



**PENGENDALIAN KUALITAS PANEL KOMPOSIT AMPAS  
KOPI MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:  
**Rizal Haryanto**  
**141910101029**

**PROGRAM STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk kedua orang tuaku **Aspi** dan **Maimunah**, serta untuk istriku **Siswiyati** yang telah memberikan banyak inspirasi, doa, dan motivasi dan telah menjadi suatu alasan untukku agar tidak mudah menyerah.



**MOTTO**

Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah ‘

(HR.Turmudzi)

Allah mencintai pekerjaan yang apabila bekerja ia menyelesaikannya dengan baik.

( HR. Thabrani )

Waktu itu bagaikan pedang, jika kamu tidak memanfaatkannya menggunakan untuk memotong, ia akan memotongmu (menggilasmu)

(H.R. Muslim)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizal Haryanto

Nim : 141910101029

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGENDALIAN KUALITAS KOMPOSIT AMPAS KOPI MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam instansi dimana pun. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun dan bersedia mendapat sanksi jika dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Januari 2019

Yang menyatakan,

(Rizal Haryanto)

NIM 141910101029

**SKRIPSI**

**PENGENDALIAN KUALITAS PANEL KOMPOSIT AMPAS  
KOPI MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI**

Oleh

Rizal Haryanto  
NIM 141910101029

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Agus Triono, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengendalian Kualitas Panel Komposit Ampas Kopi Menggunakan Metode Taguchi” telah diuji dan disahkan pada.

Hari, tanggal : Kamis, 17 Januari 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Tim Penguji**

Ketua,

Dr. Agus Triono, S.T.,M.T.  
NIP. 197008072002121001

Anggota I,

Aris Zainul Muttaqin S.T.,M.T.  
NIP. 196812071995121002

Sekretaris,

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.  
NIP. 196008121998021001

Anggota II,

Hari Arbiantara Basuki S.T.,M.T.  
NIP. 196709241994121001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.  
NIP. 196612151995032001

## RINGKASAN

**Pengendalian Kualitas Panel Komposit Ampas Kopi Menggunakan Metode Taguchi;** Rizal Haryanto, 141910101029; 2019; 88 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penggunaan bahan alternatif seperti komposit telah banyak digunakan pada produksi skala kecil, skala menengah, skala besar. Komposit dapat diartikan suatu bahan jenis baru hasil rekayasa yang terdiri dari gabungan dua atau lebih jenis bahan berbeda. Material komposit akan mempunyai sifat yang lebih superior dari pada material penyusunnya.

Dalam penelitian kali ini difokuskan tentang peningkatan kualitas panel komposit ampas kopi dengan meningkatkan kekuatan tarik dan mengurangi kegagalan dari proses pembuatan panel, menggunakan variasi tiga parameter yaitu suhu pencucian, kadar air, dan suhu curing dengan tiga level untuk setiap parameternya. Kombinasi ini direplikasi sebanyak 4 kali dan dilakukan eksperimen konfirmasi serta diolah menggunakan metode taguchi dengan *orthogonal array* L9 dengan bantuan *software* minitab.

Penelitian ini dilakukan di Lab Terapan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember untuk mendapatkan data hasil dan pengolahan data.

Hasil kajian berdasarkan nilai kekuatan tarik. Analisa terhadap metode Taguchi dilakukan dengan menggunakan software Minitab. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air memiliki pengaruh paling tinggi terhadap parameter respon sebesar 40,80% pada level 1 dengan kadar air sebesar 5%, dan pada parameter kedua yaitu suhu curing sebesar 27,58% pada level 3 sebesar 80<sup>0</sup>C, dan pada suhu pencucian menggunakan air sebesar 24,78% pada level 3 sebesar 90<sup>0</sup>C.



**SUMMARY**

*Quality Control of Coffee Ground Composite Panel Using the Taguchi Method*; Rizal Haryanto, 141910101029; 2019; 88 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember.

The use of alternative materials such as composites has been widely used in small scale, medium scale and large scale production. Composites can be interpreted as a new type of engineering material consisting of a combination of two or more different types of material. Composite material will have more superior properties than its constituent material.

In this study focused on improving the quality of coffee waste composite panels by increasing tensile strength and reducing the failure in panel manufacturing process. Using three parameter variations, namely washing temperature, water content and curing temperature with three levels for each parameter. This combination is replicated 4 times and confirmation experiments are carried out and processed using the taguchi method with L9 orthogonal array with the help of Minitab software.

This research was conducted in the Applied Lab, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember to obtain data on results and data processing.

The results of the study are based on the value of tensile strength. Analysis of the Taguchi method is done using Minitab software. The test results show that the water content has the highest effect on the response parameters of 40.80% at level 1 with a moisture content of 5%, and in the second parameter, the curing temperature is 27.58% at level 3 of 80<sup>0</sup>C, and at the washing temperature at 24.78% at level 3 of 90<sup>0</sup>C.



## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengendalian Kualitas Panel Komposit Ampas Kopi Menggunakan Metode Taguchi”. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan panutan umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia ini. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu karena tidak lain tidak lepas dari bantuan berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini;
2. Kedua orang tuaku, Aspi dan Maimunah yang selalu menyemangati dan mendoakan, serta mengajarkan pelajaran hidup yang tidak kenal menyerah;
3. Istriku, Siswiyati yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
4. Bapak Dr. Imam Sholahuddin, S.T.,M.T. Selaku Dosen Pembimbing selama di MRG yang telah meluangkan banyak waktunya untuk membantu menyelesaikan skripsi ini;
5. Bapak Dr. Agus Triono, S.T.,M.T. Selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. Selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, ide, dan masukan dalam penulisan skripsi ini;
6. Bapak Aris Zainul Muttaqin S.T.,M.T. Selaku Dosen Penguji Utama, Bapak Hari Arbiantara Basuki S.T.,M.T.Selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran yang sangat membantu dan arahan menuju arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;

7. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
8. Saudara-saudaraku Teknik Mesin 2014 Universitas Jember
9. Rekan MRG Ramanda, Waldy, Fajar, Novel, Raihaan, Ivan, Sandi, Pai yang sudah memberikan semangat, dukungan dan semangat kekeluargaan;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu;

Penulis menyadari bahwa manusia tidak luput dari salah dan lupa sehingga penulis menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga hasil dari penelitian pada skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

Jember, 17 Januari 2019

Penulis

**DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSEMBAHAN .....	ii
MOTTO .....	iii
PERNYATAAN.....	iv
PENGESAHAN .....	vi
RINGKASAN .....	vii
<i>SUMMARY</i> .....	viii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Hipotesa.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Komposit .....	6
2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Bahan Komposit.....	6
2.1.2 ResinPolyester.....	6
2.1.3 Kopi.....	7
2.1.4 Ampas .....	8
2.2 Metode Pembuatan Komposit .....	8
2.2.1 Hand Lay-up.....	8
2.2.2 Vacuum Molding .....	9
2.2.3 Spray Up .....	9

2.2.4	Filament Winding .....	10
2.3	Parameter yang diteliti.....	10
2.3.1	Proses Perlakuan Curing .....	10
2.3.2	Suhu Pencucian .....	11
2.3.3	Kadar air.....	11
2.4	Pengujian Tarik ASTM D-3039 .....	13
2.5	Rekayasa Kualitas Secara <i>Off-Process</i> .....	14
2.6	Rekayasa Kualitas Secara <i>On-Process</i> .....	15
2.7	Derajat Bebas (Degree of Freedom, DOF).....	15
2.8	Metode Taguchi.....	16
2.8.1	Analisis dalam Metode Taguchi .....	17
2.9	Ortogonal Array .....	20
2.9.1	Struktur Ortogonal Array (OA).....	22
2.9.2	Penentuan dan Pemilihan Ortogonal Array .....	22
2.10	Uji Hipotesa F .....	23
2.11	Karakteristik Kualitas dan Signal to Noise Ratio.....	24
2.12	Studi Pendahuluan .....	28
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>29</b>
3.1	Metodologi Penelitian .....	29
3.2	Tempat Penelitian.....	29
3.3	Bahan dan Alat Penelitian .....	29
3.3.1	Bahan .....	29
3.3.2	Alat .....	29
3.4	Variabel Penelitian .....	30
3.4.1	Variabel Bebas.....	30
3.4.2	Variabel Tetap .....	30
3.5	Metode Penelitian.....	31
3.5.1	Tahapan penelitian pada produksi panel komposit kopi : .....	31
3.6	Pengambilan Data.....	32
3.7	Metode Analisis.....	34
3.8	Diagram Alir Penelitian.....	35

BAB 4. PEMBAHASAN .....	36
4.1 Data Hasil Percobaan .....	36
4.2 Perhitungan <i>S/N Ratio</i> .....	36
4.3 Pengujian Asumsi Residual .....	37
4.4 Analisa <i>S/N Kekuatan Tarik</i> .....	39
4.5 Kombinasi Variasi Optimal .....	41
4.6 Analisa Varian, Persen Kotribusi dan Uji F .....	42
4.7 Pembahasan Hasil Optimal .....	46
4.8 Eksperimen Konfirmasi .....	47
4.9 Perbandingan antara Respon Hasil Kombinasi Awal dan Kombinasi Optimal .....	49
4.10 Pembahasan hasil optimasi .....	51
BAB 5. PENUTUP .....	53
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA .....	54
Lampiran .....	56

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Resin <i>Polyester</i> ETERSET 2504 APT .....	7
Gambar 2. 2Metode <i>Hand Lay-up</i> (Fajri, (2016))......	9
Gambar 2. 3Metode Vacuum Bag (Gibson, 1994) .....	9
Gambar 2. 4 <i>Spray Up</i> .....	10
Gambar 2. 5 <i>Filament Winding</i> .....	10
Gambar 2. 6Sampel Uji Tarik ASTM D-3039(Nugraha, (2017))......	14
Gambar 3. 3Sampel Panel Komposit Ampas Kopi.....	32
Gambar 3. 4Sampel Uji Tarik .....	32
Gambar 4. 1Plot ACF.....	38
Gambar 4. 2Plot Uji Keseragaman .....	38
Gambar 4. 3Plot Uji Kenormalan .....	39
Gambar 4. 4Plot S/N terhadap kekuatan tarik.....	40
Gambar 4. 5Plot nilai kekuatan tarik masing – masing level dan faktor .....	42
Gambar 4. 6Plot rata-rata percobaan eksperimen konfirmasi dan prediksi .....	48



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Geometris Sampel ASTM D-3039 (Abduh, (2017)).....	14
Tabel 2. 2 Ortogonal Array $L_9(3^3)$ .....	21
Tabel 2. 3 Ortogonal Array .....	21
Tabel 3. 1 Variabel Bebas .....	30
Tabel 3. 2 Variabel Tetap.....	30
Tabel 3. 3 Tabel Kode Sampel.....	31
Tabel 3. 4 Hasil Analisis Varians dan Kontribusi Parameter Berpengaruh .....	32
Tabel 3. 5 Data Hasil Pengujian Tarik Komposit Ampas Kopi.....	33
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit .....	36
Tabel 4. 2 Nilai SNRA .....	37
Tabel 4. 3 Respon rata-rata kuat tarik untuk setiap faktor kendali .....	41
Tabel 4. 4 Variasi Kombinasi optimal pada fabrikasi panel komposit ampas kopi .....	42
Tabel 4. 5 Hasil ANOVA persentase kontribusi faktor kendali .....	44
Tabel 4. 6 Hasil persentase kontribusi faktor kendali .....	44
Tabel 4. 7 Kondisi hipotesa $H_0$ .....	45
Tabel 4. 8 Hasil kekuatan tarik eksperimen konfirmasi.....	47
Tabel 4. 9 Pengaturan kombinasi awal .....	49
Tabel 4. 10 Data percobaan kombinasi awal .....	49
Tabel 4. 11 Rasio S/N kombinasi awal .....	49
Tabel 4. 12 Perbandingan.....	50
Tabel 4. 13 Uji kenormalan respon kombinasi awal dan kombinasi optimal .....	50
Tabel 4. 14 Uji kesamaan variansi respon kombinasi awal dan kombinasi optimal .....	51
Tabel 4. 15 Uji kesamaan rata-rata respon.....	51



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Suatu penelitian yang berkaitan dengan rancangan produk dan pengoptimalan proses produksi menjadi hal yang sangat penting untuk dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas produk. Kualitas dicapai melalui optimasi desain untuk meminimalkan biaya dalam memperoleh dan mempertahankan posisi persaingan di pasar dunia. Pemanfaatan metode rancangan percobaan pada tahap-tahap tersebut sangat penting untuk meningkatkan kualitas dengan pengoptimalan faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses produksi secara keseluruhan. (Roy, (2010).

Metode statistika telah banyak dikembangkan dan digunakan pada berbagai bidang, salah satunya ialah bidang optimasi. Metode statistika yang biasa diterapkan untuk optimasi adalah Taguchi. Metode Taguchi merupakan salah satu metode yang efektif untuk mengendalikan kualitas produk secara Off-Process, yaitu usaha pengendalian atau perbaikan kualitas yang dimulai dari perancangan hingga pemrosesan produk (Soejanto, (2009)). Metode Taguchi adalah pendekatan yang efisien dengan menggunakan perencanaan percobaan untuk menghasilkan kombinasi faktor atau level yang dapat dikendalikan dengan memperhatikan biaya yang kecil namun tetap memenuhi permintaan konsumen, salah satu pada penerapan metode pada pembuatan komposit.

Penggunaan bahan alternatif seperti komposit telah banyak digunakan pada produksi skala kecil, skala menengah, skala besar. Komposit dapat diartikan suatu bahan jenis baru hasil rekayasa yang terediri dari gabungan dua atau lebih jenis bahan berbeda (Gibson, (1994)). Material komposit akan mempunyai sifat yang lebih superior dari pada material penyusunnya

Pada umumnya komposit terdiri dari yang namanya *filler* dan matriks. *Filler* bisa berbentuk partikel atau serat. Untuk mengikat antara *filler* dan serat yang satu dengan yang lainnya dibutuhkan yang namanya matriks. Fungsi utama matriks adalah

sebagai pengikat dan pendukung (Hackelford, (1992). Filler merupakan komponen di dalam material komposit yang bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik dari bahan matriks yang digunakan (Gibson, (1994)). Disebut komposit karena material ini menggunakan suatu jenis serat sebagai penguatnya. Produk jadi dari bahan komposit matriks polimer disebut juga polimer berpenguat serat (FRP- *Fiber Reinforced Polymers*). Material yang umum digunakan sebagai filler pada FRP adalah serat kaca (*glass fibre*) dan dicampurkan pengisi berupa partikel. Beberapa alasan digungkannya pengisi dalam komposit untuk memperbaiki sifat mekanik dan memperbaiki penampilan produk akhir (Mashuri, (2007)). Salah satu yang digunakan untuk memperbaiki penampilan produk adalah ampas kopi.

Kopi merupakan minuman paling populer di dunia yang dikonsumsi oleh berbagai kalangan masyarakat. Produktivitas kopi di Indonesia cukup tinggi sebesar 792 kg biji kering per hektar per tahun, membuat Indonesia menduduki posisi keempat dalam hal produksinya (Fuferi, (2013)). Salah satunya terdapat di kabupaten Jember.

Luas lahan tanaman kopi di Kabupaten Jember kondisi tahun 2012 seluas 5.601,31 ha dengan produksi 22.080,47 ton. Daerah sebaran tanaman kopi terutama di wilayah kecamatan Silo dengan luas 2.290,70 ha dengan produksi 11.643,43 ton, Kecamatan Sumberjambe luas 586,02 ha dengan produksi 1.827,25 ton, Kecamatan Ledokombo luas 536,19 ha dengan produksi 1.748,41 ton, Kecamatan Panti dengan luas lahan 389,09 ha dengan produksi 1.537,76 ton, kecamatan Jelbuk dengan luas lahan 616,14 ha dengan produksi 1.230,10 ton. (Data Dishutbun Kabupaten Jember belum dipublikasikan, 2012)

Di kabupaten Jember dengan jumlah produksi kopi yang tinggi, tentunya ampas yang dihasilkan akan meningkat. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk pembuatan panel komposit. Penggunaan ampas kopi dengan warna dan tekstur alami dapat digunakan untuk panel komposit dengan keunggulan lainnya. Aplikasi panel komposit sering digunakan sebagai bahan interior-eksterior otomotif, papan dinding, pintu, dan pot bunga, serta produk kerajinan tangan lainnya.

Partikel ampas kopi mempunyai fungsi penyerapan bau, dalam penelitian yang dilakukan oleh Oiwa dan Okuzawa diketahui bahwa ampas kopi dapat menyerap bau dari ammonia sebesar 85 ppm lebih tinggi dari pada bubuk kopi dan biji kopi yakni sebesar 67 ppm dan 23 ppm (Oiwa dan Okuzawa, (2015)).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Roberto, (2017)). Membuktikan bahwa komposit yang diberi perlakuan suhu curing 100°C memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi dari semua variasi sebesar 39,177 Mpa, Sedangkan untuk komposit dengan suhu curing 80°C memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 36,429, dan untuk suhu curing 60°C memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 36,429. Nilai regangan rata-rata terbesar pada suhu curing 60°C yaitu 2,67%, lalu pada proses curing dengan suhu 80°C dan 100°C nilai regangan rata-rata terbesarnya adalah 2,65%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Jawwad, (2016)). Untuk kadar air ampas kopi yang disarankan adalah sebesar (0 – 5%) yang bertujuan untuk memudahkan proses pencampuran bahan antara partikel kopi dan resin. Empat variasi komposisi yang digunakan adalah 50:50; 40:60; 30:70; dan 20:80 untuk perbandingan matriks dan filler. Papan komposit dibuat dengan metode *hot press* pada suhu 180°C, tekanan 25 kg/cm<sup>2</sup>, dan durasi *hot press* 20 menit.

Dan penelitian yang dilakukan oleh (Sumarji, Laksana, Syuhri, Nurdiansyah dan Abduh, (2017)). Untuk pencucian berpengaruh untuk menghilangkan jamur yang menjadi penyebab pengumpalan partikel yang berakibat tidak sempurnanya pembasahan sehingga tidak terjadi interlock antar muka partikel dan resin sehingga dapat mengurangi kekuatan dari komposit.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas diperoleh perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh suhu pencucian (°C), kadar air (%), dan suhu curing (°C) terhadap kekuatan tarik yang dihasilkan pada produk panel komposit kopi?

2. Bagaimana menentukan variasi parameter proses untuk menghasilkan kekuatan tarik yang optimal pada produk panel komposit kopi menggunakan perhitungan metode taguchi?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini:

1. Mengetahui pengaruh suhu pencucian ( $^{\circ}\text{C}$ ), kadar air (%), dan suhu curing ( $^{\circ}\text{C}$ ) terhadap kekuatan tarik yang dihasilkan pada produk panel komposit kopi.
2. Mengetahui variasi parameter proses bahan untuk menghasilkan kekuatan tarik yang optimal pada produk panel komposit kopi menggunakan perhitungan metode taguchi.

### 1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini:

1. Dapat mengetahui penerapan metode taguchi pada optimalisasi bahan.
2. Dapat menentukan proses yang optimal dengan menggunakan metode taguchi.
3. Dapat meningkatkan kualitas produksi panel komposit dengan mengetahui kekuatan tarik yang optimal.

### 1.5 Batasan Masalah

Beberapa batasan yang diterapkan untuk memudahkan analisa penelitian ini, antara lain :

1. Perhitungan analisis menggunakan metode taguchi dengan parameter suhu pencucian, kadar air, suhu curing.
2. Tidak membahas proses kimia yang terjadi saat pencampuran ampas kopi, resin eterset 2504, katalis *MEPOXE*
3. Penelitian yang dilakukan terbatas dengan alat ukur yang ada di lab terapan Fakultas Teknik Universitas Jember

4. Bahan utama yang digunakan yaitu ampas kopi yang diambil di beberapa cafe di Jember
5. Standard uji tarik ASTM D 3039.
6. Tidak menganalisa waktu proses yang optimal.
7. Tidak menganalisa biaya yang paling optimal.
8. Tidak menganalisa struktur mikro dari produk.
9. Tidak menganalisa proses kimia yang terjadi.

### 1.6 Hipotesa

Dengan suhu pencucian semakin tinggi maka kandungan lignin dalam ampas kopi akan semakin berkurang, hal ini dapat meningkatkan kekuatan tarik produk komposit. Untuk parameter kadar air berpengaruh terhadap void, dimana semakin kecil kadar air maka void yang dihasilkan semakin sedikit sehingga kekuatan tarik akan meningkat. Untuk parameter suhu curing *cross-link* dari resin 2504 sebagai matrik sejalandengan naiknya suhu curing, maka semakin tinggi suhu perlakuan maka kekuatan semakin meningkat.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Komposit

Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih bahan yang memiliki bentuk dan sifat yang berbeda. Secara singkat didefinisikan komposit terdiri dari dua material yang berbeda propertisnya dilihat secara mikroskopis. Komposit terdiri dari matrik atau resin dan reinforcement atau filler.

#### 2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Bahan Komposit

##### a. Kelebihan bahan komposit

1. Dapat menggabungkan dua atau lebih material.
2. Komposit mempunyai density yang rendah dibandingkan dengan konvensional.
3. Massa jenis rendah.
4. Harga lebih murah
5. Tahan terhadap cuaca
6. Tahan korosi
7. Mudah diproses

b. Kekurangan bahan komposit yaitu tidak tahan terhadap beban kejut dan tabrak dibandingkan dengan logam.

#### 2.1.2 Resin Polyester

Resin Polyester adalah resin termoset berbentuk cair, dengan ditambahkan katalis, resin polyester akan mengeras pada suhu kamar. Jenis resin *polyester* yang digunakan untuk membuat komposit adalah tipe yang tidak jenuh yang merupakan termoset yang dapat mengalami pengerasan (curing) dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan yang tepat. Resin *unsaturated polyester* merupakan resin cair dan akan mengeras pada suhu kamar dengan campuran katalis. Resin yang akan digunakan yaitu resin polyester eter set 2504 APT.



Gambar 2. 1 Resin *Polyester* ETERSET 2504 APT

Resin *unsaturated polyester* merupakan resin cair dengan viskositas rendah, dan akan mengeras pada temperatur kamar dengan penggunaan katalis. Resin polyester (Eterset 2504 APT) digunakan sebagai bahan matriks dengan sifat densitas 1,215 g/cm<sup>3</sup>, titik leleh 170°C dengan serapan air 0,118% (24 jam), tensile strength 5,5 kg/mm<sup>2</sup> dan perpanjangan putus 1,6% (Mashuri, (2007).

Bahan tambahan utama adalah katalis (Hardener). Jenis katalis untuk resin polyester yaitu *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO). Katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (curing). Semakin banyak katalis reaksi curing akan semakin cepat, tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas pada saat curing bisa merusak produk yang akan dibuat yaitu menjadikan bahan komposit getas atau rapuh. Oleh karena itu pemberian katalis dibatasi 1% sampai 2% dari berat resin (Wibowo, (2014).

### 2.1.3 Kopi

Kopi adalah tanaman keras yang keberadaannya sudah lama sejak pemerintahan Hindia Belanda berkuasa di Indonesia. Sebagai salah satu tanaman keras kopi mempunyai nilai ekonomi yang cukup tinggi baik untuk memenuhi pasar luar negeri maupun luar negeri. Perkebunan kopi diusahakan oleh Perusahaan Pemerintah sebagai warisan Pemerintah Hindia Belanda maupun Perusahaan Swasta disamping Kopi rakyat yang luas lahannya jauh lebih luas



disbanding Perusahaan Negara atau PTPN maupun Perusahaan Swasta.(Budihardjo, (2014).

#### 2.1.4 Ampas Kopi

Di kabupaten Jember dengan jumlah penduduknya mencapai 2,3 juta jiwa, konsumsi kopi digunakan sebagai minuman perorangan rata-rata diperkirakan mencapai 2,91 kg/tahun(Endang W., (2009).Potensi limbah ampas minuman kopi yang dihasilkan diperkirakan mencapai 6,6 ribu ton/tahun yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan panel komposit. Serbuk kopi dengan warna dan tekstur alami dapat digunakan untuk pilihan dekoratif desain interior serta keunggulan lainnya yaitu mampu menyerap bau lingkungan dan memiliki konduktifitas thermal yang rendah sebesar 0,3235 Wm-1K-1. Penggunaan berbagai macam partikel sebagai filler komposit memiliki sifat mekanis yang baik dan mampu meningkatkan kekuatan tarik hingga 10% dengan fraksi berat filler sebesar 40% menggunakan matrik polimer jenis unsaturated polyester. Pemanfaatan limbah kopi sebagai bahan baku panel komposit matrik polyester diperlukan penelitian secara mendalam untuk mendapatkan karakteristik mekanis seperti kekuatan dan ketahanan pakai yang baik, sehingga produk penelitian ini nantinya dapat diterapkan di masyarakat.

### 2.2 Metode Pembuatan Komposit

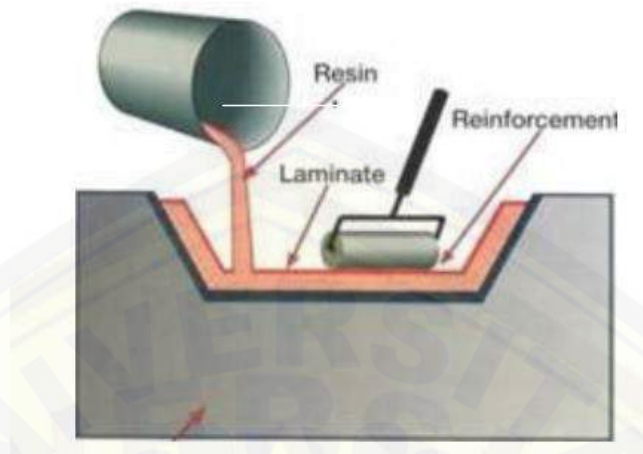
Secara garis besar pembuatan komposit terbagi menjadi dua proses, yaitu proses cetakan terbuka dan proses cetakan tertutup. Dalam penelitian ini menggunakan proses cetakan terbuka yaitu metode hand lay-up.

#### 2.2.1 Hand Lay-up

proses yang dilakukan dengan suhu ruang dengan keterampilan tangan. Serat bahan komposit ditata mengikuti cetakan dan dituangkan resin sebagai pengikat antara serat dan lapisan yang lain, sehingga terbentuk produk sesuai dengan cetakan. Ada dua cara aplikasi resin, yaitu:

- a. Manual resin *application*, proses pengaplikasian antara resin dan fiber dilakukan manual.

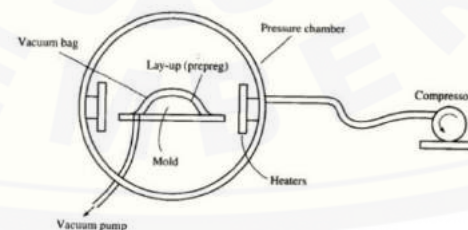
- b. *Mechanical resin application*, proses pengaplikasian antara resin dan fiber dilakukan dengan mesin dan kontinyu.



Gambar 2. 2 Metode *Hand Lay-up* (Fajri, (2016).

### 2.2.2 Vacuum Molding

Proses ini menggunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat diletakkannya komposit yang akan dicetak. Dengan divakumnya udara dalam wadah, maka udara yang ada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Apabila dibandingkan dengan *hand lay up*, metode ini memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, *adhesi* lebih baik pada antar lapisan, dan kontrol lebih baik pada resin atau rasio kaca. Aplikasi dari metode ini adalah pembuatan kapal pesiar, komponen mobil balap dan perahu.

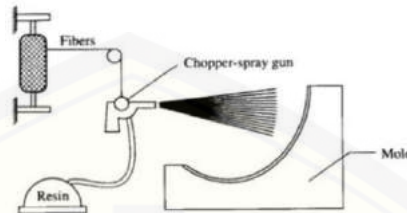


Gambar 2. 3 Metode Vacuum Bag (Gibson, 1994)

### 2.2.3 Spray Up

*Spray-up* merupakan Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fiber*) yang telah melewati tempat pemotongan. Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan

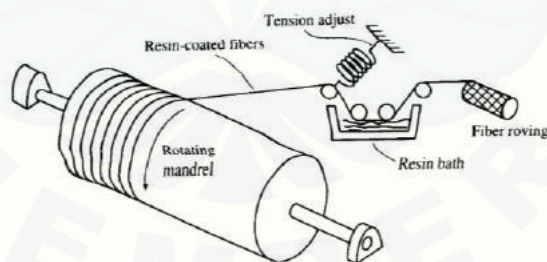
pada wadah tempat pencetakan *sprayup* yang telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar.



Gambar 2. 4 *Spray Up*

#### 2.2.4 Filament Winding

Alat yang dibuat untuk membuat suatu produk pipa komposit, dimana prosesnya dilakukan dengan menggulung benang katun, kemudian dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian fiber tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2. 5 *Filament Winding*

### 2.3 Parameter yang diteliti

#### 2.3.1 Proses Perlakuan Curing

Curing merupakan proses perlakuan panas atau polimerisasi terhadap komposit untuk merubah resin memiliki daya ikat yang tinggi dengan serat pada saat komposit telah padat. Curing dimulai saat pembentukan komposit pada suhu

kamar dan akan menghasilkan komposit dengan kekuatan masih rendah. Proses curing sebenarnya terjadi pada pemanasan di atas suhu kamar dan dilaksanakan setelah bahan komposit menjadi padat. Adanya kenaikan suhu curing dapat menyebabkan terjadinya peningkatan kecepatan curing yang diikuti dengan kenaikan kekuatan ikatan antar bahan pembentukannya. Kondisi ini akan member *cross-linking* pada komposit yang diikuti pemadatan matrik/resin, pada proses curing ini bisa mengurangi rongga-rongga yang ada di dalam komposit sehingga dihasilkan komposit yang berkualitas baik (Roberto, (2017)).

Pengaruh suhu pada komposit pada proses curing sangat besar. Apabila semakin tinggi suhu pada komposit maka akan mempengaruhi pada kekuatan tariknya yang akan meningkat pula. Serta suhu curing berpengaruh terhadap waktu proses, dengan perlakuan suhu curing akan mempersingkat satu siklus pengerjaan. Jika tanpa suhu curing dibutuhkan waktu 2 x 24 jam hingga benar benar kering dan tidak terjadi perubahan bentuk dengan cara ditekan, namun dengan perlakuan suhu curing akan memangkas waktu proses yaitu hanya dibutuhkan waktu 3 jam.

### 2.3.2 Suhu Pencucian

Ampas kopi sebagai bahan campuran/*filler*, partikel ini dicuci dengan air dengan suhu ruang 27<sup>0</sup>C-30<sup>0</sup>C bertujuan untuk memisahkan jamur dan bahan lain dengan ampas kopi. Dan kadar air ampas kopi sebesar 0%-5%. Kemudian ampas kopi diayak dengan mesh 80. Proses pencampuran bahan, dengan fraksi volume *Unsaturated Polyester* 60 % dan kopi 40%, kemudian masukkan pada *vacuum chamber* untuk meminimalisir void pada campuran komposit. Penambahan katalis 1% volume *matrix*, dan diaduk merata. Untuk variasi yang digunakan yaitu jumlah fiber glass yang akan digunakan yaitu 0 layer, 1 layer, 2 layer, 3 layer, 4 layer dan 5 layer.

### 2.3.3 Kadar air

Kadar air suatu bahan (partikel ampas kopi) berpengaruh terhadap munculnya void yang terjadi dalam komposit, dimana kadar air yang berada dalam komposit ampas kopi mengganggu proses kristalisasi yang terjadi antara resin dan katalis, void muncul karena adanya penguapan air yang ada dalam ampas

kopi yang menyisakan ruang kosong yang dapat mengakibatkan penurunan kekuatan pada komposit (Sumarji, dkk, (2017)).

Pada pembuatan campuran komposit, sebelumnya harus menghitung jumlah resin, ampas kopi dan katalis yang akan digunakan. Jumlah perbandingan yang digunakan juga harus ditentukan terlebih dahulu. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan sebesar 60 % resin dan 40 % ampas kopi sedangkan katalis sebanyak 1 % dari volume cetakan dengan ukuran cetakan 31 cm x 31 cm x 0,3 cm. Rumus-rumus tersebut diantaranya :

1. Menghitung Volume Cetakan ( $V_{cetakan}$ )

$$V_{cetakan} = p \times l \times t$$

$$V_{penambahan} = 75 \% \times V_{cetakan}$$

$$V_{CT} = V_{cetakan} + V_{penambahan} \quad (2.1)$$

Dimana :

$$V_{cetakan} = \text{Volume cetakan awal (cm}^3\text{)}$$

$$V_{penambahan} = \text{Volume penambahan (cm}^3\text{)}$$

$$V_{CT} = \text{Voleme cetakan total (cm}^3\text{)}$$

$$p = \text{panjang cetakan (cm)}$$

$$l = \text{lebar cetakan (cm)}$$

$$t = \text{tinggi cetakan (cm)}$$

2. Menghitung Volume Ampas Kopi ( $V_{kopi}$ )

$$V_{kopi} = 40 \% \times V_{CT} \quad (2.2)$$

Dimana :

$$V_{kopi} = \text{Volume ampas kopi (cm}^3\text{)}$$

$$V_{CT} = \text{Voleme cetakan total (cm}^3\text{)}$$

3. Menghitung Massa Ampas Kopi ( $M_{kopi}$ )

$$M_{kopi} = V_{kopi} \times \rho_{kopi} \quad (2.3)$$



Dimana :

$M_{kopi}$  = Massa ampas kopi (gr)

$V_{kopi}$  = Volume ampas kopi (cm<sup>3</sup>)

$\rho_{kopi}$  = Densitas ampas kopi (g/cm<sup>3</sup>)

4. Menghitung Volume Resin ( $V_{resin}$ )

$$V_{resin} = 60 \% \times V_{CT} \quad (2.4)$$

Dimana :

$V_{resin}$  = Volume resin (cm<sup>3</sup>)

$V_{CT}$  = Volume cetakan total (cm<sup>3</sup>)

5. Menghitung Massa Resin ( $M_{resin}$ )

$$M_{resin} = V_{resin} \times \rho_{resin} \quad (2.5)$$

Dimana :

$M_{resin}$  = Massa resin (gr)

$V_{resin}$  = Volume resin (cm<sup>3</sup>)

$\rho_{resin}$  = Densitas resin (g/cm<sup>3</sup>)

6. Volume Katalis ( $V_{katalis}$ )

$$V_{katalis} = 1 \% \times V_{CT} \quad (2.6)$$

Dimana :

$V_{katalis}$  = volume katalis yang dipakai (ml)

$V_{CT}$  = Volume cetakan total (cm<sup>3</sup>)

#### 2.4 Pengujian Tarik ASTM D-3039

Standard pengujian ini ditujukan kepada *Polymer Matrix Composite* (PMC) dengan penguat serat secara kontinyu maupun tidak serta laminasinya harus seimbang dan simetris. Cara pengujian ini adalah dengan menjepitkan sampel diantara penampang persegi panjang dan ditarik hingga sampel putus. Hasil

dari pengujian ini didapat perubahan panjang sampel serta beban yang digunakan pada saat penarikan. Dimana perhitungan yang digunakan adalah sebaifai berikut :

$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{A} \quad (2.7)$$

Dimana :  $\sigma_t$  = Kekuatan tarik (kg)

$F_{max}$  = Gaya maksimum sebelum kegagalan (kg)

A= Luasan penampang melintang rata-rata (mm<sup>2</sup>)

Panjang x Lebar (mm<sup>2</sup>)

Tabel 2. 1 Geometris Sampel ASTM D-3039 (Abduh, (2017)).

Bentuk penampang	Persegi panjang
Panjang minimum	Grip + (2 x lebar) + panjang gage
Lebar yang dianjurkan untuk orientasi fiber random dan discontinuous	25 mm
Toleransi lebar	±1% lebar
Tebal	Sesuai kebutuhan
Toleransi tebal	± 4% tebal



Gambar 2. 6 Sampel Uji Tarik ASTM D-3039 (Nugraha, (2017)).

## 2.5 Rekayasa Kualitas Secara *Off-Process*

Dalam rekayasa kualitas secara *Off-Process*, perancangan eksperimen merupakan peralatan yang sangat fundamental terutama pada kegiatan penelitian dan pengembangan produk. Teknik perancangan eksperimen pada dasarnya ada



dua yaitu sumber dari variasi dan menentukan perancangan proses yang optimal. Rekayasa secara *Off-Process* terbagi dalam tiga tahapan, yaitu:

1. Perancangan Konsep

Perancangan konsep berfungsi untuk dapat berhubungan dengan konsumen dan mendapatkan suara konsumen dengan kemampuan daya cipta dan kemampuan teknis untuk merancang suatu produk yang unggul.

2. Perancangan Parameter

Perancangan parameter berfungsi untuk mengoptimalkan level dari faktor pengendali terhadap efek yang ditimbulkan oleh faktor derau sehingga produk yang dihasilkan dapat kokoh/tangguh.

3. Perancangan Toleransi

Perancangan toleransi dilakukan dengan menggunakan matriks ortogonal, fungsi kerugian dan analisis varians untuk menyeimbangkan dan mutu dari suatu produk.

## 2.6 Rekayasa Kualitas Secara *On-Process*

Rekayasa kualitas secara *On-Process* merupakan suatu aktivitas untuk mengamati dan mengendalikan kualitas pada setiap proses produksi secara langsung. Aktivitas ini penting dalam menjaga agar biaya produksi rendah dan meningkatkan mutu produk.

Rekayasa Kualitas secara *On-Process* juga dapat mengontrol mesin produksi sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada mesin-mesin produksi.

## 2.7 Derajat Bebas (Degree of Freedom, DOF)

Derajat bebas merupakan banyaknya perbandingan yang dilakukan antar level-level faktor atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan agar diperoleh suatu pemahaman mengenai hubungan antara suatu faktor dengan level yang berbeda-beda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan

ini sendiri akan memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap kualitas.

Konsep DOF bisa diperluas untuk eksperimen. Eksperimen dengan  $n$  banyak percobaan dan  $r$  rulangan percobaan yang lain mempunyai  $n \times r$  percobaan. Jumlah DOF menjadi :

$$db = n \times r - 1 \quad (2.8)$$

Dimana : db = derajat bebas

n = banyaknya parameter

r = banyaknya level

## 2.8 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Sasaran itu dengan menjadikan produk atau proses “tidak sensitif” terhadap berbagai faktor, seperti material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional. Metode Taguchi menjadikan produk bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*), karenanya metode ini disebut juga sebagai rancangan kokoh (*robust design*).

Filosofi Taguchi terdiri dari tiga konsep, yaitu:

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

Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan dengan menggunakan pendekatan desain eksperimen yang berguna untuk :

1. Merancang suatu produk/merancang proses sehingga kualitasnya kokoh terhadap kondisi lingkungan.

2. Merancang/mengembangkan produk sehingga kualitasnya kokoh terhadap variasi komponen.
3. Meminimalkan variasi di sekitar target.

Keunggulan dari Metode Taguchi adalah sebagai berikut :

1. Desain eksperimen Taguchi lebih efisien karena memungkinkan untuk menjelaskan penelitian yang lebih banyak faktor dan jumlah.
2. Desain eksperimen Taguchi memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol.
3. Metode Taguchi menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor-faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Metode Taguchi memiliki kekurangan, yaitu dimana terdapat rancangan yang mengorbankan pengaruh interaksi dan ada pula rancangan yang mengorbankan pengaruh utama dan pengaruh interaksi yang cukup signifikan.

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut matriks ortogonal. Matriks standart ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal dan informasi yang banyak untuk faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian penting yaitu dalam pemilihan kombinasi level variabel masing masing eksperimen.

#### 2.8.1 Analisis dalam Metode Taguchi

Dalam *metode taguchi* terdapat 2 analisis yang dilakukan dengan tujuan berbeda-beda, antara lain :

##### a. ANOM ( *Analysis of Mean* )

ANOM atau analisis rata-rata, digunakan untuk mencari kombinasi dari parameter kendali sehingga diperoleh hasil yang optimum. Caranya adalah membandingkan nilai rata-rata *S/N ratios* setiap *level* dan masing-masing parameter kendali dengan menggunakan grafik. Dari perbandingan tersebut dapat diketahui apakah parameter kendali yang dimaksud berpengaruh terhadap proses atau tidak.

b. ANOVA (*Analysis of Variant*)

ANOVA atau analisis varian, digunakan untuk mencari besarnya pengaruh setiap parameter kendali terhadap suatu proses. Besarnya efek tersebut dapat diketahui dengan membandingkan nilai *Sum of Squared* dari suatu parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali. Langkah perhitungan Anova sebagai berikut :

1. Jumlah Kuadrat Faktor A ( $SS_A$ )

$$SS_A = \left[ \sum_{i=1}^{K_A} \left( \frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (2.9)$$

Dimana :

$SS_A$  = Jumlah Kuadrat Faktor A (Suhu Pencucian)

$A_i$  = Level ke i dari faktor A

$K_A$  = Jumlah level faktor A

$n_{Ai}$  = Jumlah eksperimen level ke i dari faktor A

T = Jumlah data keseluruhan

N = Jumlah total eksperimen

2. Jumlah Kuadrat Faktor B ( $SS_B$ )

$$SS_B = \left[ \sum_{i=1}^{K_B} \left( \frac{B_i^2}{n_{Bi}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (2.10)$$

Dimana :

$SS_B$  = Jumlah Kuadrat Faktor B (Kadar air)

$B_i$  = Level ke i dari faktor B

$K_B$  = Jumlah level faktor B

$n_{Bi}$  = Jumlah eksperimen level ke i dari faktor B

T = Jumlah data keseluruhan

N = Jumlah total eksperimen

3. Jumlah Kuadrat Faktor C ( $SS_C$ )

$$SS_C = \left[ \sum_{i=1}^{K_C} \left( \frac{C_i^2}{n_{Ci}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (2.11)$$

Dimana :

$SS_C$  = Jumlah Kuadrat Faktor C (Suhu Curing)

$C_i$  = Level ke i dari faktor C

$K_C$  = Jumlah level faktor C

$nc_i$  = Jumlah eksperimen level ke i dari faktor C

$T$  = Jumlah data keseluruhan

$N$  = Jumlah total eksperimen

#### 4. Derajat Kebebasan (DK)

$$DK = (b - 1) \quad (2.12)$$

Dimana :

$DK$  = Derajat Kebebasan

$b$  = Banyak level yang diteliti

#### 5. Rata-rata Kuadrat Faktor A

$$MS_A = \frac{SS_A}{DK_A} \quad (2.13)$$

Dimana :

$MS_A$  = Rata-rata kuadrat faktor A

$SS_A$  = Jumlah kuadrat faktor A

$DK_A$  = Derajat Kebebasan faktor A

#### 6. Rata-rata Kuadrat Faktor B

$$MS_B = \frac{SS_B}{DK_B} \quad (2.14)$$

Dimana :

$MS_B$  = Rata-rata kuadrat faktor B

$SS_B$  = Jumlah kuadrat faktor B

$DK_B$  = Derajat Kebebasan faktor B

## 7. Rata-rata Kuadrat Faktor C

$$MS_C = \frac{SS_C}{DK_C} \quad (2.15)$$

Dimana :

$MS_C$  = Rata-rata kuadrat faktor C

$SS_C$  = Jumlah kuadrat faktor C

$DK_C$  = Derajat Kebebasan faktor C

8. Jumlah Kuadrat Total ( $SS_T$ )

$$SS_T = \sum_{i=1}^N Y_i^2 \quad (2.16)$$

Dimana :

$SS_T$  = Jumlah kuadrat total

$N$  = Jumlah total eksperimen

$Y$  = Rata-rata data yang diperoleh dari eksperimen ke i

9. Jumlah kuadrat karena rata-rata ( $SS_m$ )

$$SS_m = N \cdot Y'^2 \quad (2.17)$$

Dimana :

$SS_m$  = Jumlah kuadrat karena rata-rata

$N$  = Jumlah total eksperimen

$Y'$  = rata rata total dari seluruh eksperimen

10. Jumlah Kuadrat Error ( $SS_e$ )

$$SS_{faktor} = SS_A + SS_B + SS_C$$

$$SS_e = SS_T - SS_m - SS_{faktor} \quad (2.18)$$

Dimana :

$SS_{faktor}$  = Jumlah kuadrat seluruh faktor

$SS_e$  = Jumlah kuadrat error

## 2.9 OrtogonalArray

Ortogonalarray adalah matriks dari sejumlahbaris dan kolom. Setiap kolom merepresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari



suatu percobaan ke percobaan lainnya, dan barismewakili level dari faktor pada percobaan yang dilakukan. Ortogonalarray(OA) digunakan untuk mengetahui jumlah percobaan minimum namun dapattetap membantu menentukan efek faktor utama. OA merupakan suatu matriks faktor dan level yang tidak membawa pengaruh dari faktor yanglain atau level yang lain.

Tabel 2. 2Ortogonal Array  $L_9(3^3)$ 

TES	FAKTOR		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Dari matrik diatas dapat disajikan sebuah tabel OrtogonalArray untuk jumlah faktor dan level tertentu yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. 3Ortogonal Array

Matrix Orthogonal	Jumlah Faktor	Jumlah Level
$L_4(2^3)$	3	2
$L_8(2^7)$	7	2
$L_{12}(2^{11})$	11	2
$L_{16}(2^{15})$	15	2
$L_{32}(2^{31})$	31	2
$L_9(3^3)$	3	3
$L_{18}(2^1, 2^7)$	1 dan 7	2 dan 3
$L_{27}(3^{13})$	13	3
$L_{16}(4^5)$	5	4
$L_{32}(2^1, 4^9)$	1 dan 9	2 dan 4
$L_{64}(4^{21})$	21	4



### 2.9.1 Struktur Ortogonal Array (OA)

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut Ortogonal Array, untuk menetapkan kombinasi faktor dan level mana yang akan digunakan sebagai eksperimen yang efisien dan untuk menganalisa data hasil percobaan. Ortogonal Array adalah sebuah matriks *fractional factorial* yang menjamin suatu perbandingan yang seimbang antara level-level dari faktor ataupun interaksinya dalam kombinasi yang dihasilkan. Ortogonal Array digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter.

$$L_9(3^3)$$

1. Notasi L menyatakan informasi Ortogonal Array
2. Nomor baris 9 menyatakan jumlah percobaan yang dibutuhkan
3. Nomor kolom 3 menyatakan jumlah faktor yang diamati
4. Nomor level 3 menyatakan jumlah level faktor

Untuk dua level, table (OA) terdiri dari  $L_4$ ,  $L_8$ ,  $L_{12}$ ,  $L_{16}$ ,  $L_{32}$ , sedangkan untuk tiga level terdiri dari  $L_9$ ,  $L_{18}$ ,  $L_{27}$ .

### 2.9.2 Penentuan dan Pemilihan Ortogonal Array

Dalam menentukan jenis OA, ada dua hal yang harus dilakukan, yaitu:

1. Jumlah level dan faktor yang akan diteliti
2. Interaksi dalam faktor

Ortogonal Array sendiri dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis. Penentuan jenis OA yang digunakan dapat dengan cara memilih salah satunya yang sesuai dengan faktor dan level yang akan diteliti. Keempat jenis OA, yaitu:

1. Ortogonal Array standar

Tabel OA yang standar terdiri dari empat macam, yaitu untuk 2 level, 3 level, 4 level, dan 5 level. Untuk 2 level terdiri dari  $L_4(2^3)$ ,  $L_8(2^7)$ ,  $L_{16}(2^{15})$ ,  $L_{32}(2^{31})$ ,  $L_{64}(2^{63})$ , untuk 3 level tabel OA terdiri dari  $L_9(3^4)$ ,  $L_{27}(2^{13})$ ,  $L_{81}(2^{40})$ , untuk 4 level tabel OA contohnya  $L_{64}(4^{21})$ , dan untuk level 5 tabel OA contohnya  $L_{25}(5^6)$ .

## 2. *Extended* Orthogonal Array

Ketika terlalu banyak faktor yang harus ditempatkan dan interaksi dapat diabaikan, table OA standar dapat diperpanjang untuk menambah jumlah kolomnya untuk banyak faktor. Contohnya sebagai berikut  $L_{12}(2^{11})$ ,  $L_{27}(3^{22})$ .

## 3. Mixed Orthogonal Array

Tabel ini mengandung 2 level yang berbeda, ini digunakan saat banyak faktor dan level berbeda dan interaksi diabaikan, contohnya  $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ ,  $L_{32}(2^1 \times 4^9)$ ,  $L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$ ,  $L_{36}(2^1 \times 3^7)$ ,  $L_{18}(2^3 \times 3^{13})$ ,  $L_{50}(2^1 \times 5^{11})$ ,  $L_{54}(2^1 \times 3^{25})$ .

## 4. *Coulmn-Merged* Orthogonal Array

Metode ini merupakan penggabungan kolom, contohnya  $L_8(4^1 \times 2^4)$ ,  $L_{16}(4^1 \times 2^{12})$ ,  $L_{16}(4^2 \times 2^9)$ ,  $L_{16}(4^4 \times 2^3)$ ,  $L_{16}(4^5)$ , dan  $L_{16}(8^1 \times 2^8)$ .

### 2.10 Uji Hipotesa F

Hipotesa berguna untuk membuktikan persentase pengaruh dari parameter yang digunakan. Dimana pada analisis varian tidak dijelaskan. Uji hipotesa F membuktikan dengan cara membandingkan variansi dari tiap faktor Dan variansi error

$$F_{\text{sumber}} = \frac{\text{Variansikarenaperlakuan} + \text{Variansikarenaerror}}{\text{variansikarenaerror}}$$

Nilai  $F_{\text{sumber}}$  yang diperoleh dibandingkan dengan nilai  $F_{\text{tabel}}$  pada harga  $\alpha$  tertentu dengan derajat kebebasan  $[(k-1).(N-k)]$ . Dimana k adalah jumlah level dari faktor sedangkan N adalah jumlah total eksperimen.

$H_0$  : Tidak ada pengaruh dari variasi penelitian yang digunakan ( $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i$ ).

$H_1$  : Ada pengaruh dari variasi penelitian yang digunakan, setidaknya ada  $\mu_i$  yang tidak sama.

Disaat  $F_{\text{hitung}}$  lebih kecil dari  $F_{\text{sumber}}$  maka  $H_0$  diterima (tidak ada pengaruh dari variasi penelitian yang dilakukan). Sedangkan, apabila terjadi kebalikannya maka  $H_0$  ditolak (ada pengaruh dari variasi penelitian yang dilakukan).

### 2.11 Karakteristik Kualitas dan Signal to Noise Ratio

Karakteristik kualitas menurut Taguchi ada tiga, yaitu *Nominal is the best*, *Smaller is Better*, dan *Larger is Better*. Sedangkan cara melihat karakteristik suatu percobaan yaitu dengan menggunakan *Signal to Noise Ratio* (SN Ratio). SN Ratio adalah *concurrent statistic* yaitu cara untuk melihat karakteristik dari distribusi dan pengaruh karakteristik tersebut pada masing-masing percobaan (Bagachi, 1993). *Mean Square Deviation* (MSD) adalah pengukuran yang bergantung pada rata-rata dan standar deviasi data. beberapa tipe karakteristik kualitas SN Ratio dari respon adalah sebagai berikut:

#### 1. *Nominal is the best* (Tertuju pada nilai tertentu)

adalah karakteristik kualitas dengan nilai target tidak nol dan terbatas sehingga nilai yang semakin mendekati target tersebut adalah nilai yang diinginkan. Untuk percobaan 4 faktor tanpa ulangan, SN Ratio untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r Y_i^2 \right) \quad (2.19)$$

Dimana :

n = Jumlah pengulangan dari suatu trial.

#### 2. *Smaller is Better* (Semakin kecil semakin baik)

Adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai 0 dan non negatif sehingga nilai yang semakin kecil atau mendekati nol adalah nilai yang diinginkan. SN Ratio untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$S/N = -10 \log V_e$$

$$S/N = -10 \log \left( \frac{V_m - V_e}{n V_e} \right) \quad (2.20)$$

#### 3. *Larger is Better* (Semakin besar semakin baik)

Adalah karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan non negatif sehingga nilai yang semakin besar adalah nilai yang diinginkan. SN Ratio untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \frac{1}{Y_i^2} \right) \quad (2.21)$$

#### 4. Uji Asumsi Residual

Uji asumsi residual ini digunakan sebagai selisih antara nilai pengamatan dengan nilai dugaan  $ei = Yi - \hat{Y}i$ . Di dalam analisis regresi terdapat asumsi bahwa residual bersifat independen, mempunyai rata-rata sama dengan nol dan variansi yang konstan  $\sigma^2$  (identik), serta terdistribusi normal atau  $\epsilon i \sim IIDN(0, \sigma^2)$ . Oleh karena itu dalam setiap pendugaan model harus dilakukan pemeriksaan asumsi tersebut apakah terpenuhi atau tidak.

##### a. Uji independen

Uji independen digunakan untuk menjamin bahwa pengamatan telah dilakukan secara acak, yang berarti antar pengamatan tidak terdapat korelasi (independen). Pemeriksaan asumsi ini dilakukan dengan menggunakan *plot autocorrelation function* (ACF).

##### b. Uji homogenitas

Pengujian homogenitas varians atau uji identik bertujuan untuk memenuhi apakah residual mempunyai penyebaran yang sama. Hal ini dilakukan dengan memeriksa plot  $ei$  terhadap  $\hat{Y}i$  (secara visual). Jika penyebaran datanya acak (menyebar di sekitar garis nol) dan tidak menunjukkan pola-pola tertentu, maka asumsi identik terpenuhi.

##### c. Uji kenormalan

*Normal probability plot* pada Minitab menyatakan probabilitas dari residual suatu respons. Selain itu, dengan *Kolmogorov-Smirnov normality test* juga dapat digunakan dalam pengujian kenormalan residual. Hipotesis yang digunakan adalah:

$H_0$  : residual berdistribusi normal.

$H_1$  : residual tidak berdistribusi normal.

Gagal tolak  $H_0$  apabila  $P\text{-value} > \alpha$

#### 5. Interpretasi Hasil Eksperimen

Interpretasi yang dilakukan untuk menganalisa hasil eksperimen menggunakan analisis varians adalah sebagai berikut :

## a. Persen Kontribusi

Porsi tiap-tiap faktor terhadap total variansi yang diteliti yang merupakan fungsi dari jumlah kuadrat (SS) dari masing-masing faktor yang signifikan.

$$\rho = \frac{SS'_{faktor}}{SS_T} \times 100\% \quad (2.23)$$

$$\rho_A = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\% \quad SS'_A = SS_A - MS_e(DK_A)$$

$$\rho_B = \frac{SS'_B}{SS_T} \times 100\% \quad SS'_B = SS_B - MS_e(DK_B)$$

$$\rho_C = \frac{SS'_C}{SS_T} \times 100\% \quad SS'_C = SS_C - MS_e(DK_C)$$

Dimana :

$\rho$  = Persen kontribusi

$\rho_A$  = Persen kontribusi pada faktor A

$\rho_B$  = Persen kontribusi pada faktor B

$\rho_C$  = Persen kontribusi pada faktor C

$SS_A$  = Jumlah kuadrat deviasi pada faktor A

$SS_B$  = Jumlah kuadrat deviasi pada faktor B

$SS_C$  = Jumlah kuadrat deviasi pada faktor C

$SS'_A$  = Jumlah kuadrat sesungguhnya pada faktor A

$SS'_B$  = Jumlah kuadrat sesungguhnya pada faktor B

$SS'_C$  = Jumlah kuadrat sesungguhnya pada faktor C

$\rho \leq 15\%$  maka tidak ada faktor yang berpengaruh terabaikan. Sedangkan  $\rho \geq 50\%$  maka terdapat faktor berpengaruh yang terabaikan dan error yang hadir terlalu besar (Soejanto, (2009).

Interval Kepercayaan (CI)

Pada metode taguchi, Interval kepercayaan dibagi menjadi 3 yaitu :

b. Interval Kepercayaan untuk Level Faktor (CI<sub>1</sub>)

$$CI_1 = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;v_e} MS_e}{n}} \quad (2.24)$$

$$\mu_{ik} = \bar{i}_k \pm CI_1$$

$$\bar{i}_k - CI_1 \leq \mu_{ik} \leq \bar{i}_k + CI_1$$



Dimana :

$F_{\alpha;1;V_e}$  = Rasio F

$\alpha$  = Resiko

$V_1$  = 1

$V_e$  = Derajat kebebasan *error*

$MS_e$  = Rata-rata kuadrat *error*

$n$  = Jumlah yang diuji pada kondisi tertentu

$\mu_{Ak}$  = Dugaan rata-rata faktor  $i$  pada level ke  $k$

$\bar{1}_k$  = Rata-rata faktor  $i$  pada level  $k$

$k$  = Level faktor (1,2...)

c. Interval Kepercayaan pada Kondisi Perlakuan yang diprediksi ( $CI_2$ )

$$CI_2 = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;V_e}MS_e}{n_{eff}}} \quad (2.25)$$

$$n_{eff} = \frac{N}{1 + (\text{Jumlah DK yang berhubungan dengan faktor } i)}$$

Dimana :

$N$  = Jumlah total eksperimen

$n_{eff}$  = Jumlah pengulangan efektif

d. Interval Kepercayaan untuk Memprediksi Eksperimen Konfirmasi ( $CI_3$ )

Interval kepercayaan ini digunakan untuk pembuktian dari level faktor optimal yang sudah didapatkan.

$$CI_3 = \sqrt{F_{\alpha;1;V_e}MS_e \left[ \left( \frac{1}{n_{eff}} \right) + \left( \frac{1}{r} \right) \right]} \quad (2.26)$$

Dimana :

$r$  = Jumlah sampel pada percobaan konfirmasi dan  $r \neq 0$

$V_2$  = Derajat bebas varian kesalahan *pooling*.

## 6. Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan sebuah eksperimen yang digunakan untuk menguji kesimpulan yang di dapat. Tujuan dilakukannya eksperimen



konfirmasi adalah membuat parameter faktor yang optimal sesuai hasil analisis eksperimen.

## 2.12 Studi Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menentukan variabel dan parameter yang akan digunakan, dalam hal ini terkait dengan 3 parameter, yaitu suhu pencucian, kadar air, dan perlakuan suhu curing.

Dengan dilakukan suhu pencucian mampu menghilangkan jamur yang dapat menghambat proses curing, dan meningkatkan ikatan antar partikel, dimana pada suhu pencucian ini menggunakan suhu air normal yaitu ( $30^{\circ}\text{C}$ ) untuk menghemat waktu proses pencucian, untuk suhu pencucian ( $60^{\circ}\text{C}$ ) dan ( $90^{\circ}\text{C}$ ) dilakukan untuk meminimalisir sisa campuran dari ampas kopi tersebut.

Untuk kadar air pada ampas kopi sangat berpengaruh terhadap proses curing dimana hal itu sangat berpengaruh terhadap kekuatan dari material tersebut, karena lemahnya ikatan antar partikel. Pada penelitian ini menggunakan kadar air (5%) dimana hal itu merupakan titik aman agar terjadi proses curing dan memaksimalkan hasil dari produk, untuk kadar air (10%) merupakan titik kritis dimana pada parameter ini terjadi produk yang gagal dan berhasil. Dan pada parameter (30%) merupakan kadar air awal kopi setelah di cuci yang didiamkan di udara tanpa dilakukan penjemuran, harapannya adalah untuk optimalisasi proses pengerjaan.

Untuk parameter suhu curing berpengaruh terhadap kekuatan pada material, dimana semakin tinggi suhu curing maka kekuatan akan meningkat, namun pada komposit ampas kopi batas atas suhu curing adalah sebesar ( $100^{\circ}\text{C}$ ). maka pada penelitian ini dilakukan variasi suhu curing sebesar ( $40^{\circ}\text{C}$ ), ( $60^{\circ}\text{C}$ ), ( $80^{\circ}\text{C}$ ), harapannya adalah untuk pembuktian bahwa semakin tinggi suhu curing dapat meningkatkan kekuatan pada produk komposit ampas kopi.

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode percobaan yang digunakan untuk menganalisis kekuatan tarik pada proses pembuatan panel komposit kopi dengan variasi suhu pencucian, kadar air, suhu curing.

### 3.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember.

### 3.3 Bahan dan Alat Penelitian

#### 3.3.1 Bahan

- a. Ampas kopi
- b. Resin eterset 2504
- c. Katalis *MEPOXE*
- d. Fiber glass

#### 3.3.2 Alat

- a. Kaca dengan ukuran 31cm x 31cm x 0,3cm
- b. Double tip merk hitachi
- c. Plastik astralon
- d. Gunting
- e. Oven
- f. Wadah ampas kopi
- g. Alat diteksi kadar air
- h. Wadah campuran bahan
- i. Ayakan kopi
- j. Timbangan digital

### 3.4 Variabel Penelitian

#### 3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel yang bebas digunakan adalah variasi suhu pencucian, suhu pengeringan, dan tingkat kelembapan yang digunakan dalam proses curing pada pembuatan panel komposit kopi.

Tabel 3. 1 Variabel Bebas

Kode	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
A	Suhu Pencucian	30 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C	90 <sup>0</sup> C
B	Kadar air	5%	10%	30%
C	Suhu Curing	40 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C	80 <sup>0</sup> C

#### 3.4.2 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak divariasikan, variabel tetap dalam penelitian ini adalah komposisi bahan, metode pembuatan, ukuran cetakan.

Tabel 3. 2 Variabel Tetap

No	Variabel Tetap	Kondisi Perlakuan
1	Kecepatan Pengadukan	915 rpm
2	Tekanan Degasifikasi	90 MPa
3	Lama Proses Degasifikasi	10 menit
4	Ukuran Partikel	80 mesh
5	Suhu Ruang	27 – 30 °C
6	Massa Resin	340 gram
7	Massa Ampas Kopi	106,9 gram
8	Volume Katalis	5,04 ml
9	Fiber Glass	(31 x 31) cm <sup>2</sup>
10	Waktu Pengadukan	2 menit
11	Waktu Suhu Curing	3 jam

### 3.5 Metode Penelitian

#### 3.5.1 Tahapan penelitian pada produksi panel komposit kopi :

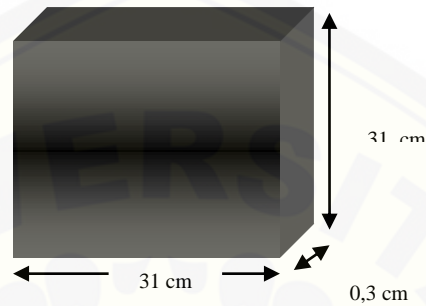
1. Pengumpulan ampas kopi dari kafe di jember.
2. Mengeringkan ampas kopi dengan cara dijemur.
3. Mencuci ampas kopi dengan air serta suhu yang sudah ditetapkan.
4. Dilakukan proses penjemuran.
5. Dikeringkan menggunakan oven dengan suhu yang sudah ditetapkan.
6. Dilakukan penggilingan ulang.
7. Mengayak ampas kopi yang sudah di giling menggunakan ayakan.
8. Mencampurkan bahan yang sudah disiapkan.
9. Persiapan cetakan yang akan digunakan.
10. Ulangi langkah (1) sampai dengan (9) dengan mengubah nilai variabel suhu pencucian, kadar air, dan suhu curing sesuai dengan level.
11. Melakukan pengambilan data, metode pengambilan data dan kombinasi level berdasarkan rancangan *OrtogonalArray* (OA) Taguchi.
12. Pengambilan data menggunakan 4 kali pengulangan.
13. Pengukuran berat produk menggunakan timbangan digital milik lab terapan teknik mesin universitas jember
14. Dilakukan pemeriksaan kualitas pada setiap hasil percobaan.

Tabel 3. 3Tabel Kode Sampel

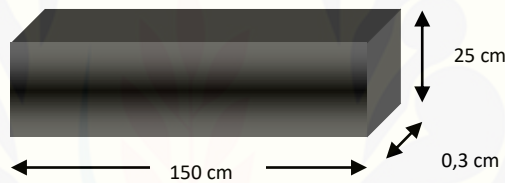
No	Faktor Kendali		
	Level A (°C)	Level B (%)	Level C (°C)
1	30	5	40
2	30	10	60
3	30	30	80
4	60	5	60
5	60	10	80
6	60	30	40
7	90	5	80
8	90	10	40
9	90	30	60

### 3.6 Pengambilan Data

Data kekuatan tarik sampel diambil dari hasil fabrikasi panel komposit ampas kopi berukuran 31 cm x 31 cm x 0,3 cm menggunakan *Tensile Strength Machine*. Jumlah sampel yang diambil adalah sebanyak 1 buah tiap panel dan tiap percobaan dilakukan 4 kali pengulangan.



Gambar 3. 1 Sampel Panel Komposit Ampas Kopi



Gambar 3. 2 Sampel Uji Tarik

Tabel 3. 4 Hasil Analisis Varians dan Kontribusi Parameter Berpengaruh

Sumber Variasi	df	SS	MS	$F_{hitung}$	Persen Kontribusi
Suhu Pencucian	$V_A$	$SS_A$	$MS_A$	$MS_A / MS_E$	$SS'_A / SS_T$
Kelembaban	$V_B$	$SS_B$	$MS_B$	$MS_B / MS_E$	$SS'_B / SS_T$
Suhu Curing	$V_C$	$SS_C$	$MS_C$	$MS_C / MS_E$	$SS'_C / SS_T$
Residual	$V_E$	$SS_E$	$MS_E$		$SS'_E / SS_T$
Total	$V_T$	$SS_T$	$MS_T$		100%

Tabel 3. 5Data Hasil Pengujian Tarik Komposit Ampas Kopi

No	Faktor Kendali			Replikasi	Hasil Uji Tarik	Rata-rata
	A	B	C			
1	1	1	1	I		
				II		
				III		
				IV		
2	1	2	2	I		
				II		
				III		
				IV		
3	1	3	3	I		
				II		
				III		
				IV		
4	2	1	2	I		
				II		
				III		
				IV		
5	2	2	3	I		
				II		
				III		
				IV		
6	2	3	1	I		
				II		
				III		
				IV		
7	3	1	3	I		
				II		
				III		
				IV		
8	3	2	1	I		
				II		
				III		
				IV		
9	3	3	2	I		
				II		
				III		
				IV		
Rata – Rata Total						



### 3.7 Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan beberapa metode, diantaranya :

#### 1. Studi Literatur

Jurnal atau penelitian sebelumnya digunakan sebagai standard produk lolos atau reject. Lolos atau reject-nya ditentukan dari kekuatan tarik yang dihasilkan.

#### 2. Pengambilan Data

Data diambil dari orthogonal array L9(3<sup>3</sup>) yang sudah dibuat.

#### 3. Menganalisa data yang diperoleh menggunakan perhitungan :

- a) ANOVA (Analysis of Variant)
- b) Uji F
- c) Rasio S/N

#### 4. Interpretasi Hasil Eksperimen

- a) Persen Kontribusi
- b) Interval Kepercayaan

#### 5. Eksperimen Konfirmasi

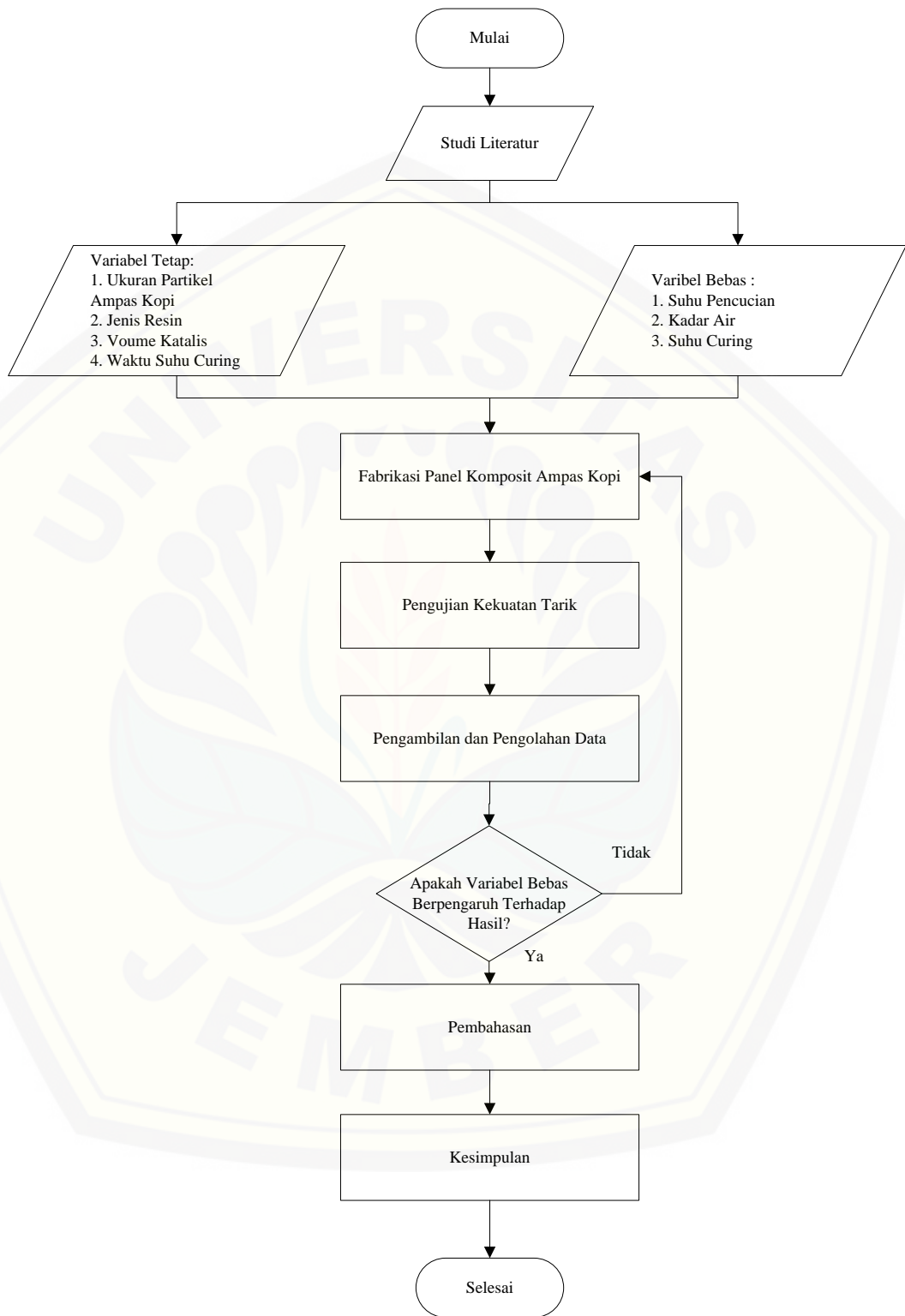
Nilai  $F_{hitung}$  yang lebih besar daripada  $F_{tabel}$  menunjukkan bahwa faktor-faktor yang digunakan memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik komposit ampas kopi. Dimana pada penelitian ini menggunakan taraf signifikansi  $\alpha$  sebesar 5%. Hipotesa awal ( $H_0$ ) dan Hipotesa alternatif ( $H_1$ ) yang digunakan sebagai uji hipotesis menggunakan distribusi F :

Parameter proses fabrikasi hand lay up

$$H_0 \leq \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 > \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

**3.8 Diagram Alir Penelitian**



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil analisa menggunakan metode taguchi mengenai optimasi proses fabrikasi panel komposit ampas kopi didapatkan kesimpulan bahwa :

- a. Faktor kendali yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit ampas kopi adalah suhu pencucian sebesar 24,78%, kadar air sebesar 40,80 % dan suhu curing sebesar 27,58%.
- b. Faktor kendali paling optimal yang didapatkan adalah pada kecepatan Suhu Pencucian pada level 3 (90°C), kadar air level 1 (5%) dan suhu curing level 3 (80°C).

### 5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya perlu diteliti juga faktor waktu suhu curing dan komposisi katalis agar diperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya dan mendapatkan hasil yang lebih optimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abduh, M. 2017. Pengaruh Variasi Lamina Fiber Glass Pada Sifat Tahan Api Komposit Montmorillonite Dengan Pembeban Tarik. Skripsi. Jember. Fakultas Teknisk. Universitas Jember.
- Budihardjo, A. 2014. Jaringan Pemasaran Kopi Rakyat Di Kabupaten Jember, Rotor. 1-11.
- Endang W., L. 2009. Tingkat Konsumsi Kopi Domestik dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi pada Masyarakat Perkotaan di Kabupaten Jember. Tesis. Jember. Magister Pertanian. Universitas Jember.
- Fajri, A. N. 2016. Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Sifat Mekanik Komposit *Polyester* Serat Kulit Batang Pisang Kepok. Jember. Teknik Mesin. Universitas Jember.
- Fufuri, M. 2013. Perbandingan Karakteristik Fisis Kopi Luwak (Civet coffee) dan Kopi Biasa Jenis Arabika, *Pillar of Physics*. pp: 68-75.
- Gibson. 1994. *Principle of Composite Materials Mechanics*. New York, USA. McGraw-Hill Inc.
- Hackelford. 1992. *Introduction to Materials Science for Engineer*. New York, USA. McGraw-Hill Inc.
- Jawwad, M. A. S. 2016. Pembuatan Papan Komposit Berbahan Limbah Industri Kopi dan Plastik Bekas. 7:
- Kovalcik, V., Obruca, S., Marova, I. 2017. Valorization of Spent Coffee Grounds. 7.
- Mashuri. 2007. Efek Termal Dan Bahan Penggandeng (Coupling Agent) Silane Terhadap Kestabilan Mekanik Bahan Komposit poliester Dengan Pengisi Partikulit Sic, *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*. 9: 40-45.
- Malau, V. 2010. Karakterisasi Sifat Mekanis dan Fisis Komposit E-Glass dan Resin Eternal 2504 Dengan Variasi Kandungan Serat, Temperatur dan Lama Curing, *Jurnal Mekanika*. 8: 144-149.
- Nugraha, Y. A. 2017. Pengaruh Fraksi Volume Serat Bagasse Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Unsturated Polyester-Ampas Kopi. Skripsi. Jember. Fakultas Teknik. Universitas Jember.

- Oiwa dan Okuzawa. 2015. Deodorant Effect of Coffee Beans, Seeding Innovations Through.
- Roberto, E. 2017. Pengaruh Temperatur Curing Pada Sifat Komposit Berpenguat Serat Buah Pinang Dengan Orientasi Serat Acak. Skripsi. Yogyakarta. Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma.
- Roy. 2010. A Primer On the Taguchi Method Second Edition, Society of Manufacturing Engineers. 1-9.
- Soejanto, I. 2009. Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Sumarji, Laksana, D. D., Syuhri, A., Nurdiansyah, H. dan Abduh, M. 2017. Pengaruh Ukuran Partikel Limbah Kopi Terhadap Karakteristik Sifat Mekanik Pada Panel Komposit, Jurnal Rotor. 3: 1-4.
- Wibowo, R. D. 2014. Sifat Fisis Dan Mekanis Akibat Perubahan Temperatur Pada Komposit Polyester Serat Batang Pisang Di Treatment Menggunakan  $Kmno_4$ . Skripsi. Surakarta. Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta.



## Lampiran

Lampiran 1 Proses Pencucian



Lampiran 2 Proses Pengukuran Kadar Air





Lampiran 3 Proses Perlakuan Suhu Curing



Lampiran 4 Pengambilan Ampas Kopi di Cafe



Lampiran 5 Proses Penjemuran Ampas Kopi



Lampiran 6 Timbangan Digital



Lampiran 7 Astralon Untuk Meratakan Komposit



Lampiran 8 Fiber Glass Sebagai Penguat





Lampiran 9 Doubel Tip Untuk Perkat Cetakan Kaca



Lampiran 10 Cetakan Kaca Ukuran (31x31x0,3)cm



Lampiran 11 Proses Pembuatan Komposit Ampas Kopi



Lampiran 12 Proses Pengayakan Ampas Kopi 80 Mesh



Lampiran 13 Tabel F statistik  $\alpha = 0,05$

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05															
df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89



Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
46	4.05	3.20	2.81	2.57	2.42	2.30	2.22	2.15	2.09	2.04	2.00	1.97	1.94	1.91	1.89
47	4.05	3.20	2.80	2.57	2.41	2.30	2.21	2.14	2.09	2.04	2.00	1.96	1.93	1.91	1.88
48	4.04	3.19	2.80	2.57	2.41	2.29	2.21	2.14	2.08	2.03	1.99	1.96	1.93	1.90	1.88
49	4.04	3.19	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.08	2.03	1.99	1.96	1.93	1.90	1.88
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87
51	4.03	3.18	2.79	2.55	2.40	2.28	2.20	2.13	2.07	2.02	1.98	1.95	1.92	1.89	1.87
52	4.03	3.18	2.78	2.55	2.39	2.28	2.19	2.12	2.07	2.02	1.98	1.94	1.91	1.89	1.86
53	4.02	3.17	2.78	2.55	2.39	2.28	2.19	2.12	2.06	2.01	1.97	1.94	1.91	1.88	1.86
54	4.02	3.17	2.78	2.54	2.39	2.27	2.18	2.12	2.06	2.01	1.97	1.94	1.91	1.88	1.86
55	4.02	3.16	2.77	2.54	2.38	2.27	2.18	2.11	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.88	1.85
56	4.01	3.16	2.77	2.54	2.38	2.27	2.18	2.11	2.05	2.00	1.96	1.93	1.90	1.87	1.85
57	4.01	3.16	2.77	2.53	2.38	2.26	2.18	2.11	2.05	2.00	1.96	1.93	1.90	1.87	1.85
58	4.01	3.16	2.76	2.53	2.37	2.26	2.17	2.10	2.05	2.00	1.96	1.92	1.89	1.87	1.84
59	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.26	2.17	2.10	2.04	2.00	1.96	1.92	1.89	1.86	1.84
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84
61	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.16	2.09	2.04	1.99	1.95	1.91	1.88	1.86	1.83
62	4.00	3.15	2.75	2.52	2.36	2.25	2.16	2.09	2.03	1.99	1.95	1.91	1.88	1.85	1.83
63	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36	2.25	2.16	2.09	2.03	1.98	1.94	1.91	1.88	1.85	1.83
64	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36	2.24	2.16	2.09	2.03	1.98	1.94	1.91	1.88	1.85	1.83
65	3.99	3.14	2.75	2.51	2.36	2.24	2.15	2.08	2.03	1.98	1.94	1.90	1.87	1.85	1.82
66	3.99	3.14	2.74	2.51	2.35	2.24	2.15	2.08	2.03	1.98	1.94	1.90	1.87	1.84	1.82
67	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35	2.24	2.15	2.08	2.02	1.98	1.93	1.90	1.87	1.84	1.82
68	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35	2.24	2.15	2.08	2.02	1.97	1.93	1.90	1.87	1.84	1.82
69	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.15	2.08	2.02	1.97	1.93	1.90	1.86	1.84	1.81
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81
71	3.98	3.13	2.73	2.50	2.34	2.23	2.14	2.07	2.01	1.97	1.93	1.89	1.86	1.83	1.81
72	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34	2.23	2.14	2.07	2.01	1.96	1.92	1.89	1.86	1.83	1.81
73	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34	2.23	2.14	2.07	2.01	1.96	1.92	1.89	1.86	1.83	1.81
74	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34	2.22	2.14	2.07	2.01	1.96	1.92	1.89	1.85	1.83	1.80
75	3.97	3.12	2.73	2.49	2.34	2.22	2.13	2.06	2.01	1.96	1.92	1.88	1.85	1.83	1.80
76	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33	2.22	2.13	2.06	2.01	1.96	1.92	1.88	1.85	1.82	1.80
77	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33	2.22	2.13	2.06	2.00	1.96	1.92	1.88	1.85	1.82	1.80
78	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.22	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.85	1.82	1.80
79	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.22	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.85	1.82	1.79
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79
81	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21	2.12	2.05	2.00	1.95	1.91	1.87	1.84	1.82	1.79
82	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21	2.12	2.05	2.00	1.95	1.91	1.87	1.84	1.81	1.79
83	3.96	3.11	2.71	2.48	2.32	2.21	2.12	2.05	1.99	1.95	1.91	1.87	1.84	1.81	1.79
84	3.95	3.11	2.71	2.48	2.32	2.21	2.12	2.05	1.99	1.95	1.90	1.87	1.84	1.81	1.79
85	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32	2.21	2.12	2.05	1.99	1.94	1.90	1.87	1.84	1.81	1.79
86	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32	2.21	2.12	2.05	1.99	1.94	1.90	1.87	1.84	1.81	1.78
87	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32	2.20	2.12	2.05	1.99	1.94	1.90	1.87	1.83	1.81	1.78
88	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32	2.20	2.12	2.05	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.81	1.78
89	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
91	3.95	3.10	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78
92	3.94	3.10	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.94	1.89	1.86	1.83	1.80	1.78
93	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.86	1.83	1.80	1.78
94	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.86	1.83	1.80	1.77
95	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.86	1.82	1.80	1.77
96	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.19	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.85	1.82	1.80	1.77
97	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.19	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.85	1.82	1.80	1.77
98	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.98	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77
99	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.98	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77
101	3.94	3.09	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.88	1.85	1.82	1.79	1.77
102	3.93	3.09	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.82	1.79	1.77
103	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.82	1.79	1.76
104	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.82	1.79	1.76
105	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.81	1.79	1.76
106	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.79	1.76
107	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.18	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.79	1.76
108	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.18	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.78	1.76
109	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30	2.18	2.09	2.02	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.78	1.76
110	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30	2.18	2.09	2.02	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.78	1.76
111	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30	2.18	2.09	2.02	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.78	1.76
112	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30	2.18	2.09	2.02	1.96	1.92	1.88	1.84	1.81	1.78	1.76
113	3.93	3.08	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.92	1.87	1.84	1.81	1.78	1.76
114	3.92	3.08	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.84	1.81	1.78	1.75
115	3.92	3.08	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.84	1.81	1.78	1.75
116	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.84	1.81	1.78	1.75
117	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.84	1.80	1.78	1.75
118	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.84	1.80	1.78	1.75
119	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.78	1.75
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.78	1.75
121	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.77	1.75
122	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.77	1.75
123	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.08	2.01	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.77	1.75
124	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.77	1.75
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.77	1.75
126	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.95	1.91	1.87	1.83	1.80	1.77	1.75
127	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.95	1.91	1.86	1.83	1.80	1.77	1.75
128	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.95	1.91	1.86	1.83	1.80	1.77	1.75
129	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.83	1.80	1.77	1.74
130	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.83	1.80	1.77	1.74
131	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.83	1.80	1.77	1.74
132	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.83	1.79	1.77	1.74
133	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.83	1.79	1.77	1.74
134	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.83	1.79	1.77	1.74
135	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79	1.77	1.74



**Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05**

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
136	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79	1.77	1.74
137	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79	1.76	1.74
138	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.16	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79	1.76	1.74
139	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.16	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79	1.76	1.74
140	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.16	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79	1.76	1.74
141	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.16	2.08	2.00	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79	1.76	1.74
142	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28	2.16	2.07	2.00	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79	1.76	1.74
143	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28	2.16	2.07	2.00	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79	1.76	1.74
144	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28	2.16	2.07	2.00	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79	1.76	1.74
145	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28	2.16	2.07	2.00	1.94	1.90	1.86	1.82	1.79	1.76	1.74
146	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28	2.16	2.07	2.00	1.94	1.90	1.85	1.82	1.79	1.76	1.74
147	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28	2.16	2.07	2.00	1.94	1.90	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73
148	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28	2.16	2.07	2.00	1.94	1.90	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73
149	3.90	3.06	2.67	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73
150	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73
151	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73
152	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73
153	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.78	1.76	1.73
154	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.78	1.76	1.73
155	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.78	1.76	1.73
156	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.76	1.73
157	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.76	1.73
158	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
159	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
160	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
161	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
162	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.15	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
163	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.15	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
164	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.15	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
165	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.15	2.07	1.99	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
166	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.15	2.07	1.99	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
167	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.15	2.06	1.99	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
168	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.15	2.06	1.99	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
169	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.15	2.06	1.99	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
170	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27	2.15	2.06	1.99	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
171	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.85	1.81	1.78	1.75	1.73
172	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
173	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
174	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
175	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
176	3.89	3.05	2.66	2.42	2.27	2.15	2.06	1.99	1.93	1.88	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
177	3.89	3.05	2.66	2.42	2.27	2.15	2.06	1.99	1.93	1.88	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
178	3.89	3.05	2.66	2.42	2.26	2.15	2.06	1.99	1.93	1.88	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
179	3.89	3.05	2.66	2.42	2.26	2.15	2.06	1.99	1.93	1.88	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
180	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26	2.15	2.06	1.99	1.93	1.88	1.84	1.81	1.77	1.75	1.72

Lampiran 14 Tabel nilai kritis uji Kolmogorov-Smirnov

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,330

24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,323
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,317
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,311
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,305
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,300
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,295
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,290
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,269
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,238
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,226
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,216
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,207
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,199
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,192
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,185
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,179
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,174
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,169
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,165

Pendekatan  $1,07/\sqrt{n}$   $1,22/\sqrt{n}$   $1,36/\sqrt{n}$   $1,52/\sqrt{n}$   $1,63/\sqrt{n}$

Lampiran 1 Pengujian tarik komposit ampas kopi





## Lampiran 16 hasil perhitungan minitab

Welcome to Minitab, press F1 for help.

**Taguchi Design**

Taguchi Orthogonal Array Design

L9(3<sup>3</sup>)

Factors: 3

Runs: 9

Columns of L9(3<sup>4</sup>) Array

1 2 3

**Taguchi Analysis: Kekuatan Tar; Kekuatan Tar; ... versus Suhu Pencuci; Kadar Air; ...****Linear Model Analysis: SN ratios versus Suhu Pencucian; Kadar Air; Suhu Curing**

Estimated Model Coefficients for SN ratios

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	27,2484	0,02990	911,424	0,000
Suhu Pen 30	-0,3183	0,04228	-7,529	0,017
Suhu Pen 60	-0,0881	0,04228	-2,085	0,172
Kadar Ai 5	0,4805	0,04228	11,365	0,008
Kadar Ai 10	-0,0234	0,04228	-0,554	0,636
Suhu Cur 40	-0,4064	0,04228	-9,612	0,011
Suhu Cur 60	0,0294	0,04228	0,696	0,559

S = 0,08969 R-Sq = 99,5% R-Sq(adj) = 97,9%

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Suhu Pencucian	2	0,82299	0,82299	0,411494	51,15	0,019
Kadar Air	2	1,32127	1,32127	0,660636	82,13	0,012
Suhu Curing	2	0,92433	0,92433	0,462163	57,45	0,017
Residual Error	2	0,01609	0,01609	0,008044		
Total	8	3,08468				

**Linear Model Analysis: Means versus Suhu Pencucian; Kadar Air; Suhu Curing**

Estimated Model Coefficients for Means

Term	Coef	SE Coef	T	P
------	------	---------	---	---

Constant	23,1172	0,1148	201,382	0,000
Suhu Pen 30	-0,8797	0,1623	-5,419	0,032
Suhu Pen 60	-0,2422	0,1623	-1,492	0,274
Kadar Ai 5	1,3411	0,1623	8,261	0,014
Kadar Ai 10	-0,1072	0,1623	-0,660	0,577
Suhu Cur 40	-1,0856	0,1623	-6,687	0,022
Suhu Cur 60	0,0203	0,1623	0,125	0,912

S = 0,3444    R-Sq = 99,0%    R-Sq(adj) = 96,0%

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Suhu Pencucian	2	6,2740	6,2740	3,1370	26,45	0,036
Kadar Air	2	9,9977	9,9977	4,9988	42,15	0,023
Suhu Curing	2	6,9410	6,9410	3,4705	29,26	0,033
Residual Error	2	0,2372	0,2372	0,1186		
Total	8	23,4499				

Response Table for Signal to Noise Ratios  
Larger is better

Level	Suhu		Suhu
	Pencucian	Kadar Air	Curing
1	26,93	27,73	26,84
2	27,16	27,23	27,28
3	27,65	26,79	27,63
Delta	0,72	0,94	0,78
Rank	3	1	2

Response Table for Means

Level	Suhu		Suhu
	Pencucian	Kadar Air	Curing
1	22,24	24,46	22,03
2	22,88	23,01	23,14
3	24,24	21,88	24,18
Delta	2,00	2,57	2,15
Rank	3	1	2

**Main Effects Plot for Means**

**Main Effects Plot for SN ratios**

**Normplot of Residuals for SN ratios**

**Residuals vs Fits for SN ratios**

**Normplot of Residuals for Means****Residuals vs Fits for Means****Autocorrelation Function: SNRA1**

Lag	ACF	T	LBQ
1	-0,464560	-1,39	2,67
2	-0,004217	-0,01	2,67

**Autocorrelation for SNRA1****Autocorrelation Function: SNRA1**

Lag	ACF	T	LBQ
1	-0,464560	-1,39	2,67
2	-0,004217	-0,01	2,67
3	0,229585	0,58	3,54
4	-0,142552	-0,34	3,94
5	-0,037276	-0,09	3,98
6	-0,087084	-0,21	4,23
7	0,006040	0,01	4,23
8	0,000063	0,00	4,23

**Autocorrelation for SNRA1****Autocorrelation Function: SRES\_SN1**

Lag	ACF	T	LBQ
1	-0,025776	-0,08	0,01
2	-0,474224	-1,42	3,19
3	-0,333333	-0,83	5,02
4	0,218219	0,51	5,96
5	0,281781	0,64	7,93
6	-0,166667	-0,36	8,85
7	-0,025776	-0,05	8,88
8	0,025776	0,05	8,95

**Autocorrelation for SRES\_SN1**


---

13/12/2018 12:49:24

---

Welcome to Minitab, press F1 for help.  
Retrieving project from file: 'E:\mrg\skripsi\minitab\nikah siswi tgl 22  
fix banget cek.mpj'

### Interval Plot of Prediksi; Konfirmasi

### Interval Plot of Prediksi; Konfirmasi

### Interval Plot of Prediksi; Konfirmasi

### Interval Plot of Prediksi; Konfirmasi

19/12/2018 8:48:39

Welcome to Minitab, press F1 for help.  
Retrieving project from file: 'E:\mrg\skripsi\minitab\nikah siswi tgl 22  
fix banget cek.mpj'

### Probability Plot of SRES\_MEANS1

### Probability Plot of uts awal

### Probability Plot of uts konfirmasi

15/01/2019 10:00:58

Welcome to Minitab, press F1 for help.  
Retrieving project from file: 'E:\mrg\skripsi\WORD\nikah siswi tgl 22 fix  
banget cek.mpj'

### Two-Sample T-Test and CI: uts awal; uts konfirmasi

Two-sample T for uts awal vs uts konfirmasi

	N	Mean	StDev	SE Mean
uts awal	3	20,20	2,42	1,4
uts konfirmasi	4	26,83	1,07	0,54

Difference =  $\mu$  (uts awal) -  $\mu$  (uts konfirmasi)

Estimate for difference: -6,63  
 95% CI for difference: (-10,04; -3,21)  
 T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = -4,99 P-Value = 0,004 DF = 5  
 Both use Pooled StDev = 1,7396

### Individual Value Plot of uts awal; uts konfirmasi

### Boxplot of uts awal; uts konfirmasi

### Test and CI for Two Variances: uts awal; uts konfirmasi

#### Method

Null hypothesis  $\sigma(\text{uts awal}) / \sigma(\text{uts konfirmasi}) = 1$   
 Alternative hypothesis  $\sigma(\text{uts awal}) / \sigma(\text{uts konfirmasi}) \neq 1$   
 Significance level  $\alpha = 0,05$

F method was used. This method is accurate for normal data only.

#### Statistics

Variable	N	StDev	Variance	95% CI for StDevs
uts awal	3	2,417	5,841	(1,258; 15,189)
uts konfirmasi	4	1,072	1,150	(0,607; 3,998)

Ratio of standard deviations = 2,254  
 Ratio of variances = 5,079

#### 95% Confidence Intervals

Method	CI for StDev Ratio	CI for Variance Ratio
F	(0,563; 14,105)	(0,317; 198,940)

#### Tests

Method	DF1	DF2	Test Statistic	P-Value
F	2	3	5,08	0,218

### Test and CI for Two Variances: uts awal; uts konfirmasi

### Histogram of uts awal; uts konfirmasi

### Individual Value Plot of uts awal; uts konfirmasi