]} \\ &= \pm \sqrt{4.16 \times 24.52 \times 0.39} \\ &= \pm 6.31\end{aligned}$$

Sehingga selang kepercayaannya, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\mu_{Confirmation} - CI &\leq \mu_{Confirmation} \leq \mu_{Confirmation} + CI \\ 53.7 - 6.31 &\leq \mu_{Confirmation} \leq 53.7 + 6.31 \\ 47.39 &\leq \mu_{Confirmation} \leq 60.01\end{aligned}$$

Nilai-nilai selang kepercayaan tersebut kemudian dibandingkan dengan selang kepercayaan pada kondisi optimal, dengan cara digambarkan dalam bentuk grafik agar memudahkan pembacaan sebagai berikut:



**Gambar 4.5** Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk rata-rata

Pada gambar 4.5 menunjukkan hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima berdasarkan pertimbangan selang kepercayaan.

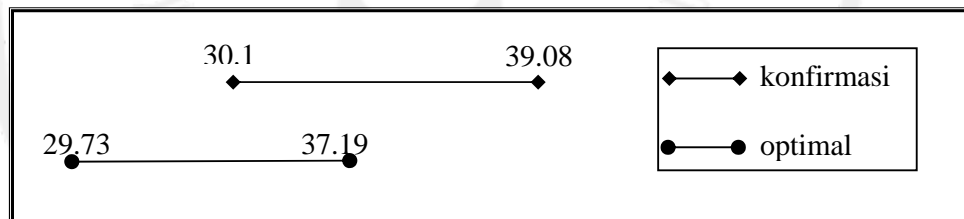
2. Selang kepercayaan nilai *SNR* eksperimen konfirmasi,

$$\begin{aligned} CI &= \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \\ &= \pm \sqrt{F_{0.05, 1, 4} \times 3.25 \times \left[ \frac{1}{1.8} + \frac{1}{4} \right]} \\ &= \pm \sqrt{7.71 \times 3.25 \times 0.806} \\ &= \pm 4.49 \end{aligned}$$

Sehingga selang kepercayaannya, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \eta_{Confirmation} - CI &\leq \eta_{Confirmation} \leq \eta_{Confirmation} + CI \\ 34.59 - 4.49 &\leq \eta_{Confirmation} \leq 34.59 + 4.49 \\ 30.1 &\leq \eta_{Confirmation} \leq 39.08 \end{aligned}$$

Nilai-nilai selang kepercayaan tersebut kemudian dibandingkan dengan selang kepercayaan pada kondisi optimal, dengan cara digambarkan dalam bentuk grafik agar memudahkan pembacaan sebagai berikut:



**Gambar 4.6 Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk *SNR***

Pada gambar 4.6 di atas menunjukkan hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai *SNR* dapat diterima berdasarkan pertimbangan selang kepercayaan.

#### 4.2.9 Perhitungan *Quality Loss Function*

Hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi untuk kondisi aktual dengan kondisi optimal disajikan dalam tabel 4.19 berikut ini.

**Tabel 4.19 Total kerugian untuk kondisi sebenarnya dan kondisi optimal**

	Sebelum Optimasi	Setelah Optimasi
<b>Rata-rata</b>	24	53.7
<b>Standar Deviasi</b>	0.44	1.44

Sumber: Data diolah, 2006

Data yang telah diperoleh dapat dilakukan perhitungan *quality loss function* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L(Y) = k \left[ \left( \frac{1}{\mu^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right) \right]$$

Perhitungan *quality loss function* dibagi menjadi 2 yaitu fungsi kerugian untuk konsumen dan fungsi kerugian untuk perusahaan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dibawah ini.

#### A. *Quality loss function* untuk perusahaan

##### 1. Kondisi aktual,

Perhitungan *quality loss function*, terdapat nilai koefisien untuk fungsi kerugian yang terdiri dari  $A_0$  dan  $\Delta$ . Nilai  $A_0$  adalah nilai kerugian yang harus ditanggung oleh perusahaan jika produknya patah. Nilai  $A_0$  adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk membuat satu buah gypsum dengan ukuran sesuai ukuran spesimen. Secara lengkap bahan-bahan yang dipakai untuk pembuatan gypsum sesuai ukuran spesimen kondisi aktual beserta harganya dapat dilihat dalam tabel 4.20 berikut ini.

**Tabel 4.20 Perhitungan nilai  $A_0$  aktual**

No.	Nama bahan	Dipakai	Harga per kg	Total harga (Rp)
1.	Gypsum plaster	167 gr	1250	210
2.	Rowing	4.16 gr	10000	40
Total				250

Sumber: Data diolah, 2006

Proses pembuatan gypsum, air digunakan sebagai pelarut gypsum plaster, sedangkan minyak untuk melapisi cetakan. Perhitungan  $A_0$  untuk perusahaan, air dan minyak diasumsikan tidak mempengaruhi biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Sehingga kedua komponen tersebut tidak dimasukkan dalam perhitungan nilai  $A_0$ .

Pada tabel 4.20 di atas diperoleh nilai  $A_0$  untuk menghitung *quality loss function* perusahaan sebesar Rp.250,- . Sedangkan nilai  $\Delta$  adalah batas spesifikasi minimal produk mampu menahan beban desak yaitu sebesar 22.45 kg/cm<sup>2</sup>. Sehingga diperoleh nilai koefisien untuk fungsi kerugian perusahaan sebagai berikut:

$$k = A_0 \times \Delta_0^2 = 250 \times 22.45^2 = \text{Rp } 126000.6$$

Setelah diketahui koefisien biayanya, maka persamaan *quality loss function*nya dapat ditulis sebagai berikut:

$$L(Y) = 126000.6 \left[ \left( \frac{1}{\mu^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right) \right]$$

Perhitungan *quality loss function* untuk kondisi sebenarnya, adalah:

$$\begin{aligned} L(Y)_{\text{kondisi..aktual}} &= 126000.6 \left[ \left( \frac{1}{\mu^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right) \right] \\ &= 126000.6 \left[ \left( \frac{1}{24^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3(0.44)^2}{24^2} \right) \right] \\ &= \text{Rp } 218.97,- \end{aligned}$$

## 2. Kondisi optimal,

Kondisi optimal diperoleh dengan kondisi tanpa serat (serat 0%). Pada kondisi tersebut biaya produksi akan berubah. Pengurangan fraksi volume serat akan menambah fraksi volume gypsum. Berdasarkan eksperimen di lapangan, pengurangan 4.16 gram serat rowing akan menambah penggunaan gypsum sekitar 8 gr dari kondisi aktual.

Secara lengkap bahan-bahan yang dipakai untuk pembuatan gypsum sesuai ukuran spesimen kondisi aktual beserta harganya dapat dilihat dalam tabel 4.21 berikut ini.

**Tabel 4.21 Perhitungan nilai  $A_0$  optimal**

No.	Nama bahan	Dipakai	Harga per kg	Total harga (Rp)
1.	Gypsum plaster	175 gr	1250	220
Total				220

Sumber: Data diolah, 2006

Pada tabel 4.21 di atas diperoleh nilai  $A_0$  untuk menghitung *quality loss function* perusahaan sebesar Rp. 220,-

$$k = A_0 \times \Delta_0^2 = 220 \times 22.45^2 = \text{Rp } 108913.8$$

Menggunakan rumus yang sama total kerugian untuk *setting* optimal, adalah:

$$\begin{aligned} L(Y)_{\text{kondisi..optimal}} &= 108913.8 \left[ \left( \frac{1}{\mu^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right) \right] \\ &= 108913.8 \left[ \left( \frac{1}{53.7^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3(1.44)^2}{53.7^2} \right) \right] \\ &= \text{Rp } 37.85 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *quality loss function* pada kondisi sebelum dan setelah optimasi dapat dilihat secara jelas pada tabel 4.22 berikut ini.

**Tabel 4.22 Nilai QLF perusahaan sebelum dan setelah optimasi**

Ukuran	QLF	
	Sebelum optimasi	Setelah optimasi
	218.97	37.85

Sumber: Data diolah, 2006

Pada tabel 4.22 di atas dapat dilihat bahwa QLF untuk gypsum setelah optimasi lebih kecil dari QLF sebelum optimasi. Hal ini berarti bahwa fungsi kerugian yang di tanggung perusahaan berkurang setelah optimasi.

### B. *Quality loss function* untuk konsumen

Nilai  $A_0$  diperoleh dari harga beli konsumen terhadap produk gypsum. Harga beli produk gypsum sendiri tergantung dari bentuk dan ukuranranya, dengan asumsi bahwa harga beli produk yang berukuran sama dengan ukuran spesimen Rp. 3000,00, sedangkan nilai  $\Delta_0$  adalah nilai minimum untuk kuat desak yaitu sebesar 22.45 kg/cm<sup>2</sup>. Sehingga koefisien biaya untuk fungsi kerugian konsumen adalah:

$$k = A_0 \times \Delta_0^2 = 3000 \times 22.45^2 = \text{Rp } 1512007.5$$

Setelah diketahui koefisien biayanya, maka persamaan *quality loss function*nya dapat ditulis sebagai berikut:

$$L(Y) = 1512007.5 \left[ \left( \frac{1}{\mu^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right) \right]$$

Perhitungan *quality loss function* untuk konsumen sebelum *setting* optimal digunakan, adalah:

$$\begin{aligned} L(Y)_{\text{kondisi..aktual}} &= 1512007.5 \left[ \left( \frac{1}{\mu^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right) \right] \\ &= 1512007.5 \left[ \left( \frac{1}{24^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3(0.44)^2}{24^2} \right) \right] \\ &= 2627.65 \end{aligned}$$

Menggunakan rumus yang sama total kerugian untuk *setting* optimal, adalah:

$$\begin{aligned} L(Y)_{\text{kondisi..optimal}} &= 1512007.5 \left[ \left( \frac{1}{\mu^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right) \right] \\ &= 1512007.5 \left[ \left( \frac{1}{53.7^2} \right) \times \left( 1 + \frac{3 \times 1.44^2}{53.7^2} \right) \right] \\ &= 525.46 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *quality loss function* pada kondisi sebelum dan setelah optimasi dapat dilihat secara jelas pada tabel 4.23 berikut ini.

**Tabel 4.23 Nilai QLF konsumen sebelum dan setelah optimasi**

Ukuran	QLF	
	Sebelum optimasi	Setelah optimasi
	2627.65	525.46

Sumber: Data diolah, 2006

Pada tabel 4.23 di atas dapat dilihat bahwa QLF untuk gypsum setelah optimasi lebih kecil dari QLF sebelum optimasi. Hal ini berarti bahwa fungsi kerugian yang ditanggung konsumen berkurang setelah optimasi.



## BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini akan menjelaskan dan menguraikan analisis dan interpretasi data-data yang telah diuraikan pada bab sebelumnya. Pembahasan diaktuali dengan analisis dan interpretasi hasil dari kondisi aktual yang digunakan sebagai perbandingan dengan kondisi optimal hasil eksperimen konfirmasi.

### 5.1 ANALISIS TERHADAP KONDISI AKTUAL

Kondisi aktual dimaksudkan untuk membandingkan hasil dari setting level kondisi aktual dengan kondisi optimal. Nilai yang digunakan sebagai perbandingan adalah nilai rata-rata dan variansi.

Pengujian desak gypsum interior kondisi aktual diperoleh nilai rata-rata sebesar  $24 \text{ kg/cm}^2$ , sedangkan nilai standar (spesifikasi) kekuatan desak untuk gypsum sesuai dengan standar ASTM C 28 adalah  $22,45 \text{ kg/cm}^2$ . Hal ini membuktikan bahwa kekuatan desak sudah memenuhi spesifikasi. Sedangkan untuk nilai variansinya adalah 0,193, nilai ini tergolong cukup rendah untuk suatu ukuran variansi. Variansi disebabkan karena tidak adanya duplikasi sempurna dalam suatu eksperimen. Hal ini terjadi karena proses pembuatan spesimen yang dilakukan secara manual sehingga sulit terkontrol dengan baik yang menimbulkan *variational noise (unit to unit noise)* yaitu faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan produk yang dihasilkan antara satu dengan lainnya meskipun produk dibuat dengan spesifikasi yang sama. Pada tabel 5.1 berikut merupakan perbandingan antara kondisi aktual dengan spesifikasi (standar).

**Tabel 5.1 Perbandingan kondisi aktual dengan spesifikasi**

	Aktual	Spesifikasi
<b>Rata-rata</b>	24	22.45* - ~
<b>Variansi</b>	0,193	-

Sumber: Annual book of ASTM Standard C 28, 1997

### 5.2 ANALISIS TERHADAP EKSPERIMEN TAGUCHI

Eksperimen Taguchi dilakukan dengan desain *orthogonal array* yang telah didesain oleh Taguchi. Eksperimen Taguchi dilakukan untuk mengurangi jumlah percobaan yang dilakukan dibandingkan jika menggunakan desain *full*

*factorial*. *Orthogonal array* memiliki tata letak eksperimen yang mampu melakukan evaluasi beberapa faktor secara bersamaan dengan jumlah percobaan yang minimum. Keterbatasan sumber daya menjadi alasan utama dipilihnya desain *orthogonal array* ini. Keterbatasan ini terutama dalam hal biaya dan waktu untuk eksperimen.

### 5.2.1 Analisis Rata-Rata

Hasil eksperimen Taguchi menunjukkan dua faktor yaitu faktor fraksi volume serat dan faktor air signifikan mempengaruhi karakteristik kualitas kuat desak gypsum interior. Pengaruh fraksi volume serat dan air dapat dilihat dari perbandingan antara nilai *F-ratio* dengan nilai *F* tabel pada tabel *analysis of variance (mean)*. Nilai *F-ratio* lebih besar dari nilai *F* tabel maka dapat disimpulkan bahwa kedua faktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik kualitas desak gypsum interior.

Perhitungan besar persen kontribusi menunjukkan bahwa persen kontribusi error adalah sebesar 12,5370%, maksudnya bahwa semua faktor signifikan yang mempengaruhi nilai rata-rata sudah dimasukkan dalam eksperimen. Dalam eksperimen metode Taguchi, persen kontribusi diharapkan nilainya  $\leq 50\%$ , karena dengan nilai tersebut berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen dilibatkan. Persen kontribusi error  $\leq 50\%$ , maka hasil eksperimen Taguchi memenuhi kriteria untuk dijadikan model guna memprediksi nilai rata-rata optimum.

### 5.2.2 Analisis Variansi

Perhitungan *signal to noise ratio (SNR)* dapat digunakan untuk pemilihan *setting level* optimal dari faktor level yang digunakan dalam eksperimen. Taguchi menyarankan penggunaan *SNR* sebagai kriteria pemilihan parameter yang meminimumkan *error of variance*, adalah variansi yang disebabkan oleh faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi yang disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan. Pemilihan level dari dari masing-masing faktor didasarkan pada nilai *SNR* yang lebih tinggi karena nilai *SNR* yang lebih tinggi dapat meminimumkan nilai variansi, sehingga *noise* yang dihasilkan lebih kecil.

Perhitungan besar persen kontribusi menunjukkan persen kontribusi sebesar 11,409%, bahwa tidak terdapat faktor signifikan yang mempengaruhi nilai variansi yang belum dimasukkan dalam eksperimen atau dengan kata lain *pooling*-nya sudah cukup optimal. Eksperimen Taguchi, persen kontribusi diharapkan nilainya  $\leq 50\%$ , karena dengan nilai tersebut berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen dilibatkan. Perhitungan *analysis of variance (SNR)* juga menunjukkan bahwa hanya faktor A (fraksi volume serat) dan faktor D (air) yang memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai variansi.

### 5.2.3 Setting Level Optimal

Memperhatikan hasil perhitungan *analysis of mean* dan *analysis of signal to noise ratio* untuk memilih nilai rata-rata dan nilai *SNR* yang lebih besar untuk masing-masing levelnya, maka penentuan *setting level* terbaik diprioritaskan pada level-level faktor yang mempunyai pengaruh yang besar dalam menaikkan rata-rata dan mengurangi variansi karakteristik kualitas. Sehingga pemilihan *setting level* terbaiknya seperti pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5.2 Setting level optimal**

No	Kode Faktor	Level	Nama Faktor	Nilai
1	A	1	Fraksi volume serat	0%
2	D	1	Air	6:10

Penjelasan *setting level* optimal hasil eksperimen Taguchi, yaitu:

1. Faktor fraksi volume serat yang digunakan adalah sebesar 0%,

Pada *setting* optimal menunjukkan hasil produk gypsum tanpa serat memberikan kuat desak pada kondisi optimal. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* kurang begitu signifikan terhadap kuat desak gypsum interior. Adanya serat menyebabkan terbentuknya rongga (*void*) antara ikatan serat dengan gypsum. Hal ini mengakibatkan turunnya kekuatan desak gypsum interior. Namun dari hasil yang diperoleh tidak berarti penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* tidak memberikan pengaruh sama sekali. (Hal ini akan dibahas lebih lanjut pada sub bab 5.4).

2. Faktor air yang digunakan adalah 6:10,

Pada *setting* optimal menunjukkan hasil komposisi air dan matrik pada *level* 6:10. Penggunaan air sebagai pelarut gypsum akan mempengaruhi kekentalan

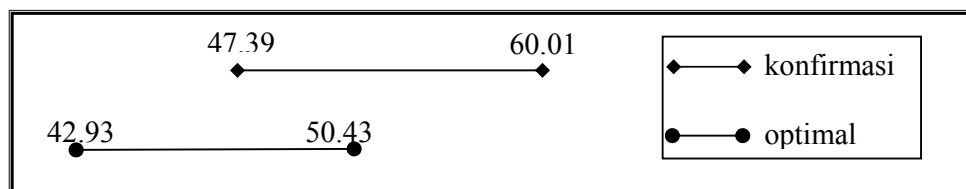
pasta. Apabila air yang digunakan terlalu banyak maka pasta menjadi terlalu encer. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya *void* pada gypsum yang selanjutnya akan menurunkan kuat desak gypsum interior. Penggunaan adonan yang terlalu encer juga menyebabkan waktu pengeringan menjadi semakin lama. Penggunaan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan adonan menjadi terlalu kental. Hal ini menyebabkan adonan menjadi cepat kering sehingga akan menyulitkan dalam proses pencetakan. Kondisi adonan yang terlalu kental juga menyebabkan proses pelarutan gypsum menjadi tidak sempurna.

Setelah diketahui *setting level* optimal maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan selang kepercayaan untuk rata-rata dan *SNR*. Menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% diperoleh selang kepercayaan  $42.93 \leq \mu_{\text{Predicted}} \leq 50.43$  untuk rata-rata, sedangkan untuk *SNR* diperoleh nilai selang kepercayaan sebesar  $29.73 \leq \eta_{\text{Predicted}} \leq 37.19$ . Selang kepercayaan tersebut merupakan selang kepercayaan prediksi, dimana setelah diketahui *setting level* terbaiknya diharapkan pada eksperimen berikutnya (konfirmasi) berada diantara batas yang telah diprediksi.

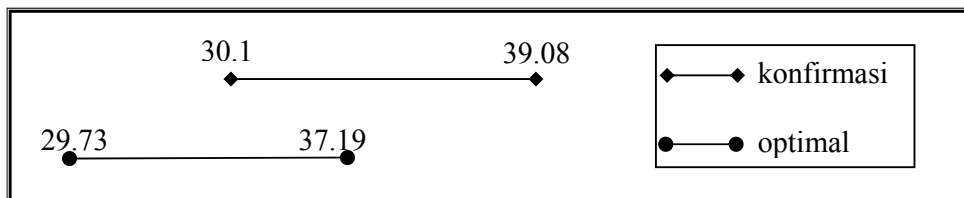
### 5.3 ANALISIS TERHADAP EKSPERIMEN KONFIRMASI

Eksperimen konfirmasi merupakan eksperimen yang dijalankan pada kombinasi level-level faktor terbaik yang dipilih berdasarkan hasil yang didapat dari eksperimen Taguchi.

Hasil eksperimen konfirmasi menunjukkan bahwa *setting level* optimal dapat diterima. Hal ini dapat diketahui dari perbandingan selang kepercayaan antara eksperimen konfirmasi dengan kondisi optimal (prediksi) yang menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Pada gambar 5.1 dan gambar 5.2 menunjukkan grafik hasil eksperimen konfirmasi dapat diterima berdasarkan pertimbangan selang kepercayaan.



**Gambar 5.1 Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk rata-rata**



**Gambar 5.2 Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk SNR**

#### 5.4 ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN SERAT

*Setting* optimal menunjukkan hasil produk gypsum tanpa serat memberikan kuat desak pada kondisi optimal. Pengaruh penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* tidak terlalu signifikan dalam peningkatan kuat desak gypsum interior untuk kondisi optimal. Namun hal tersebut tidak berarti bahwa pemakaian serat *Agave Cantula Roxb* tidak berpengaruh sama sekali terhadap peningkatan kuat desak gypsum interior. Menggunakan eksperimen Taguchi kita dapat melihat kontribusi masing-masing faktor dengan *setting level* berbeda.

##### 5.4.1 Analisis Terhadap Kontribusi Faktor Serat

Nilai rata-rata untuk faktor serat berdasarkan *response table*, dapat dilihat pada tabel 5.3 dibawah ini.

**Tabel 5.3 Nilai table respon mean untuk faktor serat**

Level	Nilai
Level 1 (0%)	39,45
Level 2 (2,5%)	26,63
Level 3 (5%)	13,31

Berdasarkan tabel 5.3 di atas dapat dilihat faktor penggunaan serat pada level 2 (2,5% fraksi volume serat) masih memberikan kontribusi yang cukup baik terhadap peningkatan kuat desak gypsum interior bila dibandingkan dengan nilai rata-rata kuat desak gypsum interior pada kondisi aktual sebesar 24 kg/cm<sup>2</sup>.

Nilai *signal to noise ratio* untuk faktor serat berdasarkan *response table*, dapat dilihat pada tabel 5.4 dibawah ini.

**Tabel 5.4 Nilai tabel respon SNR untuk faktor serat**

Level	Nilai
Level 1 (0%)	31,33
Level 2 (2,5%)	28,16
Level 3 (5%)	21,7

Berdasarkan tabel 5.4 di atas dapat dilihat faktor penggunaan serat pada level 2 (2,5% fraksi volume serat) masih memberikan kontribusi yang cukup baik terhadap peningkatan nilai *signal to noise ratio* bila dibandingkan dengan nilai *signal to noise ratio* pada kondisi aktual sebesar 27,6.

#### 5.4.2 Analisis Terhadap Fungsi Tujuan (*Response*)

Percobaan tentang pengaruh penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* dengan fungsi tujuan kekuatan lentur didapatkan hasil kuat lentur gypsum interior meningkat seiring penambahan fraksi volume serat (Triyono, 2006). Hal tersebut menunjukkan bahwa untuk faktor yang sama yaitu faktor serat menghasilkan kontribusi yang berbeda terhadap fungsi tujuan yang ingin dicapai. Kondisi tersebut menjelaskan adanya *trade off* untuk pengaruh faktor serat, sehingga pengaruh suatu faktor sebaiknya dilihat dengan mempertimbangkan *trade off* terhadap kondisi optimal.

**Tabel 5.5 Nilai tabel respon mean dan SNR untuk faktor serat dengan fungsi tujuan kuat lentur**

Level	Nilai response table (mean) kuat lentur	Nilai response table (SNR) kuat lentur
Level 1 (0%)	2,334	7,118
Level 2 (2,5%)	11,915	21,493
Level 3 (5%)	12,596	21,957

Sumber: Triyono, 2006

#### 5.4.3 Analisis Terhadap Bentuk Patahan

Setelah dilakukan pegujian desak terhadap spesimen, spesimen mengalami kegagalan desak akibat tidak mampu menahan beban desak yang menyebabkan terjadinya retak ataupun patah pada spesimen. Bentuk patahan spesimen dapat dilihat pada gambar 5.3 berikut ini.





(a)



(b)



(c)

**Gambar 5.3** Bentuk patahan akibat uji desak, (a) tanpa serat, (b) dengan serat rowing, (c) dengan serat cantula 2,5%  
Sumber: Hasil pengujian Lab. Bahan Teknik Sipil UNS, 2006



Berdasarkan percobaan, kondisi tanpa serat merupakan kondisi optimal pada kuat desak gypsum interior (gambar 5.3 a). Hal ini terjadi karena pada kondisi tanpa serat dapat mengurangi terjadinya *void* (rongga udara) yang terbentuk, yang diakibatkan adanya pengaruh ikatan antara serat dengan gypsum. Akan tetapi pada kondisi tanpa serat dapat dilihat bahwa spesimen mengalami kondisi patah sempurna. Retakan terjadi hingga bagian struktur dalam spesimen. Spesimen menjadi bersifat kaku ideal, dikarenakan tidak adanya serat sebagai penguat struktur dalam spesimen. Kondisi tersebut menyebabkan spesimen bersifat kuat terhadap beban desak akan tetapi lemah terhadap beban lentur.

Kondisi aktual (gambar 5.3 b) dimana spesimen menggunakan serat rowing sebagai serat penguat, dapat dilihat spesimen mengalami retak dan patah pada sebagian bidang spesimen. Spesimen tidak mengalami patah sempurna, hal ini dikarenakan pengaruh serat yang bersifat mendistribusikan beban yang dialami oleh spesimen, sehingga beban tidak merusak spesimen hingga bagian struktur dalam spesimen. Kondisi spesimen tidak lagi kaku ideal karena adanya pengaruh sifat kuat lentur oleh serat. Akan tetapi pada kondisi ini banyak terlihat *pullout* (serat lepas). Terjadinya *pullout* disebabkan kurang kuatnya ikatan antara serat dan matrik sehingga saat diberi beban serat lepas dari matrik.

Kondisi spesimen dengan 2,5% fraksi volume serat *Agave Cantula Roxb* (gambar 5.3 c), spesimen mengalami retak dan patah pada sebagian bidang spesimen. Spesimen tidak mengalami patah sempurna, hal ini dikarenakan pengaruh serat yang bersifat mendistribusikan beban yang dialami oleh spesimen, sehingga beban tidak merusak spesimen hingga bagian struktur dalam spesimen. Kondisi spesimen tidak lagi kaku ideal karena adanya pengaruh sifat kuat lentur oleh serat. *Pullout* yang terjadi lebih sedikit bila dibandingkan dengan pemakaian serat rowing. Hal ini menunjukkan bahwa serat *Agave Cantula Roxb* memiliki kemampuan ikatan yang lebih baik dengan matrik gypsum dibandingkan dengan kemampuan ikatan serat rowing. Kemampuan ikatan ini menjadikan retak atau patahan spesimen kebanyakan terjadi hanya pada struktur luar spesimen. Keadaan fisik serat *Agave Cantula Roxb* dengan permukaan serat yang kasar menjadikan serat ini lebih efektif dalam hal kemampuan ikatan dibandingkan serat rowing yang merupakan serat buatan dengan permukaan serat yang halus.

## 5.5 ANALISIS TERHADAP *QUALITY LOSS FUNCTION*

Salah satu tujuan penelitian ini adalah menghitung besarnya *quality loss function*. Setelah eksperimen konfirmasi dilaksanakan, perhitungan kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variasi produk dapat dilakukan. Hasil perhitungan *quality loss function* untuk perusahaan pada kondisi aktual diperoleh Rp. 218.97,- dan nilai *quality loss function* untuk kondisi optimal sebesar Rp. 37.85,-. Sehingga dapat dilihat bahwa QLF setelah optimasi lebih rendah dari QLF sebelum optimasi. Hal ini berarti bahwa fungsi kerugian yang ditanggung perusahaan berkurang setelah optimasi. Sedangkan *quality loss function* untuk konsumen sebelum menggunakan *setting* optimal sebesar Rp. 2627.65,- dan nilai *quality loss function* setelah *setting* optimal diterapkan adalah Rp. 525.46,-. Sehingga dapat dilihat bahwa QLF setelah optimasi lebih rendah dari QLF sebelum optimasi. Hal ini berarti bahwa fungsi kerugian yang ditanggung konsumen berkurang setelah optimasi.

## 5.6 INTERPRETASI HASIL

Pengujian desak terhadap gypsum interior berpenguat serat *Agave Cantula Roxb* dengan melibatkan empat faktor terkendali yaitu faktor fraksi volume serat, faktor fraksi berat semen putih, faktor merk, dan faktor air menghasilkan *setting level optimal* yakni faktor fraksi volume serat pada *level low* (serat 0%) dan faktor air pada *level low* (6:10).

Penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* tidak berpengaruh secara signifikan pada kondisi optimal. Namun pada kondisi serat *Agave Cantula Roxb* 2,5%, terjadi peningkatan kuat desak terhadap gypsum interior dibandingkan dengan kondisi aktual. *Pullout* yang terjadi pada spesimen berpenguat serat *Agave Cantula Roxb* lebih sedikit bila dibandingkan dengan *pullout* pada spesimen berpenguat serat rowing. Hal ini menjelaskan kekuatan ikatan serat-matrik serat *Agave Cantula Roxb* lebih baik dibandingkan dengan serat rowing. Berdasarkan interpretasi hasil di atas, pemanfaatan serat alam perlu diteliti dan dikembangkan lebih lanjut. Selanjutnya dapat dikembangkan pemanfaatan serat alam ke dalam proses manufaktur yang lebih luas.

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya serta saran-saran untuk menindaklanjuti penelitian ini.

### 6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas kuat desak gypsum interior pada kondisi optimal adalah fraksi volume serat dan air.
2. Setting level optimal kualitas kuat desak gypsum interior adalah fraksi volume serat 0% dan komposisi air dengan matrik yaitu 6:10.
3. Penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* memberikan peningkatan kuat desak dari kondisi aktual pada level *medium* (2,5% fraksi volume serat). Penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* mengurangi terjadinya *pullout*, hal ini menunjukkan bahwa serat *Agave Cantula Roxb* mempunyai ikatan serat-matrik yang cukup baik pada proses pembuatan gypsum interior.
4. *Quality loss function* untuk perusahaan dan konsumen setelah *setting level* optimal lebih rendah dibandingkan dengan kondisi aktual. Penurunan fungsi kerugian untuk perusahaan sebesar Rp 181,12 dan penurunan fungsi kerugian untuk konsumen sebesar Rp 2102,19.

### 6.2 SARAN

Saran yang disampaikan untuk penelitian lebih lanjut yaitu:

1. Perlunya penelitian dan rekayasa lebih lanjut mengenai pemanfaatan serat *Agave Cantula Roxb* dalam proses pembuatan gypsum interior.
2. Perlunya penelitian lebih lanjut terhadap berbagai karakteristik kualitas produk gypsum interior diantaranya kuat cabut paku, kesikuan ujung, dan karakteristik kualitas yang lain sesuai dengan standar kualitas produk gypsum interior.
3. Evaluasi terhadap pengaruh suatu faktor sebaiknya dilakukan dengan memperhatikan fungsi tujuan dan memperhitungkan adanya *trade off*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, *Annual book of American Society for Testing and Materials*, 1997
- Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Departemen Perindustrian dan Perdagangan, *Pengolahan Daun Nanas Menjadi Bahan Baku Pembuatan Jok Kursi dan Hiasan Dinding*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Kerajinan Dan Batik, Yogyakarta, 1994
- Balai Pengembangan Pendidikan Luar Sekolah dan Pemuda, *Seri Bahan Belajar Gypsum*, 2003
- Belavendram. *Quality by Design: Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. Prentice Hall, London, 1995
- Biswas, dkk. *Development of Natural Fiber in India, Composite 2001 Conventions and Trade Show*, Composite Fabricators Associations, Florida, 2001
- Box, G.E.P, Hunter, W.G. and Hunter, J.S., *Statistics for Experimenters: An Introduction to design, Data Analysis and Model Building*, John Wiley & Sons, 1978
- Brady, George S, Clauser, Henry R, Vaccari, John A, *Material Handbook fourteenth Edition*, McGraw Hill, 1997
- Cheng Fa-Hwa, *Static and Strengh of Materials*, Mc Graw Hill Inc, New York, USA, 1997
- Chowdhury, Subir, Taguchi, Genichi, dan Taguchi, Shin. *Robust Engineering*, McGraw Hill, 1999
- Dani, Instika, *Penentuan Setting Optimal Dengan Menggunakan Metode Taguchi Dalam Proses Produksi Gypsum Interior Berdasarkan Pengujian Kuat Desak*, tugas akhir, 2005
- Hartono, Moh, *Perancangan Kualitas Dengan Metode Taguchi*, Majalah Bistek, Vol 8, No 12, 2000
- Hicks, Charles R, *Fundamental Concepts in Design of Experiment 4<sup>th</sup> edition*, Saunders College Publishing, 1993
- Joseph, Kuruvilla, Thomas, Sabu, Pavitrana, C, *Effect of Ageing on the Physical and Mechanical Properties of Sisal-Fiber-Reinforced Polyethylene Composites*, Journal of Composites Science and Technology, Vol 53, 99-110, 1995

- Karmaker, A C, Hoffmann, A, Hinrichsen, G, *Influence of Water Uptake on the Mechanical Properties of Jute-Fiber-Reinforced Polypropylene*, Journal of Applied Polymer Science, Vol 54, 1803-1807, 1994
- Mas'adie, Erie Muhar, *Pengaruh Fraksi Berat Serat Cantula Anyaman 3D Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit UPRs-Cantula 3D*. Tugas Akhir, 2006
- Mubarak, Zaki, *Pengaruh Variasi Perlakuan Alkali Serat Cantula Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit UPRs-Cantula*, tugas akhir, 2004
- Muzaki, Ibnu, *Pengaruh Perlakuan Panas Setelah Brazing Dengan Menggunakan Metode Taguchi (studi kasus pada sambungan torch brazing baja c-mn dengan filler kuningan)*, tugas akhir, 2005
- Phadke, Madhav S, *Quality Engineering using Robust Design*. Prentice Hall, London, 1989
- Pujianto, Eko, *Melibatkan Faktor Tidak Terkontrol Terukur Pada Metode Pledger Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Proses Dan Produk, Sebagai Alternatif Metode Taguchi*, tesis magister, 1998
- Roe, P.J, Ansell, MP, *Jute-Reinforced Polyester Composites*, Journal of Material Science, Vol 20, 4015-4020, 1985
- Sanadi, A.R, Prasad, S.V, Rohatgi, P.K, *Sunhemp Fiber-Reinforced Polyester*, Journal of Material Science, Vol 21, 4299-4304, 1986
- Sargiyono, *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Pada Kekuatan Tarik Komposit Unsaturated Polyester Resin Yukalac 15-7 Bqtn-Ex Berpenguat Serat Agave Cantula Tanpa Atau Dengan Dengan Perlakuan NaOH*, tugas akhir, 2004
- Setianti, Yulia Dwi, *Perancangan Pabrik Gypsum Dari Kalsium Hidroksida dan Asam Sulfat Kapasitas 200.000 Ton/Tahun*, tugas akhir, 2005
- Susilo, Mascuk, *Pengaruh Filler CaCO<sub>3</sub> Terhadap Sifat Mekanis Komposit UPRs-Cantula*, tugas akhir, 2004
- Triyono, *Penentuan Setting Level Optimal Bending Strength Gypsum Interior Berpenguat Serat Cantula Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi*, tugas akhir, 2007
- Walpole, Ronald E, *Pengantar Statistika 3<sup>th</sup> editions*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1995
- <http://www.beacukai.go.id/library/data/Semen.htm>, 2006
- <http://www.semengresik.com>, 2006
- <http://www.library.gunadarma.ac.id>, 2006
- <http://www.republika.co.id>, 2006



**LABORATORIUM BAHAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta 57126 Telp/Fax (0271) 647069, ext 134

---

**SURAT KETERANGAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini, Kepala Laboratorium Bahan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, menerangkan bahwa:

NAMA : ADMADI JANU PRASETYO  
NIM : I 0302009  
JURUSAN : TEKNIK INDUSTRI

Mahasiswa tersebut diatas telah melakukan pengujian kuat desak gypsum di Laboratorium Bahan Teknik Sipil UNS pada 19 Oktober dan 4 November 2006.

Demikian surat keterangan ini kami buat, agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, November 2006  
Kepala Lab. Bahan T. Sipil UNS

Kusno Adi S. Phd  
NIP. 132 129 524





**LABORATORIUM BAHAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta 57126 Telp/Fax (0271) 647069, ext 134

### HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK GYPSUM

#### 1. Data Pengujian Kondisi Aktual

No	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )
1	23,5
2	23,8
3	24,2
4	24,5

#### 2. Data Eksperimen Optimasi

No	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4
	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )
1	52,2	51,6	54,4	52,8
2	41,4	43,6	41	43,2
3	24,4	17,8	25,8	25,2
4	18,8	17,2	19,2	16,6
5	35,4	36,2	34,4	35,6
6	25,8	27,4	26,8	26,2
7	20	19,6	19,4	19
8	8	7	9	6
9	14	13,2	12	12,6

#### 3. Data Eksperimen Konfirmasi

No	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )
1	54
2	54,8
3	54,4
4	51,6

Keterangan:

Pengujian menggunakan "Shimadzu", *Universal Testing Machine*  
Pelaksanaan tanggal: 19 Oktober 2006 dan 4 November 2006  
Ukuran spesimen p: 50.8 mm, l: 50.8 mm, t: 50.8 mm

Surakarta, November 2006  
Kepala Lab. Bahan T. Sipil UNS

Kusno Adi S. Phd  
NIP. 132 129 524



## Nilai kritik sebaran F

$f_{0,05}(v_1, v_2)$

$v_2$	$v_1$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,89	8,89	8,85	8,81
4	7,71	6,94	6,59	6,93	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	5,99	7,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,59	4,47	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	4,30	3,44	0,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	7,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
~	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88

v <sub>2</sub>	v <sub>1</sub>									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	~
1	241,9	243,9	245,9	248,0	249,1	250,1	251,4	252,2	253,3	254,3
2	19,40	19,41	19,43	19,45	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,98	1,84	1,79	1,73
25	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
~	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00