

**UPAYA PENINGKATAN KUALITAS GIPSUM  
DENGAN BAHAN TAMBAHAN AMBRI  
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI  
(Studi Kasus: PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji )**

**SKRIPSI**

**KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**Disusun oleh :**

**UBAIDILLAH UMAR  
NIM. 105060707111033-67**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2015**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**UPAYA PENINGKATAN KUALITAS GIPSUM DENGAN  
BAHAN TAMBAHAN AMBRI MENGGUNAKAN METODE  
TAGUCHI**

(Studi Kasus: PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji)

**SKRIPSI**

**KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**Disusun oleh :**

**UBAIDILLAH UMAR  
NIM. 105060707111033-67**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Dosen Pembimbing I**

**Nasir WidhaSetyanto, ST., MT.**  
NIP. 19700914 200501 1 001

**Dosen Pembimbing II**

**Lely Riawati, ST., MT.**  
NIP.2010087 790215 2 001

**LEMBAR PENGESAHAN**

**UPAYA PENINGKATAN KUALITAS GIPSUM DENGAN  
BAHAN TAMBAHAN AMBRI MENGGUNAKAN METODE  
TAGUCHI  
(Studi Kasus: PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji )**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI**

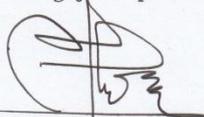
**Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**Disusun oleh :**

**UBAIDILLAH UMAR  
NIM. 105060707111033-67**

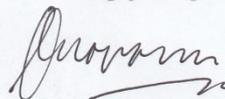
**Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
Tanggal 20 Agustus 2015**

**Penguji Skripsi 1**



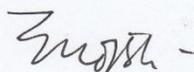
**Ir. Mochamad Choiri, MT.  
NIP. 19540104 198602 1 001**

**Penguji Skripsi 2**



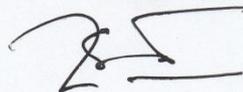
**Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.  
NIP. 19741115 200604 1 002**

**Penguji Skripsi 3**



**Ir. Purnomo Budi Santoso, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19530113198303 1 003**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Industri**



**Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.  
NIP. 19730819 199903 1 002**

**PERNYATAAN  
ORISINALITAS SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK) dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 20 Agustus 2015



Mahasiswa

**Ubaidillah Umar**  
NIM. 105060707111033

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga rahmat dan hidayah-Nya selalu dilimpahkan kepada kita semua setiap saat. Tidak lupa shalawat dan salam penulis ucapkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW.

Skripsi yang berjudul **“UPAYA PENINGKATAN KUALITAS GIPSUM DENGAN BAHAN TAMBAHAN AMBRI MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik di Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat dukungan dan bimbingan beberapa pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

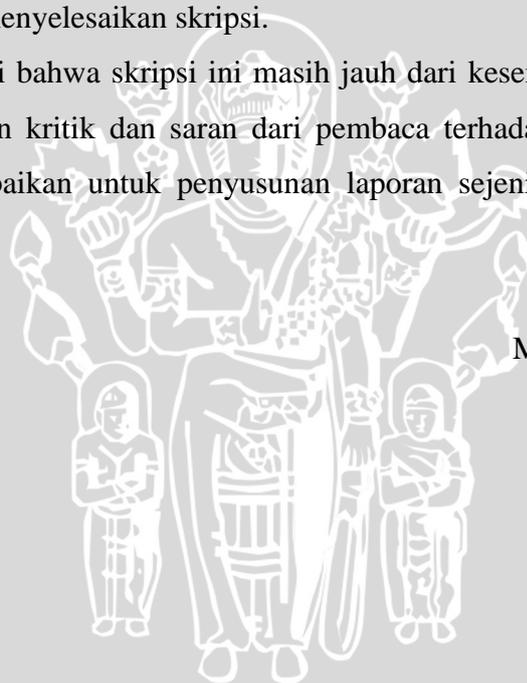
1. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Arif Rahman, ST., MT. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Nasir Widha Setyanto, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan dan saran yang membangun dalam menyusun skripsi ini.
4. Ibu Lely Riawati, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan saran yang membangun dalam menyusun skripsi ini.
5. Bapak Remba Yanuar Efranto, ST., MT. selaku Ketua Konsentrasi Dasar Keahlian Manajemen Sistem Industri yang telah memberikan arahan dan saran yang membangun dalam menyusun skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen pengamat/penguji pada Seminar Proposal, Seminar Hasil, dan Ujian Komprehensif atas saran dan masukannya serta seluruh dosen Teknik Industri yang telah memberikan arahan dan saran dalam menyusun skripsi kepada penulis.
7. Seluruh Bapak/Ibu Staf pengajar di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Kedua orang tua tercinta, Umar Abud Ta'lab dan Yasmin Sulaiman Bawazier yang selalu mendoakan, memberikan motivasi moril maupun materiil tiada henti kepada penulis.
9. Saudaraku, Maisarah, Silvy, Sausan, Salsa, dan Mikaila yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis.

10. Kepada Pihak PT. Cakra Guna Cipta yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian dan membantu dalam proses pengerjaan skripsi.
11. Seseorang yang selalu memberikan semangat, perhatian, dan doa kepada penulis.
12. Sahabat-sahabatku tercinta Genk Gonk dan Gitingers yang selalu mendengarkan keluh kesah, memberikan saran dan memberikan semangat selama pengerjaan skripsi ini.
13. Sahabatku Arvin Ghazi, Ndaru Rendy, Ega Pratida Fauzi, Radhitia Rahman, Antandito, Dina ayu, Gatra, dan Ridho Saputra yang telah membantu dan mendukung penulis menyelesaikan skripsi.
14. Seluruh teman-teman Teknik Industri angkatan 2010 yang saya banggakan, INSURGENT dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu atas motivasi, dukungan, dan partisipasinya dalam memberikan kenangan dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca terhadap skripsi yang telah penulis susun demi perbaikan untuk penyusunan laporan sejenis dimasa yang akan datang.

Malang, Agustus 2015

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Perumusan Masalah.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Asumsi-asumsi.....	4
1.6 Tujuan Penelitian.....	5
1.7 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Limbah.....	8
2.2.1 Limbah Padat.....	8
2.2.2 Dampak Pencemaran Limbah Padat.....	9
2.2.3 Pengolahan Limbah Padat.....	9
2.3 Gypsum.....	11
2.3.1 Uji Kuat Tekan Gypsum Berdasarkan BS EN 1052-1-1999.....	12
2.3.2 Kriteria Kuat Tekan Minimum Bata Ringan.....	13
2.4 Kualitas.....	13
2.5 Rekayasa Kualitas.....	14
2.6 Metode Taguchi.....	14
2.6.1 <i>Orthogonnal Array</i> .....	17
2.7 Klasifikasi Karakteristik Kualitas.....	18
2.8 Klasifikasi Faktor.....	19
2.9 Signal To Noise Ratio (SNR).....	20
2.10 ANOVA.....	20
2.11 Interval Kepercayaan.....	22

2.12 Eksperimen Konfirmasi .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	25
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.3 Alat dan Bahan.....	25
3.4 Metode Pengambilan Sampel Dan Pengujian Kuat Tekan Gypsum.....	26
3.5 Langkah-langkah Penelitian .....	27
3.6 Diagram Alir Penelitian .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Gambaran Umum Perusahaan .....	31
4.1.1 Struktur Organisasi .....	31
4.1.2 Proses Produksi Perusahaan .....	32
4.2 Tahap Perencanaan Eksperimen .....	33
4.2.1 Pengujian Kuat Tekan Gypsum Kondisi Aktual.....	33
4.2.2 Penetapan Karakteristik Kualitas.....	35
4.2.3 Identifikasi dan Penetapan Faktor Terkendali .....	35
4.2.4 Penetapan <i>Orthogonal Array</i> dan Jumlah Spesimen .....	38
4.3 Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	40
4.3.1 Pembuatan Spesimen Uji Gypsum Eksperimen Taguchi .....	40
4.3.2 Pengujian Kuat Tekan Gypsum Eksperimen Taguchi .....	42
4.4 Pengolahan Data Hasil Eksperimen.....	44
4.4.1 Pengolahan Data Hasil Eksperimen Gypsum.....	44
4.4.1.1 Pengolahan Data Kuat Tekan Hasil Eksperimen Gypsum .....	44
4.4.1.1.1 Perhitungan Rata-rata dan SNR Eksperimen Taguchi.....	44
4.4.1.1.2 Perhitungan ANOVA Nilai Rata-rata Eksperimen Taguchi..	45
4.4.1.1.3 Perhitungan ANOVA Nilai SNR Eksperimen Taguchi.....	50
4.4.2 Analisis Penentuan Setting Level Optimal .....	54
4.4.2.1 Prediksi Kondisi Optimal .....	54
4.5 Tahap Verifikasi Eksperimen .....	57
4.5.1 Eksperimen Konfirmasi .....	57
4.5.1.1 Pengujian Eksperimen Konfirmasi.....	57
4.5.1.2 Perhitungan Selang Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi.....	59
4.5.1.3 Perbandingan Kondisi Aktual dan Konfirmasi.....	61
4.6 Pembahasan .....	63

4.6.1 Penentuan Faktor yang Berpengaruh dan *Orthogonal Array*..... 63

4.6.2 Perhitungan Anova Nilai Rata-Rata dan SNR..... 64

4.6.3 Penentuan *Setting Level* Optimal dan Perbandingan Nilai Selang  
Kepercayaan ..... 64

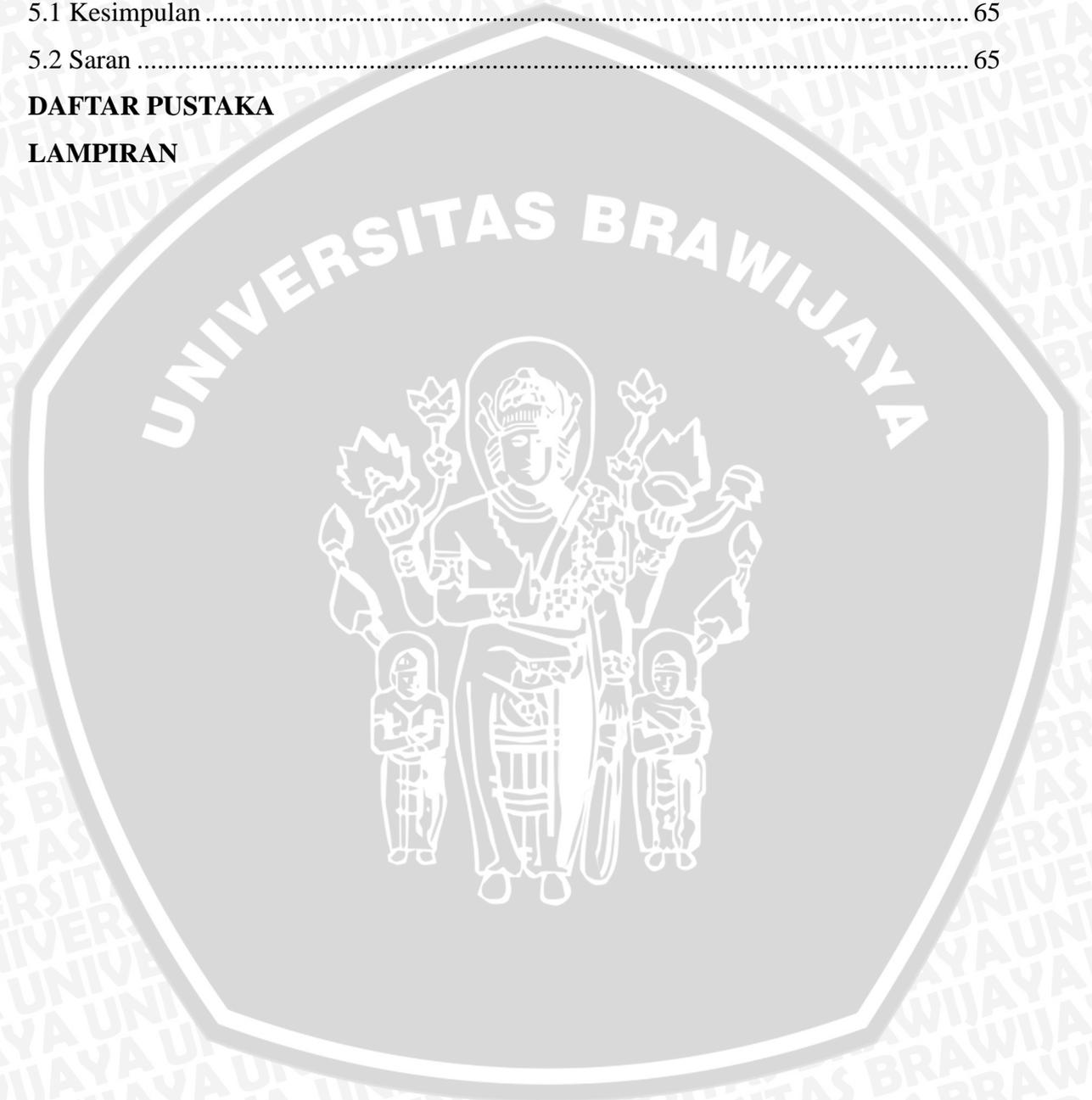
**BAB V PENUTUP** ..... 65

5.1 Kesimpulan ..... 65

5.2 Saran ..... 65

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Volume Produksi PT. Cakra Guna Cipta Malang Periode 2012 s/d 2013 SKT ( Batang ) .....	2
Tabel 1.2	Komposisi Bahan Gypsum .....	2
Tabel 2.1	Komparasi Penelitian Dengan Penelitian Terdahulu .....	8
Tabel 2.2	Kuat Tekan Minimum Bata Ringan .....	13
Tabel 2.3	<i>Orthogonal Array</i> $L_9(3^4)$ .....	18
Tabel 2.4	Klasifikasi Karakteristik Kualitas .....	19
Tabel 2.5	Contoh Tabel Respon .....	21
Tabel 2.6	Percobaan Konfirmasi .....	24
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Kuat Tekan Gypsum pada Kondisi Aktual .....	33
Tabel 4.2	Faktor yang Dianggap Berpengaruh Pada Kuat Tekan Gypsum .....	35
Tabel 4.3	Analisis Diagram Pareto Untuk faktor yang Berpengaruh .....	36
Tabel 4.4	Level Faktor Berpengaruh pada Pembuatan Gypsum .....	38
Tabel 4.5	<i>Degree Of Freedom</i> Untuk Faktor Yang Terkontrol Dalam Penelitian.....	38
Tabel 4.6	<i>Degree Of Freedom Orthogonal Array</i> $L_9(3^4)$ .....	39
Tabel 4.7	<i>Orthogonal Array</i> Taguchi $L_9(3^4)$ .....	39
Tabel 4.8	Contoh Perhitungan Bahan Baku Pada Eksperimen ke-1 .....	40
Tabel 4.9	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Gypsum Eksperimen Taguchi.....	43
Tabel 4.10	Perhitungan Nilai Rata-rata dan SNR Eksperimen Taguchi untuk Kuat Tekan.....	45
Tabel 4.11	Tabel Respon Kuat Tekan Untuk Nilai Rata-rata Eksperimen Taguchi.....	46
Tabel 4.12	<i>Analysis of Variance</i> Nilai Rata-rata ( <i>Mean</i> ) Pada Kuat Tekan .....	48
Tabel 4.13	<i>Analysis of Variance</i> Nilai Rata-Rata ( <i>Mean</i> ) pada Kuat Tekan Setelah <i>Pooling Up</i> .....	50
Tabel 4.14	Tabel Respon untuk Nilai SNR Kuat Tekan Eksperimen Taguchi.....	51
Tabel 4.15	<i>Analysis of Variance</i> Nilai <i>Signal to Noise Ratio</i> pada Kuat Tekan.....	53
Tabel 4.16	Penentuan <i>Setting Level</i> .....	54
Tabel 4.17	Hasil Pengujian Kuat Tekan Gypsum Eksperimen Konfirmasi.....	57
Tabel 4.18	Perbandingan Kondisi Aktual dan Eksperimen Konfirmasi Kuat Tekan.....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme Pengolahan Limbah .....	11
Gambar 3.1	Bentuk dan dimensi spesimen berdasarkan ASTM C 472 .....	26
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian .....	30
Gambar 4.1	Struktur Organisasi PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji .....	31
Gambar 4.2	Alur Proses Pembuatan Rokok SKT .....	32
Gambar 4.3	Diagram Pareto untuk Faktor yang Berpengaruh .....	36
Gambar 4.4	Bagan Eksperimen I .....	41
Gambar 4.5	Proses Pencampuran dan Pengadukan Bahan-Bahan .....	41
Gambar 4.6	Cetakan dan Proses Pencetakan Gypsum .....	42
Gambar 4.7	Gypsum untuk Eksperimen .....	42
Gambar 4.8	Pengujian Kuat Tekan Gypsum Menggunakan <i>Compressive Strength Testing Machine</i> .....	42
Gambar 4.9	<i>Response Graph</i> untuk Nilai Rata-Rata pada Gypsum .....	47
Gambar 4.10	<i>Response Graph</i> untuk Nilai SNR pada Gypsum .....	52
Gambar 4.11	Perbandingan Nilai Selang Kepercayaan Kuat Tekan untuk Rata-Rata ..	61
Gambar 4.12	Perbandingan Nilai Selang Kepercayaan Kuat Tekan untuk SNR .....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Kuisisioner Tertutup .....	66
Lampiran 2	Bahan Pembuatan Gypsum .....	77
Lampiran 3	Surat Pernyataan Laboratorium Teknik Sipil .....	79



## RINGKASAN

**Ubaidillah Umar**, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2015, *Upaya Peningkatan Kualitas Gypsum Dengan Bahan Tambahan Ambri Menggunakan Metode Taguchi (Studi Kasus di PT.Cakra Guna Cipta Malang)*, Dosen Pembimbing: Nasir Widha Setyanto dan Lely Riawati.

Gypsum merupakan suatu material untuk pembuatan bata ringan, interior, dan plafon pada bahan bangunan. Komposisi gypsum tersusun dari Calcium (Ca), Hydrogen (H), Calcium Oksida (CaO), Air (H<sub>2</sub>O), dan Sulfur (S). Harga kalsium yang meningkat dari tahun ke tahun membuat biaya produksi pun meningkat, maka diperlukan suatu bahan alternatif pendukung pembuatan gypsum yang dapat mereduksi penggunaan kalsium. Ambri (kertas rokok) merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat mereduksi penggunaan kalsium pada gypsum karena memiliki kandungan kalsium dan serat yang tinggi. Dengan menggunakan ambri (kertas rokok) diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan menambah kuat tekan pada gypsum.

Penelitian ini menggunakan metode Taguchi yang digunakan untuk mendapatkan setting level optimal dalam pembuatan gypsum yang berbahan ambri (kertas rokok). Parameter yang dipilih dalam pengujian gypsum adalah kuat tekan. Respon kualitas yang dipilih yaitu *Large The Better* yang berarti apabila kuat tekan semakin tinggi maka semakin baik produk yang dapat dihasilkan. ANOVA pada nilai rata-rata digunakan untuk mencari faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata (respon). Sedangkan, untuk SNR digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi variansi.

Hasil penelitian menunjukkan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan (MPa). Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan adalah rasio air dan semen putih, rasio casting dan kalsium serta rasio kalsium dan ambri. Sedangkan faktor yang berpengaruh kurang signifikan adalah rasio air-semen putih dan casting-kalsium. Setting level optimal yang didapat adalah  $A_1B_2C_3D_2$ . Dapat diartikan bahwa rasio air-semen putih dan casting-kalsium adalah 30% : 70%, rasio air dan semen putih adalah 45% : 55 rasio casting dan kalsium adalah 40% : 60%, serta rasio kalsium dan ambri adalah 80% : 20%. Berdasarkan pengujian hipotesis dua rata-rata maka dapat disimpulkan bahwa kondisi gypsum aktual berbeda signifikan terhadap setting level faktor optimal. Hal ini menunjukkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas dari kuat tekan (MPa) dapat meningkat dengan penggunaan limbah ambri.

**Kata Kunci :** *gypsum, limbah kertas rokok, Taguchi, Anova, SNR*

## SUMMARY

**Ubaidillah Umar**, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, in August 2015, *The Effort To Increase Gypsum Quality With Additional Of Ambri Using Taguchi Method (Case Study in PT.Cakra Guna Cipta of Malang)*, Academic Supervisor: Nasir Widha Setyanto and Lely Riawati.

Gypsum is an ingredient to make light brick, interior, and ceiling on building material. The composition of gypsum is consist of Calcium (Ca), Hydrogen(H), Calcium Oxyde (CaO), Water (H<sub>2</sub>O) and Sulphur (S). But this is not supported by increases price of calcium from year to year that making the cost of production has increased, hence required an alternative material that supporting the manufacture of gypsum that can reduce the use of calcium. Ambri (cigarette paper) is one of the alternatives that can reduce the use of calcium in the gypsum because it contains calcium and fiber. With using ambri (cigarette paper) it hope that ambri can increase the quality and strengthen the pressure of gypsum.

This study using the Taguchi method that been used to get optimal setting level in the making of gypsum that based on ambri (cigarette paper). The material parameter chosen in the gypsum test was compressive strength. Quality response chosen was the larger the better which means that the higher compressive strength so the result product will be better. ANOVA in mean value used to look for factors that affect to mean value (response ). Besides, SNR was used to find factors that affect variations.

Result of the study showed many factors that significantly have effect on compressive strength (MPa). The factors that have significant effect were the ratio of water and white cement, casting and calcium ratio, and the ratio of calcium and Ambri. Meanwhile less significantly influential factor was the water-cement ratio and casting white-calcium. Setting optimal level obtained wa A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>2</sub>. Could mean that the ratio of water-cement and casting white-calcium is 30% : 70%, the rasio of water and white cement is 45% : 55, the ratio of casting and calcium is 40% : 60%, and the ratio of calcium and Ambri is 80% : 20 %. Based on the hypothesis of two average it can be concluded that the actual conditions of gypsum has significant different to the setting optimally factor level. This indicates that the affecting factors to quality characteristics from compressive strength (MPa) can be increased with the use of waste Ambri.

**Keyword :** *gypsum, waste cigarette paper, Taguchi, Anova, SNR*

## BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan membahas mengenai hal-hal yang melatarbelakangi penelitian ini. Dari latar belakang dapat teridentifikasi masalah yang akan dirumuskan dalam suatu perumusan masalah. Berdasarkan rumusan masalah kemudian ditetapkan tujuan dan batasan penelitian. Selain itu pada bab ini juga akan disebutkan manfaat yang diperoleh dari penelitian ini.

### 1.1 LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan salah satu produsen rokok yang terdapat di Asia. Berbagai macam produsen rokok terdapat di Indonesia dengan kapasitas pabrik yang besar serta sudah memiliki standart operasional yang tinggi seperti Gudang Garam, Sampoerna, Bentoel dan Djarum. Selain produsen rokok yang besar terdapat produsen rokok yang memiliki pabrik kecil dan masih memiliki standart operasional yang kurang baik. Walaupun pabrik rokok tersebut memiliki standart operasional yang kurang baik, sampai saat ini masih dapat beroperasi dan memproduksi produk rokok. Pabrik rokok masih menggunakan tenaga kerja yang dikerjakan secara manual untuk proses pelintingan rokok sehingga terdapat limbah kertas rokok. Limbah atau sampah bisa diartikan sebagai sisa-sisa hasil pengolahan pabrik ataupun manusia yang mengandung zat kimia. Apabila pembuangan limbah dilakukan secara terus-menerus maka akan menimbulkan penumpukan sampah. Selama ini limbah yang terdapat pada pabrik tidak dimanfaatkan, hanya dibuang atau dibakar.

PT. Cakra Guna Cipta Malang merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri rokok yang mempunyai limbah sisa produksi yaitu ambri (kertas rokok), sisa cengkeh, dan tembakau. Dalam menghasilkan produknya terdapat 2 jenis pembuatan rokok di PT. Cakra Guna Cipta, yaitu pembuatan rokok dengan menggunakan tangan yang disebut dengan Sigaret Kretek Tangan (SKT) dan dengan menggunakan mesin yang disebut dengan Sigaret Kretek Mesin (SKM). Pada sistem SKT dan SKM terdapat limbah yang dihasilkan dari hasil produksi, tetapi penelitian kali ini berfokus kepada jumlah produksi pembuatan rokok Sigaret Kretek Tangan (SKT) karena banyaknya limbah sisa produksi yang belum dimanfaatkan berasal dari sistem SKT. Berikut ini merupakan data jumlah produksi yang dihasilkan oleh sistem SKT di PT. Cakra Guna Cipta Malang serta jumlah limbah yang dihasilkan.

**Tabel 1.1** Volume Produksi PT. Cakra Guna Cipta Malang Periode 2012 s/d 2013 SKT ( Batang )

Tahun	Bulan	Jumlah produksi (Batang)	Limbah (%)
2012	Januari - Juni	519.979.263	2%
	Juli -Desember	420.483.773	1,5%
2013	Januari - Juni	400.627.271	1,5%
	Juli - Desember	398.678.474	1,5%
	Total	1.739.768.781	6,5%

Sumber: PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji Malang

PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji memiliki kendala dalam pembuatan rokok dengan Sigaret Kretek Tangan (SKT) yaitu terdapat sisa kertas rokok (ambri) setelah dilakukan pemotongan yang tidak dimanfaatkan kembali. Berdasarkan data pada Tabel 1.1 diketahui bahwa rokok yang dihasilkan pada tahun 2012-2013 adalah sebanyak 1.739.768.781 serta persentase limbah secara keseluruhan sebesar 6,5% dan diasumsikan limbah kertas rokok (ambri) sebanyak 3,5%. Limbah tersebut sebenarnya bisa dimanfaatkan lagi dan pada saat ini limbah yang dihasilkan dikumpulkan saja di suatu tempat atau dibakar. Karena keterbatasan sumber daya pada perusahaan maka limbah kertas rokok (ambri) tidak dimanfaatkan kembali. Pemanfaatan limbah padat kertas rokok yang belum optimal dapat digunakan untuk bahan tambahan pembuatan gipsum sebagai bahan pendukung Kalsium. Limbah padat yang dihasilkan oleh kertas rokok (ambri) masih mengandung selulosa dan *Calcium*, Selulosa merupakan bagian penyusun utama jaringan tanaman berkayu dan *Calcium (Ca)* merupakan senyawa yang berfungsi untuk menambah kekuatan material pada bahan bangunan (Rosmaida,2008).

Gipsum ( $\text{CaSO}_4$ ) adalah semacam bubuk putih yang apabila dicampur dengan air akan berbentuk seperti pasta. Dalam bentuk murni gipsum berupa kristal berwarna putih dan berwarna abu-abu, kuning, jingga atau hitam bila kurang murni. Sesuai dengan namanya, material gipsum terbuat dari mineral gipsum dengan rumus molekul ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang merupakan garam yang pertama kali mengendap akibat proses evaporasi air laut (Sanusi,1986).

**Tabel 1.2** Komposisi Bahan Gipsum

Bahan	Kandungan (%)
Calcium (Ca)	23,28
Hydrogen (H)	2,34
Calcium Oksida (CaO)	32,57
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	20,93
Sulfur (S)	18,62

Sumber: *Gypsum Association* (2007)

Gypsum adalah mineral yang bahan utamanya terdiri dari *hydrated calcium sulfate*. Seperti pada mineral dan batu, gipsium akan menjadi lebih kuat apabila mengalami penekanan (*Gypsum Association, 2007*). Gipsium merupakan bahan yang banyak digunakan sebagai bahan baku ataupun bahan pembantu dalam berbagai jenis industri. Material gipsium yang dulunya lebih banyak digunakan sebagai penyekat atau partisi, belakangan ini kehadiran gipsium sebagai material plafon, pencetak gigi, campuran pada bahan bangunan dan dekorasi ruangan makin digemari. Selain murah, gipsium juga lebih mudah dibentuk dan terlihat lebih bersih dibandingkan material lain. Kekuatan tekan gipsium menjadi faktor penting dalam karakteristik gipsium khususnya dalam kaitannya sebagai interior ataupun campuran pada material bahan bangunan yang mengutamakan kekuatan dari material yang akan dipakai. Faktor penting yang mempengaruhi gipsium antara lain perbandingan air dan semen putih, banyaknya *casting*, kalsium dan ambri (kertas rokok). Diperlukan suatu desain eksperimen yang dapat menguji faktor-faktor yang berpengaruh terhadap gipsium dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan pada gipsium sehingga pemilihan bahan dapat dilakukan dengan tepat untuk suatu keperluan secara ekonomis menggunakan desain eksperimen dengan Metode Taguchi.

Pada penelitian kali ini menggunakan limbah padat kertas rokok (ambri) sebagai bahan pengisi gipsium. Hal ini dilakukan untuk mengurangi komposisi kalsium pada pembuatan gipsium dengan hasil yang diharapkan minimal sama dengan gipsium standart serta untuk memperkuat gipsium dari cacat patah ataupun retak. Limbah padat kertas rokok memiliki kandungan serat dan *Calcium (Ca)* yang juga merupakan senyawa yang terdapat di dalam kalsium. Semakin tinggi ikatan serat pada limbah akan memperbesar penahanan zat-zat lain yang terkandung di dalam limbah. Dengan semakin kuatnya ikatan antar serat pada limbah otomatis meningkatkan kekuatan material yang dihasilkan (Rosmaida,2008).

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menjadi sebuah masukan untuk perusahaan dalam pengolahan limbah dan limbah tersebut dapat dijual kembali kepada perusahaan gipsium sehingga PT Cakra Guna Cipta dapat memperoleh keuntungan dari penjualan limbah ambri. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah yaitu dengan menggunakan metode *Taguchi*. Metode ini merupakan metode untuk perbaikan kualitas dengan melakukan percobaan baru serta menekan biaya dan sumberdaya seminimal mungkin (Soejanto,2008). Pada penelitian kali ini respon kualitas yang dipilih yaitu *Large The Better* pada kuat tekan gipsium yang

berarti apabila kuat tekan semakin tinggi maka semakin baik produk yang dapat dihasilkan.

## 1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas, identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sisa kertas rokok (ambri) yang belum dimanfaatkan.
2. Adanya kesamaan karakteristik material pada kertas rokok (ambri) yang belum dimanfaatkan dengan kalsium yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif tambahan dalam pembuatan gipsum.

## 1.3 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang dan identifikasi permasalahan yang ada, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor apa saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan pada gipsum dengan bahan alternatif kertas rokok (ambri)?
2. Bagaimana kombinasi faktor dan level bahan tambahan untuk mendapatkan kuat tekan yang optimal pada gipsum?

## 1.4 BATASAN MASALAH

Agar permasalahan dalam penelitian ini tidak meluas, maka diperlukan pembatasan permasalahan. Pembatasan masalah dilakukan agar permasalahan yang dibahas lebih terfokus pada topik yang telah ditentukan. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian hanya dilakukan uji kuat tekan pada produk.
2. Penelitian ini tidak memperhitungkan faktor biaya.
3. Karakteristik kualitas yang dituju untuk kuat tekan adalah *larger the better*.
4. Sifat-sifat kimia sebelum dan sesudah pembuatan gipsum diabaikan, kecuali *Calcium* (Ca)
5. Dalam eksperimen ini hanya menggunakan faktor-faktor yang terkontrol dan mengabaikan faktor-faktor tak terkontrol.

## 1.5 ASUMSI-ASUMSI

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Aktivitas Bagian Pabrik PT. Cakra Guna Cipta berjalan normal.
2. Umur dari limbah amri diasumsikan sama.
3. Selama penelitian tidak terjadi perubahan dalam strategi, kebijakan, dan sistem operasional perusahaan.

## 1.6 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan level dan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan gipsum dengan bahan alternatif kertas rokok (ambri).
2. Menentukan kombinasi faktor dan level yang optimal sehingga dapat meningkatkan kualitas kuat tekan pada gipsum dengan bahan alternatif kertas rokok (ambri).

## 1.7 MANFAAT PENELITIAN

Dari penelitian ini, manfaat yang akan diperoleh dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Dapat menggunakan limbah ambri sebagai bahan alternatif pada pembuatan gipsum dengan mempertimbangkan kuat tekan.
2. Memberikan *setting level* optimal untuk pembuatan gipsum sehingga didapatkan gipsum dengan kualitas kuat tekan paling baik sesuai dengan *setting level* optimal yang didapatkan.
3. Sebagai informasi tambahan bagi peneliti selanjutnya yang memiliki tema relevan serta sebagai perbandingan bagi peneliti selanjutnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dasar-dasar teori diperlukan sebagai panduan dan acuan bagi penelitian yang dilaksanakan. Bab ini berisi tentang penelitian terdahulu dan tinjauan pustaka yang digunakan.

### 2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian ini mengacu kepada beberapa penelitian serupa yang pernah dilaksanakan. Tujuan dari penggunaan penelitian terdahulu adalah sebagai referensi yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian selain dari buku. Subbab ini berisi *review* masing-masing penelitian tentang *Taguchi*

1. Susilo (2004) 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 berdasarkan ASTM D638 dan ASTM D3039. 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 sebesar 4,6% , 5,7% , 7,6% dan 12% seiring dengan bertambahnya kandungan *filler*.
2. Sinaga (2009) melakukan penelitian yang bertujuan untuk memanfaatkan limbah padat pabrik kertas rokok dan perekat PVA yang digunakan untuk bahan pengisi papan gipsium plafon. Penelitian ini dilakukan berdasarkan pengujian sesuai

ASTM C473 untuk memperoleh nilai optimum dan karakteristik dari bahan pengisi dan perekat PVA. Dari pengujian didapat prosedur optimum dengan menambahkan 125 gram limbah padat pabrik kertas rokok dan 12,5 gram PVA cukup memadai untuk dijadikan papan gipsium plafon. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekakuan dan kekuatan fleksural yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan papan gipsium komersial. Demikian juga penyerapan air dan defleksi untuk penambahan limbah padat kertas rokok dan perekat PVA mengalami penurunan yang signifikan, menunjukkan bahwa bahan dapat digunakan pada ruangan yang lembab dan tahan terhadap serangan jamur. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa limbah padat pabrik kertas rokok dan perekat PVA layak digunakan sebagai bahan pengisi papan gipsium plafon.

3. Prasetyo (2007) melakukan penelitian menggunakan bahan penguat alternatif pengganti serat rowing untuk menambah kuat desak pada gipsium. Bahan tersebut adalah serat alam (natural fiber) berupa serat *Agave Cantula Roxb* agar dapat mengetahui pengaruh penggunaan serat *Agave Cantula Roxb* terhadap kekuatan desak gipsium interior yang dikombinasikan dengan faktor-faktor lainnya serta menentukan setting level optimal terhadap kekuatan desak gipsium interior menggunakan eksperimen Taguchi. Terdapat lima faktor terkendali yang diteliti yaitu fraksi volume serat, fraksi berat semen putih, merk gipsium, 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 gipsium interior pada kondisi optimal adalah fraksi volume serat dan air. Setting level optimal kualitas kuat desak gipsium 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.

Penelitian ini berjudul, “ Upaya Peningkatan Kualitas Gipsium Dengan Bahan Tambahan Ambri Menggunakan Metode Taguch”. Langkah penelitian dimulai dengan identifikasi limbah yang terdapat pada perusahaan, mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh, pemisahan faktor terkendali dan tak terkendali, serta melakukan

eksperimen konfirmasi. Ringkasan dari penelitian terdahulu dan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Komparasi Penelitian Dengan Penelitian Terdahulu

Tahun	Peneliti	Topik Penelitian	Objek Penelitian	Respon
2004	Susilo	Pengaruh Filler $C_6CO_3$ Terhadap Sifat Mekanis KOMposit UPRS-Cantula	Komposit <i>Unsaturated Polyester (Resin)</i>	Uji Kuat Tarik
2009	Sinaga	Pembuatan Papan Gypsum Plafon Dengan Bahan Pengisi Limbah Padat Kertas Rokok dan PVA	Gypsum Plafon	Uji Fleksural,Uji Tarik,Uji Ketahanan Terhadap Penetrasi Air,Uji Defleksi
2007	Prasetyo	Pengaruh Penggunaan Serat <i>Agave Cantula Roxb</i> Terhadap Kuat Desak Gypsum Interior Menggunakan Eksperimen taguchi	Gypsum Interior	Uji Kuat Tekan
	Penelitian ini	Upaya Peningkatan Kualitas Gypsum Dengan Bahan Tambahan Ambri menggunakan Metode Taguchi	Gypsum	Uji Kuat Tekan

## 2.2 LIMBAH

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan atau kegiatan manusia. Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Air limbah industri maupun rumah tangga (domestik) apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan. Pencegahan dan penanggulangan dampak air limbah terhadap kesehatan dapat dilakukan dengan mengidentifikasi jenis limbah, mengetahui dampaknya terhadap kesehatan, dan cara pengolahannya. Industri berkembang dengan sangat pesat. Hal itu dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Penurunan kualitas lingkungan tersebut diakibatkan tidak terkendalinya pembuangan limbah dan emisi gas dari kegiatan industri. Limbah dari kegiatan industri dapat berupa limbah cair, gas, dan padat (Nusa Idaman Said,2011).

### 2.2.1 Limbah Padat

Limbah padat adalah hasil buangan industri yang berupa padatan, lumpur atau bubuk yang berasal dari suatu proses pengolahan. Limbah padat berasal dari kegiatan industri dan domestik. Limbah domestik pada umumnya berbentuk limbah padat rumah tangga, limbah padat kegiatan perdagangan, perkantoran, peternakan, pertanian serta dari tempat-tempat umum. Jenis-jenis limbah padat seperti kertas, kayu, kain,

karet/kulit tiruan, plastik, metal, gelas/kaca, organik, bakteri, kulit telur, dll. Sumber-sumber dari limbah padat sendiri meliputi seperti pabrik rokok, pulp, kertas, rayon, limbah nuklir, pengawetan buah, ikan, atau daging. Secara garis besar limbah padat terdiri dari:

1. Limbah padat yang mudah terbakar.
2. Limbah padat yang sukar terbakar.
3. Limbah padat yang mudah membusuk.
4. Limbah yang dapat di daur ulang.
5. Limbah radioaktif.
6. Bongkaran bangunan.
7. Lumpur.

### 2.2.2 Dampak Pencemaran Limbah Padat

Limbah pasti akan berdampak negatif pada lingkungan hidup jika tidak ada pengolahan yang baik dan benar, dengan adanya limbah padat di dalam lingkungan hidup maka dapat menimbulkan pencemaran seperti :

1. Timbulnya gas beracun, seperti Asam Sulfida ( $H_2S$ ), amoniak ( $NH_3$ ), metan ( $CH_4$ ),  $CO_2$  dan sebagainya. Gas ini akan timbul jika limbah padat ditimbun dan membusuk dikarena adanya mikroorganisme. Adanya musim hujan dan kemarau, terjadi proses pemecahan bahan organik oleh bakteri penghancur dalam suasana aerob/anaerob.
2. Dapat menimbulkan penurunan kualitas udara. Pada sampah yang ditumpuk, akan terjadi reaksi kimia seperti gas  $H_2S$ ,  $NH_3$  dan methane yang jika melebihi NAB (Nilai Ambang Batas) akan merugikan manusia.
3. Penurunan kualitas air. Karena limbah padat biasanya langsung dibuang dalam perairan atau bersama-sama air limbah. Maka akan dapat menyebabkan air menjadi keruh dan rasa dari air pun berubah.

### 2.2.3 Pengolahan Limbah Padat

Pengolahan limbah padat dapat dilakukan dengan berbagai cara yang tentunya dapat menjadikan limbah tersebut tidak berdampak buruk bagi lingkungan ataupun kesehatan. Menurut sifatnya pengolahan limbah padat dapat dibagi menjadi dua cara yaitu pengolahan limbah padat tanpa pengolahan dan pengolahan limbah padat dengan pengolahan :

1. Limbah padat tanpa pengolahan: Limbah padat yang tidak mengandung unsur kimia yang beracun dan berbahaya dapat langsung dibuang ke tempat tertentu sebagai TPA (Tempat Pembuangan Akhir).
2. Limbah padat dengan pengolahan: Limbah padat yang mengandung unsur kimia beracun dan berbahaya harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke tempat-tempat tertentu.

Pengolahan limbah juga dapat dilakukan dengan cara yang sederhana misalnya dengan cara pembakaran. Dengan membakar, limbah padat dapat digunakan sebagai sumber energi baik untuk pembangkit uap air panas, listrik dan pencairan logam. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan sebelum mengolah limbah padat tersebut yaitu sebagai berikut :

- 1) Jumlah Limbah

Sedikit dapat dengan mudah kita tangani sendiri. membutuhkan penanganan khusus tempat dan sarana pembuangan.

- 2) Sifat fisik dan kimia limbah

Sifat fisik mempengaruhi pilihan tempat pembuangan, sarana pengangkutan dan pilihan pengolahannya. Sifat kimia dari limbah padat akan merusak dan mencemari lingkungan dengan cara membentuk senyawa-senyawa baru.

- 3) Kemungkinan pencemaran dan kerusakan lingkungan.

Karena lingkungan ada yang peka atau tidak peka terhadap pencemaran, maka perlu kita perhatikan tempat pembuangan akhir (TPA), unsur yang akan terkena, dan tingkat pencemaran yang akan timbul.

- 4) Tujuan akhir dari pengolahan

Terdapat tujuan akhir dari pengolahan yaitu bersifat ekonomis dan bersifat non-ekonomis. Tujuan pengolahan yang bersifat ekonomis adalah dengan meningkatkan efisiensi pabrik secara menyeluruh dan mengambil kembali bahan yang masih berguna untuk di daur ulang atau dimanfaatkan. Sedangkan tujuan pengolahan yang bersifat non-ekonomis adalah untuk mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan. Pada gambar 2.1 merupakan mekanisme pengolahan limbah.



Gambar 2.1 Mekanisme Pengolahan Limbah

Sumber: Damanhuri, Enri ( 2006 )

### 2.3 GIPSUM

Gypsum adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut. Gypsum merupakan mineral terbanyak dalam batuan sedimen, lunak bila murni. Merupakan bahan baku yang dapat diolah menjadi kapur tulis. Dalam dunia perdagangan biasanya gypsum mengandung 90%  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Menurut Sanusi (1986) gypsum adalah suatu senyawa kimia yang mengandung dua molekul hablur dan dikenal dengan rumus kimia  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Dalam bentuk murni gypsum berupa kristal berwarna putih dan berwarna abu-abu, kuning, jingga atau hitam bila kurang murni.

Gypsum digunakan untuk pembuatan bangunan, papan dinding, pembuatan cetakan gigi, ubin, sebagai penyerap untuk bahan-kimia, sebagai pigmen cat dan untuk pelapisan kertas. Gypsum menjadi kering ketika dipanaskan sekitar  $374^\circ\text{F}$  ( $190^\circ\text{C}$ ), membentuk hemihydrate  $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , yang merupakan dasar dari kebanyakan plester gypsum.

Dalam pembuatan gypsum harus digunakan bahan kimia untuk memperlambat proses pengerasan tanpa mengubah sifat gypsum sebagai perekat. Perlambatan tersebut dimaksudkan agar cukup waktu dari tahap pencampuran bahan sampai tahap pengempaan. Beberapa kegunaan gypsum yaitu:

1. Dry wall, bahan perekat dan campuran pembuatan lapangan tenis.
2. Penyaring dan sebagai pupuk tanah, diakhir abad 18 dan awal abad 19, gypsum Nova Scotia atau yang lebih dikenal dengan plester digunakan dalam jumlah besar sebagai pupuk di ladang-ladang gandum AS.

3. Sebagai pengganti kayu pada zaman kerajaan-kerajaan ketika kayu menjadi langka di zaman perunggu, gipsum ini digunakan sebagai bahan bangunan.
4. Sebagai salah satu bahan pembuat portland semen.

Adapun gipsum memiliki keunggulan sebagai berikut :

1. Mudah diperbaiki

Apabila terjadi kerusakan pada gipsum yang disebabkan jamur dan benturan eksternal, kita dapat dengan mudah memperbaikinya. Potong bagian yang rusak dan menyambungkannya dengan potongan gipsum yang baru. Ratakan sambungan tersebut dan cat ulang dengan warna sejenis.

2. Hemat biaya

Pengerjaannya yang praktis dan efisien membuat kita tidak perlu lagi menggunakan peralatan atau bahan pendukung lainnya. Selain itu, waktu pengerjaan lebih cepat.

3. Desain fleksibel

Gipsum memiliki fleksibilitas dalam hal desain. Baik itu klasik, minimalis, modern, simpel dan lainnya. Gipsum juga banyak digunakan untuk keperluan dekorasi interior.

4. Kedap suara dan tahan lama

Pemakaian gipsum sebagai pelapis dinding dapat membantu meredam gema yang ditimbulkan akibat pantulan balik suara.

### 2.3.1 Uji Kuat Tekan Gipsum Berdasarkan BS EN 1052-1-1999

Kualitas bata menurut BS EN 1052-1-1999 ditentukan berdasarkan uji kuat tekan (N/mm<sup>2</sup>). Pengujian kuat tekan yang dilakukan sama dengan pengujian kuat tekan beton pada umumnya. Untuk menghitung kuat tekan (*compressive strength*) berdasarkan BS EN 1052-1-1999 dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Compressive Strength} = \frac{\text{The maximum load}}{\text{The Plan Area}} \cdot \text{appropriate factor} \quad (2-1)$$

Dimana :

*Compressive Strength* = Kuat tekan dengan satuan (N/mm<sup>2</sup>)

*The maximum load* = Beban maksimum dengan satuan (N)

*The Plan Area* = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

*Appropriate factor* = Faktor koreksi

1 N/mm<sup>2</sup> = 1 Mpa

1 Mpa = 10kg/cm<sup>2</sup>

### 2.3.2 Kriteria Kuat Tekan Minimum Bata Ringan

Kriteria kuat tekan minimum bata ringan sebagai bahan bangunan dinding yang memenuhi standar SNI 03-3449-1994 adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.2** Kuat Tekan Minimum Bata Ringan

Mutu	Kuat Tekan Minimum (MPa)
I	9,0
II	6,6
III	3,6
IV	2,1

Sumber : SNI 03-3449-1994

Berdasarkan bentuk luar bata ringan, ada beberapa kriteria bata ringan yang memenuhi standar nasional. Syarat-syarat bentuk luar bata SNI sebagai berikut :

1. Bidang permukaan tidak cacat.
2. Dapat menambahkan desain tertentu pada permukaan.
3. Sudut rusuk tidak mudah dirapikan dengan kekuatan jari.

### 2.4 KUALITAS

Menurut Soejanto (2008) kualitas mengandung banyak definisi dan makna. Akan sulit mendefinisikan kualitas dengan tepat dan tidak ada definisi kualitas yang diterima secara universal, dari definisi – definisi yang ada terdapat beberapa kesamaan yaitu dalam elemen – elemen sebagai berikut :

1. Kualitas meliputi usaha memenuhi atau melebihi harapan pelanggan.
2. Kualitas mencakup produk, jasa, manusia, proses dan lingkungan.
3. Kualitas merupakan kondisi yang selalu berubah (misalnya apa yang dianggap merupakan kualitas saat ini, mungkin pada masa mendatang dianggap kurang berkualitas).

Definisi kualitas menurut Philip B. Crosby adalah memenuhi atau sama dengan persyaratannya (*conformance to requirements*), menurut Joseph M. Juran kualitas didefinisikan sebagai kecocokan untuk pemakaian (*fitness for use*), yang mengandung pengertian bahwa suatu produk atau jasa harus dapat memenuhi apa yang diharapkan oleh para pemakainya. Menurut W. Edwards Deming kualitas adalah suatu tingkat yang dapat diprediksi dari keseragaman dan ketergantungan pada biaya yang rendah dan sesuai dengan pasar, sedangkan menurut Genichi Taguchi definisi kualitas menurut Taguchi ada dua segi umum tentang kualitas, yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan.

## 2.5 REKAYASA KUALITAS

Rekayasa kualitas dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk atau proses. Kerangka dasar dari rekayasa kualitas merupakan suatu hubungan antara dua disiplin ilmu yaitu teknik perancangan dan manufaktur, dimana mencakup seluruh aktivitas pengendalian kualitas dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses, perancangan produksi dan kepuasan konsumen. Target dari metodologi rekayasa kualitas ini adalah untuk mencapai seluruh target dari perbaikan terus – menerus, penemuan yang dipercepat, penyelesaian masalah dengan cepat, dan efektivitas dalam meningkatkan kualitas produk (Soejanto,2008).

## 2.6 METODE TAGUCHI

Metode Taguchi pertama kali ditemukan oleh Dr. Genchi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapatkan tugas untuk memperbaiki sistem komunikasi di Jepang. Beliau mengembangkan metode Taguchi untuk melakukan perbaikan kualitas dengan metode percobaan baru, artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Process Control*). Taguchi memiliki pandangan yang berbeda mengenal kualitas, beliau tidak hanya menghubungkan biaya dan kerugian dari suatu produk saat proses pembuatan produk tersebut, akan tetapi juga dapat dihubungkan pada konsumen serta masyarakat. Menurut Taguchi, kualitas adalah kerugian setelah produk digunakan oleh masyarakat disamping kerugian yang disebabkan oleh mutu produk itu sendiri (Soejanto, 2008).

Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut *Robust Design*. Metode Taguchi merupakan *off-line quality control*, artinya pengendalian kualitas yang preventif untuk desain produk atau proses sebelum sampai pada tingkat *shop floor* dan juga dilakukan pada saat awal dalam *life cycle product* yaitu perbaikan pada awal untuk menghasilkan produk. (Soejanto, 2008) filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari empat buah konsep, yaitu :

1. Kualitas seharusnya didesain pada produk mulai dari awal proses tidak hanya dengan inspeksi yang biasa disebut *off-line strategy*.
2. Kualitas yang maksimal dapat dicapai dengan meminimasi deviasi dari target, bukan dari kesalahan untuk menguatkan spesifikasinya.
3. Kualitas tidak hanya didasarkan pada karakteristik produk, kenampakan produk hanya memfariasikan harga dan kesan di pasaran.

4. Biaya kualitas seharusnya diukur sebagai fungsi dari variasi *performance* produk.

Pada metode Taguchi yang merupakan *off-line* control memiliki tiga tahap penting dalam perancangan proses (Soejanto, 2008), yaitu antara lain :

1. *System Design (Primary Design)*

Tahap ini adalah tahap yang berkaitan dengan pengembangan teknologi. Tahap ini memerlukan pengetahuan teknis yang luas dan mendalam untuk memulai pengembangan produk ataupun proses.

2. *Parameter Design (Secondary Design)*

Desain parameter sangat penting dalam upaya meningkatkan keseragaman produk atau dapat mencegah tingginya variabilitas. Pada tahap ini parameter – parameter dari atau dapat mencegah tingginya variabilitas. Pada tahap ini parameter-parameter dari proses tertentu ditetapkan untuk menghasilkan peformansi produk menjadi kurang terhadap penyebab terjadinya variabilitas. Dengan kata lain pada tahap ini menentukan tingkatan level dari faktor – faktor yang berpengaruh pada produk.

3. *Tolerance Design (Tertiary Design)*

Pada tahap ini kualitas ditingkatkan dengan mengetatkan toleransi pada parameter produk untuk mengurangi terjadinya variabilitas pada performansi produk. Tahap ini juga berkaitan dengan pengendalian faktor – faktor yang mempengaruhi nilai target dengan menggunakan komponen mutu tinggi dan biaya tinggi yang tidak dapat dihindari.

Metode Taguchi memiliki beberapa langkah – langkah yang harus diikuti serta diperhatikan yang dimana menunjang akan keberhasilan eksperimen yang akan dilakukan. Berikut ini merupakan langkah – langkah eksperimen Taguchi :

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan

Yaitu mendefinisikan permasalahan yang akan dihadapi dengan se jelas mungkin agar dapat dilakukan suatu upaya perbaikan dari masalah yang dihadapi.

2. Menentukan tujuan penelitian

Untuk menentukan tujuan penelitian diperlukan mengidentifikasi karakteristik kualitas serta tingkat performansi dari suatu eksperimen.

3. Menentukan metode pengukuran

Menentukan bagaimanakah parameter – parameter yang akan diamati, bagaimana cara pengukurannya, dan peralatan apa sajakah yang diperlukan dalam eksperimen.

#### 4. Identifikasi faktor

Untuk mengidentifikasi faktor yaitu melakukan pendekatan yang sistematis dengan tujuan menemukan suatu penyebab permasalahan yang dihadapi

#### 5. Memisahkan faktor *control* dan faktor *noise*

Untuk memulai melakukan dalam desain eksperimen Taguchi, seharusnya mengetahui faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi produk. Taguchi sendiri membagi faktor – faktor berpengaruh menjadi dua yaitu faktor kontrol dan faktor *noise*.

#### 6. Menentukan level dari faktor dari nilai faktor

Dalam penentuan level dari faktor menentukan jumlah derajat kebebasan yang akan digunakan sebagai pemilihan *Orthogonal Array* yang akan digunakan dalam eksperimen.

#### 7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi

Suatu interaksi terjadi apabila pengaruh dari suatu faktor tergantung dari level faktor yang lainnya.

#### 8. Pemilihan *Orthogonal Array*

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

#### 9. Memasukkan faktor dan atau interaksi ke dalam kolom

#### 10. Melakukan eksperimen

Dalam melakukan eksperimen, sejumlah percobaan akan disusun untuk meminimasi kesalahan yang mungkin terjadi pada penyusunan level yang tepat untuk eksperimen.

#### 11. Analisa hasil eksperimen

Menganalisa hasil eksperimen yang telah dilakukan Taguchi menggunakan ANOVA, yaitu perhitungan jumlah kuadrat total, jumlah kuadrat rata – rata, jumlah kuadrat faktor, dan jumlah kuadrat error.

#### 12. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal

#### 13. Perkiraan rata – rata pada kondisi optimal

#### 14. Menjalankan eksperimen konfirmasi

### 2.6.1 Orthogonal Array

Dalam melaksanakan metodologi rekayasa kualitas, penentuan matriks orthogonal sangat penting sekali dan merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Dalam tahapan taguchi setelah menyimpulkan fase perencanaan dari eksperimen, aktivitas berikutnya adalah menyusun percobaan atau mendesain eksperimen. Penentuan *orthogonal array* sangat penting sekali dan merupakan hal yang tidak bisa diabaikan. Karena *orthogonal array* merupakan suatu matriks 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 lain dalam eksperimen. Sehingga dapat mempermudah pengamatan (Soejanto, 2008).

Hal – hal yang perlu diperhatikan untuk memilih *Orthogonal Array* yang sesuai dengan eksperimen adalah sebagai berikut :

1. Definisikan jumlah faktor dan levelnya

Dalam tahap ini yaitu melakukan pengamatan terhadap parameter – parameter yang terdapat dalam suatu proses produksi atau suatu mesin proses produksi. Dari parameter – parameter yang diketahui, dilakukan penentuan level pengamatan untuk tiap faktor yang ada, sehingga memudahkan dalam melakukan pengamatan.

2. Tentukan derajat kebebasan (*degrees of freedom*)

Derajat kebebasan (*degrees of freedom*) adalah sebuah konsep yang mendeskripsikan seberapa besar eksperimen yang mesti dilakukan dan seberapa banyak informasi yang didapatkan dari eksperimen tersebut. Bentuk persamaan adalah sebagai berikut :

$$DOF_{exp} = (\text{banyak eksperimen} - 1) \quad (2-2)$$

Derajat kebebasan untuk menghitung jumlah level yang harus diuji atau diadakan pengamatan pada sebuah faktor, bentuk persamaannya adalah sebagai berikut :

$$DOF_{fi} = (\text{banyak level} - 1) \quad (2-3)$$

Dan persamaan derajat kebebasan untuk mengetahui derajat kebebasan dari sebuah matriks eksperimen atau total derajat kebebasan adalah :

$$\text{Total } DOF_{fi} = (\text{banyaknya faktor}) \cdot (DOF_{fi}) \quad (2-4)$$

3. Memilih *Orthogonal Array*

Dalam memilih *Orthogonal Array* yang sesuai, diperlukan suatu persamaan dari *Orthogonal Array* tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level

faktor dan jumlah pengamatan yang akan dilakukan. Berikut merupakan model

*Orthogonal Array*:

$$L_a(b^c)$$

Dimana :

a = Banyaknya eksperimen / baris

b = Banyak level

c = Banyak faktor / kolom

4. Pertimbangkan interaksi yang mungkin

Dalam menentukan dan menganalisa interaksi yang mungkin terdapat dalam *orthogonal array* dapat dilakukan menganalisa nilai rata – rata (*Analysis of Mean*).

Pada Tabel 2.3 merupakan contoh dari *Orthogonal Array*  $L_9(3^4)$  :

**Tabel 2.3** *Orthogonal Array*  $L_9(3^4)$

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 : Soejanto (2008)

## 2.7 KLASIFIKASI KARAKTERISTIK KUALITAS

Menurut Belavendram (1995) karakteristik kualitas dapat dikelompokkan berdasarkan nilai target, berikut merupakan nilai targetnya :

1. *Nominal-the-best*

*Nominal the best* merupakan nilai target apabila memenuhi nilai atau nominal tertentu maka dapat dikatakan sesuai target. Sehingga dengan kata lain target terpusat pada nilai tertentu.

2. *Smaller-the-better*

Nilai target terpenuhi apabila menunjukkan nilai sekecil mungkin sampai mendekati kepada nilai 0 atau *zero*.

3. *Large-the-better*

*Large the better* merupakan nilai target sebesar mungkin yang didapat itu merupakan nilai yang terbaik. Besar dapat diartikan tak terhingga. Pada tabel 2.4 merupakan klasifikasi karakteristik kualitas.

Tabel 2.4 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik	Target	Contoh
<i>Nominal the best</i>	Terpusat pada nilai tertentu	Voltage TV
<i>Smaller the better</i>	Sekecil mungkin	Keausan alat, kekasaran permukaan
<i>Larger the better</i>	Sebesar mungkin	Kekuatan las, keiritan bahan baku

Sumber: Soejanto (2008)

## 2.8 KLASIFIKASI FAKTOR

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas (variabel respon) dari suatu produk dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

### 1. Faktor *Noise*

Suatu parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya. Faktor *Noise* dapat menyebabkan pengaruh pada karakteristik secara tidak terkendali dan sulit diprediksi. Faktor *Noise* biasanya sulit, mahal dan tidak menjadi sasaran pengendalian, tetapi untuk tujuan eksperimen mereka perlu dikendalikan dalam skala kecil.

### 2. Faktor Kontrol

Parameter-parameter yang 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 karakteristik kualitas yang akan diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen dimana faktor *signal* mempunyai nilai konstan disebut statis. Jika faktor *signal* dapat mengambil banyak signal, maka karakteristik mempunyai sifat dinamik. Faktor *signal* tidak ditentukan oleh ahli teknik, tetapi oleh konsumen berdasarkan hasil yang diinginkan.

### 4. Faktor *Scalling*

Faktor yang digunakan untuk mengubah rata-rata *level* karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor *signal* dengan karakteristik kualitas. Faktor *scaling* dapat disebut juga faktor penyesuaian.

## 2.9 SIGNAL TO NOISE RATIO (SNR)

Menurut Soejanto (2008) Taguchi telah mengembangkan konsep *Signal-to-Noise* (S/N ratio) untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor. Eksperimen yang sedemikian sering disebut eksperimen faktor ganda. *Ratio* S/N diformulasikan sedemikian hingga peneliti selalu dapat memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Jadi, metode perhitungan ratio S/N tergantung pada karakteristik kualitas.

### 1. *Smaller-the-better*

Pada situasi ini respon idealnya adalah nol, besarnya *Signal-to-noise ratio* adalah :

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

Dimana:

n = jumlah ulangan pada tiap-tiap runs percobaan

### 2. *Larger-the-Better*

Pada situasi ini respon idealnya adalah tak terhingga, besarnya *Signal-to-noise ratio* adalah :

$$\eta = -10 \text{Log}_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 1/y_i^2 \right] \quad (2-6)$$

Dimana:

n = jumlah ulangan pada tiap tiap runs percobaan.

### 3. *Nominal is the best*

Pada situasi ini respon idealnya adalah nilai target tertentu, besarnya *Signal-to-noise ratio* adalah :

$$\eta = 10 \text{Log}_{10} \left[ \frac{\bar{y}^2}{s^2} \right] \quad (2-7)$$

Dimana:

n = jumlah ulangan pada tiap tiap runs percobaan.

## 2.10 ANOVA

Analisis variansi merupakan suatu metode pengambilan keputusan berdasarkan informasi statistik untuk mengetahui perbedaan hasil dari suatu perlakuan. Analisis variansi membagi variansi menjadi sumber-sumber variansi dengan mempertimbangkan

derajat kebebasan sumber-sumber variansi tersebut dalam eksperimen. Dengan kata lain ANOVA adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon( Soejanto, 2008). Data-data yang diambil baik data kondisi sebenarnya atau data hasil eksperimen dalam *robust design* dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu:

1. Variabel, yaitu data yang dapat dipertanggung jawabkan selama pengukuran dalam skala yang kontinyu.
2. Atribut, yaitu data dari eksperimen yang mempunyai karakteristik, bukan kontinyu tetapi dapat diklasifikasikan dalam skala diskrit.
3. Digital, yaitu suatu data yang memiliki nilai 0 dan 1.

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

1. Menghitung rata-rata respon setiap eksperimen dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{y} = \frac{\sum x}{n} \tag{2-8}$$

2. Menghitung rata-rata total seluruh eksperimen dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \tag{2-9}$$

3. Membuat Tabel respon, perbedaan dapat diketahui dengan cara melakukan pengurangan nilai tertinggi dengan nilai terendah dari setiap-setiap level kemudian dirangking dari nilai tertinggi sampai nilai terendah kemudian dimasukkan dalam Tabel 2.5 seperti di dibawah ini.

**Tabel 2.5** Contoh Tabel Respon

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

Sumber : (Soejanto, 2008)

4. Menghitung *the total sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$ST = \sum y^2 \tag{2-10}$$

5. Menghitung *the sum of squares due to the mean* dengan rumus sebagai berikut:

$$Sm = n\bar{y}^2 \tag{2-11}$$

6. Menghitung *the sum of squares due to the factors* dengan rumus sebagai berikut:

$$S_i = (n_{i1} * \bar{i1}^2 + n_{i2} * \bar{i2}^2 + \dots + n_{ij} * \bar{ij}^2) - S_m \quad (2-12)$$

7. Menghitung *the sum of squares due to the error* dengan rumus sebagai berikut:

$$S_e = ST - S_m - (SA + SB + \dots + S_i) \quad (2-13)$$

8. Menghitung *the mean sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$Mq_i = \frac{Sq_i}{v_i} \quad (2-14)$$

9. Menghitung *F-ratio* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F_i = \frac{Mq_i}{S_e} \quad (2-15)$$

10. Menghitung *pure sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$S_i' = S_i - (v_i \cdot V_e) \quad (2-16)$$

11. Menghitung *percent contribution* dengan rumus sebagai berikut:

$$p_i = \frac{S_i'}{S_t} \cdot 100\% \quad (2-17)$$

12. Membuat tabel analisis variansi hasil perhitungan

## 2.11 INTERVAL KEPERCAYAAN

Interval kepercayaan adalah interval antara dua nilai statistik dengan tingkat probabilitas tertentu dimana nilai yang sebenarnya dari parameter berada didalamnya. Dalam perancangan kualitas suatu produk interval kepercayaan dibagi menjadi 3 macam ketentuan yaitu:

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

$$Cl = \sqrt{F\alpha \cdot v_1 \cdot v_2 \cdot Ve \left[ \frac{1}{n} \right]} \quad (2-18)$$

Sumber: Belavendram, 1995

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

$$\overline{XY} - Cl \leq \overline{\mu XY} \leq \overline{XY} + Cl \quad (2-19)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Dengan,

X= faktor ke-x

Y= faktor ke-y

2. Interval kepercayaan untuk prediksi, sehingga menghitung interval kepercayaan untuk prediksi. Sebagai contoh, apabila dalam suatu eksperimen terdapat tujuh faktor (A,B,C,D,E,F,G) dengan faktor B,D,F merupakan faktor yang penting, pada saat kita ingin meminimasi variansi. Faktor level  $D_1, B_1, F_1$  digunakan untuk

menghitung *the predicted process mean* maka rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (D1 - \bar{y}) + (B1 - \bar{y}) + (F2 - \bar{y}) \quad (2-20)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Menghitung interval kepercayaan perkiraan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Cl = \sqrt{F\alpha \cdot v_1 \cdot v_2 \cdot Ve \left[ \frac{1}{n_{eff}} \right]} \quad (2-21)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Dengan:

$F\alpha \cdot v_1 \cdot v_2$  = tabel F rasio

$\alpha$  = tingkat kepercayaan (taraf nyata)

$v_1$  = derajat bebas untuk rata-rata dan nilainya selalu 1 untuk interval kepercayaan

$v_2$  = derajat bebas untuk *pooled error variance*

$Ve$  = variasi kesalahan gabungan (*pooled error variance*)

$n$  = jumlah pengamatan

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of experiment}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimated of mean}} \quad (2-22)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Sehingga interval kepercayaan yang diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu_{predicted} - Cl \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + Cl \quad (2-23)$$

Sumber: Belavendram, 1995

- Interval kepercayaan untuk percobaan konfirmasi, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Cl = \pm \sqrt{F\alpha \cdot v_1 \cdot v_2 \cdot Ve \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \quad (2-24)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Sehingga interval kepercayaan dapat diperoleh dengan sebagai berikut:

$$\mu_{confirmation} - Cl \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl \quad (2-25)$$

Sumber: Belavendram, 1995

## 2.12 EKSPERIMEN KONFIRMASI

Eksperimen konfirmasi dilaksanakan untuk melakukan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu dari faktor-faktor dan level hasil evaluasi sebelumnya. Jika hasil eksperimen konfirmasi membuktikan performansi yang diramalkan, maka kondisi optimal dapat diterapkan dalam proses. Jika sebaliknya, maka desain eksperimen tambahan diperlukan. Tujuan dari percobaan konfirmasi adalah untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa. Penjelasan pada Tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2.6 Percobaan Konfirmasi

	Perbandingan	Keterangan	Keputusan
A		Optimal	Diterima
		Konfirmasi	
B		Optimal	Diterima
		Konfirmasi	
C		Optimal	Ditolak
		Konfirmasi	

Sumber: (Soejanto, 2008)

## BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan langkah-langkah terstruktur yang dilakukan dalam penelitian. Bab ini berisi jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, pengumpulan data, langkah-langkah penelitian, dan diagram alir penelitian.

### 3.1 METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental (*experimental research*). Menurut Umar (2008) penelitian eksperimental merupakan penelitian terkait pengambilan data-data agar data yang diperlukan dapat diperoleh, sehingga analisis akan menjadi objektif. Pengumpulan data memiliki tujuan mencatat sebagian ataupun keseluruhan dari elemen populasi yang akan menunjang atau mendukung penelitian ini.

### 3.2 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian menggunakan sampel limbah kertas rokok di PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji yang beralamat di Jalan Pakisaji Kabupaten Malang. Untuk proses pengujian gipsium dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2014 hingga Juni 2015.

### 3.3 ALAT DAN BAHAN

Dalam penelitian ini memerlukan alat-alat dan bahan yang mendukung berjalannya eksperimen dalam penelitian ini:

#### 1. Alat

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Timbangan, untuk mengukur berat dari bahan-bahan yang digunakan.
- b. Ember, untuk mencampur adonan gipsium
- c. Sendok semen, untuk mengaduk adonan
- d. *Moulding* kayu, digunakan untuk membuat spesimen uji kuat tekan.
- e. *Compression Strength Testing Machine*, untuk uji kuat tekan (MPa) produk eksperimen gipsium.

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

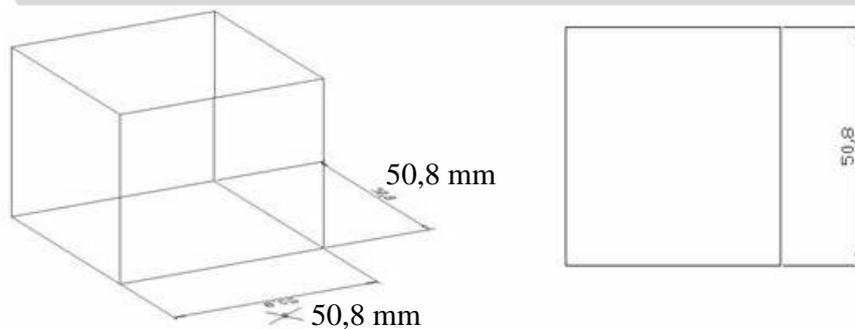
- a. Semen putih, digunakan sebagai bahan perekat utama dalam adonan gipsium,

- b. Air, digunakan sebagai pelarut
- c. Casting (tepung gipsum), dan Kalsium
- d. Limbah padat pabrik kertas rokok (ambri), digunakan sebagai bahan campuran tambahan

Seluruh bahan baku akan menggunakan satuan kilogram (kg), untuk bahan seperti air perlu dilakukan konversi menjadi kilogram dengan mengkalikan dengan massa jenis air yaitu  $1 \text{ kg/m}^3$ .

### 3.4 METODE PENGAMBILAN SAMPEL DAN PENGUJIAN KUAT TEKAN GIPSUM

Metode pengambilan sampel gipsum mengacu pada *British Standard Institution* BS 6717:1:1993, dimana untuk pengambilan sampel perusahaan dilakukan dengan cara mengambil sampel dari populasi sebesar 5000 unit yang dibagi menjadi 8 sub grup, dimana setiap grup diambil 2 sampel, sehingga total sebanyak 16 sampel awal yang akan diambil untuk mengetahui kuat tekan gipsum sebelum eksperimen dan membandingkan kuat tekan gipsum sebelum dan sesudah eksperimen dilakukan. Untuk banyaknya sampel gipsum dengan eksperimen taguchi mengacu pada rancangan *Orthogonal Array* yang nantinya terpilih. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Strength Testing Machine* di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Respon kualitas yang dipilih pada penelitian kali ini yaitu *Large The Better* pada kuat tekan gipsum yang berarti apabila kuat tekan semakin tinggi maka semakin baik produk yang dapat dihasilkan. Bentuk dan dimensi spesimen berdasarkan standar ASTM C 472 yakni kubus dengan panjang sisi 50,8 mm. Bentuk dan dimensi cetakan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini:



**Gambar 3.1** Bentuk dan dimensi spesimen berdasarkan ASTM C 472  
 Sumber: Annual book of ASTM standar vol 04.01, 1997

### 3.5 LANGKAH - LANGKAH PENELITIAN

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini:

#### 1. Studi Lapangan dan Studi Pustaka

Pada tahap ini dilakukan *survey* lapangan untuk mendapatkan sampel limbah padat kertas rokok pada PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji. Selanjutnya dilakukan studi pustaka melalui penelitian-penelitian terdahulu berupa jurnal, skripsi, maupun buku yang berhubungan dengan gipsum, limbah padat kertas rokok, cara pembuatan gipsum, dan rekayasa kualitas dengan metode Taguchi

#### 2. Identifikasi dan Rumusan Masalah

Tahap ini dilakukan identifikasi masalah berdasarkan pengamatan yang dilakukan dan didasarkan pada landasan teori yang berkaitan dengan pengamatan yang dilakukan. Masalah yang timbul adalah belum optimalnya pemanfaatan limbah padat kertas rokok di PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji, Malang. Kandungan selulosa dan *Calcium (Ca)* yang terdapat di dalam kertas rokok memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan pendukung Kalsium. Identifikasi masalah dilakukan dengan mengamati dan wawancara secara langsung dengan pihak-pihak yang berkaitan. Setelah mengidentifikasi masalah, selanjutnya menentukan rumusan masalah yang menjadi fokus dalam penelitian ini.

#### 3. Penetapan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian didapatkan dari hasil perumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, sehingga dapat menjadi acuan dalam menentukan tingkat keberhasilan suatu penelitian. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum dengan bahan alternatif kertas rokok (ambri) dan Menentukan *setting level* optimal sehingga dapat meningkatkan kualitas kuat tekan pada gipsum. Sedangkan manfaat yang didapat dari penelitian ini yaitu dapat menggunakan limbah ambri sebagai bahan alternatif pada pembuatan gipsum dengan mempertimbangkan kuat tekan dan memberikan *setting level* optimal untuk pembuatan gipsum sehingga didapatkan gipsum dengan kualitas kuat tekan paling baik sesuai dengan *setting level* optimal yang didapatkan.

#### 4. Pengukuran Kondisi Aktual

Pengukuran kondisi aktual bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat desak gipsum sebelum menggunakan limbah padat kertas rokok (ambri). Data yang didapatkan dari hasil pengujian digunakan sebagai perbandingan kondisi kuat desak sebelum dan sesudah menambahkan bahan tambahan berupa limbah padat kertas rokok.

## 5. Desain Penelitian

Pada desain penelitian dibagi menjadi beberapa bagian seperti identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh, penentuan jumlah faktor dan level faktor, perhitungan derajat kebebasan, pemilihan *Orthogonal Array*. Berikut merupakan penjelasan dari desain penelitian:

### a. Identifikasi Faktor-faktor yang Berpengaruh

Pada identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh dilakukan brainstorming bersama pada pegawai yang paham tentang gipsum di industri yang memproduksi gipsum sehingga dapat mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi pada eksperimen.

### b. Penentuan Jumlah Faktor dan Level Faktor

Pemilihan jumlah faktor sangat penting karena berkaitan dengan ketelitian eksperimen dan pengeluaran yang diakibatkan oleh eksperimen. Level faktor dinyatakan secara kuantitatif.

### c. Perhitungan Derajat Kebebasan

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

### d. Pemilihan *Orthogonal Array*

Dalam pemilihan *Orthogonal Array* digunakan rumus :  $n_{\min} = (l - 1)k + 1$

Dalam pemilihan *Orthogonal Array* haruslah memenuhi pertidaksamaan  $V_m \geq V_p$  dengan  $V_m$  adalah jumlah percobaan dikurangi dengan 1 dan  $V_p$  adalah jumlah total derajat kebebasan

## 6. Persiapan dan Pelaksanaan Eksperimen

Pada tahap ini dilakukan eksperimen berdasarkan faktor-faktor dan level faktor yang berpengaruh serta pemilihan *Orthogonal Array*, dengan pembuatan eksperimen gipsum yang diinginkan serta pengujian kuat tekan pada gipsum. Data hasil eksperimen dapat diolah dan dianalisis sehingga hasil dapat diinterpretasikan dari pengolahan data eksperimen yang sudah relevan. Pada pengolahan data juga menggunakan data yang relevan dari eksperimen yang dilakukan terhadap masalah yang dihadapi. Perhitungan pada pengolahan data antara lain ANOVA untuk nilai rata-rata dan perhitungan ANOVA untuk SNR. Perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata digunakan untuk mencari faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata (respon). Perhitungan ANOVA untuk SNR digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi variansi.

### 7. Penentuan *Setting Level* Optimal

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

### 8. Prediksi Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan

Setelah menentukan *setting level* optimal maka perlu mengetahui kondisi optimal rata-rata kuat tekan gipsum dan Interval kepercayaan yang bertujuan untuk memperkirakan rata-rata kuat tekan gipsum yang sebenarnya .

### 9. Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan percobaan yang dilakukan untuk memeriksa kesimpulan yang didapat. Hal ini bertujuan untuk memverifikasi dugaan yang dibuat pada saat model performansi penentuan faktor dan interaksinya serta *setting* parameter (faktor) yang optimum hasil analisis hasil percobaan pada performansi yang diharapkan.

### 10. Perbandingan Kondisi Aktual dan Konfirmasi

Perbandingan kondisi aktual dan konfirmasi bertujuan untuk mengetahui apakah hasil eksperimen Taguchi memberikan hasil yang lebih baik dari kondisi aktual yang sebelumnya. Untuk membandingkan kedua kondisi tersebut digunakan uji hipotesis beda dua rata-rata (dengan sampel  $<30$ )

### 11. Analisa dan Pembahasan

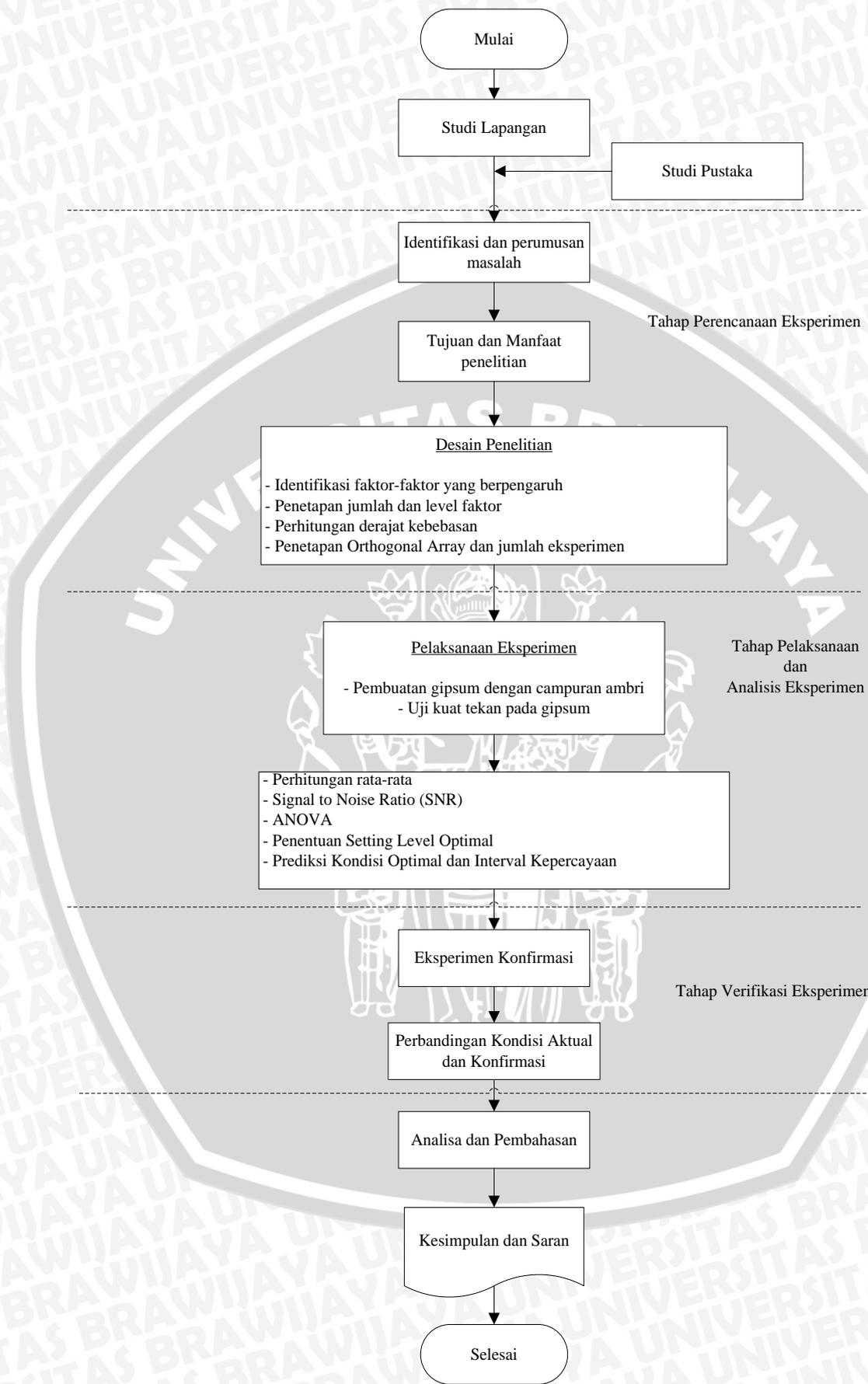
Pada tahap ini dilakukan analisa dan pembahasan terhadap penelitian yang telah dilakukan.

### 12. Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dan saran dari penelitian ini.

## 3.6 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Diagram penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2 :



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan proses pengumpulan dan pengolahan data dalam penelitian serta analisis dan pembahasannya. Pengolahan yang dilakukan meliputi pengujian kuat tekan gipsum, perhitungan kondisi aktual, analisis variansi (ANOVA), *signal to noise ratio*, *interval kepercayaan*, pemilihan *setting level* optimal dan perbandingan kondisi aktual dan konfirmasi yang akan dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

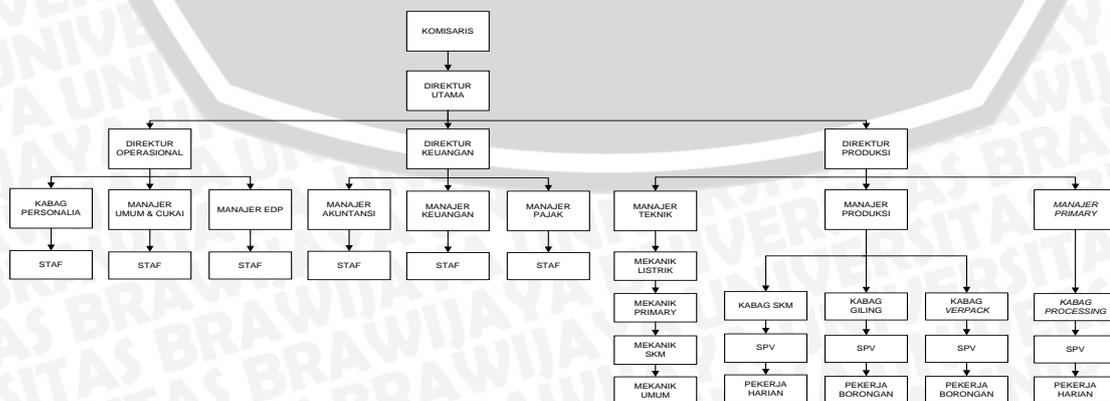
### 4.1 GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

Industri Rokok PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji Malang didirikan pada tanggal 18 Januari 1984. Lokasi industri rokok pada saat itu terletak di areal tanah seluas 1900,2 m yang terletak di jalan Achmad Yani 138 Malang. Seiring dengan perkembangan dan kemajuan bisnis tersebut, maka pada bulan April 1992 industri rokok ini memiliki gedung sendiri yang berlokasi di Jalan Raya Kendalpayak 332 Kabupaten Malang. Hingga kini industri rokok PT. Cakra Guna Cipta Malang masih menempati lokasi ini untuk kegiatan operasional produksinya.

Sejalan dengan perkembangan bisnis ini, terjadi perubahan dalam manajemen perusahaan, yaitu bergantinya kepemilikan saham dari pemilik saham sebelumnya. Modal perusahaan bertambah dengan adanya empat orang penanam modal baru dan membuat industri rokok PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji Malang berjalan sampai saat ini.

#### 4.1.1 Struktur Organisasi

Struktur organisasi di dalam perusahaan rokok PT. Cakra Guna Cipta, dapat dilihat pada gambar berikut :



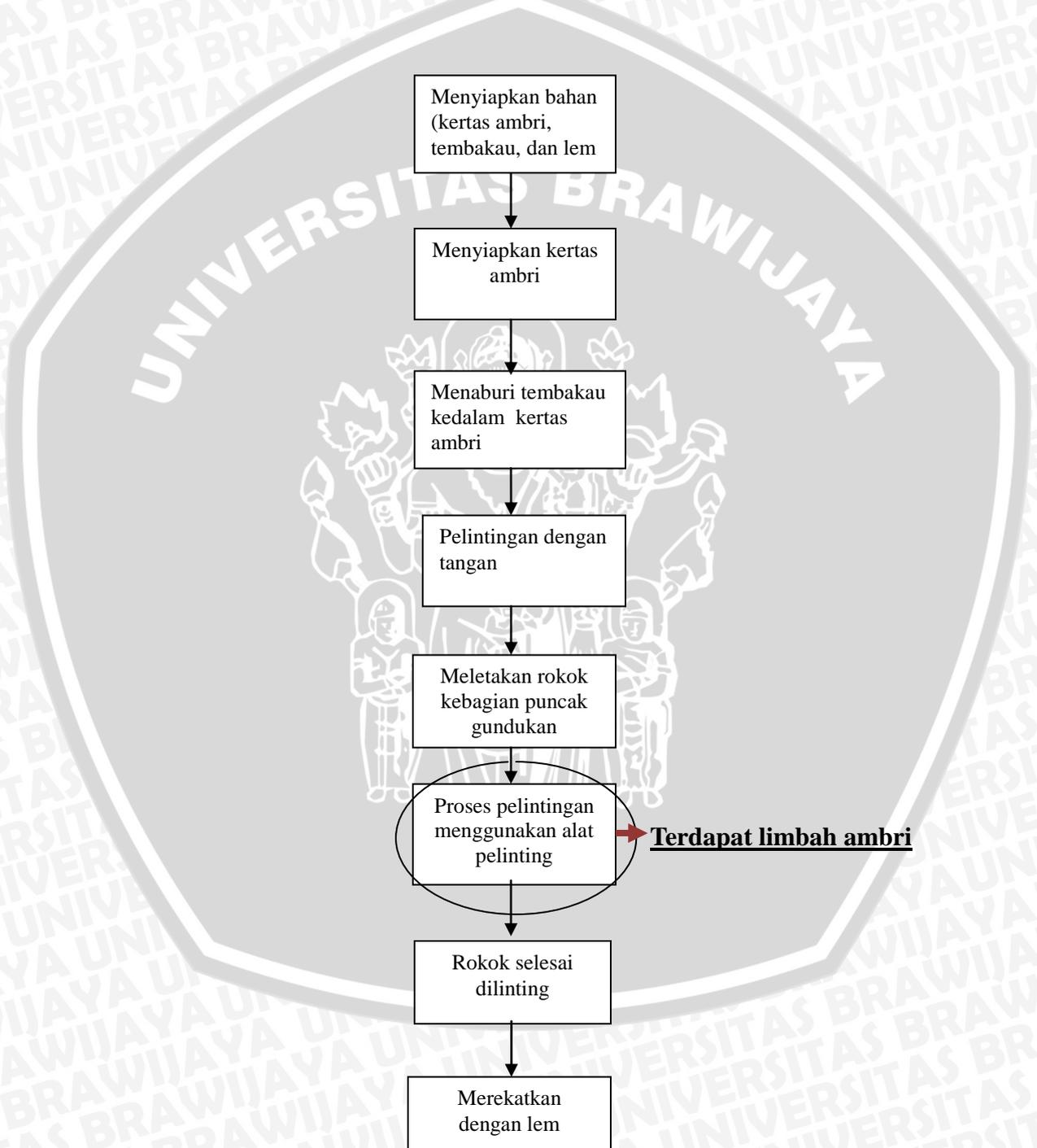
**Gambar 4.1** Struktur Organisasi PT. Cakra Guna Cipta Pakisaji



Pada struktur organisasi perusahaan terdapat tugas dan tanggung jawab masing-masing bagian yang sudah diatur sehingga kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan sesuai dengan peraturan perusahaan.:

#### 4.1.2 Proses Produksi Perusahaan

Proses produksi rokok pada PT. Cakra Guna Cipta dapat dilihat pada gambar 4.2



**Gambar 4.2** Alur Proses Pembuatan Rokok SKT

Pada tahap pertama mempersiapkan bahan-bahan untuk pembuatan rokok serta kertas ambri. Setelah itu menaburi tembakau kedalam kertas ambri dan melakukan peinting dengan tangan. Proses selanjutnya meletakkan rokok ke bagian puncak gundukan. Pada tahap proses pelinting menggunakan alat pelinting, terdapat kertas ambri yang terbuang dan tidak dimanfaatkan kembali. Limbah kertas rokok (ambri) masih mengandung serat, kalsium, dan bahan-bahan lainnya yang tidak beracun. Dengan adanya serat di dalam limbah tersebut, maka diharapkan terjadi ikatan melalui proses pengeringan dan penambahan zat aditif yang sesuai. Bahan-bahan lain yang terdapat di dalam limbah padat tersebut akan tertahan oleh ikatan yang dihasilkan pada serat-serat kertas. Pada penelitian kali ini limbah kertas ambri akan dimanfaatkan kembali sebagai bahan alternatif yang diharapkan dapat menambah kuat tekan pada gipsum. Setelah melakukan pelinting, tahap terakhir adalah merekatkan rokok dengan lem sehingga rokok dapat dipasarkan ke konsumen.

## 4.2 TAHAP PERENCANAAN EKSPERIMEN

Pada tahap perencanaan eksperimen berisi tentang penjelasan mengenai tahap-tahap pendahuluan dan persiapan yang dilakukan sebelum pembuatan produk spesimen uji yaitu gipsum dengan menggunakan metode taguchi.

### 4.2.1 Pengujian Kuat Tekan Gipsum Kondisi Aktual

Data kuat tekan gipsum kondisi aktual didapatkan dari hasil pengujian pertama kuat tekan gipsum sesuai setting level perusahaan yaitu dalam 1 buah gipsum terdiri dari semen putih 40.3 g, air 32.9 g, kalsium 65.9 g, dan casting 43.9 g. Data kuat tekan ini digunakan untuk mengetahui karakteristik kualitas kuat tekan gipsum saat ini yang ada di perusahaan. Pengujian kuat tekan gipsum yang pertama dilakukan pada tanggal 27 Januari 2015 bertempat di Laboratorium Struktur dan Bahan Kontruksi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Tabel 4.1 merupakan data hasil pengujian kuat tekan gipsum pada kondisi saat ini.

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Kuat Tekan Gipsum pada Kondisi Aktual

No. Sampel	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)
1	2581	15000	5.81
2	2581	17000	6.58
3	2581	14000	5.42

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Kuat Tekan Gypsum pada Kondisi Aktual (Lanjutan)

4	2581	14000	5.42
5	2581	18000	6.98
6	2581	15000	5.81
7	2581	16000	6.19
8	2581	9000	3.49
9	2581	15000	5.81
10	2581	14000	5.42
11	2581	17000	6.58
12	2581	18000	6.98
13	2581	18000	6.98
14	2581	15000	5.81
15	2581	12000	4.65
16	2581	15000	5.81

Dengan luas penampang yang sama didapatkan beban maksimal dari tabel 4.1 dengan persamaan dari (2-1) yang terdapat pada bab 2. Data kuat tekan gypsum pada kondisi aktual akan digunakan sebagai pembandingan dengan gypsum hasil eksperimen. Berikut merupakan perhitungan rata-rata dan variansi kondisi aktual :

1. Kuat Tekan

Perhitungan rata-rata:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{16} (5.81 + 6.58 + 5.42 + \dots + 5.81 + 4.65 + 5.81)$$

$$\mu = 5.86$$

Perhitungan variansi:

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \\ &= \frac{1}{16-1} (5.81 - 5.86)^2 + (6.58 - 5.86)^2 + \dots + (5.81 - 5.86)^2 \end{aligned}$$

$$\sigma^2 = 0.838$$

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan (Mpa) gypsum pada kondisi aktual diperoleh nilai rata-rata sebesar 5.86 Mpa. Dalam hal ini kuat tekan gypsum berada pada tingkat mutu III (>3.5 Mpa), dengan penambahan kertas rokok (ambri) diharapkan nilai kuat tekan gypsum tersebut masih bisa diperbaiki atau ditingkatkan lagi.

#### 4.2.2 Penetapan Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas gipsum yang dituju untuk kuat tekan yaitu *larger the better*, dimana semakin besar nilai kuat tekan (Mpa) yang dihasilkan maka semakin baik produk yang dihasilkan. Dalam penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh serta dapat menambah kuat tekan gipsum dengan bahan alternatif limbah kertas rokok (ambri).

#### 4.2.3 Identifikasi dan Penetapan Faktor Terkendali

Faktor-faktor yang akan diidentifikasi dalam penelitian ini hanya dibatasi pada faktor-faktor terkendali. Sedangkan faktor yang tidak terkendali tidak diperhatikan. Untuk penelitian ini hanya akan menggunakan faktor – faktor terkendali saja yang sangat berpengaruh. Pada penetapan faktor berpengaruh didapatkan dari studi literatur, wawancara, *survey* dan kuisioner yang diberikan kepada 10 orang, yaitu kepada pimpinan perusahaan, bagian *quality control*, dan pekerja gipsum pada perusahaan yang dapat dilihat pada lampiran. Berdasarkan studi literatur, wawancara, *survey* dan kuisioner yang telah dilakukan bahwa penyebab karakteristik kualitas dari kuat tekan gipsum adalah komposisi dari bahan-bahan pembuat gipsum itu sendiri, seperti semen putih, air, *casting*, dan kalsium. Berdasarkan hasil wawancara dan studi lapangan yang telah dilakukan ditemukan beberapa faktor-faktor yang dianggap berpengaruh seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Faktor yang Dianggap Berpengaruh Pada Kuat Tekan Gipsum

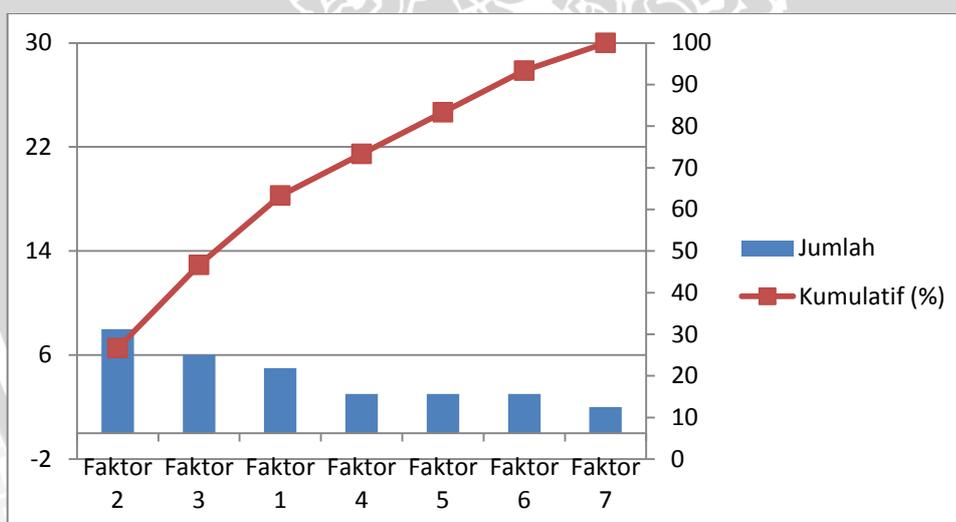
Faktor	Faktor yang Dianggap Berpengaruh
1	Rasio air-semen putih dan kalsium-casting
2	Rasio air dan semen putih
3	Rasio <i>casting</i> dan kalsium
4	Lama proses pengeringan gipsum
5	Faktor kebersihan bahan baku
6	Suhu pemeliharaan gipsum
7	Metode pencampuran gipsum

Faktor yang dianggap berpengaruh di atas kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan kuisioner yang diberikan kepada perusahaan dan diagram pareto agar dapat mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum. Pada tabel 4.3 merupakan tabel analisis diagram pareto untuk faktor yang berpengaruh.

**Tabel 4.3** Analisis Diagram Pareto untuk Faktor yang Berpengaruh

Faktor	Jumlah	Persentase (%)	Kumulatif (%)
Faktor 2	8	26.6	26.6
Faktor 3	6	20	46.7
Faktor 1	5	16.6	63.3
Faktor 4	3	10	73.3
Faktor 5	3	10	83.3
Faktor 6	3	10	93.3
Faktor 7	2	6.7	100
TOTAL	30	100	

Pada Tabel diatas dijelaskan bahwa faktor 1 (Rasio air-semen putih dan kalsium-casting), 2 (Rasio air dan semen putih), dan 3 (Rasio *casting* dan kalsium) berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum. Langkah selanjutnya adalah membuat Diagram Pareto setelah menyusun faktor yang dianggap berpengaruh dari peringkat yang tertinggi sampai yang terendah. Untuk faktor yang berpengaruh digambarkan pada Gambar 4.3 berikut ini :



**Gambar 4.3** Diagram Pareto untuk Faktor yang Berpengaruh

Dari beberapa faktor yang telah ditemukan, dipilih beberapa faktor yang dianggap paling berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum. Berdasarkan keterangan diatas, menunjukkan nilai persentase faktor 1, 2, dan 3 merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum. Faktor tersebut adalah rasio air-semen putih dan kalsium-casting, rasio air dan semen putih ,serta rasio casting dan kalsium. Faktor lain yang digunakan adalah rasio kalsium dan ambri, dikarenakan tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjadikan ambri sebagai bahan alternatif pendukung kalsium.Pada

metode taguchi ada dua faktor yang mempengaruhi suatu eksperimen yaitu faktor terkendali dan faktor tidak terkendali. Faktor terkendali (*control factor*) adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan, atau faktor yang nilainya ingin kita kendalikan. Faktor tidak terkendali (*noise factor*) adalah faktor yang nilainya tidak bisa kita atur atau dikendalikan. Tidak dipilihnya faktor kebersihan bahan baku dikarenakan faktor tersebut telah menjadi syarat bahan baku atau material yang digunakan dalam eksperimen ini. Sedangkan suhu pemeliharaan dan lama proses pengeringan gipsum tidak dimasukkan sebagai faktor yang berpengaruh dikarenakan suhu pada suatu tempat berbeda-beda bergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain cuaca, letak geografis, dan keadaan siang atau malam. Selanjutnya metode pencampuran gipsum terkadang berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lain. Berikut ini merupakan faktor dan level yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas dari gipsum :

1. Rasio berat antara air-semen putih dibandingkan dengan kalsium-casting  
Perbandingan campuran berat air-semen putih dan kalsium mengacu pada proporsi campuran pada perusahaan yaitu 40% : 60% dan menurut perusahaan proporsi campuran faktor air-semen putih dan kalsium-casting berkisar antara 50% - 70%. Sehingga rasio yang bisa digunakan untuk eksperimen ini adalah 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50%.
2. Rasio berat air dan semen putih  
Perbandingan berat air dan berat semen putih atau disebut faktor air semen, sangat mempengaruhi proses terjadinya ikatan saat pembuatan campuran. Menurut Sagel et al.(1993) rasio faktor air semen yang diijinkan dalam produk bahan bangunan berjarak sampai dengan 0.5. Sehingga rasio air dan semen putih yang digunakan adalah 50% : 50%, 45% : 55%, 40% : 60%. Rasio ini berdasarkan pengurangan dari kisaran 0.5 karena apabila rasio air terlalu banyak akan menyebabkan adonan menjadi encer sehingga sulit untuk dicetak.
3. Rasio berat *Casting* dan Kalsium  
Menurut Sanusi (1986) untuk meningkatkan karakteristik kekuatan gipsum, rasio *casting* yang digunakan berkisar antara 20% - 40%. Sehingga pada penelitian ini rasio *casting* dan kalsium adalah 20% : 80%, 30% : 70% dan 40% : 60%.
4. Rasio Berat Kalsium dan Ambri  
Limbah kertas rokok akan mempengaruhi gipsum saat terjadinya proses hidrasi antara air, kalsium dan limbah kertas rokok tersebut. Ambri masih mengandung

selulosa dan *Calcium*. Selulosa merupakan bagian penyusun utama jaringan tanaman berkayu dan *Calcium (Ca)* merupakan senyawa yang berfungsi untuk menambah kekuatan material. Semakin tinggi ikatan serat pada limbah akan memperbesar penahanan zat-zat lain yang terkandung di dalam limbah. Dengan semakin kuatnya ikatan antar serat pada limbah otomatis meningkatkan kekuatan material yang dihasilkan dan mampu mereduksi penggunaan kalsium serta biaya material yang akan dikeluarkan bisa dikurangi tanpa mengurangi kualitas gipsum itu sendiri. Rasio kalsium dan limbah kertas rokok yang digunakan dalam penelitian ini adalah 90% : 10%, 80% : 20% dan 70% : 30%. *Setting* ini diperkirakan cukup untuk menjelaskan pengaruh faktor terhadap pembuatan gipsum.

**Tabel 4.4** Level Faktor Berpengaruh pada Pembuatan Gipsum

Faktor terkendali	Level faktor		
	1	2	3
Rasio Berat Air-Semen Putih dan Kalsium-Casting	30% : 70%,	40% : 60%	50% : 50%
Rasio Berat Air dan Semen Putih	50% : 50%	45% : 55%	40% : 60%
Rasio Berat Casting dan Kalsium	20% : 80%	30% : 70%	40% : 60%
Rasio Berat Kalsium dan Ambri	90% : 10%	80% : 20%	70% : 30%

#### 4.2.4 Penetapan *Orthogonal Array* dan Jumlah Spesimen

Untuk mendapatkan desain *orthogonal array* yang sesuai maka diperlukan nilai *degree of freedom* dari faktor-faktor yang akan digunakan dalam eksperimen. Setelah *degree of freedom* dari faktor diketahui, maka *degree of freedom orthogonal array* yang digunakan minimal sama dengan *degree of freedom* faktor utama tersebut. Pada Tabel 4.5 berikut ini adalah perhitungan *degree of freedom* untuk faktor yang terkontrol dalam penelitian ini.

**Tabel 4.5** Degree Of Freedom Untuk Faktor Yang Terkontrol Dalam Penelitian

Faktor		Df
Kode	Penjelasan	
A	Rasio Berat Air-Semen Putih dan Casting Kalsium	(3-1)
B	Rasio Berat Air dan Semen Putih	(3-1)
C	Rasio Berat Casting dan Kalsium	(3-1)
D	Rasio Berat Kalsium dan Ambri	(3-1)
Total		8

Sumber: (Soejanto, 2008)

Pada tabel 4.5 diketahui bahwa *degree of freedom* dari faktor pada penelitian ini adalah delapan (8). Untuk mengetahui *degree of freedom orthogonal array* didapatkan dengan mengalikan derajat kebebasan per kolom dengan jumlah kolom. Berikut ini adalah perhitungan *degree of freedom orthogonal array* dari  $L_9(3^4)$ .

**Tabel 4.6** Degree Of Freedom Orthogonal Array  $L_9(3^4)$

Derajat kebebasan per kolom	(3 - 1)
X	X
Jumlah kolom	4
	8 Derajat kebebasan

Sumber: (Soejanto, 2008)

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa desain *orthogonal array*  $L_9(3^4)$  sesuai dengan *degree of freedom* dari faktor-faktor pada eksperimen. Dalam penelitian ini terdapat 4 faktor terkendali dengan masing-masing faktor memiliki 3 level faktor dan tidak ada faktor interaksi. Dengan jumlah faktor dan level yang ada dapat ditentukan jumlah baris untuk matriks *orthogonal array* yaitu dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$n_{min} = (l - 1)k + 1$$

$$n_{min} = (3 - 1)4 + 1$$

$$n_{min} = 9$$

Sehingga *orthogonal array* yang sesuai adalah  $L_9(3^4)$ . Pada Tabel 4.7 merupakan *orthogonal array*  $L_9(3^4)$  yang digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 4.7** Orthogonal Array Taguchi  $L_9(3^4)$

No. Eksperimen	Faktor			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	3	3
5	2	2	2	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Sumber: (Soejanto, 2008)

Jumlah eksperimen yang harus dijalankan sesuai *Orthogonal Array*  $L_9(3^4)$  adalah 9 kali eksperimen. Replikasi dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan dalam eksperimen serta meningkatkan ketelitian data percobaan. Mengingat waktu dan biaya yang terbatas dalam penelitian ini akan digunakan replikasi sebanyak 3 kali.

Sehingga jumlah spesimen yang dibutuhkan untuk eksperimen Taguchi sebanyak 27 spesimen uji gipsum.

### 4.3 Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Pada tahap pelaksanaan eksperimen berisikan tentang penjelasan proses pembuatan gipsum hingga pengujian kuat tekan.

#### 4.3.1 Pembuatan Spesimen Uji Gipsum Eksperimen Taguchi

Dalam tahap ini akan dibuat spesimen gipsum yang akan digunakan untuk pengujian kuat tekan dengan ukuran 50,8mm. Penugasan *setting level* eksperimen Taguchi dan tabel *Orthogonal Array* yang sudah ditentukan sebelumnya, digunakan sebagai acuan dalam menentukan jumlah bahan baku yang dibutuhkan dalam setiap eksperimennya. Untuk mempermudah dalam proses yang akan digunakan dihitung berdasarkan berat (g) bahan bakunya.

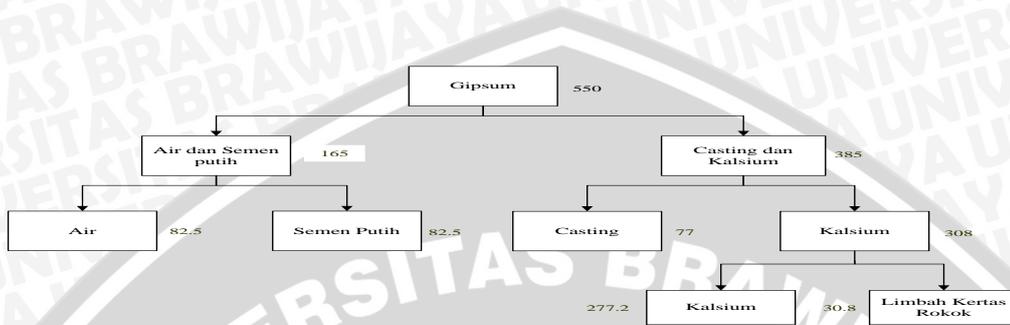
##### 1. Penyiapan Bahan

Penyiapan bahan dilakukan dengan mengukur berat (g) semua bahan yang dibutuhkan untuk masing-masing eksperimen. Untuk dapat mengetahui berat dari masing-masing bahan digunakan asumsi, bahwa total berat bahan yang digunakan dalam setiap eksperimen sebanyak 3 kali replikasi adalah 550 g. Tabel 4.8 berikut ini akan menjelaskan contoh perhitungan bahan baku yang akan diterapkan pada eksperimen ke-1 dengan kombinasi level faktor yaitu air-semen putih : kalsium-casting = 30% : 70%, air : semen putih = 50% : 50%, casting : kalsium = 20% : 80% dan kalsium : ambri = 90% : 10%.

**Tabel 4.8** Contoh Perhitungan Bahan Baku Pada Eksperimen ke-1

Faktor	Bahan	Rasio	Total berat campuran (g)	Berat Bahan (g)
A	Air – Semen Putih	30%	550	165
	Kalsium-Casting	70%		385
B	Air	50 %	165	82.5
	Semen Putih	50 %		82.5
C	Casting	20 %	385	77
	Kalsium	80 %		308
D	Kalsium	90%	308	277.2
	Ambri	10%		30.8

Sebagai keterangan di atas bahwa untuk pembuatan tiga sampel gipsum dengan menggunakan cetakan manual seperti pada eksperimen ini memerlukan adonan, dengan berat 550 gram. pembagian masing-masing level faktor berdasarkan *breakdown* pada tahap pencampuran. Gambar 4.4 merupakan contoh *breakdown* pertama produk gipsum.



**Gambar 4.4** Bagan Eksperimen I

Untuk bagan eksperimen I sesuai dengan tabel 4.4 yaitu pemilihan level faktor, serta sesuai dengan *orthogonal array* pada tabel 4.7 bagian eksperimen pertama.

## 2. Pencampuran dan pengadukan

Pencampuran bahan terdiri dalam dua tahap, pertama pencampuran dalam keadaan kering yaitu kalsium, casting, semen putih dan ambri yang ditempatkan pada suatu wadah dan dicampurkan menjadi satu hingga merata, kemudian setelah campuran merata dilakukan pencampuran dengan menambahkan air sesuai dengan takaran sampai adukan benar-benar merata dan siap untuk proses pencetakan gipsum. Proses pencampuran dan pengadukan dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut ini:

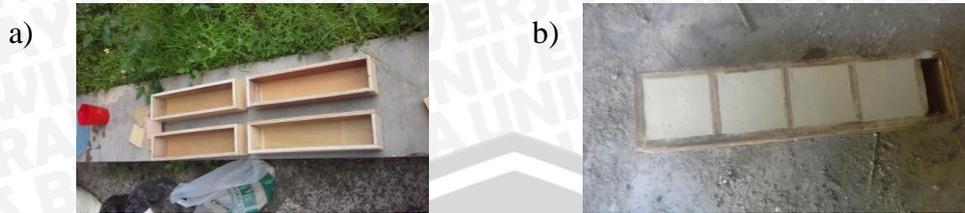


**Gambar 4.5** Proses Pencampuran dan Pengadukan Bahan-Bahan

## 3. Pencetakan

Adukan bahan selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan dengan ukuran 5,08 cm x 5,08 cm Bentuk dan dimensi spesimen berdasarkan standar ASTM C 472 dan merupakan *setting* yang terdapat pada perusahaan. Ratakan cairan tersebut hingga

terlihat benar-benar rata dan rapi agar hasilnya tidak cacat atau berongga seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6 berikut ini:



**Gambar 4.6** a) Cetakan dan, b) Proses Pencetakan Gypsum

#### 4. Pengeringan dan pengerasan

Proses pengeringan berlangsung perlahan ditempat terik selama 3 hari. Selanjutnya jika spesimen gipsum sudah berumur 3 hari seperti pada gambar 4.7, maka siap untuk dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan *compressive strength testing machine*.



**Gambar 4.7** Gypsum Untuk Eksperimen

#### 4.3.2 Pengujian Kuat Tekan Gypsum Eksperimen Taguchi

Pengujian kedua kuat tekan gipsum dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya pada tanggal 27 Maret 2015. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan *compressive strength testing machine*. Karakteristik kualitas gipsum yang dituju adalah *larger the better*, dimana semakin besar nilai kuat tekan (Mpa) yang dihasilkan maka semakin baik produk yang dihasilkan. Gambar hasil pengujian kuat tekan gipsum eksperimen Taguchi dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini:



**Gambar 4.8** Pengujian Kuat Tekan Gypsum Menggunakan *Compressive Strength Testing Machine*

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan.maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil kuat tekan (MPa) pada gipsum. Contoh untuk hasil eksperimen ke-1 replikasi ke-1, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Compressive Strength} &= \frac{\text{The maximum load}}{\text{The Plan Area}} \cdot \text{appropriate factor} \\ &= \frac{11000}{2581} \cdot 1 = 4.26 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Untuk eksperimen 2 sampai 9 langkah perhitungan sama dengan perhitungan di atas. Hasil perhitungan kuat tekan gipsum eksperimen Taguchi secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini:

*Tabel 4.9 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Gipsum Eksperimen Taguchi*

		Replikasi	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)
Eksperimen	1	1	2581	11000	4.26
		2	2581	12000	4.65
		3	2581	12000	4.65
	2	1	2581	23000	8.91
		2	2581	22000	8.52
		3	2581	22000	8.52
	3	1	2581	20000	7.75
		2	2581	23000	8.91
		3	2581	20000	7.75
Eksperimen	4	1	2581	16000	6.20
		2	2581	18000	6.97
		3	2581	16000	6.20
	5	1	2581	20000	7.75
		2	2581	18000	6.97
		3	2581	17000	6.59
	6	1	2581	14000	5.42
		2	2581	16000	6.20
		3	2581	19000	7.36
Eksperimen	7	1	2581	21000	8.14
		2	2581	17000	6.59
		3	2581	18000	6.97
	8	1	2581	15000	5.81
		2	2581	15000	5.81
		3	2581	17000	6.59
	9	1	2581	16000	6.20
		2	2581	14000	5.42
		3	2581	15000	5.81

#### 4.4 PENGOLAHAN DATA HASIL EKSPERIMEN

Pada tahap analisis hasil eksperimen ini berisikan tentang pengolahan data dengan mengacu pada perhitungan yang telah ditentukan oleh Taguchi.

##### 4.4.1 Pengolahan Data Hasil Eksperimen Gypsum

Data hasil eksperimen Taguchi diolah dengan menggunakan dua cara, yaitu *analysis of variance* untuk data rata-rata eksperimen (*mean*) dan *analysis of variance* untuk data *signal to noise ratio* (SNR). *Analysis of variance (mean)* digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata hasil eksperimen (respon). *Analysis of signal to noise ratio* digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai variansi.

##### 4.4.1.1 Pengolahan Data Kuat Tekan Hasil Eksperimen Gypsum

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai perhitungan rata-rata dan *signal to noise ratio* (SNR), perhitungan ANOVA nilai rata-rata dan perhitungan ANOVA *signal to noise ratio* (SNR) pada eksperimen Taguchi dengan respon yaitu kuat tekan.

##### 4.4.1.1.1 Perhitungan Rata-rata dan SNR Eksperimen Taguchi

Nilai rata-rata eksperimen Taguchi digunakan 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 hasil eksperimen Taguchi.

1. Perhitungan nilai rata-rata eksperimen Taguchi

Misal perhitungan nilai rata-rata untuk eksperimen ke-1, sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{3} (4.26 + 4.65 + 4.65)$$

$$\mu = 4.5$$

Untuk eksperimen 2 sampai 9 langkah perhitungan yang sama dengan perhitungan di atas. Hasil perhitungan nilai rata-rata eksperimen Taguchi secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

2. Perhitungan nilai *signal to noise ratio* (SNR) eksperimen Taguchi

Karakteristik kualitas yang diamati adalah kuat tekan (MPa) pada gipsum. Dengan SNR peneliti dapat memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas (variansi) dari eksperimen. Karakteristik kualitas untuk kuat tekan adalah *larger the better* dimana semakin tinggi nilai kuat tekan maka akan semakin baik. Perhitungan SNR untuk hasil eksperimen ke-1, sebagai berikut:

$$\eta = -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{4.26^2} + \frac{1}{4.65^2} + \frac{1}{4.65^2} \right) \right] = -10 \log_{10} [0.0492]$$

$$\eta = 13.08$$

Tabel 4.10 Perhitungan Nilai Rata-rata dan SNR Eksperimen Taguchi untuk Kuat Tekan

No. Eksperimen	Faktor				Replikasi			Rata-rata	SNR
	A	B	C	D	R1 (MPa)	R2 (MPa)	R3 (MPa)		
1	1	1	1	1	4.26	4.65	4.65	4.52	13.08
2	1	2	2	2	8.91	8.52	8.52	8.65	18.74
3	1	3	3	3	7.75	8.91	7.75	8.14	18.15
4	2	1	3	3	6.20	6.97	6.20	6.46	16.16
5	2	2	2	1	7.75	6.97	6.59	7.10	16.97
6	2	3	1	2	5.42	6.20	7.36	6.33	15.82
7	3	1	3	2	8.14	6.59	6.97	7.23	17.08
8	3	2	1	3	5.81	5.81	6.59	6.07	15.62
9	3	3	2	1	6.20	5.42	5.81	5.81	15.25

Nilai rata-rata dan SNR eksperimen Taguchi di atas kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan *analysis of variance* untuk nilai rata-rata (*mean*) dan *analysis of variance* untuk nilai SNR (*signal to noise ratio*) eksperimen Taguchi.

4.4.1.1.2 Perhitungan ANOVA Nilai Rata-rata Eksperimen Taguchi

*Analysis of variance* nilai rata-rata untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata respon, analisis ini digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan rata-rata. Langkah-langkah dalam perhitungan analisis variansi untuk nilai rata-rata sebagai berikut:

1. Menghitung nilai rata-rata seluruh eksperimen

Nilai rata-rata seluruh eksperimen adalah rata-rata dari semua data eksperimen:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{4.26 + 4.65 + 4.65 + \dots + 6.20 + 5.42 + 5.81}{27} = \frac{180.9}{27}$$

$$\bar{y} = 6.70$$

2. Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor dan pembuatan tabel respon

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

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

Dimana,

$\bar{\bar{y}}_{jk}$  = nilai rata-rata eksperimen 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:

$$\bar{\bar{y}}_{A1} = \frac{4.52 + 8.65 + 8.14}{3}$$

$$\bar{\bar{y}}_{A1} = 7.1$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.11.

3. Membuat *response tabel* dan *response graph* untuk nilai rata-rata eksperimen

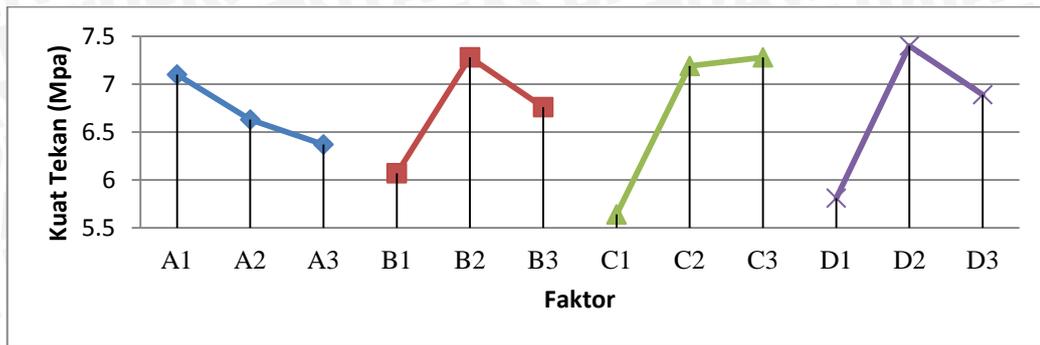
Taguchi

*Response tabel* dibuat dengan menghitung perbedaan nilai rata-rata respon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor-faktor dari yang terbesar sampai terkecil. Pemilihan nilai yang lebih tinggi ini didasarkan pada karakteristik kualitas yang dituju untuk kuat tekan adalah *larger the better*, yang dapat diartikan bahwa semakin besar nilainya maka akan semakin baik dan untuk mengetahui efek dari setiap level faktor terhadap respon yaitu kuat tekan pada gipsum. Pada Tabel 4.10 merupakan tabel respon kuat tekan untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi.

**Tabel 4.11** Tabel Respon Kuat Tekan Untuk Nilai Rata-rata Eksperimen Taguchi

Level Faktor	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	7.10	6.07	5.64	5.81
Level 2	6.63	7.28	7.19	7.40
Level 3	6.37	6.76	7.28	6.89
Selisih	0.73	1.21	1.55	1.59
Ranking	4	3	2	1

Response graph untuk nilai rata-rata digambarkan pada Gambar 4.9 berikut ini,



Gambar 4.9 Response Graph untuk Nilai Rata-Rata pada Gypsum

Berdasarkan pada gambar 4.9 dapat dijelaskan bahwa untuk faktor A level 1 memiliki nilai rata-rata kuat tekan lebih tinggi daripada level 2 dan 3, faktor B level 2 memiliki nilai rata-rata kuat tekan lebih tinggi daripada level 1 dan 3, faktor C level 3 juga memiliki rata-rata kuat tekan lebih tinggi daripada level 1 dan 2, begitu juga pada faktor D level 2 memiliki nilai rata-rata kuat tekan lebih tinggi dari kedua level faktor yang lain. Sehingga *setting level* optimal dari pembuatan gipsum berdasarkan perhitungan ANOVA nilai rata-rata pada respon kuat tekan yaitu  $A_1B_2C_3D_2$ .

4. Menghitung nilai *total sum of square*

$$SS_{total} = \sum y^2 = 4.26^2 + 4.65^2 + 4.65^2 + \dots + 6.20^2 + 5.42^2 + 5.81^2$$

$$SS_{total} = 1256.01$$

5. Menghitung *sum of squares due to mean*

$$Sm = n\bar{y}^2 = 27 \left( \frac{4.26 + 4.65 + 4.65 + \dots + 6.20 + 5.42 + 5.81}{27} \right)^2$$

$$Sm = 1212.53$$

6. Menghitung *sum of squares due to factors*

Contoh perhitungan untuk faktor A

$$SS_A = n_{A1}\overline{A1}^2 + n_{A2}\overline{A2}^2 + n_{A3}\overline{A3}^2 - Sm$$

$$= (9 \times 7.10^2) + (9 \times 6.63^2) + (9 \times 6.37^2) - 1212.53$$

$$SS_A = 2.48$$

7. Menghitung *sum of squares due to error*

$$SS_e = SS_{total} - Sm - SA - SB - SC - SD$$

$$= 1256.01 - 1212.53 - 2.48 - 6.58 - 15.26 - 11.89$$

$$SS_e = 7.3$$

8. Menentukan derajat kebebasan sumber-sumber variansi

Misal Faktor A:

$$DF_A = \text{jumlah level} - 1$$

$$DF_A = 3 - 1 = 2$$

9. Menghitung *mean sum of squares*

Misal Faktor A

$$M_A = \frac{SS_A}{DF_A} = \frac{2.48}{2}$$

$$M_A = 1.24$$

10. Menghitung nilai *F-ratio*

Misal untuk faktor A:

$$F_A = \frac{M_A}{Me} = \frac{1.24}{0.40}$$

$$F_A = 3.07$$

11. Menghitung *pure sum of squares*

Misal untuk faktor A:

$$SS_A' = SS_A - (DF_A \times Me) = 2.48 - (2 \times 0.40)$$

$$SS_A' = 1.67$$

12. Menghitung *percent contribution*

Misal untuk faktor A:

$$R_A = \frac{SS_A'}{SS_t} \times 100\% = \frac{1.67}{43.5} \times 100\%$$

$$R_A = 3.84\%$$

Hasil perhitungan *analysis of variance* untuk nilai rata-rata (*mean*) eksperimen

Taguchi selengkapnya pada Tabel 4.12 berikut ini.

**Tabel 4.12** Analysis of Variance Nilai Rata-rata (Mean) Pada Kuat Tekan

Source	SS	DF	MS	F-ratio	SS'	Ratio %	F-tabel
A	2.48	2	1.24	3.07	1.67	3.84	3.55
B	6.58	2	3.29	8.15	5.77	13.28	3.55
C	15.26	2	7.63	18.88	14.45	33.23	3.55
D	11.89	2	5.94	14.71	11.08	25.48	3.55
e	7.27	18	0.40	1	10.50	24.16	
SSt	43.5	26	1.67		43.5	100	
Mean	1212.53	1					
SS <sub>total</sub>	1256.01	27					

Dari tabel *Analysis of Variance* diketahui bahwa faktor B, C dan D memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan gipsum, dimana memiliki perbandingan *F-ratio* (faktor B = 8.15, faktor C = 18.88, faktor D = 14.71) lebih besar dari *F-tabel* ( $F_{0,05;2;18}=3,55$ ). Jika *F-ratio* lebih kecil dari *F-tabel* maka faktor yang bersangkutan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon yaitu kuat tekan (MPa) pada gipsum. Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa faktor D yaitu rasio kalsium dan ambri memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan gipsum, maka tujuan dari penelitian ini tercapai, yaitu memberikan bahan alternatif pendukung untuk pembuatan gipsum.

### 13. *Pooling Up*

Pada metode Taguchi setelah menghitung ANOVA maka selanjutnya yaitu rekomendasi untuk penggunaan separuh jumlah derajat kebebasan pada *orthogonal array* yang digunakan. Hal ini bertujuan agar adanya penghindaran dari estimasi yang berlebihan dan juga menghindari kesalahan pada eksperimen. Untuk eksperimen ini menggunakan  $L_9(3^4)$  dengan empat faktor terkontrol, maka hanya memerlukan satu atau dua faktor pengaruh utama perkiraan. Karena faktor A (Rasio Berat Air-Semen Putih dan Casting-Kalsium) dan faktor B (Rasio Berat Air dan Semen Putih) memiliki pengaruh yang lebih kecil dibandingkan dengan 2 faktor yang lain terhadap respon yaitu kuat tekan, maka faktor A dan B akan dilakukan *pooling up*. Berikut ini perhitungan untuk *pooling up* faktor A dan B.

$$SS(\text{Pooled } e) = SSe + SS_A + SS_B = 7.27 + 2.48 + 6.58$$

$$SS(\text{Pooled } e) = 16.33$$

$$DF(\text{Pooled } e) = DFe + DF_A + DF_B = 18 + 2 + 2$$

$$DF(\text{Pooled } e) = 22$$

$$MS(\text{Pooled } e) = \frac{SS(\text{Pooled } e)}{DF(\text{Pooled } e)} = \frac{16.33}{22}$$

$$MS(\text{Pooled } e) = 0.74$$

Hasil perhitungan *analysis of variance* nilai rata-rata eksperimen setelah *Pooling up* selengkapnya pada Tabel 4.13 berikut ini.

**Tabel 4.13** Analysis of Variance Nilai Rata-Rata (Mean) pada Kuat Tekan Setelah Pooling Up

Source	Pooled	SS	DF	MS	F-ratio	SS'	Ratio%
A	Y	2.48		2.48			
B	Y	6.58		6.58			
C		15.26	2	7.63	10.27	13.77	31.67
D		11.89	2	5.94	8.00	10.40	23.92
e	Y	7.27		7.27			
Pooled		16.33	22	0.74	1	19.30	44.40
SSt		43.48	26	1.67		43.48	100
Mean		1212.53	1				
$SS_{total}$		1256.01	27				

Berdasarkan hasil *analysis of variance* untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang memiliki pengaruh secara signifikan dalam meminimalkan penyimpangan terhadap rata-rata hasil eksperimen ( $F\text{-ratio} > F\text{-tabel}$ ), atau bisa dikatakan faktor-faktor yang memberikan kontribusi paling besar dalam meningkatkan nilai rata-rata eksperimen pada kuat tekan (MPa) pada gipsum adalah faktor C (Rasio Berat Casting dan Kalsium) dan faktor D (Rasio Berat Kalsium dan Ambri), namun sebenarnya faktor yang lain juga memiliki kontribusi terhadap kuat tekan (MPa) pada gipsum tetapi nilainya lebih kecil dibandingkan dengan dua faktor lain.

Perhitungan besar persen kontribusi menunjukkan bahwa persen kontribusi *error* adalah sebesar 44.40%, yang artinya bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi nilai rata-rata sudah cukup dimasukkan dalam eksperimen. Dalam eksperimen Taguchi, persen kontribusi diharapkan nilainya  $\leq 50\%$ , dengan nilai tersebut berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen tersebut dilibatkan. Dengan persen kontribusi  $\leq 50\%$ , hasil eksperimen Taguchi telah memenuhi kriteria sebagai model untuk memprediksi nilai rata-rata optimumnya.

#### 4.4.1.1.3 Perhitungan ANOVA Nilai SNR

*Analysis of signal to noise ratio* digunakan sebagai pemilihan setting level optimal dari level faktor yang telah digunakan pada suatu eksperimen, meminimumkan *error of variance* karena variansi yang ditimbulkan oleh faktor-faktor yang tak terkendali. Dalam perhitungan ini, karakteristik kualitas yang dipilih yaitu *LTB (Larger The Better)* pada kuat tekan gipsum. Dimana semakin tinggi nilainya maka akan semakin baik. Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan *analysis of variance* (SNR).

1. Menghitung nilai rata-rata *signal to noise ratio* seluruh eksperimen

$$\bar{n} = \frac{13.08 + 18.74 + 18.15 + \dots + 17.08 + 15.62 + 15.25}{9}$$

$$\bar{n} = \frac{146.9}{9}$$

$$\bar{n} = 16.32$$

2. 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:

$$\bar{n} = \frac{\sum \bar{n}_{ijk}}{n_{ijk}}$$

Dimana,

$\bar{n}$  = nilai rata-rata SNR setiap level faktor

$\bar{n}_{ijk}$  = nilai rata-rata SNR setiap eksperimen ke-i untuk faktor j level k

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

Misal perhitungan faktor A level 1:

$$\bar{n}_{A1} = \frac{13.08 + 18.74 + 18.15}{3}$$

$$\bar{n}_{A1} = \frac{50}{3}$$

$$\bar{n}_{A1} = 16.7$$

Perhitungan nilai rata-rata *signal to noise ratio* setiap level faktor selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.14

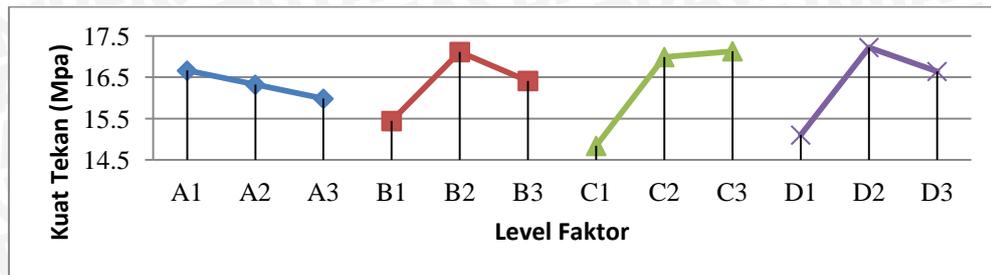
3. Membuat *response tabel* dan *response graph* untuk nilai rata-rata

Pada pembuatan *response tabel* mempunyai tujuan yang sama seperti perhitungan ANOVA nilai rata-rata SNR, yaitu untuk mengetahui efek dari setiap level faktor terhadap respon (kuat tekan gips), dengan cara melihat perbedaan nilai rata-rata respon antar level faktor dan juga mengurutkan perbedaan level faktor tersebut dari yang terbesar sampai yang terkecil. Pada tabel 4.14 berikut ini menjelaskan *response tabel* ANOVA nilai SNR pada penelitian ini

**Tabel 4.14** Tabel Respon untuk Nilai SNR Kuat Tekan Eksperimen Taguchi

Level Faktor	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	16.66	15.44	14.84	15.10
Level 2	16.32	17.11	16.99	17.22
Level 3	15.98	16.41	17.13	16.64
Selisih	0.67	1.67	2.14	2.12
Ranking	4	3	1	2

Response graph untuk nilai SNR digambarkan pada Gambar 4.10 berikut ini :



Gambar 4.10 Response graph untuk Nilai SNR pada Gypsum

Grafik respon pada Gambar 4.10 merupakan perbandingan antar level faktor pada satu faktor. Dimana akan dipilih nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua level faktor yang lainnya. Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa faktor A level 1 mempunyai nilai SNR lebih tinggi dibandingkan level 2 dan 3, demikian selanjutnya pada faktor B level 2, faktor C level 3 dan faktor D level 2. Sehingga *setting level* optimal dari perhitungan ANOVA nilai SNR adalah  $A_1B_2C_3D_2$ .

- Menghitung nilai *total sum of squares*

$$SS_{total} = \sum n^2 = (13.08)^2 + (18.74)^2 + (18.15)^2 + \dots + (15.62)^2 + (15.25)^2$$

$$SS_{total} = 2419.6$$

- Menghitung *sum of squares due to mean*

$$Sm = n \cdot \bar{n}^2 = 9 \times (16.32)^2$$

$$Sm = 2397.04$$

- Menghitung *sum of squares due to factors*

Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$SS_A = n_{A1} \cdot \overline{nA1^2} + n_{A2} \cdot \overline{nA2^2} + n_{A3} \cdot \overline{nA3^2} - Sm$$

$$= (3 \times 16.7^2) + (3 \times 16.3^2) + (3 \times 16.0^2) - 2397.04$$

$$SS_A = 0.68$$

$$S (\text{pooled } e) = SSA + SSB = 0.68 + 4.20$$

$$S (\text{pooled } e) = 4.88$$

- Menentukan derajat kebebasan sumber-sumber variansi

Contoh perhitungan untuk faktor C:

$$DF_C = \text{jumlah level} - 1 = 3 - 1$$

$$DF_C = 2$$

- Menghitung *mean sum of squares*

Contoh perhitungan untuk faktor C:

$$M_C = \frac{SS_C}{DF_C} = \frac{9.87}{2}$$

$$M_C = 4.93$$

9. Menghitung nilai *F-ratio*

Contoh perhitungan untuk faktor C:

$$F_C = \frac{M_C}{M_e} = \frac{4.93}{1.22}$$

$$F_C = 4.04$$

10. Menghitung *pure sum of squares*

Contoh perhitungan untuk faktor C:

$$SS'_C = SS_C - (DF_C \times M_e) = 9.87 - (2 \times 1.22)$$

$$SS'_C = 7.42$$

11. Menghitung *percent contribution*

Contoh perhitungan untuk faktor C:

$$pC = \left( \frac{SS'_C}{SS_t} \right) \times 100\% = \left( \frac{7.42}{22.61} \right) \times 100\%$$

$$pC = 32.83$$

Perhitungan selengkapnya untuk *analysis of variance* nilai SNR untuk kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut ini.

**Tabel 4.15** Analysis of Variance Nilai Signal to Noise Ratio pada Kuat Tekan

Source	Pool	SS	DF	MS	F-ratio	SS'	Ratio %
A	Y	0.68					
B	Y	4.20					
C		9.87	2	4.93	4.04	7.42	32.83
D		7.19	2	3.59	2.94	4.75	20.99
E		4.88	4	1.22	1	10.44	46.19
SS <sub>t</sub>		22.61	8	2.83		22.61	100
Mean		2397.04	1				
SS <sub>total</sub>		2419.65	9				

Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa perhitungan *signal to noise ratio* (SNR) dapat digunakan untuk pemilihan *setting level* optimal dari level faktor yang digunakan dalam eksperimen. Berdasarkan perhitungan *analysis of variance* (SNR) di atas, menunjukkan nilai persen kontribusi *error* sebesar 46.19%, hal ini

menunjukkan bahwa *pooling* yang dilakukan sudah cukup optimal. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa pada eksperimen Taguchi, persen kontribusi diharapkan nilainya  $\leq 50\%$ , karena dengan nilai tersebut berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen sudah dilibatkan. Dari perhitungan *analysis of variance* juga menunjukkan bahwa hanya faktor C (rasio berat casting dan kalsium) dan faktor D (rasio berat kalsium dan ambri) yang memberikan pengaruh lebih signifikan dari pada dua faktor lainnya yaitu faktor A (rasio berat air-semen putih dan casting-kalsium) dan faktor B (rasio berat air dan semen putih).

#### 4.4.2 Analisis Penentuan Setting Level Optimal

Pada Tabel 4.16 ini merupakan tabel perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen yang digunakan untuk mencari *setting level* optimal terhadap karakteristik kualitas kuat tekan dari gipsum.

**Tabel 4.16** Penentuan *Setting Level*

Faktor	$\bar{y}$ (rata-rata)	Pengaruh	Setting Level
A	X 4	Sedikit berpengaruh terhadap rata-rata	A1
B	v 3	Berpengaruh terhadap rata-rata	B2
C	v 1	Berpengaruh terhadap rata-rata	C3
D	v 2	Berpengaruh terhadap rata-rata	D2

v : menunjukkan faktor tersebut berpengaruh

X : menunjukkan faktor tersebut sedikit berpengaruh

Berdasarkan tabel 4.17 diatas dapat diketahui bahwa kombinasi level yang optimal yaitu faktor A level 1 untuk rasio air-semen putih dan kalsium-casting (30% : 70%), faktor B level 2 untuk rasio air dan semen putih (45% : 55%), faktor C level 3 untuk rasio casting dan kalsium (40% : 60%), dan faktor D level 2 untuk rasio kalsium dan ambri (80% : 20%).

##### 4.4.2.1 Prediksi Kondisi Optimal

Setelah *setting level* faktor yang optimal didapat, selanjutnya perlu diketahui nilai prediksi kuat tekan gipsum berdasarkan nilai rata-rata dan SNR yang diharapkan pada kondisi optimum dan membandingkannya dengan hasil eksperimen konfirmasi. Apabila nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hampir sama atau mendekati, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi sudah memenuhi syarat dalam

eksperimen Taguchi. Sedangkan untuk perhitungan selang kepercayaan bertujuan untuk mengetahui perkiraan dari level-level faktor optimal yang didapat.

1. Perkiraan respon dan selang kepercayaan kondisi optimal untuk nilai rata-rata eksperimen adalah sebagai berikut:

a. Prediksi respon dan selang kepercayaan kondisi optimal untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi

Nilai rata-rata seluruh data eksperimen untuk kuat tekan adalah  $\bar{y} = 6.7$ , maka perhitungan respon (kuat tekan) rata-rata prediksi adalah sebagai berikut:

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (\bar{C3} - \bar{y}) + (\bar{D2} - \bar{y})$$

$$\mu_{predicted} = \bar{C3} + \bar{D2} - \bar{y}$$

$$\mu_{predicted} = 7.28 + 7.40 - 6.7$$

$$\mu_{predicted} = 7.9$$

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

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot Ve \cdot \left[ \frac{1}{n_{eff}} \right]}$$

Dengan  $n_{eff}$  :

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of experiment}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}}$$

$$n_{eff} = \frac{9 \times 3}{DF_{\mu} + DFC + DFD}$$

$$n_{eff} = \frac{27}{1 + 2 + 2}$$

$$n_{eff} = 5.4$$

Maka selang kepercayaan prediksinya dapat dihitung sebagai berikut:

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MSe \cdot \left[ \frac{1}{n_{eff}} \right]}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{F_{0,05, 1, 22} \cdot 0,74 \cdot \left[ \frac{1}{5,4} \right]}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{4,30 \cdot 0,74 \cdot \left[ \frac{1}{5,4} \right]}$$

$$Cl_{mean} = \pm 0.77$$

Maka selang kepercayaan untuk nilai rata-rata proses yang optimal untuk kuat tekan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{predicted}} - Cl_{\text{mean}} &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + Cl_{\text{mean}} \\ 7.9 - 0.77 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 7.9 + 0.77 \\ 7.13 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 8.67 \end{aligned}$$

- b. Prediksi respon dan selang kepercayaan kondisi optimal untuk nilai *signal to noise ratio*

Nilai rata-rata SNR seluruh eksperimen Taguchi.

Nilai rata-rata seluruh data eksperimen untuk kuat tekan adalah  $\bar{n} = 16.32$ , maka perhitungan respon (kuat tekan) rata-rata prediksi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} n_{\text{predicted}} &= \bar{n} + (\overline{C3} - \bar{n}) + (\overline{D2} - \bar{n}) \\ &= 16.32 + (17.13 - 16.32) + (17.22 - 16.32) \end{aligned}$$

$$n_{\text{predicted}} = 18.03$$

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

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MSe \cdot \left[ \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right]}$$

Dengan  $n_{\text{eff}}$  adalah

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{total number of experiment}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{9}{DF_{\mu} + DFC + DFD}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{9}{1 + 2 + 2}$$

$$n_{\text{eff}} = 1.8$$

Maka selang kepercayaan prediksi untuk nilai SNR dapat dihitung sebagai berikut:

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{F_{0,05,1,4} \cdot 1,22 \cdot \left[ \frac{1}{1,8} \right]}$$

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{7,71 \cdot 1,22 \cdot \left[ \frac{1}{1,8} \right]}$$

$$Cl_{SNR} = \pm 2.30$$

Sehingga selang kepercayaan untuk SNR kuat tekan proses yang optimal adalah

$$\begin{aligned}\mu_{\text{predicted}} - Cl_{\text{SNR}} &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + Cl_{\text{SNR}} \\ 18.03 - 2.30 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 18.03 + 2.30 \\ 15.73 &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq 20.33\end{aligned}$$

## 4.5 TAHAP VERIFIKASI EKSPERIMEN

Pada tahap verifikasi eksperimen berisi tentang tahap-tahap selanjutnya yang juga merupakan tahap terakhir dari penelitian. Pada tahap ini melakukan eksperimen konfirmasi guna memverifikasi hasil dari *setting level* yang telah dihasilkan pada perhitungan sebelumnya.

### 4.5.1 Eksperimen Konfirmasi

#### 4.5.1.1 Pengujian Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi berisi tentang pengujian kuat tekan eksperimen konfirmasi, perkiraan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi, dan analisis hasil eksperimen konfirmasi. Berikut merupakan tahapan-tahapan eksperimen konfirmasi:

##### 1. Pengujian Kuat Tekan Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan tahapan eksperimen yang dilakukan pada kombinasi level faktor optimal yang terpilih berdasarkan hasil yang diperoleh dari eksperimen Taguchi. Jika hasil eksperimen konfirmasi dan eksperimen Taguchi pada kombinasi level optimalnya sudah cukup dekat maka dapat disimpulkan bahwa rancangan telah memenuhi syarat dalam eksperimen. Pengujian kuat tekan gipsum eksperimen Taguchi dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya pada tanggal 11 Juni 2015. Hasil eksperimen konfirmasi untuk kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut ini:

**Tabel 4.17** Hasil Pengujian Kuat Tekan Gipsum Eksperimen Konfirmasi

No. Sampel	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)
1	2581	22000	8.52
2	2581	20000	7.75
3	2581	20000	7.75
4	2581	23000	8.91
5	2581	19000	7.36

**Tabel 4.17** Hasil Pengujian Kuat Tekan Gypsum Eksperimen Konfirmasi (Lanjutan)

6	2581	23000	8.91
7	2581	22000	8.52
8	2581	23000	8.91
9	2581	24000	9.30
10	2581	20000	7.75
11	2581	21000	8.14
12	2581	24000	9.30
13	2581	19000	7.36
14	2581	22000	8.52
15	2581	24000	9.30
16	2581	22000	8.52

Berikut ini merupakan rumus perhitungan nilai rata-rata dan variansi dari kuat tekan pada eksperimen konfirmasi:

1. 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:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{16} (8.52 + 7.75 + 7.75 + \dots + 8.52 + 9.30 + 8.52)$$

$$\mu = 8.43$$

2. Rumus perhitungan variansi

Untuk perhitungan variansi didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

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

Dengan

$\sigma^2$  = variansi

$\mu$  = nilai rata-rata

$y_i$  = nilai sampel ke- $i$

$n$  = jumlah sampel

Untuk jumlah sampel kurang dari 30 maka rumus perhitungan variansi menjadi seperti berikut ini:

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \\ &= \frac{1}{16-1} (8.52 - 8.43)^2 + (7.75 - 8.43)^2 + \dots + (8.52 - 8.43)^2 \\ \sigma^2 &= 0.45\end{aligned}$$

### 3. Rumus perhitungan SNR

Untuk perhitungan SNR hasil eksperimen konfirmasi untuk *larger the better* sebagai berikut:

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

Perhitungan SNR

$$\begin{aligned}\eta &= -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \\ \eta &= -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{16} \times \left( \frac{1}{8.52^2} + \frac{1}{7.75^2} + \frac{1}{7.75^2} + \dots + \frac{1}{9.30^2} + \frac{1}{8.52^2} \right) \right] \\ \eta &= -10 \log_{10}(0,0107) \\ \eta &= 18.4\end{aligned}$$

#### 4.5.1.2 Perhitungan Selang Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi

Berikut ini merupakan perhitungan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi baik untuk nilai rata-rata dan juga nilai SNR. Seperti pada kondisi optimal, tujuan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi yaitu untuk membuat suatu perkiraan dari level-level faktor. Untuk selang kepercayaan sendiri akan dibandingkan antara selang kepercayaan optimal dengan selang kepercayaan konfirmasi, ini akan menggambarkan apakah percobaan ini diterima atau ditolak. Hal ini dapat dilakukan dengan membandingkannya dalam bentuk grafik. Perhitungan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi adalah:

a. Selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi respon kuat tekan

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MSe \cdot \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{F_{0,05,1,22} \cdot 0,74 \cdot \left[ \frac{1}{5,4} + \frac{1}{16} \right]}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{4,30 \cdot 0,74 \cdot \left[ \frac{1}{5,4} + \frac{1}{16} \right]}$$

$$Cl_{mean} = \pm 0,89$$

Sehingga selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi respon kuat tekan adalah:

$$\mu_{confirmation} - Cl_{mean} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl_{mean}$$

$$8.43 - 0.89 \leq \mu_{confirmation} \leq 8.43 + 0.89$$

$$7.54 \leq \mu_{confirmation} \leq 9.32$$

b. Selang kepercayaan nilai SNR eksperimen konfirmasi respon kuat tekan

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MSe \cdot \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{F_{0,05,1,4} \cdot 1,22 \cdot \left[ \frac{1}{1,8} + \frac{1}{16} \right]}$$

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{7,71 \cdot 1,22 \cdot \left[ \frac{1}{1,8} + \frac{1}{16} \right]}$$

$$Cl_{SNR} = \pm 2,41$$

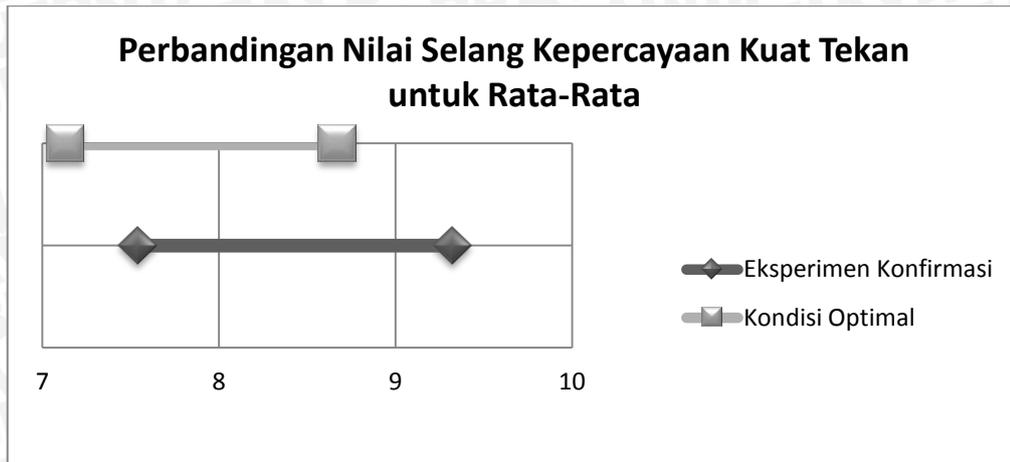
Sehingga selang kepercayaan nilai SNR eksperimen konfirmasi respon kuat tekan adalah:

$$\mu_{confirmation} - Cl_{SNR} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl_{SNR}$$

$$18.4 - 2.41 \leq \mu_{confirmation} \leq 18.4 + 2.41$$

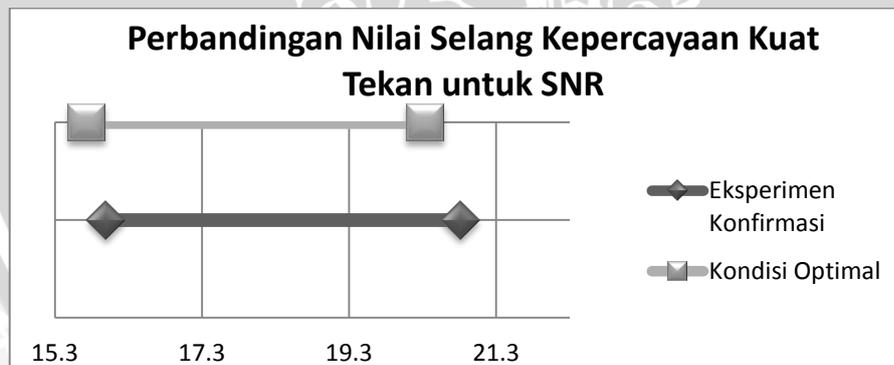
$$15.99 \leq \mu_{confirmation} \leq 20.81$$

Setelah menghitung selang kepercayaan eksperimen konfirmasi, maka tahap selanjutnya yaitu membandingkan selang kepercayaan optimal dan eksperimen konfirmasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 untuk selang kepercayaan nilai rata-rata dan Gambar 4.12 untuk selang kepercayaan nilai SNR.



Gambar 4.11 Perbandingan Nilai Selang Kepercayaan Kuat Tekan untuk Rata-Rata

Berdasarkan Gambar 4.11 menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan, karena pada Gambar 4.11 menjelaskan bahwa hasil dari eksperimen konfirmasi masih berada dalam interval kondisi optimal. Perbandingan eksperimen konfirmasi dan kondisi optimal ini dapat diterima karena didasarkan pada perbandingan yang telah dibuat oleh Soejanto (2008) pada Tabel 2.6 mengenai perbandingan interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan eksperimen metode Taguchi yang menunjukkan bahwa keputusan diterima, begitu juga pada perbandingan selang kepercayaan nilai SNR untuk Gambar 4.12 berikut ini:



Gambar 4.12 Perbandingan Nilai Selang Kepercayaan Kuat Tekan untuk SNR

#### 4.5.1.3 Perbandingan Kondisi Aktual dan Konfirmasi

Selain dibandingkan dengan prediksi respon pada kondisi optimal, hasil eksperimen konfirmasi juga dibandingkan dengan hasil kondisi aktual. Jika hasil eksperimen konfirmasi yaitu dengan menerapkan *setting level* optimal yang didapat lebih baik dari kondisi aktual, dapat disimpulkan bahwa rancangan telah memenuhi

syarat dalam eksperimen, sehingga *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan (MPa) gipsum layak untuk diterapkan pada proses yang sebenarnya untuk mendapatkan kuat tekan gipsum yang lebih baik dari sebelumnya. Pada tabel 4.18 berikut merupakan perbandingan kondisi aktual dan konfirmasi

**Tabel 4.18** Perbandingan Kondisi Aktual dan Eksperimen Konfirmasi Kuat Tekan

	Aktual	Konfirmasi
Rata-rata	5.86	8.43
Variansi	0.838	0.450

Berdasarkan Tabel 4.18 perbandingan antara gipsum pada kondisi aktual dan pada kondisi eksperimen konfirmasi ditampilkan variansi kedua sumber data dan rentang spesifikasi kedua gipsum tersebut. Selanjutnya untuk membandingkan hasil kondisi aktual dengan hasil eksperimen konfirmasi digunakan uji hipotesis beda dua rata-rata. berikut merupakan prosedur pengujian hipotesis beda dua rata-rata:

a. Formulasi Hipotesis

$H_0$  :Kuat tekan (MPa) kondisi aktual tidak berbeda terhadap gipsum *setting level* optimal

$$(\mu_1 = \mu_2)$$

$H_1$  :Kuat tekan (MPa) kondisi aktual berbeda terhadap gipsum *setting level* optimal

$$(\mu_1 < \mu_2)$$

b. Penentuan nilai  $\alpha$  (taraf nyata) dan nilai t table ( $t_\alpha$ )

$\alpha$  (taraf nyata) = 0,05

Derajat kebebasan =  $16+16-2 = 30$

$t_{\text{tabel}} = t_{\alpha(n_1+n_2-2)} = t_{0,05(30)} = 1,697$

c Kriteria pengujian

Untuk  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$  dan  $H_1 : \mu_1 < \mu_2$

$H_0$  diterima jika  $t_0 \geq - t_\alpha$

$H_0$  ditolak jika  $t_0 < - t_\alpha$

d. Uji statistik

$$t_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$t_0 = \frac{5.86 - 8.43}{\sqrt{\frac{(16-1)0.838 + (16-1)0.450}{16+16-2} \left(\frac{1}{16} + \frac{1}{16}\right)}}$$

$$t_0 = \frac{-2.5682}{0.284}$$

$$t_0 = -9.047$$

e. Kesimpulan

Karena  $t_{hitung}$  (-9.047) lebih kecil dari  $t_{tabel}$  (1.697) maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kuat tekan (MPa) gipsum kondisi aktual berbeda terhadap gipsum *setting level* faktor optimal.

Berdasarkan pengujian hipotesis di atas maka dapat disimpulkan bahwa *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas dari kuat tekan (MPa) dapat meningkat dengan penggunaan limbah ambri (limbah padat kertas rokok). Hal ini dapat dibuktikan dari nilai rata-rata kuat tekan gipsum eksperimen konfirmasi lebih tinggi daripada rata-rata kuat tekan gipsum pada kondisi aktual.

## 4.6 PEMBAHASAN

Pembahasan merupakan tahap terakhir pada penelitian. pembahasan bertujuan untuk memberikan informasi mengenai eksperimen taguchi mulai dari awal hingga akhir penelitian. Pada pembahasan juga terdapat hasil analisis dari eksperimen taguchi sehingga dapat diketahui hasil akhir dari penelitian ini.

### 4.6.1 Penentuan Faktor yang Berpengaruh dan *Orthogonal Array*

Eksperimen Taguchi pada penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas *large the better*. Dari studi literatur dan wawancara oleh pimpinan perusahaan, bagian *quality control*, dan pekerja gipsum pada perusahaan yang dapat dilihat pada lampiran. Terdapat 4 faktor dengan 3 level pada penelitian ini, yaitu faktor A (rasio air-semen putih dan casting-kalsium), Faktor B (rasio air dan semen putih), Faktor C (rasio casting dan kalsium), dan Faktor D (rasio kalsium dan ambri). Setelah itu melakukan perhitungan *degree of freedom* yang terdapat pada Tabel 4.5 dan untuk mengetahui *degree of freedom orthogonal array* didapatkan dengan mengalikan derajat kebebasan per kolom dengan jumlah kolom yang dapat dilihat pada Tabel 4.6. Sehingga dapat

diketahui desain *orthogonal array* yang sesuai yaitu  $L_9(3^4)$ . Dari hasil eksperimen yang dapat dilihat pada Tabel 4.9 maka didapatkan data aktual pada eksperimen kali ini.

#### 4.6.2 Perhitungan Anova Nilai Rata-Rata dan SNR

Setelah eksperimen dan perhitungan tahap awal, yaitu melakukan eksperimen tahap kedua yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Kontruksi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya pada tanggal 27 Maret 2015. Kali ini dilakukan dua pengolahan data, yaitu *analysis of variance* untuk nilai rata-rata eksperimen dan *analysis of variance* untuk data *signal to noise ratio (SNR)*. Hasil *analysis of variance* untuk nilai rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.12 yang hasilnya menunjukkan bahwa faktor B, C, dan D berpengaruh secara signifikan dan faktor A berpengaruh kurang signifikan. Untuk *pooling up* dilakukan pada faktor A dan B karena dua faktor tersebut memiliki nilai yang lebih kecil dari 2 faktor lainnya yaitu faktor C dan D yang dapat dilihat pada Tabel 4.13, hasil dari *pooling up* menunjukkan bahwa eksperimen ini sudah memenuhi syarat untuk melakukan perhitungan nilai rata-rata optimum. Hasil *analysis of variance* untuk data *signal to noise ratio (SNR)* dapat dilihat pada Tabel 4.15 yang hasilnya menunjukkan bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi variansi sudah dimasukkan dalam eksperimen ini.

#### 4.6.3 Penentuan *Setting Level Optimal* dan Eksperimen Konfirmasi

Penentuan *setting level optimal* untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.16 yang hasilnya yaitu faktor A (rasio air-semen putih dan casting-kalsium) setting level 1 (30% : 70%). Faktor B (rasio air dan semen putih) setting level 2 (45% : 55%). Faktor C (rasio casting dan kalsium) setting level 3 (40% : 60%). Faktor D (rasio kalsium dan ambri) setting level 2 (80% : 20%). Setelah itu dilakukan eksperimen konfirmasi yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Kontruksi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya pada tanggal 11 Juni 2015 dan dapat dilihat pada Tabel 4.18. Eksperimen konfirmasi kemudian dibandingkan dengan selang kepercayaan kondisi aktual yang hasilnya dapat diterima, karena nilai selang konfirmasi sudah berada di atas nilai aktual. Perbandingan selang kepercayaan aktual dan konfirmasi dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan 4.12.

## BAB V PENUTUP

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan akhir dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran dari penulis untuk pengembangan penerapan rekayasa kualitas dengan metode Taguchi dalam upaya memperbaiki atau meningkatkan kualitas suatu produk.

### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik kualitas dari kuat tekan (MPa) pada gipsum setelah melalui uji ANOVA adalah rasio air : semen putih, rasio casting : kalsium, dan rasio kalsium : ambri. Hal ini diketahui dari perbandingan hasil  $F_{\text{ratio}}$  yang lebih besar dari  $F_{\text{tabel}}$  (3.55). Pada respon kuat tekan, nilai  $F_{\text{ratio}}$  untuk faktor rasio air : semen putih 8.15, rasio casting : kalsium sebesar 18.88 dan rasio kalsium : ambri sebesar 14.71. Sedangkan nilai  $F_{\text{ratio}}$  untuk rasio air-semen putih dan casting-kalsium adalah sebesar 3.07 pada kuat tekan (MPa). Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan  $F_{\text{tabel}}$  (3.55), sehingga faktor rasio air-semen putih dan casting-kalsium tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pembuatan gipsum.
2. Faktor dan level yang memberikan hasil optimal adalah faktor A (rasio air-semen putih dan casting-kalsium) setting level 1 (30% : 70%), Faktor B (rasio air dan semen putih) setting level 2 (45% : 55%), Faktor C (rasio casting dan kalsium) setting level 3 (40% : 60%), dan Faktor D (rasio kalsium dan ambri) setting level 2.

### 5.2 SARAN

Saran yang disampaikan untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Perlunya penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas dari kuat tekan (MPa) dengan memasukkan faktor-faktor lain yang dianggap berpengaruh ke dalam eksperimen Taguchi pada eksperimen ini.
2. Perlu ada penelitian lebih lanjut untuk rasio faktor air dan semen putih sehingga diharapkan hasilnya dapat berpengaruh banyak terhadap produk gipsum.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials, 1997, *ASTM C472, Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 12.01.
- Badan Standarisasi Nasional, 1996, *Bata Ringan: SNI 03-3449-1994*. Jakarta: BSN.
- Bapedal, 1995, *Peraturan Pemerintah No. 18/1999*, Jakarta.
- Belavendram, N. 1995, *Quality By Design: Taguchi Technique for Industrial Experimentation*, London: Prentice Hall.
- British Standard EN 1052-1-1999: *Methods of Test for Masonry*.
- Damanhuri, Prof. Enri, 2006, *Pengelolaan Sampah (Edisi Pertama)*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Gypsum Association, 2007, *Application of Gypsum Wallboard on Ceilings to receive Water-Based Spray Texture Finishes*, GA-215-73, Chicago, IL : Gypsum Association.
- Kristanto, P. 2002, *Ekologi Industri*, Yogyakarta: Unit Penerbit ANDI.
- Mckinney, R.W.J. 1995, *Technology of Paper Recycling*, Galasglow: Blackie Academic & Professional.
- Prasetyo, A.J. 2007, *Pengaruh Penggunaan Serat Agave Cantula Roxb Terhadap Kuat Desak Gypsum Interior Menggunakan Eksperimen Taguchi*, Skripsi Tidak Dipublikasikan, Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Purba, R.A. 2009, *Pemanfaatan Limbah Padat Pabrik Kertas Rokok Sebagai Pengisi Bahan Papan Gypsum Partisi Dengan Perekat Tepung Tapioka*, Unpublished Thesis, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Said, Nusa, I. 2011, *Pengelolaan Limbah Domestik*, Jakarta: BPPT.
- Sanusi, D. 1986, *Seri Bahan Belajar Gypsum*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Sinaga, Salon. 2009, *Pembuatan Papan Gypsum Plafon Dengan bahan Pengisi Limbah Padat Kertas Rokok dan Perekat PVA*, Unpublished Thesis, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Soejanto, I. 2008, *Rekayasa Kualitas: Eksperimen dengan Teknik Taguchi*, Surabaya: Yayasan Humaniora.
- Susilo, Mascuk. 2004, *Pengaruh Filler CaCO<sub>3</sub> Terhadap Sifat Mekanis Komposit UPRS- Cantula*, tugas akhir.
- Umar, H. 2008, *Metode Penelitian untuk Skripsi dan Tesis Bisnis Edisi Kedua*, Jakarta: Raja Grafindo Persada.

## Lampiran 1. Kuisisioner Tertutup

Lampiran 1.Kuesioner Tertutup

### KUISIONER FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KUAT TEKAN GIPSUM

Tujuan dari kuisisioner ini untuk mengetahui tingkat kepentingan masing-masing faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan terhadap gipsum. Pada kuisisioner, responden didapatkan dari pihak perusahaan sebanyak 10 orang dan dapat memilih 3 dari 7 faktor yang dianggap berpengaruh terhadap kuat tekan pada gipsum.

#### IDENTITAS RESPONDEN

Nama : Hezmy Alamat : Permana Singge

Umur : 22

#### PETUNJUK PENGISIAN KUISIONER

Dimohon memilih jawaban dengan memilih faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum dengan cara melingkari tiga angka 1, 2, 3, 4, 5, 6 atau 7 berdasarkan faktor-faktor yang terdapat pada tabel.

No.	Faktor yang Dianggap Berpengaruh
①	Rasio air-semen putih dan kalsium-casting
②	Rasio air dan semen putih
3	Rasio casting dan kalsium
4	Lama proses pengeringan gipsum
5	Faktor kebersihan bahan baku
6	Suhu pemeliharaan gipsum
⑦	Metode pencampuran gipsum

Responden

TTD

Lampiran 1. Kuesioner Tertutup

**KUISIONER FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KUAT TEKAN GIPSUM**

Tujuan dari kuesioner ini untuk mengetahui tingkat kepentingan masing-masing faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan terhadap gipsum. Pada kuisisioner, responden didapatkan dari pihak perusahaan sebanyak 10 orang dan dapat memilih 3 dari 7 faktor yang dianggap berpengaruh terhadap kuat tekan pada gipsum.

**IDENTITAS RESPONDEN**

Nama : Solahudin Alamat : Mojokusung  
Umur : 42.

**PETUNJUK PENGISIAN KUISIONER**

Dimohon memilih jawaban dengan memilih faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum dengan cara melingkari tiga angka 1, 2, 3, 4, 5, 6 atau 7 berdasarkan faktor-faktor yang terdapat pada tabel.

No.	Faktor yang Dianggap Berpengaruh
①	Rasio air-semen putih dan kalsium-casting
2	Rasio air dan semen putih
③	Rasio casting dan kalsium
4	Lama proses pengeringan gipsum
5	Faktor kebersihan bahan baku
⑥	Suhu pemeliharaan gipsum
7	Metode pencampuran gipsum

Responden



TTD

Lampiran 1. Kuesioner Tertutup

**KUISIONER FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KUAT TEKAN GIPSUM**

Tujuan dari kuesioner ini untuk mengetahui tingkat kepentingan masing-masing faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan terhadap gipsum. Pada kuisisioner, responden didapatkan dari pihak perusahaan sebanyak 10 orang dan dapat memilih 3 dari 7 faktor yang dianggap berpengaruh terhadap kuat tekan pada gipsum.

**IDENTITAS RESPONDEN**

Nama : Choirun Alamat : Jl. Simpang Trowulan

Umur : 36

**PETUNJUK PENGISIAN KUISIONER**

Dimohon memilih jawaban dengan memilih faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum dengan cara melingkari tiga angka 1, 2, 3, 4, 5, 6 atau 7 berdasarkan faktor-faktor yang terdapat pada tabel.

No.	Faktor yang Dianggap Berpengaruh
1	Rasio air-semen putih dan kalsium-casting
②	Rasio air dan semen putih
3	Rasio casting dan kalsium
④	Lama proses pengeringan gipsum
5	Faktor kebersihan bahan baku
6	Suhu pemeliharaan gipsum
⑦	Metode pencampuran gipsum

Responden



TTD

## Lampiran 1. Kuesioner Tertutup

**KUISIONER FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KUAT TEKAN GIPSUM**

Tujuan dari kuesioner ini untuk mengetahui tingkat kepentingan masing-masing faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan terhadap gipsum. Pada kuisisioner, responden didapatkan dari pihak perusahaan sebanyak 10 orang dan dapat memilih 3 dari 7 faktor yang dianggap berpengaruh terhadap kuat tekan pada gipsum.

**IDENTITAS RESPONDEN**

Nama : Choirun Alamat : Jl. Simpang Trawulan  
Umur : 36

**PETUNJUK PENGISIAN KUISIONER**

Dimohon memilih jawaban dengan memilih faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum dengan cara melingkari tiga angka 1, 2, 3, 4, 5, 6 atau 7 berdasarkan faktor-faktor yang terdapat pada tabel.

No.	Faktor yang Dianggap Berpengaruh
1	Rasio air-semen putih dan kalsium-casting
②	Rasio air dan semen putih
3	Rasio casting dan kalsium
④	Lama proses pengeringan gipsum
5	Faktor kebersihan bahan baku
6	Suhu pemeliharaan gipsum
⑦	Metode pencampuran gipsum

Responden

TTD

Lampiran 1. Kuesioner Tertutup

**KUISIONER FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KUAT TEKAN GIPSUM**

Tujuan dari kuesioner ini untuk mengetahui tingkat kepentingan masing-masing faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan terhadap gipsum. Pada kuisisioner, responden didapatkan dari pihak perusahaan sebanyak 10 orang dan dapat memilih 3 dari 7 faktor yang dianggap berpengaruh terhadap kuat tekan pada gipsum.

**IDENTITAS RESPONDEN**

Nama : Agung Alamat : Jl. Kertoarjo No. 111

Umur : 28

**PETUNJUK PENGISIAN KUISIONER**

Dimohon memilih jawaban dengan memilih faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum dengan cara melingkari tiga angka 1, 2, 3, 4, 5, 6 atau 7 berdasarkan faktor-faktor yang terdapat pada tabel.

No.	Faktor yang Dianggap Berpengaruh
①	Rasio air-semen putih dan kalsium-casting
②	Rasio air dan semen putih
③	Rasio casting dan kalsium
4	Lama proses pengeringan gipsum
5	Faktor kebersihan bahan baku
6	Suhu pemeliharaan gipsum
7	Metode pencampuran gipsum

Responden



TTD

Lampiran 1. Kuesioner Tertutup

**KUISIONER FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KUAT TEKAN GIPSUM**

Tujuan dari kuesioner ini untuk mengetahui tingkat kepentingan masing-masing faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan terhadap gipsum. Pada kuisisioner, responden didapatkan dari pihak perusahaan sebanyak 10 orang dan dapat memilih 3 dari 7 faktor yang dianggap berpengaruh terhadap kuat tekan pada gipsum.

**IDENTITAS RESPONDEN**

Nama : Hartanto Alamat : Jl. Papa Kuning  
Umur : 37

**PETUNJUK PENGISIAN KUISIONER**

Dimohon memilih jawaban dengan memilih faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum dengan cara melingkari tiga angka 1, 2, 3, 4, 5, 6 atau 7 berdasarkan faktor-faktor yang terdapat pada tabel.

No.	Faktor yang Dianggap Berpengaruh
1	Rasio air-semen putih dan kalsium-casting
②	Rasio air dan semen putih
3	Rasio casting dan kalsium
4	Lama proses pengeringan gipsum
⑤	Faktor kebersihan bahan baku
⑥	Suhu pemeliharaan gipsum
7	Metode pencampuran gipsum

Responden



TTD

Lampiran 1. Kuesioner Tertutup

**KUISIONER FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KUAT TEKAN GIPSUM**

Tujuan dari kuesioner ini untuk mengetahui tingkat kepentingan masing-masing faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan terhadap gipsum. Pada kuisioner, responden didapatkan dari pihak perusahaan sebanyak 10 orang dan dapat memilih 3 dari 7 faktor yang dianggap berpengaruh terhadap kuat tekan pada gipsum.

**IDENTITAS RESPONDEN**

Nama : *Ridho* Alamat : *Bunga Mandakaki 23*  
Umur : *30*

**PETUNJUK PENGISIAN KUISIONER**

Dimohon memilih jawaban dengan memilih faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan gipsum dengan cara melingkari tiga angka 1, 2, 3, 4, 5, 6 atau 7 berdasarkan faktor-faktor yang terdapat pada tabel.

No.	Faktor yang Dianggap Berpengaruh
1	Rasio air-semen putih dan kalsium-casting
②	Rasio air dan semen putih
③	Rasio casting dan kalsium
④	Lama proses pengeringan gipsum
5	Faktor kebersihan bahan baku
6	Suhu pemeliharaan gipsum
7	Metode pencampuran gipsum

Responden

  
TTD

Lampiran 2. Bahan Pembuatan Gypsum



Gambar Semen Putih



Gambar Casting



Gambar Timbangan



Gambar Proses Pengujian Kuat Tekan pada Gypsum



Gambar Ambri



Gambar Cetakan

