



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

SKRIPSI

Oleh :
Raihaan
141910101097

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



**PENGENDALIAN KUALITAS PROSES FABRIKASI 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 :
Raihaan
141910101097

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua dan keluarga besar yang tercinta.
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi.
3. Tim Material Riset Grup (MRG).
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.



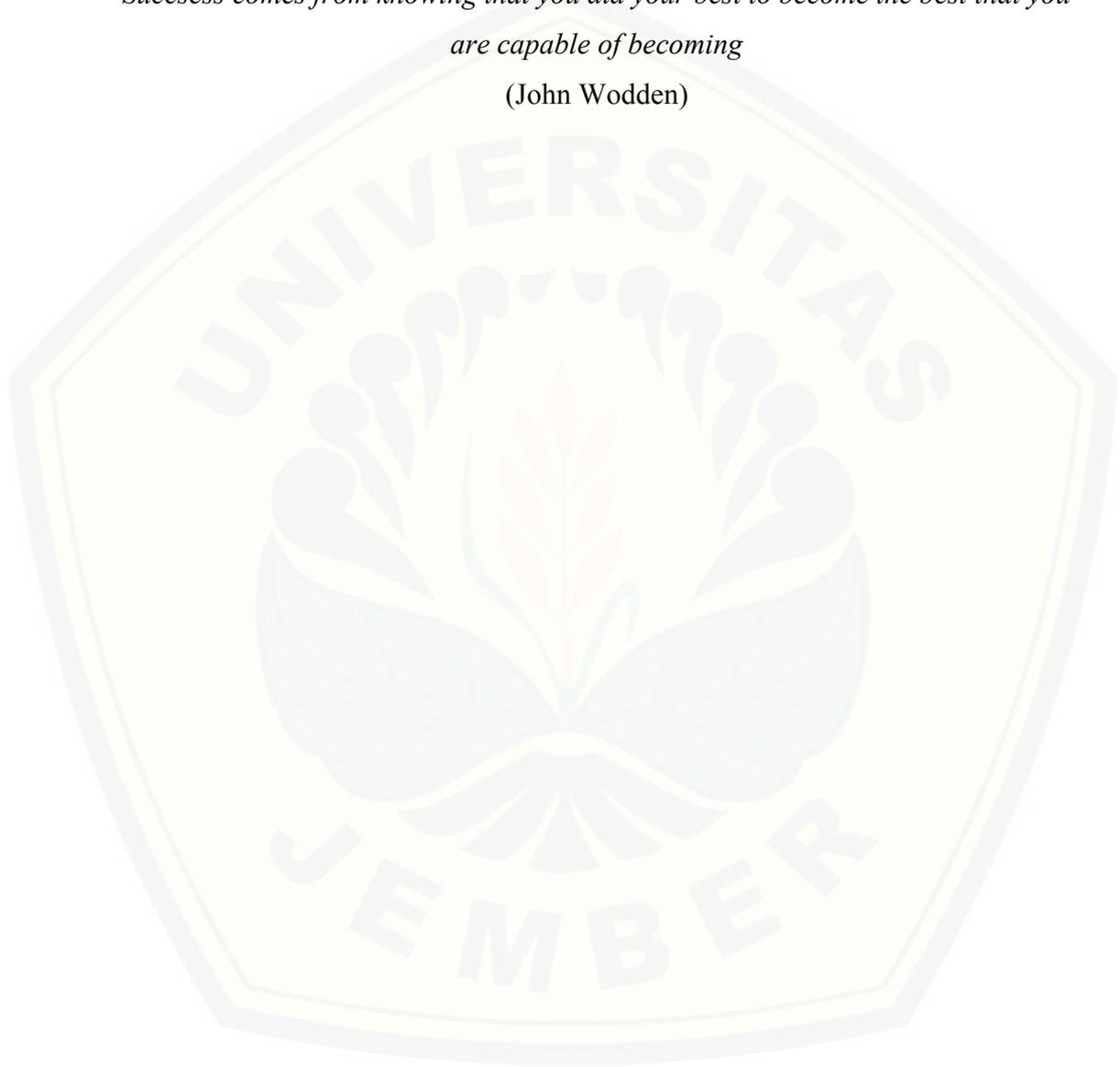
MOTO

Nothing impossible in the world

(Raihaan, 2018)

*Success comes from knowing that you did your best to become the best that you
are capable of becoming*

(John Wodden)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raihaan

NIM : 141910101097

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengendalian Kualitas Proses Fabrikasi Panel Komposit Ampas Kopi Menggunakan Metode Taguchi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. 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 serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 8 Januari 2019

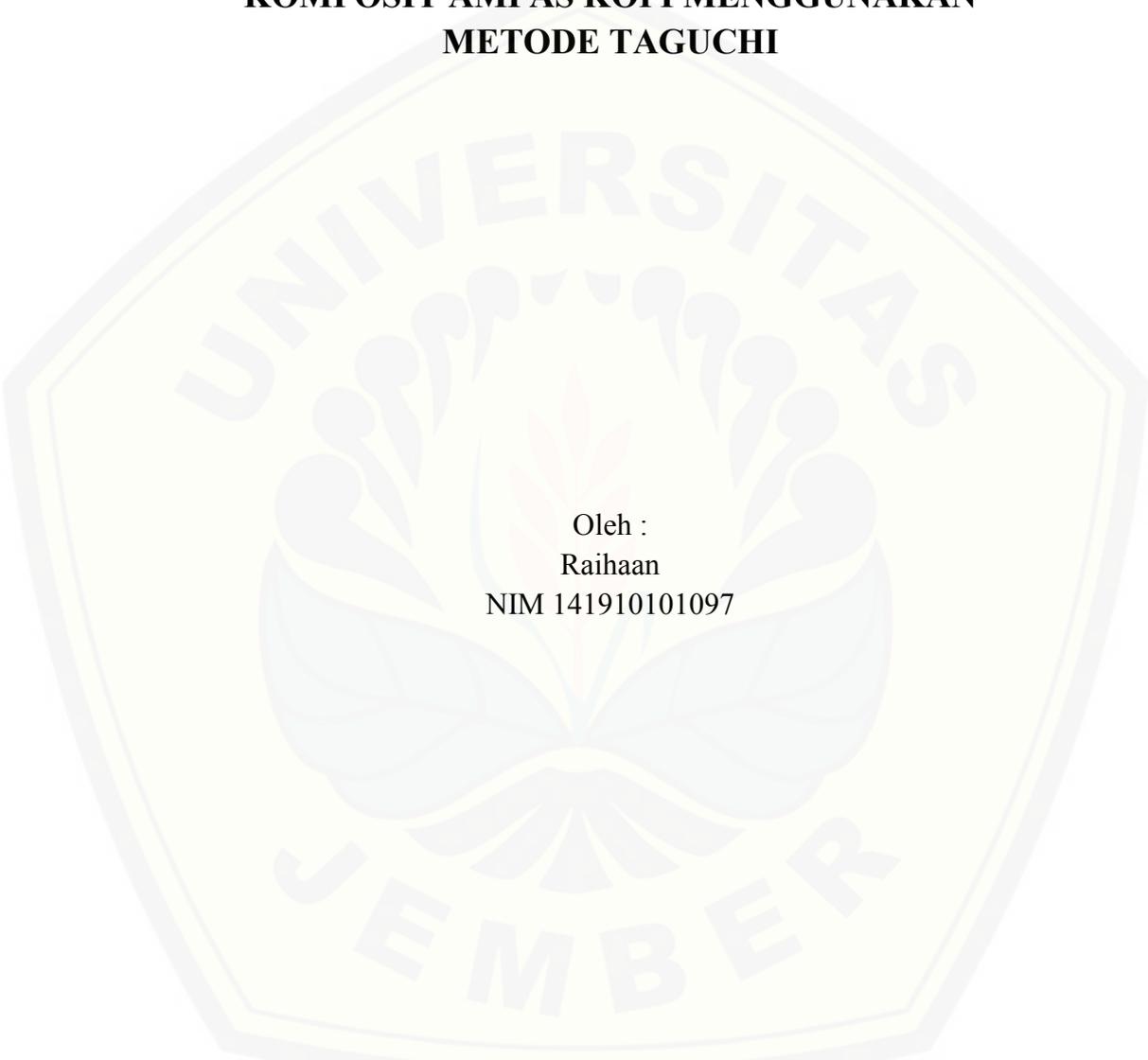
Yang menyatakan,

Raihaan

141910101097

SKRIPSI

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



Oleh :
Raihaan
NIM 141910101097

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama
Dosen Pembimbing Anggota

:Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
:Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengendalian Kualitas Proses Fabrikasi Panel Komposit Ampas Kopi Menggunakan Metode Taguchi” karya Raihaan telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 8 Januari 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

Ahmad AdibR, S.T.,M.T.

NIP 196008121998021001

NIP 198501172012121001

Tim Penguji:

Penguji I,

Penguji II,

Sumarji, S.T.,M.T.

Hari Arbiantara B, S.T., M.T.

196802021997021001

NIP 196709241994121001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Pengendalian Kualitas Proses Fabrikasi Panel Komposit Ampas Kopi Menggunakan Metode Taguchi;Raihaan; 141910101097; 2018: 107 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Komposit merupakan material dengan sifat yang berbeda ketika dikombinasikan menghasilkan material baru dengan sifat yang baru. Material baru yang dihasilkan dapat dipilih karena berbagai alasan. Misalnya ringan, kekuatan yang tinggi, memiliki sifat yang khas contohnya daya serap bau dan lain sebagainya. Dimana komposit sendiri sekarang sudah banyak digunakan untuk material pengganti berbahan dasar metal. Contohnya pada industri transportasi serta pada peralatan rumah tangga. Hal ini menunjukkan bahwa komposit merupakan pengganti bahan metal yang optimal karena dapat mengurangi biaya produksi dari produk yang dibuat.

Dengan melimpahnya hasil kopi di Indonesia berbanding lurus dengan melimpahnya ampas kopi yang dihasilkan sehingga untuk memanfaatkannya, ampas kopi digunakan sebagai filler dari komposit. Dengan penambahan ini menghasilkan komposit dengan sifat khas yang unik yaitu penyerapan bau serta bau khas yang keluar dari komposit ampas kopi. Serta dengan proses fabrikasi yang benar dapat menghasilkan kekuatan mekanik yang cukup tinggi. Komposit ampas kopi sendiri mempunyai daya serap bau yang paling tinggi dibandingkan dengan bijih kopi serta bubuk kopi yaitu sebesar 85 ppm.

Proses fabrikasi *hand lay-up* merupakan salah satu proses pembuatan komposit dengan bentuk yang kompleks sesuai dengan cetakan yang telah disiapkan. Salah satu kekurangan dari proses ini yaitu banyaknya void yang dihasilkan sehingga dapat mengurangi kekuatan mekanik dari komposit itu sendiri, sehingga dibutuhkan proses fabrikasi yang optimal untuk komposit ampas kopi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kombinasi yang paling optimal dari proses fabrikasi komposit ampas kopi dengan variasi faktor kendali kecepatan pengadukan, lama degasifikasi dan tekanan degasifikasi untuk

menghasilkan kekuatan tarik yang tertinggi untuk diaplikasikan pada produk panel komposit.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan, jurusan teknik mesin, Fakultas Teknik, universitas Jember. Pada bulan mei hingga desember 2018. Penelitian ini mengambil data kekuatan tarik yang dihasilkan dengan metode taguchi berdasarkan matriks orthogonal L9 (3^3) dengan pengulangan sebanyak 4 kali untuk tiap kombinasinya.

Kontribusi faktor kendali dalam meningkatkan kekuatan tarik yang signifikan dipengaruhi oleh faktor kendali yaitu tekanan degasifikasi sebesar 61,20 %, lama degasifikasi 25,51 % dan kecepatan pengadukan 12,04 %. kondisi optimal yang dihasilkan adalah pada kecepatan pengadukan level 3 (1430 rpm), lama degasifikasi level 3 (12,5 menit) dan tekanan degasifikasi level 3 (-90 kPa). Kombinasi optimal tersebut menghasilkan kekuatan tarik sebesar 24,8825 Mpa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi ketiga faktor kendali tersebut maka kekuatan tarik yang dihasilkan semakin meningkat.

Hasil penelitian ini secara umum menunjukkan bahwa dengan bertambahnya tekanan degasifikasi akan menghasilkan kekuatan tarik yang makin tinggi. Hal ini disebabkan karena udara yang terjebak pada komposit semakin banyak yang terlepas sehingga void yang dihasilkan semakin sedikit.

SUMMARY

Quality Control Of Fabrication Process On Spent Coffee Ground Composite Panel Using Taguchi Method; Raihaan; 141910101097; 2018: 107 pages; The Mechanical Department. The Faculty Of Engineering. Jember University.

Composites are materials with different properties combined to produce new materials with new properties. The new material produced can be chosen for various reasons. For example, light, high strength, has characteristics that are typical for example odor absorption and so forth. The composite itself is widely used for metal-based replacement materials. Examples are seen in the transportation industry and in household appliances. This shows that the composite is a substitute for metal material that is optimal because it can reduce the production costs of the products made.

With the abundant yield of coffee in Indonesia, it is directly proportional to the abundance of coffee waste (Spent Coffee Grounds) produced. It is applicable to be used as a filler of composites. With this addition it produces a composite with unique characteristics such as the absorption of odors and it also produces distinctive odors that emerge from the composite of coffee grounds. With a correct fabrication process, it can produce a fairly high mechanical strength. SCG composites themselves have the highest odor absorption compared to coffee beans and coffee powder which is equal to 85 ppm.

The hand lay-up fabrication process is one type of composite manufacturing processes that could use a complex form according to the prepared mold. One of the disadvantages of this process is the amount of voids produced so that it can reduce the mechanical strength of the composite itself. Therefore, an optimal fabrication process is needed for SCG composites. The purpose of this study was to determine the most optimal combination of SCG composite fabrication process with variations in stirring speed control factors, duration of degasification and degasification pressure to produce the highest tensile strength to be applied to composite panel products.

This research was conducted in the Applied Technology Laboratory, mechanical engineering department, Faculty of Engineering, Jember University. In May until December 2018. This study took the tensile strength data generated by the Taguchi method based on the L9 orthogonal matrix (3^3) with repetitions of 4 times for each combination.

The contribution of the control factor in increasing the tensile strength is significantly influenced by the control factor, namely degasification pressure of 61.20%, duration of degasification of 25.51% and stirring speed of 12.04%. the optimal conditions produced are at stirring speed level 3 (1430 rpm), level of degasification level 3 (12.5 minutes) and level 3 degasification pressure (-90 kPa). The optimal combination produces a tensile strength of 24.8825 MPa. The results of this study indicate that the higher the three control factors, the higher the tensile strength produced.

The results of this study generally show that with increasing degasification pressure will produce higher tensile strength. This is because more trapped air in the composite is released so that the resulting voids also decrease.

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil'aalamin, segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Penyayang. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengendalian Kualitas Proses Fabrikasi Panel Komposit Ampas Kopi Menggunakan Metode Taguchi". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Dwi Djumhariyanto M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ahmad Adib Rosyadi S.T.,M.T.selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian pada skripsi ini;
2. Sumarji S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji I, Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini;
3. Laboraturium terapan dan grup riset MRG yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk dapat melaksanakan penelitian;
4. Kedua orang tua yang telah memberikan dorongan dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Teman-teman Teknik Mesin 2014 yang telah memberikan semangat;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 8 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
<i>SUMMARY</i>	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Hipotesis.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kopi	6
2.2 Komposit	7
2.2.1 Komponen Penyusun Komposit beserta Klasifikasinya	7
2.2.2 Metode Hand Lay Up.....	11
2.3 Parameter yang Diteliti.....	14
2.3.1 Kecepatan Pengadukan	14

2.3.2	Degasifikasi.....	15
2.4	Metode Taguchi.....	16
2.4.1	Desain Eksperimen.....	17
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....		29
3.1	Metodologi Penelitian	29
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.3	Bahan dan Alat Penelitian	29
3.3.1	Bahan.....	29
3.4	Tahap Identifikasi Permasalahan.....	30
3.5	Variabel Penelitian	31
3.5.1	Variabel Bebas	31
3.5.2	Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan	32
3.5.3	Variabel Respon	32
3.6	Prosedur Penelitian.....	32
3.8	Pengambilan Data.....	36
3.9	Metode Analisis.....	36
3.10	Diagram Alir Penelitian.....	39
BAB 4. PEMBAHASAN		40
4.1	Data Hasil Eksperimen.....	40
4.2	Perhitungan Rasio S/N	41
4.3	Pengujian Asumsi Residual.....	42
4.3.1	Uji Independen	42
4.3.2	Uji Homogenitas	42
4.3.3	Uji Kenormalan.....	43
4.4	Kombinasi Variasi Optimal.....	44
4.5	Analisa Varian, Persen Kotribusi dan Uji F	45
4.6	Prediksi Respon Optimal.....	48
4.7	Eksperimen Konfirmasi.....	49
4.9.1	Pengaruh Faktor Kendali Terhadap Kekuatan Tarik	54
4.9.2	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya	55
BAB 5. PENUTUP		57

5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN.....		61



DAFTAR TABEL

Bab 2

Tabel 2.1 Spesifikasi Resin unsaturated Polyester Eterset (Pradana, 2017).....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Katalis MEPOXE	9
Tabel 2.3 Jenis-Jenis <i>Fiber Glass</i> (Shofiyanto, 2016).....	10
Tabel 2.4 Geometris Sampel ASTM D-3039 (ASTM, 1990).....	14
Tabel 2.5 Matriks Orthogonal $L_9(3^3)$	19

Bab 3

Tabel 3.1 Faktor-faktor yang diteliti	31
Tabel 3.2 Faktor Kontrol Komposit Ampas Kopi.....	32
Tabel 3.3 Data Hasil Pengujian Tarik Komposit Ampas Kopi.....	34
Tabel 3.4 <i>Orthogonal Array</i> $L_9(3^3)$	35
Tabel 3.5 Hasil Analisis Varians dan Kontribusi Parameter Berpengaruh.....	37

Bab 4

Tabel 4.1 Data hasil eksperimen	40
Tabel 4.2 Data rasio S/N	41
Tabel 4.3 Respon rata-rata kuat tarik untuk setiap faktor kendali	44
Tabel 4.4 Variasi Kombinasi optimal pada fabrikasi panel komposit ampas kopi.....	45
Tabel 4.5 Hasil ANOVA faktor kendali fabrikasi komposit ampas kopi	46
Tabel 4.6 Kondisi hipotesa H_0	47
Tabel 4.7 Persen kontribusi tiap faktor kendali	48
Tabel 4.8 Hasil kekuatan tarik eksperimen konfirmasi.....	50
Tabel 4.9 Pengaturan kombinasi awal	51
Tabel 4.10 Data percobaan kombinasi awal	52
Tabel 4.11 Rasio S/N kombinasi awal	52
Tabel 4.12 Perbandingan kombinasi awal dan kondisi optimal.....	52
Tabel 4.13 Uji kenormalan respon kombinasi awal dan kombinasi optimal	53
Tabel 4.14 Uji kesamaan variansi respon kombinasi awal dan kombinasi optimal ...	53
Tabel 4.15 Uji kesamaan rata-rata respon.....	54
Tabel 4.16 Persen kontribusi tiap faktor kendali	54

DAFTAR GAMBAR

Bab 2

Gambar 2.1 Mekanisme Penyerapan Gas Ammonia (Nugraha, 2017).....	6
Gambar 2.2 Metode <i>Hand Lay Up</i> (Mutalikdesai dkk, 2017)	11
Gambar 2.3 Sampel Uji Tarik ASTM D-3039 (ASTM, 1990).....	14

Bab 3

Gambar 3.1 Spesimen Panel Komposit Ampas Kopi	36
Gambar 3.2 Sampel Uji Tarik	36
Gambar 3.3 Panel Komposit untuk Eksperimen Konfirmasi.....	37

Bab 4

Gambar 4.1 Plot ACF.....	42
Gambar 4.2 Plot Uji Identik	42
Gambar 4.3 Plot Uji Distribusi Normal	43
Gambar 4.4 Plot nilai kekuatan tarik masing-masing level faktor.....	44
Gambar 4.5 Plot rata-rata percobaan eksperimen konfirmasi dan prediksi	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data hasil uji tarik komposit ampas kopi	61
Lampiran 2 S/N rasio setiap kombinasi	62
Lampiran 3 Pengujian Asumsi Residual uji tarik	64
Lampiran 4 Kombinasi Variasi Optimal	66
Lampiran 5 Hasil perhitungan ANOVA parameter komposit ampas kopi	67
Lampiran 6 Persen kontribusi faktor kendali komposit ampas kopi.....	69
Lampiran 7 Data kekuatan tarik kombinasi awal dan eksperimen konfirmasi	71
Lampiran 8 Interval plot rata-rata prediksi dan eksperimen konfirmasi.....	72
Lampiran 9 Uji validasi.....	73
Lampiran 10 Tabel F statistik $\alpha = 0,05$	76
Lampiran 11 Tabel nilai kritis uji Kolmogorov-Smirnov	80
Lampiran 12 Alat dan bahan eksperimen.....	82
Lampiran 13 Proses fabrikasi komposit ampas kopi	87
Lampiran 14 Pengujian tarik komposit ampas kopi.....	88
Lampiran 15 Produk panel komposit ampas kopi (eksperimen konfirmasi)	89

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu hasil perkebunan terbesar di Indonesia dengan luas area sebesar 1,2 juta hektar yang hasil produksinya mencapai 750.000 ton setiap tahunnya. Dimana 150.000 ton berasal dari kopi arabika dan 600.000 ton dihasilkan dari kopi robusta. Hasil produksi tersebut merupakan terbesar keempat di bawah Vietnam (1.540 kg/ha/tahun), Kolombia (1.220 kg/ha/tahun) dan Brazil (1000 kg/ha/tahun). Melimpahnya kopi yang diolah setiap harinya menyebabkan limbah kopi itu sendiri juga sangat besar. Karena dalam pengolahan kopi, tidak seluruhnya terpakai. Sedangkan di Indonesia sendiri, pemanfaatan limbah masih sangat kurang. Limbah kopi yang tersedia tiap harinya cukup banyak. Salah satunya adalah ampas kopi sehingga perlu pemanfaatan terhadap potensi ampas kopi yang cukup besar (Sari dkk, 2018).

Saat ini, komposit ini telah banyak digunakan di berbagai aplikasi pada bidang yang beragam. Misalnya pada, mobil, kelautan, penerbangan peralatan rumah tangga dan lain sebagainya, karena komposit memiliki kekuatan dan ketahanan yang besar, ringan dan resistensi disintegrasi tinggi. Komposit ini digunakan sebagai bagian dari berbagai karakteristik terbaik dari aplikasi komposit berdasarkan ketebalannya yang rendah, pelindung panas dan listrik yang baik, mudah dalam pembuatannya serta usaha yang rendah sehingga cocok untuk dijadikan bahan baku industri (Vinay dkk, 2016). Ampas kopi sendiri berpotensi sebagai penguat dalam pembuatan komposit yang akan dimanfaatkan sebagai bahan baku industri, selain ringan dan kuat, komposit dari ampas kopi memiliki estetika serta bau yang khas, dan penyerapan bau dari ammonia sebesar 85 ppm lebih tinggi daripada bubuk kopi 68 ppm dan biji kopi 23 ppm serta ampas kopi sendiri mudah didapat dari rumah tangga dan industri (Nugraha, 2017).

Panel komposit dengan *filler* partikel ampas kopi merupakan partikel unik dimana penambahannya mempengaruhi karakteristik kekuatan mekanik terutama kekuatan tarik dan kekuatan *bending* (Sumarji dkk, 2017). Pada penelitian ini disarankan untuk melakukan penelitian tentang proses pembuatan komposit

menggunakan metode hand lay-up yang optimal agar didapatkan kekuatan mekanis yang terbaik (Nugraha, 2017). Dalam proses pembuatan komposit perlu dilakukannya proses degasifikasi menggunakan vakum untuk mengurangi gelembung udara yang terperangkap (Setiawan, 2016).

Kebutuhan manusia yang semakin meningkat serta menginginkan produk yang murah dan memiliki kualitas yang baik pula, Sehingga perlu dilakukan pengendalian kualitas, dimana tujuannya adalah untuk mengurangi kekurangan-kekurangan saat proses fabrikasi produk berlangsung sehingga produk yang gagal semakin berkurang, maka nantinya akan berdampak pada harga produk yang semakin menurun. Selain itu, dengan menggunakan pengendalian kualitas kita dapat mengetahui parameter yang optimal pada saat proses pembuatan komposit. Sehingga, kita dapat menuntukan standard pada proses pembuatan komposit agar tidak terjadi kesalahan pada saat pembuatan komposit berlangsung. Dimana berbagai macam produk memiliki karakteristik tersendiri untuk memenuhi kebutuhan dari para konsumen. Karakteristik itu sendiri yang nantinya akan digunakan sebagai alat ukur dari produk yang akan dibuat dari komposit. Untuk melakukan pengendalian kualitas produk, kita harus melakukan perencanaan kualitas, menentukan kriteria yang akan kita teliti serta spesifikasi sebelum produk dibuat. Maka dari pengendalian kualitas ini nantinya kita dapat mengetahui produk tersebut sesuai spesifikasi atau tidak. Peningkatan kualitas merupakan suatu tindakan yang diambil guna meningkatkan nilai produk melalui peningkatan efektifitas dan efisiensi serta usaha untuk mengurangi variabilitas suatu proses dengan mengurangi produksi yang tidak sesuai (Triawati, 2007).

Menurut Sadi dkk (2014), semakin cepat putaran dalam pengadukan dapat menaikkan kekuatan tarik dari komposit berpenguat Al-SiC, dimana kecepatan putaran yang dipakai berkisar 100 rpm sampai 300 rpm. Dimana kekuatan tarik yang paling optimal adalah pada kecepatan 300 rpm. Sedangkan pencampuran bahan komposit dengan matriks partikel mineral pozzolan selama 15 menit bertujuan untuk penguraian bahan dan menghilangkan gelembung yang terbentuk selama pencampuran. Dimana gelembung tersebut nantinya akan mengurangi kekuatan mekaniknya (Amar dkk, 2013) dan menurut buku yang diterbitkan oleh

Drive (2018), proses degasifikasi pada vakum dapat meningkatkan pencampuran bahan, pelepasan udara yang terjebak serta proses curing pada komposit. Dimana pada buku yang berjudul “*Vacuum Degassing, Mixing, Molding and Micro-Bead Dispensing*” tekanan yang akan digunakan pada proses vakum harus menyesuaikan dengan viskositas dari resin yang digunakan.

Pada pembuatan komposit ampas kopi menggunakan metode *hand lay up*, kekurangan yang sering terjadi adalah banyaknya void yang dihasilkan, ketebalan yang tidak merata, produk komposit tidak mengalami *curing*, delaminasi, serta masih banyak lagi lainnya ketika proses *hand lay up* berlangsung sehingga produk yang dibuat tidak akan lolos standard yang sudah ditetapkan (produk *reject*) serta berakibat pada laju produksi. Beberapa parameter yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik yang dihasilkan pada proses pembuatan komposit yaitu kecepatan pengadukan bahan, tekanan degasifikasi dan lama proses degasifikasi berlangsung, maka dari ketiga parameter tersebut kita dapat mengurangi kekurangan-kekurangan yang terjadi sehingga produk dapat lolos standard yang telah ditetapkan. Serta dengan mencari parameter yang optimal dari ketiganya maka produk lolos yang dihasilkan semakin tinggi serta dapat diketahui *cycle time* tiap kali proses berlangsung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan untuk menentukan setting level yang optimal dari parameter-parameter yang telah ditetapkan terhadap kekuatan tarik dari produk komposit ampas kopi. Sehingga, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan pengadukan (rpm), tekanan degasifikasi (kPa) serta lama proses degasifikasi (min) terhadap kekuatan tarik yang dihasilkan pada produk panel komposit kopi ?
2. Bagaimana menentukan pengaturan faktor kendali yang tepat agar dihasilkan kekuatan tarik yang optimal pada proses *hand lay-up*?

3. Berapa nilai kekuatan tarik optimal yang dapat dicapai pada produk panel komposit ampas kopi?

1.3 Batasan Masalah

Pada bahasan masalah yang telah ditetapkan, maka perlu adanya batasan masalah agar penelitian yang dilakukan tidak keluar dari bidang penjurusan yang telah dipilih serta tidak menimbulkan permasalahan yang baru. Adapun yang menjadi batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Metode yang digunakan adalah matrik orthogonal pada metode taguchi.
2. Standard uji tarik ASTM D 3039.
3. Penelitian yang dilakukan hanya menggunakan resin Eterset 2504 APT.
4. Dimensi produk 0,3 x 31 x 31 (cm).
5. Penelitian ini tidak menganalisa waktu proses yang optimal.
6. Penelitian ini tidak menganalisa biaya yang paling optimal.
7. Penelitian ini tidak menganalisa struktur mikro dari produk.
8. Penelitian ini tidak menganalisa proses kimia yang terjadi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan (rpm), tekanan degasifikasi (kPa) dan lama proses degasifikasi (min) terhadap kekuatan tarik yang dihasilkan pada panel komposit ampas kopi.
2. Menentukan faktor kendali yang tepat agar dihasilkan kekuatan tarik yang optimal pada proses *hand lay-up*.
3. Mengetahui nilai optimal kekuatan tarik yang dapat dicapai dengan faktor kendali yang telah ditentukan pada proses *hand lay-up*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat digunakan sebagai standard pengaturan dalam proses fabrikasi panel komposit ampas kopi untuk menghasilkan kekuatan tarik yang optimal.

2. Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian sejenis dalam pengembangan optimasi proses fabrikasi pada komposit.
3. Memberikan wawasan guna meningkatkan ilmu pengetahuan tentang proses fabrikasi komposit menggunakan metode *hand lay-up*.

1.6 Hipotesis

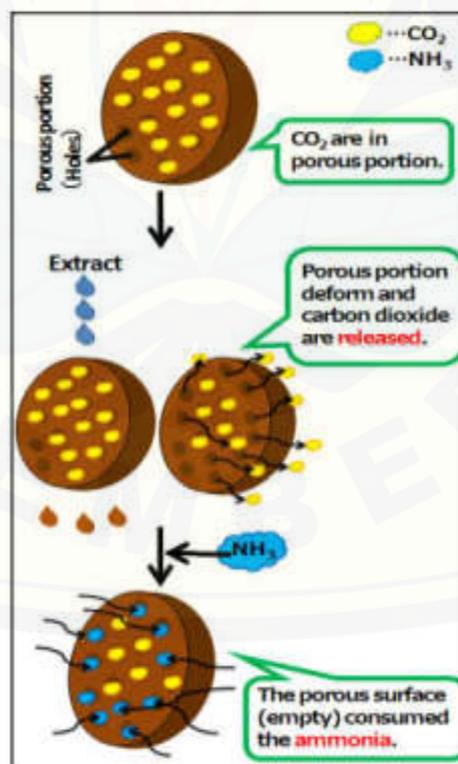
Hipotesis awal dari penelitian ini adalah kombinasi antara kecepatan pengadukan, tekanan degasifikasi serta waktu degasifikasi yang tinggi akan menghasilkan kekuatan tarik yang paling maksimum. Hal tersebut disebabkan karena semakin tingginya kecepatan pengadukan akan menyebabkan homogenisasi dari campuran komposit yang diaduk semakin merata. Sedangkan untuk tekanan degasifikasi dan waktu degasifikasi, semakin tinggi tekanan dan waktu degasifikasi yang digunakan maka akan semakin banyak void yang akan terlepas sehingga akan berpengaruh terhadap hasil kekuatan tariknya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

Kopi Merupakan komoditas tanaman perkebunan yang di budidayakan lebih dari 50 negara. Luas total saat ini kebun kopi di Indonesia sekitar 1,2 juta hektar dan telah menghasilkan biji kopi seberat 750 ribu ton pada tahun 2012 dan menghasilkan devisa sebesar US\$595,7 juta. Sehingga dari banyaknya kopi yang diolah maka hasil ampas kopi atau *Spent Coffee Ground* juga tinggi pula (Sari dkk, 2018).

Ampas kopi sendiri mempunyai daya serap bau yang tinggi yaitu sebesar 85 ppm. Hal itu diakibatkan karena partikel ampas kopi menjadi berlubang sehingga luas permukaan membesar karena proses pemanggangan, penggilingan dan pencampuran dengan air yang mendidih. Zat penyebab bau tersebut menempati lubang yang ada pada partikel ampas kopi tersebut (Nugraha, 2017).



Gambar 2.1 Mekanisme Penyerapan Gas Ammonia (Nugraha, 2017)

2.2 Komposit

Komposit adalah material dengan sifat yang berbeda ketika dikombinasikan menghasilkan material baru dengan sifat yang baru. Material baru yang dihasilkan dapat dipilih karena berbagai alasan. Misalnya ringan, kekuatan yang tinggi, memiliki sifat yang khas contohnya daya serap bau dan lain sebagainya (Athreya dkk, 2017).

Menurut Khusairi (2016), komposit mempunyai beberapa kelebihan yaitu sebagai berikut :

1. Biaya fabrikasi yang lebih murah.
2. Fabrikasi yang mudah
3. Mudah dibentuk sesuai cetakan
4. Dapat menggabungkan lebih dari 2 material sehingga menghasilkan sifat baru dari material yang sudah dibuat (*tailorability*).
5. Mempunyai densitas yang rendah
6. Tahan korosi
7. Koefisien pemuaian yang rendah
8. Massa jenis yang rendah
9. Tahan terhadap cuaca.
10. *Machineability* yang tinggi

Sedangkan kekurangannya adalah :

1. Tidak mampu diaplikasikan pada temperatur di atas 400⁰F.
2. Tidak tahan ketika menerima beban tabrak dan beban kejut.

2.2.1 Komponen Penyusun Komposit beserta Klasifikasinya

Material komposit terdiri dari 2 bagian yaitu *matrix* dan *reinforcement/filler* (Pradana, 2017) :

a. *Matrix*

Sifat-sifat yang diperlukan pada komposit dapat dicapai dengan mengikatnya dengan *matrix* yang sesuai. *Matrix* merupakan suatu pengikat yang untuk menahan serat. *Matrix* harus memiliki kemampuan untuk mengubah bentuk pada keadaan *under load* dan mentransfer beban ke serat. Cairan *matrix* ini

disebut dengan resin. Resin yang digunakan pada penelitian ini adalah Resin *Polyester Eterset 2504 APT* dan Katalis MEPOXE (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*).

Tabel 2.1 Spesifikasi Resin unsaturated Polyester Eterset (Pradana, 2017)

SPECIFICATIONS				
Appearance				Light greenish
Styrene monomer Content, %				34 – 37
Viscosity – Brookfield at 25°C spindle at #360 rpm, cps				350 - 450
TYPICAL PERFORMANCE DATA				
Typical Curing Characteristics				
Room temperature cure at 25°C, 1% MEPOXE (55%) 0,5% Cobalt octoate (Co 6%)				
Gel time, mins				10
Gel to peak exotherm, mins				9
Total time to peak exotherm, mins				19
Peak exotherm temperature, °C				150
Test Item	Unit	Clear	Laminate	Test Method
Tensile Strength	Kg/mm ²	6.0	11.6	JIS K6919
Tensile Modulus	Kg/mm ²	320	790	
Elongation	%	2.3	2.6	
Flexural Strength	Kg/mm ²	11.0	17.6	
Flexural Modulus	Kg/mm ²	300	734	
Heat Distortion Temperature	°C	70		
Shrinkage	%	7.4		
SPECIFICATIONS				
Color				Pink turbid
Styrene monomer content, %				37.5 – 41.5
Viscosity (Brookfield spindle #3, 60 rpm at 25 °C), cps				350 - 450
Thixotropic index (Brookfield spindle #3, 6/60 rpm at 25 °C)				1.0 – 2.0
Acid value, mg KOH/g resin				17 - 27
Sumber : (Eterset Chemical CO.,LTD 2010)				

Unsaturated polyester resin (UPR) merupakan cairan termoset berviskositas rendah dengan penambahan katalis dan dapat mengeras pada suhu

ruang. Jenis resin ini mengalami curing dari fasa cair ke fasa padat dengan perlakuan yang tepat dengan campuran katalis (Mashuri, 2007).

Bahan utama lainnya adalah katalis. Jenis katalis yang digunakan pada UPR adalah MEPOXE (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*) yang berfungsi untuk mempercepat cairan resin untuk *curing*. Tetapi apabila terlalu banyak akan menyebabkan produk rusak karena bahan getas. Pada UPR jumlah yang disarankan untuk katalis adalah sebesar 1% (Wibowo, 2014).

Tabel 2.2 Spesifikasi Katalis MEPOXE

SPECIFICATIONS	
Appearance	Clear, Colorless liquid
Phthalate Plasticizer	55 ± 5%
Active Oxygen	9.5 – 10.0%
Specific Gravity	1.13 g/cm ³ (at 20° C)
Solubility Insoluble	Water, Glycerine, Petroleum
Soluble	Esters, Alcohols Ketones, Ethers
Thermal Stability SADT	65° C
Sumber : (kawaguchikimiaindonesia.com)	

Pada *matrix* tersebut dibagi menjadi 4 bagian (Setiawan, 2016) diantaranya :

1. *Polymer Matrix Composite*

Matrix yang digunakan adalah polimer yang berguna untuk melindungi *reinforcement* dari pengaruh luar serta sebagai pengikat dari penguat yang digunakan.

2. *Ceramic Matrix Composite*

Matrix yang digunakan berbahan dasar keramik maupun grafit, contohnya adalah oksida, nitrit dan lain-lainnya.

3. *Metal Matrix Composite*

Matrix berbahan dasar metal yang biasanya digunakan pada industri penerbangan.

4. *Carbon Matrix Composite*

Tersusun dari penguat yang berasal dari serat karbon, biasanya digunakan pada produk yang mengharuskan memiliki ketahanan pada perubahan suhu yang mendadak dan ketahanan terhadap suhu yang tinggi.

b. *Reinforcement dan Filler*

Penguat yang digunakan pada komposit dapat berasal dari berbagai jenis seperti serat, partikel dan lain sebagainya. Reinforcement memberikan kekuatan pada komposit serta membantu komposit dalam mencapai sifat yang diinginkan. Penelitian ini menggunakan *fiber glass* jenis Mat 300. serbuk atau serat yang dicampurkan pada komposit sebagai bahan pengisi. Pada penelitian ini menggunakan partikel ampas kopi.

Tabel 2.3 Jenis-Jenis *Fiber Glass* (Shofiyanto, 2016)

Jenis	Kerapatan	Ketebalan
Mat 300	300 gram	0,05 cm
Mat 450	450 gram	0,07 cm
<i>Woven Roving</i>	600 gram	0,09 cm

Menurut Hermanto (2016), jenis-jenis penguat pada komposit terbagi menjadi 3, diantaranya :

1. Komposit dengan Penguat Serat

Serat yang digunakan bisa berupa serat dari alam (*baggase*, sabut kelapa, nanas dan lainnya) ataupun serat sintetis (*glass fiber*, *carbon fiber* dan lainnya).

2. Komposit dengan Penguat Partikel

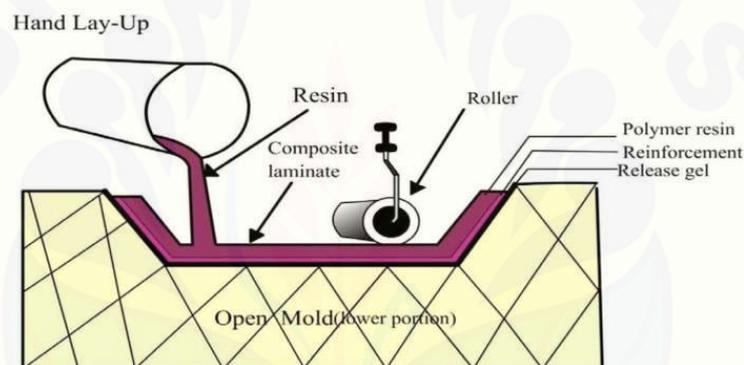
Serat yang digunakan berupa partikel, komposit jenis ini sering kita temukan pada kehidupan sehari-hari, misalnya beton dimana pasir yang disebut sebagai partikel penguatnya.

3. Struktural Komposit

Komposit jenis ini terdiri dari beberapa lapisan yang memiliki sifat yang berbeda yang digabungkan menjadi satu. Struktur penyusunnya bisa secara laminar ataupun *sandwich panels*.

2.2.2 Metode Hand Lay Up

Hand lay up adalah metode sederhana untuk proses fabrikasi komposit dimana sebuah cetakan harus digunakan untuk meletakkan campuran komposit. Cetakan dapat sesederhana seperti lembaran datar atau juga yang memiliki lengkungan dan tepi yang tidak terbatas. Untuk beberapa bentuk, cetakan harus menyatu pada setiap bagiannya sehingga cetakan tersebut dapat diberi bagian pelepasan setelah komposit mengeras. Sebelum proses fabrikasi dilakukan, cetakan disiapkan dengan bagian pelepasan untuk memastikan komposit yang sudah mengeras tidak menempel pada cetakan. *Roller* digunakan untuk menyatukan resin dan serat serta digunakan untuk melakukan penekanan yang bertujuan untuk menghilangkan void (B.Murali dkk, 2014).



Gambar 2.2 Metode *Hand Lay Up* (Mutalikdesai dkk, 2017)

Dengan metode ini akan didapatkan penyebaran kemampuan beban yang baik, tetapi cacat yang dihasilkan pada proses fabrikasi masih tinggi. Cacat yang sering terjadi adalah ketidakseragaman dan dimensi yang berbeda. Cacat tersebut menyebabkan berkurangnya kinerja dari komposit (Jufri, 2015).

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})

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

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

$$V_{\text{CT}} = V_{\text{cetakan}} + V_{\text{penambahan}}$$

Dimana :

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

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

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

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

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

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

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

$$V_{\text{kopi}} = 40 \% \times V_{\text{CT}}$$

Dimana :

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

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

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

$$M_{\text{kopi}} = V_{\text{kopi}} \times \rho_{\text{kopi}}$$

Dimana :

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

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

$$\rho_{\text{kopi}} = \text{Densitas ampas kopi (g/cm}^3\text{)}$$

4. Menghitung Volume Resin (V_{resin})

$$V_{\text{resin}} = 60 \% \times V_{\text{CT}}$$

Dimana :

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

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

5. Menghitung Massa Resin (M_{resin})

$$M_{\text{resin}} = V_{\text{resin}} \times \rho_{\text{resin}}$$

Dimana :

M_{resin} = Massa resin (gr)

V_{resin} = Volume resin (cm^3)

ρ_{resin} = Densitas resin (g/cm^3)

6. Volume Katalis (V_{katalis})

$$V_{\text{katalis}} = 1 \% \times V_{\text{CT}}$$

Dimana :

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

V_{CT} = Volume cetakan total (cm^3)

2.2.3 Pengujian Tarik ASTM D-3039

Standard pengujian ini ditujukan kepada *Polymer Matrix Composite* (PMC) dengan penguat serat secara kontinu 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 :

$$\sigma_t = \frac{F_{\text{max}}}{A}$$

Dimana : σ_t = Kekuatan tarik (kg/mm^2)

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

A = Luasan penampang melintang rata-rata (mm^2)

Tabel 2.4 Geometris Sampel ASTM D-3039 (ASTM, 1990)

Bentuk Penampang	Persegi Panjang
Panjang Minimum	$Grip + (2 \times Lebar) + Panjang\ Gage$
Lebar yang dianjurkan untuk orientasi <i>fiber random</i> dan <i>discontinuous</i>	25 mm
Toleransi Lebar	$\pm 1\%$ Lebar
Tebal	Sesuai Kebutuhan
Toleransi Tebal	$\pm 4\%$ Tebal

**Gambar 2.3 Sampel Uji Tarik ASTM D-3039 (ASTM, 1990)**

2.3 Parameter yang Diteliti

2.3.1 Kecepatan Pengadukan

Pengadukan berguna agar material yang dicampurkan mengalami penguraian sehingga campuran dapat merata dan nantinya akan berpengaruh terhadap keseragaman kekuatan yang dihasilkan.

Dimana menurut penelitian Sadi dkk (2014), pada Al-Sic dengan menaikkan kecepatan pengadukan akan meningkatkan kekuatan tarik, dimana dari kecepatan 100 – 300 rpm didapatkan kekuatan tarik paling tinggi pada kecepatan pengadukan 300 rpm sebesar 114,02 Mpa.

Menurut penelitian Nugroho (2016), pada penelitian ini digunakan kecepatan pengadukan sebesar 658 rpm dan 858 rpm pada komposit serbuk kayu yang menghasilkan kekuatan tarik sebesar 37,92 MPa pada kecepatan 858 rpm.

Menurut Hasbi dkk (2016), pada penelitian ini digunakan penguat partikel clay variasi kecepatan pengadukan sebesar 762 rpm, 944 rpm dan 1066 rpm yang menghasilkan kekuatan mekanis paling tinggi pada kecepatan 1066 rpm.

Menurut Yovial dkk (2017), pada penelitian dengan penguat serbuk cangkang kemiri ini memvariasikan kecepatan pengadukan sebesar 70 rpm, 100 rpm dan 150 rpm yang menghasilkan kekuatan mekanis paling tinggi pada kecepatan pengadukan sebesar 150 rpm.

Menurut wahyuni dkk (2016), pada penelitian dengan penguat chitosan ini juga memvariasikan kecepatan pengadukan sebesar 100 rpm dan 300 rpm, dimana pada kecepatan tertinggi menghasilkan kekuatan mekanis yang paling tinggi.

Pada penelitian ini menggunakan variasi kecepatan pengadukan sebesar 315rpm, 515 rpm dan 1430 rpm. Kecepatan tersebut diambil karena pemanfaatan alat pengadukan yang ada pada lokasi penelitian.

2.3.2 Degasifikasi

Degasifikasi merupakan proses pelepasan udara yang terjebak pada campuran komposit yang bertujuan untuk mengurangi void yang dihasilkan dan meningkatkan kekuatan mekanik. Yang berpengaruh terhadap degasifikasi adalah viskositas resin, jenis materialnya dan pengadukan campuran. Dimana pada tekanan degasifikasi yang dianjurkan adalah sebesar -10 kPa hingga -60 kPa. Sedangkan pada lama degasifikasi ditentukan oleh jenis material pengisinya dan viskositasnya Drive (2018).

Pada penelitian ini adalah memvariasikan lama degasifikasi selama 7,5 menit; 10 menit dan 12,5 menit karena memvariasikan dari penelitian tentang waktu degasifikasi yang ada di jurnal yang berjudul "*Rheological Study of Composite Materials Based on Thermosetting Matrix and Fillers Mineral*" (Amar dkk, 2013).

Pada penelitian ini juga memvariasikan tekanan degasifikasi sebesar -30 kPa, -60 kPa dan -90 kPa, nilai tersebut diambil karena menyesuaikan kemampuan dan ketersediaan alat yang ada pada lokasi penelitian. Menurut buku yang berjudul "*Vacuum Degassing, Mixing, Molding and Micro-Bead*

Dispensing” yang diterbitkan oleh Drive (2018) viskositas semakin rendah maka tekanan yang digunakan semakin tinggi.

2.4 Metode Taguchi

Menurut Taguchi, Kualitas Merupakan proses menghasilkan produk yang sesuai standard dan berkaitan dengan umur produk. Kualitas menurut taguchi dibagi menjadi 2, diantaranya Kualitas Rancangan adalah variasi tingkat kualitas pada suatu produk yang memang disengaja. Sedangkan Kualitas Kecocokan merupakan baik tidaknya produk ditentukan oleh syarat yang telah ditentukan sebelumnya.

Rekayasa Kualitas merupakan proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk atau proses. Metode rekayasa kualitas ada 2 macam, yaitu :

1. Rekayasa Kualitas secara *Off-Line*

Rekayasa kualitas ini sering disebut sebagai pengendalian, dimana perancangan eksperimen digunakan untuk mengidentifikasi sumber dari variasi dan menentukan proses yang paling optimal. Metode ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

a. Perancangan Konsep

Gagasan yang akan dilakukan dimunculkan pada tahap ini dengan cara mengamati hasil produk dari proses sebelumnya.

b. Perancangan Parameter

Tahap ini untuk menentukan level dari faktor-faktor yang mempengaruhi hasil dari produk sehingga produk dapat kokoh dari efek-efek penyebab kegagalan produk.

c. Perancangan Toleransi

Tahap ini bertujuan untuk menyeimbangkan biaya dan mutu produk. Tahap ini dilakukan dengan menggunakan *orthogonal array*, fungsi kerugian dan ANOVA (analisis varian).

2. Rekayasa Kualitas secara *On-Line*

Tujuan dari rekayasa ini adalah untuk mengurangi biaya produksi, mencegah kerusakan pada mesin serta meningkatkan kualitas produk secara aktual atau langsung. Rekayasa ini biasa disebut sebagai pengawasan.

2.4.1 Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan evaluasi terhadap beberapa parameter yang mempengaruhi hasil dari produksi sehingga meminimalkan kegagalan. Tujuan dari desain eksperimen adalah mengurangi kegagalan pada produk atau proses dari parameter-parameter yang berpengaruh.

Metode taguchi dapat diartikan sebagai suatu metode pengendalian kualitas yang bertujuan agar proses yang dilakukan optimal serta mengurangi biaya produksi. Filosofi taguchi sendiri dibagi menjadi 3 konsep, diantaranya :

- a. Produk merupakan tujuan akhir dalam proses perancangan.
- b. Produk harus kokoh terhadap faktor yang tidak dapat di kontrol.
- c. Pengukuran kerugian harus secara menyeluruh.

Kelebihan dan kekurangan yang dimiliki dari metode taguchi, diantaranya :

- a. Efektif digunakan pada penelitian yang memiliki banyak variasi.
- b. Menghasilkan proses yang kokoh terhadap faktor yang tidak terkontrol
- c. Menghasilkan kesimpulan yang optimal dari faktor-faktor yang di kontrol
- d. Sedangkan kekurangan metode taguchi ini adalah struktur perancangan yang kompleks.

Tahapan pada metode taguchi dibagi menjadi 3, yaitu :

A. Tahap Perencanaan

Tahap ini adalah tahap terpenting dalam pendekatan menggunakan metode taguchi. Dimana tahapannya adalah sebagai berikut :

1. Perumusan Masalah

Penentuan masalah utama yang akan dilakukan penelitian.

2. Tujuan Eksperimen

Penentuan sebab-akibat dari masalah utama yang telah ditentukan.

3. Penentuan Variabel Tak Bebas (Variabel Respon)

Variabel ini adalah tujuan akhir dari penelitian yang dilakukan. Dimana variabel respon pada penelitian ini adalah kekuatan tarik dari komposit ampas kopi dan karakteristik kualitas yang dipakai adalah semakin kuat, semakin baik.

4. Identifikasi Faktor-Faktor (Variabel Bebas)

Penentuan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap topik utama karena tidak semua faktor berpengaruh terhadap topik yang ada.

5. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan

Nilai yang dapat ditetapkan, diubah dan di kontrol disebut faktor kontrol. Sedangkan faktor gangguan adalah kebalikannya. Akan tetapi biaya untuk melakukan penelitian akan semakin tinggi.

6. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor

Tahap ini untuk menentukan jumlah level dan nilai yang digunakan untuk diteliti. Semakin banyak jumlahnya maka semakin baik hasil yang didapatkan. Akan tetapi biaya untuk melakukan penelitian akan semakin tinggi

7. Perhitungan Derajat Kebebasan

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan minimum eksperimen yang harus dilakukan dalam menyelidiki faktor yang sedang diteliti. Rumus derajat kebebasan adalah sebagai berikut :

$$DK = c (b - 1)$$

Dimana :

DK = Derajat Kebebasan

b = Banyak level yang diteliti

c = Banyak faktor yang diteliti

8. Pemilihan Matriks Orthogonal

Penentuan matriks ini berdasarkan jumlah level, faktordan jumlah baris dari eksperimen yang akan dilakukan serta berpengaruh terhadap nilai dari derajat kebebasan.

$$L_a(b^c)$$

Dimana :

L = Rancangan bujur sangkar latin

a = Banyaknya baris eksperimen yang akan diteliti

b = Banyaknya variasi level dari faktor yang diteliti

c = Banyaknya faktor yang akan diteliti

Tabel 2.5 Matriks Orthogonal $L_9(3^3)$

Eksperimen	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

Pada tabel diatas terdiri dari 3 faktor (A, B dan C) dan 3 level (1, 2 dan 3) dimana kombinasi eksperimenya berjumlah 9 baris.

B. Tahap Eksperimen

Pada tahap ini dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Jumlah Replikasi

Replikasi merupakan pengulangan dari proses eksperimen untuk menghasilkan ketelitian yang lebih tinggi dan meminimalkan kesalahan dalam eksperimen. Pada penelitian ini dilakukan 4 kali pengulangan pada variasi jumlah eksperimen yang dilakukan

2. Randomisasi

Randomisasi merupakan penentuan faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan yang dapat mempengaruhi hasil eksperimen. Pada eksperimen, selain faktor kendali yang diteliti, juga terdapat faktor-faktor lain yang tidak dapat dikendalikan seperti cuaca dan lain sebagainya. Hal itu dapat mempengaruhi hasil

dari variabel respon yang diamati. Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan itu diperkecil dengan menyebarkan pengaruh selama eksperimen melalui randomisasi urutan percobaan. Hal ini bertujuan untuk :

- a) Meratakan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit percobaan.
- b) Memberikan kesempatan yang sama pada setiap unit percobaan untuk menerima suatu perlakuan sehingga diharapkan ada kehomogenan pengaruh dari setiap perlakuan yang sama.
- c) Mendapatkan hasil pengamatan yang bebas (independen) satu sama lain.

Jika pengulangan dengan tujuan yang memungkinkan dilakukannya uji signifikan, maka pengacakan bertujuan untuk memberikan validasi terhadap uji signifikan tersebut dengan menghilangkan sifat bias.

C. Tahap Analisa

Tahap dimana dilakukan pengambilan dan pengolahan data sesuai dengan eksperimen yang telah dilakukan. Tahapan analisa ini diantaranya :

1. Analisis Varian Taguchi

Analisis varian adalah suatu teknik analisa secara statistik dengan menguraikan seluruh variansi atas tiap bagian yang diteliti sehingga membantu dalam mengidentifikasi kontribusi dari tiap faktor. Analisis varian dua arah data eksperimen yang diperoleh dari dua faktor atau lebih menggunakan matrik orthogonal dengan cara menghitung jumlah kuadrat pada masing-masing kolom.

a. Jumlah Kuadrat Faktor A (SS_A)

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

Dimana :

SS_A = Jumlah Kuadrat Faktor A (Kecepatan Pengadukan)

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

b. Jumlah Kuadrat Faktor B (SS_B)

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

Dimana :

SS_B = Jumlah Kuadrat Faktor B (Waktu degasifikasi)

B_i = Level ke i dari faktor B

K_B = Jumlah level faktor B

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

N = Jumlah total eksperimen

c. Jumlah Kuadrat Faktor C (SS_C)

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

Dimana :

SS_C = Jumlah Kuadrat Faktor C (Tekanan degasifikasi)

C_i = Level ke i dari faktor C

K_C = Jumlah level faktor C

n_{Ci} = Jumlah eksperimen level ke i dari faktor C

T = Jumlah data keseluruhan

N = Jumlah total eksperimen

d. Derajat Kebebasan (DK)

$$DK = (b - 1)$$

Dimana :

DK = Derajat Kebebasan

b = Banyak level yang diteliti

e. Rata-rata Kuadrat Faktor A

$$MS_A = \frac{SS_A}{DK_A}$$

Dimana :

MS_A = Rata-rata kuadrat faktor A

SS_A = Jumlah kuadrat faktor A

DK_A = Derajat Kebebasan faktor A

f. Rata-rata Kuadrat Faktor B

$$MS_B = \frac{SS_B}{DK_B}$$

Dimana :

MS_B = Rata-rata kuadrat faktor B

SS_B = Jumlah kuadrat faktor B

DK_B = Derajat Kebebasan faktor B

g. Rata-rata Kuadrat Faktor C

$$MS_C = \frac{SS_C}{DK_C}$$

Dimana :

MS_C = Rata-rata kuadrat faktor C

SS_C = Jumlah kuadrat faktor C

DK_C = Derajat Kebebasan faktor C

h. Jumlah Kuadrat Total (SS_T)

$$SS_T = \sum_{i=1}^N Y_i^2$$

Dimana :

SS_T = Jumlah kuadrat total

N = Jumlah total eksperimen

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

i. Jumlah kuadrat karena rata-rata (SS_m)

$$SS_m = N \cdot Y'^2$$

Dimana :

SS_m = Jumlah kuadrat karena rata-rata

N = Jumlah total eksperimen

Y' = rata rata total dari seluruh eksperimen

j. Jumlah Kuadrat Error (SS_e)

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

$$SS_e = SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}}$$

Dimana :

SS_{faktor} = Jumlah kuadrat seluruh faktor

SS_e = Jumlah kuadrat error

2. 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

$$F_{\text{sumber}} = \frac{\text{Variansi karena perlakuan} + \text{Variansi karena error}}{\text{variansi karena error}}$$

Nilai F_{sumber} yang diperoleh dibandingkan dengan nilai F_{tabel} pada harga α 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 μ_i yang tidak sama.

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

3. Rasio S/N

Rasio S/N digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kekurangan kontribusi pada suatu respon serta mengetahui faktor level mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen. Tipe karakteristik kualitas pada rasio S/N adalah:

a. Semakin kecil, semakin baik

Memiliki batas nilai 0 dan tidak negatif serta nilai yang mendekati 0 adalah yang terbaik. Contohnya pada kekasaran permukaan, keausan alat dan jumlah cacat.

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

Dimana :

n = Jumlah pengulangan atau replikasi

r = Jumlah data

Y_i = Data variabel respon

b. Tertuju pada nilai tertentu

Nilai yang terbaik diambil dari nilai yang mendekati rentang target.

Contohnya pada voltage

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

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

c. Semakin besar, semakin baik

Nilai yang diinginkan adalah nilai yang semakin besar. Contohnya pada kekuatan mekanis dari suatu spesimen.

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

Dimana :

n = Jumlah pengulangan atau replikasi

r = Jumlah data

Y_i = Data variabel respon

D. 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 σ^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 $P\text{-value} > \alpha$

E. Interpretasi Hasil Eksperimen

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

1. Persen Kontribusi

Porsi tiap-tiap faktor terhadap total variansi yang diteliti yang merupakan fungsi dari jumlah kuadrat (SS) dari masing-masing faktor yang signifikan. Alat ini digunakan untuk mengindikasikan seberapa besar pengaruh dari tiap faktor. Jika persentase kontribusi residual (<15%) maka tidak ada faktor kendali yang terabaikan, sedangkan jika persentase kontribusi residual (>15%) maka terdapat faktor kendali yang berpengaruh terabaikan sehingga residual terlalu besar (Soejanto, 2009).

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

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

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

Dimana :

ρ = Persen kontribusi

ρ_A = Persen kontribusi pada faktor A

ρ_B = Persen kontribusi pada faktor B

ρ_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

2. Interval Kepercayaan (CI)

Pada metode taguchi, Interval kepercayaan dibagi menjadi 3 yaitu :

a. Interval Kepercayaan untuk Level Faktor (CI_1)

$$CI_1 = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;Ve} MS_e}{n}}$$

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

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

Dimana :

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

α = Resiko

V_1 = 1

V_e = Derajat kebebasan *error*

MS_e = Rata-rata kuadrat *error*

n = Jumlah yang diuji pada kondisi tertentu

μ_{Ak} = Dugaan rata-rata faktor i pada level ke k

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

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

b. Interval Kepercayaan pada Kondisi Perlakuan yang diprediksi (CI_2)

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

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

Dimana :

N = Jumlah total eksperimen

n_{eff} = Jumlah pengulangan efektif

c. Interval Kepercayaan untuk Memprediksi Eksperimen Konfirmasi (CI_3)

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

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

Dimana :

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

V_2 = Derajat bebas varian kesalahan *pooling*

2. 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. Eksperimen ini dinyatakan berhasil ketika terjadinya perbaikan dari variable respon setelah eksperimen taguchi dilakukan Dan nilai yang dihasilkan dekat dengan yang diprediksikan.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dimana metode tersebut digunakan untuk menganalisa optimasi proses pembuatan panel komposit ampas kopi untuk menghasilkan kekuatan tarik yang seragam, serta kualitasnya dikendalikan menggunakan metode taguchi. Variasi parameter yang akan digunakan yaitu kecepatan pengadukan, lama proses degasifikasi dan tekanan degasifikasi.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Waktu penelitian berlangsung selama bulan Mei 2018 sampai dengan Agustus 2018.

3.3 Bahan dan Alat Penelitian

3.3.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan diantaranya sebagai berikut :

- a. Ampas Kopi
- b. Air
- c. Astralon
- d. *Fiber Glassmat 300*
- e. Resin Eterset 2504 APT
- f. Katalis MEPOXE
- g. Panas matahari

3.3.2 Alat

Alat-alat yang digunakan diantaranya sebagai berikut :

- a. Timbangan Digital
- b. Ayakan 40 mesh
- c. Kain
- d. *Banner*
- e. Oven Elektrik
- f. Kaca 3 mm
- g. Kaca 5 mm
- h. Plastisin
- i. Rol
- j. *Cutter*
- k. Ayakan 80 mesh
- l. Alat Tumbuk
- m. Wadah Akhir
- n. Suntikan
- o. *Stirring Machine*
- p. Stopwatch
- q. *Vacuum Machine*
- r. *Table Saw*
- s. Amplas
- t. *Tensile strength Machine*
- u. *Moisture Meter*
- v. *Software Mini Tab*

3.4 Tahap Identifikasi Permasalahan

Tahap ini bertujuan sebagai studi kasus untuk dapat mengetahui permasalahan-permasalahan yang akan digunakan sebagai topic penelitian. Susunan tahap ini adalah sebagai berikut :

a. Survei Lapangan dan Identifikasi Faktor yang Berpengaruh

Dari survei yang dilakukan ini akan diperoleh informasi yang valid mengenai permasalahan yang sering terjadi pada proses fabrikasi yang terjadi di lapangan, spesifikasi produk yang dihasilkan, serta kualitas yang dimiliki selama proses fabrikasi berlangsung. Selain itu, survei ini berguna untuk memperoleh factor-faktor yang berpengaruh terhadap permasalahan yang sering terjadi yang nantinya akan digunakan sebagai topik penelitian. Survei dilakukan pada proses fabrikasi panel komposit ampas kopi menggunakan metode hand lay up.

b. Studi Literatur

Tahap ini berguna untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan topic penelitian yang akan dilakukan. Informasi tersebut dapat diperoleh dari jurnal, buku, penelitian sebelumnya serta sumber lain yang dapat dipertanggung jawabkan untuk dijadikan kerangka penelitian dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi.

c. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Setelah permasalahan didapatkan, tahap ini sebagai langkah selanjutnya.

3.5 Variabel Penelitian

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang telah ditentukan sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah kecepatan pengadukan, lama proses degasifikasi dan tekanan degasifikasi yang digunakan dalam proses hand lay up untuk memperoleh parameter yang paling optimal terhadap keseragaman kekuatan tarik produk panel komposit ampas kopi.

Tabel 3.1 Faktor-faktor yang diteliti

Faktor Kendali	Satuan
Kecepatan Pengadukan	Rpm
Tekanan Degasifikasi	kPa
Lama Proses Degasifikasi	s

3.5.2 Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan

Tabel 3.2 Faktor Kontrol Komposit Ampas Kopi

No	Variabel Tetap	Kondisi Perlakuan
1	Suhu Pencucian	30° C
2	Kelembaban Ampas Kopi	5 %
3	Ukuran Partikel	80 mesh
5	Massa Resin	302,7 gram
6	Massa Ampas Kopi	106,9 gram
7	Volume Katalis	5,04 ml
8	Fiber Glass	(31 x 31) cm ²
9	Waktu Pengadukan	2 menit
10	Waktu Suhu Curing	3 jam
11	Suhu Curing	90°C

Sedangkan faktor gangguan yang tidak bisa dihindarkan adalah Lingkungan luar seperti suhu udara dan cuaca.

3.5.3 Variabel Respon

Variabel respon dari penelitian ini adalah keseragaman Kekuatan tarik pada komposit ampas kopi.

3.6 Prosedur Penelitian

a. Penentuan Desain eksperimen

sebelum dilakukannya eksperimen, perlu dilakukan perencanaan agar penelitian yang dilakukan dapat menyelesaikan permasalahan yang terjadi. Perencanaan tersebut meliputi :

1. Survei lapangan
2. Pendalaman materi yang terkait.
3. Perumusan masalah
4. Penentuan variabel respon
5. Identifikasi variabel yang digunakan
6. Penentuan faktor dan nilai level.

7. Perhitungan derajat kebebasan
8. Penentuan orthogonal array

b. Pelaksanaan eksperimen

Tahapan penelitian dalam pembuatan komposit ampas kopi diantaranya sebagai berikut :

1. Pengambilan dan penimbangan berat basah ampas kopi yang baru diambil dari cafe-cafe.
2. Mencuci ampas kopi menggunakan air dengan suhu normal.
3. Memeras ampas kopi yang telah selesai dicuci.
4. Menjemur ampas kopi hingga mencapai kelembaban 5%.
5. Membuat cetakan kaca berukuran (31 x 31 x 0,3) cm serta memotong fiber glass dan astralon sesuai dengan ukuran cetakan.
6. Setelah ampas kopi mencapai kelembaban yang telah ditentukan, ampas kopi tersebut ditimbang lagi.
7. Ampas kopi diayak dengan ukuran partikel 80 mesh.
8. Ampas kopi yang telah diayak kemudian dilakukan penimbangan kembali sesuai dengan jumlah ampas kopi yang akan dipakai tiap proses fabrikasi.
9. Membuat campuran komposit ampas dengan jumlah komposisi yang telah dihitung sebelumnya.
10. Campuran komposit ampas kopi diaduk selama 2 menit dengan variasi kecepatan pengadukan 515 rpm, 915 rpm dan 1430 rpm.
11. Campuran komposit ampas kopi dilakukan proses degasifikasi selama 7,5 menit; 10 menit dan 12,5 menit dengan variasi tekanan -30 kPa, -60 kPa dan -90 kPa.
12. Campuran komposit ampas kopi dituang pada cetakan, lalu fiber glass diletakkan dibagian tengah campuran komposit tersebut.
13. Setelah campuran dituang pada cetakan, selanjutnya campuran tersebut diratakan menggunakan rol.
14. Diamkan selama 1 jam hingga campuran tersebut mengeras dan panasnya menurun.

15. Lepaskan komposit ampas kopi yang sudah mengeras dari cetakan tersebut.
16. Kemudian Komposit ampas kopi dilakukan proses perlakuan curing selama 3 jam dengan suhu 90 °C.
17. Produk komposit yang sudah selesai proses perlakuan curing dipotong sesuai standard yang telah ditetapkan dengan 4 kali pengulangan tiap variasinya.

Tabel 3.3 Data Hasil Pengujian Tarik Komposit Ampas Kopi

Komb.	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							

Kekuatan tarik tanpa proses degasifikasi adalah sebesar ± 20 MPa, kekuatan tarik komposit tanpa ditambahkan fiber glass ± 13 MPa, serta kekuatan tarik hanya resin tanpa penambahan partikel kopi dan fiber glass adalah sebesar 112 MPa dan 1 layer fiber glass dan resin sebesar 66 MPa.

3.7 Jenis Orthogonal Array

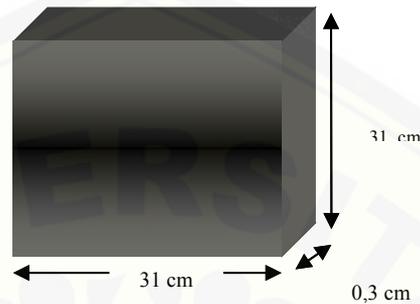
Jumlah variabel bebas dan jumlah level yang telah ditetapkan digunakan sebagai penentuan orthogonal array yang akan dipakai. Dalam penelitian ini, terdapat 3 parameter kendali yang telah ditentukan, setiap parameter memiliki 3 level kendali yang akan digunakan. Sehingga, orthogonal array yang dipakai adalah $L9(3^3)$. Jenis orthogonal array $L9(3^3)$ adalah sebagai berikut :

Tabel 3.4 Orthogonal Array $L9(3^3)$

Kode	Faktor Kendali	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan Pengadukan (rpm)	515	915	1430
B	Lama Proses Degasifikasi (min)	7,5	10	12,5
C	Tekanan Degasifikasi (kPa)	-30	-60	-90

3.8 Pengambilan Data

Data kekuatan tarik sampel diambil secara acak dari hasil fabrikasi panel komposit ampas kopi berukuran 31 cm x 31 cm x 0,3 cm menggunakan *Tensile Strength Machine*. tiap percobaan dilakukan 4 kali pengulangan atau replikasi



Gambar 3.1SpesimenPanel Komposit Ampas Kopi



Gambar 3.2Sampel Uji Tarik

3.9 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.

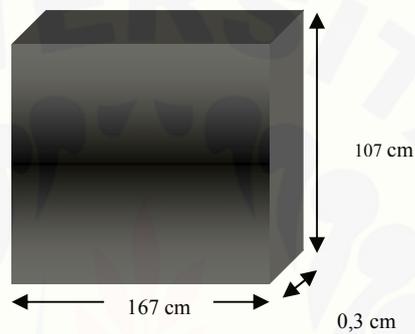
1. Pengambilan Data

Data diambil dari orthogonal array L9(3³) yang sudah dibuat.

2. Uji Asumsi Residual

- a) Uji Independen
- b) Uji Homogenitas
- c) Uji Kenormalan

3. Menganalisa data yang diperoleh menggunakan perhitungan :
 - a) ANOVA (Analysis of Variance)
 - b) Uji F
 - c) Rasio S/N (*larger is better*)
4. Interpretasi Hasil Eksperimen
 - a) Persen Kontribusi
 - b) Interval Kepercayaan
5. Eksperimen Konfirmasi



Gambar 3.3 Panel Komposit untuk Eksperimen Konfirmasi

6. Validasi Data
 - a. Uji Kenormalan
 - b. Uji Kesamaan Variansi Respon
 - c. Uji Kesamaan Rata-rata Respon

Tabel 3.5 Hasil Analisis Varians dan Kontribusi Parameter Berpengaruh

Sumber	DK	SS	MS	F _{hitung}	SS'	ρ
Kecepatan Pengadukan						
Lama Degasifikasi						
Tekanan Degasifikasi						
Residual						
Total						

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 α 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

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

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

3.10 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 paling berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit ampas kopi adalah tekanan degasifikasi sebesar 61,20 %, lama degasifikasi sebesar 25,51 % dan kecepatan pengadukan sebesar 12,04 %.
- b. Faktor kendali paling optimal yang didapatkan adalah pada kecepatan pengadukan level 3 (1430 rpm), pada lama degasifikasi level 3 (12,5 menit) dan pada tekanan degasifikasi level 3 (-90 kPa)
- c. Rata-rata kekuatan tarik optimal yang diperoleh adalah sebesar 24,8825 Mpa dengan peningkatan sebesar 23,18 % dari kondisi awal.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya untuk proses pengadukan dilakukan selama proses berlangsung, perlu diteliti juga faktor-faktor yang masih belum digunakan, agar diperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya serta lebih diperbanyak lagi variasi respon yang diteliti agar hasil yang diperoleh bisa lebih baik menggunakan metode taguchi-*Fuzzy*.

DAFTAR PUSTAKA

- Amar, I., dan B. Boudjema. 2013. *Rheological Study of Composite Materials Based on Thermosetting Matrix and Fillers Mineral*. *Key Engineering Materials*. 550 79-84.
- ASTM. 1990. *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Material*, American Society for Testing and Material. Philadelphia, PA: ASTM.
- Athreya, J. K., dan S. K. B. 2017. *Mechanical Characterization Of Long Bamboo Fiber Epoxy Composite*. *International Journal of Mechanical And Production Engineering*. 5 68-73.
- Atkins, PW. (1998). *Physical Chemistry*, 6th Edd. Oxford: Oxford University Press
- B.Murali, D.Chandramohan, S. K. N. Vali., dan B.Mohan. 2014. *Fabrication of Industrial Safety Helmet by using Hybrid Composite Materials*. *Journal of Middle East Applied Science and Technology (JMEAST)*. 584-587.
- Drive, B. 2018. *Vacuum Degassing, Mixing, Molding, and Micro-Bead Dispensing*. Holliston: Abbess Instruments.
- Hasbi, M. Aminur. Sahril. 2016. *Studi Sifat Mekanik Komposit Polimer Yang Diperkuat Partikel Clay*. *Enthalpy*. 1 (1): 55-60.
- Hermanto, B. 2016. *Pengaruh Jumlah Layer (Katun/MMT) Terhadap Karakterisasi Komposit Hybrid Dengan Metode Filament Winding*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Jufri, I. 2015. *Pengaruh Variasi Bahan Dan Desain Cetakan Hand Lay Up Terhadap Sifat Mekanis Pada Komposit Polyester Berpenguat Serat Batang Pisang*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Khusairi, A. 2016. *Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Montmorillonite Terhadap Nilai Konduktifitas Termal Komposit Partikel Dengan Matrik Polyester Eterset 2504 APT*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- 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.
- Mutalikdesai, S., G. Sujaykumar, A. Raju, C. J. Moses, J. Jose., dan V. Lakshmanan. 2017. *Mechanical Characterization of Epoxy/ Basalt Fiber/ Flax Fiber Hybrid Composites*. *American Journal of Materials Science*. 7 91-94.
- Nugraha, Y. A. 2017. Pengaruh Fraksi Volume Serat Bagasse Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Unsaturated Polyester-Ampas Kopi. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Nugroho, F. 2016. Studi Pengaruh Proses Manufaktur Komposit Bermatrik Epoksi Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak Pada Komposit Hybrid Berpenguat Serbuk Kayu Albasia Dan Serat Gelas. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Kedirgantaraan (SENATIK)*. 2: 41-47.
- Pambudi, R. F. 2018. Pengaruh Variasi Layer Fiberglass Dengan Pembebanan Tarik Terhadap Sifat Termal Komposit Polyester - Ampas Kopi.
- Pradana, D. 2017. Pengaruh Dekomposisi Termal Komposit Unsaturated Polyester - Montmorillonite - Serat Kaca Terhadap Karakteristik Kekuatan Tarik. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Sadi, V. Malau, M. W. Wildan., dan Suyitno. 2014. Analisis Pengaruh Kandungan SiC, Temperatur Cairan, Kecepatan Putar Dan Durasi Waktu Pengadukan Pada Kekuatan Tarik Komposit A-SiC. *Rotasi*. 16 7-13.
- Sari, E. I., E. Sutiarto., dan S. Hadi. 2018. Analisis Keuntungan dan Efisiensi Penggunaan Biaya Usaha Tani Kopi Rakyat Robusta di Kecamatan Sumber Wringin Kabupaten Bondowoso. *Jurnal Agribest*. 02 61-69.
- Setiawan, R. A. 2016. Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Kopi Terhadap Nilai Konduktivitas Termal Komposit Dengan Matrik Polyester Eterset 2504 APT. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Shofiyanto, A. 2016. Pengaruh Lamina Fiberglass Terhadap Cacat Void Komposit Montmorillonite Dengan Metode Vacuum Molding. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.

- Soejanto, I. 2009. Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sumarji, D. D. Laksana, A. Syuhri, H. Nurdiansyah., dan M. Abduh. 2017. Pengaruh Ukuran Partikel Limbah Kopi Terhadap Karakterisasi Sifat Mekanik Pada Panel Komposit. *Jurnal ROTOR*. 1-4.
- Triawati, N. 2007. Penentuan Setting Level Optimal Untuk Meningkatkan Kualitas Benang Rayon (30R) Dengan Eksperimen Taguchi Sebagai Upaya Jaminan Atas Spesifikasi Kualitas Benang. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Vinay, H. B., H. K. Govindaraju., dan P. Banakar. 2016. *Evaluation of Glass/Carbon Reinforced Polymer Composites. Polymers & Polymer Composites*. 24 469-472.
- Wahyuni, S. Damayanti, A. 2016. Pengaruh Konsentrasi Dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Karakteristik Membran Komposit Chitosan. *Jurnal Publikasi*. 16 (1): 44-53
- Wibowo, R. D. 2014. Sifat Fisis Dan Mekanis Akibat Perubahan Temperatur Pada Komposit Polyester Serat Batang Pisang Di Treatment Menggunakan Kmno₄. *Skripsi*. Surakarta. Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Yovial. Marthiana, W. Duskiardi. Habibi. 2017. Pemanfaatan Cangkang Kemiri Dengan Ukuran Serbuk $D < 250 \mu\text{m}$ Sebagai Bahan Penguat Pada Komposit Resin Epoksi. *Jurnal Agroindustri*. 7 (1): 56-62.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data hasil uji tarik komposit ampas kopi

Komb.	Faktor Kendali			Kekuatan Tarik				Rata-rata
	V _{aduk}	t _{vakum}	P _{vakum}	I	II	III	IV	
1	515	7,5	-30	22,26	22,17	21,41	22,22	22,015
2	515	10	-60	23,19	23,58	23,26	23,41	23,36
3	515	12,5	-90	26,03	26,3	26,63	27,15	26,5275
4	915	7,5	-60	23,55	24,11	24,41	23,27	23,835
5	915	10	-90	25,57	25,42	26	25,87	25,715
6	915	12,5	-30	24,33	25,14	24,2	23,25	24,23
7	1430	7,5	-90	25,9	26,79	25,23	25,59	25,8775
8	1430	10	-30	23,82	23,46	23,4	24,09	23,6925
9	1430	12,5	-60	25,69	25,87	26,65	25,88	26,0225
Rata-rata total								24,59

Lampiran 2S/N rasio setiap kombinasi

Kombinasi	Kekuatan Tarik				S/N
	UTS1	UTS2	UTS3	UTS4	
1	22,26	22,17	21,41	22,22	26,8510
2	23,19	23,58	23,26	23,41	27,3689
3	26,03	26,30	26,63	27,15	28,4707
4	23,55	24,11	24,41	23,27	27,5397
5	25,57	25,42	26,00	25,87	28,2027
6	24,33	25,14	24,20	23,25	27,6770
7	25,90	26,79	25,23	25,59	28,2521
8	23,82	23,46	23,40	24,09	27,4904
9	25,69	25,87	26,65	25,88	28,3044
	max				28,4707
	min				26,8510

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

a. Kombinasi 1

$$S/N = -10 \log \left\{ \frac{1}{4} \left[\left(\frac{1}{22,26^2} \right) + \left(\frac{1}{22,17^2} \right) + \left(\frac{1}{21,41^2} \right) + \left(\frac{1}{22,22^2} \right) \right] \right\}$$

$$S/N = 26,8510$$

b. Kombinasi 2

$$S/N = -10 \log \left\{ \frac{1}{4} \left[\left(\frac{1}{23,19^2} \right) + \left(\frac{1}{23,58^2} \right) + \left(\frac{1}{23,26^2} \right) + \left(\frac{1}{23,41^2} \right) \right] \right\}$$

$$S/N = 27,3689$$

c. Kombinasi 3

$$S/N = -10 \log \left\{ \frac{1}{4} \left[\left(\frac{1}{26,03^2} \right) + \left(\frac{1}{26,3^2} \right) + \left(\frac{1}{26,63^2} \right) + \left(\frac{1}{227,15^2} \right) \right] \right\}$$

$$S/N = 28,4707$$

d. Kombinasi 4

$$S/N = -10\log \left\{ \frac{1}{4} \left[\left(\frac{1}{23,55^2} \right) + \left(\frac{1}{24,11^2} \right) + \left(\frac{1}{24,41^2} \right) + \left(\frac{1}{23,27^2} \right) \right] \right\}$$

$$S/N = 27,5397$$

e. Kombinasi 5

$$S/N = -10\log \left\{ \frac{1}{4} \left[\left(\frac{1}{25,57^2} \right) + \left(\frac{1}{25,42^2} \right) + \left(\frac{1}{26^2} \right) + \left(\frac{1}{25,87^2} \right) \right] \right\}$$

$$S/N = 28,2027$$

f. Kombinasi 6

$$S/N = -10\log \left\{ \frac{1}{4} \left[\left(\frac{1}{24,33^2} \right) + \left(\frac{1}{25,14^2} \right) + \left(\frac{1}{24,20^2} \right) + \left(\frac{1}{23,25^2} \right) \right] \right\}$$

$$S/N = 27,6770$$

g. Kombinasi 7

$$S/N = -10\log \left\{ \frac{1}{4} \left[\left(\frac{1}{25,90^2} \right) + \left(\frac{1}{26,79^2} \right) + \left(\frac{1}{25,23^2} \right) + \left(\frac{1}{25,59^2} \right) \right] \right\}$$

$$S/N = 28,2521$$

h. Kombinasi 8

$$S/N = -10\log \left\{ \frac{1}{4} \left[\left(\frac{1}{23,82^2} \right) + \left(\frac{1}{23,46^2} \right) + \left(\frac{1}{23,40^2} \right) + \left(\frac{1}{24,09^2} \right) \right] \right\}$$

$$S/N = 27,4904$$

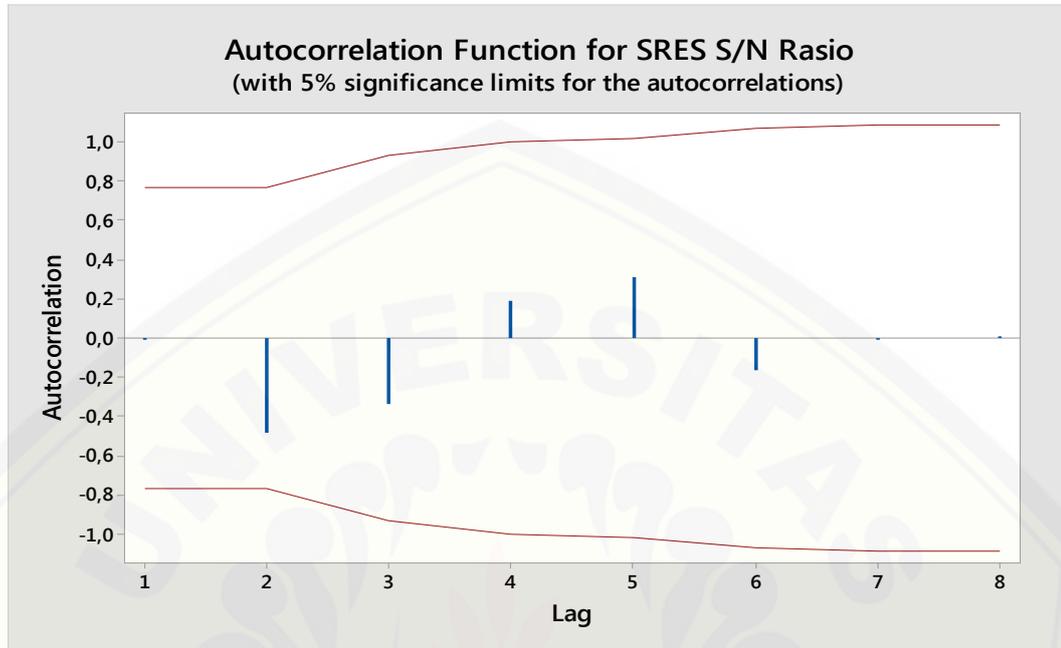
i. Kombinasi 9

$$S/N = -10\log \left\{ \frac{1}{4} \left[\left(\frac{1}{25,69^2} \right) + \left(\frac{1}{25,87^2} \right) + \left(\frac{1}{26,65^2} \right) + \left(\frac{1}{25,88^2} \right) \right] \right\}$$

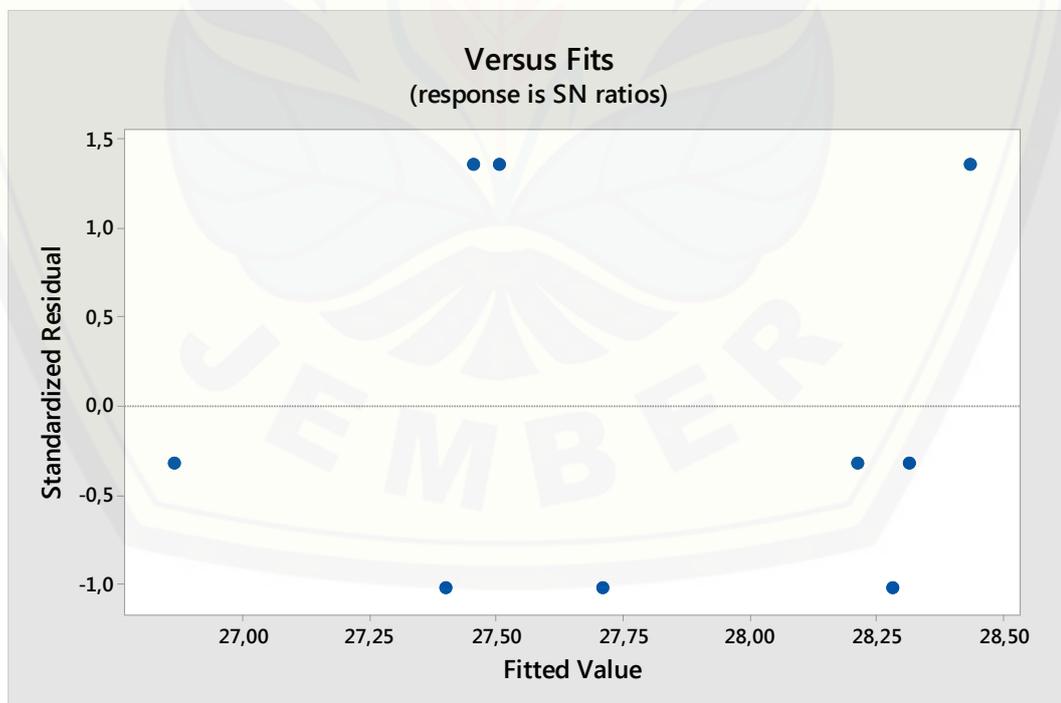
$$S/N = 28,3044$$

Lampiran 3 Pengujian Asumsi Residual uji tarik

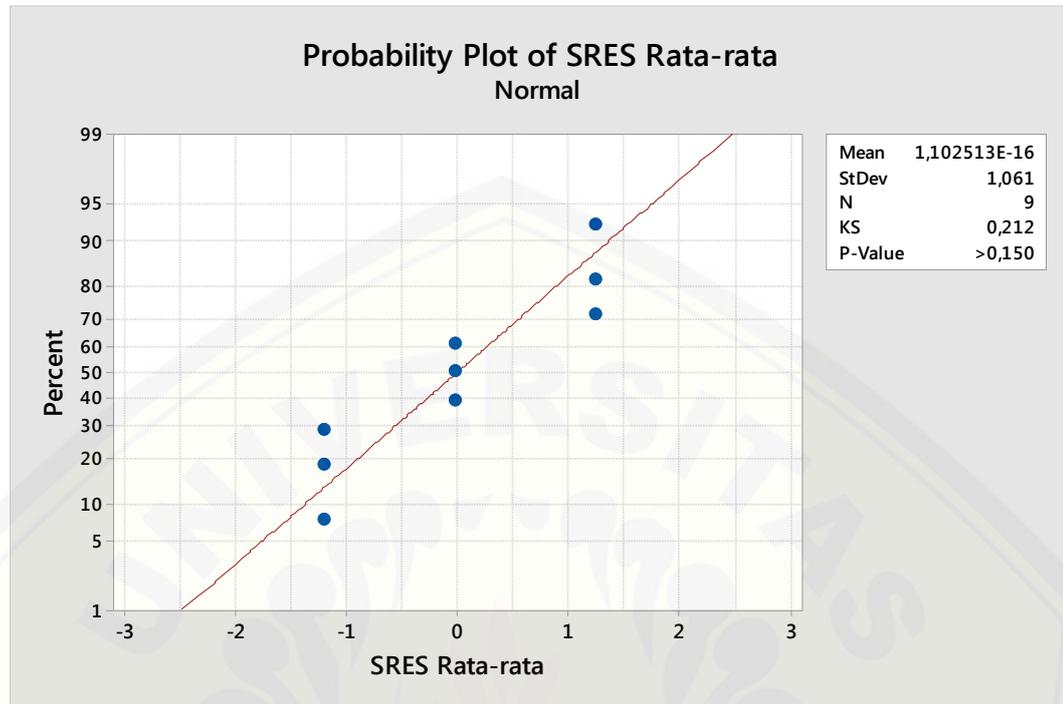
a. Uji Independen

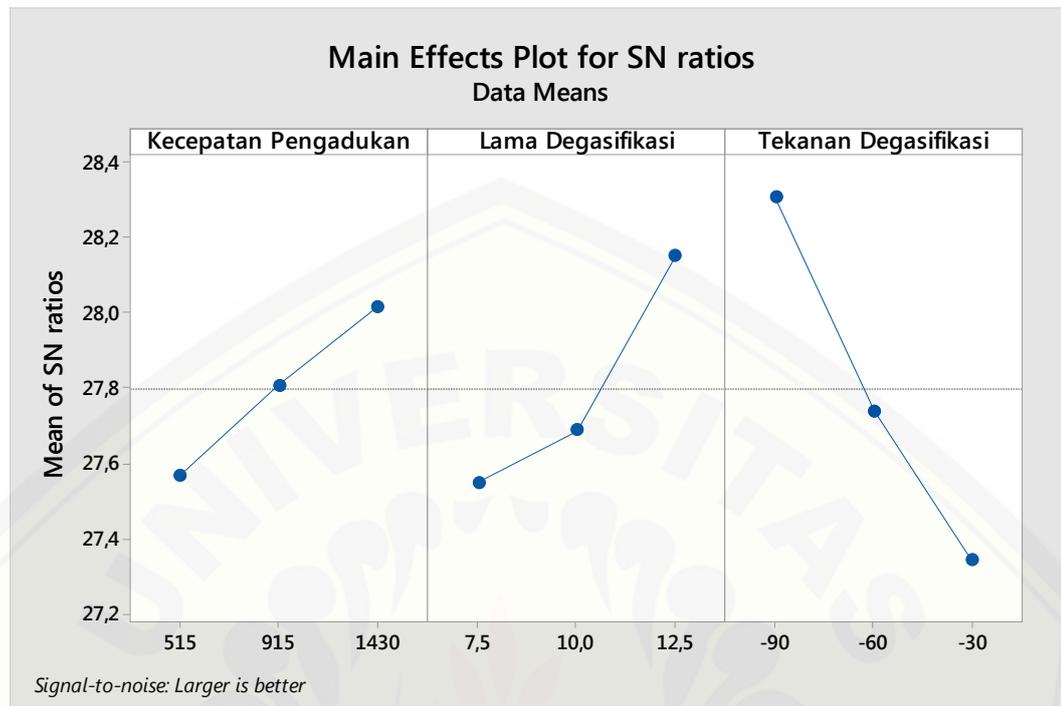


b. Uji Homogenitas



c. Uji Kenormalan



Lampiran 4 Kombinasi Variasi Optimal

Lampiran 5 Hasil perhitungan ANOVA parameter komposit ampas kopi

Sumber	DK	SS	MS	F _{hitung}	P _{value}
Kecepatan Pengadukan	2	2,2696	1,13479	39,44	0,025
Lama Degasifikasi	2	4,7455	2,37275	82,47	0,012
Tekanan Degasifikasi	2	11,3051	5,65257	196,46	0,005
Residual	2	0,0575	0,02877		
Total	8	18,3778			

A. Jumlah kuadrat total

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$SST = (22,02 - 24,59)^2 + (23,36 - 24,59)^2 + (26,53 - 24,59)^2 \\ + (23,84 - 24,59)^2 + (25,72 - 24,59)^2 + (24,23 - 24,59)^2 \\ + (25,88 - 24,59)^2 + (23,69 - 24,59)^2 + (26,02 - 24,59)^2$$

$$SST = 18,3778$$

B. Jumlah kuadrat

$$SSX = n_x \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

a. Faktor A (Kecepatan Pengadukan)

$$SSA = 3 [(23,97 - 24,59)^2 + (24,59 - 24,59)^2 + (25,20 - 24,59)^2]$$

$$SSA = 2,2696$$

b. Faktor B (Lama Degasifikasi)

$$SSB = 3 [(23,91 - 24,59)^2 + (24,26 - 24,59)^2 + (25,59 - 24,59)^2]$$

$$SSB = 4,7455$$

c. Faktor C (Tekanan Degasifikasi)

$$SSC = 3 [(26,04 - 24,59)^2 + (24,41 - 24,59)^2 + (23,31 - 24,59)^2]$$

$$SSC = 11,3051$$

C. Rata-rata kuadrat tengah

$$MSX = \frac{SS_X}{DK_X}$$

a. Faktor A (Kecepatan Pengadukan)

$$MSA = \frac{2,2696}{2}$$

$$MSA = 1,13479$$

b. Faktor B (Lama Degasifikasi)

$$MSB = \frac{4,7455}{2}$$

$$MSB = 2,37275$$

c. Faktor C (Tekanan Degasifikasi)

$$MSC = \frac{11,3051}{2}$$

$$MSC = 5,65257$$

Lampiran 6 Persen kontribusi faktor kendali komposit ampas kopi

Simbol	Faktor Kendali	SS'	ρ
A	Kecepatan Pengadukan (V_{aduk})	2,21206	12,04 %
B	Lama Degasifikasi (t_{vakum})	4,68796	25,51 %
C	Tekanan Degasifikasi (P_{vakum})	11,24756	61,20 %
R	Residual		1,25 %
Total			100 %

A. Jumlah Kuadrat Sesungguhnya

$$SS'_X = SS_X - MS_e(DK_X)$$

a. Faktor A (Kecepatan Pengadukan)

$$SS'_A = 2,2696 - 0,02877(2)$$

$$SS'_A = 2,2696 - 0,05754$$

$$SS'_A = 2,21206$$

b. Faktor B (Lama Degasifikasi)

$$SS'_B = 4,7455 - 0,02877(2)$$

$$SS'_B = 4,7455 - 0,05754$$

$$SS'_B = 4,68796$$

c. Faktor C (Tekanan Degasifikasi)

$$SS'_C = 11,3051 - 0,02877(2)$$

$$SS'_C = 11,3051 - 0,05754$$

$$SS'_C = 11,24756$$

B. Persen Kontribusi

$$\rho_X = \frac{SS'_X}{SS_T} \times 100\%$$

a. Faktor A (Kecepatan Pengadukan)

$$\rho_A = \frac{2,21206}{18,3778} \times 100\%$$

$$\rho_A = 12,04 \%$$

b. Faktor B (Lama Degasifikasi)

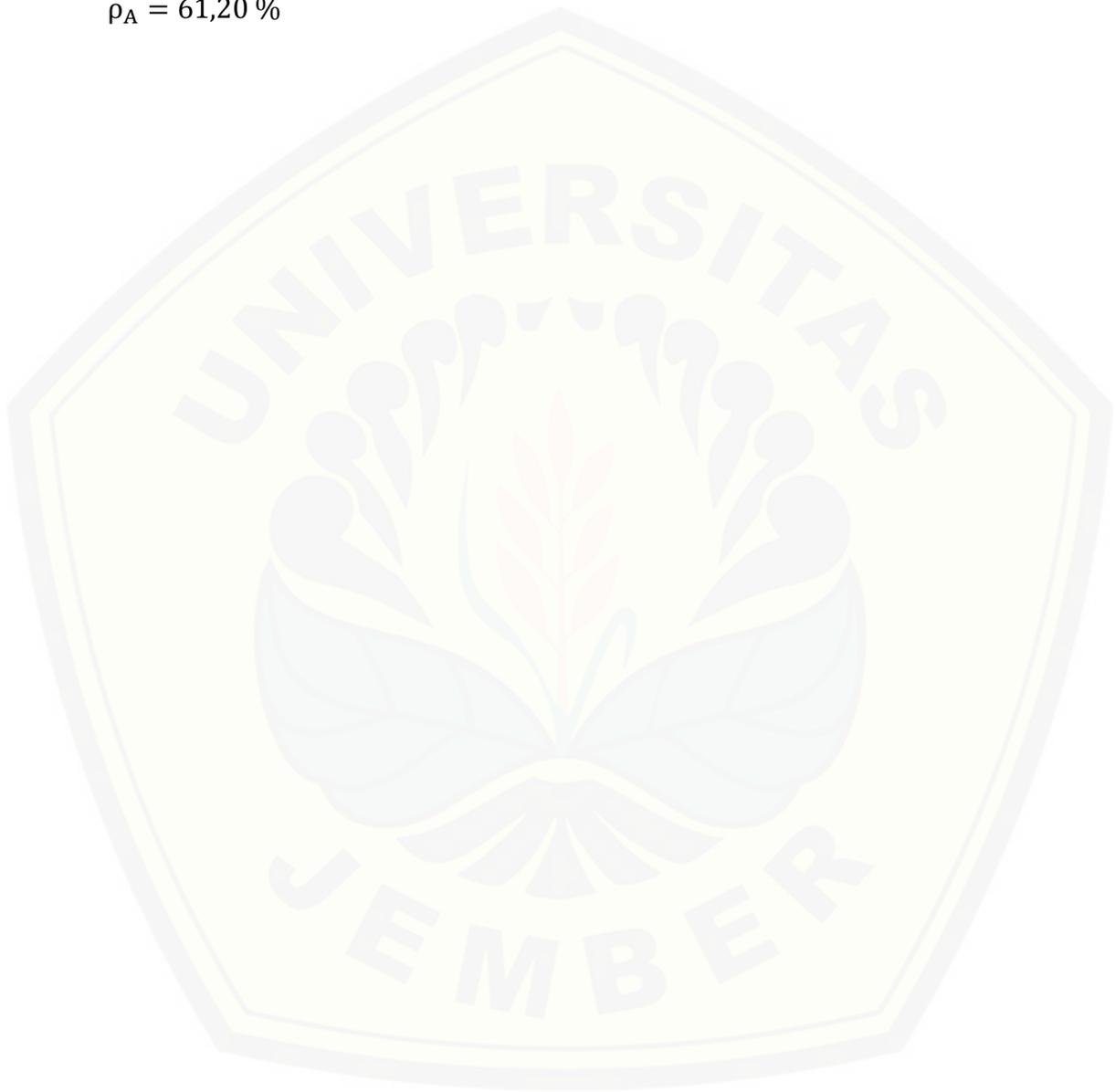
$$\rho_A = \frac{4,68796}{18,3778} \times 100\%$$

$$\rho_A = 25,51 \%$$

c. Faktor C (Tekanan Degasifikasi)

$$\rho_A = \frac{11,24756}{18,3778} \times 100\%$$

$$\rho_A = 61,20 \%$$



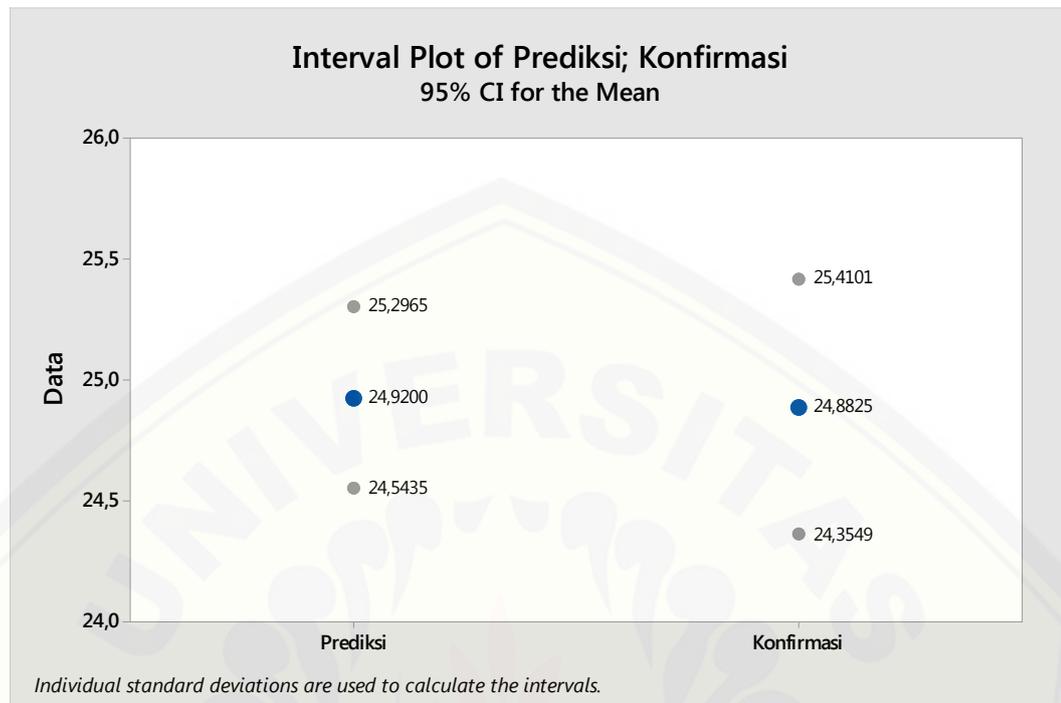
Lampiran 7 Data kekuatan tarik kombinasi awal dan eksperimen konfirmasi

a. Kombinasi Awal

Faktor Kendali			Kekuatan Tarik			S/N Rasio
V_{aduk}	t_{vakum}	P_{vakum}	1	2	3	25,97686
Manual	10	-90	20,72	22,32	17,57	
Rata-rata			20,20			

b. Eksperimen Konfirmasi

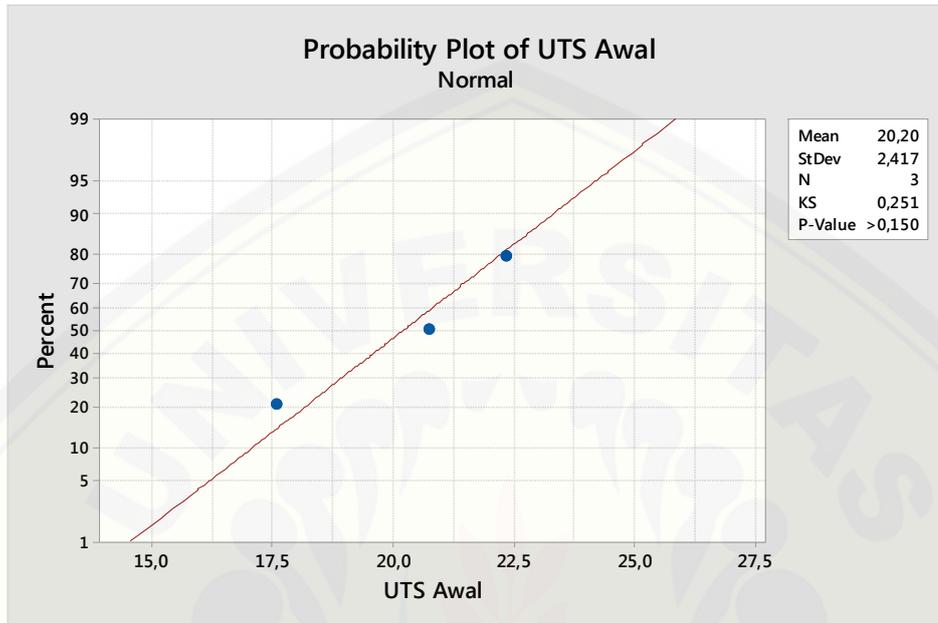
Eksperimen	Faktor Kendali			Kekuatan Tarik (Mpa)	S/N Rasio
	V_{aduk}	t_{vakum}	P_{vakum}		
1	1430	12,5	-90	25,17	27,91659
2				24,83	
3				24,51	
4				25,02	
Rata-rata				24,8825	

Lampiran 8 Interval plot rata-rata prediksi dan eksperimen konfirmasi

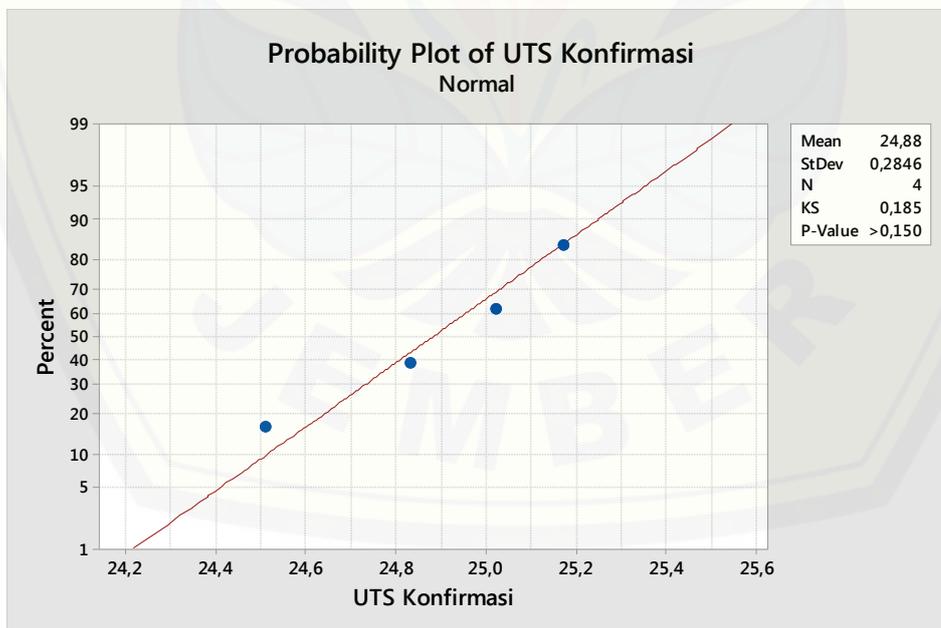
Lampiran 9 Uji validasi

a. Uji Kenormalan Respon

- Kombinasi Awal



- Eksperimen Konfirmasi



b. Uji Kesamaan Variansi Respon

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 $\alpha = 0,05$

Statistics

Variable	N	StDev	95% CI for	
			Variance	StDevs
UTS Awal	3	2,417	5,841	(0,355; 47,474)
UTS Konfirmasi	4	0,285	0,081	(0,101; 1,580)

Ratio of standard deviations = 8,490

Ratio of variances = 72,087

95% Confidence Intervals

Method	CI for StDev		CI for Variance	
	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio
Bonett	(2,331; 47,307)	(5,436; 2237,961)		
Levene	(*; *)	(*; *)	(*; *)	(*; *)

Tests

Method	Test		Statistic	P-Value
	DF1	DF2		
Bonett	—	—	—	0,000
Levene	1	5	3,20	0,134

c. Uji Kesamaan Rata-rata Respon

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	24,883	0,285	0,14

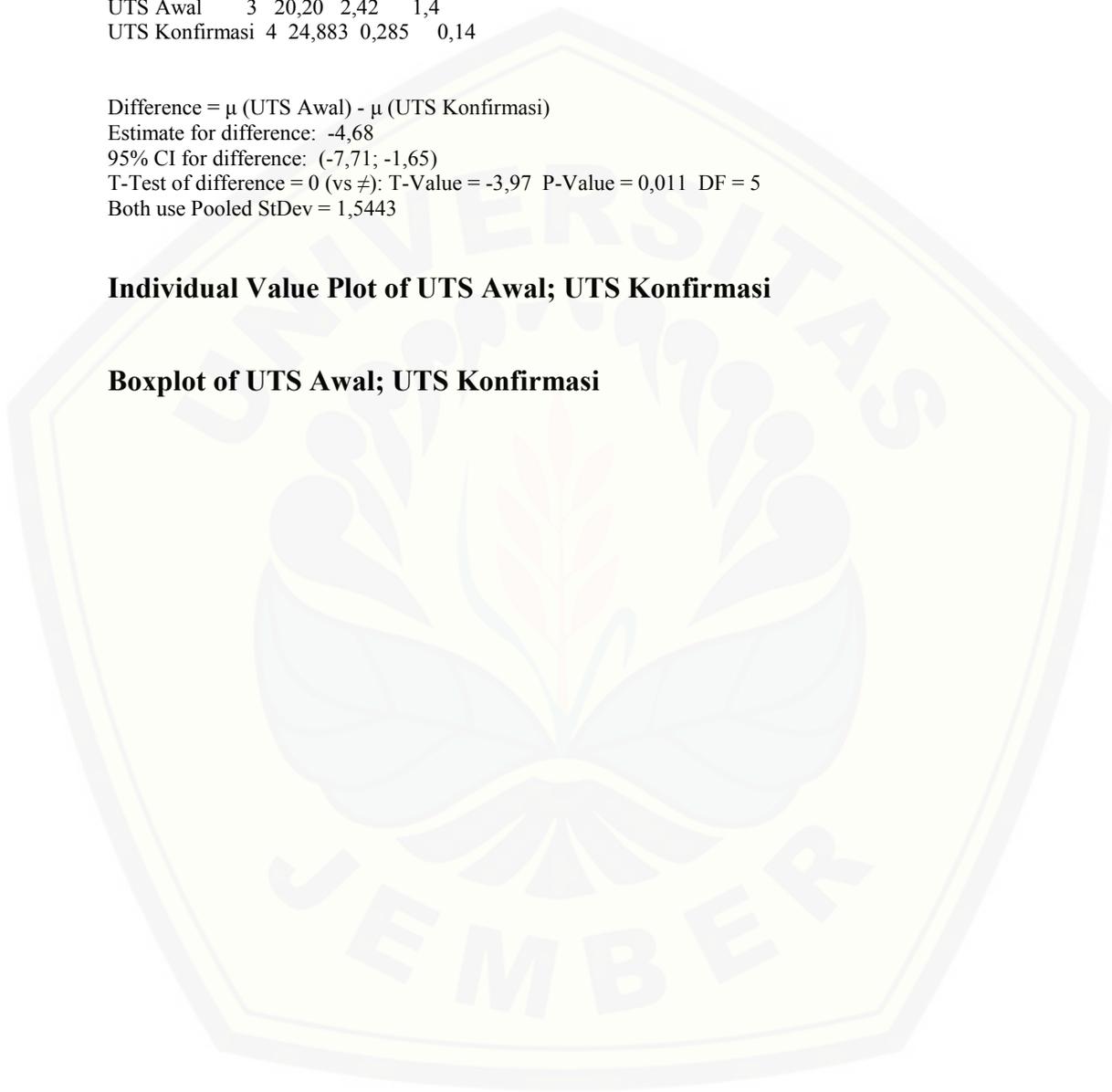
Difference = μ (UTS Awal) - μ (UTS Konfirmasi)

Estimate for difference: -4,68

95% CI for difference: (-7,71; -1,65)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = -3,97 P-Value = 0,011 DF = 5

Both use Pooled StDev = 1,5443

Individual Value Plot of UTS Awal; UTS Konfirmasi**Boxplot of UTS Awal; UTS Konfirmasi**

Lampiran 10 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 11 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 12 Alat dan bahan eksperimen

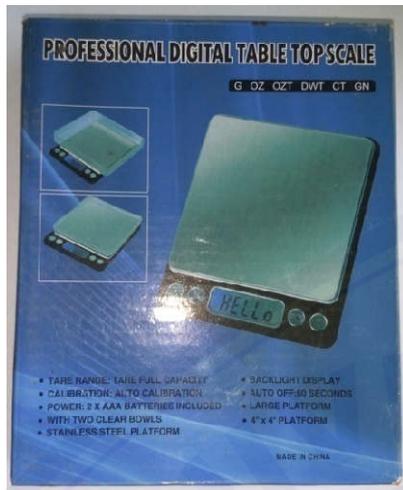
a. Ampas Kopi Mesh 80



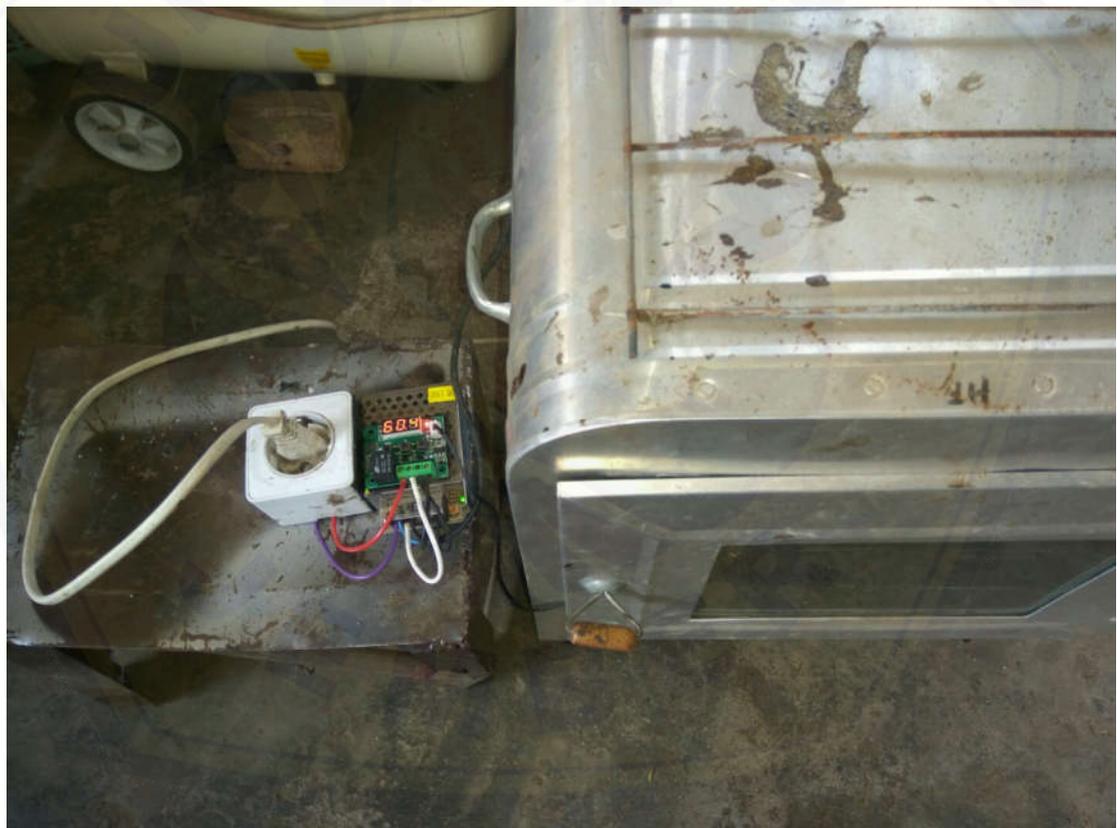
b. Ayakan mesh 80



c. Timbangan Digital



d. Oven Elektrik



e. Stirring Machine



f. Mesin Vakum



g. Resin Eterset 2504 APT



h. Katalis MEPOXE



i. Fiber Glass



Lampiran 13 Proses fabrikasi komposit ampas kopi

a. Lapisan pertama



b. Lapisan Kedua



Lampiran 14 Pengujian tarik komposit ampas kopi



Lampiran 15 Produk panel komposit ampas kopi (eksperimen konfirmasi)

